

GUIA DE REMESSA DE DOCUMENTOS

Nº:GRD – 0022.2017 – LOTE 15-LT

Data: 04/04/17

De: Wagner Santana

Para: Equatorial Transmissão

Ref.: Documentos projeto básico do lote 15, LT.

FINALIDADE				TIPO	
I	Para informação / conhecimento	Q	Para arquivo	PS	Plotagem sulfite
C	Para comentários	P	Para providências	EL	Arquivo eletrônico (Email/FTP/CD)
A	Para aprovação	B	Para As built	XR	Xerox
N	Para construção	O	Outros		

FINALID	QUANT	FORMATO	TIPO	NÚMERO	REV	TÍTULO / OBS
C	1	A4	EL	RT-EQT5-L501-PB-ELM-0005	00	CONDUTOR E PÁRA-RAIOS
C	1	A4	EL	RT-EQT5-L501-PB-ELM-0008	00	LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO
C	1	A4	EL	RT-EQT5-L501-PB-ELM-0009	00	COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO
C	1	A4	EL	RT-EQT5-L501-PB-ELM-0007	00	DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA PARA LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS

Assinatura do Remetente	Recebimento
	Data:
	Assinatura:

GUIA DE REMESSA DE DOCUMENTOS

Nº: GRD – 0073.2017 – LOTE 15-LT

Data: 25/04/17

De: Wagner Santana

Para: Equatorial Transmissão

Ref.: Documentos projeto básico do lote 15, LT.

FINALIDADE				TIPO	
I	Para informação / conhecimento	Q	Para arquivo	PS	Plotagem sulfite
C	Para comentários	P	Para providências	EL	Arquivo eletrônico (Email/FTP/CD)
A	Para aprovação	B	Para As built	XR	Xerox
N	Para construção	O	Outros		

FINALID	QUANT	FORMATO	TIPO	NÚMERO	REV	TÍTULO / OBS
C	1	A4	EL	RT-EQT5-L501-PB-ELM-0010	0	ISOLADORES E FERRAGENS

Assinatura do Remetente

Recebimento

Data:

Assinatura:

GUIA DE REMESSA DE DOCUMENTOS

Nº: GRD - 0091.2017 - LOTE 15-LT

Data: 26/04/17

De: Wagner Santana

Para: Equatorial Transmissão

Ref.: Documentos projeto básico do lote 15, LT.

FINALIDADE				TIPO	
I	Para informação / conhecimento	Q	Para arquivo	PS	Plotagem sulfite
C	Para comentários	P	Para providências	EL	Arquivo eletrônico (Email/FTP/CD)
A	Para aprovação	B	Para As built	XR	Xerox
N	Para construção	O	Outros		

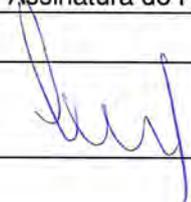
FINALID	QUANT	FORMATO	TIPO	NÚMERO	REV	TÍTULO / OBS
C	1		EL	RE-EQT5-L501-PB-EST-0018	0	VERIFICAÇÃO DOS ESPAÇAMENTOS ELÉTRICOS
C	1		EL	RT-EQT5-L501-PB-EST-0014	0	SÉRIE DE ESTRUTURAS
C	1		EL	RE-EQT5-L501-PB-EST-0016	0	DESENHO DE SILHUETA
C	1		EL	RE-EQT5-L501-PB-EST-0017	0	CÁLCULO ESTRUTURAL
C	1		EL	RE-EQT5-L501-PB-EST-0015	0	PROGRAMA DE TESTES

Assinatura do Remetente

Recebimento

Data:

Assinatura:





GUIA DE REMESSA DE DOCUMENTOS

Nº: GRD – 0097.2017 – LOTE 15-LT

Data: 27/04/17

De: Wagner Santana

Para: Equatorial Transmissão

Ref.: Documentos projeto básico do lote 15, LT.

FINALIDADE				TIPO	
I	Para informação / conhecimento	Q	Para arquivo	PS	Plotagem sulfite
C	Para comentários	P	Para providências	EL	Arquivo eletrônico (Email/FTP/CD)
A	Para aprovação	B	Para As built	XR	Xerox
N	Para construção	O	Outros		

FINALID	QUANT	FORMATO	TIPO	NÚMERO	REV	TÍTULO / OBS
C	1		EL	RT-EQT5-L501-PB-ELM-0008	1	LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO

Assinatura do Remetente

Recebimento

Data:

Assinatura:

GUIA DE REMESSA DE DOCUMENTOS

Nº:GRD – 0107.2017 – LOTE 15-LT

Data: 28/04/17

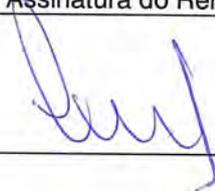
De: Wagner Santana

Para: Equatorial Transmissão

Ref.: Documentos projeto básico do lote 15, LT.

FINALIDADE				TIPO	
I	Para informação / conhecimento	Q	Para arquivo	PS	Plotagem sulfite
C	Para comentários	P	Para providências	EL	Arquivo eletrônico (Email/FTP/CD)
A	Para aprovação	B	Para As built	XR	Xerox
N	Para construção	O	Outros		

FINALID	QUANT	FORMATO	TIPO	NÚMERO	REV	TÍTULO / OBS
C	1		EL	RT-EQT5-L501-PB-ELM-0012	0	SISTEMA DE ATERRAMENTO

Assinatura do Remetente	Recebimento
	Data:
	Assinatura:



GUIA DE REMESSA DE DOCUMENTOS

Nº: GRD - 0114.2017 - LOTE 15-LT

Data: 28/04/17

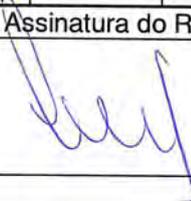
De: Wagner Santana

Para: Equatorial Transmissão

Ref.: Documentos projeto básico do lote 15, LT.

FINALIDADE				TIPO	
I	Para informação / conhecimento	Q	Para arquivo	PS	Plotagem sulfite
C	Para comentários	P	Para providências	EL	Arquivo eletrônico (Email/FTP/CD)
A	Para aprovação	B	Para As built	XR	Xerox
N	Para construção	O	Outros		

FINALID	QUANT	FORMATO	TIPO	NÚMERO	REV	TÍTULO / OBS
C	1		EL	RT-EQT5-L501-PB-CIV-0011	0	FUNDAÇÕES TÍPICAS

Assinatura do Remetente	Recebimento
	Data:
	Assinatura:



GUIA DE REMESSA DE DOCUMENTOS

Nº: GRD - 0125.2017 - LOTE 15-LT

Data: 03/05/17

De: Wagner Santana

Para: Equatorial Transmissão

Ref.: Documentos projeto básico do lote 15, LT.

FINALIDADE				TIPO	
I	Para informação / conhecimento	Q	Para arquivo	PS	Plotagem sulfite
C	Para comentários	P	Para providências	EL	Arquivo eletrônico (Email/FTP/CD)
A	Para aprovação	B	Para As built	XR	Xerox
N	Para construção	O	Outros		

FINALID	QUANT	FORMATO	TIPO	NÚMERO	REV	TÍTULO / OBS
C	1		EL	RT-EQT5-L501-PB-TOP-0013	0	DIRETRIZ SELECIONADA

Assinatura do Remetente

Recebimento

Data:

Assinatura:



GUIA DE REMESSA DE DOCUMENTOS

Nº:GRD – 0137.2017 – LOTE 15-LT

Data: 04/05/17

De: Wagner Santana

Para: Equatorial Transmissão

Ref.: Documentos projeto básico do lote 15, LT.

FINALIDADE				TIPO	
I	Para informação / conhecimento	Q	Para arquivo	PS	Plotagem sulfite
C	Para comentários	P	Para providências	EL	Arquivo eletrônico (Email/FTP/CD)
A	Para aprovação	B	Para As built	XR	Xerox
N	Para construção	O	Outros		

FINALID	QUANT	FORMATO	TIPO	NÚMERO	REV	TÍTULO / OBS
C	1		EL	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0018	0	RELATÓRIO CONFIABILIDADE DO TRECHO EM PARALELISMO

Assinatura do Remetente

Recebimento

Data:

Assinatura:



GUIA DE REMESSA DE DOCUMENTOS

Nº: GRD - 0139.2017 - LOTE 15-LT

Data: 05/05/17

De: Wagner Santana

Para: Equatorial Transmissão

Ref.: Documentos projeto básico do lote 15, LT.

FINALIDADE				TIPO	
I	Para informação / conhecimento	Q	Para arquivo	PS	Plotagem sulfite
C	Para comentários	P	Para providências	EL	Arquivo eletrônico (Email/FTP/CD)
A	Para aprovação	B	Para As built	XR	Xerox
N	Para construção	O	Outros		

FINALID	QUANT	FORMATO	TIPO	NÚMERO	REV	TÍTULO / OBS
C	1		EL	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0001	1	INDICE DE RELATÓRIOS
C	1		EL	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0002	1	NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS
C	1		EL	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0003	1	DADOS CLIMATOLÓGICOS
C	1		EL	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0004	1	VELOCIDADE DO VENTO E CARREGAMENTO DEVIDO AO VENTO
C	1		EL	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0006	1	ESTUDO MECÂNICO DO CONDUTOR E PARARAIOS E VIBRAÇÕES
C	1		EL	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0005	1	CONDUTOR E PÁRA-RAIOS
C	1		EL	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0009	1	COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO
C	1		EL	RE-EQT5-L501-PB-CIV-0011	1	FUNDAÇÕES TÍPICAS

Assinatura do Remetente

Recebimento

Data:

Assinatura:



GUIA DE REMESSA DE DOCUMENTOS

Nº:GRD – 0154.2017 – LOTE 15-LT

Data: 09/05/17

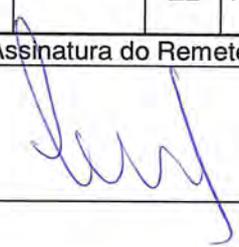
De: Wagner Santana

Para: Equatorial Transmissão

Ref.: Documentos projeto básico do lote 15, LT.

FINALIDADE				TIPO	
I	Para informação / conhecimento	Q	Para arquivo	PS	Plotagem sulfite
C	Para comentários	P	Para providências	EL	Arquivo eletrônico (Email/FTP/CD)
A	Para aprovação	B	Para As built	XR	Xerox
N	Para construção	O	Outros		

FINALID	QUANT	FORMATO	TIPO	NÚMERO	REV	TÍTULO / OBS
C	1		EL	RE-EQT5-L501-PB-CIV-0011	1	FUNDAÇÕES TÍPICAS

Assinatura do Remetente				Recebimento		
				Data:		
				Assinatura:		



GUIA DE REMESSA DE DOCUMENTOS

Nº:GRD - 0164.2017 - LOTE 15-LT

Data: 16/05/17

De: Wagner Santana

Para: Equatorial Transmissão

Ref.: Documentos projeto básico do lote 15, LT.

FINALIDADE				TIPO	
I	Para informação / conhecimento	Q	Para arquivo	PS	Plotagem sulfite
C	Para comentários	P	Para providências	EL	Arquivo eletrônico (Email/FTP/CD)
A	Para aprovação	B	Para As built	XR	Xerox
N	Para construção	O	Outros		

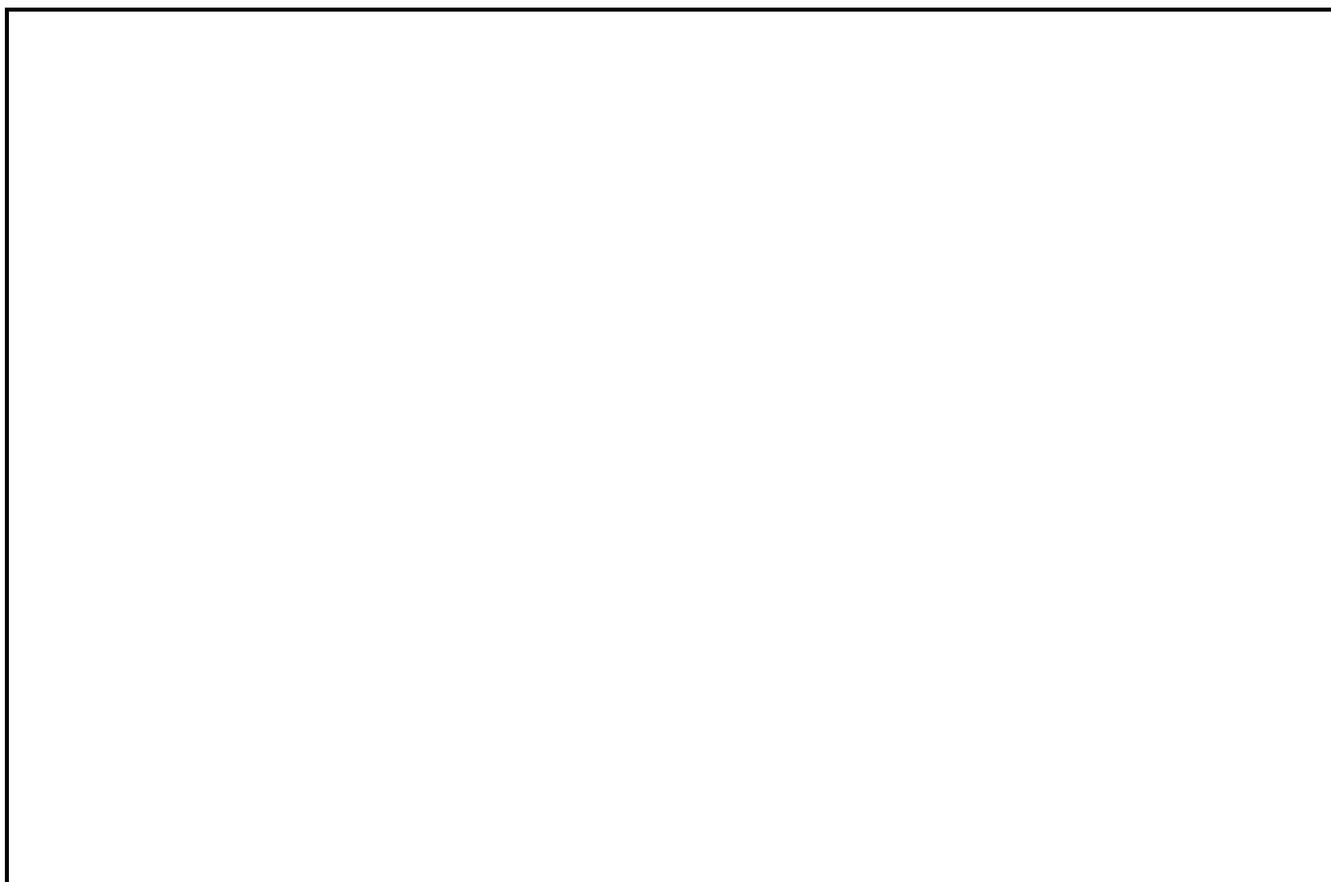
FINALID	QUANT	FORMATO	TIPO	NÚMERO	REV	TÍTULO / OBS
C	1		EL	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0001	2	INDICE DE RELATÓRIOS
C	1		EL	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0002	2	NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS
C	1		EL	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0003	2	DADOS CLIMATOLÓGICOS
C	1		EL	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0004	2	VELOCIDADE DO VENTO E CARREGAMENTO DEVIDO AO VENTO
C	1		EL	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0006	2	ESTUDO MECÂNICO DO CONDUTOR E PARARAIOS E VIBRAÇÕES
C	1		EL	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0008	2	LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO
C	1		EL	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0009	2	COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO
C	1		EL	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0007	1	DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA PARA LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS
C	1		EL	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0010	1	ISOLADORES E FERRAGENS
C	1		EL	RE-EQT5-L501-PB-CIV-0011	2	FUNDAÇÕES TÍPICAS
C	1		EL	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0012	1	SISTEMA DE ATERRAMENTO

Assinatura do Remetente

Recebimento

Data:

Assinatura:



00	24/04/17		AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado



EQUATORIAL TRANSMISSORA 5 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	24/04/17

TÍTULO

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
Lote 15 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO ISOLADORES E FERRAGENS

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT5-L501-PB-ELM-0010-R00	1 de 71	00

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	Condutor e Cabos Para-Raios	3
2.1.	Configuração das Fases	3
2.2.	Característica dos Condutores e Para-raios	3
3.	ISOLADORES	4
3.1.	Tipos	4
3.2.	Calculo Mecânico das Cadeias	4
3.3.	Quantidade por Cadeia	4
3.4.	Materiais	4
3.5.	Ensaio de Tipo	4
3.6.	Ensaio de Rotina	5
3.7.	Ensaio de Aceitação	5
4.	FERRAGENS	5
4.1.	Cadeias de Suspensão e Ancoragem	5
4.2.	Emendas	7
4.3.	Espaçadores Amortecedores	7
4.4.	Amortecedores de Vibração	8
4.5.	Esferas de Sinalização	8
4.6.	Reparos	8
4.7.	Ferragens para Aterramento dos Cabos Para-raios	8
4.8.	Ferragens para Aterramento das Estruturas	8
5.	Ensaio De Tipo Para Ferragens	8
5.1.	Ensaio de RIV e Corona	8
5.2.	Ensaio de Arco de Potência	9
5.3.	Ensaio de Ciclo Térmico	9
5.4.	Ensaio de Escorregamento	9
5.5.	Ensaio de Resistência a Ruptura	9
5.6.	Ensaio dos Espaçadores Amortecedores	10
5.7.	Ensaio dos Amortecedores de Vibração	10
6.	Ensaio de Rotina Para Ferragens	10
6.1.	Peças Forjadas	10
6.2.	Peças Fundidas	10
6.3.	Chapas Trabalhadas	11
6.4.	Partes Não Metálicas	11
6.5.	Inspeção por Partículas Magnéticas	11
6.6.	Inspeção Radiográfica	11
7.	Ensaio de Aceitação para Ferragens	11
7.1.	Todas as Ferragens	11
7.2.	Cupilhas dos Engates Concha-Bola	12
7.3.	Espaçadores amortecedores	12
7.4.	Amortecedores de Vibração	12
7.5.	Esferas de Sinalização	12
8.	referências	12
	Anexo 1 – Desenhos das Cadeias	13
	Anexo 2 – Calculo de Cargas nos Isoladores	22

1. OBJETIVO

- 1.1 Definir as características principais para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2, em circuito simples pertencentes ao Lote 15 do Leilão 0013/2015 – 2º parte.
- 1.2 Este relatório procura definir os itens relacionados abaixo:
- Cadeias de isoladores e ferragens para suspensão e ancoragem dos condutores.
 - Cadeias de ferragens para suspensão e ancoragem dos cabos para-raios.
 - Acessórios para o condutor: espaçadores, amortecedores, emendas e reparos.
 - Acessórios para os cabos para-raios: amortecedores, emendas, reparos (cabos CAA), cordoalhas para aterramento e esferas de sinalização.
 - Acessórios para o fio contrapeso: conectores para emenda e para fixação às cantoneiras de ancoragem e às hastes de aterramento.

2. CONDUTOR E CABOS PARA-RAIOS

2.1. Configuração das Fases.

2.1.1 Cada fase da LT é formada por 6 condutores dispostos em feixe elíptico

2.1.2 A LT utiliza estruturas em circuito simples com dois cabos para-raios.

2.2. Característica dos Condutores e Para-raios.

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS DOS CABOS CONDUTORES							
Nome	TIPO (Norma)	BITOLA (kcmil)	FORMAÇÃO	Seção (mm ²)	Diâmetro (mm)	Peso (kgf/m)	Carga de Ruptura (kgf)
AAAC 1120 838 kcmil	AAAC Liga 1120 (AS 1531)	838	37 fios	425,16	26,78	1,172	9.471
Lupine (*)	AAC (AL 1350)	2500	91 fios	1266,76	46,31	3,542	18.900

(*) O cabo Lupine será utilizado apenas na cadeia de Jumper

TABELA 2 – CARACTERÍSTICAS DOS CABOS PARA-RAIOS							
TIPO	BITOLA	FORMAÇÃO	Classe Galvan.	Seção (mm ²)	Diâm. (mm)	Peso (kgf/m)	Carga de Ruptura (kgf)
CAA DOTTEREL	176,9 kcmil	12/7	A Engraxado	141,89	15,42	0,657	7.857
Aço zinc. EHS	3/8"	7 fios	B	51,08	9,14	0,407	6.985
OPGW 1 (Loose)	15,6 mm	10 fios aço-alumínio Tubo óptico metálico	-	145,00	15,6	0,800	12.623
OPGW 2 (Loose)	13,4 mm	9 fios aço-galvanizado Tubo óptico metálico	B	103,00	13,4	0,682	9.477

3. ISOLADORES

3.1. Tipos

3.1.1 Abaixo definido os tipos de isoladores a ser empregado na LT:

	Valor	
Carga de ruptura	160 kN	210 kN
Engate concha-bola	IEC 60120 - 20	IEC 60120 - 20
Diâmetro do disco	280 mm	280 mm
Diâmetro do pino	21 mm	21 mm
Passo	170 mm	170 mm
Distância de escoamento	380 mm	380 mm

3.2. Cálculo Mecânico das Cadeias

3.2.1 O cálculo das cargas mecânicas das ferragens e isoladores para a série de estruturas da LT constam do anexo 2.

3.3. Quantidade por Cadeia

$N_{SUSP} = 23$ isoladores de 210 kN	ISC-21 (cadeia de suspensão fase central)
$N_{SUSP} = 23$ isoladores de 210 kN	ISL-21 (cadeia de suspensão simples fase lateral)
$N_{SUSP} = 23$ isoladores de 210 kN	VSC-21 (cadeia de suspensão em "V" fase central)
$N_{SUSP} = 23$ isoladores de 160 kN	IP-16 (cadeia de passagem (3 x lupine))
$N_{ANCO} = 4 \times 24$ isoladores de 160 kN	AQC-16 (cadeia quadrupla de ancoragem fase central)
$N_{ANCO} = 4 \times 24$ isoladores de 160 kN	AQL-16 (cadeia quadrupla de ancoragem fase lateral)

3.4. Materiais

- Dielétrico – vidro temperado ou porcelana obtida por via úmida.
- Campânulas – ferro fundido maleável ou nodular, zincado por imersão a quente.
- Pinos – aço forjado, zincado por imersão a quente.
- Cupilhas – aço inoxidável AISI 301, 302 ou 304.

3.5. Ensaios de Tipo

3.5.1 Os isoladores, individualmente, devem ser submetidos aos seguintes ensaios de acordo com as normas técnicas aplicáveis. :

- a) Tensão disruptiva à frequência industrial, a seco e sob chuva.
- b) Tensão crítica de descarga sob impulso atmosférico, positiva e negativa.
- c) Perfuração Elétrica sob Impulso de Ar
- d) Tensão de rádio interferência.
- e) Carga mantida de 24 horas.
- f) Resistência ao impacto.
- g) Resistência residual.
- h) Desempenho termomecânico.

- i) Verificação dimensional.

3.6. Ensaio de Rotina

3.6.1 Todos os isoladores, individualmente, devem ser submetidos aos seguintes ensaios de rotina de acordo com as normas técnicas aplicáveis:

- a) Inspeção visual.
- b) Ensaio mecânico de rotina.
- c) Ensaio elétrico de rotina (somente para isoladores de porcelana).
- d) Choque térmico (somente para peças de vidro temperado, antes da montagem).

3.7. Ensaio de Aceitação

3.7.1 Os isoladores e as cupilhas devem ser submetidos aos ensaios de aceitação relacionados a seguir, por amostragem, de acordo com as normas técnicas aplicáveis.

3.6.1.1 Ensaio de Aceitação dos Isoladores

- a) Verificação dimensional.
- b) Verificação dos deslocamentos axial e radial.
- c) Ciclo de temperatura (somente para isoladores de porcelana).
- d) Carga de ruptura eletromecânica (somente para isoladores de porcelana).
- e) Carga de ruptura mecânica (somente para isoladores de vidro temperado).
- f) Choque térmico (somente para isoladores de vidro temperado).
- g) Perfuração sob impulso.
- h) Porosidade (somente para isoladores de porcelana).
- i) Zincagem (peso e uniformidade da camada de zinco).

3.6.1.2 Ensaio de Aceitação das Cupilhas

- a) Inspeção visual
- b) Verificação dimensional.
- c) Resistência ao dobramento.
- d) Dureza.
- e) Operação.

4. FERRAGENS

4.1. Cadeias de Suspensão e Ancoragem

4.1.1 Todos os componentes das cadeias de fixação do condutor e dos cabos pára-raios, exceto grampos de suspensão e ancoragem, devem ser fabricados em aço forjado ou, alternativamente, em ferro fundido maleável ou nodular, e zincados por imersão a quente. Todos os componentes das cadeias de isoladores deverão ser produzidos e ensaiados conforme normas técnicas constantes neste projeto básico. Os componentes e acessórios deverão atender aos limites térmicos de operação das linhas.

4.1.2 As cupilhas das conexões tipo concha-bola e os contrapinos utilizados nos pinos e parafusos devem ser de aço inoxidável AISI 301, 302 ou 304.

4.1.3 Os grampos de suspensão do condutor e dos cabos para-raios CAA devem ser constituídos por berço e calha fabricados em liga de alumínio. O grampo de suspensão para o cabo 3/8" EAR poderá ser fabricado em liga de alumínio ou aço forjado.

- 4.1.4 As cadeias de suspensão dos condutores e dos cabos para-raios devem utilizar armaduras de vergalhões pré-formados ou, alternativamente, grampos de suspensão tipo AGS (armor-grip suspension). Os vergalhões utilizados nas cadeias dos cabos CAA devem ser fabricados em liga de alumínio, com hélice à direita; os utilizados nas cadeias do cabo 3/8" EAR devem ser fabricadas em aço zincado a quente, classe A, com hélice à esquerda. As cadeias de passagem não utilizam armaduras pré-formadas.
- 4.1.5 Os grampos de ancoragem do condutor e cabos para-raios devem ser do tipo à compressão.
- 4.1.6 Todas as ferragens com engates tipo concha-bola devem ser compatíveis com os correspondentes isoladores e cadeias especificados no capítulo 3.
- 4.1.7 As cadeias de suspensão e ancoragem do condutor devem ser projetadas de modo a permitir o uso de ferramentas para manutenção em linha viva.
- 4.1.8 Os componentes das cadeias do condutor situados no lado energizado devem ser projetados de modo a:
- reduzir ao mínimo o efeito corona;
 - suportar, sem perda de suas características elétricas e mecânicas, as temperaturas de longa e curta duração previstas para o condutor (2).
- 4.1.9 As cadeias de suspensão e ancoragem do condutor devem ser submetidas aos ensaios de RIV/Corona e Arco de Potência descritos nos itens 5.1 e 5.2 deste relatório.
- 4.1.10 As cadeias de suspensão "1" devem atender o desempenho especificado nos itens 5.1 e 5.2, preferencialmente, sem utilizar anéis. Os anéis, caso utilizados, devem ter formato e fixação aos balancins que permitam sua colocação e retirada utilizando ferramentas de manutenção em linha viva.
- 4.1.11 As cadeias de ancoragem devem ser providas de anéis anticorona no lado energizado para permitir uma melhor distribuição do campo elétrico. O formato dos anéis e os detalhes de fixação aos balancins deverão ser compatibilizados com as distâncias fase-terra previstas no projeto das linhas de transmissão e sua fixação aos balancins devem permitir sua colocação e retirada utilizando ferramentas de manutenção em linha viva.
- 4.1.12 As ferragens e acessórios das cadeias de suspensão e ancoragem na saída da SE Sapeaçu, devem ser sobregalvanizadas.
- 4.1.13 São indicadas a seguir as cargas mínimas de ruptura dos componentes das cadeias de fixação do condutor e dos cabos para-raios:

Componente	Carga de Ruptura
Cadeias de suspensão e ancoragem dos para-raios	120 kN
Cadeia de suspensão ISC-21, ISL-21 e VSC-21	210 kN
Cadeia de passagem IP-16	160 kN
Cadeia de ancoragem quádrupla ADC-16 e ADL-16 (aplicada na torre de ancoragem meio de linha)	
peças em linha com uma penca de isoladores	160 kN

Componente	Carga de Ruptura
peças em linha com um condutor	120 kN
peças suportando as quatro pencas de isoladores ou os dois subcondutores	640 kN
Grampos de ancoragem do condutor e para-raios	A carga de ruptura (e/ou a carga de escorregamento) deve ser, no mínimo, 95% da carga de ruptura do cabo ao qual se destinam.
Grampos de suspensão do condutor e para-raios	A carga de ruptura deve ser, no mínimo, 60% da carga de ruptura do cabo ao qual se destinam.

- 4.1.14 Os grampos de suspensão, com os parafusos de fixação da calha apertados com o torque recomendado pelo fabricante, devem ter uma resistência ao escorregamento igual a, no mínimo, 25% da carga de ruptura do cabo ao qual se destinam.
- 4.1.15 Os grampos de suspensão devem ser projetados de modo que o ângulo de saída dos cabos, em ambos os lados, seja $\geq 15^\circ$.
- 4.1.16 As características dimensionais básicas das cadeias de suspensão e ancoragem do condutor e cabos para-raios são apresentadas nos desenhos constantes do Anexo 1.

4.2. Emendas

- 4.2.1 As emendas do condutor e cabos para-raios podem ser do tipo a compressão ou constituídas por varetas pré-formadas externas e de enchimento (caso necessário) em liga de alumínio, com hélice à direita (cabos CAA) e varetas pré-formadas em aço zincado a quente, com hélice à esquerda (alma de aço dos cabos CAA e cabo 3/8" EAR).
- 4.2.2 As emendas devem ter uma resistência, tanto a ruptura como ao escorregamento, igual a, no mínimo, 95% da carga de ruptura do cabo ao qual se destinam.

4.3. Espaçadores Amortecedores

- 4.3.1 A LT utiliza espaçadores amortecedores quadruplo para LT com 6 condutores. Os espaçadores amortecedores devem ser instalados no ponto médio dos vão superiores a 300 m ou a cada terço do vão, em vãos superiores a 700 m.
- 4.3.2 Os espaçadores amortecedores devem permitir sua instalação ou retirada utilizando ferramentas de manutenção em linha viva, sem a completa separação de seus componentes. Deve ser possível retirar e reinstalar os grampos sem danificar os parafusos de fixação ou os condutores.
- 4.3.3 O sistema de grampeamento deve ser projetado de forma a garantir que a tampa não deslize quando for apertada e que o torque dado na instalação será mantido ao longo de toda a vida útil da LT, mesmo após a deformação plástica do condutor decorrente de ciclos térmicos, envelhecimento, etc. Com esse objetivo o sistema de grampeamento deve incluir um mecanismo de armazenamento de energia que compense a deformação plástica dos fios de alumínio.

4.4. Amortecedores de Vibração

- 4.4.1 Os amortecedores de vibração utilizados nos condutores e cabos para-raios CAA e 3/8 "EAR devem ser do tipo Stockbridge.
- 4.4.2 Os amortecedores de vibração utilizados nos cabos para-raios OPGW devem ser do tipo preformado SVD.
- 4.4.3 Os amortecedores devem ser capazes de amortecer efetivamente as vibrações eólicas, sem o auxílio de outros acessórios. Essa capacidade de amortecimento deve ser comprovada através dos ensaios de tipo relacionados no item 5.7 deste relatório.
- 4.4.4 Os grampos de fixação do amortecedor nos cabos CAA devem ser de liga de alumínio. Os amortecedores destinados ao cabo 3/8" EAR poderão utilizar grampos de aço zincado a quente.
- 4.4.5 Cada peso do amortecedor deve possuir um orifício de drenagem posicionado na parte inferior do mesmo, quando instalado. O cabo mensageiro deve ser do tipo EAR, zincado a quente, classe A, com limite de fadiga não inferior a 15 kgf/mm².

4.5. Esferas de Sinalização

- 4.5.1 As esferas a serem instaladas nos cabos para-raios devem ter 60 cm de diâmetro, espessura não inferior a 2,5 mm e atender os requisitos da norma NBR 15237 no que se refere aos materiais utilizados e ao detalhamento do projeto. Devem ser fabricadas na cor laranja internacional (Munsell 2.5 YR 6/14).
- 4.5.2 As esferas devem ser projetadas para instalação nos cabos para-raios de tal forma que não se movimentem ao longo do cabo durante a vida útil da LT.

4.6. Reparos

- 4.6.1 Os reparos utilizados no condutor e nos cabos para-raios CAA devem ser constituídos por varetas pré-formadas em liga de alumínio, com hélice à direita.
- 4.6.2 O conjunto de varetas aplicáveis ao condutor deve ser projetado com pontas chanfradas de modo a reduzir o efeito corona.

4.7. Ferragens para Aterramento dos Cabos Para-raios

- 4.7.1 Os cabos para-raios devem ser solidamente aterrados em todas as estruturas utilizando cordoalha de cobre estanhado fixada aos grampos de suspensão ou ancoragem dos cabos e à estrutura.
- 4.7.2 O comprimento da cordoalha e as dimensões de seus terminais devem ser definidos em função da configuração definitiva dos conjuntos de suspensão e ancoragem dos cabos para-raios.

4.8. Ferragens para Aterramento das Estruturas

- 4.8.1 Serão utilizadas as seguintes hastes de aterramento conforme o tipo de contrapeso a ser utilizado:
 - a) Cabo contrapeso de aço zincado 3/8" SM: haste de aterramento L40X40X5 mm, de comprimento 2400 mm, com conector de aterramento Ø M12;

5. ENSAIOS DE TIPO PARA FERRAGENS

5.1. Ensaio de RIV e Corona

- 5.1.1 As cadeias de suspensão e ancoragem do condutor devem ser submetidas a ensaios de RIV e Corona conforme indicado a seguir. Devem também ser submetidos a esses

ensaios os acessórios do condutor, ou seja, espaçadores amortecedores, amortecedores, emendas e reparos pré-formados.

- 5.1.2 As cadeias devem ser montadas no laboratório em estruturas que reproduzam a configuração das torres utilizadas na linha de transmissão de modo a simular as condições reais de operação e os correspondentes gradientes elétricos nos condutores.
- 5.1.3 As cadeias de suspensão e ancoragem, os espaçadores amortecedores, os amortecedores, as emendas e os reparos pré-formados não deverão apresentar corona visível quando submetidos a uma tensão fase-terra de 335 kV, 60 Hz, valor eficaz.
- 5.1.4 Para as cadeias de suspensão e ancoragem do condutor as tensões de RIV, medidas conforme norma NEMA 107, deverão ser inferiores a 500 μ V estando as cadeias submetidas a uma tensão fase-terra de 320 kV, 60 Hz, valor eficaz.
- 5.1.5 Para os espaçadores amortecedores, amortecedores, emendas e reparos pré-formados do condutor, ensaiados nas mesmas condições e submetidos à mesma tensão fase-terra indicada no item 5.1.4 acima, as tensões de RIV, medidas conforme norma NEMA 107, devem ser inferiores a 200 μ V.

5.2. Ensaio de Arco de Potência

- 5.2.1 Devem ser realizados ensaios de arco de potência em protótipos dos conjuntos de suspensão e ancoragem aplicáveis ao condutor. O arranjo do laboratório e dos conjuntos sendo ensaiados deve reproduzir as condições de utilização das cadeias na LT, principalmente no que se refere às distâncias entre partes vivas e aterradas e ao circuito de retorno da corrente.
- 5.2.2 Um protótipo de cada conjunto deve ser submetido a três correntes de arco de 50 kA, valor eficaz, alimentação desbalanceada e duração de 0,10 s, 0,10 s e 0,30 s.
- 5.2.3 Um segundo protótipo de cada conjunto deve ser submetido a três correntes de arco de 10 kA, valor eficaz, alimentação balanceada e duração de 0,20 s, 0,20 s e 0,50 s.
- 5.2.4 Os conjuntos de suspensão e ancoragem do condutor serão considerados aprovados se, após os ensaios:
 - a) Não ocorrer a separação de nenhum componente ou isolador das cadeias;
 - b) As cargas de ruptura dos componentes afetados pelos arcos forem superiores a 80% do valor mínimo garantido pelo Fornecedor.

5.3. Ensaio de Ciclo Térmico

- 5.3.1 Devem ser submetidos ao ensaio os grampos de ancoragem à compressão e terminais de passagem e os conjuntos de emenda do condutor. O ensaio deve ser realizado de acordo com a norma NEMA C119.4, método CCT, classe C (125 ciclos).

5.4. Ensaio de Escorregamento

- 5.4.1 Os grampos de suspensão devem ser submetidos a ensaios que permitam relacionar a carga de escorregamento com o torque aplicado aos parafusos de fixação da calha.

5.5. Ensaio de Resistência a Ruptura

- 5.5.1 Os componentes das cadeias de suspensão e ancoragem do condutor e cabos para-raios e os conjuntos de emenda do condutor e cabos para-raios devem ser submetidos a ensaios de ruptura para comprovar seu atendimento às cargas de projeto. As cargas

devem ser aplicadas aos componentes de modo a reproduzir as condições de operação, quando instalados na linha de transmissão.

5.6. Ensaios dos Espaçadores Amortecedores

5.6.1 Protótipos dos espaçadores amortecedores devem ser submetidos aos ensaios relacionados a seguir conforme especificado nas normas técnicas aplicáveis. O projeto do espaçador amortecedor deverá atender os parâmetros definidos na Norma IEC 61854::

- a) Exame visual.
- b) Verificação dimensional.
- c) Escorregamento do grampo.
- d) Aperto dos parafusos de fixação dos grampos nos cabos.
- e) Simulação de corrente de curto-circuito e ensaios de tração e compressão.
- f) Flexibilidade.
- g) Fadiga (vibração eólica, duração 10^8 ciclos).
- h) Resistência elétrica.

5.7. Ensaios dos Amortecedores de Vibração

5.7.1 Protótipos dos amortecedores a serem utilizados nos condutores e cabos pára-raios devem ser submetidos aos ensaios relacionados a seguir conforme especificado nas normas técnicas aplicáveis:

- a) Exame visual.
- b) Verificação dimensional.
- c) Escorregamento do grampo.
- d) Aperto do parafuso de fixação do grampo nos cabos.
- e) Fixação dos pesos no cabo mensageiro.
- f) Fixação do grampo no cabo mensageiro.
- g) Capacidade de amortecimento.
- h) Resistência à fadiga.

6. ENSAIOS DE ROTINA PARA FERRAGENS

6.1. Peças Forjadas

- | | |
|----------------------------|--|
| a) Matéria prima | exame visual e ensaios mecânicos e químicos. |
| b) Após forjadas | exame visual e dimensional, ensaios metalográficos. |
| c) Após tratamento térmico | ensaios mecânicos e metalográficos. |
| d) Após zincagem | espessura, acabamento e aderência da camada de zinco. |
| e) Peças acabadas | exame visual e dimensional, ensaios mecânicos, compatibilidade com outras peças. |

6.2. Peças Fundidas

- | | |
|----------------------------|---|
| a) Matéria prima | exame visual e análise química. |
| b) Após fundidas | exame visual e dimensional. |
| c) Após tratamento térmico | ensaios mecânicos e metalográficos. |
| d) Após zincagem | espessura, acabamento e aderência da camada de zinco. |

- e) Peças acabadas exame visual e dimensional, ensaios mecânicos, compatibilidade com outras peças.

6.3. Chapas Trabalhadas

- a) Matéria prima exame visual e dimensional, ensaios mecânicos e análise química.
- b) Após operações de corte, furação e dobramento exame visual e dimensional
- c) Após tratamento térmico e soldagem (se aplicável) exame visual e dimensional, exame das soldas.
- d) Após zincagem espessura, acabamento e aderência da camada de zinco.
- e) Peças acabadas exame visual e dimensional, ensaios mecânicos, compatibilidade com outras peças.

6.4. Partes Não Metálicas

- a) Matéria prima análise química.
- b) Durante a fabricação propriedades elétricas e mecânicas.
- c) Peças acabadas *exame visual e dimensional, compatibilidade com outras peças.*

6.5. Inspeção por Partículas Magnéticas

- 6.5.1 Antes da zincagem amostras das peças fundidas e forjadas de material ferroso devem ser submetidas à inspeção magnética de acordo com a norma ASTM E709 utilizando a magnetização circular e longitudinal pelo método contínuo.
- 6.5.2 Todas as seções de uma peça devem ser inspecionadas, inclusive parafusos e pinos. Devem ser utilizadas partículas magnéticas fluorescentes como meio de inspeção.

6.6. Inspeção Radiográfica

O ensaio deve ser efetuado em amostras dos grampos de suspensão fabricados em liga de alumínio. As condições internas dos grampos devem ser verificadas com base nos padrões definidos na norma ASTM E155.

7. ENSAIOS DE ACEITAÇÃO PARA FERRAGENS

Os materiais acabados devem ser submetidos aos ensaios de aceitação especificados nos itens 7.1 a 7.5 de acordo com as normas técnicas aplicáveis.

7.1. Todas as Ferragens

- 7.1.1 Todos os tipos de ferragens devem ser submetidos aos seguintes ensaios, por amostragem:
- a) Exame visual.
- b) Verificação dimensional (acabamento, encaixe e dimensões).
- c) Resistência mecânica à ruptura.
- d) Zincagem (espessura, acabamento e aderência da camada de zinco).
- 7.1.2 Adicionalmente cada tipo específico de material deve ser submetido, por amostragem, aos ensaios relacionados nos itens 7.2 a 7.5 a seguir.

7.2. Cupilhas dos Engates Concha–Bola

- a) Dobramento.
- b) Dureza.
- c) Operação.

7.3. Espaçadores amortecedores

- a) Escorregamento do grampo.
- b) Aperto dos parafusos de fixação dos grampos nos condutores.

7.4. Amortecedores de Vibração

- a) Escorregamento do grampo.
- b) Aperto dos parafusos de fixação do grampo nos cabos.
- c) Fixação dos pesos no cabo mensageiro.
- d) Fixação do grampo no cabo mensageiro.

7.5. Esferas de Sinalização

- a) Resistência ao impacto.
- b) Aderência da pintura.
- c) Escorregamento.
- d) Torque nos parafusos.

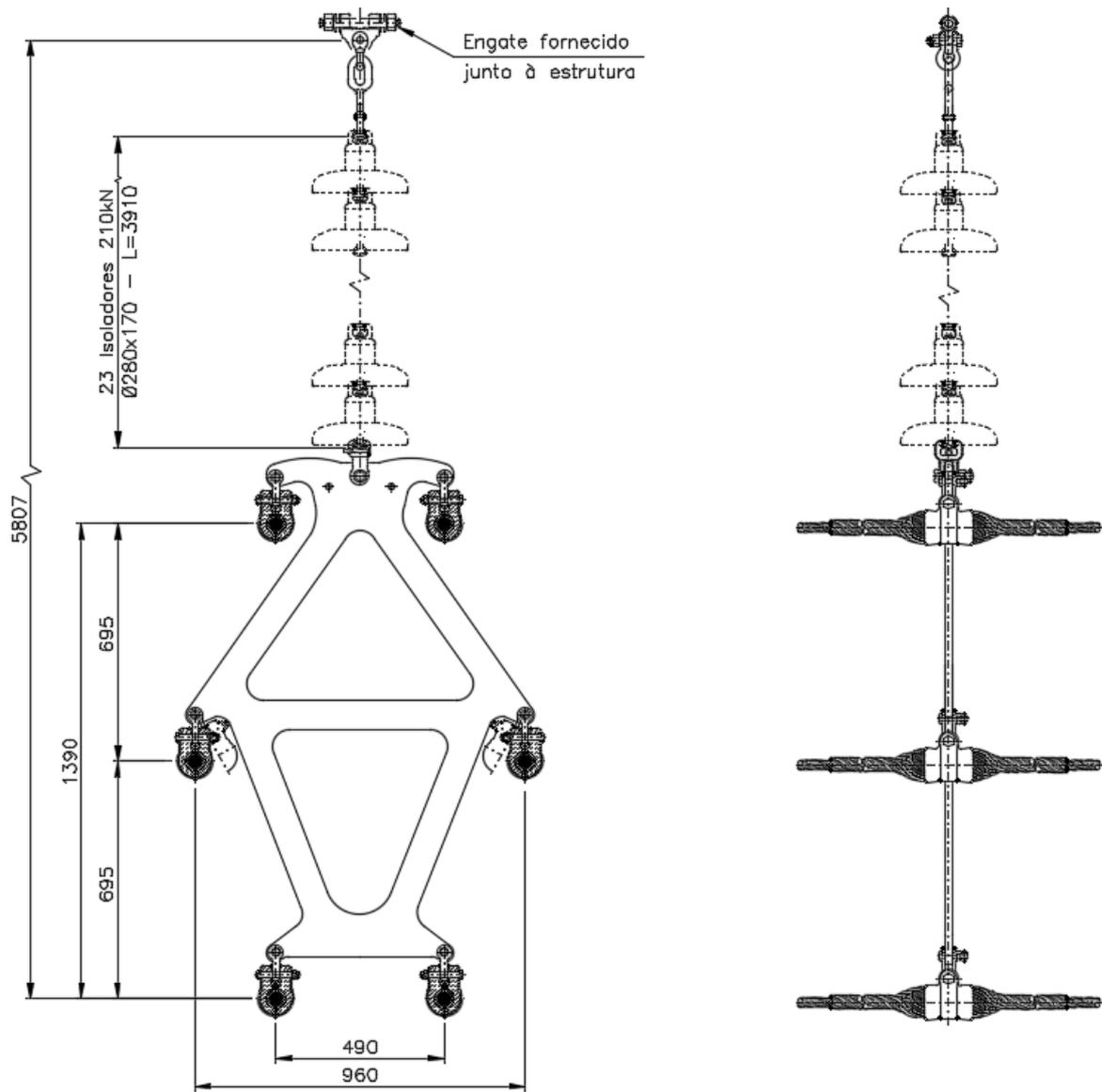
8. REFERÊNCIAS

- 1 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0002 NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS, preparado para a LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 2 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0005 CONDUTOR E PÁRA-RAIOS, preparado para a LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 3 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0009 COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO, preparado para a LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 4 Relatório, RE-EQT5-L501-PB-ELM-0012 SISTEMA DE ATERRAMENTO, preparado para a LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

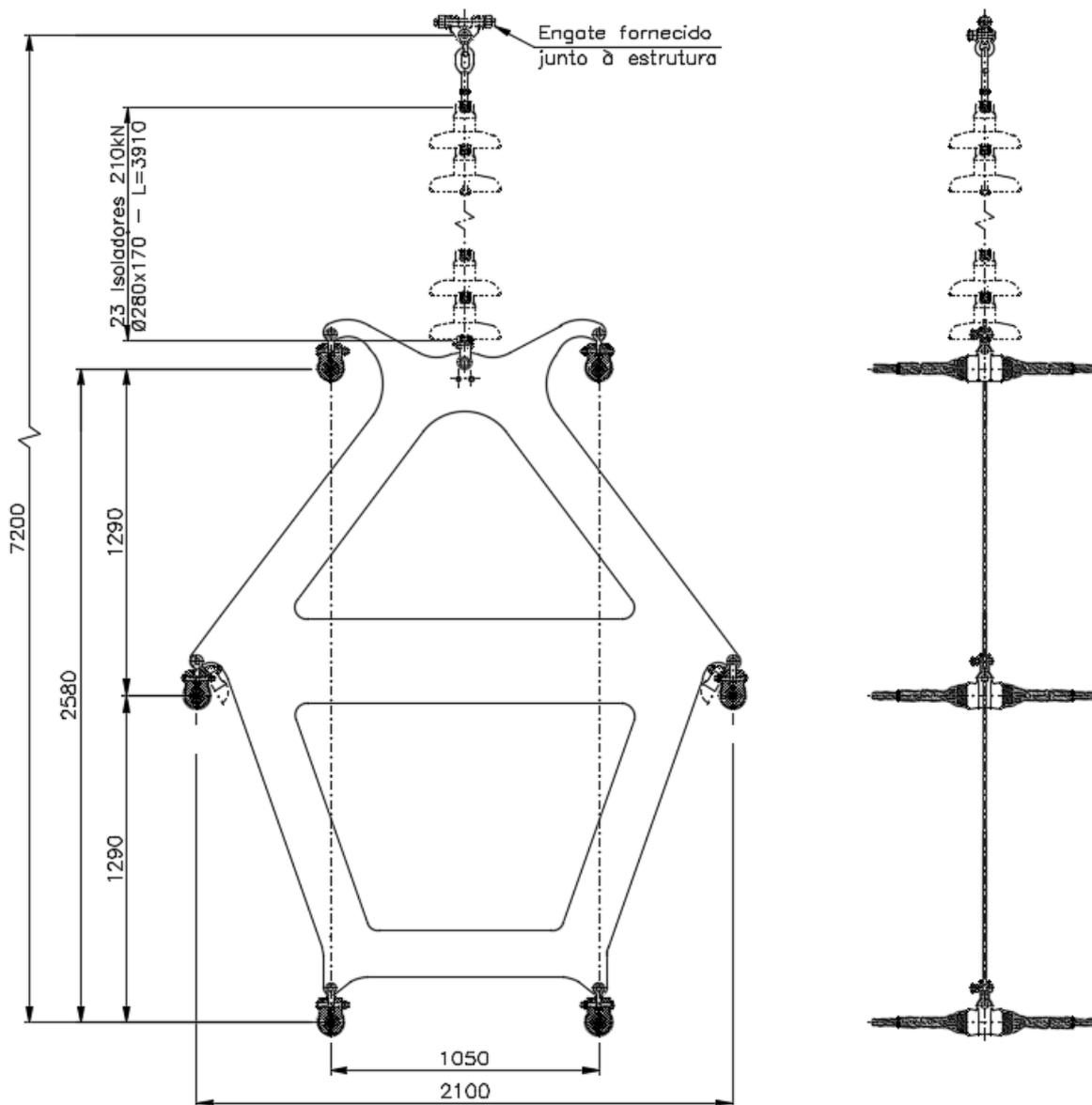
Anexo 1 – Desenhos das Cadeias

NOTAS GERAIS APLICÁVEIS A TODOS OS DESENHOS

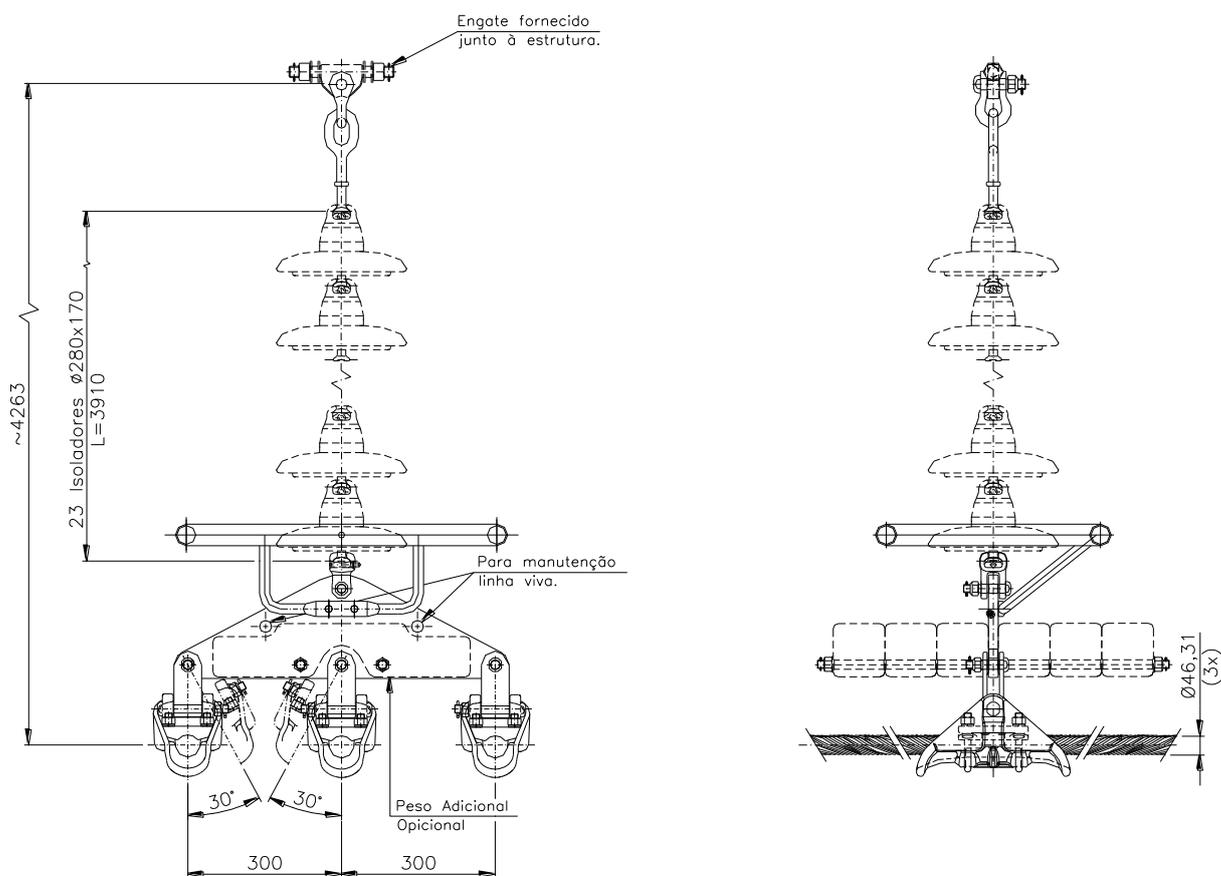
1. Para características dos condutores e cabos para-raios referir-se ao item 2.3 deste relatório.
2. Para características dos isoladores utilizados nas cadeias de suspensão e ancoragem dos condutores referir-se ao item 3 deste relatório.
3. Todas as dimensões estão em milímetro.



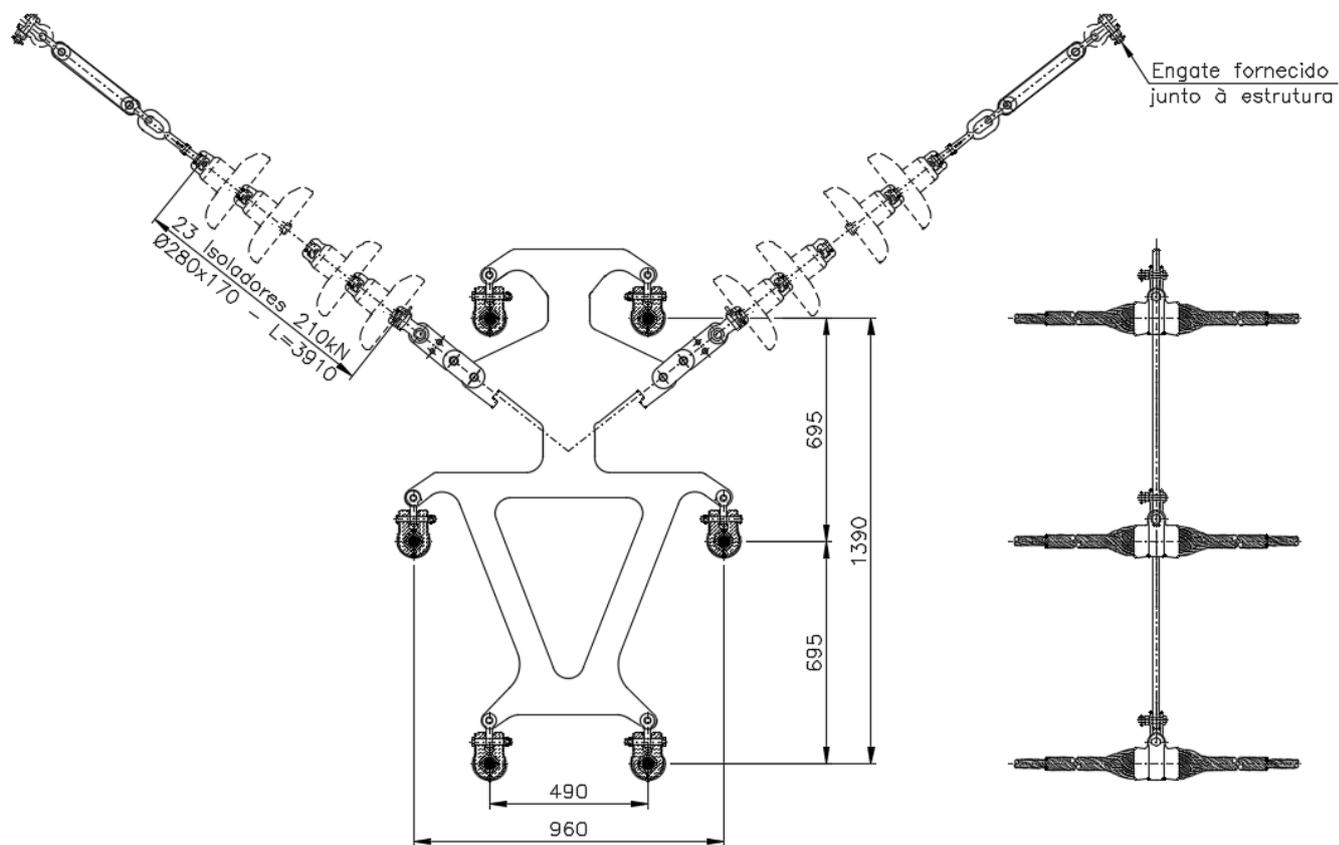
CADEIA DE SUSPENSÃO SIMPLES FASE CENTRAL ISC-21



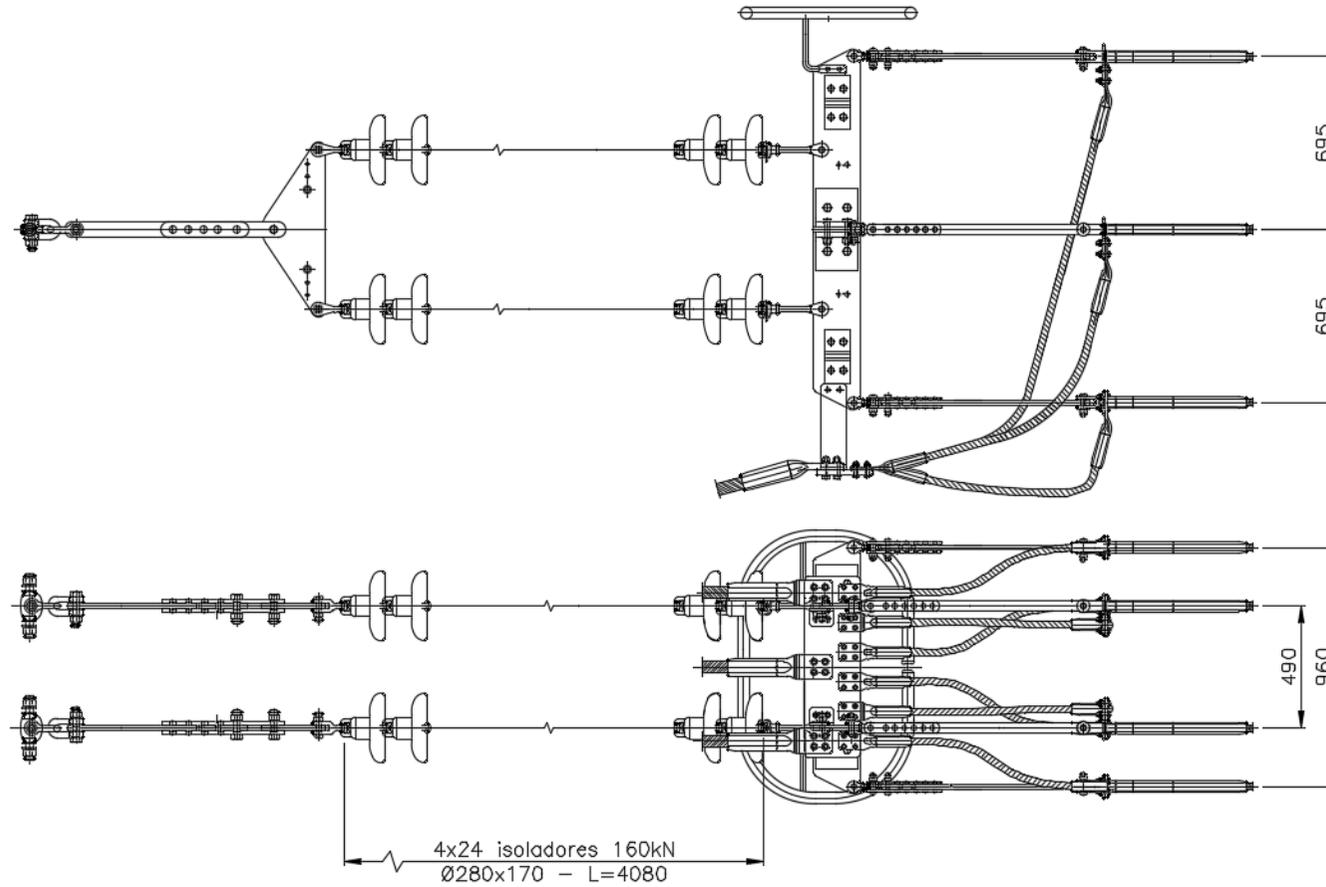
CADEIA DE SUSPENSÃO SIMPLES FASE LATERAL ISL-21



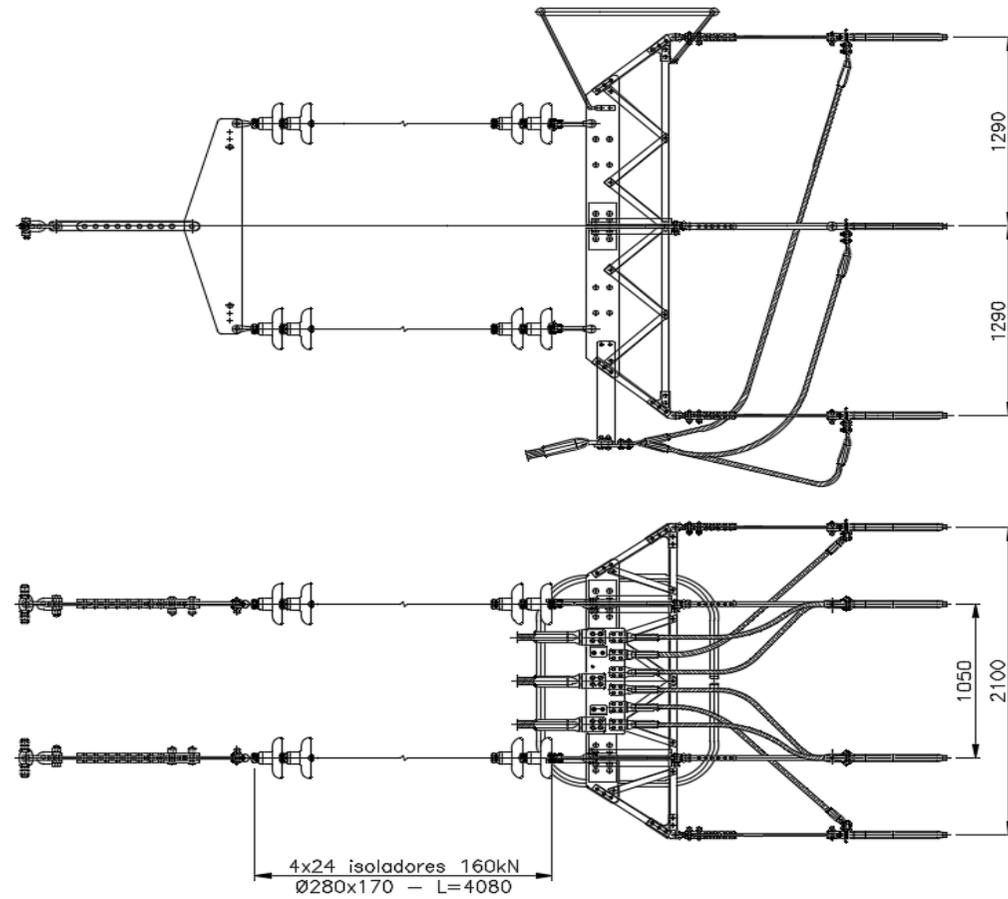
CADEIA DE JUMPER IP-16 (3 X CA LUPINE)



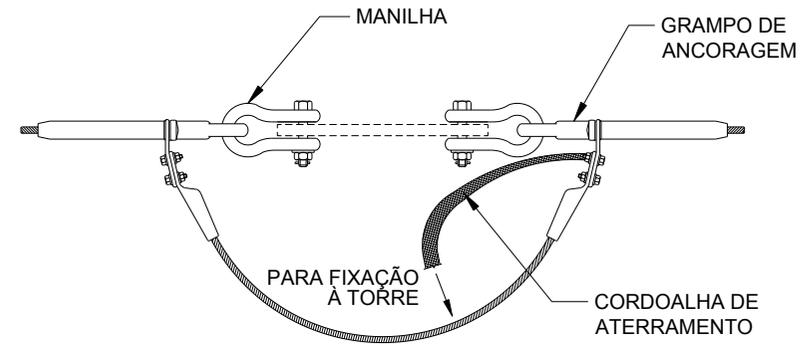
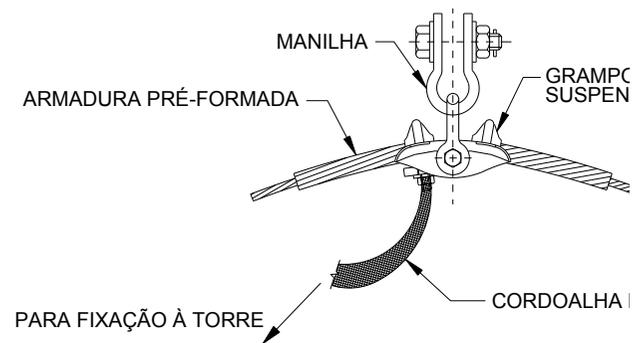
CADEIA DE SUSPENSÃO EM "V" FASE CENTRAL VSC-21



CADEIA DE ANCORAGEM QUÁDRUPLA FASE CENTRAL AQC-16

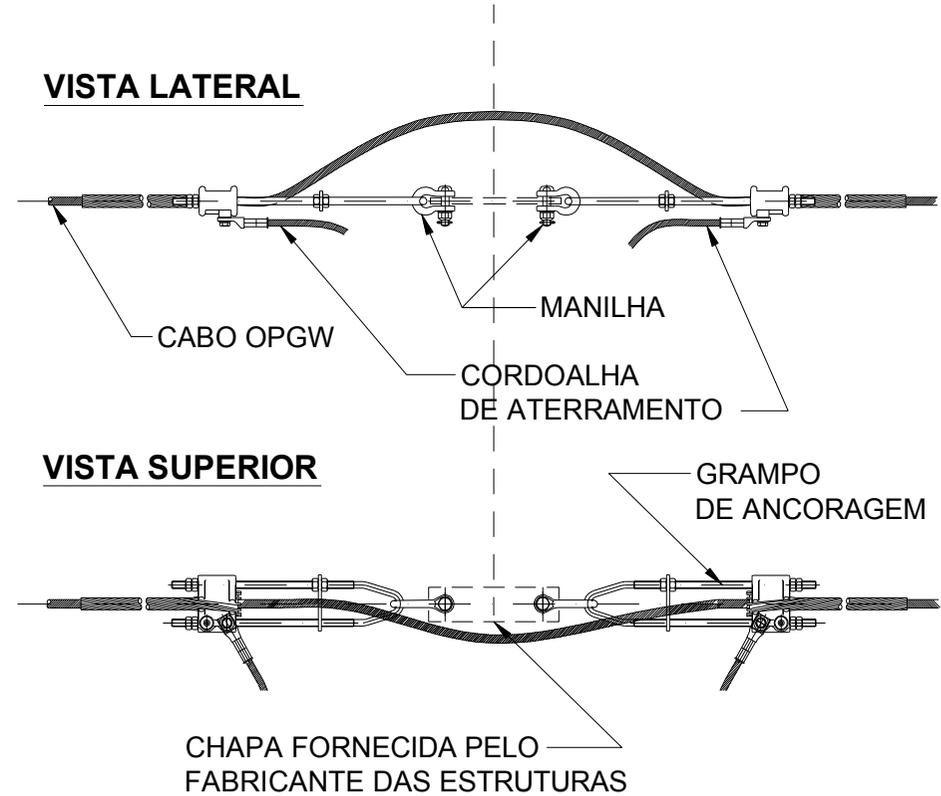
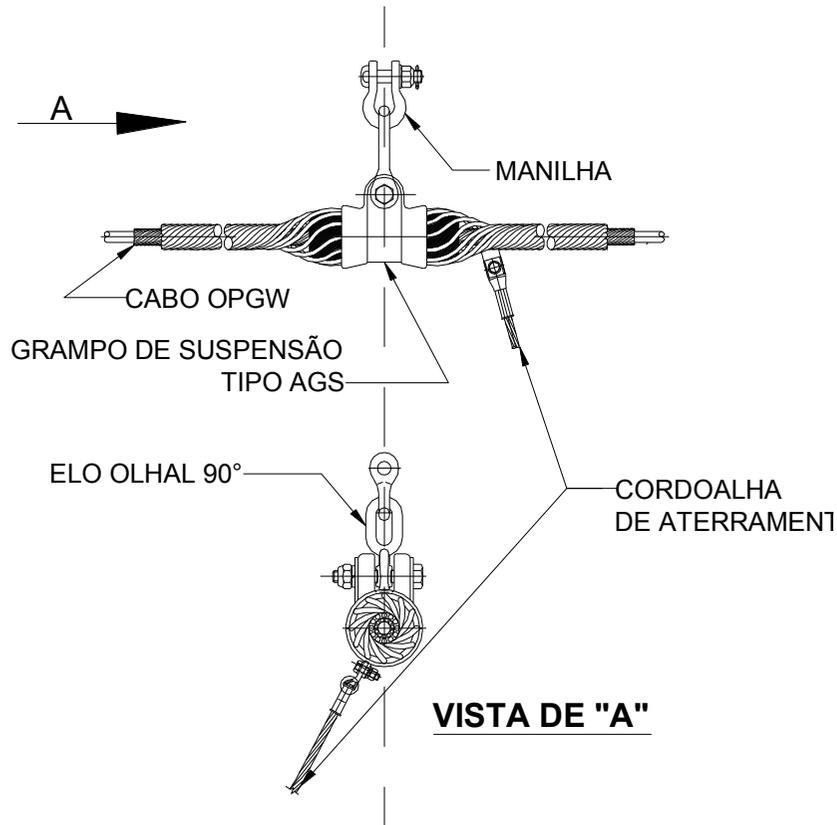


CADEIA DE ANCORAGEM QUÁDRUPLA FASE LATERAL AQL-16



Para notas gerais, ver folha 15

CADEIAS DE SUSPENSÃO E ANCORAGEM DOS CABOS PARA-RAIOS CAA DOTTEREL E 3/8" EAR



Para Notas Gerais, ver folha 15

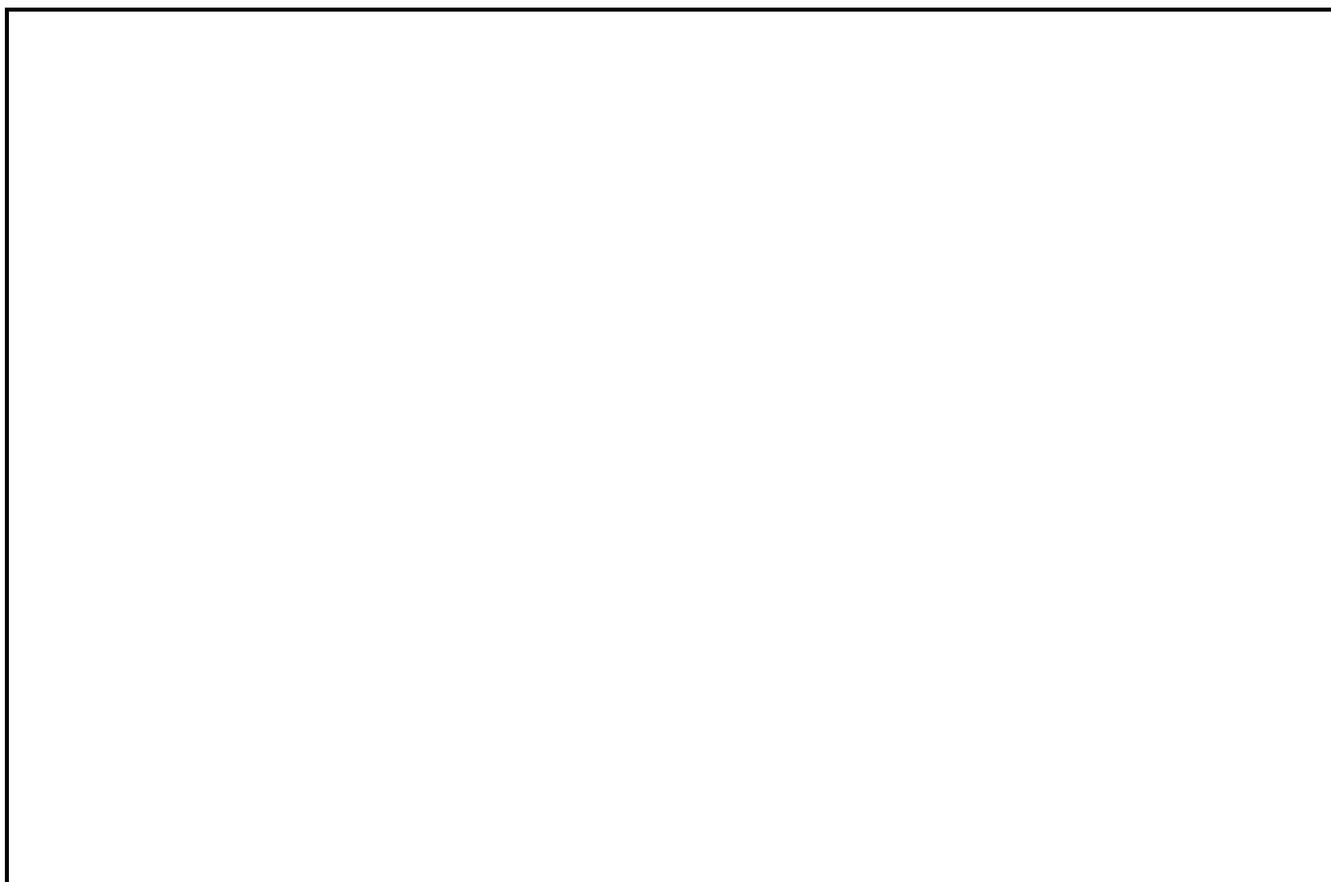
CONJUNTOS DE SUSPENSÃO E ANCORAGEM DOS CABOS PARA-RAIOS OPGW

Anexo 2 – Calculo de Cargas nos Isoladores

ESTRUTURA ESTAIADA LEVE V1CRL E V1SL											
Hipótese de Carga	Carregamentos				ISOLADOR (kN)						
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Penca	Calculado	FINAL	Adotado
Fator	Critério										
VENTO EXTREMO	6079	6086	0	8602	0,6	Limite Escoamento	III	1	141	160	210
RUPTURA DO CONDUTOR	397	6086	381	6111	0,6	Limite Escoamento	III	1	100	120	
CONSTRUÇÃO	570	11134	1066	11199	0,6	Limite Escoamento	III	1	183	210	
ESTRUTURA DE SUSPENSÃO AUTOPORTANTE V1SP											
Hipótese de Carga	Carregamentos				ISOLADOR (kN)						
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Penca	Calculado	FINAL	Adotado
Fator	Critério										
VENTO EXTREMO	8444	7704	0	11430	0,6	Limite Escoamento	IVI	1	187	210	210
RUPTURA DO CONDUTOR	1190	7704	381	7804	0,6	Limite Escoamento	IVI	1	128	160	
CONSTRUÇÃO	1711	12104	1066	12271	0,6	Limite Escoamento	IVI	1	201	210	
ESTRUTURA DE SUSPENSÃO AUTOPORTANTE V1TR											
Hipótese de Carga	Carregamentos				ISOLADOR (kN)						
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Penca	Calculado	FINAL	Adotado
Fator	Critério										
VENTO EXTREMO	6868	6895	0	9732	0,6	Limite Escoamento	IVI	1	159	160	210
RUPTURA DO CONDUTOR	794	6895	381	6951	0,6	Limite Escoamento	IVI	1	114	120	
CONSTRUÇÃO	1141	11619	1066	11723	0,6	Limite Escoamento	IVI	1	192	210	

Nota: Nos cálculos das cargas para dimensionamento dos isoladores foram considerados vento máximo e ruptura para cargas transversais e longitudinais com fator de sobrecarga 1,0 e cargas verticais com fator de sobrecarga de 1,15. Para hipótese de construção foram considerados para cargas transversais e longitudinais fator de sobrecarga de 1,5 e cargas verticais fator de sobrecarga de 1,15.

ESTRUTURA DE ANCORAGEM V1AA											
Hipótese de Carga	Carregamentos				ISOLADOR (kN)						
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Penca	Calculado	FINAL	Adotado
					Fator	Crítério					
VENTO EXTREMO	15485	9237	3150	18304	0,6	Limite Escoamento	Quadruplo Anco	4	75	120	160
RUPÇÃO DO CONDUTOR	8460	10161	13076	18596	0,6	Limite Escoamento	Quadruplo Anco	4	76	120	
CONSTRUÇÃO	8460	2997	1066	9039	0,6	Limite Escoamento	Quadruplo Anco	4	37	120	
ESTRUTURA DE ANCORAGEM V1AT											
Hipótese de Carga	Carregamentos				ISOLADOR (kN)						
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Penca	Calculado	FINAL	Adotado
					Fator	Crítério					
VENTO EXTREMO	25615	9237	3150	27411	0,6	Limite Escoamento	Quadruplo Anco	4	112	120	160
RUPÇÃO DO CONDUTOR	16344	10161	13076	23267	0,6	Limite Escoamento	Quadruplo Anco	4	95	120	
CONSTRUÇÃO	16344	2997	1066	16651	0,6	Limite Escoamento	Quadruplo Anco	4	68	120	
VENTO EXTREMO TERMINAL	15115	9237	21000	27473	0,6	Limite Escoamento	Quadruplo Anco	4	112	120	



00	28/04/17	Emissão Inicial	MNR	JRN	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado



EQUATORIAL TRANSMISSORA 5 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
MNR	JRN	JRN	JRN	200436197-2	28/04/17

TÍTULO

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
Lote 15 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO FUNDAÇÕES TÍPICAS

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT5-L501-PB-CIV-0011-R00	1 de 71	00

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	Campanha de Investigação dos Solos	3
2.1.	Programação	3
2.2.	Inspeção Visual	3
2.3.	Sondagens SPT	3
3.	Tipificação dos Solos e Fundações	3
3.1.	Fundações para Solos Normais	3
3.2.	Fundações para Solos Especiais	4
3.3.	Parâmetros Básicos dos Solos	4
4.	CrITÉrios para Dimensionamento das Fundações	4
4.1.	Cargas Atuando nas Fundações	4
4.2.	Dimensionamento das Fundações	5
4.3.	Dimensionamento do Concreto Armado	5
5.	Dimensões das Fundações para Solos Normais	6
5.1.	Considerações Iniciais	6
5.2.	Série de Estruturas	6
5.3.	Características Adotadas para os Solos	6
6.	Referências	7
7.	Figuras	8

1. OBJETIVO

1.1 Definir as características construtivas das fundações típicas a serem utilizadas em solos normais, para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C2 , em circuito simples pertencentes ao Lote A do Leilão 0013/2015.

2. CAMPANHA DE INVESTIGAÇÃO DOS SOLOS

2.1. Programação

2.1.1 Tão logo tenha sido concluído o projeto de plotação inicial, deve ser programada uma campanha de investigação dos solos nos locais onde serão instaladas as estruturas. Essa campanha deve incluir, pelo menos, as seguintes investigações:

- a) Inspeção Visual;
- b) Sondagens SPT.

2.2. Inspeção Visual

2.2.1 Deve ser executada em todos os pontos onde serão instaladas as estruturas da LT visando classificar, de forma expedita, o solo do local (1).

2.2.2 A inspeção visual deve ser precedida por um exame criterioso dos desenhos de planta e perfil, os quais normalmente fornecem informações importantes sobre o solo da região (se alagadiço ou inundável, banhado, brejo, afloramento de rocha, erosão, colúvio, sangas, rios, valetas, vegetação, etc.).

2.2.3 A inspeção visual “in situ” deve complementar as informações fornecidas pelos desenhos de planta e perfil no que se refere às formas de erosão, tipo de vegetação, tonalidade da cor do solo e nome genérico pelo qual o solo é conhecido na região.

2.2.4 A inspeção visual pode ter auxílio de uma pequena escavadeira, para abertura de cavas para investigação do terreno.

2.3. Sondagens SPT

2.3.1 Devem ser executadas nos seguintes locais:

- a) Todas estruturas autoportantes;
- b) Pelo menos uma a cada três torres, em trechos longos em alinhamento, salvo casos em que haja mudança de terreno.

2.3.2 As sondagens SPT devem seguir os critérios da “NBR 6484 – Campanha de Investigação de Solo” e do documento de “Especificação Técnica de Campanha de Investigação de Solos” que deve ser documento constante do Projeto Executivo. Em solos muito fracos a sondagem deverá atingir obrigatoriamente profundidades superiores a 12,45 metros em conformidade com especificação técnico complementar.

3. TIPIFICAÇÃO DOS SOLOS E FUNDAÇÕES

3.1. Fundações para Solos Normais

3.1.1 Consideram-se como normais os solos argilosos, arenosos, siltosos ou mistos (argilo-siltosos, areno-argilosos, etc.) sem presença de água, rocha ou matéria orgânica até o nível da base da escavação das fundações.

3.1.2 Para esses solos é prevista como alternativa preferencial a instalação de fundações típicas em tubulões verticais com base alargada ou retos, em concreto armado nas torres autoportantes e para torres estaiadas é prevista sapata pré-moldada para o mastro e viga L

pré-moldada para os estais.

- 3.1.3 Para solos nos quais a alternativa em tubulões for inadequada é prevista a instalação de fundações em sapatas, em concreto armado.

3.2. Fundações para Solos Especiais

- 3.2.1 Em outros tipos de solos, aí compreendidos solos fortes, como rocha sã e rocha fraturada aflorada ou a baixa profundidade, solos fracos e solos com nível d'água elevado, deverão ser instaladas fundações especiais.
- 3.2.2 Para rocha sã ou pouco fraturada é prevista a instalação de tubulões curtos ou sapatas em concreto armado, atirantados na rocha.
- 3.2.3 Nos locais em que seja possível escavar a rocha poderá ser utilizado como alternativa fundação em tubulão curto em concreto armado, engastado diretamente na rocha.
- 3.2.4 Para solos muito fracos, com ou sem presença d'água a baixa profundidade, é prevista a instalação de estacas metálicas ou de concreto armado, coroadas por blocos de concreto armado independentes ou interligados por vigas horizontais nas estruturas autoportantes e para as estruturas estaiadas é prevista a instalação de estacas helicoidais.
- 3.2.5 O detalhamento dessas fundações será desenvolvido na fase do projeto executivo, quando forem conhecidas as características do solo dos locais onde serão instaladas as estruturas e definidos os métodos construtivos que se adaptarem aos equipamentos das firmas contratadas para instalar as fundações.

3.3. Parâmetros Básicos dos Solos

- 3.3.1 As características dos solos a serem efetivamente utilizadas no projeto das fundações típicas serão selecionadas com base nos resultados da Campanha de Investigação descrita no capítulo 2 anterior.
- 3.3.2 Para o presente relatório, o qual visa apenas definir dimensões aproximadas para as fundações típicas, foram adotadas as características geotécnicas indicadas a seguir, as quais são representativas (2) dos solos descritos nos itens 3.1 e 3.2 anteriores.

Característica	Solo Normal	Solos Especiais		
		Rocha	Com água	Muito fraco
Coesão (kg/cm ²)	0,1 a 0,2		0,10	
Ângulo de atrito	13° a 20°		10°	
Peso específico (t/m ³)	1,2 a 1,7	2,0	1,0	1,0
Compressão (kg/cm ²)	1,0 a 3,0	5,0 a 10,0	0,8	
Ângulo do cone	12,5° a 30°	45°	15°	
Nº golpes, SPT em areia	≤ 18		≤ 5	
Nº golpes, SPT em argila	≤ 15		≤ 4	

4. CRITÉRIOS PARA DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES

4.1. Cargas Atuando nas Fundações

- 4.1.1 As cargas atuando nas fundações serão obtidas a partir das memórias de cálculo das estruturas que compõem a série a ser utilizada (6).

- 4.1.2 As cargas máximas de tração, compressão e horizontais associados (transversais e longitudinais), consideradas nas suas combinações mais desfavoráveis, serão multiplicadas por um fator de sobrecarga adicional de 1,10.
- 4.1.3 As novas cargas assim obtidas serão utilizadas para o dimensionamento das fundações e o cálculo das estruturas de concreto armado.

4.2. Dimensionamento das Fundações

- 4.2.1 O dimensionamento à tração (arrancamento) usará a metodologia (3) desenvolvida pelo professor J. Biarez (Universidade de Grenoble) e pelo engo. Y. Barraud (EDF), associada ao método clássico do cone de arrancamento.
- 4.2.2 O dimensionamento à compressão levará em consideração as cargas horizontais associadas e os correspondentes momentos atuando sobre a base da fundação, resultando em um caso de dimensionamento por flexão composta (4).
- 4.2.3 Casos especiais devem atender à NBR 6122.

4.3. Dimensionamento do Concreto Armado

- 4.3.1 Para dimensionamento do concreto armado (5) serão utilizados os valores indicados na tabela apresentada a seguir, todos referidos ao estado limite último.
- 4.3.2 Os valores indicados são compatíveis com o critério adotado no cálculo das cargas atuando nas fundações, constante do item 4.1 anterior.
- 4.3.3 Casos especiais devem atender à NBR 6118.

Critérios de Dimensionamento do Concreto Armado	Valor Adotado
Deformação específica do concreto comprimido	$\varepsilon_c \leq 3,5\%$
Deformação específica da armadura tracionada	$\varepsilon_s \leq 10\%$
Resistência à compressão do concreto	
c.1) Concreto moldado "in situ"	$f_{ck} \geq 20 \text{ MPa}$
c.2) Concreto pré-moldado	$f_{ck} \geq 20 \text{ MPa}$
c.3) Concreto ciclópico	$f_{ck} \geq 8 \text{ MPa}$
c.4) Concreto simples	$f_{ck} \geq 9 \text{ MPa}$
Tensão de cálculo no concreto	$\sigma_{cd} = \frac{f_{ck}}{\delta_c} \quad \delta_c = 1,4$
Tensão de cálculo no aço	$\sigma_{yd} = \frac{f_{yk}}{\delta_s} \quad \delta_s = 1,15$
Tensão de cálculo nos chumbadores	$\sigma_{yd} = \frac{f_{yk}}{\delta_s} \quad \delta_s = 1,5$
Aço da armadura	CA 50A ou CA 60A
Cobrimento da armadura	4 cm

5. DIMENSÕES DAS FUNDAÇÕES PARA SOLOS NORMAIS

5.1. Considerações Iniciais

- 5.1.1 São apresentadas nas Figuras 1 a 3 as dimensões das fundações típicas em concreto para solos normais, para a série de estruturas proposta para a LT.
- 5.1.2 As dimensões indicadas devem ser consideradas como valores aproximados, a serem confirmados quando forem conhecidas as reais características dos solos da região atravessada pela LT.

5.2. Série de Estruturas

- 5.2.1 A série selecionada (6) é formada pelos seguintes tipos de estruturas:

Tipo	Aplicação
V1CRL	Estaiada Cross-rope para ângulos até 2°
V1SL	Suspensão autoportante Cross-rope para ângulos até 2°
V1SP	Suspensão autoportante reforçada para ângulos até 6°
V1TR	Suspensão autoportante transposição com ângulo de 4°, para giro das fases
V1AA	Ancoragem em ângulos até 30°
V1AT	Ancoragem em ângulos até 60° e terminal

5.3. Características Adotadas para os Solos

- 5.3.1 Para o dimensionamento preliminar das fundações, foram adotados três tipos de solos normais com as seguintes características:

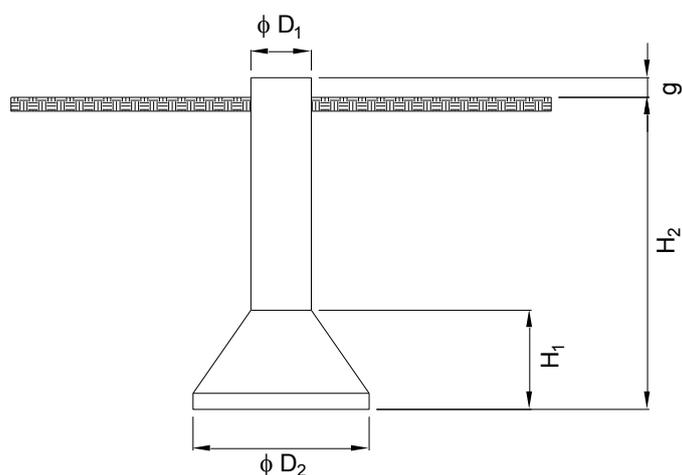
Características	Solo		
	Tipo I	Tipo II	Tipo III
Peso específico (t/m ³)	1,7	1,5	1,3
Ângulo do cone	30°	22,5°	15°
Tensão Admissível (kg/cm ²)	3,0	2,0	1,0

- 5.3.2 Solos orgânicos devem ter tratamento especial, caso a caso.

6. REFERÊNCIAS

- 1 Earth manual, publicado pelo United States Department of the Interior – Bureau of Reclamation.
- 2 Soil mechanics in engineering practice – Karl Terzaghi e Ralph B. Peck.
- 3 CIGRÉ 22-06/1968 – The use of soil mechanics methods for adapting tower foundations to soil conditions – J. Biarez e Y. Barraud.
- 4 Foundation analysis and design – Joseph E. Bowles.
- 5 Concreto armado – dimensionamento – Walter Pfeil.
- 6 Relatório RE-EQT5-L501-PB-EST-0014 - Série De Estruturas, Silhuetas E Hipóteses De Carregamento

7. FIGURAS

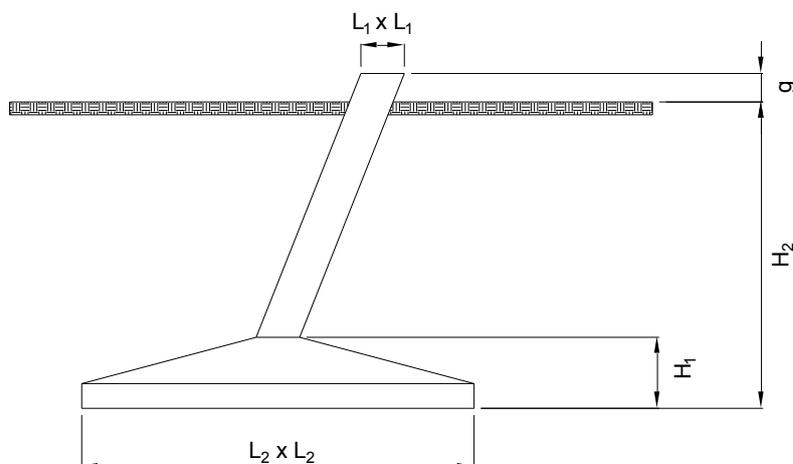


Solo Tipo	Estrutura	ϕD_1	ϕD_2	H_1	H_2	g_{min}
I	V1SL	0,80	0,80	0,00	6,80	0,30
	V1SP	0,80	0,80	0,00	8,60	0,30
	V1TR	0,80	0,80	0,00	7,20	0,30
	V1AA	1,00	1,00	0,00	7,70	0,30
	V1AT	1,10	1,10	0,00	10,60	0,30
II	V1SL	0,80	0,80	0,00	10,70	0,30
	V1SP	0,80	0,80	0,00	13,20	0,30
	V1TR	0,80	0,80	0,00	11,00	0,30
	V1AA	1,00	1,00	0,00	11,70	0,30
	V1AT	1,10	1,10	0,00	16,60	0,30

1) Dimensões em metro.

2) As dimensões indicadas para a torre A5EL aplicam-se às fundações dos mastros.

Figura 1 – Tubulão para torres autoportantes

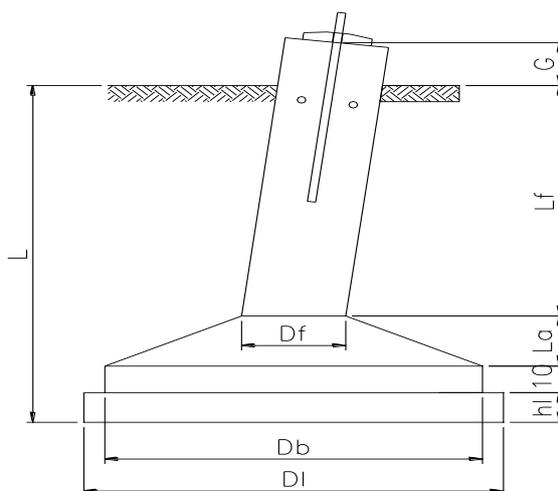


Solo Tipo	Estrutura	L1	L2	H ₁	H ₂	g _{mín}
III	V1SL	0,50	4,00	0,80	2,65	0,30
	V1SP	0,50	4,30	0,85	2,80	0,30
	V1TR	0,50	4,10	0,85	2,70	0,30
	V1AA	0,60	4,80	0,95	2,80	0,30
	V1AT	0,70	5,90	1,20	2,80	0,30

1) Dimensões em metro.

2) Não está previsto o uso de sapatas em solo tipo I e II.

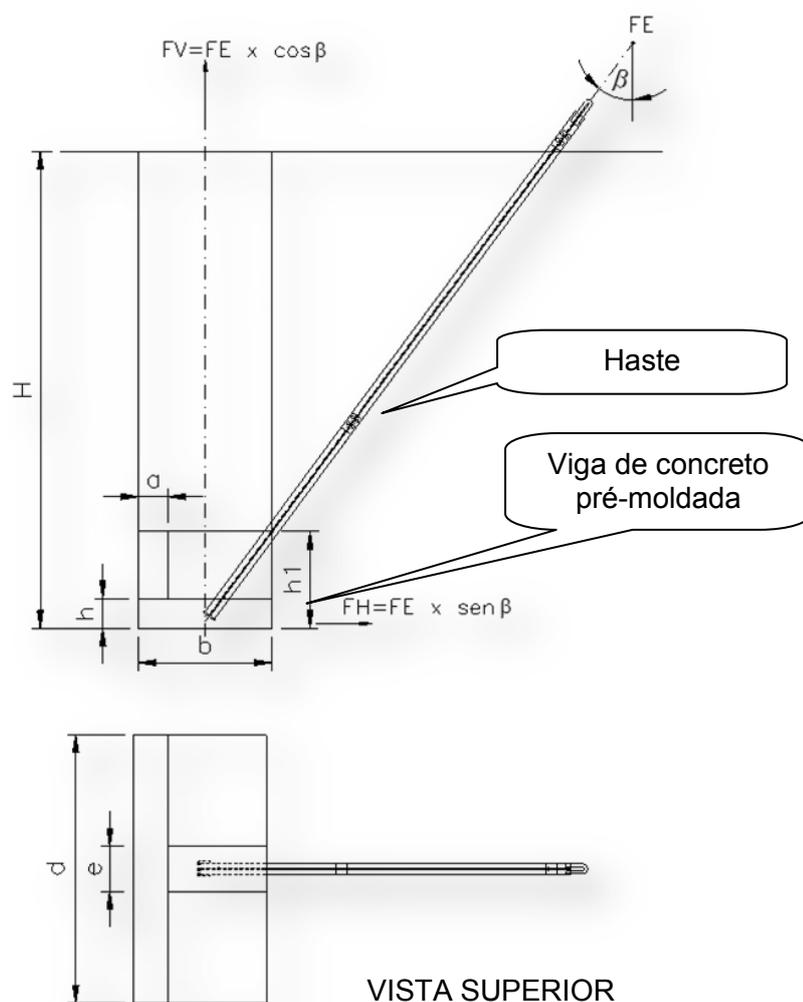
Figura 2 – Sapata para torres autoportantes



Solo Tipo	Estrutura	Df	La	Db	DL	h1	Lf	L	g _{mín}
I		0,50	0,45	2,10	0	0	1,00	1,55	0,30
II	V1CRL	0,50	0,45	2,10	2,60	0,10	1,00	1,55	0,30
III		0,50	0,45	2,10	3,90	0,20	1,00	1,75	0,30

1) Dimensões em metro.

Figura 3 – Sapata para o mastro



Solo Tipo	Estrutura	b	d	h1	H	h	e
I		0,85	2,00	0,65	3,00	0,20	0,30
II	V1CRL	0,85	2,00	0,65	3,70	0,20	0,30
III		0,85	2,00	0,65	4,80	0,20	0,30

1) Dimensões em metro.

Figura 4 – Placa para o estai

01	09/05/17	Revisado conforme comentários Andrade	MNR	JRN	
00	28/04/17	Emissão Inicial	MNR	JRN	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 5 SPE SA					
PROJETO BÁSICO					
ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
MNR	ACA	JRN	JRN	200436197-2	28/04/17
TÍTULO					
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2 Lote 15 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL RELATÓRIO FUNDAÇÕES TÍPICAS					
Nº DOCUMENTO				FOLHA	REVISÃO
RE-EQT5-L501-PB-CIV-0011-R01				1 de 11	01

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	Campanha de Investigação dos Solos	3
2.1.	Programação	3
2.2.	Inspeção Visual	3
2.3.	Sondagens SPT	3
3.	Tipificação dos Solos e Fundações	3
3.1.	Fundações para Solos Normais	3
3.2.	Fundações para Solos Especiais	4
3.3.	Parâmetros Básicos dos Solos	4
4.	CrITÉrios para Dimensionamento das Fundações	5
4.1.	Cargas Atuando nas Fundações	5
4.2.	Dimensionamento das Fundações	5
4.3.	Dimensionamento do Concreto Armado	5
5.	Dimensões das Fundações para Solos Normais	6
5.1.	Considerações Iniciais	6
5.2.	Série de Estruturas	6
5.3.	Características Adotadas para os Solos	6
6.	Referências	7
7.	Figuras	8

1. OBJETIVO

1.1 Definir as características construtivas das fundações típicas a serem utilizadas em solos normais, para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C2 , em circuito simples pertencentes ao Lote A do Leilão 0013/2015.

2. CAMPANHA DE INVESTIGAÇÃO DOS SOLOS

2.1. Programação

2.1.1 Tão logo tenha sido concluído o projeto de plotação inicial, deve ser programada uma campanha de investigação dos solos nos locais onde serão instaladas as estruturas. Essa campanha deve incluir, pelo menos, as seguintes investigações:

- a) Inspeção Visual;
- b) Sondagens SPT.

2.2. Inspeção Visual

2.2.1 Deve ser executada em todos os pontos onde serão instaladas as estruturas da LT visando classificar, de forma expedita, o solo do local (1).

2.2.2 A inspeção visual deve ser precedida por um exame criterioso dos desenhos de planta e perfil, os quais normalmente fornecem informações importantes sobre o solo da região (se alagadiço ou inundável, banhado, brejo, afloramento de rocha, erosão, colúvio, sangas, rios, valetas, vegetação, etc.).

2.2.3 A inspeção visual “in situ” deve complementar as informações fornecidas pelos desenhos de planta e perfil no que se refere às formas de erosão, tipo de vegetação, tonalidade da cor do solo e nome genérico pelo qual o solo é conhecido na região.

2.2.4 A inspeção visual pode ter auxílio de uma pequena escavadeira, para abertura de cavas para investigação do terreno.

2.3. Sondagens SPT

2.3.1 Devem ser executadas nos seguintes locais:

- a) Todas estruturas autoportantes;
- b) Pelo menos uma a cada três torres, em trechos longos em alinhamento, salvo casos em que haja mudança de terreno.

2.3.2 As sondagens SPT devem seguir os critérios da “NBR 6484 – Campanha de Investigação de Solo” e do documento de “Especificação Técnica de Campanha de Investigação de Solos” que deve ser documento constante do Projeto Executivo. Em solos muito fracos a sondagem deverá atingir obrigatoriamente profundidades superiores a 12,45 metros em conformidade com especificação técnico complementar.

3. TIPIFICAÇÃO DOS SOLOS E FUNDAÇÕES

3.1. Fundações para Solos Normais

3.1.1 Consideram-se como normais os solos argilosos, arenosos, siltosos ou mistos (argilo-siltosos, areno-argilosos, etc.) sem presença de água, rocha ou matéria orgânica até o nível da base da escavação das fundações.

3.1.2 Para esses solos é prevista como alternativa preferencial a instalação de fundações típicas em tubulões verticais com base alargada ou retos, em concreto armado nas torres autoportantes e para torres estaiadas é prevista sapata pré-moldada para o mastro e viga L

pré-moldada para os estais.

- 3.1.3 Para solos nos quais a alternativa em tubulões for inadequada é prevista a instalação de fundações em sapatas, em concreto armado ou a execução de estacas helicoidais a serem determinadas dentro das melhores práticas de execução com as sondagens realizadas.
- 3.1.4 As fundações serão definidas quando da execução do projeto executivo podendo haver opção por metodologias como estacas helicoidais, sapatas etc a serem determinados dentro das melhores práticas de execução e de acordo com as sondagens realizadas.

3.2. Fundações para Solos Especiais

- 3.2.1 Em outros tipos de solos, aí compreendidos solos fortes, como rocha sã e rocha fraturada aflorada ou a baixa profundidade, solos fracos e solos com nível d'água elevado, deverão ser instaladas fundações especiais.
- 3.2.2 Para rocha sã ou pouco fraturada é prevista a instalação de tubulões curtos ou sapatas em concreto armado, atirantados na rocha.
- 3.2.3 Nos locais em que seja possível escavar a rocha poderá ser utilizado como alternativa fundação em tubulão curto em concreto armado, engastado diretamente na rocha.
- 3.2.4 Para solos muito fracos, com ou sem presença d'água a baixa profundidade, é prevista a instalação de estacas metálicas ou de concreto armado, coroadas por blocos de concreto armado independentes ou interligados por vigas horizontais nas estruturas autoportantes e para as estruturas estaiadas é prevista a instalação de estacas helicoidais.
- 3.2.5 O detalhamento dessas fundações será desenvolvido na fase do projeto executivo, quando forem conhecidas as características do solo dos locais onde serão instaladas as estruturas e definidos os métodos construtivos que se adaptarem aos equipamentos das firmas contratadas para instalar as fundações.

3.3. Parâmetros Básicos dos Solos

- 3.3.1 As características dos solos a serem efetivamente utilizadas no projeto das fundações típicas serão selecionadas com base nos resultados da Campanha de Investigação descrita no capítulo 2 anterior.
- 3.3.2 Para o presente relatório, o qual visa apenas definir dimensões aproximadas para as fundações típicas, foram adotadas as características geotécnicas indicadas a seguir, as quais são representativas (2) dos solos descritos nos itens 3.1 e 3.2 anteriores.

Característica	Solo Normal	Solos Especiais		
		Rocha	Com água	Muito fraco
Coesão (kg/cm ²)	0,1 a 0,2		0,10	
Ângulo de atrito	13° a 20°		10°	
Peso específico (t/m ³)	1,2 a 1,7	2,0	1,0	1,0
Compressão (kg/cm ²)	1,0 a 3,0	5,0 a 10,0	0,8	
Ângulo do cone	12,5° a 30°	45°	15°	
Nº golpes, SPT em areia	≤ 18		≤ 5	
Nº golpes, SPT em argila	≤ 15		≤ 4	

4. CRITÉRIOS PARA DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES

4.1. Cargas Atuando nas Fundações

- 4.1.1 As cargas atuando nas fundações serão obtidas a partir das memórias de cálculo das estruturas que compõem a série a ser utilizada (6).
- 4.1.2 As cargas máximas de tração, compressão e horizontais associados (transversais e longitudinais), consideradas nas suas combinações mais desfavoráveis, serão multiplicadas por um fator de sobrecarga adicional de 1,10.
- 4.1.3 As novas cargas assim obtidas serão utilizadas para o dimensionamento das fundações e o cálculo das estruturas de concreto armado.

4.2. Dimensionamento das Fundações

- 4.2.1 O dimensionamento à tração (arrancamento) usará a metodologia (3) desenvolvida pelo professor J. Biarez (Universidade de Grenoble) e pelo engo. Y. Barraud (EDF), associada ao método clássico do cone de arrancamento.
- 4.2.2 O dimensionamento à compressão levará em consideração as cargas horizontais associadas e os correspondentes momentos atuando sobre a base da fundação, resultando em um caso de dimensionamento por flexão composta (4).
- 4.2.3 Casos especiais devem atender à NBR 6122.

4.3. Dimensionamento do Concreto Armado

- 4.3.1 Para dimensionamento do concreto armado (5) serão utilizados os valores indicados na tabela apresentada a seguir, todos referidos ao estado limite último.
- 4.3.2 Os valores indicados são compatíveis com o critério adotado no cálculo das cargas atuando nas fundações, constante do item 4.1 anterior.
- 4.3.3 Casos especiais devem atender à NBR 6118.

Crítérios de Dimensionamento do Concreto Armado	Valor Adotado
Deformação específica do concreto comprimido	$\epsilon_c \leq 3,5\%$
Deformação específica da armadura tracionada	$\epsilon_s \leq 10\%$
Resistência à compressão do concreto	
c.1) Concreto moldado "in situ"	$f_{ck} \geq 20 \text{ MPa}$
c.2) Concreto pré-moldado	$f_{ck} \geq 20 \text{ MPa}$
c.3) Concreto ciclópico	$f_{ck} \geq 8 \text{ MPa}$
c.4) Concreto simples	$f_{ck} \geq 9 \text{ MPa}$
Tensão de cálculo no concreto	$\sigma_{cd} = \frac{f_{ck}}{\delta_c} \quad \delta_c = 1,4$
Tensão de cálculo no aço	$\sigma_{yd} = \frac{f_{yk}}{\delta_s} \quad \delta_s = 1,15$
Tensão de cálculo nos chumbadores	$\sigma_{yd} = \frac{f_{yk}}{\delta_s} \quad \delta_s = 1,5$

Critérios de Dimensionamento do Concreto Armado	Valor Adotado
Aço da armadura	CA 50A ou CA 60A
Cobrimento da armadura	4 cm

5. DIMENSÕES DAS FUNDAÇÕES PARA SOLOS NORMAIS

5.1. Considerações Iniciais

5.1.1 São apresentadas nas Figuras 1 a 3 as dimensões das fundações típicas em concreto para solos normais, para a série de estruturas proposta para a LT.

5.1.2 As dimensões indicadas devem ser consideradas como valores aproximados, a serem confirmados quando forem conhecidas as reais características dos solos da região atravessada pela LT.

5.2. Série de Estruturas

5.2.1 A série selecionada (6) é formada pelos seguintes tipos de estruturas:

Tipo	Aplicação
V1CRL	Estaiada Cross-rope
V1SL	Suspensão autoportante Cross-rope
V1SP	Suspensão autoportante reforçada
V1TR	Suspensão autoportante transposição para giro das fases
V1AA	Ancoragem em ângulos até 30°
V1AT	Ancoragem em ângulos até 60° e terminal

5.3. Características Adotadas para os Solos

5.3.1 Para o dimensionamento preliminar das fundações, foram adotados três tipos de solos normais com as seguintes características:

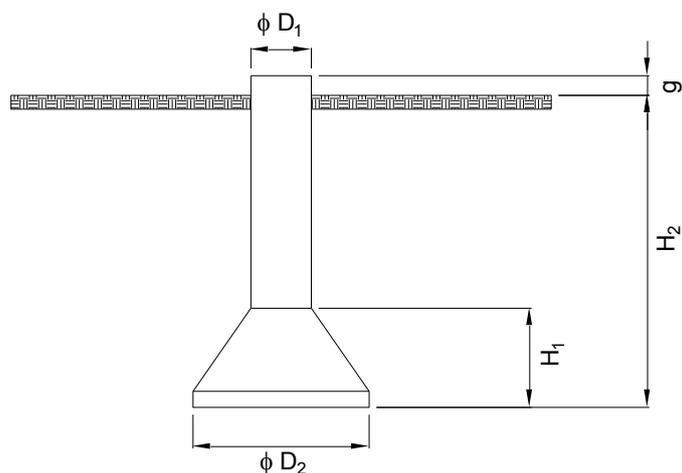
Características	Solo		
	Tipo I	Tipo II	Tipo III
Peso específico (t/m ³)	1,7	1,5	1,3
Ângulo do cone	30°	22,5°	15°
Tensão Admissível (kg/cm ²)	3,0	2,0	1,0

5.3.2 Solos orgânicos devem ter tratamento especial, caso a caso.

6. REFERÊNCIAS

- 1 Earth manual, publicado pelo United States Department of the Interior – Bureau of Reclamation.
- 2 Soil mechanics in engineering practice – Karl Terzaghi e Ralph B. Peck.
- 3 CIGRÉ 22-06/1968 – The use of soil mechanics methods for adapting tower foundations to soil conditions – J. Biarez e Y. Barraud.
- 4 Foundation analysis and design – Joseph E. Bowles.
- 5 Concreto armado – dimensionamento – Walter Pfeil.
- 6 Relatório RE-EQT5-L501-PB-EST-0014 - Série De Estruturas, Silhuetas E Hipóteses De Carregamento

7. FIGURAS

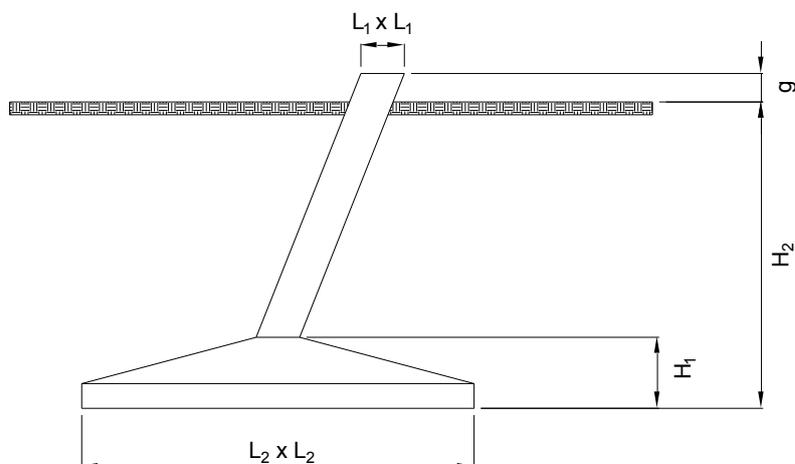


Solo Tipo	Estrutura	ϕD_1	ϕD_2	H_1	H_2	g_{min}
I	V1SL	0,80	0,80	0,00	6,80	0,30
	V1SP	0,80	0,80	0,00	8,60	0,30
	V1TR	0,80	0,80	0,00	7,20	0,30
	V1AA	1,00	1,00	0,00	7,70	0,30
	V1AT	1,10	1,10	0,00	10,60	0,30
II	V1SL	0,80	0,80	0,00	10,70	0,30
	V1SP	0,80	0,80	0,00	13,20	0,30
	V1TR	0,80	0,80	0,00	11,00	0,30
	V1AA	1,00	1,00	0,00	11,70	0,30
	V1AT	1,10	1,10	0,00	16,60	0,30

1) Dimensões em metro.

2) As dimensões indicadas para a torre A5EL aplicam-se às fundações dos mastros.

Figura 1 – Tubulão para torres autoportantes

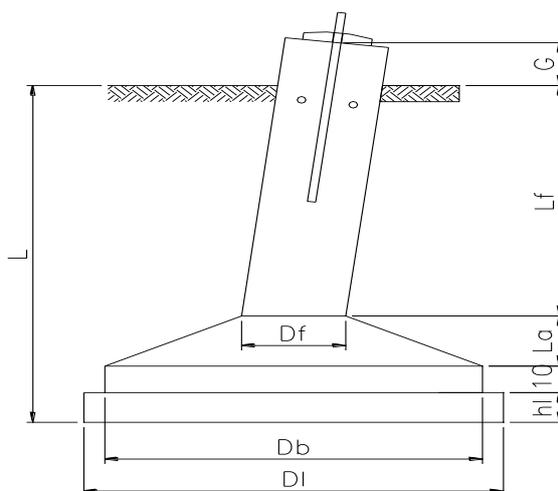


Solo Tipo	Estrutura	L1	L2	H ₁	H ₂	g _{mín}
III	V1SL	0,50	4,00	0,80	2,65	0,30
	V1SP	0,50	4,30	0,85	2,80	0,30
	V1TR	0,50	4,10	0,85	2,70	0,30
	V1AA	0,60	4,80	0,95	2,80	0,30
	V1AT	0,70	5,90	1,20	2,80	0,30

1) Dimensões em metro.

2) Não está previsto o uso de sapatas em solo tipo I e II.

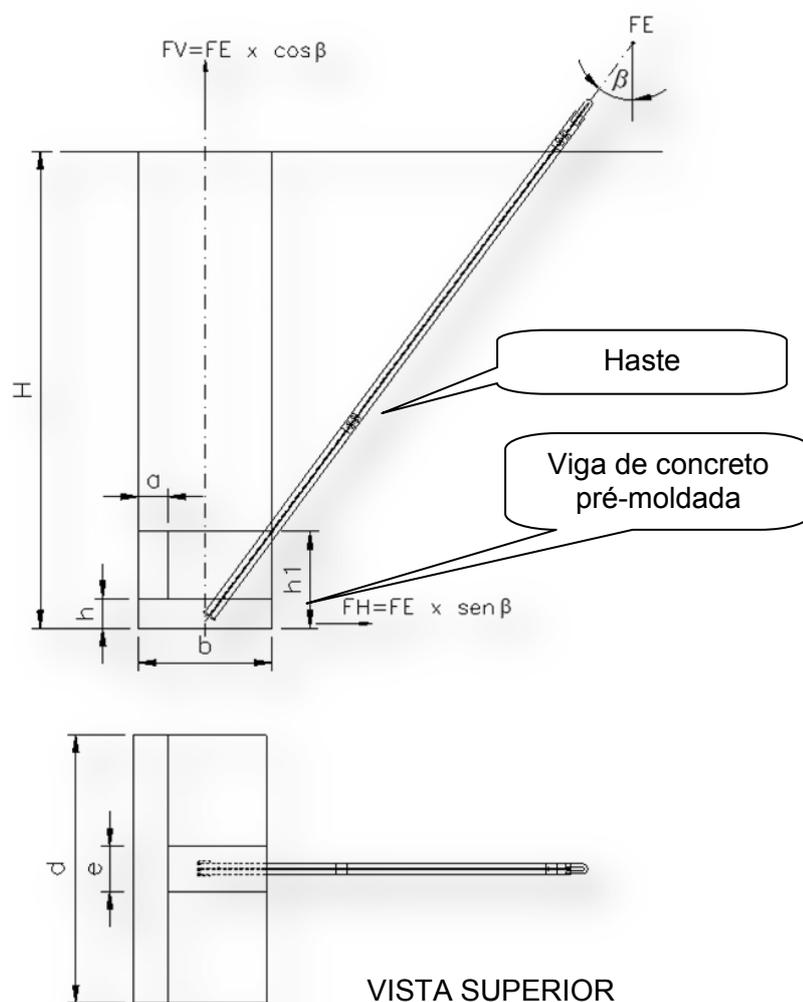
Figura 2 – Sapata para torres autoportantes



Solo Tipo	Estrutura	Df	La	Db	DL	hl	Lf	L	g _{mín}
I		0,50	0,45	2,10	0	0	1,00	1,55	0,30
II	V1CRL	0,50	0,45	2,10	2,60	0,10	1,00	1,55	0,30
III		0,50	0,45	2,10	3,90	0,20	1,00	1,75	0,30

1) Dimensões em metro.

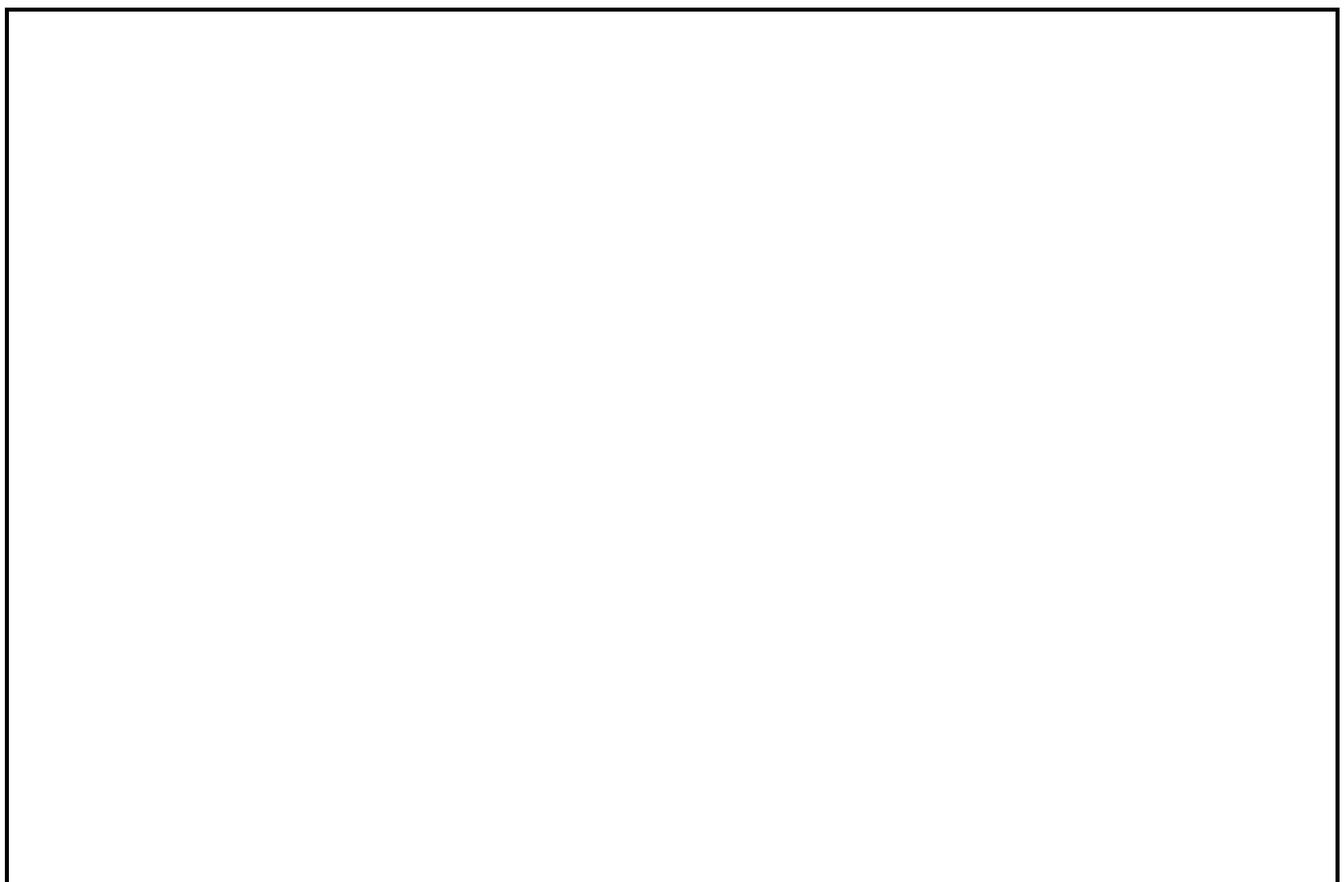
Figura 3 – Sapata para o mastro



Solo Tipo	Estrutura	b	d	h1	H	h	e
I		0,85	2,00	0,65	3,00	0,20	0,30
II	V1CRL	0,85	2,00	0,65	3,70	0,20	0,30
III		0,85	2,00	0,65	4,80	0,20	0,30

1) Dimensões em metro.

Figura 4 – Placa para o estai



Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
02	15/05/17	Revisado conforme comentários Fluxo	MNR	ACA	
01	09/05/17	Revisado conforme comentários Andrade	MNR	JRN	
00	28/04/17	Emissão Inicial	MNR	JRN	



EQUATORIAL TRANSMISSORA 5 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
MNR	ACA	JRN	JRN	200436197-2	28/04/17

TÍTULO

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
Lote 15 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO FUNDAÇÕES TÍPICAS

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT5-L501-PB-CIV-0011-R01	1 de 11	02

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	Campanha de Investigação dos Solos	3
2.1.	Programação	3
2.2.	Inspeção Visual	3
2.3.	Sondagens SPT	3
3.	Tipificação dos Solos e Fundações	3
3.1.	Fundações para Solos Normais	3
3.2.	Fundações para Solos Especiais	4
3.3.	Parâmetros Básicos dos Solos	4
4.	CrITÉrios para Dimensionamento das Fundações	5
4.1.	Cargas Atuando nas Fundações	5
4.2.	Dimensionamento das Fundações	5
4.3.	Dimensionamento do Concreto Armado	5
5.	Dimensões das Fundações para Solos Normais	6
5.1.	Considerações Iniciais	6
5.2.	Série de Estruturas	6
5.3.	Características Adotadas para os Solos	6
6.	Referências	7
7.	Figuras	8

1. OBJETIVO

- 1.1 Definir as características construtivas das fundações típicas a serem utilizadas em solos normais, para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C2 , em circuito simples pertencentes ao Lote A do Leilão 0013/2015.

2. CAMPANHA DE INVESTIGAÇÃO DOS SOLOS

2.1. Programação

- 2.1.1 Tão logo tenha sido concluído o projeto de plotação inicial, deve ser programada uma campanha de investigação dos solos nos locais onde serão instaladas as estruturas. Essa campanha deve incluir, pelo menos, as seguintes investigações:

- a) Inspeção Visual;
- b) Sondagens SPT.

2.2. Inspeção Visual

- 2.2.1 Deve ser executada em todos os pontos onde serão instaladas as estruturas da LT visando classificar, de forma expedita, o solo do local (1).
- 2.2.2 A inspeção visual deve ser precedida por um exame criterioso dos desenhos de planta e perfil, os quais normalmente fornecem informações importantes sobre o solo da região (se alagadiço ou inundável, banhado, brejo, afloramento de rocha, erosão, colúvio, sangas, rios, valetas, vegetação, etc.).
- 2.2.3 A inspeção visual “in situ” deve complementar as informações fornecidas pelos desenhos de planta e perfil no que se refere às formas de erosão, tipo de vegetação, tonalidade da cor do solo e nome genérico pelo qual o solo é conhecido na região.
- 2.2.4 A inspeção visual pode ter auxílio de uma pequena escavadeira, para abertura de cavas para investigação do terreno.

2.3. Sondagens SPT

- 2.3.1 Devem ser executadas nos seguintes locais:
- a) Todas estruturas autoportantes;
 - b) Pelo menos uma a cada três torres, em trechos longos em alinhamento, salvo casos em que haja mudança de terreno.
- 2.3.2 As sondagens SPT devem seguir os critérios da “NBR 6484 – Campanha de Investigação de Solo” e do documento de “Especificação Técnica de Campanha de Investigação de Solos” que deve ser documento constante do Projeto Executivo. Em solos muito fracos a sondagem deverá atingir obrigatoriamente profundidades superiores a 12,45 metros em conformidade com especificação técnico complementar.

3. TIPIFICAÇÃO DOS SOLOS E FUNDAÇÕES

3.1. Fundações para Solos Normais

- 3.1.1 Consideram-se como normais os solos argilosos, arenosos, siltosos ou mistos (argilo-siltosos, areno-argilosos, etc.) sem presença de água, rocha ou matéria orgânica até o nível da base da escavação das fundações.
- 3.1.2 Para esses solos é prevista como alternativa preferencial a instalação de fundações típicas em tubulões verticais com base alargada ou retos, em concreto armado nas torres autoportantes e para torres estaiadas é prevista sapata pré-moldada para o mastro e viga L

pré-moldada para os estais.

3.1.3 Para solos nos quais a alternativa em tubulões for inadequada é prevista a instalação de fundações em sapatas, em concreto armado ou a execução de estacas helicoidais a serem determinadas dentro das melhores práticas de execução com as sondagens realizadas.

3.1.4 As fundações serão definidas quando da execução do projeto executivo podendo haver opção por metodologias como estacas helicoidais, sapatas etc a serem determinados dentro das melhores práticas de execução e de acordo com as sondagens realizadas.

3.2. Fundações para Solos Especiais

3.2.1 Em outros tipos de solos, aí compreendidos solos fortes, como rocha sã e rocha fraturada aflorada ou a baixa profundidade, solos fracos e solos com nível d'água elevado, deverão ser instaladas fundações especiais.

3.2.2 Para rocha sã ou pouco fraturada é prevista a instalação de tubulões curtos ou sapatas em concreto armado no mastro e nas torres autoportantes, e é prevista para os estais atirantamentos em rocha.

3.2.3 Nos locais em que seja possível escavar a rocha poderá ser utilizado como alternativa fundação em tubulão curto em concreto armado, engastado diretamente na rocha, tanto para as torres autoportantes quanto estaiadas.

3.2.4 Para solos muito fracos, com ou sem presença d'água a baixa profundidade, é prevista a instalação de estacas metálicas ou de concreto armado, coroadas por blocos de concreto armado independentes ou interligados por vigas horizontais nas estruturas autoportantes e para as estruturas estaiadas é prevista a instalação de estacas helicoidais.

3.2.5 O detalhamento dessas fundações será desenvolvido na fase do projeto executivo, quando forem conhecidas as características do solo dos locais onde serão instaladas as estruturas e definidos os métodos construtivos que se adaptarem aos equipamentos das firmas contratadas para instalar as fundações.

3.3. Parâmetros Básicos dos Solos

3.3.1 As características dos solos a serem efetivamente utilizadas no projeto das fundações típicas serão selecionadas com base nos resultados da Campanha de Investigação descrita no capítulo 2 anterior.

3.3.2 Para o presente relatório, o qual visa apenas definir dimensões aproximadas para as fundações típicas, foram adotadas as características geotécnicas indicadas a seguir, as quais são representativas (2) dos solos descritos nos itens 3.1 e 3.2 anteriores.

Característica	Solo Normal	Solos Especiais		
		Rocha	Com água	Muito fraco
Coesão (kg/cm ²)	0,1 a 0,25		0,10	
Ângulo de atrito	13° a 22,5°		10°	
Peso específico (t/m ³)	1,2 a 1,7	2,0	1,0	1,0
Compressão (kg/cm ²)	1,0 a 3,0	5,0 a 10,0	0,8	
Ângulo do cone	12,5° a 30°	45°	15°	
Nº golpes, SPT em areia	≤ 18		≤ 5	
Nº golpes, SPT em argila	≤ 15		≤ 4	

4. CRITÉRIOS PARA DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES

4.1. Cargas Atuando nas Fundações

- 4.1.1 As cargas atuando nas fundações serão obtidas a partir das memórias de cálculo das estruturas que compõem a série a ser utilizada (6).
- 4.1.2 As cargas máximas de tração, compressão e horizontais associados (transversais e longitudinais), consideradas nas suas combinações mais desfavoráveis, serão multiplicadas por um fator de sobrecarga adicional de 1,10.
- 4.1.3 As novas cargas assim obtidas serão utilizadas para o dimensionamento das fundações e o cálculo das estruturas de concreto armado.

4.2. Dimensionamento das Fundações

- 4.2.1 O dimensionamento à tração (arrancamento) usará a metodologia (3) desenvolvida pelo professor J. Biarez (Universidade de Grenoble) e pelo engo. Y. Barraud (EDF), associada ao método clássico do cone de arrancamento.
- 4.2.2 O dimensionamento à compressão levará em consideração as cargas horizontais associadas e os correspondentes momentos atuando sobre a base da fundação, resultando em um caso de dimensionamento por flexão composta (4).
- 4.2.3 Casos especiais devem atender à NBR 6122.

4.3. Dimensionamento do Concreto Armado

- 4.3.1 Para dimensionamento do concreto armado (5) serão utilizados os valores indicados na tabela apresentada a seguir, todos referidos ao estado limite último.
- 4.3.2 Os valores indicados são compatíveis com o critério adotado no cálculo das cargas atuando nas fundações, constante do item 4.1 anterior.
- 4.3.3 Casos especiais devem atender à NBR 6118.

Critérios de Dimensionamento do Concreto Armado	Valor Adotado
Deformação específica do concreto comprimido	$\epsilon_c \leq 3,5\%$
Deformação específica da armadura tracionada	$\epsilon_s \leq 10\%$
Resistência à compressão do concreto	
c.1) Concreto moldado "in situ"	$f_{ck} \geq 25 \text{ MPa}$
c.2) Concreto pré-moldado	$f_{ck} \geq 25 \text{ MPa}$
c.3) Concreto ciclópico	$f_{ck} \geq 8 \text{ MPa}$
c.4) Concreto simples	$f_{ck} \geq 9 \text{ MPa}$
Tensão de cálculo no concreto	$\sigma_{cd} = \frac{f_{ck}}{\delta_c} \quad \delta_c = 1,4$
Tensão de cálculo no aço	$\sigma_{yd} = \frac{f_{yk}}{\delta_s} \quad \delta_s = 1,15$

Critérios de Dimensionamento do Concreto Armado	Valor Adotado
Tensão de cálculo nos chumbadores	$\sigma_{yd} = \frac{f_{yk}}{\delta_s} \quad \delta_s = 1,5$
Aço da armadura	CA-50 ou CA-60
Cobrimento da armadura	5 cm

5. DIMENSÕES DAS FUNDAÇÕES PARA SOLOS NORMAIS

5.1. Considerações Iniciais

5.1.1 São apresentadas nas Figuras 1 a 3 as dimensões das fundações típicas em concreto para solos normais, para a série de estruturas proposta para a LT.

5.1.2 As dimensões indicadas devem ser consideradas como valores aproximados, a serem confirmados quando forem conhecidas as reais características dos solos da região atravessada pela LT.

5.2. Série de Estruturas

5.2.1 A série selecionada (6) é formada pelos seguintes tipos de estruturas:

Tipo	Aplicação
V1CRL	Estaiada Cross-rope
V1SL	Suspensão autoportante Cross-rope
V1SP	Suspensão autoportante reforçada
V1TR	Suspensão autoportante transposição para giro das fases
V1AA	Ancoragem em ângulos até 30°
V1AT	Ancoragem em ângulos até 60° e terminal

5.3. Características Adotadas para os Solos

5.3.1 Para o dimensionamento preliminar das fundações, foram adotados três tipos de solos normais com as seguintes características:

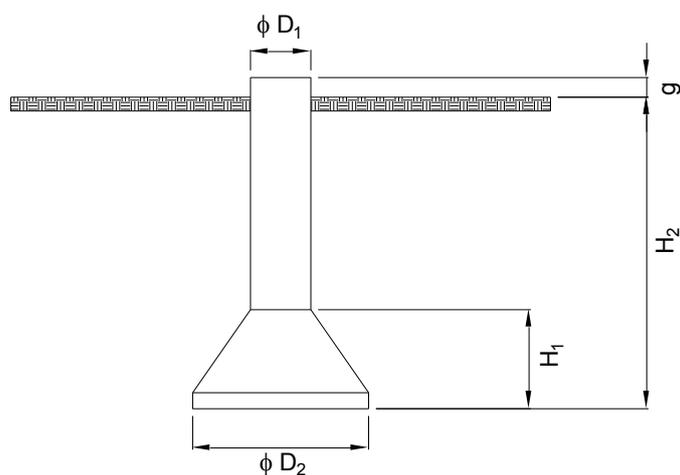
Características	Solo		
	Tipo I	Tipo II	Tipo III
Peso específico (t/m ³)	1,7	1,5	1,3
Ângulo do cone	30°	22,5°	15°
Tensão Admissível (kg/cm ²)	3,0	2,0	1,0

5.3.2 Solos orgânicos devem ter tratamento especial, caso a caso.

6. REFERÊNCIAS

- 1 Earth manual, publicado pelo United States Department of the Interior – Bureau of Reclamation.
- 2 Soil mechanics in engineering practice – Karl Terzaghi e Ralph B. Peck.
- 3 CIGRÉ 22-06/1968 – The use of soil mechanics methods for adapting tower foundations to soil conditions – J. Biarez e Y. Barraud.
- 4 Foundation analysis and design – Joseph E. Bowles.
- 5 Concreto armado – dimensionamento – Walter Pfeil.
- 6 Relatório RE-EQT5-L501-PB-EST-0014 - Série De Estruturas, Silhuetas E Hipóteses De Carregamento

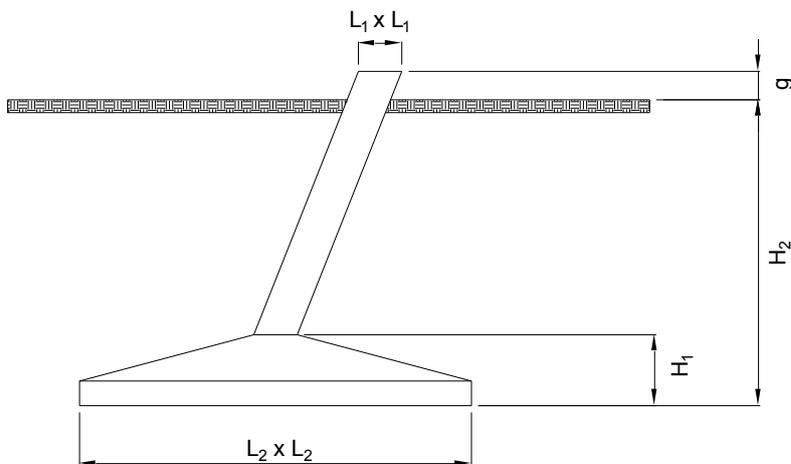
7. FIGURAS



Solo Tipo	Estrutura	ϕD_1	ϕD_2	H ₁	H ₂	g _{min}
I	V1SL	0,80	0,80	0,00	6,80	0,30
	V1SP	0,80	0,80	0,00	8,60	0,30
	V1TR	0,80	0,80	0,00	7,20	0,30
	V1AA	1,00	1,00	0,00	7,70	0,30
	V1AT	1,10	1,10	0,00	10,60	0,30
II	V1SL	0,80	0,80	0,00	10,70	0,30
	V1SP	0,80	0,80	0,00	13,20	0,30
	V1TR	0,80	0,80	0,00	11,00	0,30
	V1AA	1,00	1,00	0,00	11,70	0,30
	V1AT	1,10	1,10	0,00	16,60	0,30

1) Dimensões em metro.

Figura 1 – Tubulão para torres autoportantes

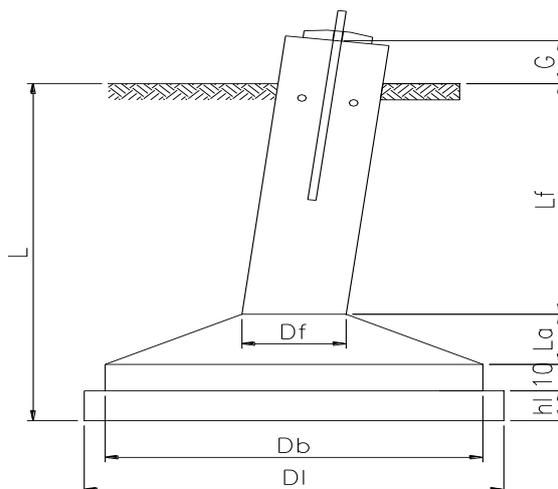


Solo Tipo	Estrutura	L1	L2	H1	H2	g _{mín}
III	V1SL	0,50	4,00	0,80	2,65	0,30
	V1SP	0,50	4,30	0,85	2,80	0,30
	V1TR	0,50	4,10	0,85	2,70	0,30
	V1AA	0,60	4,80	0,95	2,80	0,30
	V1AT	0,70	5,90	1,20	2,80	0,30

1) Dimensões em metro.

2) Não está previsto o uso de sapatas em solo tipo I e II.

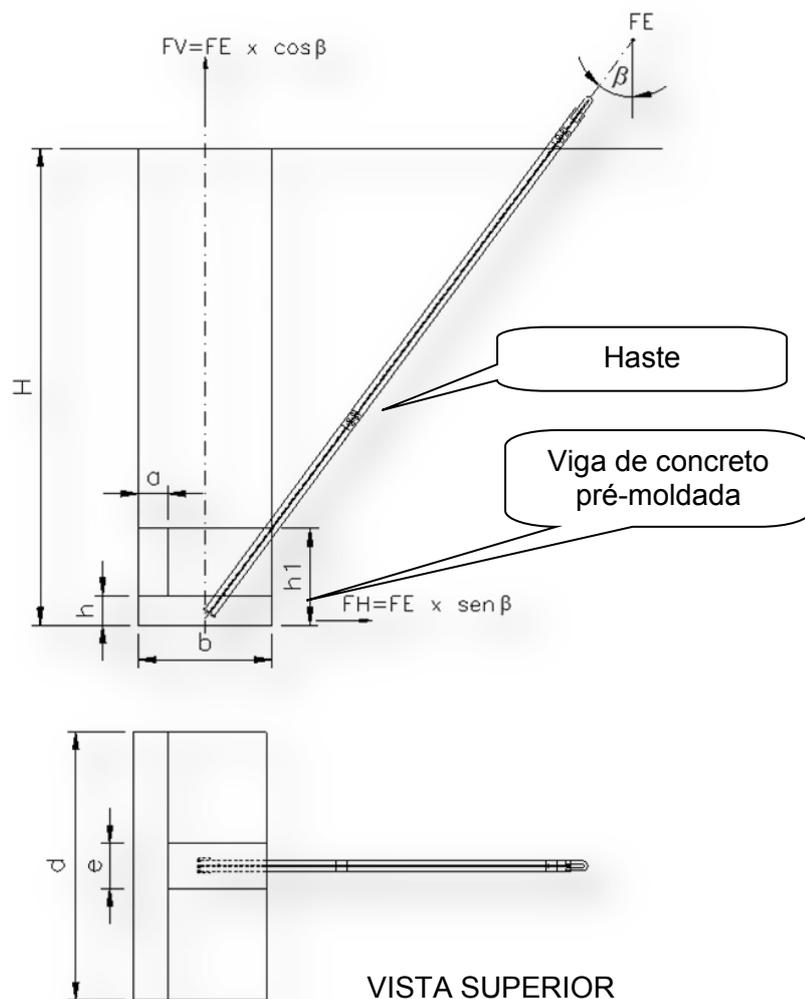
Figura 2 – Sapata para torres autoportantes



Solo Tipo	Estrutura	Df	La	Db	DL	hl	Lf	L	g _{min}
I		0,50	0,45	2,10	0	0	1,00	1,55	0,30
II	V1CRL	0,50	0,45	2,10	2,60	0,10	1,00	1,65	0,30
III		0,50	0,45	2,10	3,90	0,20	1,00	1,75	0,30

1) Dimensões em metro.

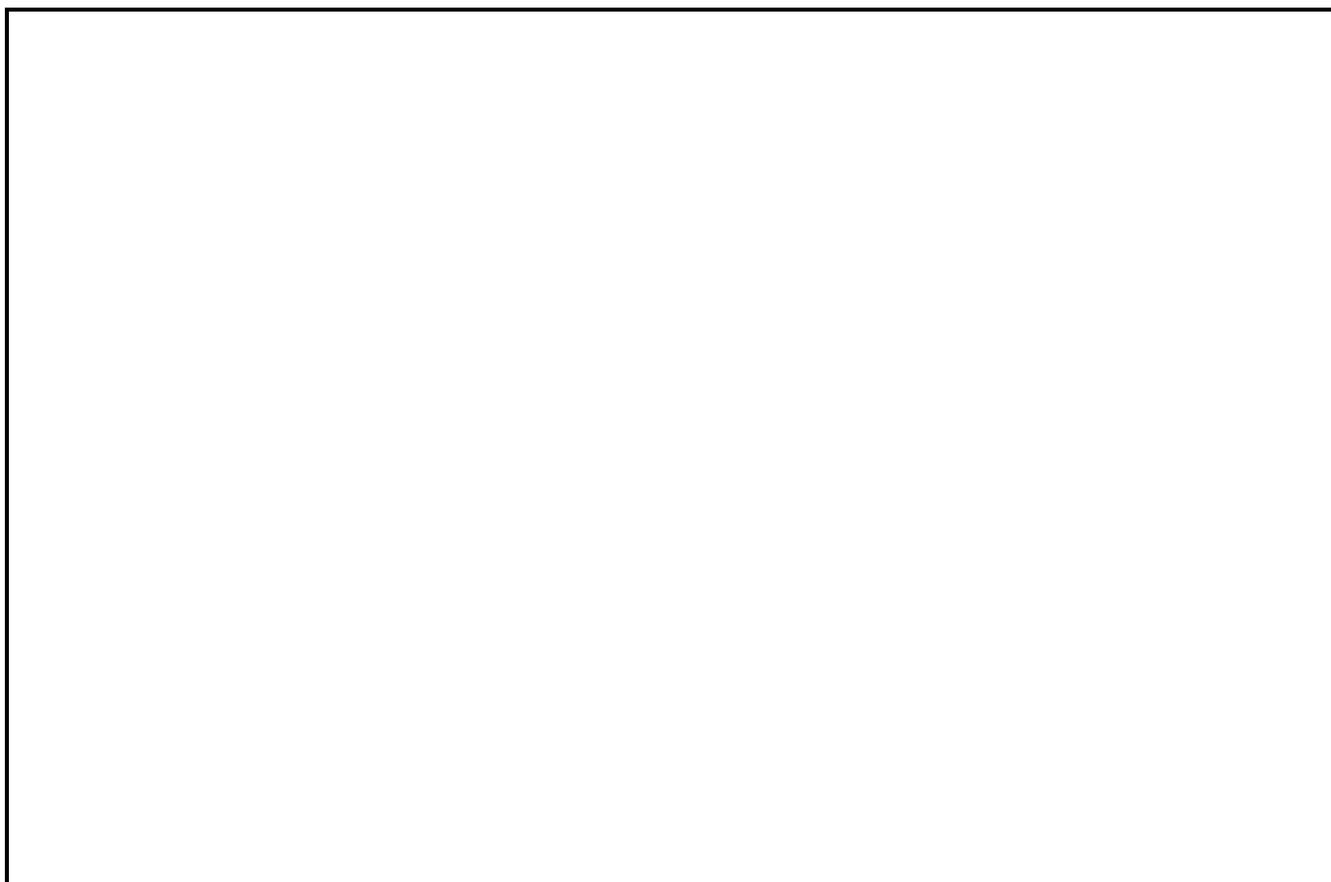
Figura 3 – Sapata para o mastro



Solo Tipo	Estrutura	b	d	h1	H	h	e
I		0,85	2,00	0,65	3,00	0,20	0,30
II	V1CRL	0,85	2,00	0,65	3,70	0,20	0,30
III		0,85	2,00	0,65	4,80	0,20	0,30

1) Dimensões em metro.

Figura 4 – Placa para o estai



Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
01	04/05/17	Revisado numeração de documentos	AQ	JCS	
00	16/02/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	



EQUATORIAL TRANSMISSORA 5 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	16/02/17

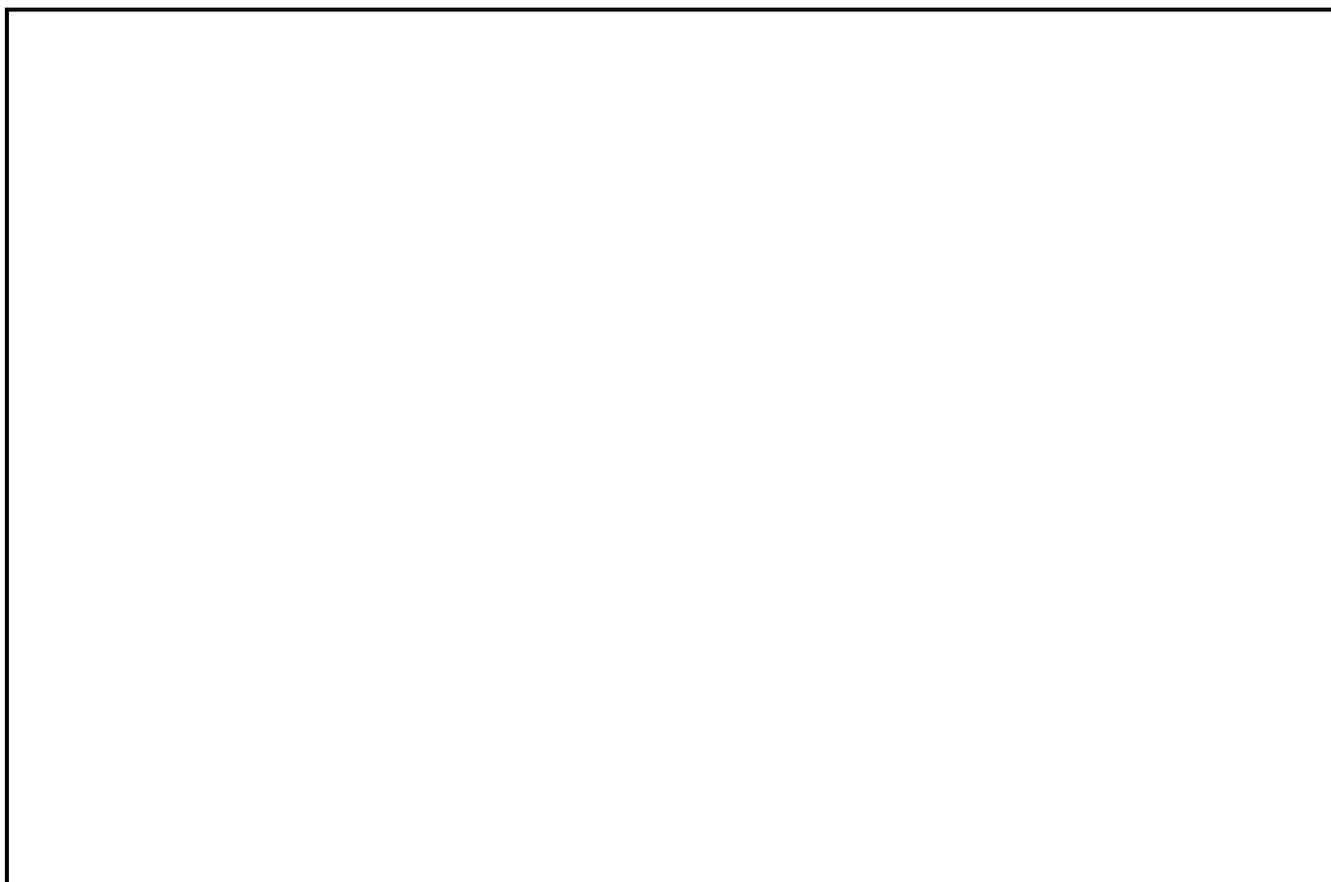
TÍTULO

LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
Lote 15 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
INDICE DE RELATÓRIOS

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RT-EQT5-L501-PB-ELM-0001-R01	1 de 2	01

1 O PROJETO BÁSICO CONTEM OS SEGUINTE RELATÓRIOS:

RELATÓRIOS DO PROJETO BÁSICO	NUMERAÇÃO
1. INDICE DE RELATÓRIOS	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0001
2. NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0002
3. DADOS CLIMATOLÓGICOS	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0003
4. VELOCIDADE DO VENTO E CARREGAMENTO DEVIDO AO VENTO	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0004
5. CONDUTOR E PÁRA-RAIOS	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0005
6. ESTUDO MECÂNICO DO CONDUTOR E PARA-RAIOS E VIBRAÇÕES	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0006
7. DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA PARA LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0007
8. LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0008
9. COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0009
10. ISOLADORES E FERRAGENS	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0010
11. FUNDAÇÕES TÍPICAS	RE-EQT5-L501-PB-CIV-0011
12. SISTEMA DE ATERRAMENTO	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0012
13. DIRETRIZ SELECIONADA	RE-EQT5-L501-PB-TOP-0013
14. SÉRIE DE ESTRUTURAS, SILHUETAS E HIPÓTESES DE CARREGAMENTO	RE-EQT5-L501-PB-EST-0014
15. PROGRAMA DE ENSAIOS DE CARREGAMENTO	RE-EQT5-L501-PB-EST-0015
16. SILHUETA DA ESTRUTURA PREDOMINANTE	RE-EQT5-L501-PB-EST-0016
17. MEMORIA DE CALCULO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE	RE-EQT5-L501-PB-EST-0017
18. CONFIABILIDADE DO TRECHO DE PARALELISMO	RE-EQT5-L501-PB-EST-0018



Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
02	15/05/17	Atendimento aos comentários da EP	AQ	JCS	
01	04/05/17	Revisado numeração de documentos	AQ	JCS	
00	16/02/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	



EQUATORIAL TRANSMISSORA 5 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	16/02/17

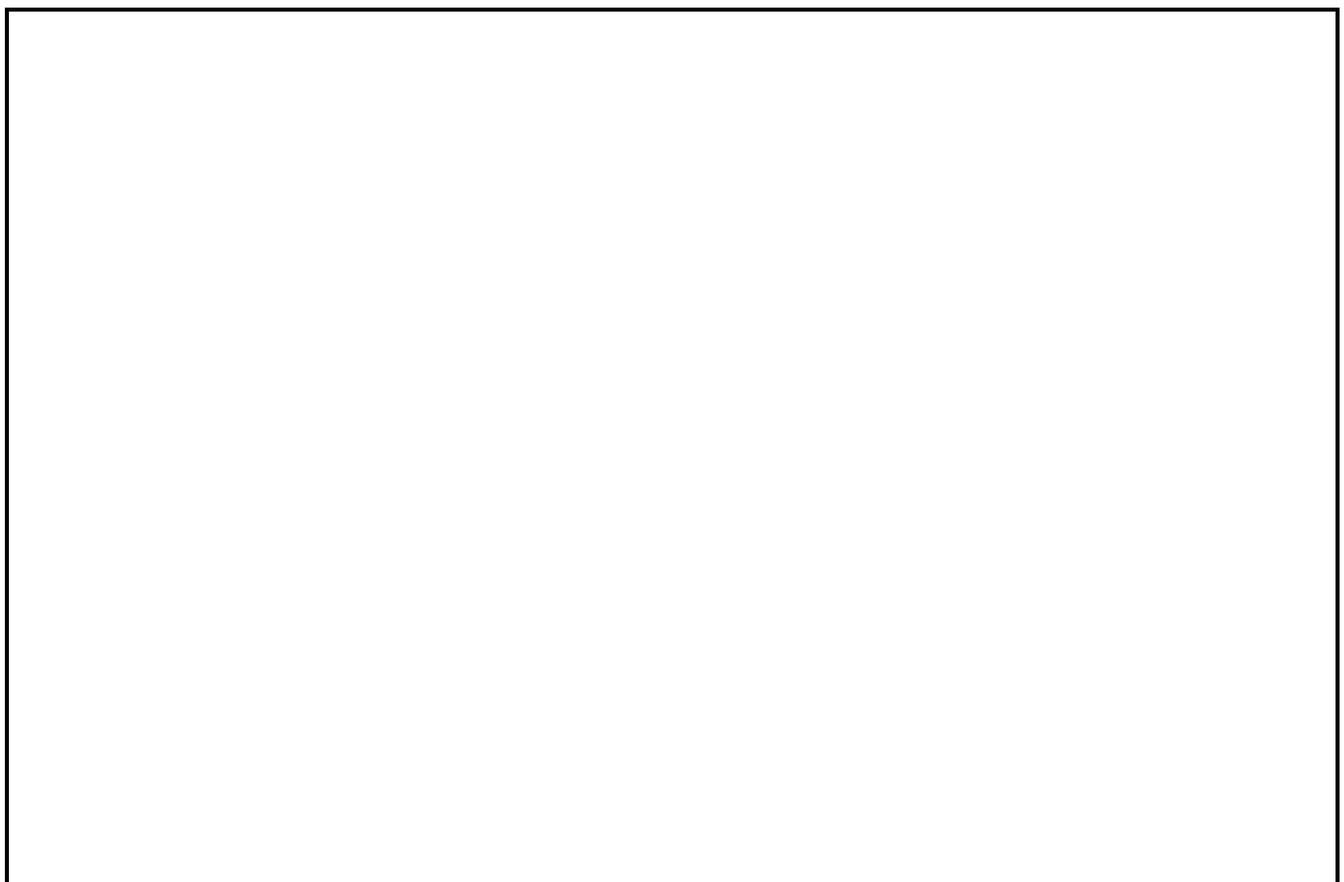
TÍTULO

LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
Lote 15 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
INDICE DE RELATÓRIOS

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RT-EQT5-L501-PB-ELM-0001-R02	1 de 2	02

1 O PROJETO BÁSICO CONTEM OS SEGUINTE RELATÓRIOS:

RELATÓRIOS DO PROJETO BÁSICO	NUMERAÇÃO
1. INDICE DE RELATÓRIOS	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0001
2. NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0002
3. DADOS CLIMATOLÓGICOS	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0003
4. VELOCIDADE DO VENTO E CARREGAMENTO DEVIDO AO VENTO	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0004
5. CONDUTOR E PÁRA-RAIOS	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0005
6. ESTUDO MECÂNICO DO CONDUTOR E PARA-RAIOS E VIBRAÇÕES	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0006
7. DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA PARA LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0007
8. LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0008
9. COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0009
10. ISOLADORES E FERRAGENS	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0010
11. FUNDAÇÕES TÍPICAS	RE-EQT5-L501-PB-CIV-0011
12. SISTEMA DE ATERRAMENTO	RE-EQT5-L501-PB-ELM-0012
13. DIRETRIZ SELECIONADA	RE-EQT5-L501-PB-TOP-0013
14. SÉRIE DE ESTRUTURAS, SILHUETAS E HIPÓTESES DE CARREGAMENTO	RE-EQT5-L501-PB-EST-0014
15. PROGRAMA DE ENSAIOS DE CARREGAMENTO	RE-EQT5-L501-PB-EST-0015
16. SILHUETA DA ESTRUTURA PREDOMINANTE	RE-EQT5-L501-PB-EST-0016
17. MEMORIA DE CALCULO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE	RE-EQT5-L501-PB-EST-0017
18. VERIFICAÇÃO DOS ESPAÇAMENTOS ELÉTRICOS	RE-EQT5-L501-PB-EST-0018



Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
01	04/05/17	Atendimento aos comentários do EP	AQ	JCS	
00	16/02/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	



EQUATORIAL TRANSMISSORA 5 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	16/02/17

TÍTULO

LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
Lote 15 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT5-L501-PB-ELM-0002-R01	1 de 18	01

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	ÓRGÃOS NORMALIZADORES	3
3.	NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS	3

1. OBJETIVO

- 1.1 Relacionar as Normas Técnicas a serem utilizadas nos Projetos Básico e Executivo da LT 500 kV Igarorã III - Janaúba 3 - C2, em circuito simples pertencente ao Lote 15 do Leilão 0013/2015 – 2º parte.

2. ÓRGÃOS NORMALIZADORES

2.1. Relação dos Órgãos

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANSI	American National Standards Institute
AS	Australian Standard
ASCE	American Society of Civil Engineers
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASTM	American Society for Testing and Materials
EIA	Electronics Industries Association
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	The Institute of Electrical and Electronics Engineers
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
ISO	International Organization for Standardization
NEMA	National Electrical Manufacturers Association

2.2. Aplicação das Normas

2.2.1 Todas as normas serão utilizadas em sua revisão mais recente.

2.2.2 As Normas Técnicas citadas nos itens seguintes, aplicáveis ao projeto, matéria prima, fabricação, ensaios, inspeção, embalagem e embarque das estruturas, cabos, isoladores e ferragens a serem utilizados na Linha de Transmissão, deverão constar das especificações técnicas de compra desses materiais.

3. NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS

3.1. Projetos Básico e Executivo das Linhas de Transmissão

ABNT

NBR 5422	Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica
NBR 6535	Sinalização de linhas de transmissão com vista à segurança da inspeção aérea
NBR 7276	Sinalização de advertência em linha aérea de transmissão de energia elétrica
NBR 8449	Dimensionamento de cabos para-raios para linhas aéreas de transmissão de energia elétrica
NBR 8664	Sinalização para identificação de linha aérea de transmissão de energia elétrica
NBR 15237	Esfera de sinalização diurna para linhas aéreas de transmissão de energia

elétrica

NBR 15238 Sistema de sinalização para linhas aéreas de transmissão de energia elétrica

IEC

60826 Design criteria of overhead transmission lines

3.2. Fundações em Concreto**ABNT**

NBR 5732	Cimento Portland comum
NBR 5738	Concreto – procedimento para moldagem e cura de corpos de prova
NBR 5739	Concreto - ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
NBR 5741	Extração e preparação de amostras de cimentos
NBR 6118	Projetos de estruturas de concreto
NBR 6122	Projeto e execução de fundações
NBR 6484	Solo - sondagens de simples reconhecimento com STP – método de Ensaio
NBR 6491	Reconhecimento e amostragem para fins de caracterização de pedregulho e areia
NBR 7211	Agregado para concreto
NBR 7214	Areia normal para ensaio de cimento
NBR 7215	Cimento Portland – determinação da resistência à compressão
NBR 7218	Agregados - determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis
NBR 7221	Agregados - ensaio de qualidade de agregado miúdo
NBR 7225	Materiais de pedra e agregados naturais
NBR 7477	Determinação do coeficiente de conformação superficial de barras e fios de aço destinados a armaduras de concreto armado
NBR 7478	Método de ensaio de fadiga de barras de aço para concreto armado
NBR 7480	Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado
NBR 9604	Abertura de poços e trincheiras de inspeção de solo, com retirada de amostras
NBR 9820	Coleta de amostras indeformadas de solos de baixa consistência em furos de sondagens.
NBR 12655	Concreto – Preparado, Controle e Recebimento.
NBR 16372	Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (método de Blaine)
NBR NM10	Cimento Portland – análise química – disposições gerais
NBR NM26	Agregados – amostragem
NBR NM46	Agregados – determinação do material fino que passa através da peneira 75 micrômetro, por lavagem
NBR NM49	Agregado fino – determinação de impurezas orgânicas
NBR NM76	Cimento Portland – determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (método de Blaine)

NBR NM248	Agregados – determinação da composição granulométrica
NBR NM- ISSO2395	Peneiras de ensaio e ensaio de peneiramento – vocabulário
NBR NM- ISSO3310-1	Peneiras de ensaio – requisitos técnicos e verificação – parte 1: peneiras de ensaio com tela de tecido metálico
NBR NM- ISSO3310-2	Peneiras de ensaio – requisitos técnicos e verificação – parte 2: peneiras de ensaio de chapa metálica perfurada

3.3. Estruturas Metálicas Trelaçadas

ABNT

NBR 5419-1	Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas - Parte 1: Princípios gerais
NBR 5419-2	Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas - Parte 2: Gerenciamento de risco
NBR 5419-3	Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas - Parte 3: Danos físicos as estruturas e perigos a vida.
NBR 5419-4	Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas - Parte 4: Sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura.
NBR 5422	Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica
NBR 5426	<i>Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos</i>
NBR 5427	Guia para utilização da NBR 5426
NBR 5875	Parafusos, porcas e acessórios
NBR 5876	Roscas
NBR 5909	Cordoalhas de fios de aço zincados para estais, tirantes, cabos mensageiros e usos similares
NBR 6323	Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido
NBR 7007	Aços carbono e microligados para uso estrutural e geral
NBR 7095	Ferragens eletrotécnicas para linhas de transmissão e subestações de alta tensão e extra-alta tensão
NBR 7397	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente - determinação da massa do revestimento por unidade de área
NBR 7398	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente - verificação da aderência do revestimento
NBR 7399	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente - verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo
NBR 7400	Produto de aço ou ferro fundido – revestimento de zinco por imersão a quente - verificação da uniformidade do revestimento
NBR 7414	Zincagem por imersão a quente
NBR 8681	Ações de segurança nas estruturas - Procedimento
NBR 8842	Suportes metálicos trelaçados para linhas de transmissão – resistência ao carregamento

NBR 8850	Execução de suportes metálicos treliçados para linhas de transmissão
NBR 8853	Porca sextavada de segurança para estruturas metálicas de linhas de transmissão e subestações
NBR 15980	Perfis laminados de aço para uso estrutural – Dimensões e tolerâncias.

INMETRO

Portaria nº. 243 de 13/12/2002	Regulamento técnico da qualidade de cantoneiras de aço laminadas a quente para montagem de torres de transmissão de energia elétrica
--------------------------------	--

ASTM

A6/A6M	Standard specification for general requirements for rolled structural steel bars, plates, shapes, and sheet piling
A36/A36M	Standard specification for carbon structural steel
A90/A90M	Standard test method for weight (mass) of coating on iron and steel articles with zinc or zinc-alloy coatings
A123/A123M	Standard specification for zinc (hot-dip galvanized) coatings on iron and steel products
A143/A143M	Standard practice for safeguarding against embrittlement of hot-dip galvanized structural steel products and procedure for detecting embrittlement
A153/A153M	Standard specification for zinc coating (hot-dip) on iron and steel hardware
A239	Standard practice for locating the thinnest spot in a zinc (galvanized) coating on iron or steel articles
A242/A242M	Standard specification for high-strength low-alloy structural steel
A283/A283M	Standard specification for low and intermediate tensile strength carbon steel plates
A325M	Standard specification for high-strength bolts for structural steel joints (metric)
A370	Standard test methods and definitions for mechanical testing of steel products
A394	Standard specification for steel transmission tower bolts, zinc-coated and bare
A475	Standard specification for zinc-coated steel wire strand
A529/A529M	Standard specification for high-strength carbon-manganese steel of structural quality
A563/A563M	Standard specification for carbon and alloy steel nuts
A572/A572M	Standard specification for high-strength low-alloy columbium-vanadium structural steel
A588/A588M	Standard specification for high-strength low-alloy structural steel with 50 ksi (345 MPa) minimum yield point to 4 in (100 mm) thick
A606	Standard specification for steel, sheet and strip, high-strength, low-alloy, hot-rolled and cold-rolled, with improved atmospheric corrosion resistance
B6	Standard specification for zinc
E709	Standard guide for magnetic particle examination
F568	Standard specification for carbon and alloy steel externally threaded metric fasteners

ASME

B1.1	Unified inch screw threads, UM and UNR thread form
B1.13M	Metric screw threads – M profile
B18.2.1	Square and hex bolts and screws (inch series)
B18.2.2	Square and hex nuts
B18.2.3	Metric hex bolts
B18.2.4	Metric hex nuts
B18.5	Round head bolts
B18.21	Lock washers
B18.22	Plain washers

ASCE

10 – 97	Design of latticed steel transmission structures
---------	--

ISO

261	General purpose metric screw threads - general plan
898-1/2	Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel
965-1/2/3/4/5	General purpose metric screw threads - tolerances
4016	Hexagon head bolts - product grade C
4034	Hexagon nuts – product grade C
4759-1	Tolerances for fasteners - bolts, screws, studs and nuts – product grades A, B and C
7091	Plain washers – normal series - product grade C

3.4. Cabos de Alumínio Liga Tipo AAAC-1120**ABNT**

NBR 5426	Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos
NBR 5427	Guia para utilização da NBR 5426
NBR 6236	Madeira para carretéis para fios, cordoalhas e cabos
NBR 6653	Fitas de aço para embalagem
NBR 6810	Fios e cabos elétricos – tração à ruptura em componentes metálicos
NBR 6814	Fios e cabos elétricos – ensaio de resistência elétrica
NBR 6815	Fios e cabos elétricos – ensaios de determinação de resistividade em componentes metálicos
NBR 7302	Condutores elétricos de alumínio - tensão-deformação em condutores de alumínio
NBR 7303	Condutores elétricos de alumínio – fluência em condutores de alumínio
NBR 7309	Armazenamento, transporte e movimentação dos elementos componentes dos carretéis de madeira para condutores elétricos
NBR 7310	Transporte, armazenamento e utilização de bobinas com fios, cabos elétricos ou cordoalhas de aço

NBR 11137 Carretéis de madeira para acondicionamento de fios e cabos elétricos – dimensões e estruturas

AS – AUSTRALIAN STANDARD

AS 1531 Conductors – Bare overhead – Aluminium and aluminium alloys
AS 2848/
2848.1 Aluminium and aluminium alloys – Compositions and designations – Part 1: Wrought products

ASTM

B193 Standard test method for resistivity of electrical conductor materials
B263 Standard test method for determination of cross-sectional area of stranded conductors
E8/E8M Standard test methods for tension testing of metallic materials

3.5. Cabos de Alumínio com Alma de Aço Tipo CAA / ACSR**ABNT**

NBR 5118 Fios de alumínio 1350 nus de seção circular para fins elétricos
NBR 5426 Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos
NBR 5427 Guia para utilização da NBR 5426
NBR 6236 Madeira para carretéis para fios, cordoalhas e cabos
NBR 6323 Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido
NBR 6653 Fitas de aço para embalagem
NBR 6756 Fios de aço zincados para alma de cabos de alumínio e alumínio liga
NBR 6810 Fios e cabos elétricos – tração à ruptura em componentes metálicos
NBR 6814 Fios e cabos elétricos – ensaio de resistência elétrica
NBR 6815 Fios e cabos elétricos – ensaios de determinação de resistividade em componentes metálicos
NBR 7103 Vergalhão de alumínio 1350 para fins elétricos
NBR 7270 Cabos de alumínio com alma de aço para linhas aéreas
NBR 7272 Condutor elétrico de alumínio - ruptura e característica dimensional
NBR 7273 Condutor elétrico de alumínio – Retirada e preparo de corpo-de prova para ensaio de tipo
NBR 7302 Condutores elétricos de alumínio - tensão-deformação em condutores de alumínio
NBR 7303 Condutores elétricos de alumínio – fluência em condutores de alumínio
NBR 7309 Armazenamento, transporte e movimentação dos elementos componentes dos carretéis de madeira para condutores elétricos
NBR 7310 Transporte, armazenamento e utilização de bobinas com fios, cabos elétricos ou cordoalhas de aço
NBR 7397 Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – determinação da massa do revestimento por unidade de área

NBR 7398	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da aderência do revestimento
NBR 7399	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo
NBR 7400	Produto de aço ou ferro fundido – revestimento de zinco por imersão a quente – verificação da uniformidade do revestimento
NBR 7414	Zincagem por imersão a quente
NBR 11137	Carretéis de madeira para acondicionamento de fios e cabos elétricos – dimensões e estruturas
NBR 15126	Carretel para acondicionamento de fios e cabos elétricos – Requisitos de desempenho

ASTM

A90/A90M	Standard test method for weight (mass) of coating on iron and steel articles with zinc or zinc-alloy coatings
A239	Standard practice for locating the thinnest spot in a zinc (galvanized) coating on iron or steel articles
B6	Standard specification for zinc
B193	Standard test method for resistivity of electrical conductor materials
B230/B230M	Standard specification for aluminum 1350-H19 wire for electrical purposes
B232/B232M	Standard specification for concentric-lay-stranded aluminum conductors, coated-steel reinforced (ACSR)
B233	Standard specification for aluminum 1350 drawing stock for electrical purposes
B263	Standard test method for determination of cross-sectional area of stranded conductors
B354	Standard terminology relating to uninsulated metallic electrical conductors
B498/B498M	Standard specification for zinc-coated (galvanized) steel core wire for aluminum conductors, steel reinforced (ACSR).
B500/B500M	Standard specification for metallic coated stranded steel core for aluminum conductors, steel reinforced (ACSR)
B557/557M	Standard test methods of tension testing wrought and cast aluminum- and magnesium-alloy products

3.6. Cordoalhas de Aço Zincado**ABNT**

NBR 5426	Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos
NBR 5427	Guia para utilização da NBR 5426
NBR 5908	Cordoalha de sete fios de aço zincado para cabos pára-raios
NBR 5909	Cordoalhas de fios de aço zincado para estais, tirantes, cabos mensageiros e usos similares

NBR 5996	Zinco primário
NBR 6005	Arames de aço – ensaio de enrolamento
NBR 6236	Madeira para carretéis para fios, cordoalhas e cabos
NBR 6323	Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido
NBR 7310	Transporte, armazenamento e utilização de bobinas com fios, cabos elétricos ou cordoalhas de aço
NBR 7311	Carretéis de madeira para cordoalhas de sete fios de aço zincado – características dimensionais e estruturais.
NBR 7397	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – determinação da massa do revestimento por unidade de área
NBR 7398	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da aderência do revestimento
NBR 7399	<i>Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo</i>
NBR 7400	Produto de aço ou ferro fundido – revestimento de zinco por imersão a quente – verificação da uniformidade do revestimento
NBR 7414	Zincagem por imersão a quente
NBR 11137	<i>Carretéis de madeira para acondicionamento de fios e cabos elétricos – dimensões e estruturas</i>

ASTM

A90/A90M	Standard test method for weight (mass) of coating on iron and steel articles with zinc or zinc-alloy coatings
A239	<i>Standard practice for locating the thinnest spot in a zinc (galvanized) coating on iron or steel articles</i>
A363	Standard specification for zinc-coated (galvanized) steel overhead ground wire strand
A475	Standard specification for zinc-coated steel wire strand
B6	Standard specification for zinc

3.7. Fio para Aterramento de Aço - Cobre

ABNT

NBR 8121	Fio de aço-cobre para aplicações eletrônicas
NBR 13571	Haste de aterramento aço-cobreada e acessórios

ASTM

B910/910M	Standard specification for annealed copper-clad steel wire
-----------	--

3.8. Cabos OPGW (Optical Ground Wire)

ABNT

NBR 5426	Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos
NBR 5427	Guia para utilização da norma NBR 5426

NBR 6005	Arames de aço – ensaio de enrolamento
NBR 6236	Madeira para carretéis para fios, cordoalhas e cabos
NBR 6323	Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido
NBR 6756	Fios de aço zincados para alma de cabos de alumínio e alumínio liga
NBR 6814	Fios e cabos elétricos – ensaio de resistência elétrica
NBR 7272	Condutor elétrico de alumínio – ruptura e característica dimensional – método de ensaio
NBR 7302	Condutores elétricos de alumínio – tensão – deformação em condutores de alumínio – método de ensaio
NBR 7303	Condutores elétricos de alumínio – fluência em condutores de alumínio – método de ensaio
NBR 7310	Transporte, armazenamento e utilização de bobinas com fios, cabos elétricos ou cordoalhas de aço
NBR 7397	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – determinação da massa do revestimento por unidade de área – método de ensaio
NBR 7398	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da aderência do revestimento – método de ensaio
NBR 7399	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo – método de ensaio
NBR 7400	Produto de aço ou ferro fundido – revestimento de zinco por imersão a quente – verificação da uniformidade do revestimento
NBR 7414	Zincagem por imersão a quente – Terminologia
NBR 9136	Fios e cabos telefônicos – ensaio de penetração de umidade
NBR 9140	Cabos ópticos e fios e cabos telefônicos – ensaio de comparação de cores – método de ensaio
NBR 9149	Cabos telefônicos – ensaio de escoamento do composto de enchimento
NBR 10711	Fios de aço-alumínio nus, encruados, de seção circular, para fins elétricos
NBR 11137	Carretéis de madeira para acondicionamento de fios e cabos elétricos – dimensões e estruturas
NBR 13486	Fibras ópticas
NBR 13488	Fibras ópticas tipo monomodo de dispersão normal
NBR 13491	Fibras ópticas – determinação da atenuação óptica
NBR 13492	Fibras ópticas – determinação do comprimento de onda de corte
NBR 13493	Fibras ópticas – determinação do diâmetro de campo modal
NBR 13500	Fibras ópticas – determinação dos parâmetros geométricos do revestimento
NBR 13502	Fibras ópticas – verificação da uniformidade da atenuação óptica
NBR 13503	Fibras ópticas – ensaio de tensão mecânica constante
NBR 13504	Fibras ópticas – determinação da dispersão cromática

NBR 13505	Fibras ópticas – determinação do comprimento
NBR 13506	Fibras ópticas – determinação da sensibilidade óptica à curvatura
NBR 13507	Cabos ópticos – ensaio de compressão
NBR 13509	Cabos ópticos – ensaio de impacto
NBR 13510	Cabos ópticos – ensaio de ciclo térmico
NBR 13511	Fibras e cabos ópticos – ensaio de ataque químico à fibra óptica tingida
NBR 13512	Cabos ópticos – ensaio de tração em cabos ópticos e determinação da deformação da fibra óptica
NBR 13519	Fibras e cabos ópticos – ensaio de ciclos térmicos na fibra óptica tingida
NBR 13520	Fibras ópticas – determinação da variação da atenuação óptica
NBR 13975	Fibras ópticas – determinação da força de extração do revestimento
NBR 14074	Cabos pára-raios com fibras ópticas (OPGW) para linhas aéreas de transmissão
NBR 14076	<i>Cabos ópticos – determinação do comprimento de onda de corte em fibra monomodo cabeada</i>
NBR 14422	<i>Fibras ópticas – determinação dos parâmetros geométricos da fibra óptica</i>
NBR 14587-1	<i>Fibras ópticas – medição de dispersão de modos de polarização – parte 1: varredura espectral</i>
NBR 14587-2	<i>Fibras ópticas – medição de dispersão de modos de polarização – parte 2: método interferométrico</i>
NBR 14591	<i>Fibras ópticas – ciclo térmico</i>
NBR 14603	Amostragem e inspeção em fábrica de fibras ópticas - procedimento

IEEE

1138	Standard construction of composite fiber optic overhead ground wire (OPGW) for use on electric utility power lines
------	--

ASTM

A6/A6M	Standard specification for general requirements for delivery of rolled structural steel bars, plates, shapes and sheet piling
A239	Standard practice for locating the thinnest spot in a zinc (galvanized) coating on iron and steel articles
A411	Standard specification for zinc-coated (galvanized) low-carbon steel armor wire
A475	Standard specification for zinc-coated steel wire strand
B6	Standard specification for zinc
B233	Standard specification for aluminum 1350 drawing stock for electrical purposes
B398/398M	Standard specification for aluminum-alloy 6201-T81 wire for electrical purposes
B415	Standard specification for hard-drawn aluminum – clad steel wire

IEC

60468	Method of measurement of resistivity of metallic materials
60794-1-1	Optical fibre cables - part 1-1 – generic specification - general
60794-1-2	Optical fibre cables - part 1-2 – generic specification – basic optical cable test procedures
60794-4	Optical fibre cables - part 4 – sectional specification – aerial optical cables along electrical power lines
60794-4-10	Optical fibre cables - part 4-10 – aerial optical cables along electrical power lines – family specification for OPGW (optical ground wires)
60888	Zinc coated steel wires for stranded conductors
61232	Aluminum-clad steel wires for electrical purposes

EIA

455-31C	Proof testing optical fibers by tension
---------	---

3.9. Isoladores de Vidro Temperado ou Porcelana

ABNT

NBR 5032	Isoladores para linhas aéreas com tensões acima de 1000 V – isoladores de porcelana ou vidro para sistemas de corrente alternada
NBR 5426	Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos
NBR 5427	Guia para utilização da NBR 5426
NBR 5429	Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por variáveis
NBR 5430	Guia para utilização da NBR 5429
NBR 5601	Aços Inoxidáveis – classificação por composição química
NBR 5733	Cimento Portland de alta resistência inicial
NBR 6323	Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido
NBR 6915	Aços para forjamento a quente em matriz
NBR 6916	Ferro fundido nodular ou ferro fundido com grafita esferoidal
NBR 6936	Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão
NBR 6937	Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão – dispositivos de medição
NBR 7107	Cupilha para concha de engate concha e bola
NBR 7108-1	Ferragens integrantes padronizadas de isoladores para cadeias de vidro e de porcelana – Parte 1: Acoplamento tipo concha e bola.
NBR 7108-2	Ferragens integrantes padronizadas de isoladores para cadeias de vidro e de porcelana . Parte 2: Engate tipo garfo e olhal
NBR 7109	Isoladores de disco – dimensões e características
NBR 7215	Cimento Portland – determinação da resistência à compressão
NBR 7397	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – determinação da massa do revestimento por unidade de área
NBR 7398	<i>Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da aderência do revestimento</i>

NBR 7399	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo
NBR 7400	Produto de aço ou ferro fundido – revestimento de zinco por imersão a quente – verificação da uniformidade do revestimento
NBR 7414	Zincagem por imersão a quente
NBR 10621	Isoladores utilizados em sistema de alta tensão em corrente alternada – Ensaio de Poluição artificial
NBR 10511	Ensaio de resistência mecânica residual para unidades de cadeia de isolador de cerâmica ou vidro após dano mecânico do dielétrico
NBR 15124	Isolador de porcelana ou vidro para tensões acima de 1000 V – ensaio de perfuração sob impulso

IEC

60060-1	High voltage test techniques – general definitions and test requirements
60060-2	High voltage test techniques – measuring systems
60120	Dimensions of ball and socket couplings of string insulator units
60305	Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000V – ceramic or glass insulator units for ac systems - characteristics of insulator units of the cap and pin type
60372	Locking devices for ball and socket couplings of string insulator units: dimensions and tests
60383-1	Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000 V. Part 1 – ceramic or glass insulator units for a.c. systems – definitions, test methods and acceptance criteria
60383-2	Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000 V. Part 2 – insulator strings and insulator sets for a.c. systems – definitions, test methods and acceptance criteria
60437	Radio interference text on high-voltage insulators
TR 60575	Thermal-mechanical performance test and mechanical performance inco r string insulator units
60672-2	Ceramic and glass insulating materials – part 2: methods of tests
60672-3	Ceramic and glass insulating materials – part 3: specifications for individual materials
TR 60797	Residual strength of string insulator units of glass or ceramic material for overhead lines after mechanical damage of the dielectric
TS 60815-1	Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions Part 1: Definition, information e general principles.
TS 60815-2	Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions Part 2 : Ceramic and glass insulators for a.c. systems
TS 60815-3	Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions Part 3 Polymer insulators for a.c. systems
61211	Insulators of ceramic material or glass for overhead lines with a nominal voltage greater than 1000 V – impulse puncture testing in air
TR2 61467	Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000 V – AC

power arc tests on insulator sets

ANSI

C29-1	Standard for electrical power insulators – test methods
C29-2A	Insulators: Wet process porcelain and toughened glass – Distribution suspension type
C29-2B	Insulators: Wet process porcelain and toughened glass – transmission suspension type

ASTM

A153/A153M	Standard specification for zinc coating (hot-dip) on iron and steel hardware
A239	<i>Standard practice for locating the thinnest spot in a zinc (galvanized) coating on iron or steel articles</i>
B6	Standard specification for zinc
C150	<i>Standard specification for Portland cement</i>
C151	Standard test method for autoclave expansion of Portland cement
D116	<i>Standard test methods for vitrified ceramic materials for electrical applications</i>

NEMA

107	Methods of measurement of radio influence voltage (RIV) of high – voltage apparatus
-----	---

3.10. Ferragens para Fixação do Condutor e Pára-Raios

ABNT

NBR 5426	Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos
NBR 5427	Guia para utilização da NBR 5426
NBR 6323	Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido
NBR 6597	Aço-carbono – determinação do carbono – método gravimétrico por combustão direta
NBR 7095	Ferragens eletrotécnicas para linhas de transmissão e subestações de alta tensão e extra alta tensão
NBR 7107	Cupilha para concha de engate concha e bola
NBR 7108 -1	Ferragens integrantes padronizadas de isoladores para cadeia de vidro e porcelana – Parte 1: Acoplamento tipo concha e bola.
NBR 7108 -2	Ferragens integrantes padronizadas de isoladores para cadeia de vidro e porcelana – Parte 2: Engate tipo garfo e olhal
NBR 7397	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – determinação da massa do revestimento por unidade de área
NBR 7398	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da aderência do revestimento
NBR 7399	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo

NBR 7400	Produto de aço ou ferro fundido – revestimento de zinco por imersão a quente – verificação da uniformidade do revestimento
NBR 7414	Zincagem por imersão a quente
NBR 9893	Cupilha para pinos ou parafusos de articulação
NBR 15237	Esfera de sinalização diurna para linhas aéreas de transmissão de energia elétrica

ASTM

A6/A6M	Standard specification for general requirements for rolled structural steel bars, plates, shapes, and sheet piling
A47/A47M	Standard specification for ferritic malleable iron castings
A48	Standard specification for gray iron castings
A53/A53M	Standard specification for pipe, steel, black and hot-dipped, zinc coated, welded and seamless
A90/A90M	Standard test method for weight (mass) of coating on iron and steel articles with zinc or zinc-alloy coatings
A123/A123M	Standard specification for zinc (hot-dip galvanized) coatings on iron and steel products
A143/ A143M	Standard practice for safeguarding against embrittlement of hot-dip galvanized structural steel products and procedure for detecting embrittlement
A148/A148M	Standard specification for steel castings, high strength, for structural purposes
A153/A153M	Standard specification for zinc coating (hot-dip) on iron and steel hardware
A239	Standard practice for locating the thinnest spot in a zinc (galvanized) coating on iron or steel articles
A283/A283M	Standard specification for low and intermediate tensile strength carbon steel plates
A307	Standard specification for carbon steel bolts and studs, 60000 psi tensile strength
A325M	Standard specification for high-strength bolts for structural steel joints (metric)
A354	Standard specification for quenched and tempered alloy steel bolts, studs, and other externally threaded fasteners
A370	Standard test methods and definitions for mechanical testing of steel products
A384	Standard practice for safeguarding against warpage and distortion during hot-dip galvanizing of steel assemblies
A385	Standard practice for providing high-quality zinc coatings (hot-dip)
A394	Standard specification for steel transmission tower bolts, zinc-coated and bare
A411	Standard specification for zinc-coated (galvanized) low-carbon steel armor

	wire
A449	Standard specification for quenched and tempered steel bolts and studs
A475	Standard specification for zinc-coated steel wire strand
A490	Standard specification for structural bolts, alloy steel, heat-treated, 150 ksi minimum tensile strength
A536	Standard specification for ductile iron castings
A563/A563M	Standard specification for carbon and alloy steel nuts
B6	Standard specification for zinc
B26/B26M	Standard specification for aluminum-alloy sand castings
B85	Standard specification for aluminum-alloy die castings
B193	<i>Standard test method for resistivity of electrical conductor materials</i>
B209/B209M	Standard specification for aluminum and aluminum-alloy sheet and plate
B210/B210M	Standard specification for aluminum and aluminum-alloy drawn seamless tubes
B211/B211M	Standard specification for aluminum and aluminum-alloy bar, rod and wire
B221/B221M	Standard specification for aluminum and aluminum-alloy extruded bars, rods, wire, profiles and tubes
B233	Standard specification for aluminum 1350 drawing stock for electrical purposes
B487	Standard test method for measurement of metal and oxide coating thickness by microscopical examination of a cross section
B499	Standard test method for measurement of coating thicknesses by the magnetic method: nonmagnetic coatings on magnetic basis metals
B504	Standard test method for measurement of thickness of metallic coatings by the coulometric method
D256	Standard test methods for determining the izod pendulum impact resistance of plastics
D3359	Standard test methods for measuring adhesion by tape test
E155	Standard reference radiographs for inspection of aluminum and magnesium castings
E709	Magnetic particle inspection
F3125/F3125M	Standard specification for high strength structural bolts, steel and alloy steel, heat treated, 120 ksi (820 MPa) and 150 ksi (1040 MPa) minimum tensile strength, inch and metric dimension
IEC	
60120	Dimensions of ball and socket couplings of string insulator units
60372	Locking devices for ball and socket couplings of string insulator units: dimensions and tests
60437	Radio interference text on high-voltage insulators
61284	Overhead lines - requirements and tests for fittings
TR2 61467	Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000 V – AC

	power arc tests on insulator sets
61854	Overhead lines – requirements and tests for spacers
61897	Overhead lines – requirements and tests for Stockbridge type aeolian vibration dampers
ASME	
B1.1	Unified inch screw threads, UM and UNR thread form
B1.13M	Metric screw threads – M profile
B18.2.1	Square and hex bolts and screws (inch series)
B18.2.2	Square and hex nuts
B18.2.3	Metric hex bolts
B18.2.4	Metric hex nuts
B18.5	Round head bolts
B18.21	Lock washers
B18.22	Plain washers
ANSI	
C29-1	Standard for electrical power insulators – test methods
ISO	
261	General purpose metric screw threads - general plan
898-1/2	Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel
965-1/2/3/4/5	General purpose metric screw threads - tolerances
4016	Hexagon head bolts - product grade C
4034	Hexagon nuts – product grade C
4759-1	Tolerances for fasteners - bolts, screws, studs and nuts – product grades A, B and C
7091	Plain washers – normal series - product grade C
NEMA	
C119.4	<i>Connectors to use between aluminum-to-aluminum or aluminum-to-copper bare overhead conductors</i>
107	Methods of measurement of radio influence voltage (RIV) of high – voltage apparatus

02	15/05/17	Alterado Logotipo da AG	AQ	JCS	
01	04/05/17	Atendimento aos comentários do EP	AQ	JCS	
00	16/02/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 5 SPE SA					
PROJETO BÁSICO					
ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	16/02/17
TÍTULO					
LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2 Lote 15 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL RELATÓRIO NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS					
Nº DOCUMENTO				FOLHA	REVISÃO
RE-EQT5-L501-PB-ELM-0002-R02				1 de 18	02

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	ÓRGÃOS NORMALIZADORES	3
3.	NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS	3

1. OBJETIVO

- 1.1 Relacionar as Normas Técnicas a serem utilizadas nos Projetos Básico e Executivo da LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2, em circuito simples pertencente ao Lote 15 do Leilão 0013/2015 – 2º parte.

2. ÓRGÃOS NORMALIZADORES

2.1. Relação dos Órgãos

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANSI	American National Standards Institute
AS	Australian Standard
ASCE	American Society of Civil Engineers
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASTM	American Society for Testing and Materials
EIA	Electronics Industries Association
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	The Institute of Electrical and Electronics Engineers
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
ISO	International Organization for Standardization
NEMA	National Electrical Manufacturers Association

2.2. Aplicação das Normas

2.2.1 Todas as normas serão utilizadas em sua revisão mais recente.

2.2.2 As Normas Técnicas citadas nos itens seguintes, aplicáveis ao projeto, matéria prima, fabricação, ensaios, inspeção, embalagem e embarque das estruturas, cabos, isoladores e ferragens a serem utilizados na Linha de Transmissão, deverão constar das especificações técnicas de compra desses materiais.

3. NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS

3.1. Projetos Básico e Executivo das Linhas de Transmissão

ABNT

NBR 5422	Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica
NBR 6535	Sinalização de linhas de transmissão com vista à segurança da inspeção aérea
NBR 7276	Sinalização de advertência em linha aérea de transmissão de energia elétrica
NBR 8449	Dimensionamento de cabos para-raios para linhas aéreas de transmissão de energia elétrica
NBR 8664	Sinalização para identificação de linha aérea de transmissão de energia elétrica
NBR 15237	Esfera de sinalização diurna para linhas aéreas de transmissão de energia

elétrica

NBR 15238 Sistema de sinalização para linhas aéreas de transmissão de energia elétrica

IEC

60826 Design criteria of overhead transmission lines

3.2. Fundações em Concreto**ABNT**

NBR 5732	Cimento Portland comum
NBR 5738	Concreto – procedimento para moldagem e cura de corpos de prova
NBR 5739	Concreto - ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
NBR 5741	Extração e preparação de amostras de cimentos
NBR 6118	Projetos de estruturas de concreto
NBR 6122	Projeto e execução de fundações
NBR 6484	Solo - sondagens de simples reconhecimento com STP – método de Ensaio
NBR 6491	Reconhecimento e amostragem para fins de caracterização de pedregulho e areia
NBR 7211	Agregado para concreto
NBR 7214	Areia normal para ensaio de cimento
NBR 7215	Cimento Portland – determinação da resistência à compressão
NBR 7218	Agregados - determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis
NBR 7221	Agregados - ensaio de qualidade de agregado miúdo
NBR 7225	Materiais de pedra e agregados naturais
NBR 7477	Determinação do coeficiente de conformação superficial de barras e fios de aço destinados a armaduras de concreto armado
NBR 7478	Método de ensaio de fadiga de barras de aço para concreto armado
NBR 7480	Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado
NBR 9604	Abertura de poços e trincheiras de inspeção de solo, com retirada de amostras
NBR 9820	Coleta de amostras indeformadas de solos de baixa consistência em furos de sondagens.
NBR 12655	Concreto – Preparado, Controle e Recebimento.
NBR 16372	Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (método de Blaine)
NBR NM10	Cimento Portland – análise química – disposições gerais
NBR NM26	Agregados – amostragem
NBR NM46	Agregados – determinação do material fino que passa através da peneira 75 micrômetro, por lavagem
NBR NM49	Agregado fino – determinação de impurezas orgânicas
NBR NM76	Cimento Portland – determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (método de Blaine)

NBR NM248	Agregados – determinação da composição granulométrica
NBR NM- ISSO2395	Peneiras de ensaio e ensaio de peneiramento – vocabulário
NBR NM- ISSO3310-1	Peneiras de ensaio – requisitos técnicos e verificação – parte 1: peneiras de ensaio com tela de tecido metálico
NBR NM- ISSO3310-2	Peneiras de ensaio – requisitos técnicos e verificação – parte 2: peneiras de ensaio de chapa metálica perfurada

3.3. Estruturas Metálicas Trelaçadas

ABNT

NBR 5419-1	Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas - Parte 1: Princípios gerais
NBR 5419-2	Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas - Parte 2: Gerenciamento de risco
NBR 5419-3	Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas - Parte 3: Danos físicos as estruturas e perigos a vida.
NBR 5419-4	Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas - Parte 4: Sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura.
NBR 5422	Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica
NBR 5426	<i>Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos</i>
NBR 5427	Guia para utilização da NBR 5426
NBR 5875	Parafusos, porcas e acessórios
NBR 5876	Roscas
NBR 5909	Cordoalhas de fios de aço zincados para estais, tirantes, cabos mensageiros e usos similares
NBR 6323	Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido
NBR 7007	Aços carbono e microligados para uso estrutural e geral
NBR 7095	Ferragens eletrotécnicas para linhas de transmissão e subestações de alta tensão e extra-alta tensão
NBR 7397	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente - determinação da massa do revestimento por unidade de área
NBR 7398	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente - verificação da aderência do revestimento
NBR 7399	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente - verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo
NBR 7400	Produto de aço ou ferro fundido – revestimento de zinco por imersão a quente - verificação da uniformidade do revestimento
NBR 7414	Zincagem por imersão a quente
NBR 8681	Ações de segurança nas estruturas - Procedimento
NBR 8842	Suportes metálicos trelaçados para linhas de transmissão – resistência ao carregamento

NBR 8850	Execução de suportes metálicos treliçados para linhas de transmissão
NBR 8853	Porca sextavada de segurança para estruturas metálicas de linhas de transmissão e subestações
NBR 15980	Perfis laminados de aço para uso estrutural – Dimensões e tolerâncias.

INMETRO

Portaria nº. 243 de 13/12/2002	Regulamento técnico da qualidade de cantoneiras de aço laminadas a quente para montagem de torres de transmissão de energia elétrica
--------------------------------	--

ASTM

A6/A6M	Standard specification for general requirements for rolled structural steel bars, plates, shapes, and sheet piling
A36/A36M	Standard specification for carbon structural steel
A90/A90M	Standard test method for weight (mass) of coating on iron and steel articles with zinc or zinc-alloy coatings
A123/A123M	Standard specification for zinc (hot-dip galvanized) coatings on iron and steel products
A143/A143M	Standard practice for safeguarding against embrittlement of hot-dip galvanized structural steel products and procedure for detecting embrittlement
A153/A153M	Standard specification for zinc coating (hot-dip) on iron and steel hardware
A239	Standard practice for locating the thinnest spot in a zinc (galvanized) coating on iron or steel articles
A242/A242M	Standard specification for high-strength low-alloy structural steel
A283/A283M	Standard specification for low and intermediate tensile strength carbon steel plates
A325M	Standard specification for high-strength bolts for structural steel joints (metric)
A370	Standard test methods and definitions for mechanical testing of steel products
A394	Standard specification for steel transmission tower bolts, zinc-coated and bare
A475	Standard specification for zinc-coated steel wire strand
A529/A529M	Standard specification for high-strength carbon-manganese steel of structural quality
A563/A563M	Standard specification for carbon and alloy steel nuts
A572/A572M	Standard specification for high-strength low-alloy columbium-vanadium structural steel
A588/A588M	Standard specification for high-strength low-alloy structural steel with 50 ksi (345 MPa) minimum yield point to 4 in (100 mm) thick
A606	Standard specification for steel, sheet and strip, high-strength, low-alloy, hot-rolled and cold-rolled, with improved atmospheric corrosion resistance
B6	Standard specification for zinc
E709	Standard guide for magnetic particle examination
F568	Standard specification for carbon and alloy steel externally threaded metric fasteners

ASME

B1.1	Unified inch screw threads, UM and UNR thread form
B1.13M	Metric screw threads – M profile
B18.2.1	Square and hex bolts and screws (inch series)
B18.2.2	Square and hex nuts
B18.2.3	Metric hex bolts
B18.2.4	Metric hex nuts
B18.5	Round head bolts
B18.21	Lock washers
B18.22	Plain washers

ASCE

10 – 97	Design of latticed steel transmission structures
---------	--

ISO

261	General purpose metric screw threads - general plan
898-1/2	Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel
965-1/2/3/4/5	General purpose metric screw threads - tolerances
4016	Hexagon head bolts - product grade C
4034	Hexagon nuts – product grade C
4759-1	Tolerances for fasteners - bolts, screws, studs and nuts – product grades A, B and C
7091	Plain washers – normal series - product grade C

3.4. Cabos de Alumínio Liga Tipo AAAC-1120**ABNT**

NBR 5426	Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos
NBR 5427	Guia para utilização da NBR 5426
NBR 6236	Madeira para carretéis para fios, cordoalhas e cabos
NBR 6653	Fitas de aço para embalagem
NBR 6810	Fios e cabos elétricos – tração à ruptura em componentes metálicos
NBR 6814	Fios e cabos elétricos – ensaio de resistência elétrica
NBR 6815	Fios e cabos elétricos – ensaios de determinação de resistividade em componentes metálicos
NBR 7302	Condutores elétricos de alumínio - tensão-deformação em condutores de alumínio
NBR 7303	Condutores elétricos de alumínio – fluência em condutores de alumínio
NBR 7309	Armazenamento, transporte e movimentação dos elementos componentes dos carretéis de madeira para condutores elétricos
NBR 7310	Transporte, armazenamento e utilização de bobinas com fios, cabos elétricos ou cordoalhas de aço

NBR 11137 Carretéis de madeira para acondicionamento de fios e cabos elétricos – dimensões e estruturas

AS – AUSTRALIAN STANDARD

AS 1531 Conductors – Bare overhead – Aluminium and aluminium alloys
AS 2848/
2848.1 Aluminium and aluminium alloys – Compositions and designations – Part 1: Wrought products

ASTM

B193 Standard test method for resistivity of electrical conductor materials
B263 Standard test method for determination of cross-sectional area of stranded conductors
E8/E8M Standard test methods for tension testing of metallic materials

3.5. Cabos de Alumínio com Alma de Aço Tipo CAA / ACSR**ABNT**

NBR 5118 Fios de alumínio 1350 nus de seção circular para fins elétricos
NBR 5426 Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos
NBR 5427 Guia para utilização da NBR 5426
NBR 6236 Madeira para carretéis para fios, cordoalhas e cabos
NBR 6323 Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido
NBR 6653 Fitas de aço para embalagem
NBR 6756 Fios de aço zincados para alma de cabos de alumínio e alumínio liga
NBR 6810 Fios e cabos elétricos – tração à ruptura em componentes metálicos
NBR 6814 Fios e cabos elétricos – ensaio de resistência elétrica
NBR 6815 Fios e cabos elétricos – ensaios de determinação de resistividade em componentes metálicos
NBR 7103 Vergalhão de alumínio 1350 para fins elétricos
NBR 7270 Cabos de alumínio com alma de aço para linhas aéreas
NBR 7272 Condutor elétrico de alumínio - ruptura e característica dimensional
NBR 7273 Condutor elétrico de alumínio – Retirada e preparo de corpo-de prova para ensaio de tipo
NBR 7302 Condutores elétricos de alumínio - tensão-deformação em condutores de alumínio
NBR 7303 Condutores elétricos de alumínio – fluência em condutores de alumínio
NBR 7309 Armazenamento, transporte e movimentação dos elementos componentes dos carretéis de madeira para condutores elétricos
NBR 7310 Transporte, armazenamento e utilização de bobinas com fios, cabos elétricos ou cordoalhas de aço
NBR 7397 Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – determinação da massa do revestimento por unidade de área

NBR 7398	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da aderência do revestimento
NBR 7399	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo
NBR 7400	Produto de aço ou ferro fundido – revestimento de zinco por imersão a quente – verificação da uniformidade do revestimento
NBR 7414	Zincagem por imersão a quente
NBR 11137	Carretéis de madeira para acondicionamento de fios e cabos elétricos – dimensões e estruturas
NBR 15126	Carretel para acondicionamento de fios e cabos elétricos – Requisitos de desempenho

ASTM

A90/A90M	Standard test method for weight (mass) of coating on iron and steel articles with zinc or zinc-alloy coatings
A239	Standard practice for locating the thinnest spot in a zinc (galvanized) coating on iron or steel articles
B6	Standard specification for zinc
B193	Standard test method for resistivity of electrical conductor materials
B230/B230M	Standard specification for aluminum 1350-H19 wire for electrical purposes
B232/B232M	Standard specification for concentric-lay-stranded aluminum conductors, coated-steel reinforced (ACSR)
B233	Standard specification for aluminum 1350 drawing stock for electrical purposes
B263	Standard test method for determination of cross-sectional area of stranded conductors
B354	Standard terminology relating to uninsulated metallic electrical conductors
B498/B498M	Standard specification for zinc-coated (galvanized) steel core wire for aluminum conductors, steel reinforced (ACSR).
B500/B500M	Standard specification for metallic coated stranded steel core for aluminum conductors, steel reinforced (ACSR)
B557/557M	Standard test methods of tension testing wrought and cast aluminum- and magnesium-alloy products

3.6. Cordoalhas de Aço Zincado**ABNT**

NBR 5426	Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos
NBR 5427	Guia para utilização da NBR 5426
NBR 5908	Cordoalha de sete fios de aço zincado para cabos pára-raios
NBR 5909	Cordoalhas de fios de aço zincado para estais, tirantes, cabos mensageiros e usos similares

NBR 5996	Zinco primário
NBR 6005	Arames de aço – ensaio de enrolamento
NBR 6236	Madeira para carretéis para fios, cordoalhas e cabos
NBR 6323	Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido
NBR 7310	Transporte, armazenamento e utilização de bobinas com fios, cabos elétricos ou cordoalhas de aço
NBR 7311	Carretéis de madeira para cordoalhas de sete fios de aço zincado – características dimensionais e estruturais.
NBR 7397	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – determinação da massa do revestimento por unidade de área
NBR 7398	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da aderência do revestimento
NBR 7399	<i>Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo</i>
NBR 7400	Produto de aço ou ferro fundido – revestimento de zinco por imersão a quente – verificação da uniformidade do revestimento
NBR 7414	Zincagem por imersão a quente
NBR 11137	<i>Carretéis de madeira para acondicionamento de fios e cabos elétricos – dimensões e estruturas</i>

ASTM

A90/A90M	Standard test method for weight (mass) of coating on iron and steel articles with zinc or zinc-alloy coatings
A239	<i>Standard practice for locating the thinnest spot in a zinc (galvanized) coating on iron or steel articles</i>
A363	Standard specification for zinc-coated (galvanized) steel overhead ground wire strand
A475	Standard specification for zinc-coated steel wire strand
B6	Standard specification for zinc

3.7. Fio para Aterramento de Aço - Cobre**ABNT**

NBR 8121	Fio de aço-cobre para aplicações eletrônicas
NBR 13571	Haste de aterramento aço-cobreada e acessórios

ASTM

B910/910M	Standard specification for annealed copper-clad steel wire
-----------	--

3.8. Cabos OPGW (Optical Ground Wire)**ABNT**

NBR 5426	Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos
NBR 5427	Guia para utilização da norma NBR 5426

NBR 6005	Arames de aço – ensaio de enrolamento
NBR 6236	Madeira para carretéis para fios, cordoalhas e cabos
NBR 6323	Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido
NBR 6756	Fios de aço zincados para alma de cabos de alumínio e alumínio liga
NBR 6814	Fios e cabos elétricos – ensaio de resistência elétrica
NBR 7272	Condutor elétrico de alumínio – ruptura e característica dimensional – método de ensaio
NBR 7302	Condutores elétricos de alumínio – tensão – deformação em condutores de alumínio – método de ensaio
NBR 7303	Condutores elétricos de alumínio – fluência em condutores de alumínio – método de ensaio
NBR 7310	Transporte, armazenamento e utilização de bobinas com fios, cabos elétricos ou cordoalhas de aço
NBR 7397	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – determinação da massa do revestimento por unidade de área – método de ensaio
NBR 7398	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da aderência do revestimento – método de ensaio
NBR 7399	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo – método de ensaio
NBR 7400	Produto de aço ou ferro fundido – revestimento de zinco por imersão a quente – verificação da uniformidade do revestimento
NBR 7414	Zincagem por imersão a quente – Terminologia
NBR 9136	Fios e cabos telefônicos – ensaio de penetração de umidade
NBR 9140	Cabos ópticos e fios e cabos telefônicos – ensaio de comparação de cores – método de ensaio
NBR 9149	Cabos telefônicos – ensaio de escoamento do composto de enchimento
NBR 10711	Fios de aço-alumínio nus, encruados, de seção circular, para fins elétricos
NBR 11137	Carretéis de madeira para acondicionamento de fios e cabos elétricos – dimensões e estruturas
NBR 13486	Fibras ópticas
NBR 13488	Fibras ópticas tipo monomodo de dispersão normal
NBR 13491	Fibras ópticas – determinação da atenuação óptica
NBR 13492	Fibras ópticas – determinação do comprimento de onda de corte
NBR 13493	Fibras ópticas – determinação do diâmetro de campo modal
NBR 13500	Fibras ópticas – determinação dos parâmetros geométricos do revestimento
NBR 13502	Fibras ópticas – verificação da uniformidade da atenuação óptica
NBR 13503	Fibras ópticas – ensaio de tensão mecânica constante
NBR 13504	Fibras ópticas – determinação da dispersão cromática

NBR 13505	Fibras ópticas – determinação do comprimento
NBR 13506	Fibras ópticas – determinação da sensibilidade óptica à curvatura
NBR 13507	Cabos ópticos – ensaio de compressão
NBR 13509	Cabos ópticos – ensaio de impacto
NBR 13510	Cabos ópticos – ensaio de ciclo térmico
NBR 13511	Fibras e cabos ópticos – ensaio de ataque químico à fibra óptica tingida
NBR 13512	Cabos ópticos – ensaio de tração em cabos ópticos e determinação da deformação da fibra óptica
NBR 13519	Fibras e cabos ópticos – ensaio de ciclos térmicos na fibra óptica tingida
NBR 13520	Fibras ópticas – determinação da variação da atenuação óptica
NBR 13975	Fibras ópticas – determinação da força de extração do revestimento
NBR 14074	Cabos pára-raios com fibras ópticas (OPGW) para linhas aéreas de transmissão
NBR 14076	<i>Cabos ópticos – determinação do comprimento de onda de corte em fibra monomodo cabeada</i>
NBR 14422	<i>Fibras ópticas – determinação dos parâmetros geométricos da fibra óptica</i>
NBR 14587-1	<i>Fibras ópticas – medição de dispersão de modos de polarização – parte 1: varredura espectral</i>
NBR 14587-2	<i>Fibras ópticas – medição de dispersão de modos de polarização – parte 2: método interferométrico</i>
NBR 14591	<i>Fibras ópticas – ciclo térmico</i>
NBR 14603	Amostragem e inspeção em fábrica de fibras ópticas - procedimento

IEEE

1138	Standard construction of composite fiber optic overhead ground wire (OPGW) for use on electric utility power lines
------	--

ASTM

A6/A6M	Standard specification for general requirements for delivery of rolled structural steel bars, plates, shapes and sheet piling
A239	Standard practice for locating the thinnest spot in a zinc (galvanized) coating on iron and steel articles
A411	Standard specification for zinc-coated (galvanized) low-carbon steel armor wire
A475	Standard specification for zinc-coated steel wire strand
B6	Standard specification for zinc
B233	Standard specification for aluminum 1350 drawing stock for electrical purposes
B398/398M	Standard specification for aluminum-alloy 6201-T81 wire for electrical purposes
B415	Standard specification for hard-drawn aluminum – clad steel wire

IEC

60468	Method of measurement of resistivity of metallic materials
60794-1-1	Optical fibre cables - part 1-1 – generic specification - general
60794-1-2	Optical fibre cables - part 1-2 – generic specification – basic optical cable test procedures
60794-4	Optical fibre cables - part 4 – sectional specification – aerial optical cables along electrical power lines
60794-4-10	Optical fibre cables - part 4-10 – aerial optical cables along electrical power lines – family specification for OPGW (optical ground wires)
60888	Zinc coated steel wires for stranded conductors
61232	Aluminum-clad steel wires for electrical purposes

EIA

455-31C	Proof testing optical fibers by tension
---------	---

3.9. Isoladores de Vidro Temperado ou Porcelana**ABNT**

NBR 5032	Isoladores para linhas aéreas com tensões acima de 1000 V – isoladores de porcelana ou vidro para sistemas de corrente alternada
NBR 5426	Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos
NBR 5427	Guia para utilização da NBR 5426
NBR 5429	Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por variáveis
NBR 5430	Guia para utilização da NBR 5429
NBR 5601	Aços Inoxidáveis – classificação por composição química
NBR 5733	Cimento Portland de alta resistência inicial
NBR 6323	Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido
NBR 6915	Aços para forjamento a quente em matriz
NBR 6916	Ferro fundido nodular ou ferro fundido com grafita esferoidal
NBR 6936	Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão
NBR 6937	Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão – dispositivos de medição
NBR 7107	Cupilha para concha de engate concha e bola
NBR 7108-1	Ferragens integrantes padronizadas de isoladores para cadeias de vidro e de porcelana – Parte 1: Acoplamento tipo concha e bola.
NBR 7108-2	Ferragens integrantes padronizadas de isoladores para cadeias de vidro e de porcelana . Parte 2: Engate tipo garfo e olhal
NBR 7109	Isoladores de disco – dimensões e características
NBR 7215	Cimento Portland – determinação da resistência à compressão
NBR 7397	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – determinação da massa do revestimento por unidade de área
NBR 7398	<i>Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da aderência do revestimento</i>

NBR 7399	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo
NBR 7400	Produto de aço ou ferro fundido – revestimento de zinco por imersão a quente – verificação da uniformidade do revestimento
NBR 7414	Zincagem por imersão a quente
NBR 10621	Isoladores utilizados em sistema de alta tensão em corrente alternada – Ensaio de Poluição artificial
NBR 10511	Ensaio de resistência mecânica residual para unidades de cadeia de isolador de cerâmica ou vidro após dano mecânico do dielétrico
NBR 15124	Isolador de porcelana ou vidro para tensões acima de 1000 V – ensaio de perfuração sob impulso

IEC

60060-1	High voltage test techniques – general definitions and test requirements
60060-2	High voltage test techniques – measuring systems
60120	Dimensions of ball and socket couplings of string insulator units
60305	Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000V – ceramic or glass insulator units for ac systems - characteristics of insulator units of the cap and pin type
60372	Locking devices for ball and socket couplings of string insulator units: dimensions and tests
60383-1	Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000 V. Part 1 – ceramic or glass insulator units for a.c. systems – definitions, test methods and acceptance criteria
60383-2	Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000 V. Part 2 – insulator strings and insulator sets for a.c. systems – definitions, test methods and acceptance criteria
60437	Radio interference text on high-voltage insulators
TR 60575	Thermal-mechanical performance test and mechanical performance inco r string insulator units
60672-2	Ceramic and glass insulating materials – part 2: methods of tests
60672-3	Ceramic and glass insulating materials – part 3: specifications for individual materials
TR 60797	Residual strength of string insulator units of glass or ceramic material for overhead lines after mechanical damage of the dielectric
TS 60815-1	Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions Part 1: Definition, information e general principles.
TS 60815-2	Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions Part 2 : Ceramic and glass insulators for a.c. systems
TS 60815-3	Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions Part 3 Polymer insulators for a.c. systems
61211	Insulators of ceramic material or glass for overhead lines with a nominal voltage greater than 1000 V – impulse puncture testing in air
TR2 61467	Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000 V – AC

power arc tests on insulator sets

ANSI

C29-1	Standard for electrical power insulators – test methods
C29-2A	Insulators: Wet process porcelain and toughened glass – Distribution suspension type
C29-2B	Insulators: Wet process porcelain and toughened glass – transmission suspension type

ASTM

A153/A153M	Standard specification for zinc coating (hot-dip) on iron and steel hardware
A239	<i>Standard practice for locating the thinnest spot in a zinc (galvanized) coating on iron or steel articles</i>
B6	Standard specification for zinc
C150	<i>Standard specification for Portland cement</i>
C151	Standard test method for autoclave expansion of Portland cement
D116	<i>Standard test methods for vitrified ceramic materials for electrical applications</i>

NEMA

107	Methods of measurement of radio influence voltage (RIV) of high – voltage apparatus
-----	---

3.10. Ferragens para Fixação do Condutor e Pára-Raios

ABNT

NBR 5426	Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos
NBR 5427	Guia para utilização da NBR 5426
NBR 6323	Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido
NBR 6597	Aço-carbono – determinação do carbono – método gravimétrico por combustão direta
NBR 7095	Ferragens eletrotécnicas para linhas de transmissão e subestações de alta tensão e extra alta tensão
NBR 7107	Cupilha para concha de engate concha e bola
NBR 7108 -1	Ferragens integrantes padronizadas de isoladores para cadeia de vidro e porcelana – Parte 1: Acoplamento tipo concha e bola.
NBR 7108 -2	Ferragens integrantes padronizadas de isoladores para cadeia de vidro e porcelana – Parte 2: Engate tipo garfo e olhal
NBR 7397	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – determinação da massa do revestimento por unidade de área
NBR 7398	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da aderência do revestimento
NBR 7399	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo

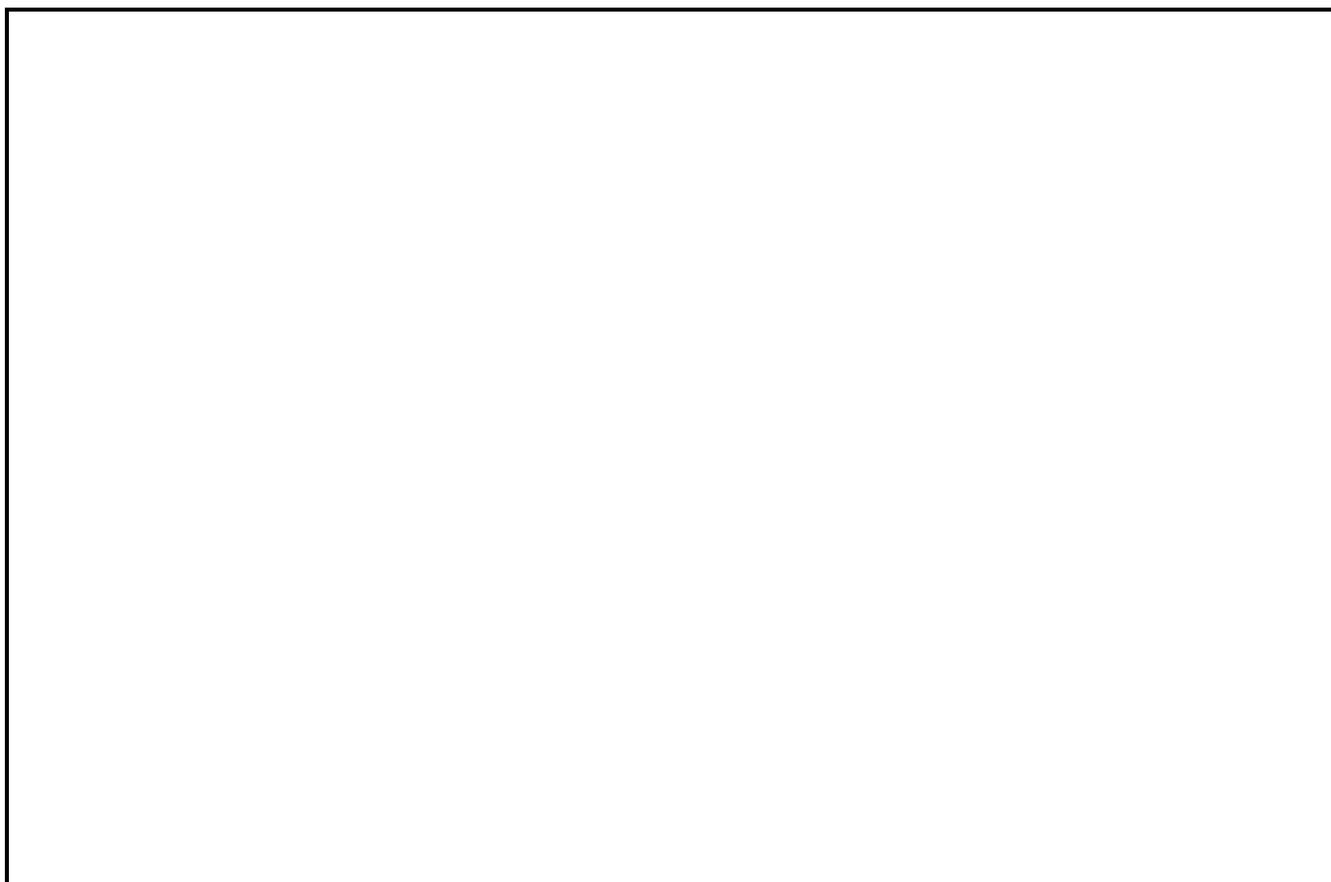
NBR 7400	Produto de aço ou ferro fundido – revestimento de zinco por imersão a quente – verificação da uniformidade do revestimento
NBR 7414	Zincagem por imersão a quente
NBR 9893	Cupilha para pinos ou parafusos de articulação
NBR 15237	Esfera de sinalização diurna para linhas aéreas de transmissão de energia elétrica

ASTM

A6/A6M	Standard specification for general requirements for rolled structural steel bars, plates, shapes, and sheet piling
A47/A47M	Standard specification for ferritic malleable iron castings
A48	Standard specification for gray iron castings
A53/A53M	Standard specification for pipe, steel, black and hot-dipped, zinc coated, welded and seamless
A90/A90M	Standard test method for weight (mass) of coating on iron and steel articles with zinc or zinc-alloy coatings
A123/A123M	Standard specification for zinc (hot-dip galvanized) coatings on iron and steel products
A143/ A143M	Standard practice for safeguarding against embrittlement of hot-dip galvanized structural steel products and procedure for detecting embrittlement
A148/A148M	Standard specification for steel castings, high strength, for structural purposes
A153/A153M	Standard specification for zinc coating (hot-dip) on iron and steel hardware
A239	Standard practice for locating the thinnest spot in a zinc (galvanized) coating on iron or steel articles
A283/A283M	Standard specification for low and intermediate tensile strength carbon steel plates
A307	Standard specification for carbon steel bolts and studs, 60000 psi tensile strength
A325M	Standard specification for high-strength bolts for structural steel joints (metric)
A354	Standard specification for quenched and tempered alloy steel bolts, studs, and other externally threaded fasteners
A370	Standard test methods and definitions for mechanical testing of steel products
A384	Standard practice for safeguarding against warpage and distortion during hot-dip galvanizing of steel assemblies
A385	Standard practice for providing high-quality zinc coatings (hot-dip)
A394	Standard specification for steel transmission tower bolts, zinc-coated and bare
A411	Standard specification for zinc-coated (galvanized) low-carbon steel armor

	wire
A449	Standard specification for quenched and tempered steel bolts and studs
A475	Standard specification for zinc-coated steel wire strand
A490	Standard specification for structural bolts, alloy steel, heat-treated, 150 ksi minimum tensile strength
A536	Standard specification for ductile iron castings
A563/A563M	Standard specification for carbon and alloy steel nuts
B6	Standard specification for zinc
B26/B26M	Standard specification for aluminum-alloy sand castings
B85	Standard specification for aluminum-alloy die castings
B193	<i>Standard test method for resistivity of electrical conductor materials</i>
B209/B209M	Standard specification for aluminum and aluminum-alloy sheet and plate
B210/B210M	Standard specification for aluminum and aluminum-alloy drawn seamless tubes
B211/B211M	Standard specification for aluminum and aluminum-alloy bar, rod and wire
B221/B221M	Standard specification for aluminum and aluminum-alloy extruded bars, rods, wire, profiles and tubes
B233	Standard specification for aluminum 1350 drawing stock for electrical purposes
B487	Standard test method for measurement of metal and oxide coating thickness by microscopical examination of a cross section
B499	Standard test method for measurement of coating thicknesses by the magnetic method: nonmagnetic coatings on magnetic basis metals
B504	Standard test method for measurement of thickness of metallic coatings by the coulometric method
D256	Standard test methods for determining the izod pendulum impact resistance of plastics
D3359	Standard test methods for measuring adhesion by tape test
E155	Standard reference radiographs for inspection of aluminum and magnesium castings
E709	Magnetic particle inspection
F3125/F3125M	Standard specification for high strength structural bolts, steel and alloy steel, heat treated, 120 ksi (820 MPa) and 150 ksi (1040 MPa) minimum tensile strength, inch and metric dimension
IEC	
60120	Dimensions of ball and socket couplings of string insulator units
60372	Locking devices for ball and socket couplings of string insulator units: dimensions and tests
60437	Radio interference text on high-voltage insulators
61284	Overhead lines - requirements and tests for fittings
TR2 61467	Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000 V – AC

	power arc tests on insulator sets
61854	Overhead lines – requirements and tests for spacers
61897	Overhead lines – requirements and tests for Stockbridge type aeolian vibration dampers
ASME	
B1.1	Unified inch screw threads, UM and UNR thread form
B1.13M	Metric screw threads – M profile
B18.2.1	Square and hex bolts and screws (inch series)
B18.2.2	Square and hex nuts
B18.2.3	Metric hex bolts
B18.2.4	Metric hex nuts
B18.5	Round head bolts
B18.21	Lock washers
B18.22	Plain washers
ANSI	
C29-1	Standard for electrical power insulators – test methods
ISO	
261	General purpose metric screw threads - general plan
898-1/2	Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel
965-1/2/3/4/5	General purpose metric screw threads - tolerances
4016	Hexagon head bolts - product grade C
4034	Hexagon nuts – product grade C
4759-1	Tolerances for fasteners - bolts, screws, studs and nuts – product grades A, B and C
7091	Plain washers – normal series - product grade C
NEMA	
C119.4	<i>Connectors to use between aluminum-to-aluminum or aluminum-to-copper bare overhead conductors</i>
107	Methods of measurement of radio influence voltage (RIV) of high – voltage apparatus



Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
01	05/02/17	Revisado numeração do documento	AQ	JCS	
00	22/02/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	



EQUATORIAL TRANSMISSORA 5 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	22/02/17

TÍTULO

**LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
Lote 15 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO DADOS CLIMATOLÓGICOS**

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT5-L501-PB-ELM-0003-R01	1 de 57	01

ÍNDICE

1. OBJETIVO	3
2. RECOMENDAÇÕES.....	3
ANEXO 1 – RELATORIO DE PARAMETROS CLIMATOLOGICOS	4

1. OBJETIVO

- 1.1. Apresentar os dados climatológicos adotados no projeto da LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2, em circuito simples pertencentes ao Lote 15 do Leilão 0013/2015 – 2º parte.

2. RECOMENDAÇÕES

- 2.1. Conforme relatório apresentado no anexo 1, segue abaixo tabela com as principais recomendações para a Linha de transmissão em 500 kV.

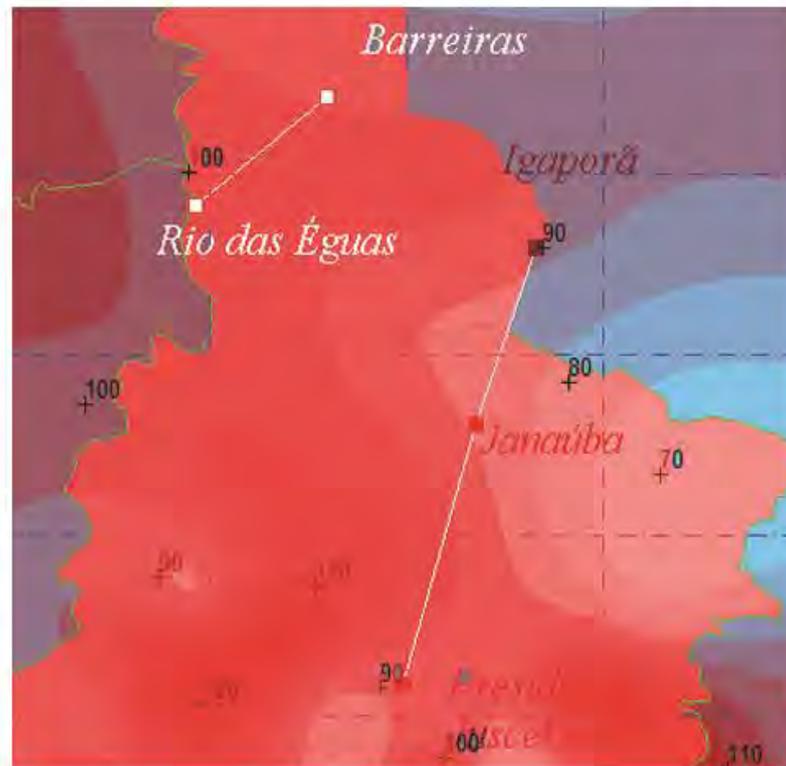
PARÂMETROS CLIMÁTICOS	IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2
altitude média - (m)	700
temp média – (°C)	22
temp mín 50 anual – (°C)	17
temp mín 50 inverno – (°C)	14
temp mín absoluta – (°C)	5
temp máx 50 anual – (°C)	28
temp máx 50 verão – (°C)	30
temp máx abs – (°C)	39
pressão média – (mbar)	940
DRA 50% – (pu)	0.91
DRA 90% – (pu)	0.89
DRA médio 90% – (pu)	0.90
FCA _{60 Hz} 50% – (pu)	0.96
FCA _{60 Hz} 99% – (pu)	0.91
FCA _{man} 50% – (pu)	0.96
FCA _{man} 90% – (pu)	0.94
FCA _{atm} 50% – (pu)	0.95
FCA _{atm} 90% – (pu)	0.93
umi rel (U _{rel}) – (%)	73
umi abs (U _{abs}) - (g/m ³)	15
tempo ruim - (%)	10
Nível Ceraunico (mapa ONS)	50

ANEXO 1 – RELATORIO DE ELEMENTOS CLIMATOLOGICOS

Relatório Técnico para ENGEPRO Engenharia

*Elementos Ambientais para as LTs
dos Lotes 8, 14, 15 e 16, Leilão 013/2015*

BATAVIA
Engenharia



Preparado por Amauri A Menezes em 02/2017

Este Relatório Técnico apresenta o memorial descritivo para a determinação dos elementos climáticos relevantes na implantação das LTs acima citadas. A reprodução parcial ou total deste documento só deve ser feita com a permissão da ENGEPRO Engenharia

1	Objetivo	3
2	Conceituação Preliminar	4
3	Dados termométricos	5
4	Densidade Relativa do Ar e Fatores de Correção Atmosféricos	6
4.1	Valor médio da DRA e dos FCAs	6
4.2	Os desvios padrão da DRA e dos FCAs	9
5	Representação gráfica e mapeamento das variáveis	11
5.1	Densidades relativas do ar e nível de tempo - ruim	13
5.2	Fatores de Correção Atmosféricos	13
5.3	Umidades absolutas	14
5.3.1	Cálculo dos pontos de orvalho e de gelo	14
5.3.2	Cálculo das pressões de vapor	15
5.3.3	Cálculo das umidades absolutas	15
5.4	Densidades de descargas atmosféricas e níveis ceráunicos	15
6	Conclusões e recomendações	16
7	Comentários finais	18
8	Referências	18
Anexo 1	Dados para determinação espacial da DRA e dos FCAs	19
Anexo 2	Características das estações do INMET	30
Anexo 3	Altitudes	34
Anexo 4	Pressões atmosféricas	35
Anexo 5	Temperaturas ambientes	36
Anexo 6	DRA e de “tempo - ruim”	43
Anexo 7	Fatores de correção atmosféricos	46
Anexo 8	Umidades do ar	52

1 Objetivo

Este relatório objetiva quantificar as variabilidades espacial e temporal de fenômenos meteorológicos que tenham interferências com as LTs dos Lotes 8, 14, 15 e 16, descritas a seguir.

LT 500kV Rio das Águas - Barreiras II - C2
 LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1
 LT 500kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1
 LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
 LT 500kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

As variáveis aqui objetivadas são:

Tabela 1 - Parâmetros do estudo

<i>Variáveis Ambientais</i>	<i>nomenclatura & unidades</i>
<i>altitude média</i>	<i>alt - metros</i>
<i>temperatura média</i>	<i>t_{med} - °C</i>
<i>temperatura mínima média anual</i>	<i>t_{min anual} - °C</i>
<i>temperatura mínima média no inverno</i>	<i>t_{min inv} - °C</i>
<i>temperatura mínima absoluta</i>	<i>t_{min abs} - °C</i>
<i>temperatura máxima média anual</i>	<i>t_{max anual} - °C</i>
<i>temperatura máxima média no verão</i>	<i>t_{max ver} - °C</i>
<i>temperatura máxima absoluta</i>	<i>t_{max abs} - °C</i>
<i>pressão atmosférica</i>	<i>p_{atm} - mbares</i>
<i>densidade relativa do ar (50 e 90 %)</i>	<i>DRA_{50%} e DRA_{90%} - (pu)</i>
<i>fator de correção atmosférico, 60 Hz, (50 e 99 %)</i>	<i>FCA_{60Hz-50%} e FCA_{60Hz-99%} - (pu)</i>
<i>fator de correção atmosférico, surtos de manobra (50 e 90 %)</i>	<i>FCA_{man50%} e FCA_{man90%} - (pu)</i>
<i>fator de correção atmosférico, impulsos atmosféricos (50 e 90 %)</i>	<i>FCA_{atm50%} e FCA_{atm90%} - (pu)</i>

<i>umidade relativa média do ar (anual)</i>	$u_{rel} - (\%)$
<i>umidade absoluta média do ar (anual)</i>	$u_{abs} - (g/m^3)$
<i>tempo ruim (para níveis de RI) - anual</i>	$TR - (\%)$

Linhas de transmissão aéreas constituem-se em empreendimentos com dimensões territoriais consideráveis e, não raro, atravessam áreas com diferentes condições geograficamente bem diferenciadas, resultando numa multiplicidade de elementos climáticos sobre elas atuantes. Portanto, torna-se relevante, para a execução de um projeto realista e coerente com seus próprios desafios, que haja a disponibilidade de métodos de inferências capazes de avaliar a evolução espacial das grandezas ambientais ao longo da rota da LT em estudo. A coleta de tais variáveis deve ser convenientemente feita em estações meteorológicas na mesma região e, obrigatoriamente, as suas variabilidades temporais devem ser quantificadas. Como certo número de variáveis ambientais aqui enfocadas é dependente da altitude, o estudo em curso considera também a altitude na região, como forma de dimensionar algumas variações espaciais do clima, através de modelos matemáticos de correlação linear múltipla. A densidade relativa do ar (DRA) e os fatores de correção atmosféricos (FCAs¹) não são variáveis meteorológicas, no rigor do conceito, mas encontram-se aqui incluídas por serem diretamente derivados da temperatura do ar, da pressão atmosférica e, para os FCAs, também da umidade absoluta do ar.

2 *Conceituação Preliminar*

A base de dados usada neste relatório origina-se de duas fontes diversas: do INMET [1] (Instituto nacional de Meteorologia - Ministério da Agricultura) e do DEPV [2, 7] (antiga Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Voo - Ministério da Aeronáutica). Tais fontes desempenham importantes e complementares papéis no modelo analítico aqui adotado para inferência estatística das variáveis ambientais, como exigido pelos procedimentos de projetos de LTs aéreas ora em curso no país. Especificamente, pode-se dizer que os dados do INMET (mensais e anuais, em 205 estações) cuidam das determinações médias e das suas evoluções espaciais sobre o território brasileiro, enquanto que os dados do DEPV (horários, em 20 estações) definem as flutuações dos respectivos desvios-padrão. Detalhes da elaboração desse modelo dual são fornecidos ao longo do trabalho e aplicam-se às variáveis aqui objetivadas.

¹ ou ainda RIS (Relative Insulation Strength)

3 Dados termométricos

Os dados de temperatura utilizados no estudo foram medidos em estações climatológicas operadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)² e instaladas no estado de implantação do empreendimento. Nessas estações, as temperaturas máximas e mínimas são medidas diariamente e as temperaturas correntes às 12, 18 e 24 horas, referidas ao horário de Greenwich (Greenwich Meridian Time - GMT). No procedimento de operação das estações do INMET, as temperaturas extremas diárias são caracterizadas com exatidão.

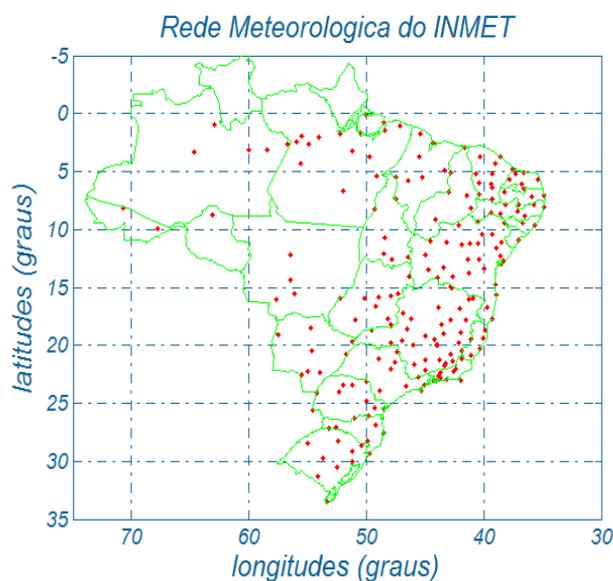


Figura 3.1 - Distribuição espacial das estações meteorológicas do INMET

A temperatura média diária é estimada através da seguinte equação, de uso rotineiro pelo INMET:

$$T_{med} = \frac{T_{12} + 2 \cdot T_{24} + T_{max} + T_{min}}{5}$$

T_{med} - temperatura média diária

T_{max} - temperatura máxima diária

T_{min} - temperatura mínima diária

T_{12} e T_{24} - temperaturas às 12 e 24 horas

As estatísticas dos valores de temperatura, medidos diariamente no período de 1961 a 1990, podem ser consultadas em [1]. Além dos valores médios anuais, buscou-se caracterizar as médias das temperaturas extremas, extraído-se do banco de dados os valores mínimos ou máximos ocorridos ao longo do ano e, também, os médios extremos no verão ou no inverno, garantindo-se, assim, mapas que refletissem valores extremos que fossem os mais conservadores.

Portanto, neste estudo, extremos médios de temperatura encontram-se também avaliados apropriadamente nos respectivos meses em que ocorrem.

² INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, Ministério da Agricultura

4 Densidade Relativa do Ar e Fatores de Correção Atmosféricos

A caracterização da média e do desvio padrão da densidade relativa do ar (DRA) e dos fatores de correção atmosféricos (FCAs), para frequência industrial e surtos de manobra ou atmosféricos, é aqui feita através de abordagens distintas.

4.1 Valor médio da DRA e dos FCAs

O valor médio dessas variáveis será feito por meio dos dados médios anuais medidos na rede do INMET (temperatura, pressão atmosférica para a DRA, acrescidos da umidade absoluta, para os valores dos FCAs). DRAs e FCAs têm distribuições normais para qualquer efeito prático [7] e seus valores médios podem ser calculados com as médias das variáveis indiretas (t_{med} , p_{med} e u_{abs}).

Para dirimir qualquer dúvida quanto a essa afirmativa, as Tabelas 4.1.1 e 4.1.2 apresentam os respectivos resultados, quando se usa um banco de dados horário em 10 anos, e quando se faz o cálculo com médias anuais. O banco de dados usado como referência é o do DEPV³, tal como apresentado em [7].

³ Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Voo, do Ministério da Aeronáutica.

Tabela 4.1.1 - Comparação dos valores para DRA calculados por (t_{med}, p_{med}) a cada hora e com valores médios anuais

<i>cidade</i>	<i>sigla</i>	<i>DRA_{50%} (pu) como em [7]</i>	<i>DRA_{50%} (pu) médias anuais</i>
<i>Belém</i>	<i>BE</i>	<i>0.976</i>	<i>0.980</i>
<i>Belo Horizonte</i>	<i>BH</i>	<i>0.913</i>	<i>0.900</i>
<i>Brasília</i>	<i>BR</i>	<i>0.883</i>	<i>0.870</i>
<i>Campo Grande</i>	<i>CG</i>	<i>0.927</i>	<i>0.930</i>
<i>Curitiba</i>	<i>CT</i>	<i>0.913</i>	<i>0.890</i>
<i>Caravelas</i>	<i>CV</i>	<i>0.987</i>	<i>0.990</i>
<i>Florianópolis</i>	<i>FL</i>	<i>1.001</i>	<i>1.000</i>
<i>Fortaleza</i>	<i>FZ</i>	<i>0.975</i>	<i>0.970</i>
<i>Galeão (RJ)</i>	<i>GL</i>	<i>0.990</i>	<i>0.990</i>
<i>Campinas</i>	<i>KP</i>	<i>0.926</i>	<i>0.926</i>
<i>Manaus</i>	<i>MN</i>	<i>0.968</i>	<i>0.970</i>
<i>Maceió</i>	<i>MO</i>	<i>0.973</i>	<i>0.980</i>
<i>Natal</i>	<i>NT</i>	<i>0.975</i>	<i>0.975</i>
<i>Porto Alegre</i>	<i>PA</i>	<i>1.004</i>	<i>0.990</i>
<i>Recife</i>	<i>RF</i>	<i>0.980</i>	<i>0.980</i>
<i>S. Dumont (RJ)</i>	<i>RJ</i>	<i>0.991</i>	<i>0.990</i>
<i>São Luiz</i>	<i>SL</i>	<i>0.971</i>	<i>0.980</i>
<i>São Paulo</i>	<i>SP</i>	<i>0.918</i>	<i>0.920</i>
<i>Salvador</i>	<i>SV</i>	<i>0.983</i>	<i>0.980</i>
<i>Vitória</i>	<i>VT</i>	<i>0.991</i>	<i>0.980</i>

Tabela 4.1.2 - valores dos FCAs para 60 Hz (FCA60Hz) e surtos de manobra (FCA_{man}), calculados por (t_{med} , p_{med} e u_{abs}) horários e com valores médios anuais, gaps de 1 a 5 metros

tensão a 60 Hz (gape de 3 m)			surtos de manobra (gape de 3 m)		
sigla	FCA _{50%} (pu) como em [7]	FCA _{50%} (pu) médias anuais	sigla	FCA _{50%} (pu) como em [7]	FCA _{50%} (pu) médias anuais
BE	1.062	1.061	BE	1.041	1.040
BH	0.960	0.959	BH	0.962	0.963
BR	0.925	0.922	BR	0.932	0.932
CG	0.992	0.994	CG	0.987	0.988
CT	0.939	0.936	CT	0.948	0.949
CV	1.050	1.050	CV	1.034	1.033
FL	1.033	1.034	FL	1.023	1.023
FZ	1.053	1.053	FZ	1.035	1.034
GL	1.045	1.045	GL	1.030	1.029
KP	0.965	0.964	KP	0.967	0.969
MN	1.059	1.059	MN	1.039	1.038
MO	1.044	1.044	MO	1.028	1.027
NT	1.049	1.049	NT	1.032	1.031
PA	1.022	1.023	PA	1.015	1.016
RF	1.053	1.053	RF	1.035	1.034
RJ	1.042	1.043	RJ	1.028	1.028
SL	1.059	1.058	SL	1.039	1.038
SP	0.956	0.953	SP	0.960	0.961
SV	1.053	1.053	SV	1.035	1.034
VT	1.049	1.049	VT	1.033	1.032

As diferenças verificadas nos três casos indicam que as médias podem ser aproximadas usando-se valores médios das variáveis indiretas (t_{med} , p_{med} e u_{abs}), em vez de se adotar ou exigir um cálculo bem mais requintado e trabalhoso, tal como é o de bancos de dados horários durante 10 anos, com todas as variáveis lidas simultaneamente. A simplificação é bastante apreciável, pois nem sempre, ou quase nunca, tais bancos encontram-se disponíveis. Portanto, os dados o INMET, que tem uma bem mais expressiva quantidade de estações (205, em todo o Brasil, por ocasião da elaboração de [1]) são capazes de fornecer valores médios para DRA e FCAs. Observe a Figura 4.2.1 onde a rede do DEPV encontra-se grafada com a sua restrita densidade. Entretanto, o valor

médio isolado dessas variáveis (valor 50 %) não é suficientemente seguro para a aplicação em LTs. É preciso associá-los a valores mais conservadores que levem em conta as incertezas espaciais típicas que estão amiúde vinculados a linhas de transmissão que atravessam variados micro e macro climas.

4.2 Os desvios padrão da DRA e dos FCAs

Os mais recentes Editais da ANEEL, no que se refere à DRA, exigem um valor ao longo da LT que seja garantido 90% do tempo, de forma a minimizar as influências do efeito Corona e suas manifestações (RI, RA, perdas). Portanto, os valores médios devem ser corrigidos pela conhecida fórmula genérica $Var90\% = \mu - 1.28 \sigma$, onde Var é uma variável que se encontre estatisticamente em questão e (μ, σ) seus valores médios e desvios padrão respectivos. Como as variabilidades temporais da DRA e dos FCAs, medida por σ , não podem ser caracterizadas pelo banco de dados do INMET [1], é preciso que se recorra ao relevante trabalho desenvolvido em [7]. A Figura 4.2.1 apresenta a dispersão pouco densa da rede do DEPV, mas que é atualmente a única fonte para se processar um modelo de transferência espacial para os coeficientes de variação aqui objetivados. Complementando, a Tabela 4.2.1 apresenta os coeficientes de variação da DRA e dos FCA_{60Hz} e FCA_{man} .

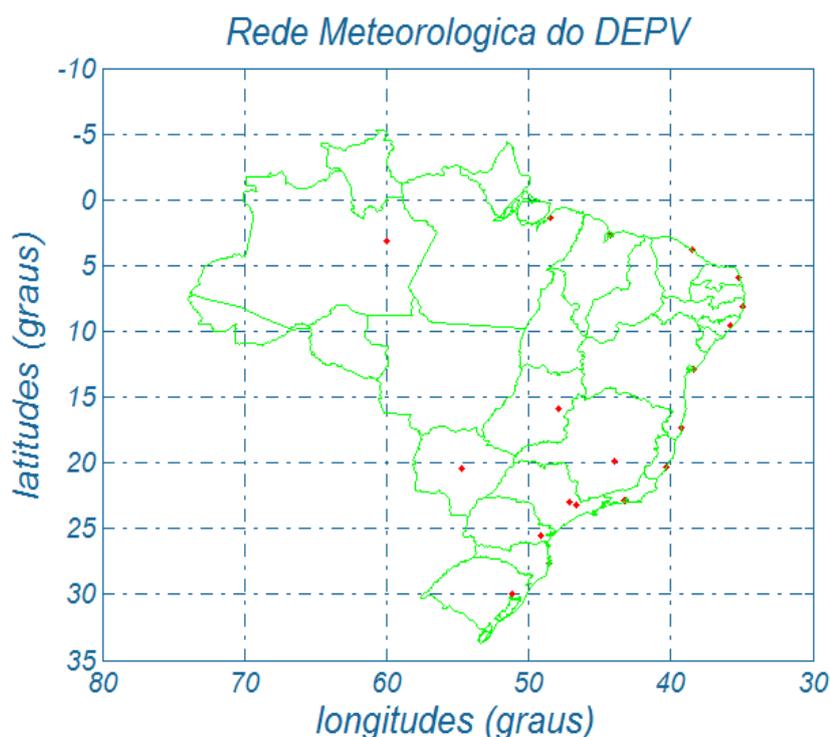


Figura 4.2.1 - Rede do DEPV, com as 20 estações da modelagem de [7]

Tabela 4.2.1 - Características geográficas das estações do DEPV e respectivos valores percentuais dos coeficientes de variação da DRA e dos FCAs

<i>sigla</i>	<i>latitude (°)</i>	<i>altitude (m)</i>	<i>CV_{DRA} (%)</i>	<i>CV_{60Hz} (%)</i>	<i>CV_{man} (%)</i>
<i>BE</i>	<i>1.38</i>	<i>16</i>	<i>1.00</i>	<i>0.68</i>	<i>0.53</i>
<i>BH</i>	<i>19.85</i>	<i>787</i>	<i>1.70</i>	<i>2.70</i>	<i>1.89</i>
<i>BR</i>	<i>15.87</i>	<i>1060</i>	<i>1.50</i>	<i>3.66</i>	<i>2.88</i>
<i>CG</i>	<i>20.47</i>	<i>558</i>	<i>1.70</i>	<i>3.08</i>	<i>2.15</i>
<i>CT</i>	<i>25.52</i>	<i>909</i>	<i>1.90</i>	<i>2.90</i>	<i>1.99</i>
<i>CV</i>	<i>17.28</i>	<i>3</i>	<i>1.30</i>	<i>1.08</i>	<i>0.76</i>
<i>FL</i>	<i>27.67</i>	<i>7</i>	<i>1.90</i>	<i>1.85</i>	<i>1.20</i>
<i>FZ</i>	<i>3.78</i>	<i>24</i>	<i>0.80</i>	<i>0.98</i>	<i>0.75</i>
<i>GL</i>	<i>22.83</i>	<i>9</i>	<i>1.60</i>	<i>1.34</i>	<i>0.92</i>
<i>KP</i>	<i>23.00</i>	<i>661</i>	<i>1.80</i>	<i>3.06</i>	<i>2.17</i>
<i>MN</i>	<i>3.15</i>	<i>83</i>	<i>1.00</i>	<i>0.75</i>	<i>0.59</i>
<i>MO</i>	<i>9.51</i>	<i>116</i>	<i>1.10</i>	<i>1.04</i>	<i>0.78</i>
<i>NT</i>	<i>5.92</i>	<i>49</i>	<i>1.00</i>	<i>0.92</i>	<i>0.69</i>
<i>PA</i>	<i>30.00</i>	<i>20</i>	<i>2.40</i>	<i>1.95</i>	<i>1.27</i>
<i>RF</i>	<i>8.13</i>	<i>10</i>	<i>0.80</i>	<i>0.81</i>	<i>0.59</i>
<i>RJ</i>	<i>22.92</i>	<i>5</i>	<i>1.40</i>	<i>1.42</i>	<i>0.98</i>
<i>SL</i>	<i>2.72</i>	<i>53</i>	<i>0.90</i>	<i>0.71</i>	<i>0.57</i>
<i>SP</i>	<i>23.17</i>	<i>805</i>	<i>1.60</i>	<i>2.70</i>	<i>1.89</i>
<i>SV</i>	<i>12.90</i>	<i>6</i>	<i>1.00</i>	<i>0.97</i>	<i>0.69</i>
<i>VT</i>	<i>20.30</i>	<i>60</i>	<i>1.50</i>	<i>1.20</i>	<i>0.83</i>

Com as informações acima, as seguintes equações de correlação linear múltipla podem ser inferidas objetivando a transferência espacial dos coeficientes de variação citados ou, respectivamente:

$$\begin{aligned} CV_{DRA} &= 0.7160 + 41.32 \text{ latitude}/1000 + 0.3268 \text{ altitude}/1000 \\ CV_{FCA_{60\text{Hz}}} &= 0.6050 + 39.28 \text{ latitude}/1000 + 1.5640 \text{ altitude}/1000 \\ CV_{FCA_{man}} &= 0.7790 + 15.61 \text{ latitude}/1000 + 0.8388 \text{ altitude}/1000 \end{aligned}$$

CV_{DRA} coeficiente de variação da distribuição da DRA (%)
 $CV_{FCA_{60\text{Hz}}}$ coeficiente de variação dos valores de FCAs para 60 Hz (%)
 $CV_{FCA_{man}}$ coeficiente de variação dos FCAs para surtos de manobra (%)

5 Representação gráfica e mapeamento das variáveis

As variáveis ambientais aqui abordadas correlacionam-se bem com a latitude e a altitude e serão, portanto, representadas pelas equações de regressão do tipo:

$$\text{variável} = a_0 + a_1 \text{ latitude} + a_2 \text{ altitude},$$

A latitude é dada em graus e a altitude em km.

A Tabela 5 indica os coeficientes definidos por correlação linear múltipla e os valores dos respectivos erros médios quadráticos (emq) atestam a qualidade da aderência entre valores reais e modelados.

Tabela 5 - Coeficientes das equações de regressão linear múltipla

<i>variável</i>	<i>coeficiente a₀</i>	<i>coeficiente a₁</i>	<i>coeficiente a₂</i>	<i>emq</i>
<i>temp média</i>	2.817E+01	-2.480E-01	-3.813E+00	1.335E+00
<i>temp min anual</i>	2.393E+01	-2.411E-01	-4.692E+00	1.176E+00
<i>temp min inverno</i>	2.319E+01	-3.824E-01	-5.217E+00	1.504E+00
<i>temp min abs</i>	1.959E+01	-6.624E-01	-6.417E+00	3.268E+00
<i>temp max anual</i>	3.361E+01	-2.386E-01	-2.936E+00	1.875E+00
<i>temp max verão</i>	3.495E+01	-1.423E-01	-3.660E+00	1.861E+00
<i>temp max abs</i>	4.090E+01	-3.000E-02	-2.028E+00	2.050E+00
<i>pressão</i>	1.013E+03	1.404E-01	-1.250E+02	1.761E+01
<i>umidade absoluta</i>	2.046E+01	-1.934E-01	-4.523E+00	1.266E+00
<i>umidade relativa</i>	7.533E+01	1.372E-01	-5.806E+00	7.085E+00
<i>DRA₅₀ %</i>	9.704E-01	9.057E-04	-9.624E-02	6.253E-03
<i>DRA₉₀ %</i>	9.613E-01	3.838E-04	-9.817E-02	6.146E-03
<i>FCA₆₀₋₅₀ %</i>	1.063E+00	-9.426E-04	-1.109E-01	1.070E-02
<i>FCA₆₀₋₉₉ %</i>	1.046E+00	-1.830E-03	-1.414E-01	1.059E-02
<i>FCA_{man 50%}</i>	1.040E+00	-6.011E-04	-9.100E-02	8.015E-03
<i>FCA_{man 90 %}</i>	1.029E+00	-7.923E-04	-9.979E-02	7.865E-03
<i>FCA_{atm 50 %}</i>	1.068E+00	-1.123E-03	-1.309E-01	1.387E-02
<i>FCA_{atm 90 %}</i>	1.057E+00	-1.305E-03	-1.392E-01	1.376E-02
<i>tempo - ruim (RI)</i>	2.393E+01	-2.411E-01	-4.692E+00	1.176E+00

5.1 Densidades relativas do ar e nível de tempo - ruim

Textualmente, os editais de Linhas de Transmissão da ANEEL exigem que:

(a) Corona visual

A linha de transmissão, com seus cabos e acessórios, bem como as ferragens das cadeias de isoladores, não deve apresentar corona visual em 90% do tempo nas condições de máxima tensão operativa e para as condições atmosféricas predominantes na região atravessada pela linha de transmissão aérea.

O $DRA_{90\%}$ corresponde a um maior rigor na aplicação do DRA, particularmente quando da sua utilização nas avaliações do efeito corona e suas manifestações em LTs, através da relação:

$$DRA_{90\%} = DRA_{\text{médio}} - 1.28 \sigma_{DRA}$$

onde o valor de σ_{DRA} já foi discutido e modelado tal como descrito em 4.2.

Ainda diretamente vinculado ao efeito Corona e suas manifestações, o Anexo 6 apresenta uma quantificação para o percentual de “tempo - ruim”, a ser aplicado na determinação dos níveis de rádio interferência ao longo de “todo o tempo”, tal como requer a metodologia de [8, Red Book]. Os resultados fundamentam-se na precipitação pluviométrica anual registrada nas estações do INMET e que serve de medição para variabilidade espacial do tempo ruim sobre o território brasileiro.

Para a inferência do % de tempo ruim, foi adotada uma média anual de 1,5 mm/h quando da precipitação pluviométrica média anual registrada nas estações do INMET. Tal consideração de 1.5 mm/h é certamente subjetiva, mas é mais realista do que se adotarem os padrões climáticos constantes de [8] como típicos do Brasil.

5.2 Fatores de Correção Atmosféricos

Os fatores de correção atmosféricos são definidos através de uma relação entre os fatores de correção da densidade relativa do ar (k_1) e da umidade absoluta (k_2), como segue e detalhadamente descrito em [7].

$$FCA = k_1 \cdot k_2$$

- $k_1 = \delta^m$ - fator de correção para a densidade relativa do ar, veja Figura 1.3 (superior) do Anexo 1
- $k_2 = k^w$ - fator de correção para a umidade absoluta do ar, veja Figura 1.3 (inferior) do Anexo 1

Para o caso de 60 Hz recomenda-se a utilização do valor referido a 99% pois as tensões dessa natureza devem ser suportadas em quaisquer condições atmosféricas, de forma que a qualidade de suprimento energético seja assegurada.

Para sobretensões de manobra ou atmosféricas, que correspondem a solicitações de ocorrência mais infrequente, o valor médio do FCA ($FCA_{man}^{médio}$ - manobra ou $FCA_{atm}^{médio}$ - atmosférico) pode ser adotado, mas recomenda-se o valor de 90% que é mais conservador, pois que há erros de avaliação que decorrem da variabilidade espacial dessa variável, além das simplificações descritas no Anexo 1.

As formulações para os FCAs acima valem para distâncias em ar de 1 a 5 m, com dispersão em torno da média de 1,3% para 60 Hz e 1,7% para impulsos. Para os casos de distâncias superiores a 5 m, os valores de FCA tendem para o valor de 1.0, indicando que para gaps mais longos, o FCA não mais depende das condições atmosféricas. Como os casos mais severos são aqueles em que o $FCA < 1.0$, nenhuma correção será aqui recomendada, pois os resultados encontram-se a favor da segurança.

5.3 Umidades absolutas

A umidade absoluta, que é relevante para as determinações dos FCAs, pode ser modelada através das equações que seguem:

5.3.1 Cálculo dos pontos de orvalho e de gelo

Inicialmente, são determinados os pontos de orvalho e de gelo, para as temperaturas ambientes em questão (bulbo seco):

$$T_d = \frac{237.3 \left[\frac{\ln(RH/100)}{17.270} + \frac{T}{237.3 + T} \right]}{1 - \left[\frac{\ln(RH/100)}{17.270} + \frac{T}{237.3 + T} \right]}$$

$$T_i = \frac{265.5 \left[\frac{\ln(RH/100)}{21.875} + \frac{T}{265.5 + T} \right]}{1 - \left[\frac{\ln(RH/100)}{21.875} + \frac{T}{265.5 + T} \right]}$$

- RH* - umidade relativa (%),
T_d e *T_i* - pontos de orvalho e de gelo (°K), respectivamente,
T - temperatura de bulbo seco do ambiente (°K).

5.3.2 Cálculo das pressões de vapor

As pressões de vapor saturado correspondentes aos pontos de orvalho (*e_d*) e de gelo (*e_i*) são dadas pelas fórmulas seguintes:

$$e_d = 0.6108 \exp\left[\frac{17.27 T_d}{T_d + 237.3}\right] \quad e_i = 0.6108 \exp\left[\frac{21.875 T_i}{T_i + 265.5}\right]$$

5.3.3 Cálculo das umidades absolutas

E finalmente, as umidades absolutas em g/m³ (*u_{abs}*) ou são calculadas como segue, onde *e* assume os valores de *e_d* ou de *e_i*:

$$u_{abs} = \frac{2165 e}{T + 273.16}$$

5.4 Densidades de descargas atmosféricas e níveis cerâmicos

As densidades de descargas atmosféricas segue uma digitalização possível do mapa recentemente publicado pelo Operador Nacional do Sistema (ONS), onde as densidades abaixo de 5 descargas/km²/ano foram descartadas, por não corresponderem à prática em curso no dimensionamento elétrico. Os respectivos Níveis Cerâmicos são determinados pela média de três formulações ora em uso e que são:

$$dens = 0.1 \text{ NC} , dens = 0.2 \text{ NC} \text{ e } dens = 0.04 \text{ NC}^{1,25}$$

Os valores indicados são de referência e sujeitos a modificações por parte do projetista, na medida que as avaliações espaciais são particularmente dispersas.

6 Conclusões e recomendações

Os mapas constantes deste relatório oferecem ao projetista de LTs recursos ora disponíveis para uma escolha paramétrica tecnicamente justificável no que se refere aos elementos climáticos aqui avaliados estatisticamente. De uma forma geral, os parâmetros recomendados são conservadores e visam garantir um desempenho superior ao mínimo exigido.

Com uma importância de destaque, encontra-se a densidade relativa do ar, caracterizada pelo seu valor médio e $DRA_{90\%}$ que é o valor excedido 90% do tempo, garantindo o que é exigido nos editais da ANEEL. Somente com os mapeamentos exclusivos das médias e dos desvios da DRA, não se torna imediata a identificação do local onde as condições do DRA são as mais adversas, pois a média mínima não coincide, necessariamente, com o máximo desvio padrão da DRA.

Assim sendo, para facilidade de interpretação e escolha, foram traçadas as isolinhas do Anexo 6 que apresenta os valores de $DRA_{\text{médio}}$ e de $DRA_{90\%}$, através da relação $DRA_{90\%} = DRA_{\text{médio}} - 1.28$ desvios-padrão. Os mesmos conceitos se aplicam aos fatores de correção atmosféricos aqui sugeridos ($FCA_{60\text{Hz}}^{99\%}$, $FCA_{\text{man}}^{90\%}$ e $FCA_{\text{atm}}^{90\%}$), muito embora a sua utilização ainda não esteja regulamentada e nem mesmo exigida, embora correspondam à prática segura de escolha paramétrica.

Vale ainda sublinhar que FCAs acima de 1.00 pu são típicos de regiões com elevada umidade absoluta, tal como é o caso da região amazônica e do planalto no centro-oeste. No entanto, com a descontrolada continuidade de queimadas e desmatamentos, que vêm ocorrendo há décadas, a tendência é de que os valores de FCA venham se reduzindo com o tempo. O alerta serve para que valores de FCA acima de 1.00 pu sejam usados com certa reserva, a critério do projetista. Os valores indicados na Tabela 6.1 já seguem esse viés no sentido da segurança. A Tabela seguinte apresenta um resumo das leituras feitas nas Figuras dos Anexos 3 a 7:

Tabela 6.1 - Resumo das recomendações

<i>Parâmetros climáticos</i>	<i>Rio das Éguas - Barreiras</i>	<i>Igaporã - Janaúba C1 e C2</i>	<i>Janaúba - P. Juscelino C1 e C2</i>
<i>altitude média - (m)</i>	800	700	700
<i>temp média – (°C)</i>	22	22	21
<i>temp mín 50 anual – (°C)</i>	17	17	17
<i>temp mín 50 inverno – (°C)</i>	14	14	13
<i>temp mín absoluta – (°C)</i>	5	5	4
<i>temp máx 50 anual – (°C)</i>	28	28	28
<i>temp máx 50 verão – (°C)</i>	30	30	30
<i>temp máx abs – (°C)</i>	39	39	39
<i>pressão média – (mbar)</i>	920	940	940
<i>DRA 50% – (pu)</i>	0.90	0.91	0.92
<i>DRA 90% – (pu)</i>	0.88	0.89	0.90
<i>FCA_{60 Hz} 50% – (pu)</i>	0.95	0.96	0.97
<i>FCA_{60 Hz} 99% – (pu)</i>	0.89	0.91	0.92
<i>FCA_{man}50% – (pu)</i>	0.95	0.96	0.97
<i>FCA_{man} 90% – (pu)</i>	0.93	0.94	0.95
<i>FCA_{atm}50% – (pu)</i>	0.94	0.95	0.96
<i>FCA_{atm} 90% – (pu)</i>	0.92	0.93	0.94
<i>umi rel (U_{rel}) – (%)</i>	72	73	74
<i>umi abs (U_{abs}) - (g/m³)</i>	14	15	14
<i>tempo ruim - (%)</i>	10	10	10

7 Comentários finais

As recomendações relativas à quantificação de elementos climáticos constantes deste relatório seguem as orientações e cálculos apresentados basicamente pelas referências [2, 3, 4, 6, 7 e 8], enquanto que as bases de dados provêm de [1, 2 e 7]. Vale sempre lembrar que [2 e 7] contêm sínteses metodológicas pioneiras que permitiram uma avaliação estatística mais aprofundada no que se refere aos percentis da densidade relativa do ar e dos variados fatores de correção atmosféricos aqui considerados, através, objetivando a determinação dos seus respectivos desvios-padrão. Além disso, há que se dar a devida ênfase ao que [3] declara a respeito dos FCAs sempre que o fator u_{abs} / DRA excede 15 g/m^3 (sic):

Para valores de U_{abs} / DRA acima de 15 g/m^3 , o valor do parâmetro k pode chegar a (- 15%), veja também a Figura 1.1.

Tal observação tem influência expressiva sobre os resultados de cálculo, na medida em que valores acima de 15 g/m^3 são frequentemente encontrados no Brasil.

8 Referências

- 1 *INMET – Instituto Nacional de Meteorologia – “Normais climatológicas” (1961-1990).*
- 2 *Andrade, V. H. G et ali – Dados meteorológicos e parâmetros correlatos que influenciam os isolamentos em ar – Estatística de valores, VII SNPTEE.*
- 3 *IEC 60-1 - High Voltage Test Techniques - Part 1: General definitions and test requirements, 2010.*
- 4 *Menezes Jr A. A., Silva Filho J. I. - Transferência espacial de informações meteorológicas - Modelos matemáticos. Relatório Técnico CEPEL/1983*
- 5 *IEC 60826 - Overhead Transmission Line Design Criteria*
- 6 *NBR 5422 - Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica, Procedimentos, 1985.*
- 7 *Azevedo, R. M., Silva Filho, J. I. Andrade, V. H. G., - Fatores de correção atmosféricos aplicados ao dimensionamento de isolamentos em ar - Nova metodologia de cálculo, XVII SNPTEE, 2003*
- 8 *Transmission Line Reference Book, 345 kV and Above, Electric Power Research Institute, Palo Alto*

Anexo 1 Dados para determinação espacial da DRA e dos FCAs

Este Anexo objetiva apresentar parte dos resultados constantes de [7], que constituem a base das recomendações constantes deste relatório. Neste particular, as Tabelas 1.1, 1.2 e 1.3 ilustram os valores básicos para as correlações dos valores de DRAs (ou δ) e FCAs.

Tabela 1.1 - Resultados do processamento e dados provenientes do DEPV

estação	longitude (graus)	latitude (graus)	altitude (m)	h (g/m ³)		δ (pu)		h/ δ (g/m ³)	
				média	desvio	média	desvio	média	desvio
BE - Belém	48,48	1,38	16	21,10	1,37	0,976	0,010	21,628	1,515
BH - B. Horizonte	43,95	19,85	787	13,64	2,66	0,913	0,017	14,985	3,061
BR - Brasília	47,92	15,87	1060	12,92	2,78	0,883	0,015	14,646	3,227
CG - C. Grande	54,67	20,47	558	15,72	3,59	0,927	0,017	17,008	4,054
CT - Curitiba	49,18	25,52	909	11,92	2,93	0,913	0,019	13,107	3,399
CV - Caravelas	39,25	17,28	3	18,43	2,22	0,987	0,013	18,688	2,410
FL - Florianópolis	48,55	27,67	7	15,00	3,58	1,001	0,019	15,051	3,817
FZ - Fortaleza	38,53	3,78	24	19,77	1,47	0,975	0,008	20,292	1,520
GL - Galeão (RJ)	43,25	22,83	9	17,36	2,73	0,990	0,016	17,567	2,965
KP - Campinas	47,13	23,00	661	13,15	2,91	0,926	0,018	14,246	3,284
MN - Manaus	59,98	3,15	83	21,22	1,26	0,968	0,010	21,938	1,381
MO - Maceió	35,78	9,51	116	18,45	1,63	0,973	0,011	18,969	1,764
NT - Natal	35,25	5,92	49	19,02	1,52	0,975	0,010	19,521	1,637
PA - Porto Alegre	11,18	30,00	20	13,38	3,65	1,004	0,024	13,412	3,893
RF - Recife	34,92	8,13	10	19,39	1,48	0,980	0,008	19,793	1,584
RJ - S. Dumont	43,15	22,92	5	16,94	2,67	0,991	0,014	17,118	2,865
SL - São Luiz	44,25	2,72	53	20,94	1,10	0,971	0,009	21,578	1,171
SP - São Paulo	46,65	23,17	805	12,87	2,62	0,918	0,016	14,058	3,005
SV - Salvador	38,35	12,90	6	19,12	1,95	0,983	0,010	19,474	2,110
VT - Vitória	40,30	20,30	60	17,92	2,59	0,991	0,015	18,123	2,823

Tabela 1.2 - Média \bar{x} e coeficiente de variação cv da série horária do FCA_{60Hz} , em 10 anos, função do comprimento do gape (d)

local	$d = 1 m$		$d = 3 m$		$d = 5 m$	
	\bar{x} (pu)	cv (%)	\bar{x} (pu)	cv (%)	\bar{x} (pu)	cv (%)
BE	1.091	0.96	1.062	0.68	1.041	0.45
BH	0.956	2.74	0.960	2.70	0.973	1.83
BR	0.922	3.37	0.925	3.66	0.947	2.77
CG	0.993	3.66	0.992	3.08	0.994	2.08
CT	0.936	2.69	0.939	2.90	0.959	2.03
CV	1.074	1.60	1.050	1.08	1.033	0.72
FL	1.047	2.72	1.033	1.85	1.022	1.24
FZ	1.079	1.43	1.053	0.98	1.035	0.65
GL	1.066	2.01	1.045	1.34	1.030	0.89
KP	0.961	3.13	0.965	3.06	0.976	2.10
MN	1.087	1.07	1.059	0.75	1.039	0.50
MO	1.065	1.59	1.044	1.04	1.029	0.69
NT	1.072	1.37	1.049	0.92	1.032	0.61
PA	1.031	2.79	1.022	1.95	1.015	1.31
RF	1.079	1.15	1.053	0.81	1.035	0.53
RJ	1.062	2.13	1.042	1.42	1.028	0.94
SL	1.087	0.99	1.059	0.71	1.039	0.47
SP	0.951	2.65	0.956	2.70	0.970	1.86
SV	1.078	1.42	1.053	0.97	1.035	0.65
VT	1.072	1.79	1.049	1.20	1.032	0.80

Tabela 1.3 - Média e coeficiente de variação da série horária do FCA_{man} , em 10 anos, função do comprimento do gape (d)

local	$d = 1 m$		$d = 3 m$		$d = 5 m$	
	\bar{x} (pu)	cv (%)	\bar{x} (pu)	cv (%)	\bar{x} (pu)	cv (%)
BE	1.075	1.51	1.041	0.53	1.025	0.32
BH	0.936	1.75	0.962	1.89	0.976	1.18
BR	0.902	1.99	0.932	2.88	0.957	1.82
CG	0.968	2.54	0.987	2.15	0.992	1.34
CT	0.925	1.46	0.948	1.99	0.967	1.25
CV	1.056	1.74	1.034	0.76	1.021	0.47
FL	1.036	2.07	1.023	1.2	1.014	0.74
FZ	1.058	1.85	1.035	0.75	1.021	0.46
GL	1.049	1.93	1.030	0.92	1.018	0.56
KP	0.946	2.01	0.967	2.17	0.979	1.36
MN	1.067	1.61	1.039	0.59	1.023	0.36
MO	1.041	1.65	1.028	0.78	1.017	0.48
NT	1.049	1.58	1.032	0.69	1.019	0.42
PA	1.025	1.92	1.015	1.27	1.009	0.78
RF	1.059	1.48	1.035	0.59	1.021	0.36
RJ	1.045	1.95	1.028	0.98	1.017	0.6
SL	1.067	1.57	1.039	0.57	1.023	0.34
SP	0.936	1.57	0.960	1.89	0.975	1.18
SV	1.059	1.66	1.035	0.69	1.021	0.42
VT	1.055	1.83	1.033	0.83	1.020	0.51

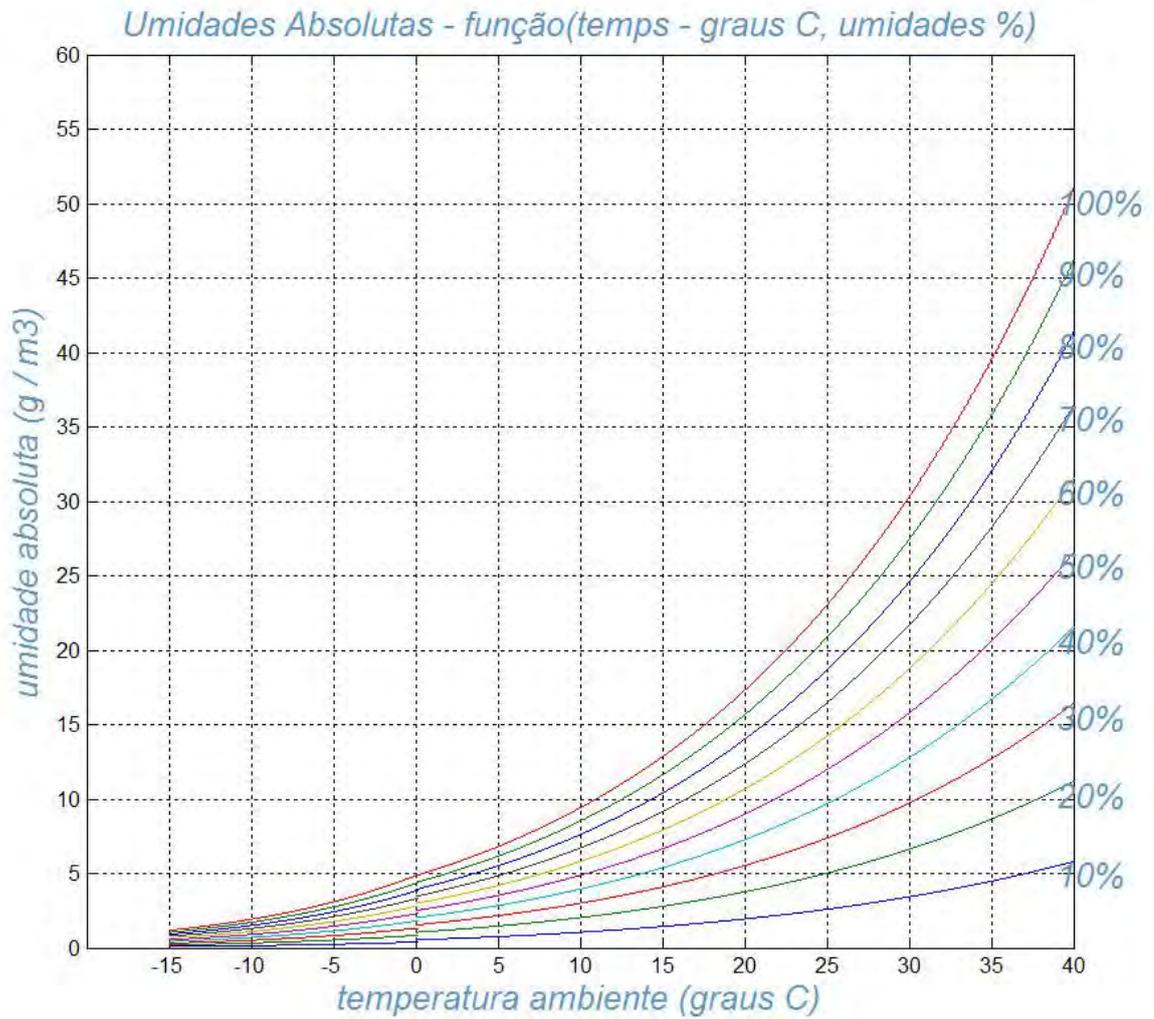


Figura 1.1 - Umidade absoluta do ar em função das leituras dos termômetros de bulbo seco e úmido

Uma vez de posse das condições climáticas na região de interesse, ou seja, das temperaturas de bulbo seco e úmido, da pressão atmosférica e da umidade relativa, determinam-se a umidade absoluta respectiva (u_{abs} ou h) e a densidade relativa do ar (DRA ou δ). Da relação entre essas 2 variáveis (h e δ), o coeficiente k é definido pela Figura 1.2, como segue.

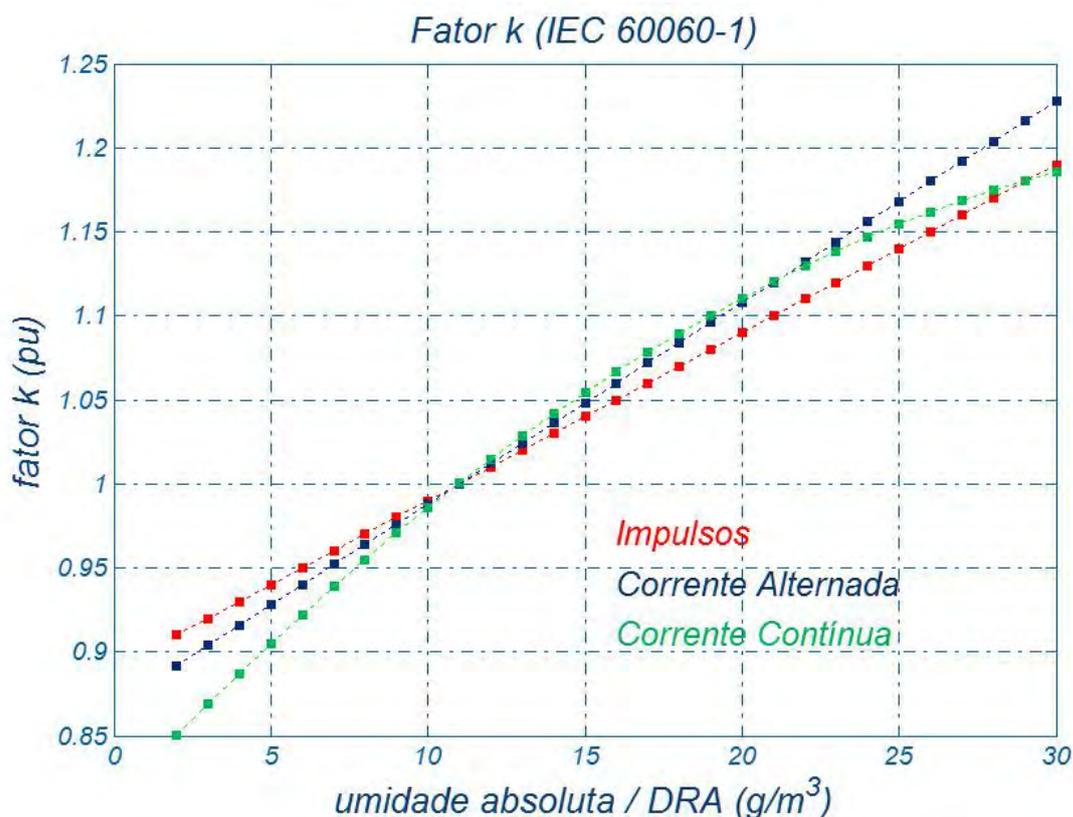


Figura 1.2 - Determinação do fator k em função de h / δ (g / m^3) e do tipo de tensão (60 Hz, impulso ou CC)

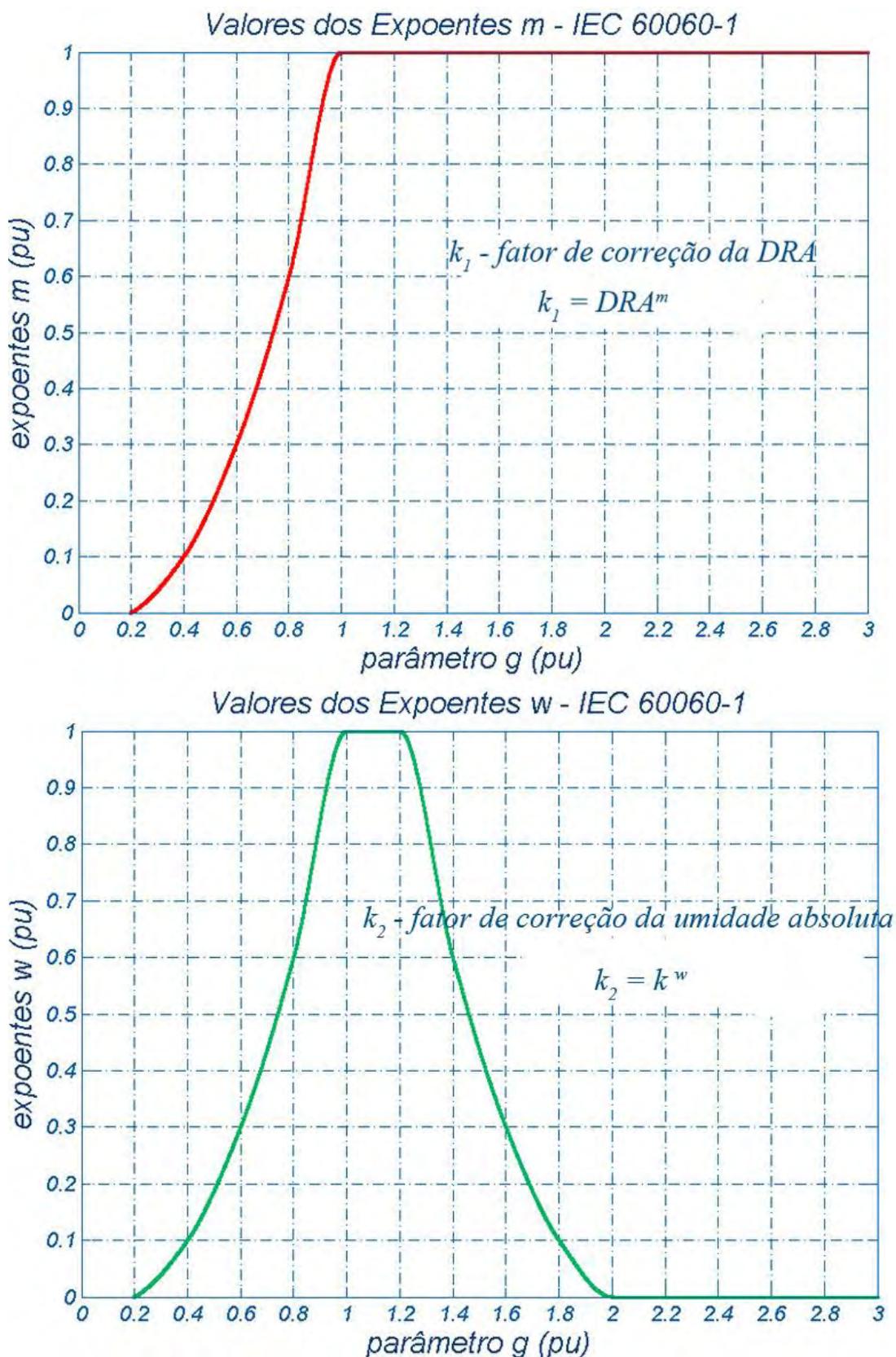


Figura 1.3 - Valores dos expoentes m para a DRA (superior) e w para a correção da umidade absoluta do ar (inferior), em função do parâmetro g

O parâmetro g , que determina os expoentes m e w , é determinado pela relação

$$g = \frac{U_{50}}{500 d \delta k}$$

a - distância do isolamento (ou gape em ar), em metros.

δ - densidade relativa do ar (pu), ou DRA

k - coeficiente obtido da Figura A 1.2, acima

U_{50} - valor de crista da tensão disruptiva com 50% de probabilidade de não ser excedido nas reais condições atmosféricas de trabalho, em kV, dado pelas expressões seguintes:

- tensões de frequência industrial

$$U_{50} = 750\sqrt{2} * \ln(1 + 0,55d^{1,2}) * (1,35K_g - 0,35K_g^2)$$

- sobretensões de frente lenta ou de manobra

$$U_{50} = 500 * d^{0,6} * K_g$$

$$K_g \text{ (fator de gape)} = 1,3$$

- sobretensões de frente rápida ou atmosféricas, polaridade positiva:

$$U_{50} = 530 * d$$

Os dados indicados nas Tabelas 1.1 a 1.3 foram determinados com base nas Figuras 1.1 a 1.3 e a metodologia adotada encontra-se detalhadamente descrita em [7 e 8]. Cabe aqui ressaltar que [1, 2, 3, 4 e 8] desempenharam um papel fundamental no equacionamento da DRA e dos FCAs para aplicação sistemática ao longo de linhas de transmissão, haja vista que as normas IEC que cuidam do assunto [3 e 6] foram originalmente desenvolvidas para aplicação em laboratórios de alta tensão. Os trabalhos citados introduziram simplificações cabíveis que tornaram possível estender os conceitos normativos com fins laboratoriais para aplicações em linhas de transmissão, quando uma visão mais espacial sempre se faz necessária. Ainda com relação aos valores constantes das Tabelas 1.1 a 1.3, algumas considerações de simplificação tornam-se cabíveis, quando se leva em conta que a aplicação primordial, neste estudo, concentra-se em linhas de transmissão aéreas. Inicialmente, observe-se

que a dispersão dos valores dos FCAs em função do comprimento do gape, de 1 a 5 m é pequena, senão desprezível. Verifique nas Tabelas 1.4 a 1.7 a seguir:

Tabela 1.4 - Valores médios de $FCA_{60\text{Hz}}^{\text{médio}}$, para $d = 1, 3$ e 5 m e os erros referidos a 3 m

cidade	longitude (graus)	latitude (graus)	altitude (m)	$FCA_{60\text{Hz}}^{\text{médio}}$ 1 m	$FCA_{60\text{Hz}}^{\text{médio}}$ 3 m	$FCA_{60\text{Hz}}^{\text{médio}}$ 5 m	$FCA_{60\text{Hz}}^{\text{médio}}$ médio	erro ($\pm\%$)
BE	48.48	1.38	16	1.091	1.062	1.041	1.065	2.35
BH	43.95	19.85	787	0.956	0.960	0.973	0.963	0.88
BR	47.92	15.87	1060	0.922	0.925	0.947	0.931	1.34
CG	54.67	20.47	558	0.993	0.992	0.994	0.993	0.05
CT	49.18	25.52	909	0.936	0.939	0.959	0.945	1.22
CV	39.25	17.28	3	1.074	1.050	1.033	1.052	1.95
FL	48.55	27.67	7	1.047	1.033	1.022	1.034	1.21
FZ	38.53	3.78	24	1.079	1.053	1.035	1.056	2.08
GL	43.25	22.83	9	1.066	1.045	1.030	1.047	1.72
KP	47.13	23.00	661	0.961	0.965	0.976	0.967	0.78
MN	59.98	3.15	83	1.087	1.059	1.039	1.062	2.26
MO	35.78	9.51	116	1.065	1.044	1.029	1.046	1.72
NT	35.25	5.92	49	1.072	1.049	1.032	1.051	1.90
PA	11.18	30.00	20	1.031	1.022	1.015	1.023	0.78
RF	34.92	8.13	10	1.079	1.053	1.035	1.056	2.08
RJ	43.15	22.92	5	1.062	1.042	1.028	1.044	1.63
SL	44.25	2.72	53	1.087	1.059	1.039	1.062	2.26
SP	46.65	23.17	805	0.951	0.956	0.970	0.959	0.99
SV	38.35	12.90	6	1.078	1.053	1.035	1.055	2.04
VT	40.30	20.30	60	1.072	1.049	1.032	1.051	1.90

Tabela 1.5 - Valores médios de $FCA_{60\text{Hz}}^{99\%}$, para $d = 1, 3$ e 5 m
e os erros referidos a 3 m

cidade	longitude (graus)	latitude (graus)	altitude (m)	$FCA_{60\text{Hz}}^{99\%}$ (1 m)	$FCA_{60\text{Hz}}^{99\%}$ (3 m)	$FCA_{60\text{Hz}}^{99\%}$ (5 m)	$FCA_{60\text{Hz}}^{99\%}$ médio	erro ($\pm\%$)
BE	48.48	1.38	16	1.067	1.045	1.030	1.05	1.74
BH	43.95	19.85	787	0.895	0.900	0.932	0.91	2.01
BR	47.92	15.87	1060	0.850	0.846	0.886	0.86	2.11
CG	54.67	20.47	558	0.908	0.921	0.946	0.92	2.03
CT	49.18	25.52	909	0.877	0.876	0.914	0.89	2.04
CV	39.25	17.28	3	1.034	1.024	1.016	1.02	0.89
FL	48.55	27.67	7	0.981	0.988	0.992	0.99	0.60
FZ	38.53	3.78	24	1.043	1.029	1.019	1.03	1.15
GL	43.25	22.83	9	1.016	1.012	1.009	1.01	0.37
KP	47.13	23.00	661	0.891	0.896	0.928	0.91	2.06
MN	59.98	3.15	83	1.060	1.040	1.027	1.04	1.58
MO	35.78	9.51	116	1.026	1.019	1.012	1.02	0.64
NT	35.25	5.92	49	1.038	1.027	1.017	1.03	1.00
PA	11.18	30.00	20	0.964	0.976	0.984	0.97	1.03
RF	34.92	8.13	10	1.050	1.033	1.022	1.04	1.35
RJ	43.15	22.92	5	1.009	1.008	1.005	1.01	0.19
SL	44.25	2.72	53	1.062	1.041	1.028	1.04	1.64
SP	46.65	23.17	805	0.892	0.896	0.928	0.91	1.97
SV	38.35	12.90	6	1.042	1.029	1.019	1.03	1.12
VT	40.30	20.30	60	1.027	1.020	1.013	1.02	0.71

Tabela 1.6 - Valores médios de $FCA_{imp}^{médio}$, para $d = 1, 3$ e 5 m
e os erros referidos a 3 m

<i>cidade</i>	<i>longitude</i> (graus)	<i>latitude</i> (graus)	<i>altitude</i> (m)	$FCA_{imp}^{médio}$ (1 m)	$FCA_{imp}^{médio}$ (3 m)	$FCA_{imp}^{médio}$ (5 m)	$FCA_{imp}^{médio}$ médio	<i>erro</i> (±%)
BE	48.48	1.38	16	1.075	1.041	1.025	1.047	2.39
BH	43.95	19.85	787	0.936	0.962	0.976	0.958	2.09
BR	47.92	15.87	1060	0.902	0.932	0.957	0.930	2.96
CG	54.67	20.47	558	0.968	0.987	0.992	0.982	1.22
CT	49.18	25.52	909	0.925	0.948	0.967	0.947	2.22
CV	39.25	17.28	3	1.056	1.034	1.021	1.037	1.69
FL	48.55	27.67	7	1.036	1.023	1.014	1.024	1.07
FZ	38.53	3.78	24	1.058	1.035	1.021	1.038	1.78
GL	43.25	22.83	9	1.049	1.030	1.018	1.032	1.50
KP	47.13	23.00	661	0.946	0.967	0.979	0.964	1.71
MN	59.98	3.15	83	1.067	1.039	1.023	1.043	2.11
MO	35.78	9.51	116	1.041	1.028	1.017	1.029	1.17
NT	35.25	5.92	49	1.049	1.032	1.019	1.033	1.45
PA	11.18	30.00	20	1.025	1.015	1.009	1.016	0.79
RF	34.92	8.13	10	1.059	1.035	1.021	1.038	1.83
RJ	43.15	22.92	5	1.045	1.028	1.017	1.030	1.36
SL	44.25	2.72	53	1.067	1.039	1.023	1.043	2.11
SP	46.65	23.17	805	0.936	0.960	0.975	0.957	2.04
SV	38.35	12.90	6	1.059	1.035	1.021	1.038	1.83
VT	40.30	20.30	60	1.055	1.033	1.020	1.036	1.69

Tabela 1.7 - Valores médios de $FCA_{imp}^{99\%}$, para $d = 1, 3$ e 5 m
e os erros referidos a 3 m

cidade	longitude (graus)	latitude (graus)	altitude (m)	$FCA_{imp}^{90\%}$ (1 m)	$FCA_{imp}^{90\%}$ (3 m)	$FCA_{imp}^{90\%}$ (5 m)	$FCA_{imp}^{90\%}$ médio	erro ($\pm\%$)
BE	48.48	1.38	16	1.0542	1.0339	1.0228	1.0370	1.51
BH	43.95	19.85	787	0.9150	0.9387	0.9475	0.9337	1.74
BR	47.92	15.87	1060	0.8790	0.8976	0.8899	0.8889	0.61
CG	54.67	20.47	558	0.9365	0.9598	0.9551	0.9505	0.98
CT	49.18	25.52	909	0.9077	0.9239	0.9352	0.9222	1.49
CV	39.25	17.28	3	1.0325	1.0239	1.0164	1.0243	0.78
FL	48.55	27.67	7	1.0086	1.0073	1.0026	1.0062	0.29
FZ	38.53	3.78	24	1.0329	1.0251	1.0166	1.0249	0.80
GL	43.25	22.83	9	1.0231	1.0179	1.0114	1.0175	0.57
KP	47.13	23.00	661	0.9217	0.9401	0.9412	0.9343	1.05
MN	59.98	3.15	83	1.0450	1.0312	1.0203	1.0321	1.20
MO	35.78	9.51	116	1.0190	1.0177	1.0122	1.0163	0.33
NT	35.25	5.92	49	1.0278	1.0229	1.0153	1.0220	0.61
PA	11.18	30.00	20	0.9998	0.9985	0.9963	0.9982	0.17
RF	34.92	8.13	10	1.0389	1.0272	1.0183	1.0281	1.00
RJ	43.15	22.92	5	1.0189	1.0151	1.0095	1.0145	0.47
SL	44.25	2.72	53	1.0456	1.0314	1.0205	1.0325	1.21
SP	46.65	23.17	805	0.9172	0.9368	0.9465	0.9335	1.57
SV	38.35	12.90	6	1.0365	1.0259	1.0173	1.0265	0.94
VT	40.30	20.30	60	1.0303	1.0220	1.0146	1.0223	0.77

Em consequência, é possível que se faça uso dos valores de FCA no entorno de 3 m, com erros médios de 1.56% , 1.31% e 1.75% respectivamente para $FCA_{60Hz}^{médio}$

, $FCA_{60Hz}^{99\%}$ e $FCA_{imp}^{médio}$, e aplicáveis na faixa de 1 a 5 m de comprimento de gapes em ar sem comprometimento da precisão.

Anexo 2 Características das estações do INMET

Tabela 2 - Características das estações meteorológicas

<i>cidade</i>	<i>longitude (graus)</i>	<i>latitude (graus)</i>	<i>altitude (m)</i>
<i>Aimorés</i>	<i>41.07</i>	<i>19.48</i>	<i>83</i>
<i>Araçuaí</i>	<i>42.07</i>	<i>16.87</i>	<i>284</i>
<i>Araxá</i>	<i>46.93</i>	<i>19.57</i>	<i>1004</i>
<i>B Jesus da Lapa</i>	<i>43.42</i>	<i>13.27</i>	<i>440</i>
<i>B Jesus do Piauí</i>	<i>44.12</i>	<i>9.10</i>	<i>332</i>
<i>Bambuí</i>	<i>45.98</i>	<i>20.00</i>	<i>661</i>
<i>Barbacena</i>	<i>43.77</i>	<i>21.25</i>	<i>1126</i>
<i>Barra</i>	<i>43.17</i>	<i>11.08</i>	<i>402</i>
<i>Barreiras</i>	<i>45.00</i>	<i>12.15</i>	<i>439</i>
<i>Belo Horizonte</i>	<i>43.93</i>	<i>19.93</i>	<i>850</i>
<i>Brasília</i>	<i>47.93</i>	<i>15.78</i>	<i>1160</i>
<i>C Mato Dentro</i>	<i>43.43</i>	<i>19.03</i>	<i>652</i>
<i>Cabo Frio</i>	<i>41.98</i>	<i>23.00</i>	<i>2</i>
<i>Cach. Itapemirim</i>	<i>41.10</i>	<i>20.85</i>	<i>78</i>
<i>Caetité</i>	<i>42.62</i>	<i>14.05</i>	<i>882</i>
<i>Campos do Jordão</i>	<i>45.58</i>	<i>22.73</i>	<i>1579</i>
<i>Caparaó</i>	<i>41.87</i>	<i>20.52</i>	<i>843</i>
<i>Caratinga</i>	<i>42.15</i>	<i>19.80</i>	<i>609</i>
<i>Carinhanha</i>	<i>43.92</i>	<i>14.17</i>	<i>440</i>
<i>Cataguases</i>	<i>42.68</i>	<i>21.38</i>	<i>168</i>

Tabela 2 - Características das estações meteorológicas (cont)

<i>cidade</i>	<i>longitude (graus)</i>	<i>latitude (graus)</i>	<i>altitude (m)</i>
<i>Catalão</i>	<i>47.95</i>	<i>18.18</i>	<i>840</i>
<i>Cel Pacheco</i>	<i>43.25</i>	<i>21.58</i>	<i>435</i>
<i>Cordeiro</i>	<i>42.37</i>	<i>22.03</i>	<i>485</i>
<i>Correntina</i>	<i>44.77</i>	<i>13.47</i>	<i>587</i>
<i>Diamantina</i>	<i>43.60</i>	<i>18.25</i>	<i>1296</i>
<i>Ecol. Agrícola</i>	<i>43.68</i>	<i>22.80</i>	<i>33</i>
<i>Espinosa</i>	<i>42.85</i>	<i>14.92</i>	<i>570</i>
<i>Formosa</i>	<i>47.33</i>	<i>15.53</i>	<i>912</i>
<i>Franca</i>	<i>47.43</i>	<i>20.55</i>	<i>1026</i>
<i>Gov Valadares</i>	<i>41.93</i>	<i>18.85</i>	<i>277</i>
<i>Ibirité</i>	<i>44.05</i>	<i>20.02</i>	<i>815</i>
<i>Ilha Guaíba</i>	<i>44.03</i>	<i>23.00</i>	<i>64</i>
<i>Irecê</i>	<i>41.87</i>	<i>11.30</i>	<i>747</i>
<i>Itaberaba</i>	<i>40.43</i>	<i>12.55</i>	<i>250</i>
<i>Itamarandiba</i>	<i>42.85</i>	<i>17.85</i>	<i>1097</i>
<i>Itaperuna</i>	<i>41.88</i>	<i>21.20</i>	<i>124</i>
<i>Ituaçu</i>	<i>41.30</i>	<i>13.82</i>	<i>531</i>
<i>Jacobina</i>	<i>40.47</i>	<i>11.18</i>	<i>485</i>
<i>João Pinheiro</i>	<i>46.17</i>	<i>17.70</i>	<i>760</i>
<i>Juiz de Fora</i>	<i>43.35</i>	<i>21.77</i>	<i>940</i>

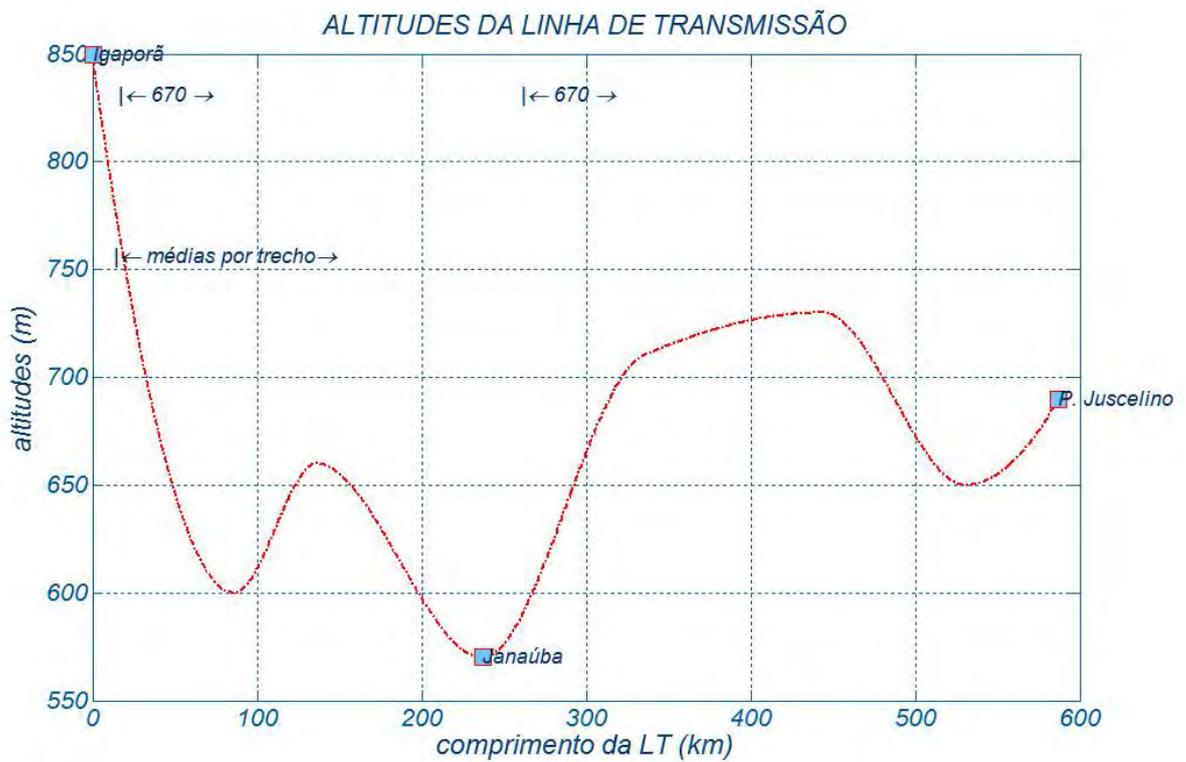
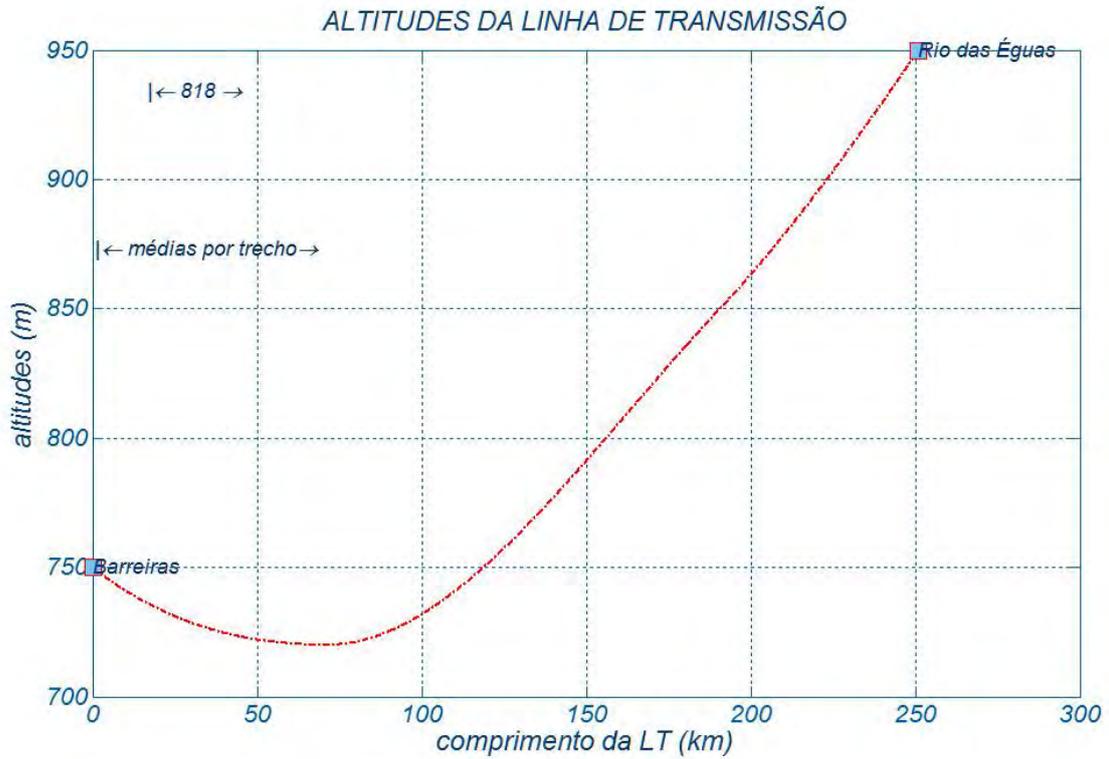
Tabela 2 - Características das estações meteorológicas(cont)

<i>cidade</i>	<i>longitude (graus)</i>	<i>latitude (graus)</i>	<i>altitude (m)</i>
<i>Lavras</i>	<i>45.00</i>	<i>21.23</i>	<i>919</i>
<i>Lençóis</i>	<i>41.38</i>	<i>12.57</i>	<i>439</i>
<i>Linhares</i>	<i>40.07</i>	<i>19.40</i>	<i>28</i>
<i>Machado</i>	<i>45.92</i>	<i>21.67</i>	<i>873</i>
<i>Monte Azul</i>	<i>42.75</i>	<i>15.08</i>	<i>604</i>
<i>Montes Claros</i>	<i>43.87</i>	<i>16.72</i>	<i>646</i>
<i>Morro do Chapéu</i>	<i>41.16</i>	<i>11.53</i>	<i>940</i>
<i>Nova Friburgo</i>	<i>42.53</i>	<i>22.28</i>	<i>857</i>
<i>Paracatu</i>	<i>46.87</i>	<i>17.22</i>	<i>711</i>
<i>Paranã</i>	<i>47.83</i>	<i>12.55</i>	<i>275</i>
<i>Patos de Minas</i>	<i>46.52</i>	<i>18.60</i>	<i>940</i>
<i>Pedra Azul</i>	<i>41.28</i>	<i>16.00</i>	<i>649</i>
<i>Petrolina</i>	<i>40.48</i>	<i>9.38</i>	<i>370</i>
<i>Pirai</i>	<i>43.90</i>	<i>22.63</i>	<i>367</i>
<i>Pompeu</i>	<i>45.00</i>	<i>19.22</i>	<i>691</i>
<i>Posse</i>	<i>46.37</i>	<i>14.10</i>	<i>826</i>
<i>Remanso</i>	<i>42.10</i>	<i>9.63</i>	<i>401</i>
<i>Rio de Janeiro</i>	<i>43.17</i>	<i>22.92</i>	<i>5</i>
<i>S. Rita de Cássia</i>	<i>44.52</i>	<i>11.02</i>	<i>550</i>
<i>São Carlos</i>	<i>47.88</i>	<i>22.02</i>	<i>856</i>

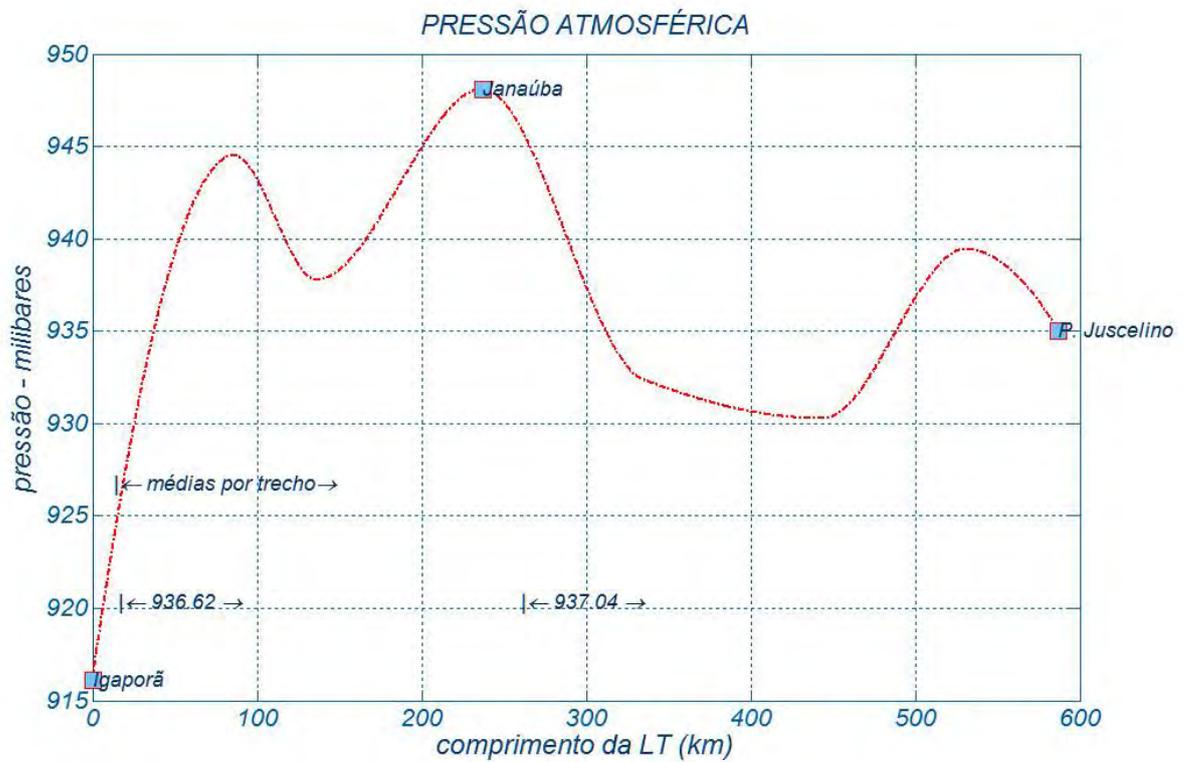
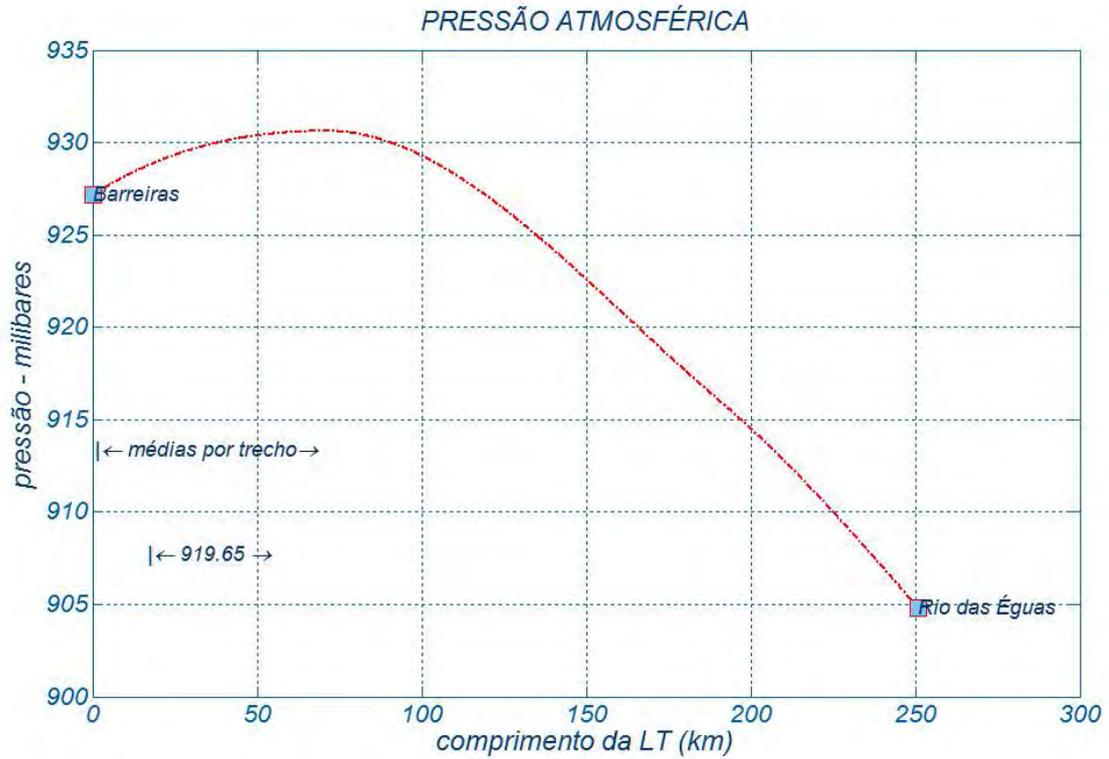
Tabela 2 - Características das estações meteorológicas(cont)

<i>cidade</i>	<i>longitude (graus)</i>	<i>latitude (graus)</i>	<i>altitude (m)</i>
<i>São Lourenço</i>	<i>45.02</i>	<i>22.10</i>	<i>900</i>
<i>São Simão</i>	<i>47.55</i>	<i>21.48</i>	<i>617</i>
<i>Senhor do Bonfim</i>	<i>40.18</i>	<i>10.47</i>	<i>558</i>
<i>Sete Lagoas</i>	<i>44.25</i>	<i>19.47</i>	<i>732</i>
<i>Taguatinga</i>	<i>46.43</i>	<i>12.40</i>	<i>604</i>
<i>Teófilo Otoni</i>	<i>41.52</i>	<i>17.85</i>	<i>356</i>
<i>Uberaba</i>	<i>47.92</i>	<i>19.75</i>	<i>743</i>
<i>Vassouras</i>	<i>43.67</i>	<i>22.33</i>	<i>437</i>
<i>Vigosa</i>	<i>42.85</i>	<i>20.75</i>	<i>690</i>
<i>Vitória</i>	<i>40.33</i>	<i>20.32</i>	<i>36</i>
<i>Vitória Conquista</i>	<i>40.88</i>	<i>14.62</i>	<i>839</i>
<i>Ibicoara</i>	<i>41.23</i>	<i>13.26</i>	<i>900</i>
<i>Brotas</i>	<i>42.49</i>	<i>12.10</i>	<i>900</i>
<i>Gilbués</i>	<i>45.39</i>	<i>9.48</i>	<i>550</i>
<i>Ourolândia</i>	<i>41.16</i>	<i>10.86</i>	<i>600</i>
<i>Umburanas</i>	<i>41.56</i>	<i>10.68</i>	<i>1000</i>
<i>Graúnas</i>	<i>40.63</i>	<i>10.92</i>	<i>900</i>
<i>Japerí</i>	<i>43.66</i>	<i>22.64</i>	<i>100</i>
<i>Rio do Ouro</i>	<i>42.67</i>	<i>11.28</i>	<i>850</i>

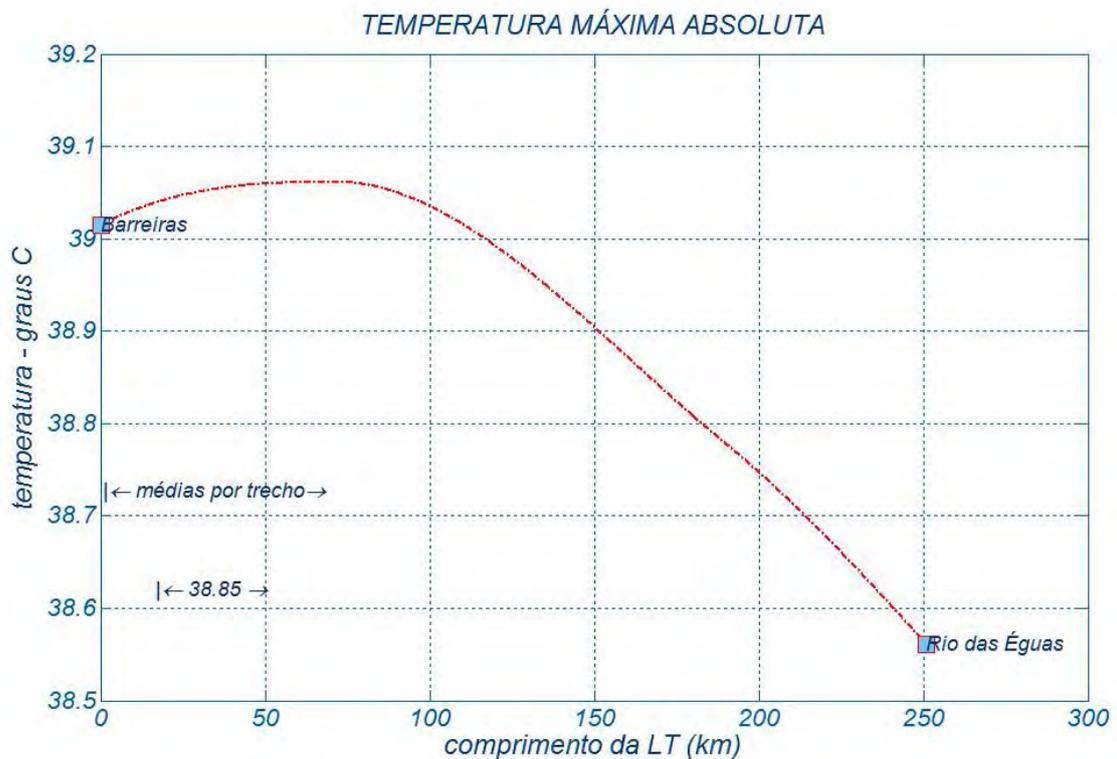
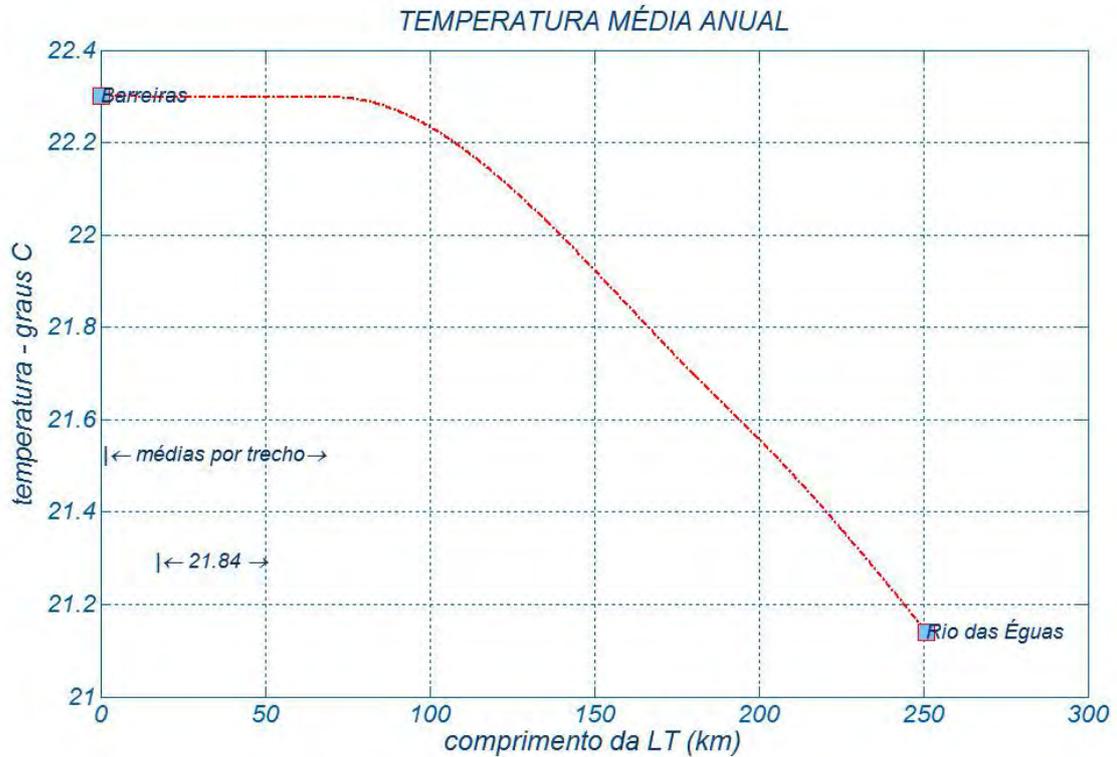
Anexo 3 Altitudes

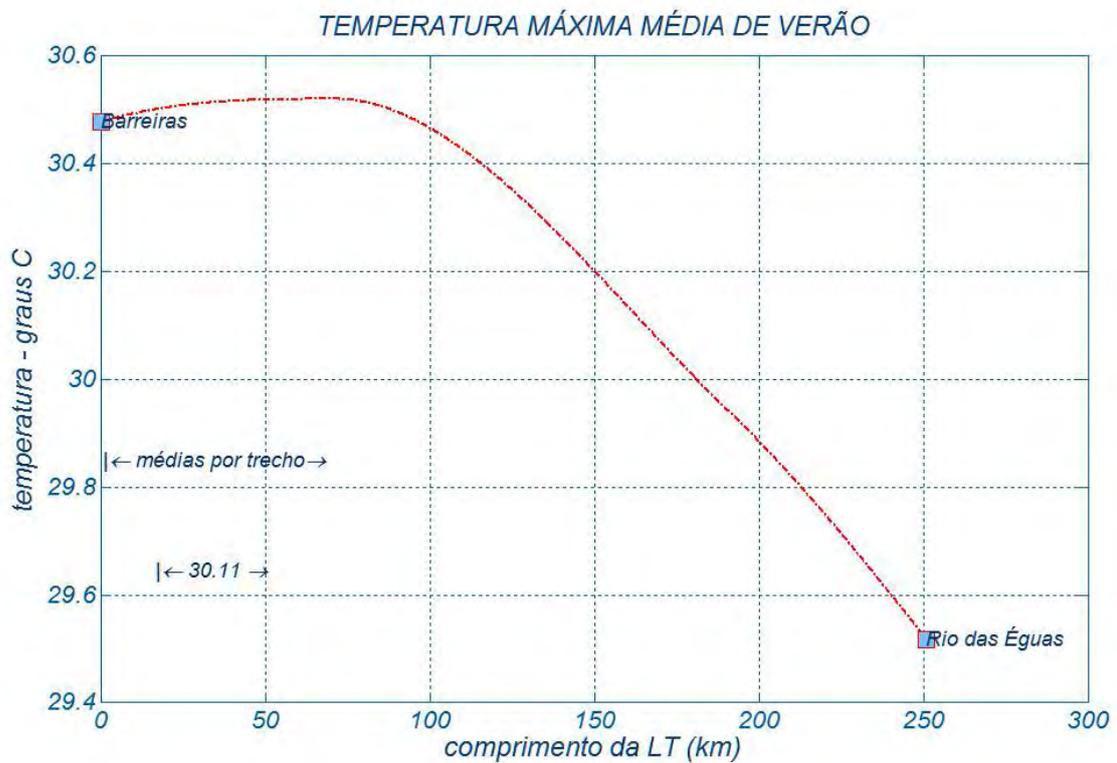
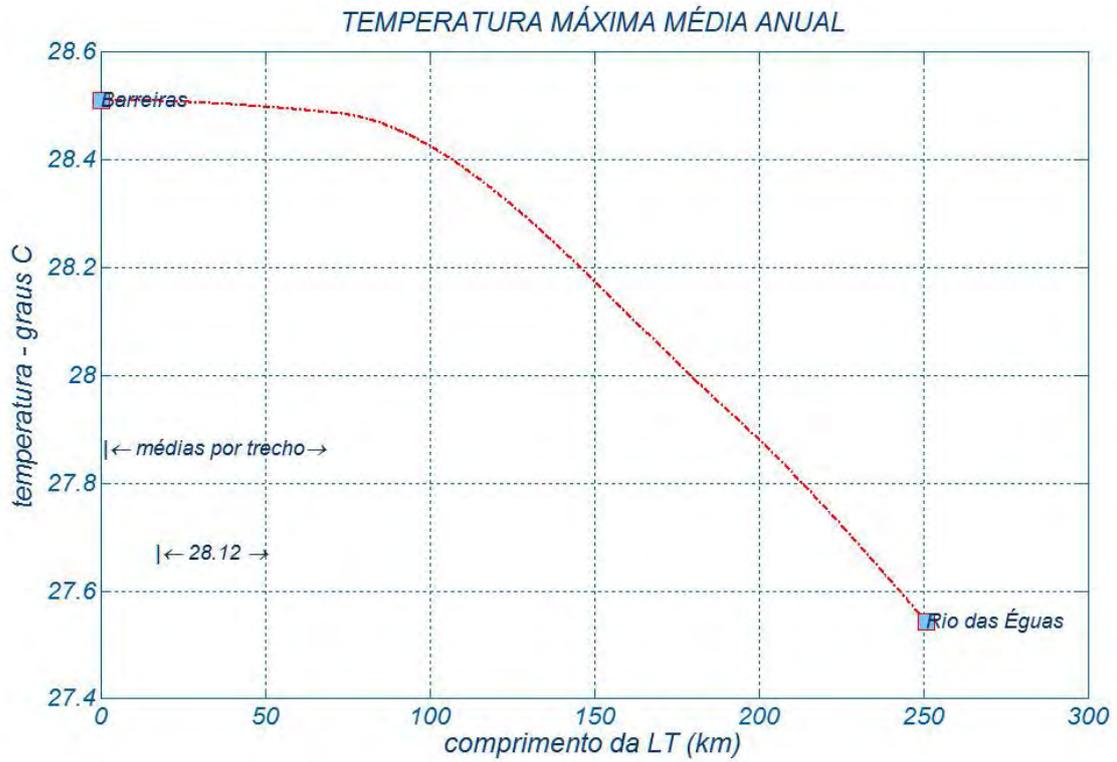


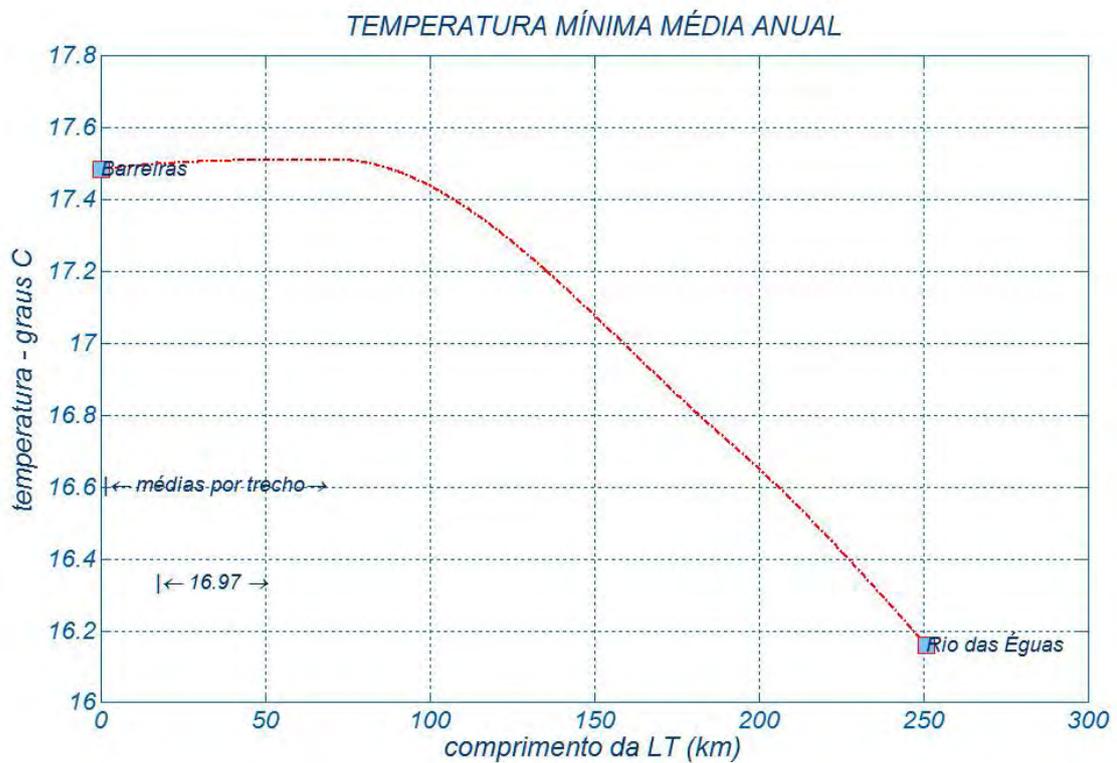
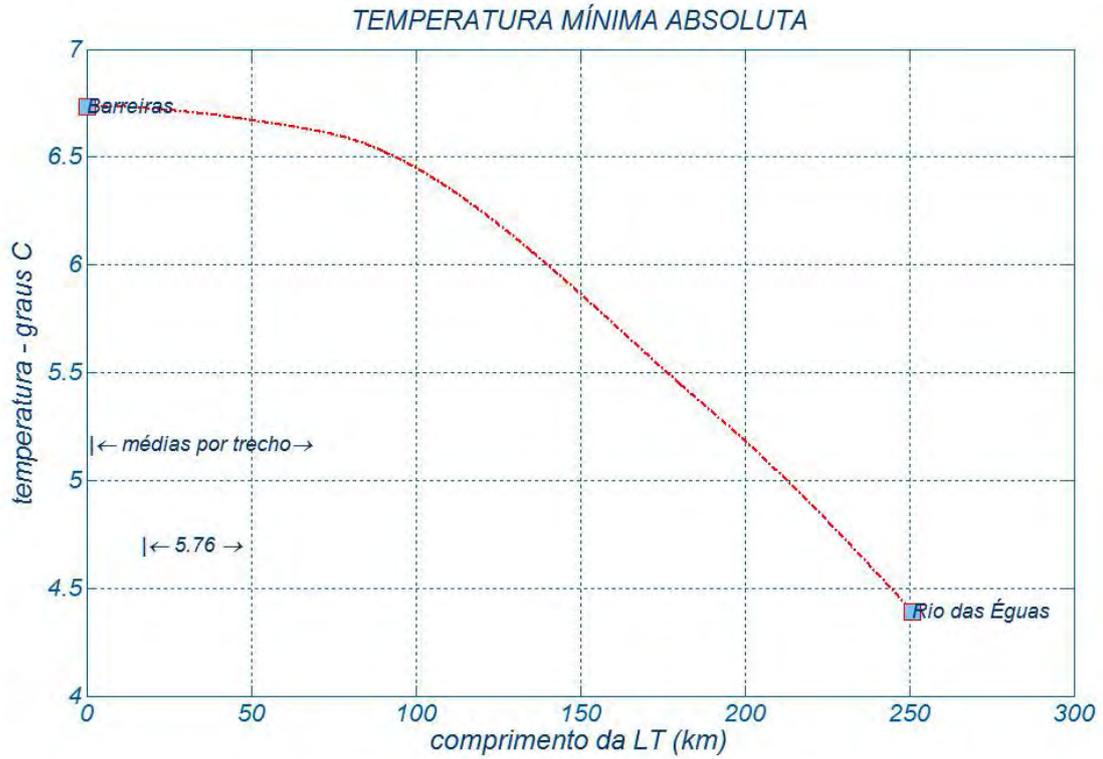
Anexo 4 Pressões atmosféricas

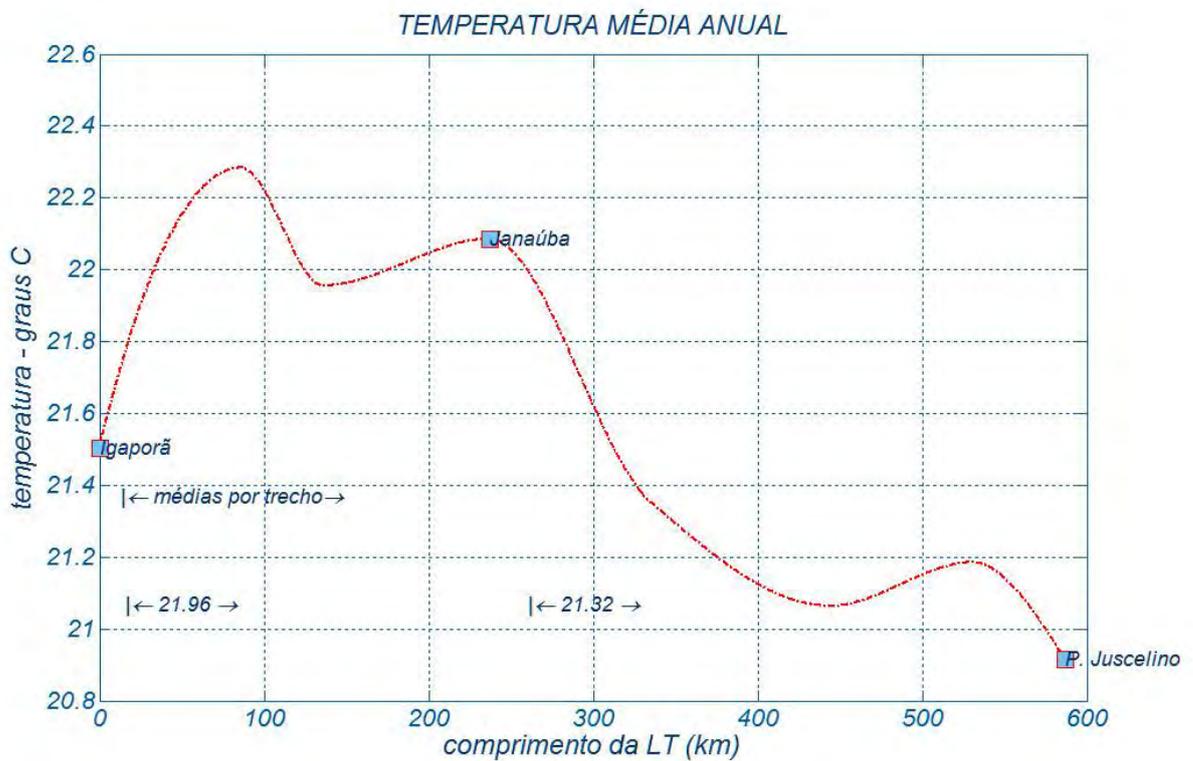
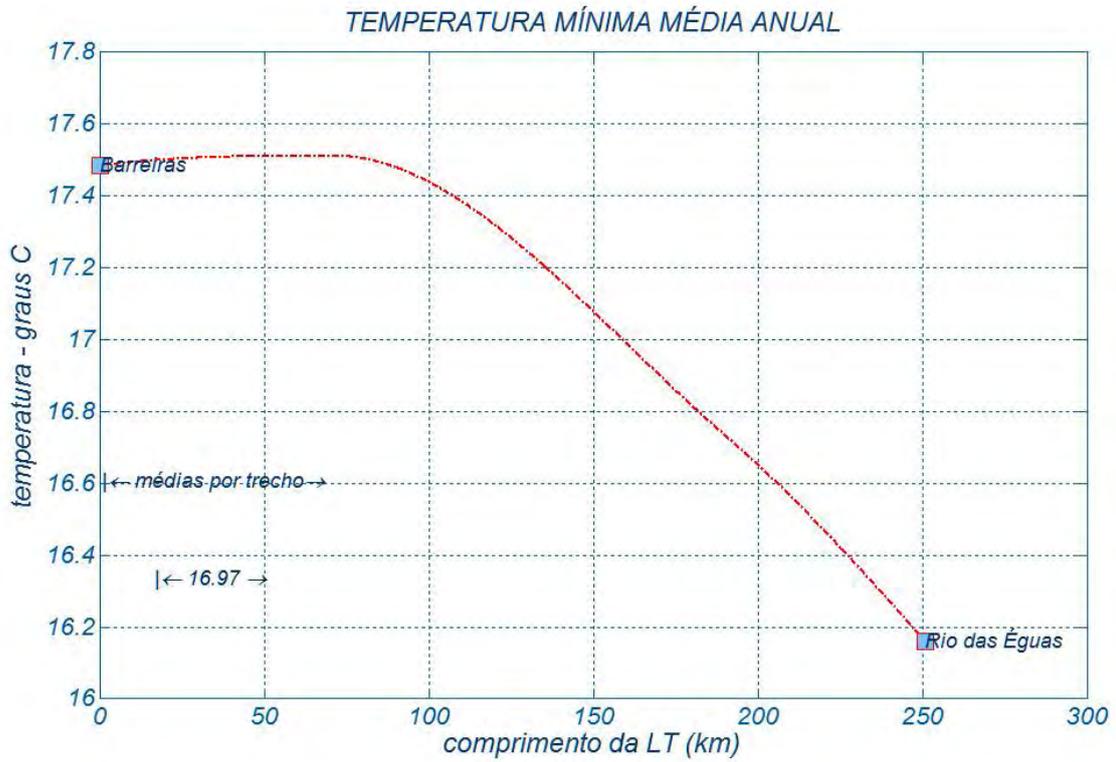


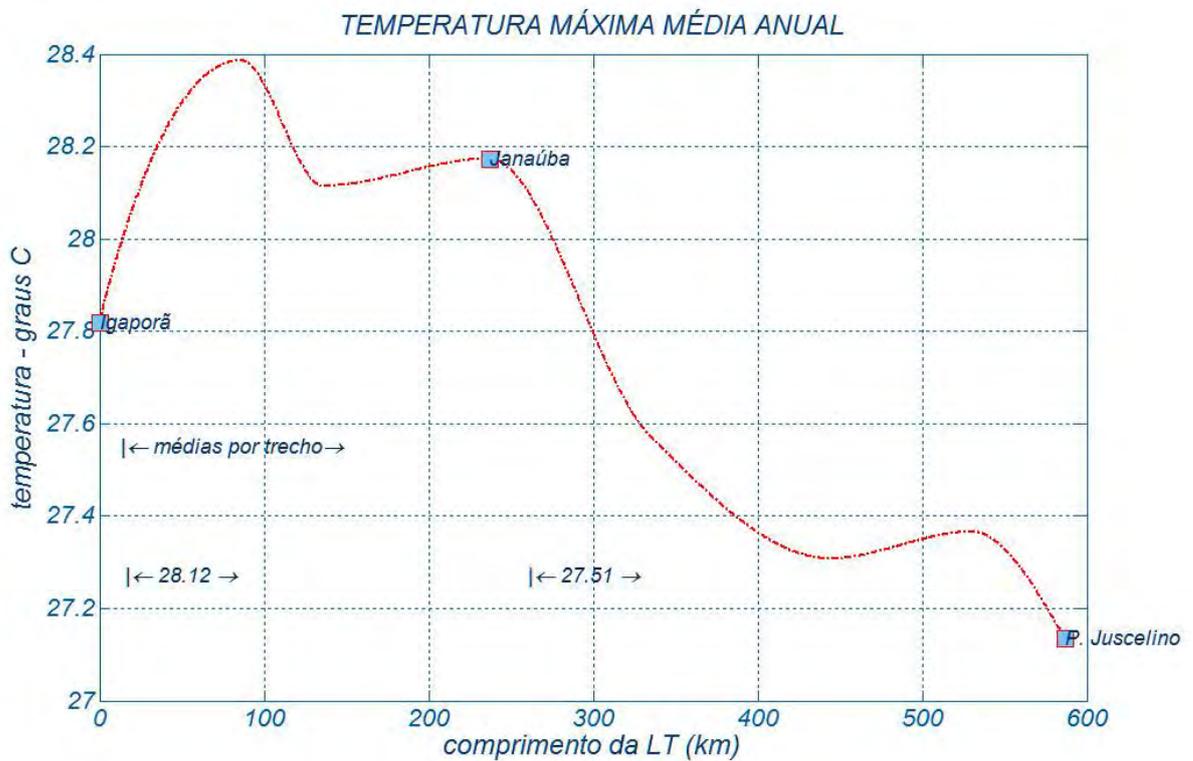
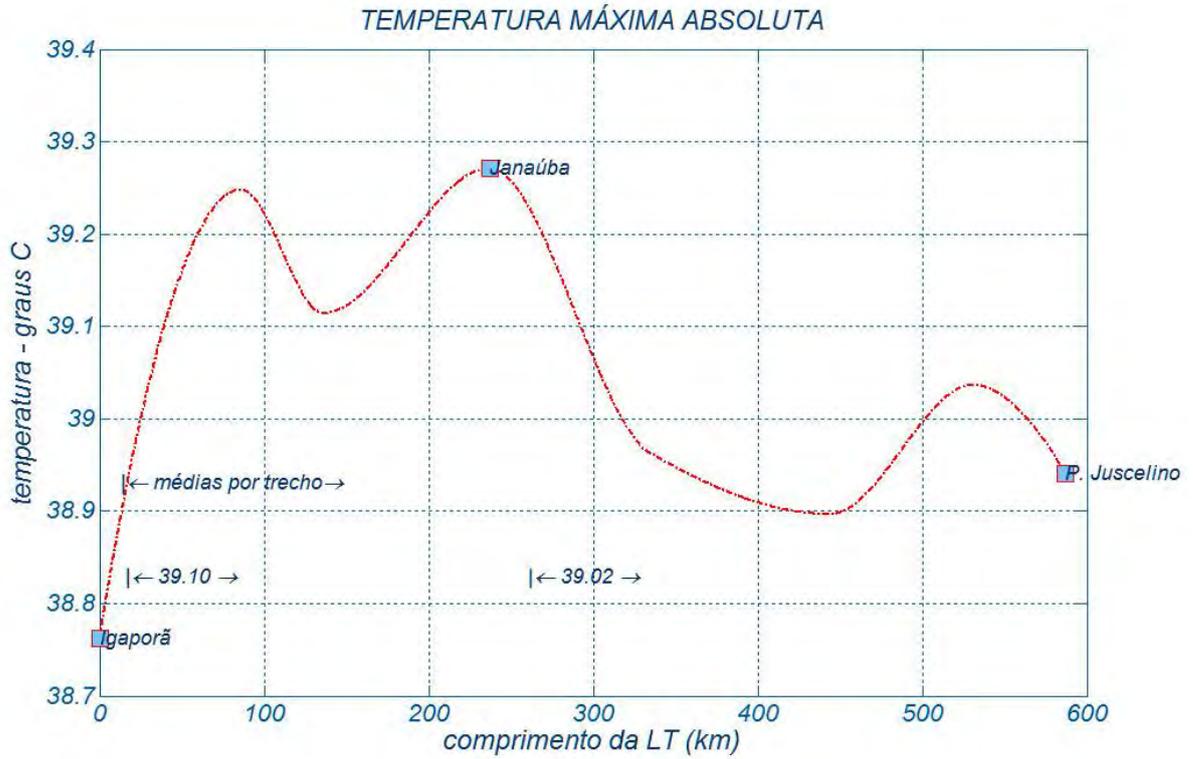
Anexo 5 Temperaturas ambientes



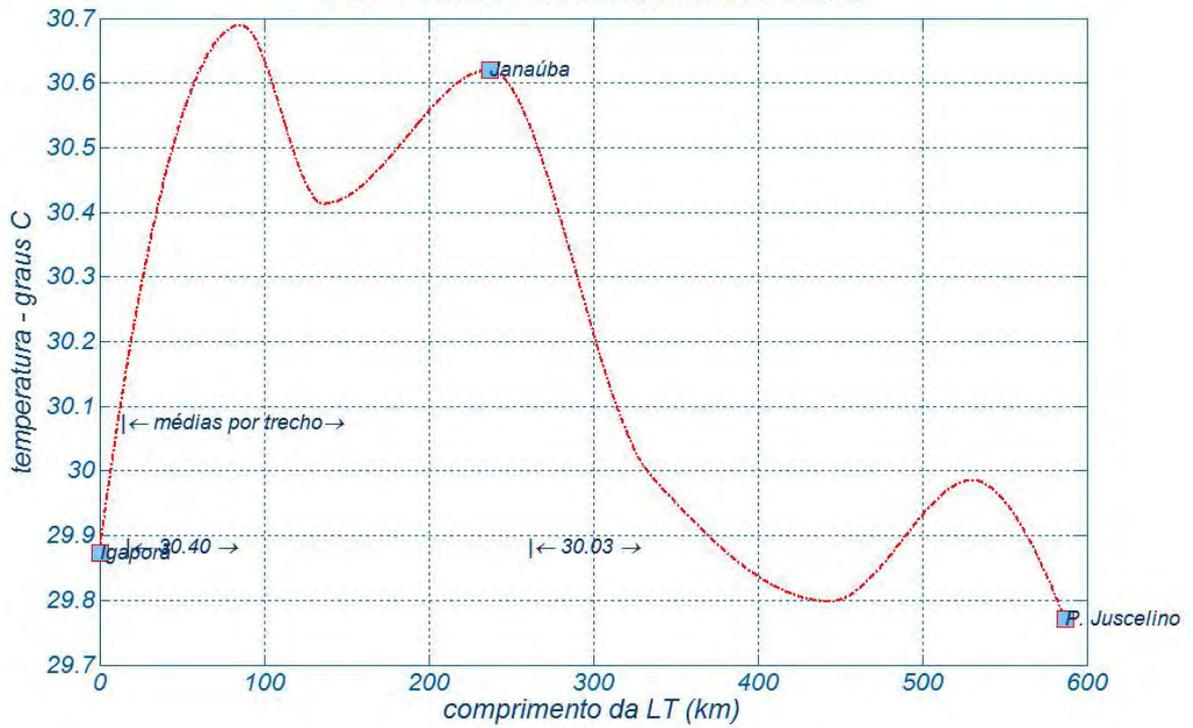




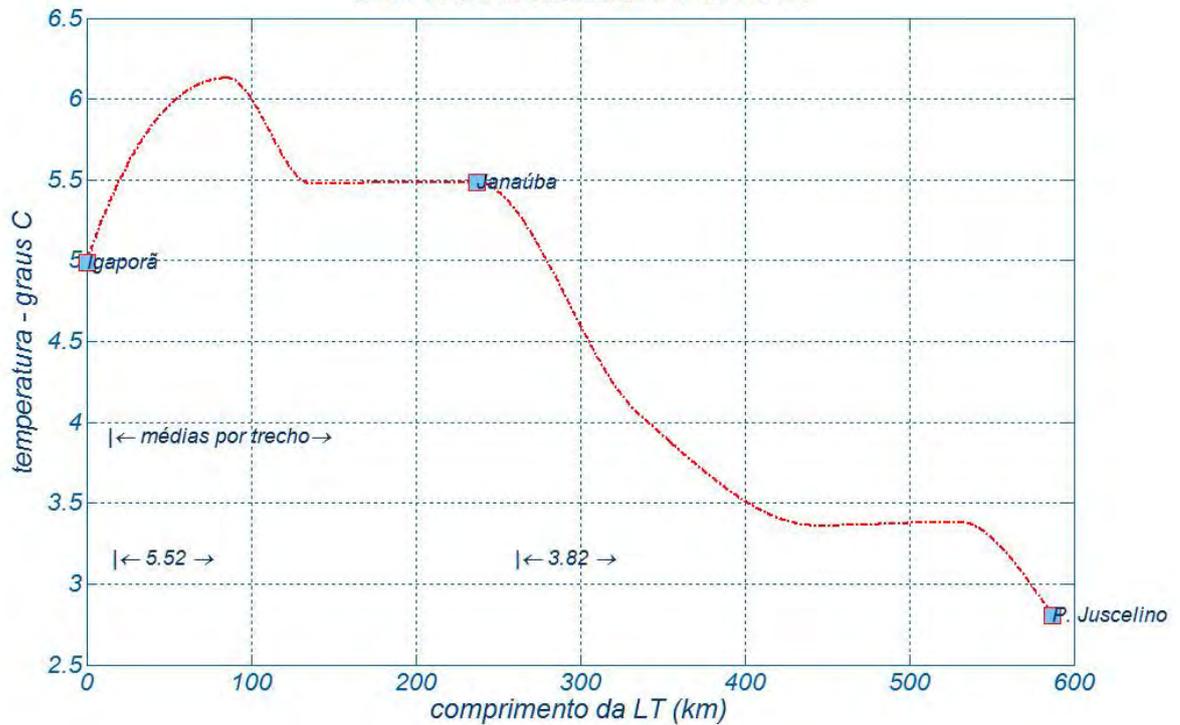




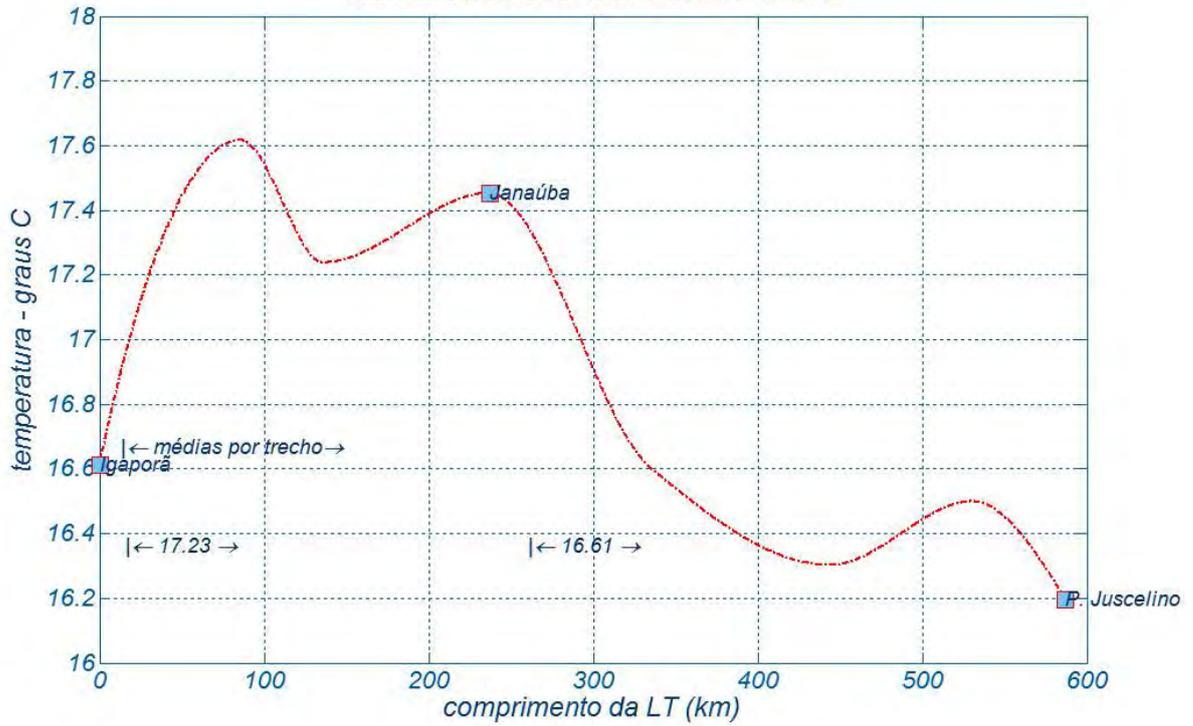
TEMPERATURA MÁXIMA MÉDIA DE VERÃO



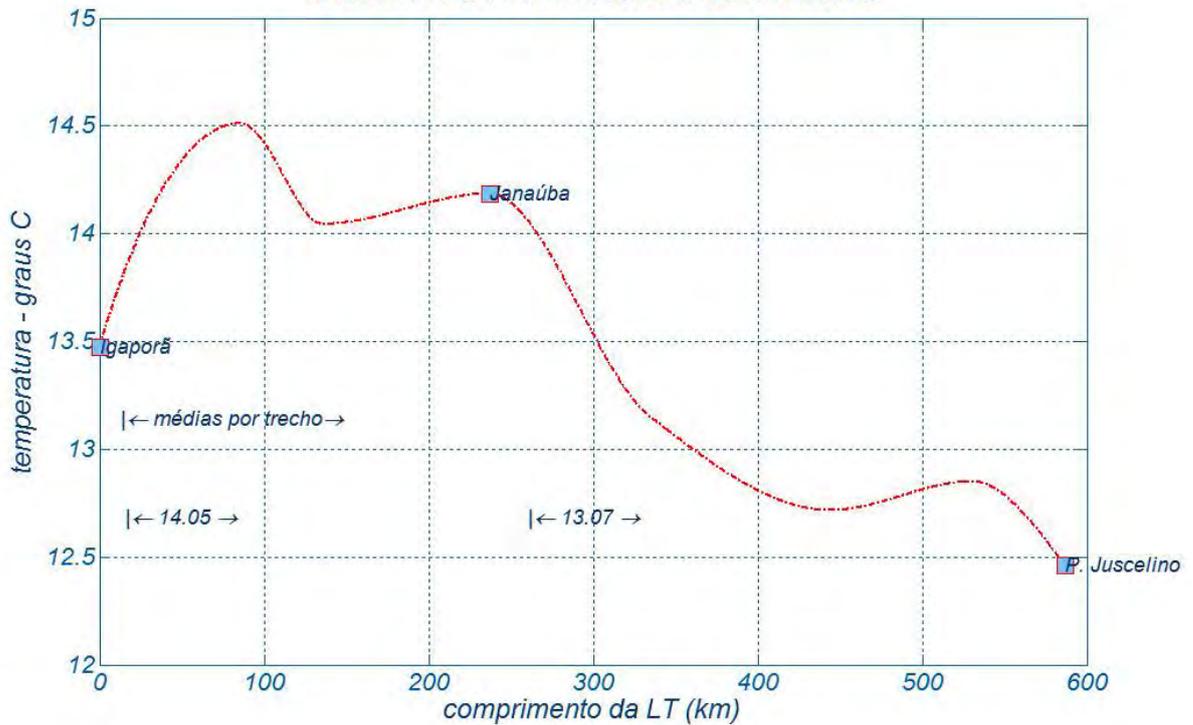
TEMPERATURA MÍNIMA ABSOLUTA



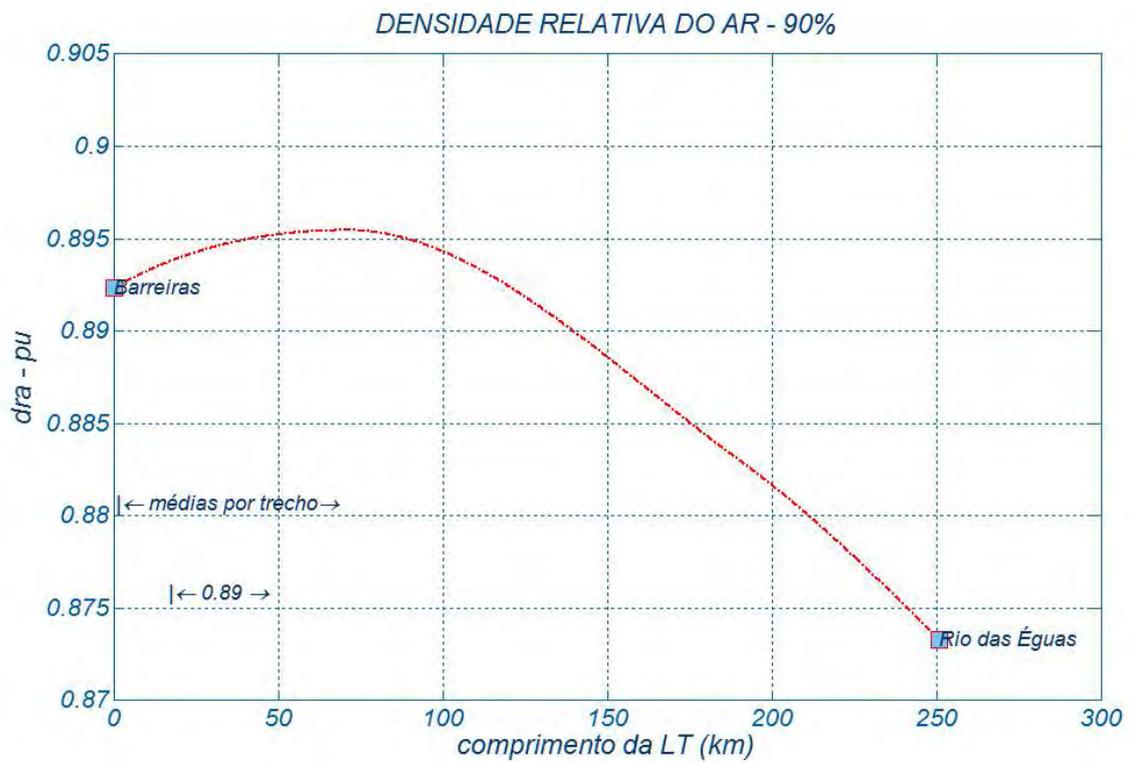
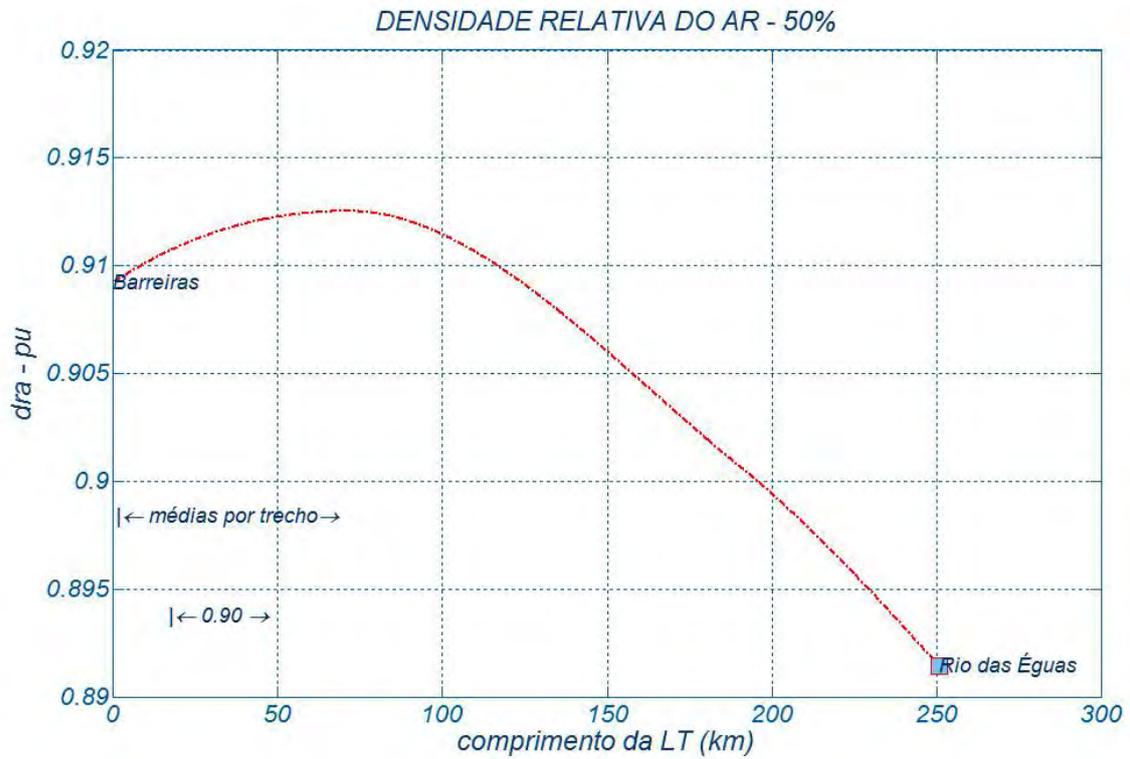
TEMPERATURA MÍNIMA MÉDIA ANUAL

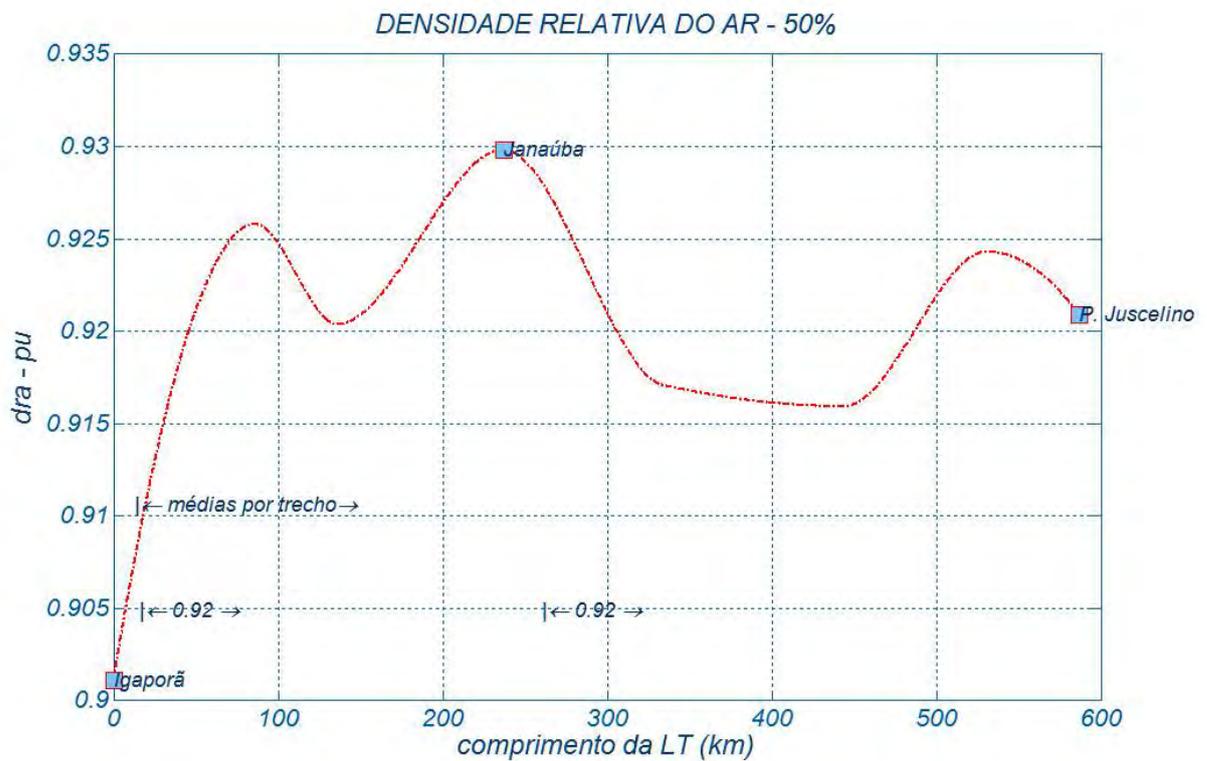
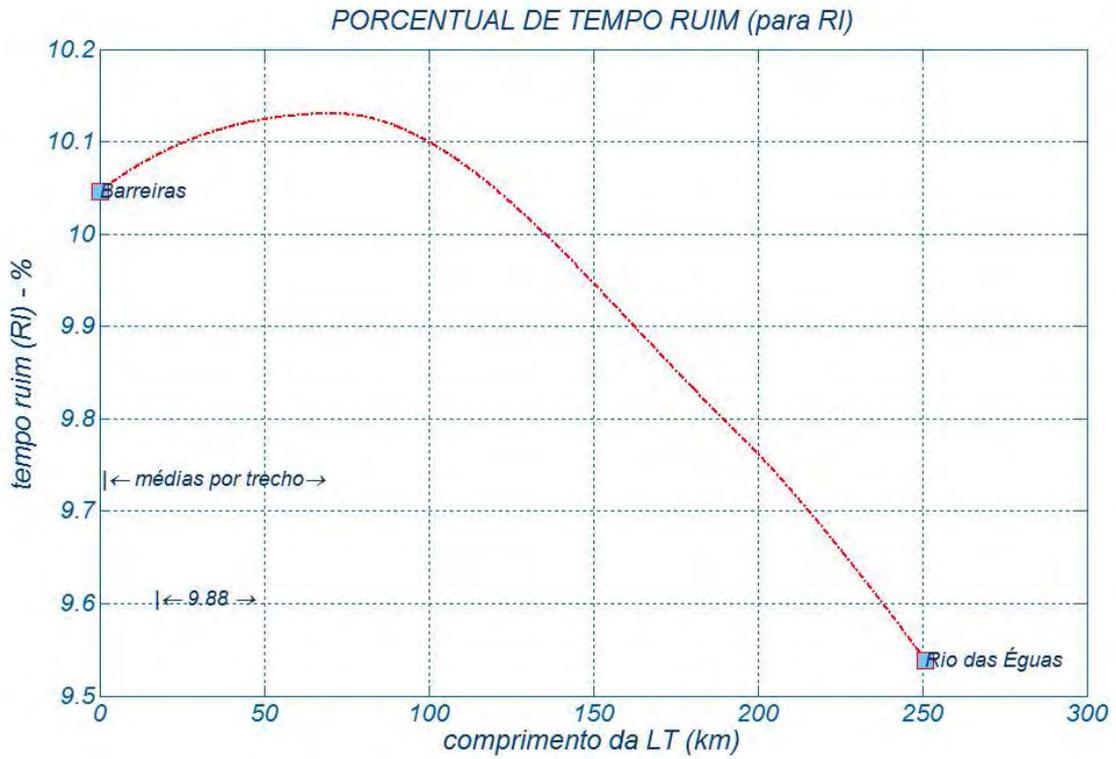


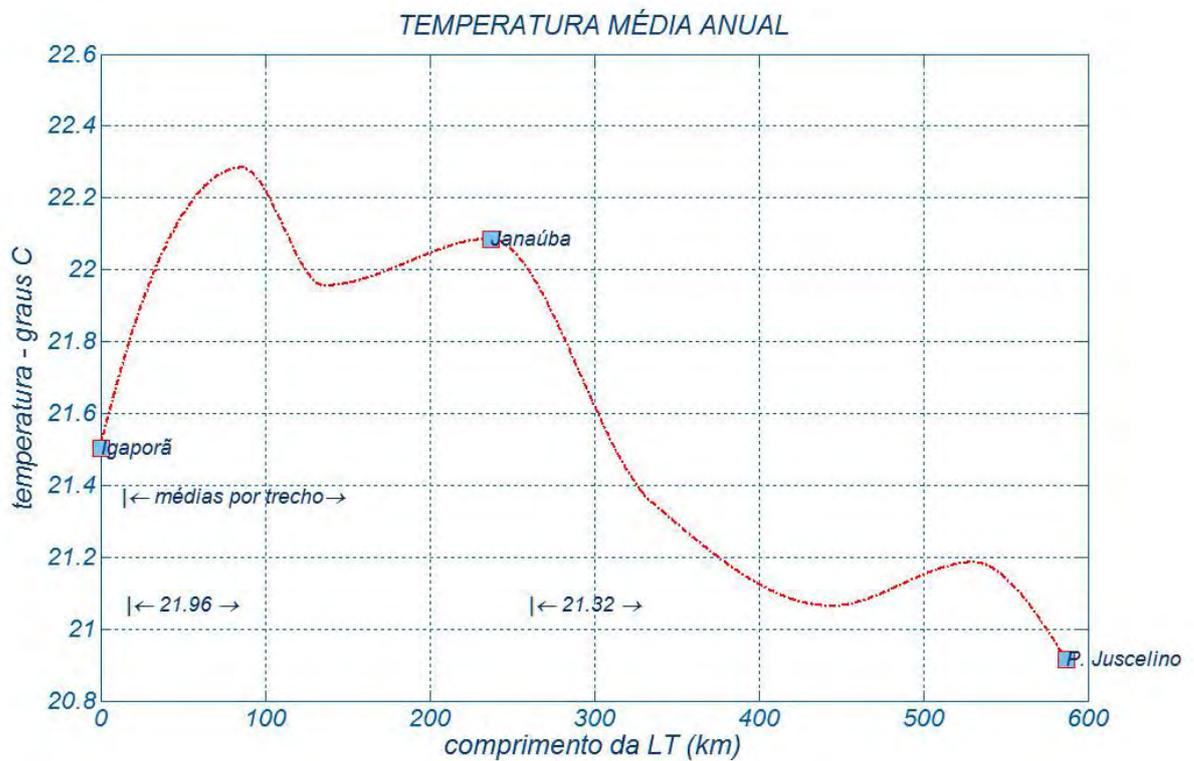
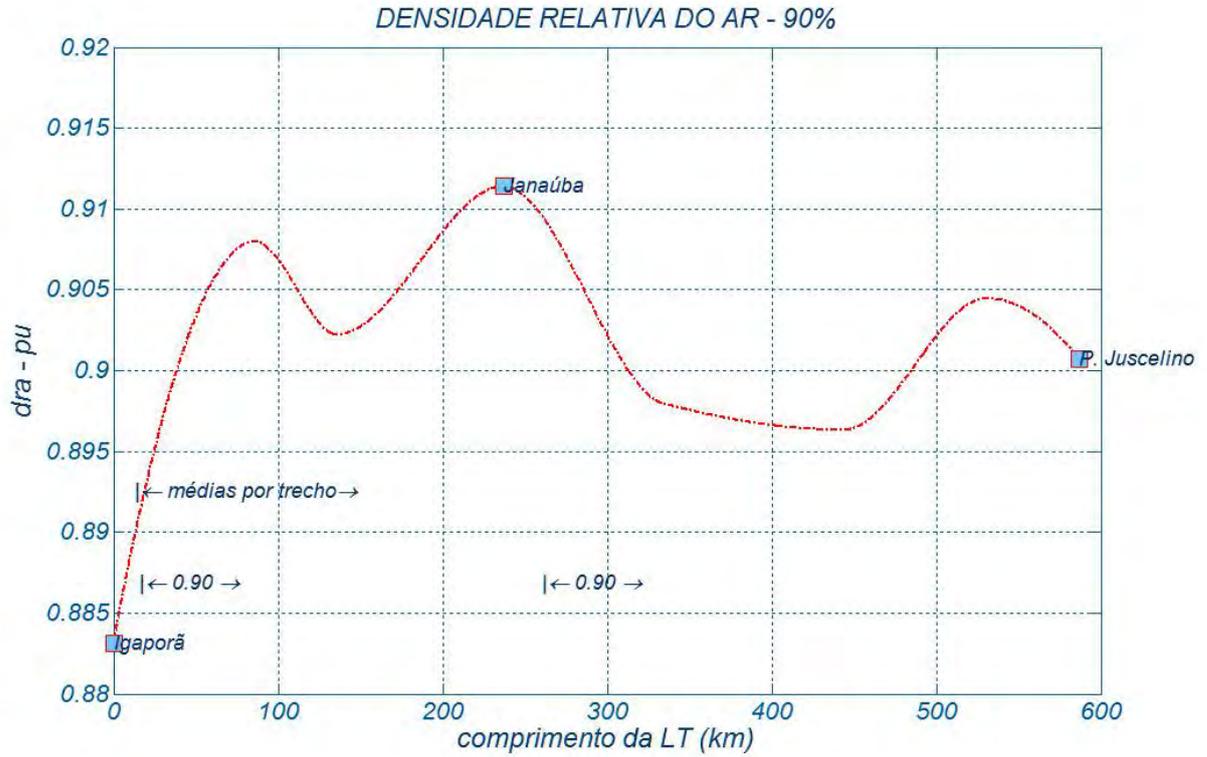
TEMPERATURA MÍNIMA MÉDIA DE INVERNO



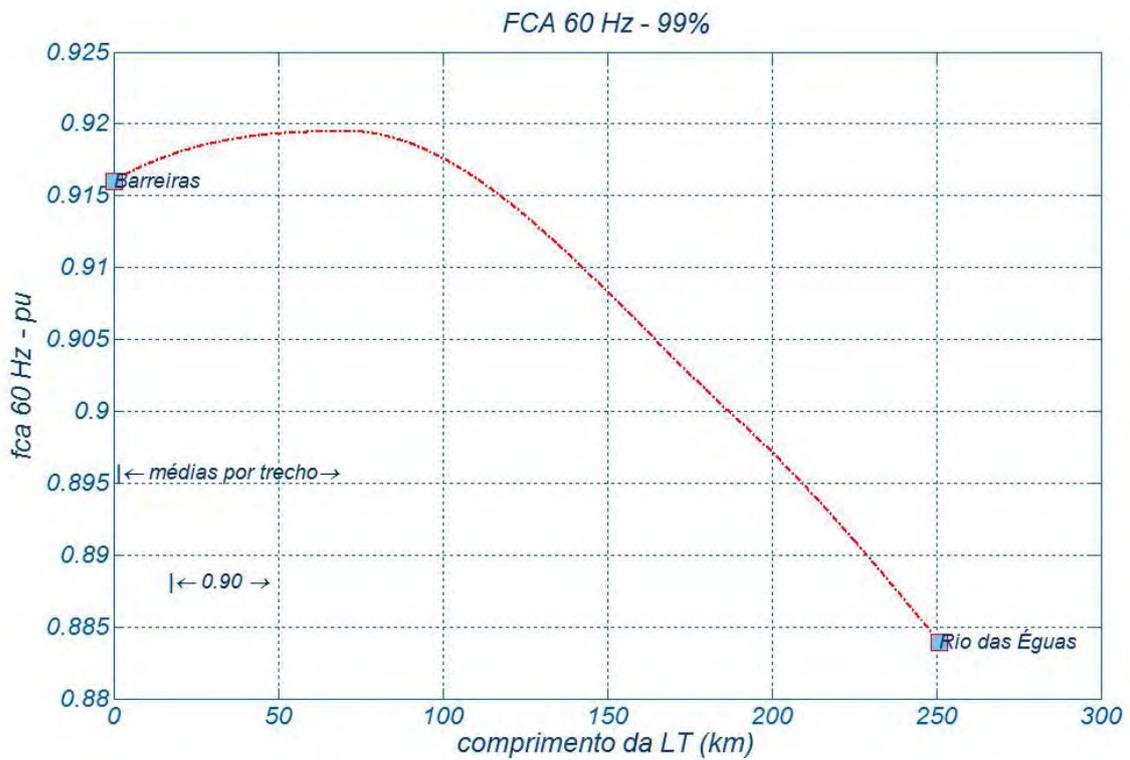
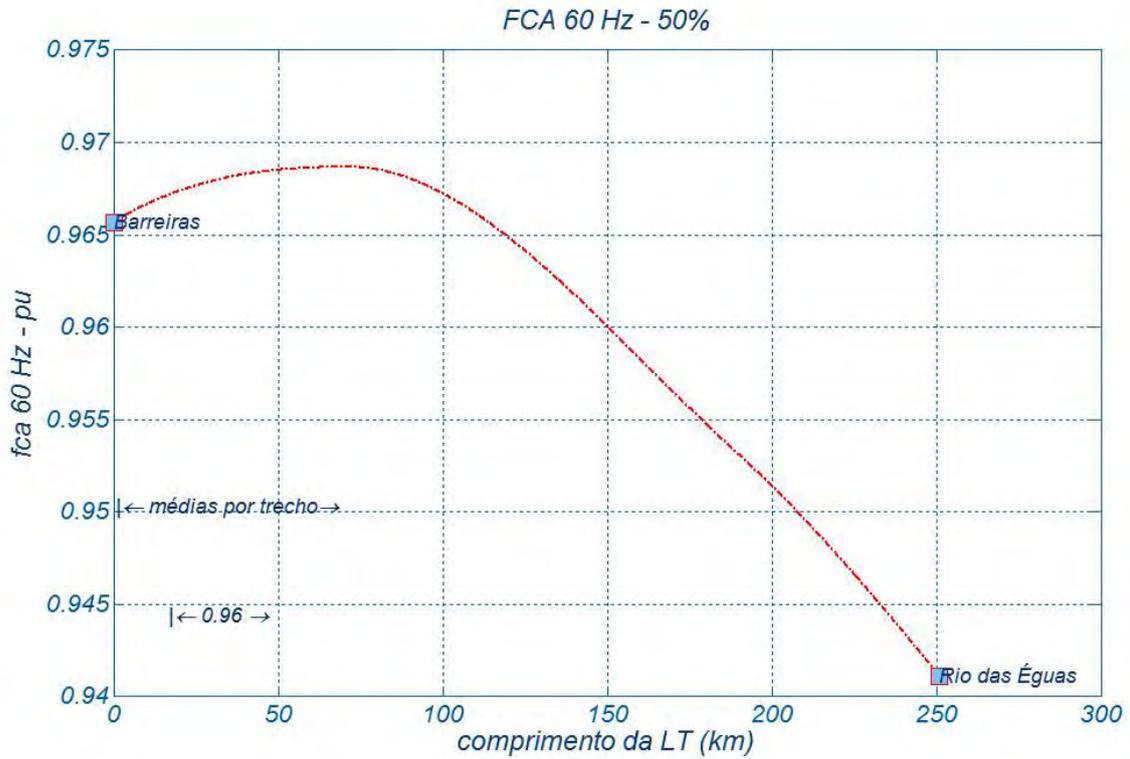
Anexo 6 DRAs e de “tempo - ruim”

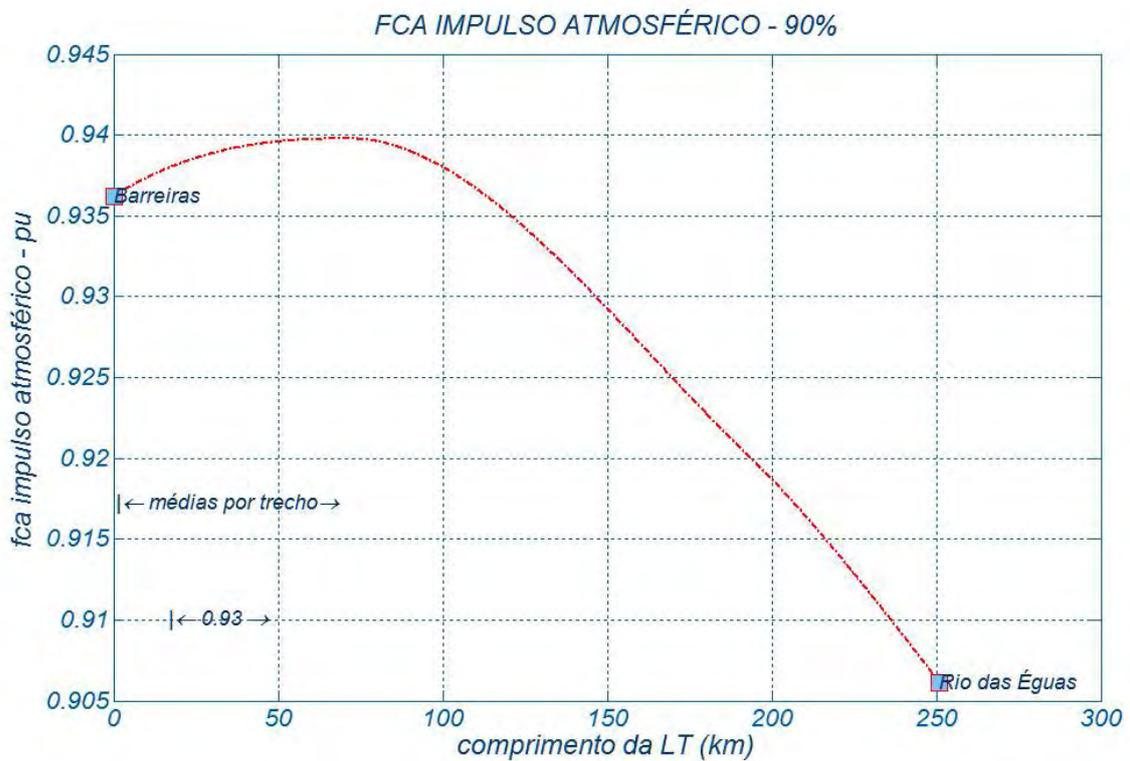
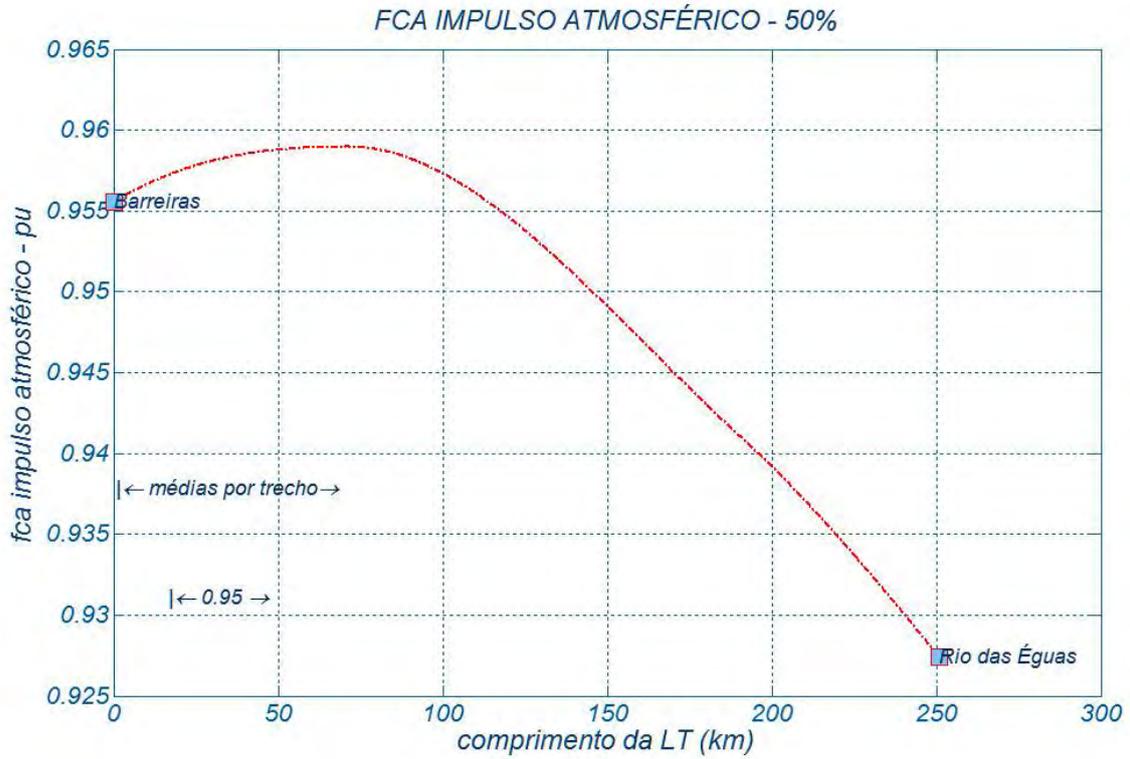


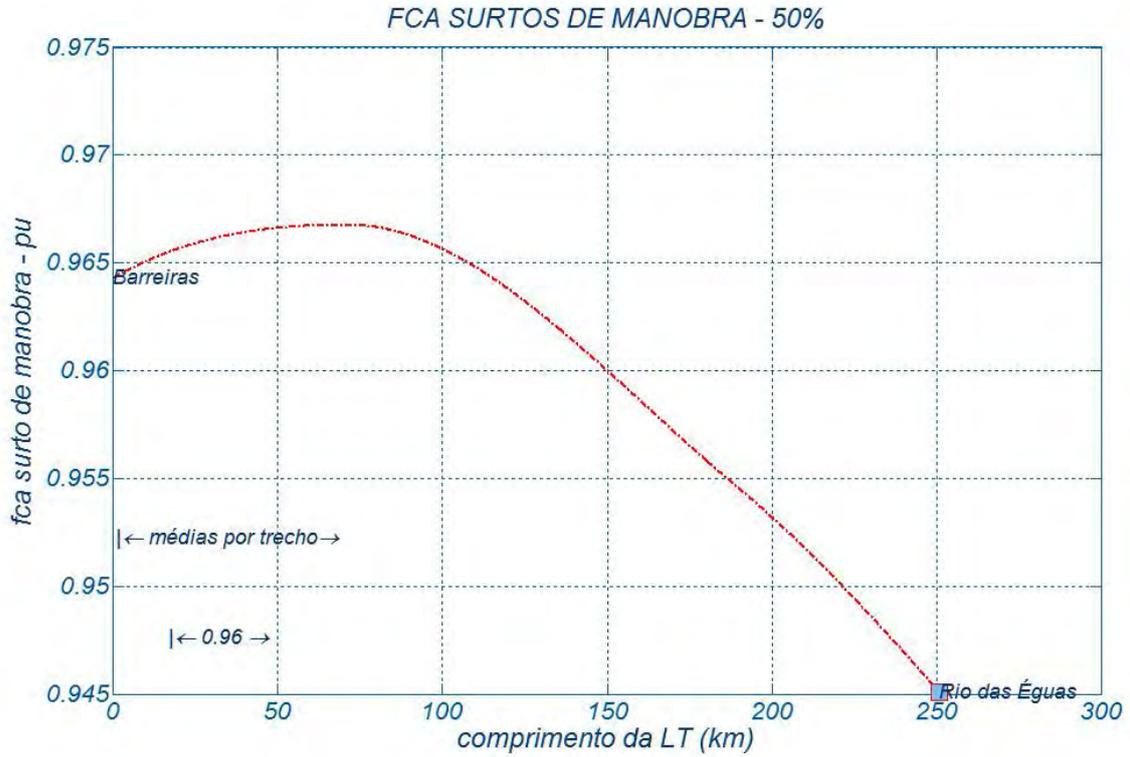


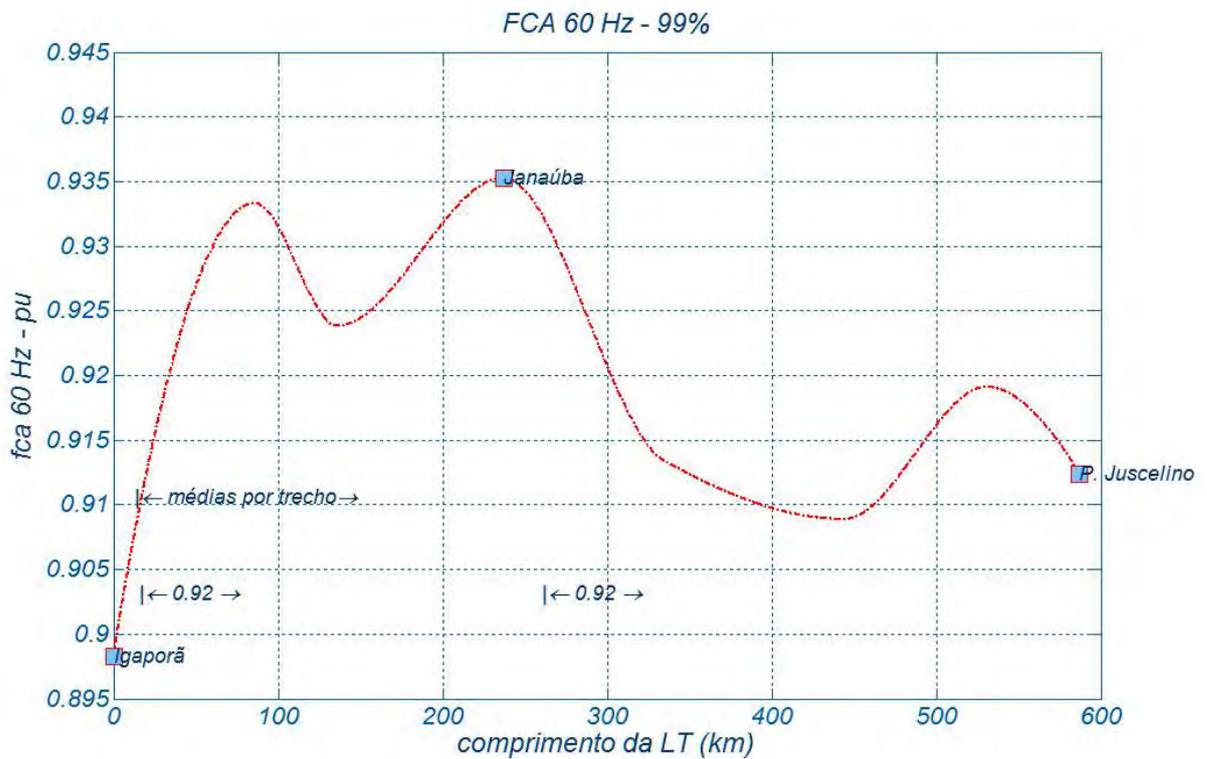
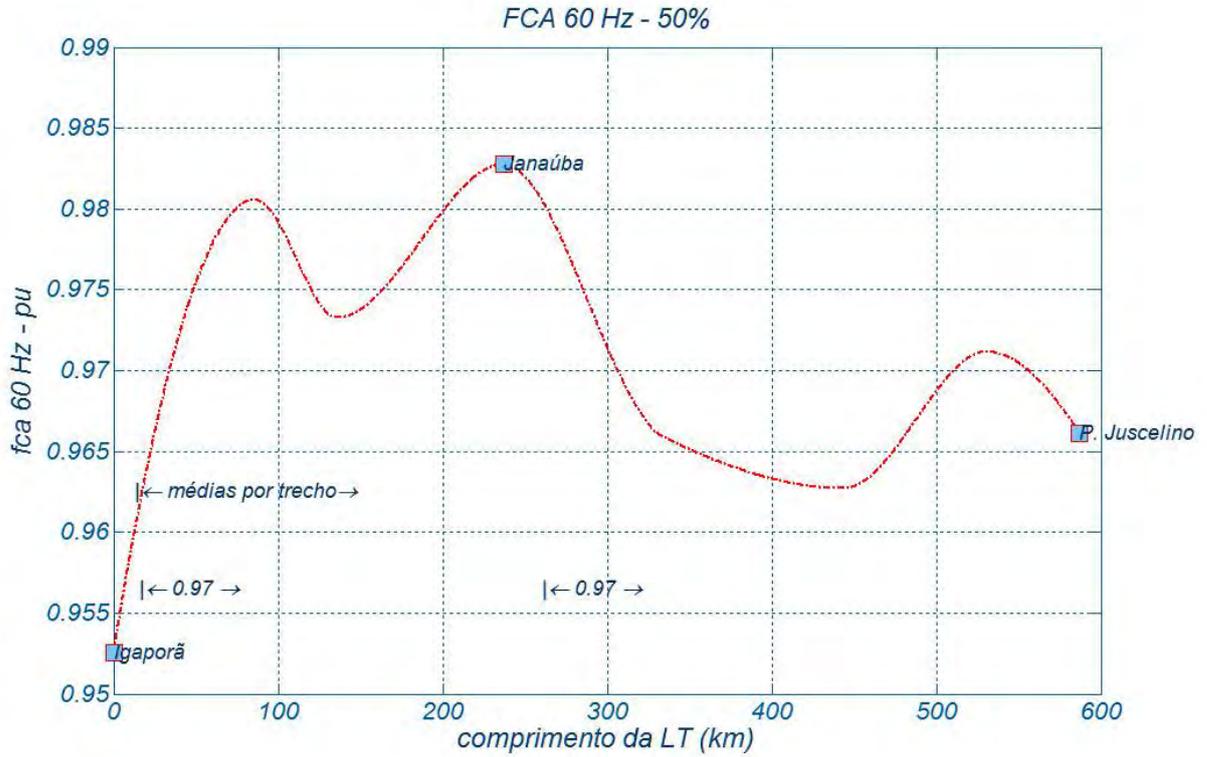


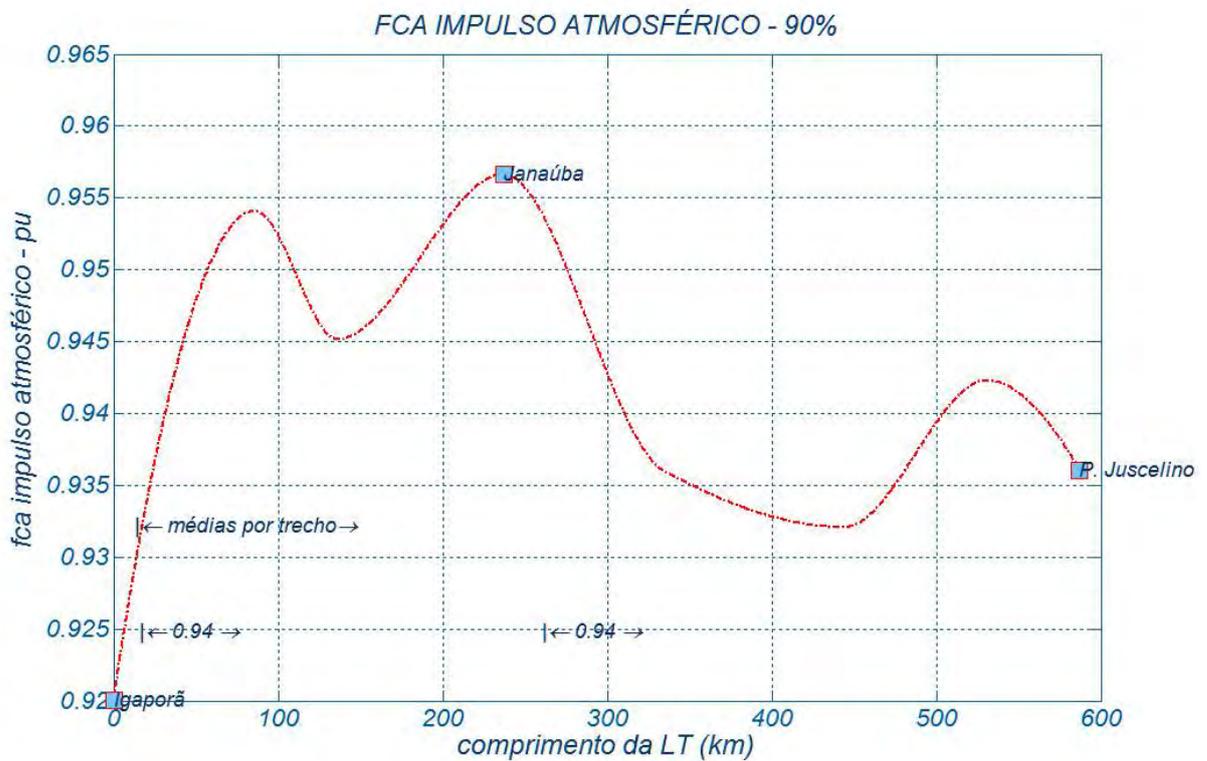
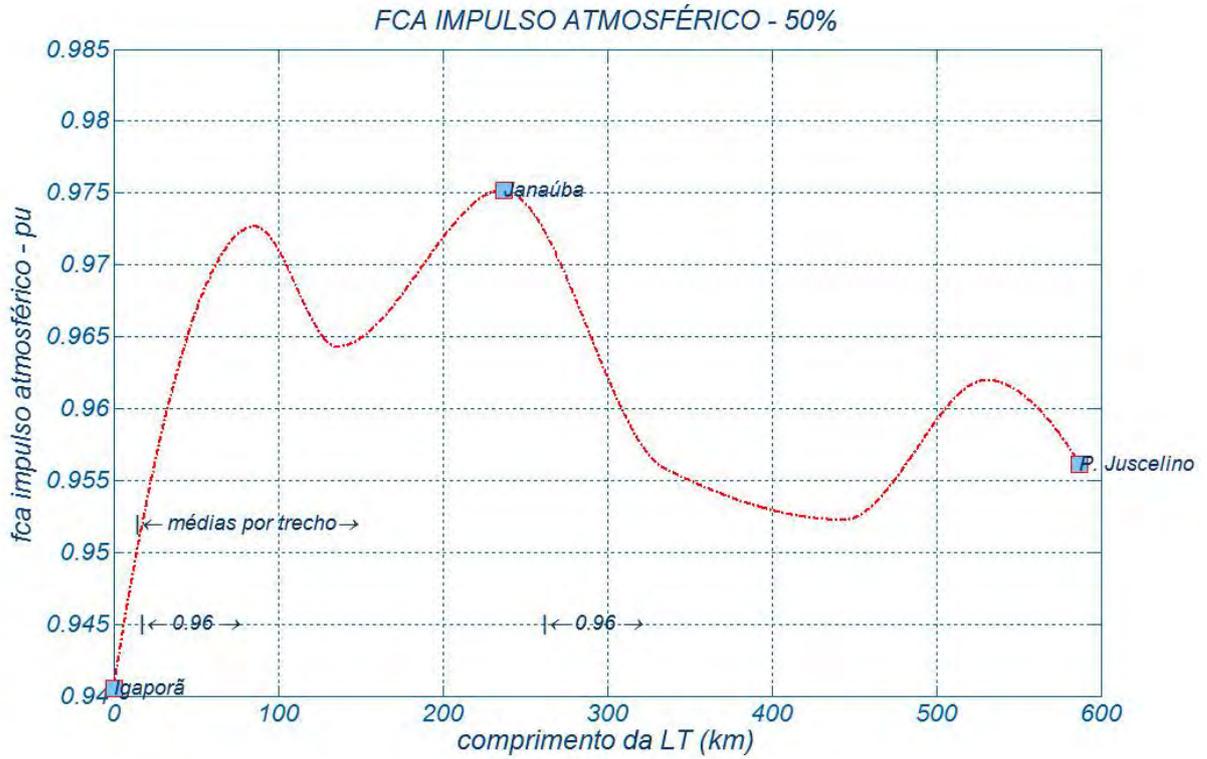
Anexo 7 Fatores de correção atmosféricos

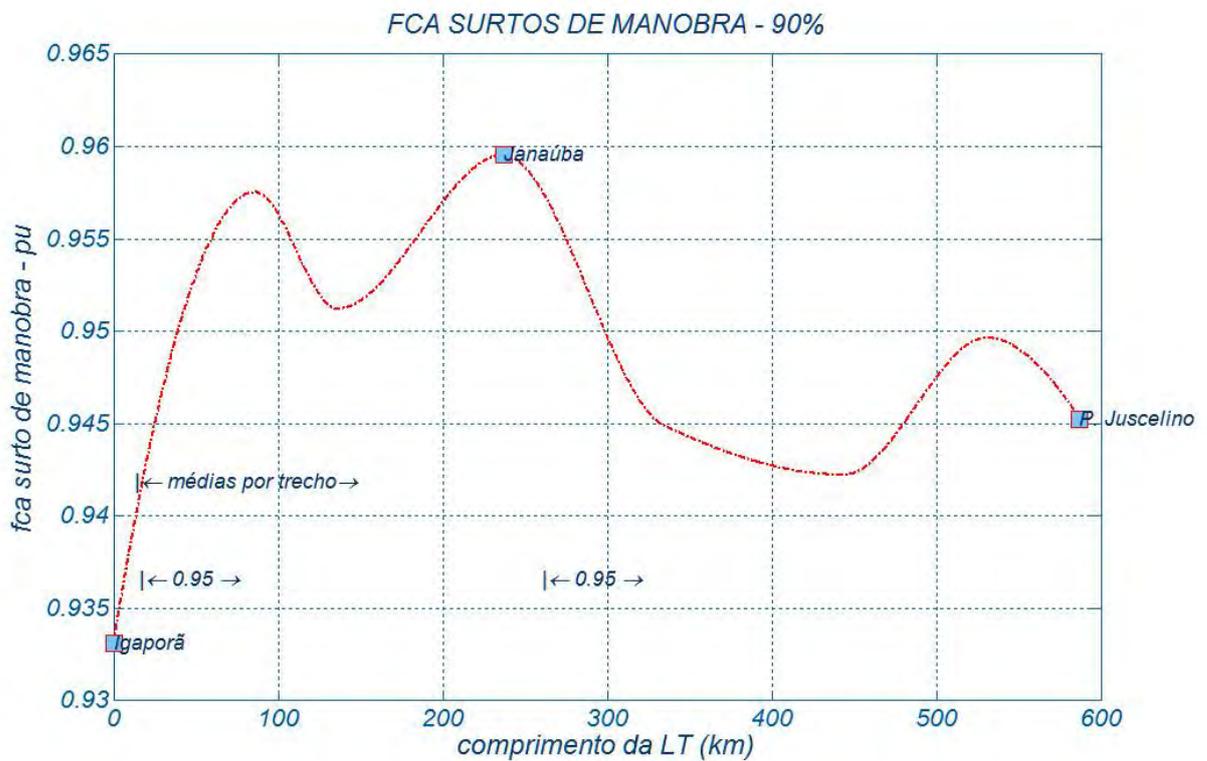
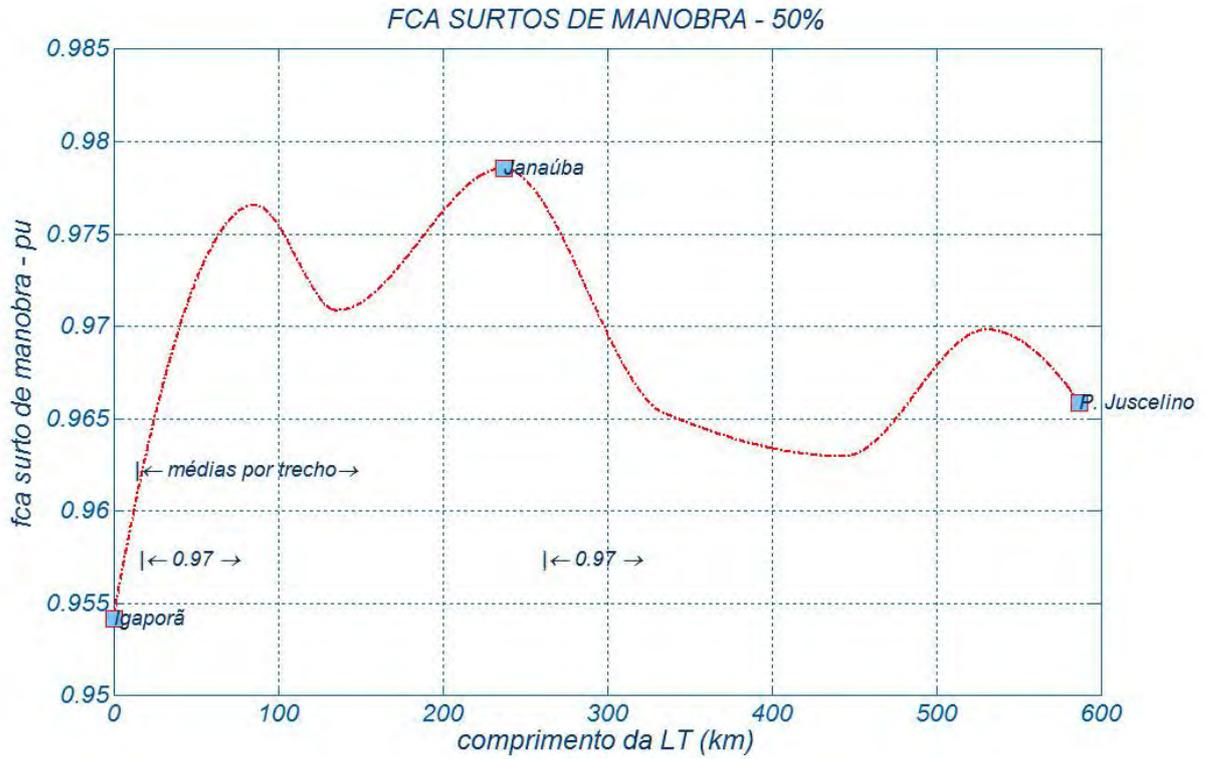




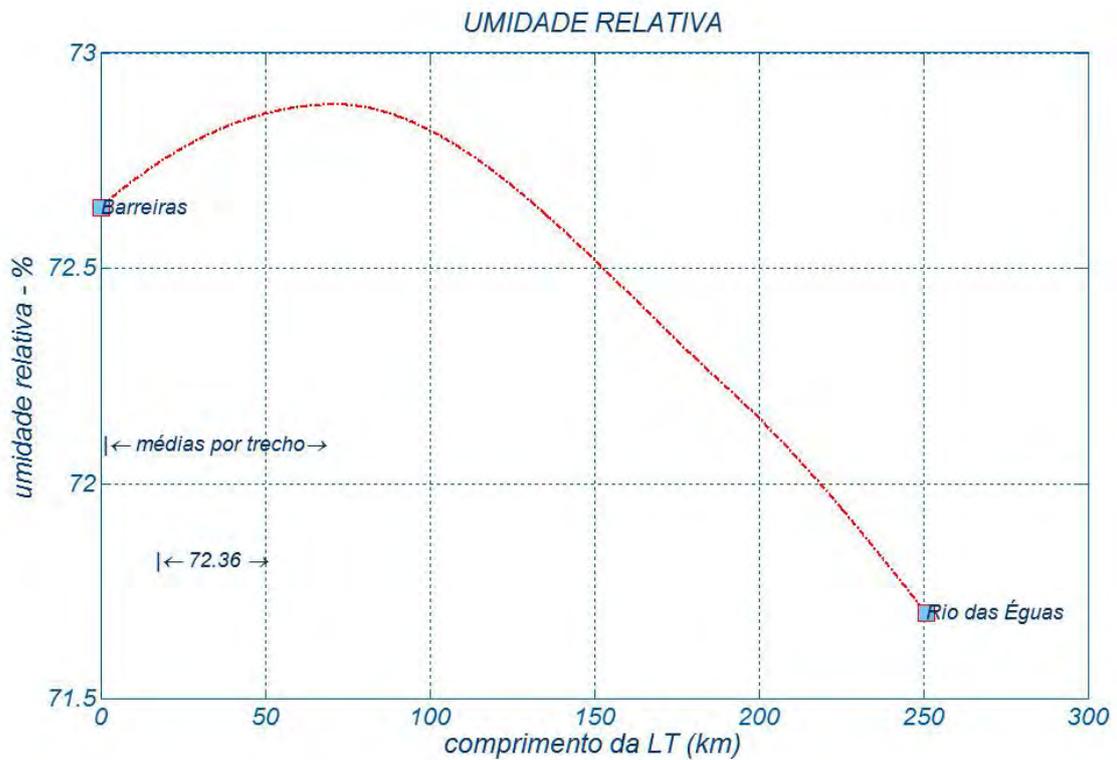
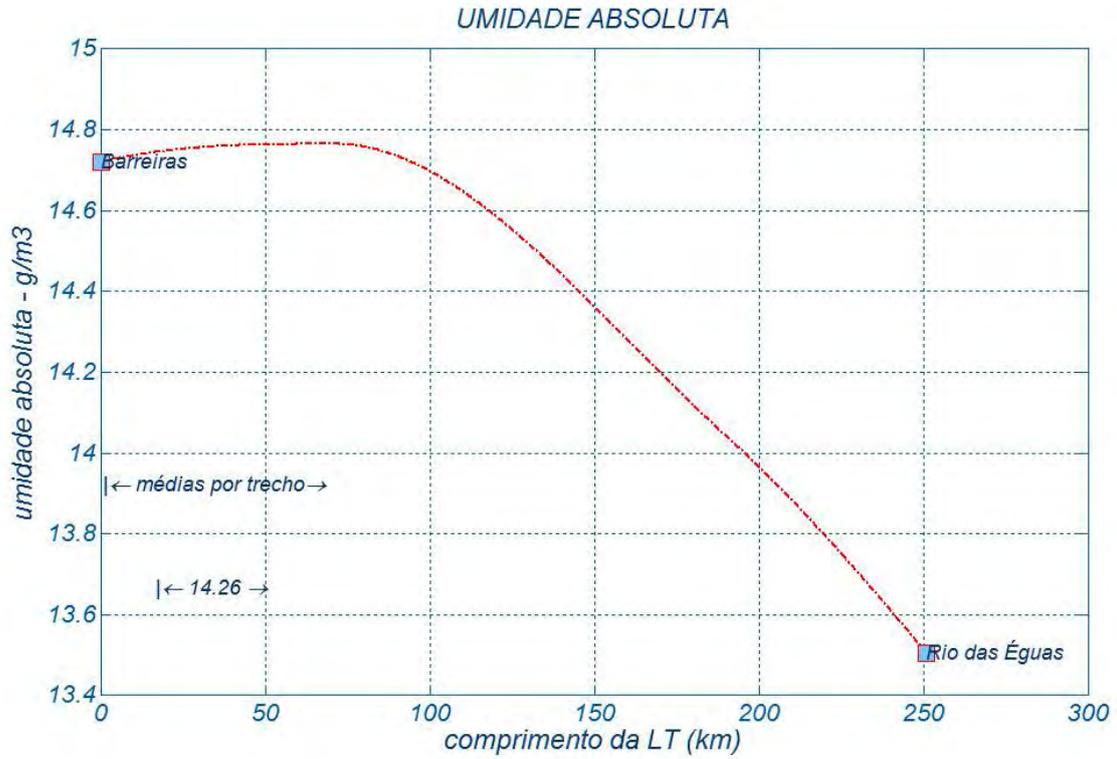


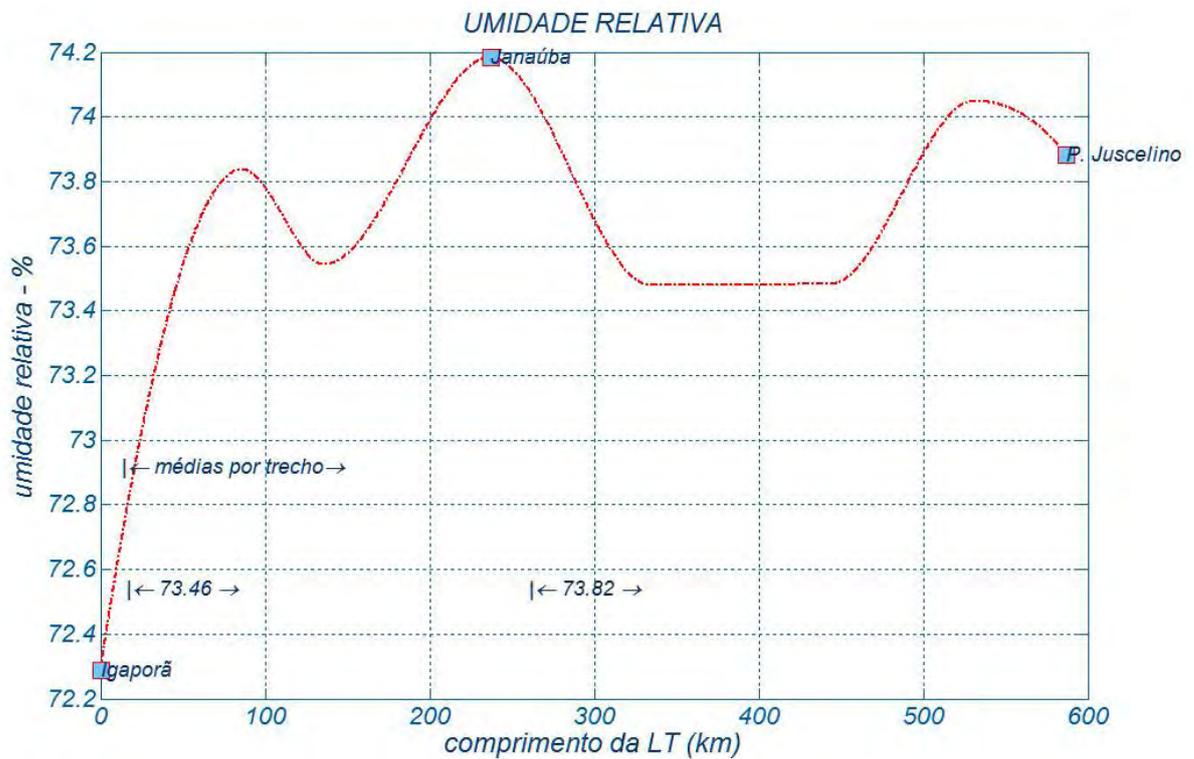
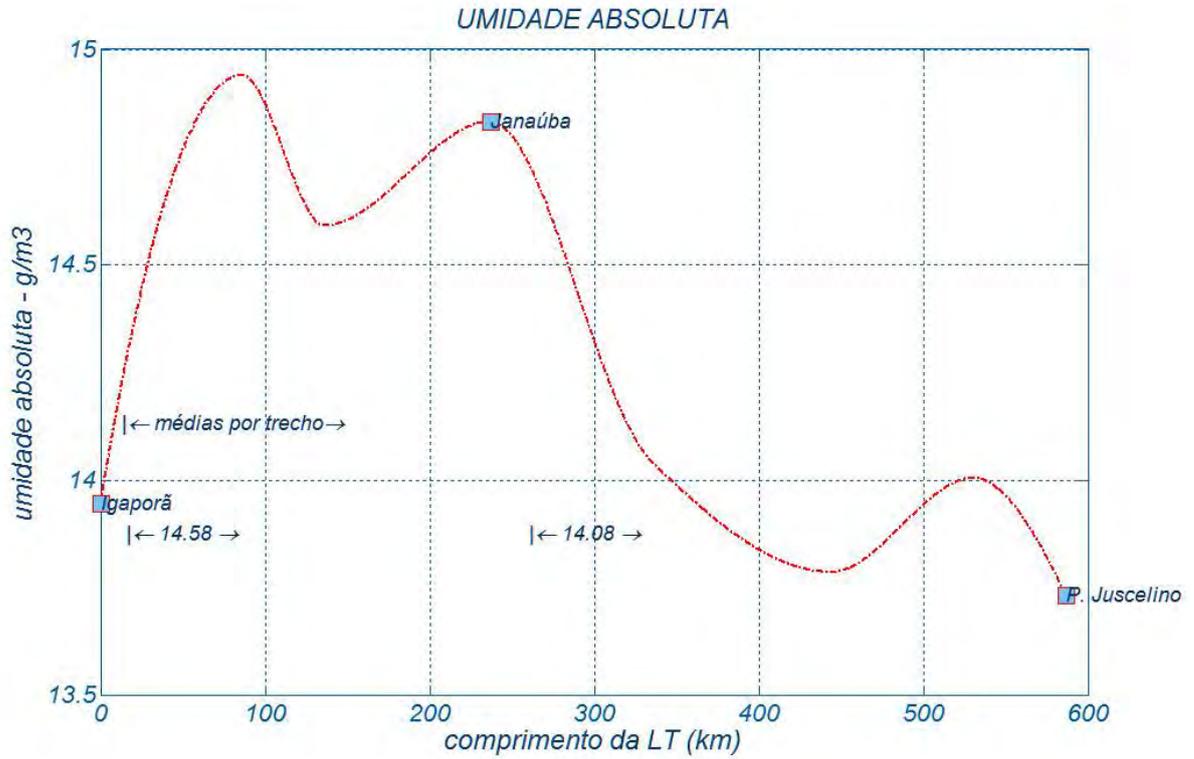


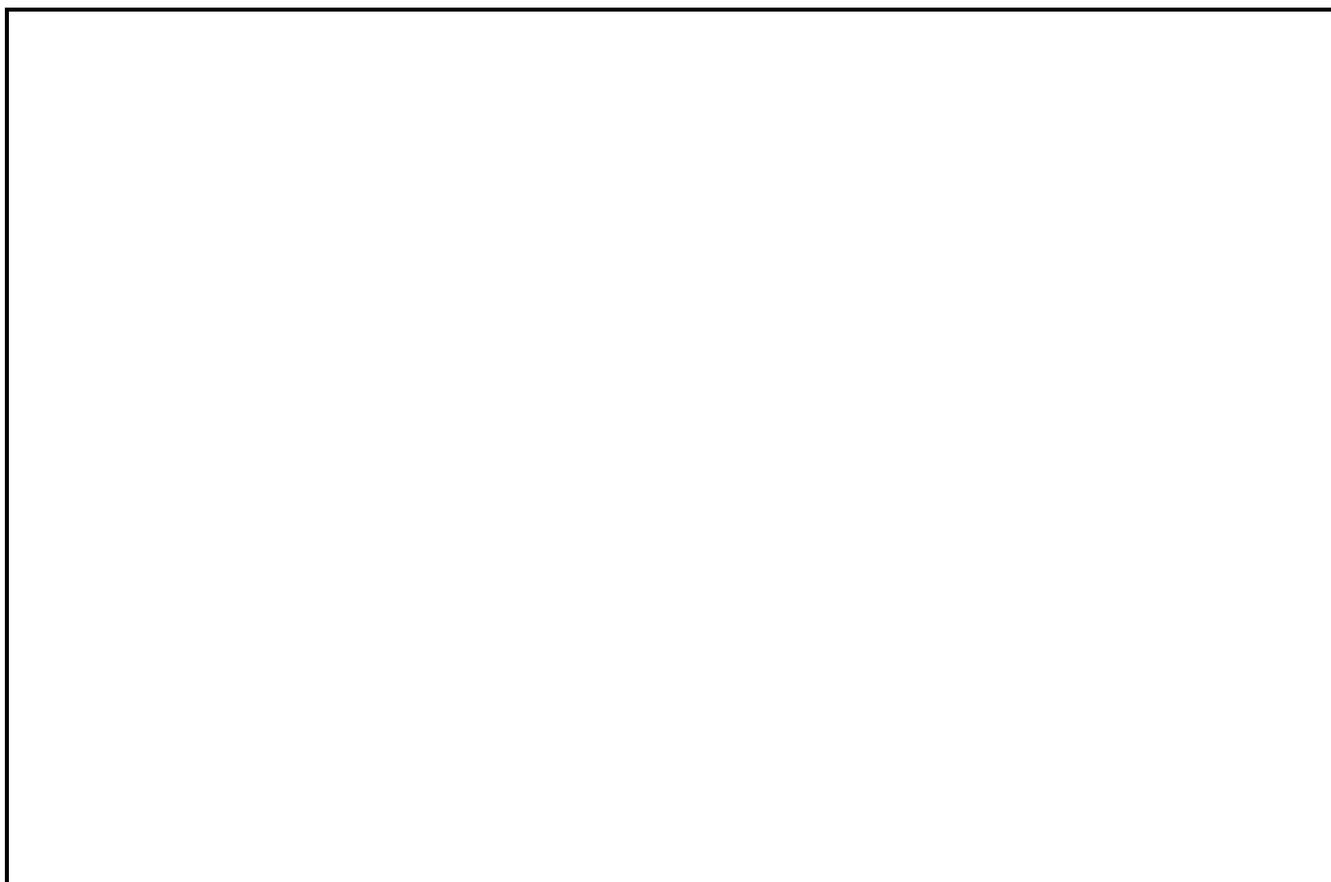




Anexo 8 Umidades do ar







Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
02	15/05/17	Alterado Logotipo da AG	AQ	JCS	
01	05/02/17	Revisado numeração do documento	AQ	JCS	
00	22/02/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	

ENGEPRO



equatorial
TRANSMISSÃO

EQUATORIAL TRANSMISSORA 5 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	22/02/17

TÍTULO

**LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
Lote 15 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO DADOS CLIMATOLÓGICOS**

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT5-L501-PB-ELM-0003-R02	1 de 57	02

ÍNDICE

1. OBJETIVO	3
2. RECOMENDAÇÕES.....	3
ANEXO 1 – RELATORIO DE PARAMETROS CLIMATOLOGICOS	4

1. OBJETIVO

- 1.1. Apresentar os dados climatológicos adotados no projeto da LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2, em circuito simples pertencentes ao Lote 15 do Leilão 0013/2015 – 2º parte.

2. RECOMENDAÇÕES

- 2.1. Conforme relatório apresentado no anexo 1, segue abaixo tabela com as principais recomendações para a Linha de transmissão em 500 kV.

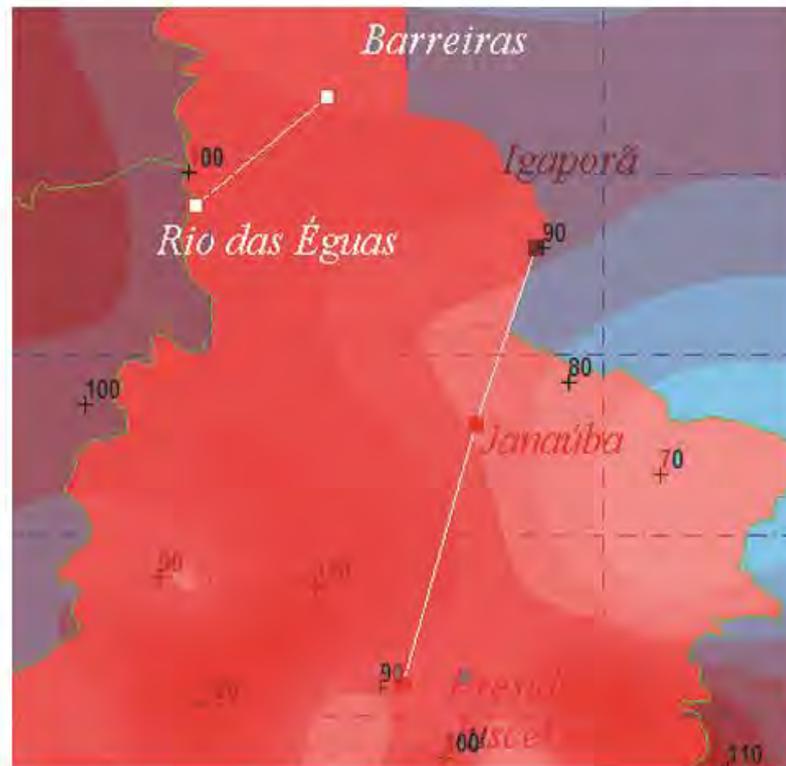
PARÂMETROS CLIMÁTICOS	IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2
altitude média - (m)	700
temp média – (°C)	22
temp mín 50 anual – (°C)	17
temp mín 50 inverno – (°C)	14
temp mín absoluta – (°C)	5
temp máx 50 anual – (°C)	28
temp máx 50 verão – (°C)	30
temp máx abs – (°C)	39
pressão média – (mbar)	940
DRA 50% – (pu)	0.91
DRA 90% – (pu)	0.89
DRA médio 90% – (pu)	0.90
FCA _{60 Hz} 50% – (pu)	0.96
FCA _{60 Hz} 99% – (pu)	0.91
FCA _{man} 50% – (pu)	0.96
FCA _{man} 90% – (pu)	0.94
FCA _{atm} 50% – (pu)	0.95
FCA _{atm} 90% – (pu)	0.93
umi rel (U _{rel}) – (%)	73
umi abs (U _{abs}) - (g/m ³)	15
tempo ruim - (%)	10
Nível Ceraunico (mapa ONS)	50

ANEXO 1 – RELATORIO DE ELEMENTOS CLIMATOLOGICOS

Relatório Técnico para ENGEPRO Engenharia

*Elementos Ambientais para as LTs
dos Lotes 8, 14, 15 e 16, Leilão 013/2015*

BATAVIA
Engenharia



Preparado por Amauri A Menezes em 02/2017

Este Relatório Técnico apresenta o memorial descritivo para a determinação dos elementos climáticos relevantes na implantação das LTs acima citadas. A reprodução parcial ou total deste documento só deve ser feita com a permissão da ENGEPRO Engenharia

1	Objetivo -----	3
2	Conceituação Preliminar -----	4
3	Dados termométricos -----	5
4	Densidade Relativa do Ar e Fatores de Correção Atmosféricos -----	6
4.1	Valor médio da DRA e dos FCAs -----	6
4.2	Os desvios padrão da DRA e dos FCAs -----	9
5	Representação gráfica e mapeamento das variáveis -----	11
5.1	Densidades relativas do ar e nível de tempo - ruim -----	13
5.2	Fatores de Correção Atmosféricos -----	13
5.3	Umidades absolutas -----	14
5.3.1	Cálculo dos pontos de orvalho e de gelo -----	14
5.3.2	Cálculo das pressões de vapor -----	15
5.3.3	Cálculo das umidades absolutas -----	15
5.4	Densidades de descargas atmosféricas e níveis ceráunicos -----	15
6	Conclusões e recomendações -----	16
7	Comentários finais -----	18
8	Referências -----	18
Anexo 1	Dados para determinação espacial da DRA e dos FCAs -----	19
Anexo 2	Características das estações do INMET -----	30
Anexo 3	Altitudes -----	34
Anexo 4	Pressões atmosféricas -----	35
Anexo 5	Temperaturas ambientes -----	36
Anexo 6	DRAs e de “tempo - ruim” -----	43
Anexo 7	Fatores de correção atmosféricos -----	46
Anexo 8	Umidades do ar -----	52

1 Objetivo

Este relatório objetiva quantificar as variabilidades espacial e temporal de fenômenos meteorológicos que tenham interferências com as LTs dos Lotes 8, 14, 15 e 16, descritas a seguir.

LT 500kV Rio das Éguas - Barreiras II - C2
 LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1
 LT 500kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1
 LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
 LT 500kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

As variáveis aqui objetivadas são:

Tabela 1 - Parâmetros do estudo

<i>Variáveis Ambientais</i>	<i>nomenclatura & unidades</i>
<i>altitude média</i>	<i>alt - metros</i>
<i>temperatura média</i>	<i>t_{med} - °C</i>
<i>temperatura mínima média anual</i>	<i>t_{min anual} - °C</i>
<i>temperatura mínima média no inverno</i>	<i>t_{min inv} - °C</i>
<i>temperatura mínima absoluta</i>	<i>t_{min abs} - °C</i>
<i>temperatura máxima média anual</i>	<i>t_{max anual} - °C</i>
<i>temperatura máxima média no verão</i>	<i>t_{max ver} - °C</i>
<i>temperatura máxima absoluta</i>	<i>t_{max abs} - °C</i>
<i>pressão atmosférica</i>	<i>p_{atm} - mbares</i>
<i>densidade relativa do ar (50 e 90 %)</i>	<i>DRA_{50%} e DRA_{90%} - (pu)</i>
<i>fator de correção atmosférico, 60 Hz, (50 e 99 %)</i>	<i>FCA_{60Hz-50%} e FCA_{60Hz-99%} - (pu)</i>
<i>fator de correção atmosférico, surtos de manobra (50 e 90 %)</i>	<i>FCA_{man50%} e FCA_{man90%} - (pu)</i>
<i>fator de correção atmosférico, impulsos atmosféricos (50 e 90 %)</i>	<i>FCA_{atm50%} e FCA_{atm90%} - (pu)</i>

<i>umidade relativa média do ar (anual)</i>	$u_{rel} - (\%)$
<i>umidade absoluta média do ar (anual)</i>	$u_{abs} - (g/m^3)$
<i>tempo ruim (para níveis de RI) - anual</i>	$TR - (\%)$

Linhas de transmissão aéreas constituem-se em empreendimentos com dimensões territoriais consideráveis e, não raro, atravessam áreas com diferentes condições geograficamente bem diferenciadas, resultando numa multiplicidade de elementos climáticos sobre elas atuantes. Portanto, torna-se relevante, para a execução de um projeto realista e coerente com seus próprios desafios, que haja a disponibilidade de métodos de inferências capazes de avaliar a evolução espacial das grandezas ambientais ao longo da rota da LT em estudo. A coleta de tais variáveis deve ser convenientemente feita em estações meteorológicas na mesma região e, obrigatoriamente, as suas variabilidades temporais devem ser quantificadas. Como certo número de variáveis ambientais aqui enfocadas é dependente da altitude, o estudo em curso considera também a altitude na região, como forma de dimensionar algumas variações espaciais do clima, através de modelos matemáticos de correlação linear múltipla. A densidade relativa do ar (DRA) e os fatores de correção atmosféricos (FCAs¹) não são variáveis meteorológicas, no rigor do conceito, mas encontram-se aqui incluídas por serem diretamente derivados da temperatura do ar, da pressão atmosférica e, para os FCAs, também da umidade absoluta do ar.

2 *Conceituação Preliminar*

A base de dados usada neste relatório origina-se de duas fontes diversas: do INMET [1] (Instituto nacional de Meteorologia - Ministério da Agricultura) e do DEPV [2, 7] (antiga Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Voo - Ministério da Aeronáutica). Tais fontes desempenham importantes e complementares papéis no modelo analítico aqui adotado para inferência estatística das variáveis ambientais, como exigido pelos procedimentos de projetos de LTs aéreas ora em curso no país. Especificamente, pode-se dizer que os dados do INMET (mensais e anuais, em 205 estações) cuidam das determinações médias e das suas evoluções espaciais sobre o território brasileiro, enquanto que os dados do DEPV (horários, em 20 estações) definem as flutuações dos respectivos desvios-padrão. Detalhes da elaboração desse modelo dual são fornecidos ao longo do trabalho e aplicam-se às variáveis aqui objetivadas.

¹ ou ainda RIS (Relative Insulation Strength)

3 Dados termométricos

Os dados de temperatura utilizados no estudo foram medidos em estações climatológicas operadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)² e instaladas no estado de implantação do empreendimento. Nessas estações, as temperaturas máximas e mínimas são medidas diariamente e as temperaturas correntes às 12, 18 e 24 horas, referidas ao horário de Greenwich (Greenwich Meridian Time - GMT). No procedimento de operação das estações do INMET, as temperaturas extremas diárias são caracterizadas com exatidão.

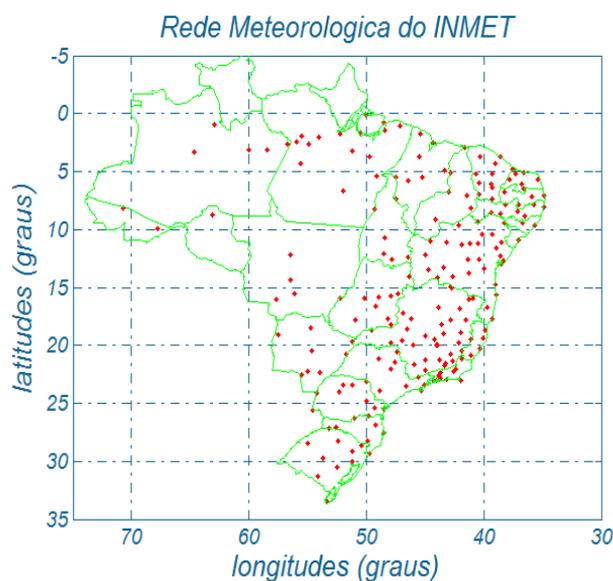


Figura 3.1 - Distribuição espacial das estações meteorológicas do INMET

A temperatura média diária é estimada através da seguinte equação, de uso rotineiro pelo INMET:

$$T_{med} = \frac{T_{12} + 2 \cdot T_{24} + T_{max} + T_{min}}{5}$$

T_{med} - temperatura média diária

T_{max} - temperatura máxima diária

T_{min} - temperatura mínima diária

T_{12} e T_{24} - temperaturas às 12 e 24 horas

As estatísticas dos valores de temperatura, medidos diariamente no período de 1961 a 1990, podem ser consultadas em [1]. Além dos valores médios anuais, buscou-se caracterizar as médias das temperaturas extremas, extraíndo-se do banco de dados os valores mínimos ou máximos ocorridos ao longo do ano e, também, os médios extremos no verão ou no inverno, garantindo-se, assim, mapas que refletissem valores extremos que fossem os mais conservadores.

Portanto, neste estudo, extremos médios de temperatura encontram-se também avaliados apropriadamente nos respectivos meses em que ocorrem.

² INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, Ministério da Agricultura

4 Densidade Relativa do Ar e Fatores de Correção Atmosféricos

A caracterização da média e do desvio padrão da densidade relativa do ar (DRA) e dos fatores de correção atmosféricos (FCAs), para frequência industrial e surtos de manobra ou atmosféricos, é aqui feita através de abordagens distintas.

4.1 Valor médio da DRA e dos FCAs

O valor médio dessas variáveis será feito por meio dos dados médios anuais medidos na rede do INMET (temperatura, pressão atmosférica para a DRA, acrescidos da umidade absoluta, para os valores dos FCAs). DRAs e FCAs têm distribuições normais para qualquer efeito prático [7] e seus valores médios podem ser calculados com as médias das variáveis indiretas (t_{med} , p_{med} e u_{abs}).

Para dirimir qualquer dúvida quanto a essa afirmativa, as Tabelas 4.1.1 e 4.1.2 apresentam os respectivos resultados, quando se usa um banco de dados horário em 10 anos, e quando se faz o cálculo com médias anuais. O banco de dados usado como referência é o do DEPV³, tal como apresentado em [7].

³ Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Voo, do Ministério da Aeronáutica.

Tabela 4.1.1 - Comparação dos valores para DRA calculados por (t_{med}, p_{med}) a cada hora e com valores médios anuais

<i>cidade</i>	<i>sigla</i>	<i>DRA_{50%} (pu) como em [7]</i>	<i>DRA_{50%} (pu) médias anuais</i>
<i>Belém</i>	<i>BE</i>	<i>0.976</i>	<i>0.980</i>
<i>Belo Horizonte</i>	<i>BH</i>	<i>0.913</i>	<i>0.900</i>
<i>Brasília</i>	<i>BR</i>	<i>0.883</i>	<i>0.870</i>
<i>Campo Grande</i>	<i>CG</i>	<i>0.927</i>	<i>0.930</i>
<i>Curitiba</i>	<i>CT</i>	<i>0.913</i>	<i>0.890</i>
<i>Caravelas</i>	<i>CV</i>	<i>0.987</i>	<i>0.990</i>
<i>Florianópolis</i>	<i>FL</i>	<i>1.001</i>	<i>1.000</i>
<i>Fortaleza</i>	<i>FZ</i>	<i>0.975</i>	<i>0.970</i>
<i>Galeão (RJ)</i>	<i>GL</i>	<i>0.990</i>	<i>0.990</i>
<i>Campinas</i>	<i>KP</i>	<i>0.926</i>	<i>0.926</i>
<i>Manaus</i>	<i>MN</i>	<i>0.968</i>	<i>0.970</i>
<i>Maceió</i>	<i>MO</i>	<i>0.973</i>	<i>0.980</i>
<i>Natal</i>	<i>NT</i>	<i>0.975</i>	<i>0.975</i>
<i>Porto Alegre</i>	<i>PA</i>	<i>1.004</i>	<i>0.990</i>
<i>Recife</i>	<i>RF</i>	<i>0.980</i>	<i>0.980</i>
<i>S. Dumont (RJ)</i>	<i>RJ</i>	<i>0.991</i>	<i>0.990</i>
<i>São Luiz</i>	<i>SL</i>	<i>0.971</i>	<i>0.980</i>
<i>São Paulo</i>	<i>SP</i>	<i>0.918</i>	<i>0.920</i>
<i>Salvador</i>	<i>SV</i>	<i>0.983</i>	<i>0.980</i>
<i>Vitória</i>	<i>VT</i>	<i>0.991</i>	<i>0.980</i>

Tabela 4.1.2 - valores dos FCAs para 60 Hz (FCA60Hz) e surtos de manobra (FCA_{man}), calculados por (t_{med} , p_{med} e u_{abs}) horários e com valores médios anuais, gaps de 1 a 5 metros

tensão a 60 Hz (gape de 3 m)			surtos de manobra (gape de 3 m)		
sigla	FCA _{50%} (pu) como em [7]	FCA _{50%} (pu) médias anuais	sigla	FCA _{50%} (pu) como em [7]	FCA _{50%} (pu) médias anuais
BE	1.062	1.061	BE	1.041	1.040
BH	0.960	0.959	BH	0.962	0.963
BR	0.925	0.922	BR	0.932	0.932
CG	0.992	0.994	CG	0.987	0.988
CT	0.939	0.936	CT	0.948	0.949
CV	1.050	1.050	CV	1.034	1.033
FL	1.033	1.034	FL	1.023	1.023
FZ	1.053	1.053	FZ	1.035	1.034
GL	1.045	1.045	GL	1.030	1.029
KP	0.965	0.964	KP	0.967	0.969
MN	1.059	1.059	MN	1.039	1.038
MO	1.044	1.044	MO	1.028	1.027
NT	1.049	1.049	NT	1.032	1.031
PA	1.022	1.023	PA	1.015	1.016
RF	1.053	1.053	RF	1.035	1.034
RJ	1.042	1.043	RJ	1.028	1.028
SL	1.059	1.058	SL	1.039	1.038
SP	0.956	0.953	SP	0.960	0.961
SV	1.053	1.053	SV	1.035	1.034
VT	1.049	1.049	VT	1.033	1.032

As diferenças verificadas nos três casos indicam que as médias podem ser aproximadas usando-se valores médios das variáveis indiretas (t_{med} , p_{med} e u_{abs}), em vez de se adotar ou exigir um cálculo bem mais requintado e trabalhoso, tal como é o de bancos de dados horários durante 10 anos, com todas as variáveis lidas simultaneamente. A simplificação é bastante apreciável, pois nem sempre, ou quase nunca, tais bancos encontram-se disponíveis. Portanto, os dados o INMET, que tem uma bem mais expressiva quantidade de estações (205, em todo o Brasil, por ocasião da elaboração de [1]) são capazes de fornecer valores médios para DRA e FCAs. Observe a Figura 4.2.1 onde a rede do DEPV encontra-se grafada com a sua restrita densidade. Entretanto, o valor

médio isolado dessas variáveis (valor 50 %) não é suficientemente seguro para a aplicação em LTs. É preciso associá-los a valores mais conservadores que levem em conta as incertezas espaciais típicas que estão amiúde vinculados a linhas de transmissão que atravessam variados micro e macro climas.

4.2 Os desvios padrão da DRA e dos FCAs

Os mais recentes Editais da ANEEL, no que se refere à DRA, exigem um valor ao longo da LT que seja garantido 90% do tempo, de forma a minimizar as influências do efeito Corona e suas manifestações (RI, RA, perdas). Portanto, os valores médios devem ser corrigidos pela conhecida fórmula genérica $Var90\% = \mu - 1.28 \sigma$, onde Var é uma variável que se encontre estatisticamente em questão e (μ, σ) seus valores médios e desvios padrão respectivos. Como as variabilidades temporais da DRA e dos FCAs, medida por σ , não podem ser caracterizadas pelo banco de dados do INMET [1], é preciso que se recorra ao relevante trabalho desenvolvido em [7]. A Figura 4.2.1 apresenta a dispersão pouco densa da rede do DEPV, mas que é atualmente a única fonte para se processar um modelo de transferência espacial para os coeficientes de variação aqui objetivados. Complementando, a Tabela 4.2.1 apresenta os coeficientes de variação da DRA e dos FCA_{60Hz} e FCA_{man} .

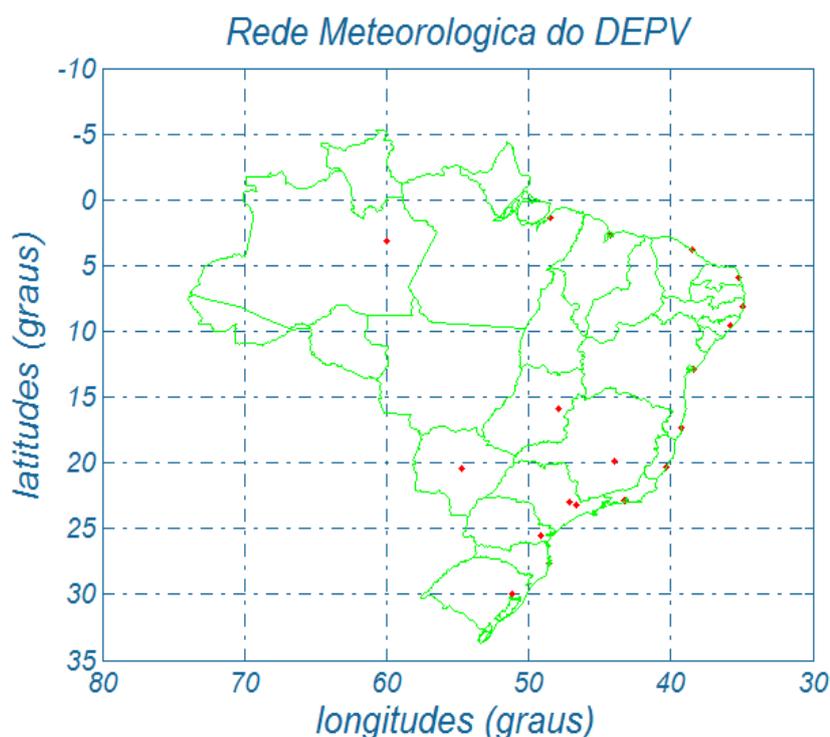


Figura 4.2.1 - Rede do DEPV, com as 20 estações da modelagem de [7]

Tabela 4.2.1 - Características geográficas das estações do DEPV e respectivos valores percentuais dos coeficientes de variação da DRA e dos FCAs

<i>sigla</i>	<i>latitude (°)</i>	<i>altitude (m)</i>	<i>CV_{DRA} (%)</i>	<i>CV_{60Hz} (%)</i>	<i>CV_{man} (%)</i>
<i>BE</i>	<i>1.38</i>	<i>16</i>	<i>1.00</i>	<i>0.68</i>	<i>0.53</i>
<i>BH</i>	<i>19.85</i>	<i>787</i>	<i>1.70</i>	<i>2.70</i>	<i>1.89</i>
<i>BR</i>	<i>15.87</i>	<i>1060</i>	<i>1.50</i>	<i>3.66</i>	<i>2.88</i>
<i>CG</i>	<i>20.47</i>	<i>558</i>	<i>1.70</i>	<i>3.08</i>	<i>2.15</i>
<i>CT</i>	<i>25.52</i>	<i>909</i>	<i>1.90</i>	<i>2.90</i>	<i>1.99</i>
<i>CV</i>	<i>17.28</i>	<i>3</i>	<i>1.30</i>	<i>1.08</i>	<i>0.76</i>
<i>FL</i>	<i>27.67</i>	<i>7</i>	<i>1.90</i>	<i>1.85</i>	<i>1.20</i>
<i>FZ</i>	<i>3.78</i>	<i>24</i>	<i>0.80</i>	<i>0.98</i>	<i>0.75</i>
<i>GL</i>	<i>22.83</i>	<i>9</i>	<i>1.60</i>	<i>1.34</i>	<i>0.92</i>
<i>KP</i>	<i>23.00</i>	<i>661</i>	<i>1.80</i>	<i>3.06</i>	<i>2.17</i>
<i>MN</i>	<i>3.15</i>	<i>83</i>	<i>1.00</i>	<i>0.75</i>	<i>0.59</i>
<i>MO</i>	<i>9.51</i>	<i>116</i>	<i>1.10</i>	<i>1.04</i>	<i>0.78</i>
<i>NT</i>	<i>5.92</i>	<i>49</i>	<i>1.00</i>	<i>0.92</i>	<i>0.69</i>
<i>PA</i>	<i>30.00</i>	<i>20</i>	<i>2.40</i>	<i>1.95</i>	<i>1.27</i>
<i>RF</i>	<i>8.13</i>	<i>10</i>	<i>0.80</i>	<i>0.81</i>	<i>0.59</i>
<i>RJ</i>	<i>22.92</i>	<i>5</i>	<i>1.40</i>	<i>1.42</i>	<i>0.98</i>
<i>SL</i>	<i>2.72</i>	<i>53</i>	<i>0.90</i>	<i>0.71</i>	<i>0.57</i>
<i>SP</i>	<i>23.17</i>	<i>805</i>	<i>1.60</i>	<i>2.70</i>	<i>1.89</i>
<i>SV</i>	<i>12.90</i>	<i>6</i>	<i>1.00</i>	<i>0.97</i>	<i>0.69</i>
<i>VT</i>	<i>20.30</i>	<i>60</i>	<i>1.50</i>	<i>1.20</i>	<i>0.83</i>

Com as informações acima, as seguintes equações de correlação linear múltipla podem ser inferidas objetivando a transferência espacial dos coeficientes de variação citados ou, respectivamente:

$$\begin{aligned} CV_{DRA} &= 0.7160 + 41.32 \text{ latitude}/1000 + 0.3268 \text{ altitude}/1000 \\ CV_{FCA_{60\text{Hz}}} &= 0.6050 + 39.28 \text{ latitude}/1000 + 1.5640 \text{ altitude}/1000 \\ CV_{FCA_{man}} &= 0.7790 + 15.61 \text{ latitude}/1000 + 0.8388 \text{ altitude}/1000 \end{aligned}$$

CV_{DRA} coeficiente de variação da distribuição da DRA (%)
 $CV_{FCA_{60\text{Hz}}}$ coeficiente de variação dos valores de FCAs para 60 Hz (%)
 $CV_{FCA_{man}}$ coeficiente de variação dos FCAs para surtos de manobra (%)

5 Representação gráfica e mapeamento das variáveis

As variáveis ambientais aqui abordadas correlacionam-se bem com a latitude e a altitude e serão, portanto, representadas pelas equações de regressão do tipo:

$$\text{variável} = a_0 + a_1 \text{ latitude} + a_2 \text{ altitude},$$

A latitude é dada em graus e a altitude em km.

A Tabela 5 indica os coeficientes definidos por correlação linear múltipla e os valores dos respectivos erros médios quadráticos (emq) atestam a qualidade da aderência entre valores reais e modelados.

Tabela 5 - Coeficientes das equações de regressão linear múltipla

<i>variável</i>	<i>coeficiente a₀</i>	<i>coeficiente a₁</i>	<i>coeficiente a₂</i>	<i>emq</i>
<i>temp média</i>	2.817E+01	-2.480E-01	-3.813E+00	1.335E+00
<i>temp min anual</i>	2.393E+01	-2.411E-01	-4.692E+00	1.176E+00
<i>temp min inverno</i>	2.319E+01	-3.824E-01	-5.217E+00	1.504E+00
<i>temp min abs</i>	1.959E+01	-6.624E-01	-6.417E+00	3.268E+00
<i>temp max anual</i>	3.361E+01	-2.386E-01	-2.936E+00	1.875E+00
<i>temp max verão</i>	3.495E+01	-1.423E-01	-3.660E+00	1.861E+00
<i>temp max abs</i>	4.090E+01	-3.000E-02	-2.028E+00	2.050E+00
<i>pressão</i>	1.013E+03	1.404E-01	-1.250E+02	1.761E+01
<i>umidade absoluta</i>	2.046E+01	-1.934E-01	-4.523E+00	1.266E+00
<i>umidade relativa</i>	7.533E+01	1.372E-01	-5.806E+00	7.085E+00
<i>DRA₅₀ %</i>	9.704E-01	9.057E-04	-9.624E-02	6.253E-03
<i>DRA₉₀ %</i>	9.613E-01	3.838E-04	-9.817E-02	6.146E-03
<i>FCA₆₀₋₅₀ %</i>	1.063E+00	-9.426E-04	-1.109E-01	1.070E-02
<i>FCA₆₀₋₉₉ %</i>	1.046E+00	-1.830E-03	-1.414E-01	1.059E-02
<i>FCA_{man 50%}</i>	1.040E+00	-6.011E-04	-9.100E-02	8.015E-03
<i>FCA_{man 90 %}</i>	1.029E+00	-7.923E-04	-9.979E-02	7.865E-03
<i>FCA_{atm 50 %}</i>	1.068E+00	-1.123E-03	-1.309E-01	1.387E-02
<i>FCA_{atm 90 %}</i>	1.057E+00	-1.305E-03	-1.392E-01	1.376E-02
<i>tempo - ruim (RI)</i>	2.393E+01	-2.411E-01	-4.692E+00	1.176E+00

5.1 Densidades relativas do ar e nível de tempo - ruim

Textualmente, os editais de Linhas de Transmissão da ANEEL exigem que:

(a) Corona visual

A linha de transmissão, com seus cabos e acessórios, bem como as ferragens das cadeias de isoladores, não deve apresentar corona visual em 90% do tempo nas condições de máxima tensão operativa e para as condições atmosféricas predominantes na região atravessada pela linha de transmissão aérea.

O $DRA_{90\%}$ corresponde a um maior rigor na aplicação do DRA, particularmente quando da sua utilização nas avaliações do efeito corona e suas manifestações em LTs, através da relação:

$$DRA_{90\%} = DRA_{\text{médio}} - 1.28 \sigma_{DRA}$$

onde o valor de σ_{DRA} já foi discutido e modelado tal como descrito em 4.2.

Ainda diretamente vinculado ao efeito Corona e suas manifestações, o Anexo 6 apresenta uma quantificação para o percentual de “tempo - ruim”, a ser aplicado na determinação dos níveis de rádio interferência ao longo de “todo o tempo”, tal como requer a metodologia de [8, Red Book]. Os resultados fundamentam-se na precipitação pluviométrica anual registrada nas estações do INMET e que serve de medição para variabilidade espacial do tempo ruim sobre o território brasileiro.

Para a inferência do % de tempo ruim, foi adotada uma média anual de 1,5 mm/h quando da precipitação pluviométrica média anual registrada nas estações do INMET. Tal consideração de 1.5 mm/h é certamente subjetiva, mas é mais realista do que se adotarem os padrões climáticos constantes de [8] como típicos do Brasil.

5.2 Fatores de Correção Atmosféricos

Os fatores de correção atmosféricos são definidos através de uma relação entre os fatores de correção da densidade relativa do ar (k_1) e da umidade absoluta (k_2), como segue e detalhadamente descrito em [7].

$$FCA = k_1 \cdot k_2$$

- $k_1 = \delta^m$ - fator de correção para a densidade relativa do ar, veja Figura 1.3 (superior) do Anexo 1
- $k_2 = k^w$ - fator de correção para a umidade absoluta do ar, veja Figura 1.3 (inferior) do Anexo 1

Para o caso de 60 Hz recomenda-se a utilização do valor referido a 99% pois as tensões dessa natureza devem ser suportadas em quaisquer condições atmosféricas, de forma que a qualidade de suprimento energético seja assegurada.

Para sobretensões de manobra ou atmosféricas, que correspondem a solicitações de ocorrência mais infrequente, o valor médio do FCA ($FCA_{man}^{médio}$ - manobra ou $FCA_{atm}^{médio}$ - atmosférico) pode ser adotado, mas recomenda-se o valor de 90% que é mais conservador, pois que há erros de avaliação que decorrem da variabilidade espacial dessa variável, além das simplificações descritas no Anexo 1.

As formulações para os FCAs acima valem para distâncias em ar de 1 a 5 m, com dispersão em torno da média de 1,3% para 60 Hz e 1,7% para impulsos. Para os casos de distâncias superiores a 5 m, os valores de FCA tendem para o valor de 1.0, indicando que para gaps mais longos, o FCA não mais depende das condições atmosféricas. Como os casos mais severos são aqueles em que o $FCA < 1.0$, nenhuma correção será aqui recomendada, pois os resultados encontram-se a favor da segurança.

5.3 Umidades absolutas

A umidade absoluta, que é relevante para as determinações dos FCAs, pode ser modelada através das equações que seguem:

5.3.1 Cálculo dos pontos de orvalho e de gelo

Inicialmente, são determinados os pontos de orvalho e de gelo, para as temperaturas ambientes em questão (bulbo seco):

$$T_d = \frac{237.3 \left[\frac{\ln(RH/100)}{17.270} + \frac{T}{237.3 + T} \right]}{1 - \left[\frac{\ln(RH/100)}{17.270} + \frac{T}{237.3 + T} \right]}$$

$$T_i = \frac{265.5 \left[\frac{\ln(RH/100)}{21.875} + \frac{T}{265.5 + T} \right]}{1 - \left[\frac{\ln(RH/100)}{21.875} + \frac{T}{265.5 + T} \right]}$$

- RH* - umidade relativa (%),
T_d e *T_i* - pontos de orvalho e de gelo (°K), respectivamente,
T - temperatura de bulbo seco do ambiente (°K).

5.3.2 Cálculo das pressões de vapor

As pressões de vapor saturado correspondentes aos pontos de orvalho (*e_d*) e de gelo (*e_i*) são dadas pelas fórmulas seguintes:

$$e_d = 0.6108 \exp\left[\frac{17.27 T_d}{T_d + 237.3}\right] \quad e_i = 0.6108 \exp\left[\frac{21.875 T_i}{T_i + 265.5}\right]$$

5.3.3 Cálculo das umidades absolutas

E finalmente, as umidades absolutas em g/m³ (*u_{abs}*) ou são calculadas como segue, onde *e* assume os valores de *e_d* ou de *e_i*:

$$u_{abs} = \frac{2165 e}{T + 273.16}$$

5.4 Densidades de descargas atmosféricas e níveis cerâmicos

As densidades de descargas atmosféricas segue uma digitalização possível do mapa recentemente publicado pelo Operador Nacional do Sistema (ONS), onde as densidades abaixo de 5 descargas/km²/ano foram descartadas, por não corresponderem à prática em curso no dimensionamento elétrico. Os respectivos Níveis Cerâmicos são determinados pela média de três formulações ora em uso e que são:

$$dens = 0.1 \text{ NC} , dens = 0.2 \text{ NC} \text{ e } dens = 0.04 \text{ NC}^{1,25}$$

Os valores indicados são de referência e sujeitos a modificações por parte do projetista, na medida que as avaliações espaciais são particularmente dispersas.

6 Conclusões e recomendações

Os mapas constantes deste relatório oferecem ao projetista de LTs recursos ora disponíveis para uma escolha paramétrica tecnicamente justificável no que se refere aos elementos climáticos aqui avaliados estatisticamente. De uma forma geral, os parâmetros recomendados são conservadores e visam garantir um desempenho superior ao mínimo exigido.

Com uma importância de destaque, encontra-se a densidade relativa do ar, caracterizada pelo seu valor médio e $DRA_{90\%}$ que é o valor excedido 90% do tempo, garantindo o que é exigido nos editais da ANEEL. Somente com os mapeamentos exclusivos das médias e dos desvios da DRA, não se torna imediata a identificação do local onde as condições do DRA são as mais adversas, pois a média mínima não coincide, necessariamente, com o máximo desvio padrão da DRA.

Assim sendo, para facilidade de interpretação e escolha, foram traçadas as isolinhas do Anexo 6 que apresenta os valores de $DRA_{médio}$ e de $DRA_{90\%}$, através da relação $DRA_{90\%} = DRA_{médio} - 1.28$ desvios-padrão. Os mesmos conceitos se aplicam aos fatores de correção atmosféricos aqui sugeridos ($FCA_{60Hz}^{99\%}$, $FCA_{man}^{90\%}$ e $FCA_{atm}^{90\%}$), muito embora a sua utilização ainda não esteja regulamentada e nem mesmo exigida, embora correspondam à prática segura de escolha paramétrica.

Vale ainda sublinhar que FCAs acima de 1.00 pu são típicos de regiões com elevada umidade absoluta, tal como é o caso da região amazônica e do planalto no centro-oeste. No entanto, com a descontrolada continuidade de queimadas e desmatamentos, que vêm ocorrendo há décadas, a tendência é de que os valores de FCA venham se reduzindo com o tempo. O alerta serve para que valores de FCA acima de 1.00 pu sejam usados com certa reserva, a critério do projetista. Os valores indicados na Tabela 6.1 já seguem esse viés no sentido da segurança. A Tabela seguinte apresenta um resumo das leituras feitas nas Figuras dos Anexos 3 a 7:

Tabela 6.1 - Resumo das recomendações

<i>Parâmetros climáticos</i>	<i>Rio das Éguas - Barreiras</i>	<i>Igaporã - Janaúba C1 e C2</i>	<i>Janaúba - P. Juscelino C1 e C2</i>
<i>altitude média - (m)</i>	800	700	700
<i>temp média – (°C)</i>	22	22	21
<i>temp mín 50 anual – (°C)</i>	17	17	17
<i>temp mín 50 inverno – (°C)</i>	14	14	13
<i>temp mín absoluta – (°C)</i>	5	5	4
<i>temp máx 50 anual – (°C)</i>	28	28	28
<i>temp máx 50 verão – (°C)</i>	30	30	30
<i>temp máx abs – (°C)</i>	39	39	39
<i>pressão média – (mbar)</i>	920	940	940
<i>DRA 50% – (pu)</i>	0.90	0.91	0.92
<i>DRA 90% – (pu)</i>	0.88	0.89	0.90
<i>FCA_{60 Hz} 50% – (pu)</i>	0.95	0.96	0.97
<i>FCA_{60 Hz} 99% – (pu)</i>	0.89	0.91	0.92
<i>FCA_{man}50% – (pu)</i>	0.95	0.96	0.97
<i>FCA_{man} 90% – (pu)</i>	0.93	0.94	0.95
<i>FCA_{atm}50% – (pu)</i>	0.94	0.95	0.96
<i>FCA_{atm} 90% – (pu)</i>	0.92	0.93	0.94
<i>umi rel (U_{rel}) – (%)</i>	72	73	74
<i>umi abs (U_{abs}) - (g/m³)</i>	14	15	14
<i>tempo ruim - (%)</i>	10	10	10

7 Comentários finais

As recomendações relativas à quantificação de elementos climáticos constantes deste relatório seguem as orientações e cálculos apresentados basicamente pelas referências [2, 3, 4, 6, 7 e 8], enquanto que as bases de dados provêm de [1, 2 e 7]. Vale sempre lembrar que [2 e 7] contêm sínteses metodológicas pioneiras que permitiram uma avaliação estatística mais aprofundada no que se refere aos percentis da densidade relativa do ar e dos variados fatores de correção atmosféricos aqui considerados, através, objetivando a determinação dos seus respectivos desvios-padrão. Além disso, há que se dar a devida ênfase ao que [3] declara a respeito dos FCAs sempre que o fator u_{abs} / DRA excede 15 g/m^3 (sic):

Para valores de U_{abs} / DRA acima de 15 g/m^3 , o valor do parâmetro k pode chegar a (- 15%), veja também a Figura 1.1.

Tal observação tem influência expressiva sobre os resultados de cálculo, na medida em que valores acima de 15 g/m^3 são frequentemente encontrados no Brasil.

8 Referências

- 1 *INMET – Instituto Nacional de Meteorologia – “Normais climatológicas” (1961-1990).*
- 2 *Andrade, V. H. G et ali – Dados meteorológicos e parâmetros correlatos que influenciam os isolamentos em ar – Estatística de valores, VII SNPTEE.*
- 3 *IEC 60-1 - High Voltage Test Techniques - Part 1: General definitions and test requirements, 2010.*
- 4 *Menezes Jr A. A., Silva Filho J. I. - Transferência espacial de informações meteorológicas - Modelos matemáticos. Relatório Técnico CEPEL/1983*
- 5 *IEC 60826 - Overhead Transmission Line Design Criteria*
- 6 *NBR 5422 - Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica, Procedimentos, 1985.*
- 7 *Azevedo, R. M., Silva Filho, J. I. Andrade, V. H. G., - Fatores de correção atmosféricos aplicados ao dimensionamento de isolamentos em ar - Nova metodologia de cálculo, XVII SNPTEE, 2003*
- 8 *Transmission Line Reference Book, 345 kV and Above, Electric Power Research Institute, Palo Alto*

Anexo 1 Dados para determinação espacial da DRA e dos FCAs

Este Anexo objetiva apresentar parte dos resultados constantes de [7], que constituem a base das recomendações constantes deste relatório. Neste particular, as Tabelas 1.1, 1.2 e 1.3 ilustram os valores básicos para as correlações dos valores de DRAs (ou δ) e FCAs.

Tabela 1.1 - Resultados do processamento e dados provenientes do DEPV

estação	longitude (graus)	latitude (graus)	altitude (m)	h (g/m ³)		δ (pu)		h/ δ (g/m ³)	
				média	desvio	média	desvio	média	desvio
BE - Belém	48,48	1,38	16	21,10	1,37	0,976	0,010	21,628	1,515
BH - B. Horizonte	43,95	19,85	787	13,64	2,66	0,913	0,017	14,985	3,061
BR - Brasília	47,92	15,87	1060	12,92	2,78	0,883	0,015	14,646	3,227
CG - C. Grande	54,67	20,47	558	15,72	3,59	0,927	0,017	17,008	4,054
CT - Curitiba	49,18	25,52	909	11,92	2,93	0,913	0,019	13,107	3,399
CV - Caravelas	39,25	17,28	3	18,43	2,22	0,987	0,013	18,688	2,410
FL - Florianópolis	48,55	27,67	7	15,00	3,58	1,001	0,019	15,051	3,817
FZ - Fortaleza	38,53	3,78	24	19,77	1,47	0,975	0,008	20,292	1,520
GL - Galeão (RJ)	43,25	22,83	9	17,36	2,73	0,990	0,016	17,567	2,965
KP - Campinas	47,13	23,00	661	13,15	2,91	0,926	0,018	14,246	3,284
MN - Manaus	59,98	3,15	83	21,22	1,26	0,968	0,010	21,938	1,381
MO - Maceió	35,78	9,51	116	18,45	1,63	0,973	0,011	18,969	1,764
NT - Natal	35,25	5,92	49	19,02	1,52	0,975	0,010	19,521	1,637
PA - Porto Alegre	11,18	30,00	20	13,38	3,65	1,004	0,024	13,412	3,893
RF - Recife	34,92	8,13	10	19,39	1,48	0,980	0,008	19,793	1,584
RJ - S. Dumont	43,15	22,92	5	16,94	2,67	0,991	0,014	17,118	2,865
SL - São Luiz	44,25	2,72	53	20,94	1,10	0,971	0,009	21,578	1,171
SP - São Paulo	46,65	23,17	805	12,87	2,62	0,918	0,016	14,058	3,005
SV - Salvador	38,35	12,90	6	19,12	1,95	0,983	0,010	19,474	2,110
VT - Vitória	40,30	20,30	60	17,92	2,59	0,991	0,015	18,123	2,823

Tabela 1.2 - Média \bar{x} e coeficiente de variação cv da série horária do FCA_{60Hz} , em 10 anos, função do comprimento do gape (d)

local	$d = 1 m$		$d = 3 m$		$d = 5 m$	
	\bar{x} (pu)	cv (%)	\bar{x} (pu)	cv (%)	\bar{x} (pu)	cv (%)
BE	1.091	0.96	1.062	0.68	1.041	0.45
BH	0.956	2.74	0.960	2.70	0.973	1.83
BR	0.922	3.37	0.925	3.66	0.947	2.77
CG	0.993	3.66	0.992	3.08	0.994	2.08
CT	0.936	2.69	0.939	2.90	0.959	2.03
CV	1.074	1.60	1.050	1.08	1.033	0.72
FL	1.047	2.72	1.033	1.85	1.022	1.24
FZ	1.079	1.43	1.053	0.98	1.035	0.65
GL	1.066	2.01	1.045	1.34	1.030	0.89
KP	0.961	3.13	0.965	3.06	0.976	2.10
MN	1.087	1.07	1.059	0.75	1.039	0.50
MO	1.065	1.59	1.044	1.04	1.029	0.69
NT	1.072	1.37	1.049	0.92	1.032	0.61
PA	1.031	2.79	1.022	1.95	1.015	1.31
RF	1.079	1.15	1.053	0.81	1.035	0.53
RJ	1.062	2.13	1.042	1.42	1.028	0.94
SL	1.087	0.99	1.059	0.71	1.039	0.47
SP	0.951	2.65	0.956	2.70	0.970	1.86
SV	1.078	1.42	1.053	0.97	1.035	0.65
VT	1.072	1.79	1.049	1.20	1.032	0.80

Tabela 1.3 - Média e coeficiente de variação da série horária do FCA_{man} , em 10 anos, função do comprimento do gape (d)

local	$d = 1 m$		$d = 3 m$		$d = 5 m$	
	\bar{x} (pu)	cv (%)	\bar{x} (pu)	cv (%)	\bar{x} (pu)	cv (%)
BE	1.075	1.51	1.041	0.53	1.025	0.32
BH	0.936	1.75	0.962	1.89	0.976	1.18
BR	0.902	1.99	0.932	2.88	0.957	1.82
CG	0.968	2.54	0.987	2.15	0.992	1.34
CT	0.925	1.46	0.948	1.99	0.967	1.25
CV	1.056	1.74	1.034	0.76	1.021	0.47
FL	1.036	2.07	1.023	1.2	1.014	0.74
FZ	1.058	1.85	1.035	0.75	1.021	0.46
GL	1.049	1.93	1.030	0.92	1.018	0.56
KP	0.946	2.01	0.967	2.17	0.979	1.36
MN	1.067	1.61	1.039	0.59	1.023	0.36
MO	1.041	1.65	1.028	0.78	1.017	0.48
NT	1.049	1.58	1.032	0.69	1.019	0.42
PA	1.025	1.92	1.015	1.27	1.009	0.78
RF	1.059	1.48	1.035	0.59	1.021	0.36
RJ	1.045	1.95	1.028	0.98	1.017	0.6
SL	1.067	1.57	1.039	0.57	1.023	0.34
SP	0.936	1.57	0.960	1.89	0.975	1.18
SV	1.059	1.66	1.035	0.69	1.021	0.42
VT	1.055	1.83	1.033	0.83	1.020	0.51

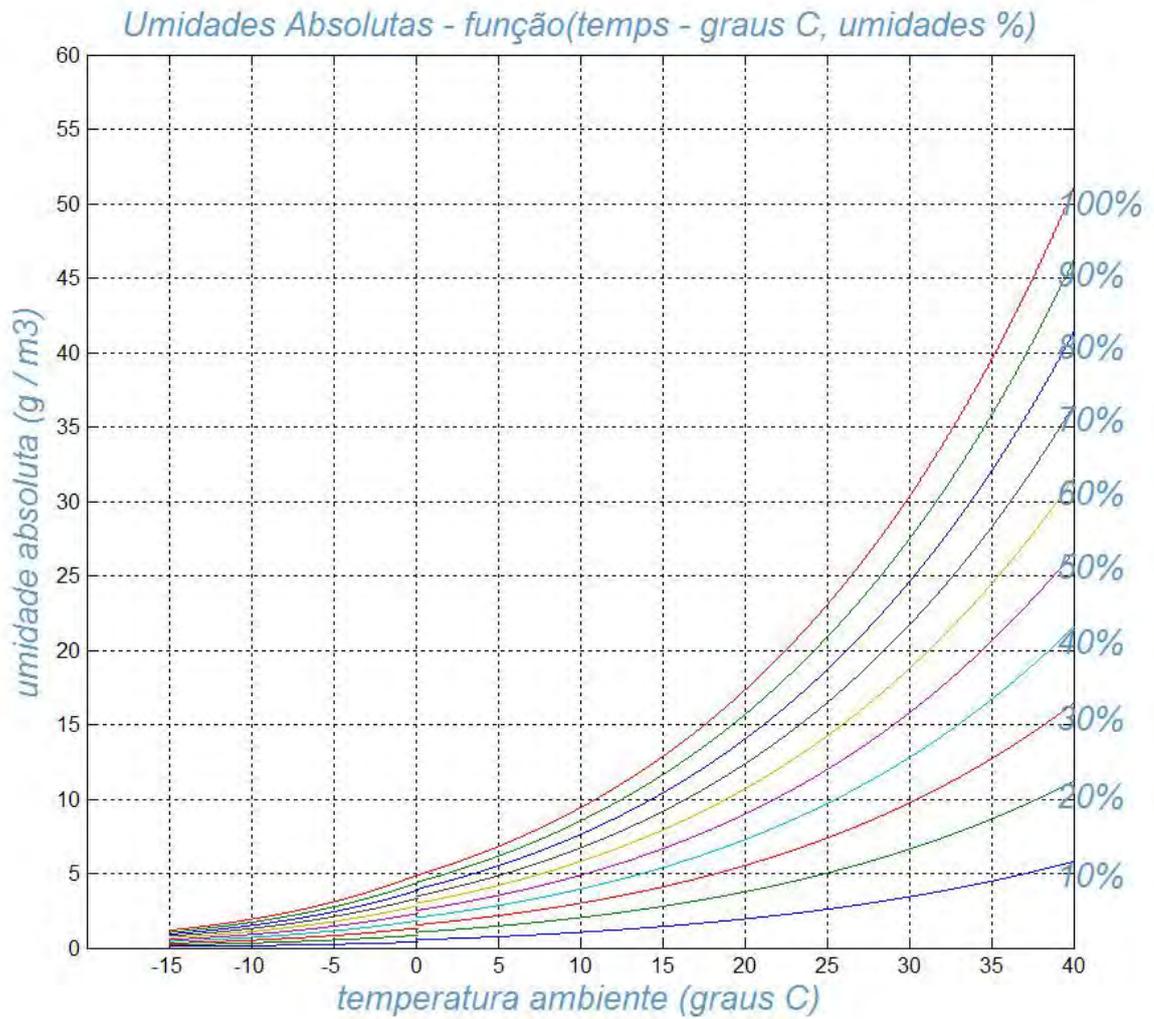


Figura 1.1 - Umidade absoluta do ar em função das leituras dos termômetros de bulbo seco e úmido

Uma vez de posse das condições climáticas na região de interesse, ou seja, das temperaturas de bulbo seco e úmido, da pressão atmosférica e da umidade relativa, determinam-se a umidade absoluta respectiva (u_{abs} ou h) e a densidade relativa do ar (DRA ou δ). Da relação entre essas 2 variáveis (h e δ), o coeficiente k é definido pela Figura 1.2, como segue.

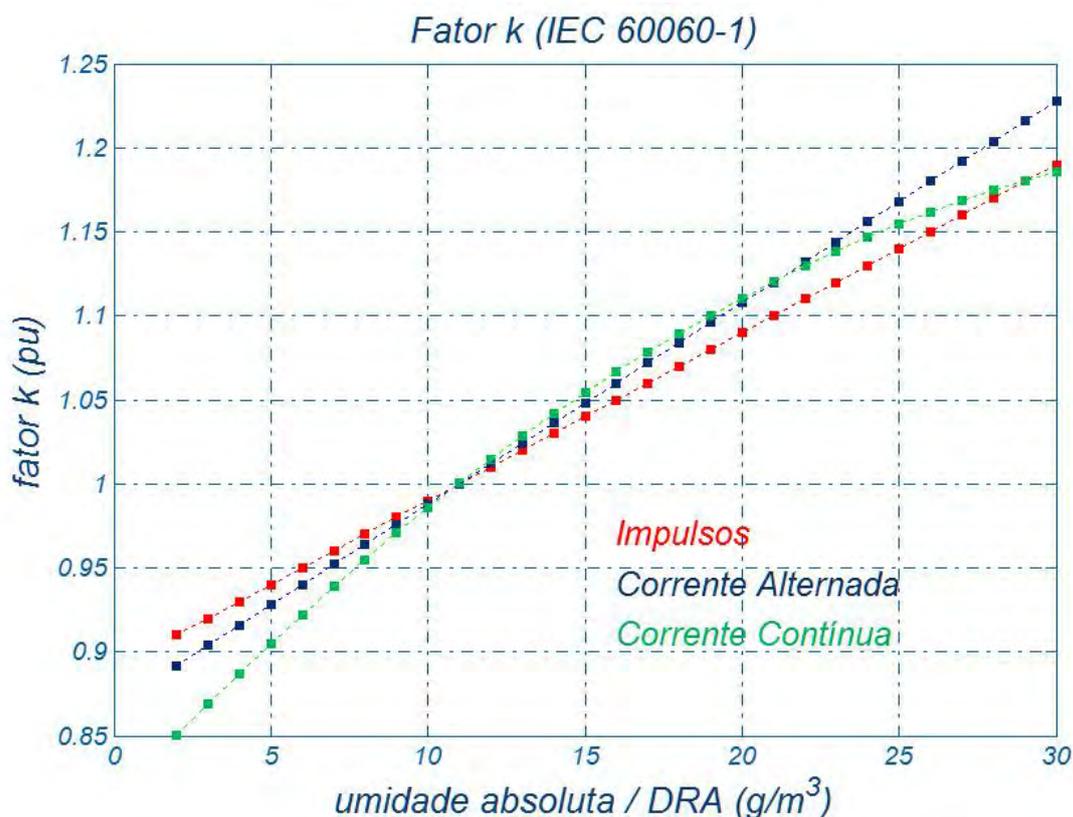


Figura 1.2 - Determinação do fator k em função de h / δ (g / m^3) e do tipo de tensão (60 Hz, impulso ou CC)

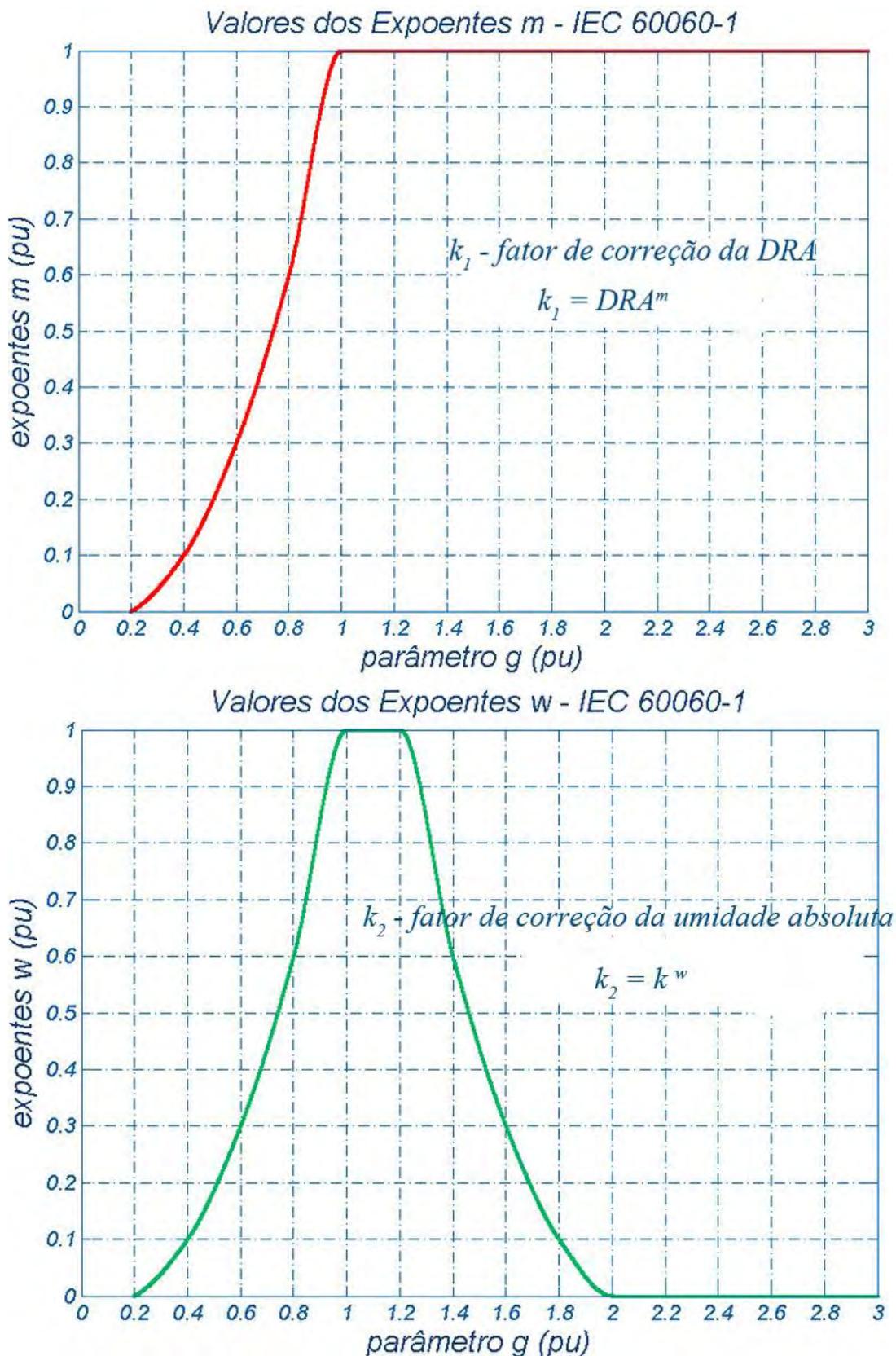


Figura 1.3 - Valores dos expoentes m para a DRA (superior) e w para a correção da umidade absoluta do ar (inferior), em função do parâmetro g

O parâmetro g , que determina os expoentes m e w , é determinado pela relação

$$g = \frac{U_{50}}{500 d \delta k}$$

a - distância do isolamento (ou gape em ar), em metros.

δ - densidade relativa do ar (pu), ou DRA

k - coeficiente obtido da Figura A 1.2, acima

U_{50} - valor de crista da tensão disruptiva com 50% de probabilidade de não ser excedido nas reais condições atmosféricas de trabalho, em kV, dado pelas expressões seguintes:

- tensões de frequência industrial

$$U_{50} = 750\sqrt{2} * \ln(1 + 0,55d^{1,2}) * (1,35K_g - 0,35K_g^2)$$

- sobretensões de frente lenta ou de manobra

$$U_{50} = 500 * d^{0,6} * K_g$$

$$K_g \text{ (fator de gape)} = 1,3$$

- sobretensões de frente rápida ou atmosféricas, polaridade positiva:

$$U_{50} = 530 * d$$

Os dados indicados nas Tabelas 1.1 a 1.3 foram determinados com base nas Figuras 1.1 a 1.3 e a metodologia adotada encontra-se detalhadamente descrita em [7 e 8]. Cabe aqui ressaltar que [1, 2, 3, 4 e 8] desempenharam um papel fundamental no equacionamento da DRA e dos FCAs para aplicação sistemática ao longo de linhas de transmissão, haja vista que as normas IEC que cuidam do assunto [3 e 6] foram originalmente desenvolvidas para aplicação em laboratórios de alta tensão. Os trabalhos citados introduziram simplificações cabíveis que tornaram possível estender os conceitos normativos com fins laboratoriais para aplicações em linhas de transmissão, quando uma visão mais espacial sempre se faz necessária. Ainda com relação aos valores constantes das Tabelas 1.1 a 1.3, algumas considerações de simplificação tornam-se cabíveis, quando se leva em conta que a aplicação primordial, neste estudo, concentra-se em linhas de transmissão aéreas. Inicialmente, observe-se

que a dispersão dos valores dos FCAs em função do comprimento do gape, de 1 a 5 m é pequena, senão desprezível. Verifique nas Tabelas 1.4 a 1.7 a seguir:

Tabela 1.4 - Valores médios de $FCA_{60\text{Hz}}^{\text{médio}}$, para $d = 1, 3$ e 5 m e os erros referidos a 3 m

cidade	longitude (graus)	latitude (graus)	altitude (m)	$FCA_{60\text{Hz}}^{\text{médio}}$ 1 m	$FCA_{60\text{Hz}}^{\text{médio}}$ 3 m	$FCA_{60\text{Hz}}^{\text{médio}}$ 5 m	$FCA_{60\text{Hz}}^{\text{médio}}$ médio	erro ($\pm\%$)
BE	48.48	1.38	16	1.091	1.062	1.041	1.065	2.35
BH	43.95	19.85	787	0.956	0.960	0.973	0.963	0.88
BR	47.92	15.87	1060	0.922	0.925	0.947	0.931	1.34
CG	54.67	20.47	558	0.993	0.992	0.994	0.993	0.05
CT	49.18	25.52	909	0.936	0.939	0.959	0.945	1.22
CV	39.25	17.28	3	1.074	1.050	1.033	1.052	1.95
FL	48.55	27.67	7	1.047	1.033	1.022	1.034	1.21
FZ	38.53	3.78	24	1.079	1.053	1.035	1.056	2.08
GL	43.25	22.83	9	1.066	1.045	1.030	1.047	1.72
KP	47.13	23.00	661	0.961	0.965	0.976	0.967	0.78
MN	59.98	3.15	83	1.087	1.059	1.039	1.062	2.26
MO	35.78	9.51	116	1.065	1.044	1.029	1.046	1.72
NT	35.25	5.92	49	1.072	1.049	1.032	1.051	1.90
PA	11.18	30.00	20	1.031	1.022	1.015	1.023	0.78
RF	34.92	8.13	10	1.079	1.053	1.035	1.056	2.08
RJ	43.15	22.92	5	1.062	1.042	1.028	1.044	1.63
SL	44.25	2.72	53	1.087	1.059	1.039	1.062	2.26
SP	46.65	23.17	805	0.951	0.956	0.970	0.959	0.99
SV	38.35	12.90	6	1.078	1.053	1.035	1.055	2.04
VT	40.30	20.30	60	1.072	1.049	1.032	1.051	1.90

Tabela 1.5 - Valores médios de $FCA_{60Hz}^{99\%}$, para $d = 1, 3$ e 5 m
e os erros referidos a 3 m

cidade	longitude (graus)	latitude (graus)	altitude (m)	$FCA_{60Hz}^{99\%}$ (1 m)	$FCA_{60Hz}^{99\%}$ (3 m)	$FCA_{60Hz}^{99\%}$ (5 m)	$FCA_{60Hz}^{99\%}$ médio	erro ($\pm\%$)
BE	48.48	1.38	16	1.067	1.045	1.030	1.05	1.74
BH	43.95	19.85	787	0.895	0.900	0.932	0.91	2.01
BR	47.92	15.87	1060	0.850	0.846	0.886	0.86	2.11
CG	54.67	20.47	558	0.908	0.921	0.946	0.92	2.03
CT	49.18	25.52	909	0.877	0.876	0.914	0.89	2.04
CV	39.25	17.28	3	1.034	1.024	1.016	1.02	0.89
FL	48.55	27.67	7	0.981	0.988	0.992	0.99	0.60
FZ	38.53	3.78	24	1.043	1.029	1.019	1.03	1.15
GL	43.25	22.83	9	1.016	1.012	1.009	1.01	0.37
KP	47.13	23.00	661	0.891	0.896	0.928	0.91	2.06
MN	59.98	3.15	83	1.060	1.040	1.027	1.04	1.58
MO	35.78	9.51	116	1.026	1.019	1.012	1.02	0.64
NT	35.25	5.92	49	1.038	1.027	1.017	1.03	1.00
PA	11.18	30.00	20	0.964	0.976	0.984	0.97	1.03
RF	34.92	8.13	10	1.050	1.033	1.022	1.04	1.35
RJ	43.15	22.92	5	1.009	1.008	1.005	1.01	0.19
SL	44.25	2.72	53	1.062	1.041	1.028	1.04	1.64
SP	46.65	23.17	805	0.892	0.896	0.928	0.91	1.97
SV	38.35	12.90	6	1.042	1.029	1.019	1.03	1.12
VT	40.30	20.30	60	1.027	1.020	1.013	1.02	0.71

Tabela 1.6 - Valores médios de $FCA_{imp}^{médio}$, para $d = 1, 3$ e 5 m
e os erros referidos a 3 m

<i>cidade</i>	<i>longitude</i> (graus)	<i>latitude</i> (graus)	<i>altitude</i> (m)	$FCA_{imp}^{médio}$ (1 m)	$FCA_{imp}^{médio}$ (3 m)	$FCA_{imp}^{médio}$ (5 m)	$FCA_{imp}^{médio}$ médio	<i>erro</i> (±%)
BE	48.48	1.38	16	1.075	1.041	1.025	1.047	2.39
BH	43.95	19.85	787	0.936	0.962	0.976	0.958	2.09
BR	47.92	15.87	1060	0.902	0.932	0.957	0.930	2.96
CG	54.67	20.47	558	0.968	0.987	0.992	0.982	1.22
CT	49.18	25.52	909	0.925	0.948	0.967	0.947	2.22
CV	39.25	17.28	3	1.056	1.034	1.021	1.037	1.69
FL	48.55	27.67	7	1.036	1.023	1.014	1.024	1.07
FZ	38.53	3.78	24	1.058	1.035	1.021	1.038	1.78
GL	43.25	22.83	9	1.049	1.030	1.018	1.032	1.50
KP	47.13	23.00	661	0.946	0.967	0.979	0.964	1.71
MN	59.98	3.15	83	1.067	1.039	1.023	1.043	2.11
MO	35.78	9.51	116	1.041	1.028	1.017	1.029	1.17
NT	35.25	5.92	49	1.049	1.032	1.019	1.033	1.45
PA	11.18	30.00	20	1.025	1.015	1.009	1.016	0.79
RF	34.92	8.13	10	1.059	1.035	1.021	1.038	1.83
RJ	43.15	22.92	5	1.045	1.028	1.017	1.030	1.36
SL	44.25	2.72	53	1.067	1.039	1.023	1.043	2.11
SP	46.65	23.17	805	0.936	0.960	0.975	0.957	2.04
SV	38.35	12.90	6	1.059	1.035	1.021	1.038	1.83
VT	40.30	20.30	60	1.055	1.033	1.020	1.036	1.69

Tabela 1.7 - Valores médios de $FCA_{imp}^{99\%}$, para $d = 1, 3$ e 5 m
e os erros referidos a 3 m

cidade	longitude (graus)	latitude (graus)	altitude (m)	$FCA_{imp}^{90\%}$ (1 m)	$FCA_{imp}^{90\%}$ (3 m)	$FCA_{imp}^{90\%}$ (5 m)	$FCA_{imp}^{90\%}$ médio	erro ($\pm\%$)
BE	48.48	1.38	16	1.0542	1.0339	1.0228	1.0370	1.51
BH	43.95	19.85	787	0.9150	0.9387	0.9475	0.9337	1.74
BR	47.92	15.87	1060	0.8790	0.8976	0.8899	0.8889	0.61
CG	54.67	20.47	558	0.9365	0.9598	0.9551	0.9505	0.98
CT	49.18	25.52	909	0.9077	0.9239	0.9352	0.9222	1.49
CV	39.25	17.28	3	1.0325	1.0239	1.0164	1.0243	0.78
FL	48.55	27.67	7	1.0086	1.0073	1.0026	1.0062	0.29
FZ	38.53	3.78	24	1.0329	1.0251	1.0166	1.0249	0.80
GL	43.25	22.83	9	1.0231	1.0179	1.0114	1.0175	0.57
KP	47.13	23.00	661	0.9217	0.9401	0.9412	0.9343	1.05
MN	59.98	3.15	83	1.0450	1.0312	1.0203	1.0321	1.20
MO	35.78	9.51	116	1.0190	1.0177	1.0122	1.0163	0.33
NT	35.25	5.92	49	1.0278	1.0229	1.0153	1.0220	0.61
PA	11.18	30.00	20	0.9998	0.9985	0.9963	0.9982	0.17
RF	34.92	8.13	10	1.0389	1.0272	1.0183	1.0281	1.00
RJ	43.15	22.92	5	1.0189	1.0151	1.0095	1.0145	0.47
SL	44.25	2.72	53	1.0456	1.0314	1.0205	1.0325	1.21
SP	46.65	23.17	805	0.9172	0.9368	0.9465	0.9335	1.57
SV	38.35	12.90	6	1.0365	1.0259	1.0173	1.0265	0.94
VT	40.30	20.30	60	1.0303	1.0220	1.0146	1.0223	0.77

Em consequência, é possível que se faça uso dos valores de FCA no entorno de 3 m, com erros médios de 1.56% , 1.31% e 1.75% respectivamente para $FCA_{60Hz}^{médio}$

, $FCA_{60Hz}^{99\%}$ e $FCA_{imp}^{médio}$, e aplicáveis na faixa de 1 a 5 m de comprimento de gapes em ar sem comprometimento da precisão.

Anexo 2 Características das estações do INMET

Tabela 2 - Características das estações meteorológicas

<i>cidade</i>	<i>longitude (graus)</i>	<i>latitude (graus)</i>	<i>altitude (m)</i>
<i>Aimorés</i>	<i>41.07</i>	<i>19.48</i>	<i>83</i>
<i>Araçuaí</i>	<i>42.07</i>	<i>16.87</i>	<i>284</i>
<i>Araxá</i>	<i>46.93</i>	<i>19.57</i>	<i>1004</i>
<i>B Jesus da Lapa</i>	<i>43.42</i>	<i>13.27</i>	<i>440</i>
<i>B Jesus do Piauí</i>	<i>44.12</i>	<i>9.10</i>	<i>332</i>
<i>Bambuí</i>	<i>45.98</i>	<i>20.00</i>	<i>661</i>
<i>Barbacena</i>	<i>43.77</i>	<i>21.25</i>	<i>1126</i>
<i>Barra</i>	<i>43.17</i>	<i>11.08</i>	<i>402</i>
<i>Barreiras</i>	<i>45.00</i>	<i>12.15</i>	<i>439</i>
<i>Belo Horizonte</i>	<i>43.93</i>	<i>19.93</i>	<i>850</i>
<i>Brasília</i>	<i>47.93</i>	<i>15.78</i>	<i>1160</i>
<i>C Mato Dentro</i>	<i>43.43</i>	<i>19.03</i>	<i>652</i>
<i>Cabo Frio</i>	<i>41.98</i>	<i>23.00</i>	<i>2</i>
<i>Cach. Itapemirim</i>	<i>41.10</i>	<i>20.85</i>	<i>78</i>
<i>Caetité</i>	<i>42.62</i>	<i>14.05</i>	<i>882</i>
<i>Campos do Jordão</i>	<i>45.58</i>	<i>22.73</i>	<i>1579</i>
<i>Caparaó</i>	<i>41.87</i>	<i>20.52</i>	<i>843</i>
<i>Caratinga</i>	<i>42.15</i>	<i>19.80</i>	<i>609</i>
<i>Carinhanha</i>	<i>43.92</i>	<i>14.17</i>	<i>440</i>
<i>Cataguases</i>	<i>42.68</i>	<i>21.38</i>	<i>168</i>

Tabela 2 - Características das estações meteorológicas (cont)

<i>cidade</i>	<i>longitude (graus)</i>	<i>latitude (graus)</i>	<i>altitude (m)</i>
<i>Catalão</i>	<i>47.95</i>	<i>18.18</i>	<i>840</i>
<i>Cel Pacheco</i>	<i>43.25</i>	<i>21.58</i>	<i>435</i>
<i>Cordeiro</i>	<i>42.37</i>	<i>22.03</i>	<i>485</i>
<i>Correntina</i>	<i>44.77</i>	<i>13.47</i>	<i>587</i>
<i>Diamantina</i>	<i>43.60</i>	<i>18.25</i>	<i>1296</i>
<i>Ecol. Agrícola</i>	<i>43.68</i>	<i>22.80</i>	<i>33</i>
<i>Espinosa</i>	<i>42.85</i>	<i>14.92</i>	<i>570</i>
<i>Formosa</i>	<i>47.33</i>	<i>15.53</i>	<i>912</i>
<i>Franca</i>	<i>47.43</i>	<i>20.55</i>	<i>1026</i>
<i>Gov Valadares</i>	<i>41.93</i>	<i>18.85</i>	<i>277</i>
<i>Ibirité</i>	<i>44.05</i>	<i>20.02</i>	<i>815</i>
<i>Ilha Guaíba</i>	<i>44.03</i>	<i>23.00</i>	<i>64</i>
<i>Irecê</i>	<i>41.87</i>	<i>11.30</i>	<i>747</i>
<i>Itaberaba</i>	<i>40.43</i>	<i>12.55</i>	<i>250</i>
<i>Itamarandiba</i>	<i>42.85</i>	<i>17.85</i>	<i>1097</i>
<i>Itaperuna</i>	<i>41.88</i>	<i>21.20</i>	<i>124</i>
<i>Ituaçu</i>	<i>41.30</i>	<i>13.82</i>	<i>531</i>
<i>Jacobina</i>	<i>40.47</i>	<i>11.18</i>	<i>485</i>
<i>João Pinheiro</i>	<i>46.17</i>	<i>17.70</i>	<i>760</i>
<i>Juiz de Fora</i>	<i>43.35</i>	<i>21.77</i>	<i>940</i>

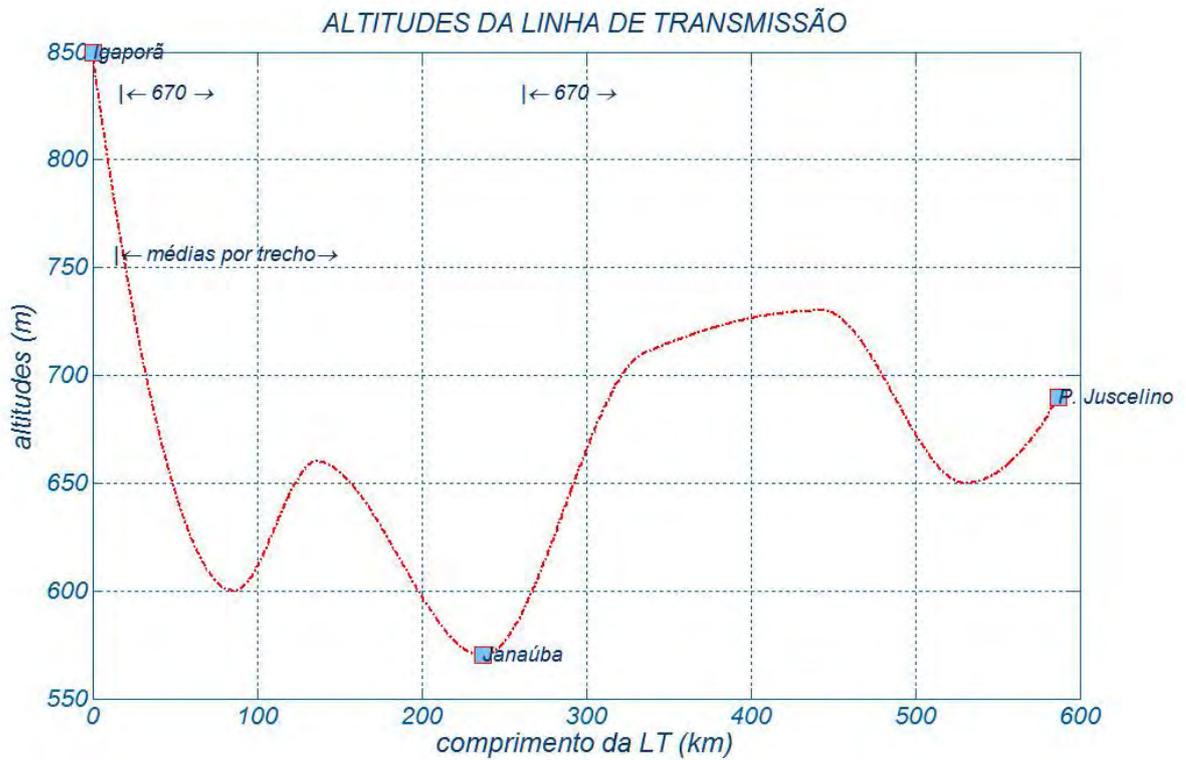
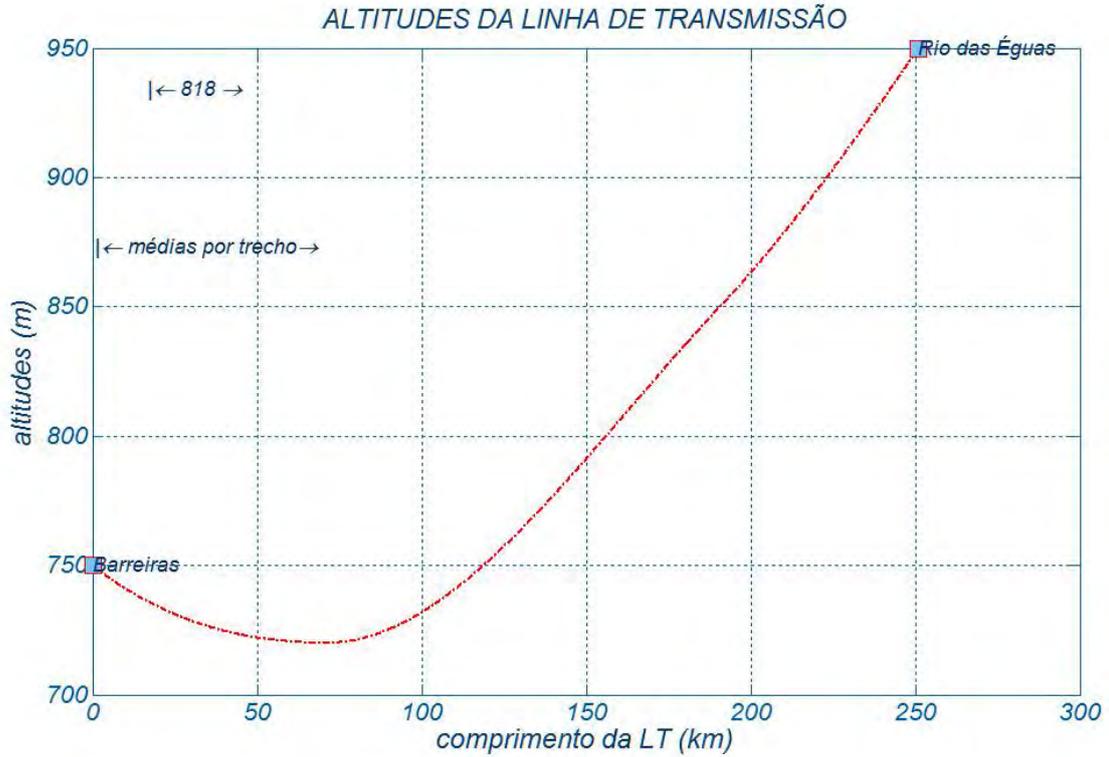
Tabela 2 - Características das estações meteorológicas(cont)

<i>cidade</i>	<i>longitude (graus)</i>	<i>latitude (graus)</i>	<i>altitude (m)</i>
<i>Lavras</i>	<i>45.00</i>	<i>21.23</i>	<i>919</i>
<i>Lençóis</i>	<i>41.38</i>	<i>12.57</i>	<i>439</i>
<i>Linhares</i>	<i>40.07</i>	<i>19.40</i>	<i>28</i>
<i>Machado</i>	<i>45.92</i>	<i>21.67</i>	<i>873</i>
<i>Monte Azul</i>	<i>42.75</i>	<i>15.08</i>	<i>604</i>
<i>Montes Claros</i>	<i>43.87</i>	<i>16.72</i>	<i>646</i>
<i>Morro do Chapéu</i>	<i>41.16</i>	<i>11.53</i>	<i>940</i>
<i>Nova Friburgo</i>	<i>42.53</i>	<i>22.28</i>	<i>857</i>
<i>Paracatu</i>	<i>46.87</i>	<i>17.22</i>	<i>711</i>
<i>Paranã</i>	<i>47.83</i>	<i>12.55</i>	<i>275</i>
<i>Patos de Minas</i>	<i>46.52</i>	<i>18.60</i>	<i>940</i>
<i>Pedra Azul</i>	<i>41.28</i>	<i>16.00</i>	<i>649</i>
<i>Petrolina</i>	<i>40.48</i>	<i>9.38</i>	<i>370</i>
<i>Pirai</i>	<i>43.90</i>	<i>22.63</i>	<i>367</i>
<i>Pompeu</i>	<i>45.00</i>	<i>19.22</i>	<i>691</i>
<i>Posse</i>	<i>46.37</i>	<i>14.10</i>	<i>826</i>
<i>Remanso</i>	<i>42.10</i>	<i>9.63</i>	<i>401</i>
<i>Rio de Janeiro</i>	<i>43.17</i>	<i>22.92</i>	<i>5</i>
<i>S. Rita de Cássia</i>	<i>44.52</i>	<i>11.02</i>	<i>550</i>
<i>São Carlos</i>	<i>47.88</i>	<i>22.02</i>	<i>856</i>

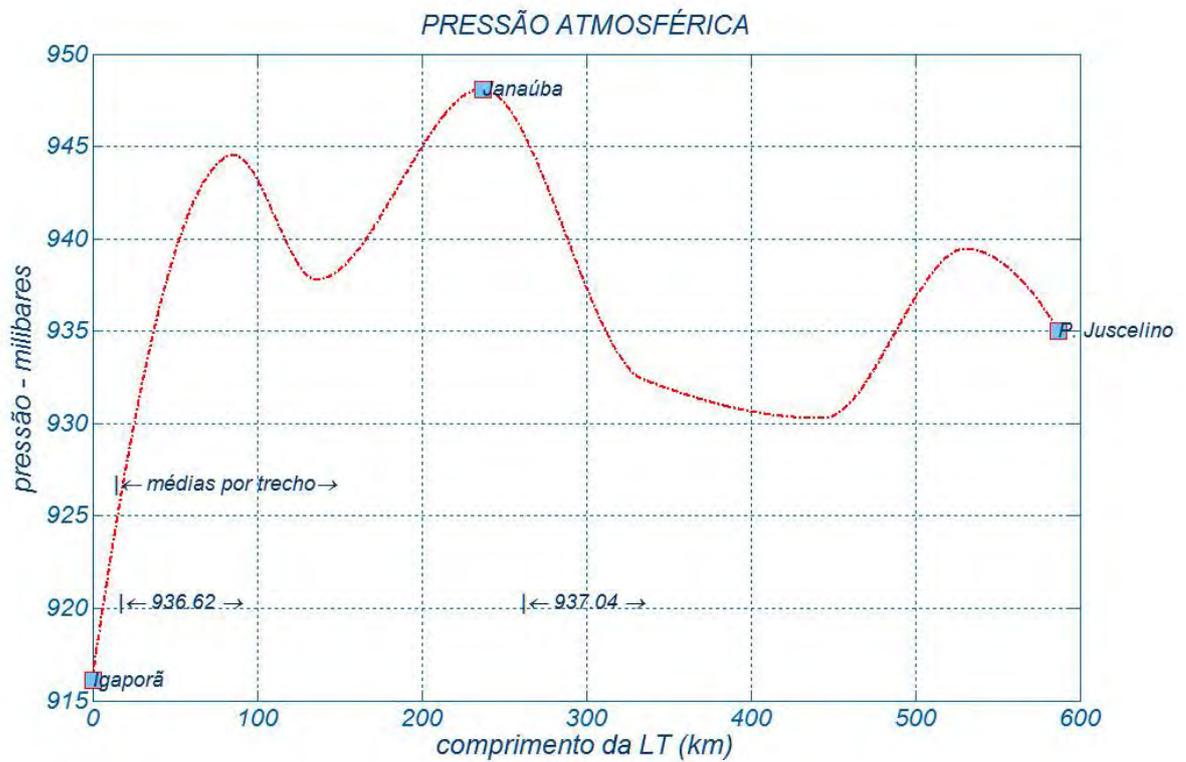
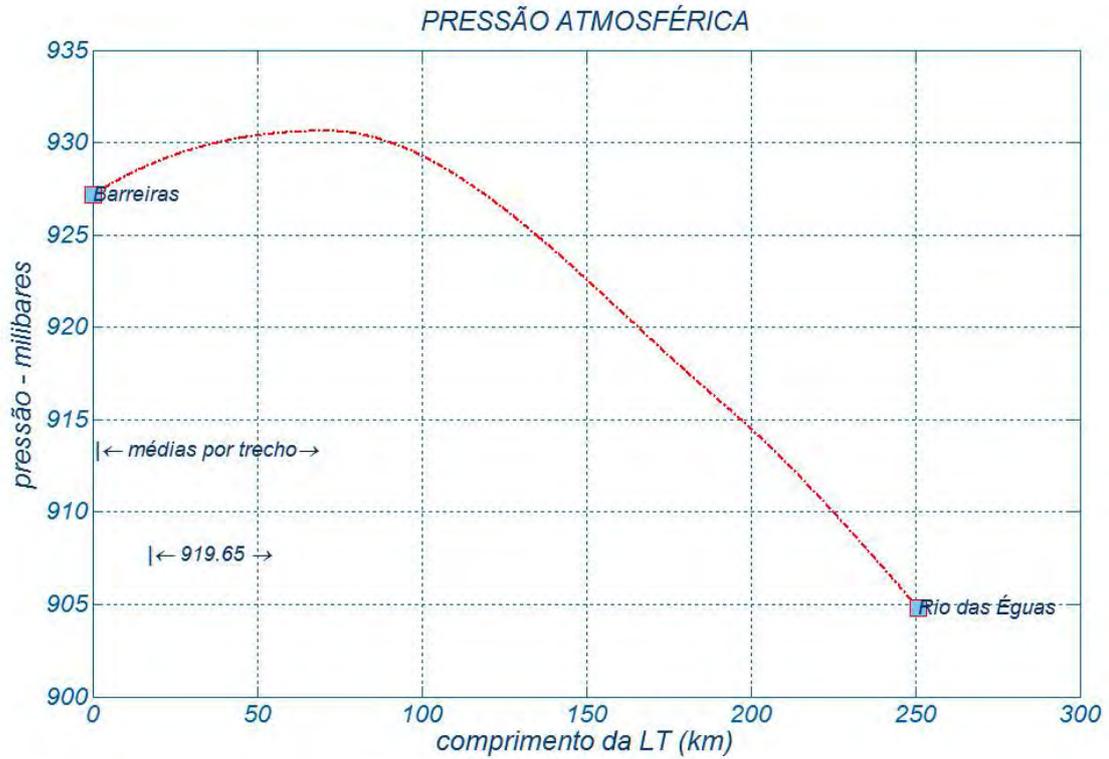
Tabela 2 - Características das estações meteorológicas(cont)

<i>cidade</i>	<i>longitude (graus)</i>	<i>latitude (graus)</i>	<i>altitude (m)</i>
<i>São Lourenço</i>	<i>45.02</i>	<i>22.10</i>	<i>900</i>
<i>São Simão</i>	<i>47.55</i>	<i>21.48</i>	<i>617</i>
<i>Senhor do Bonfim</i>	<i>40.18</i>	<i>10.47</i>	<i>558</i>
<i>Sete Lagoas</i>	<i>44.25</i>	<i>19.47</i>	<i>732</i>
<i>Taguatinga</i>	<i>46.43</i>	<i>12.40</i>	<i>604</i>
<i>Teófilo Otoni</i>	<i>41.52</i>	<i>17.85</i>	<i>356</i>
<i>Uberaba</i>	<i>47.92</i>	<i>19.75</i>	<i>743</i>
<i>Vassouras</i>	<i>43.67</i>	<i>22.33</i>	<i>437</i>
<i>Vigosa</i>	<i>42.85</i>	<i>20.75</i>	<i>690</i>
<i>Vitória</i>	<i>40.33</i>	<i>20.32</i>	<i>36</i>
<i>Vitória Conquista</i>	<i>40.88</i>	<i>14.62</i>	<i>839</i>
<i>Ibicoara</i>	<i>41.23</i>	<i>13.26</i>	<i>900</i>
<i>Brotas</i>	<i>42.49</i>	<i>12.10</i>	<i>900</i>
<i>Gilbués</i>	<i>45.39</i>	<i>9.48</i>	<i>550</i>
<i>Ourolândia</i>	<i>41.16</i>	<i>10.86</i>	<i>600</i>
<i>Umburanas</i>	<i>41.56</i>	<i>10.68</i>	<i>1000</i>
<i>Graúnas</i>	<i>40.63</i>	<i>10.92</i>	<i>900</i>
<i>Japerí</i>	<i>43.66</i>	<i>22.64</i>	<i>100</i>
<i>Rio do Ouro</i>	<i>42.67</i>	<i>11.28</i>	<i>850</i>

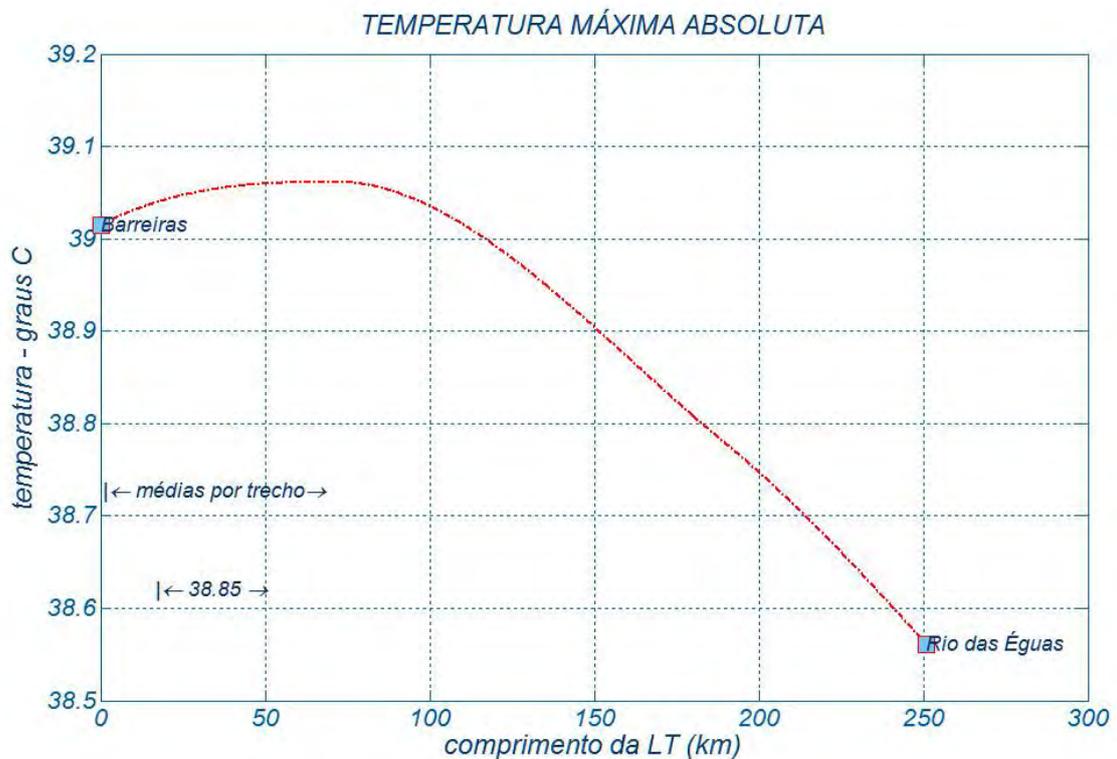
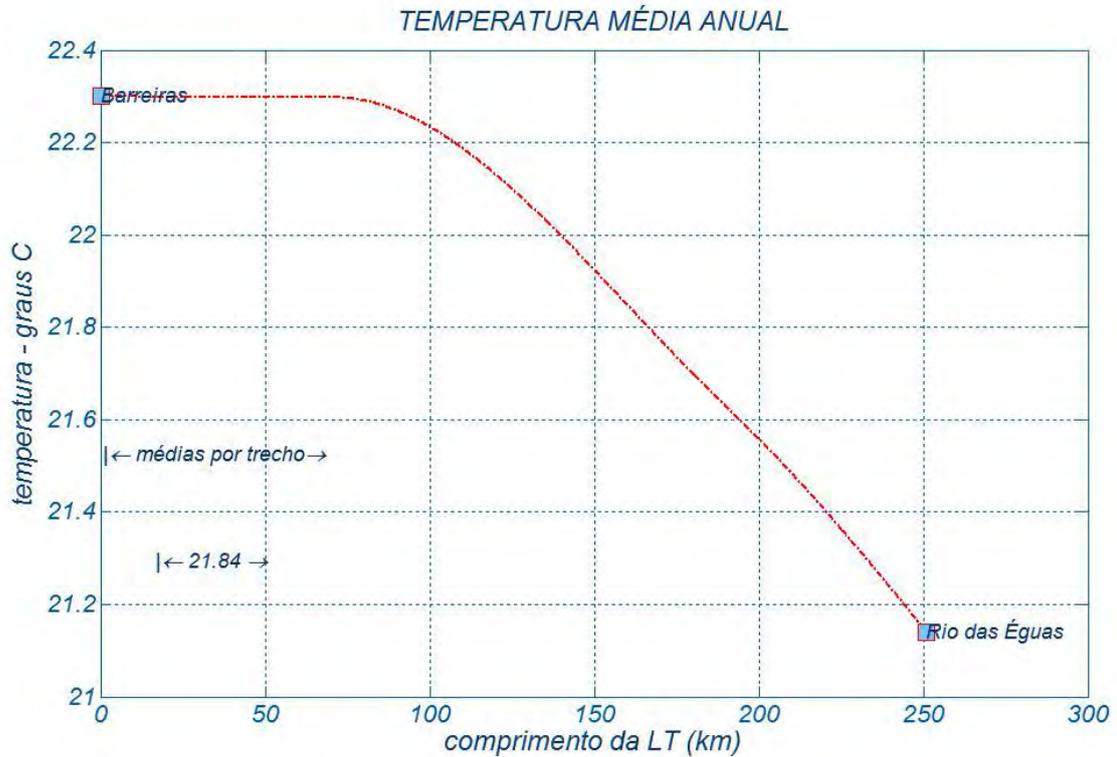
Anexo 3 Altitudes

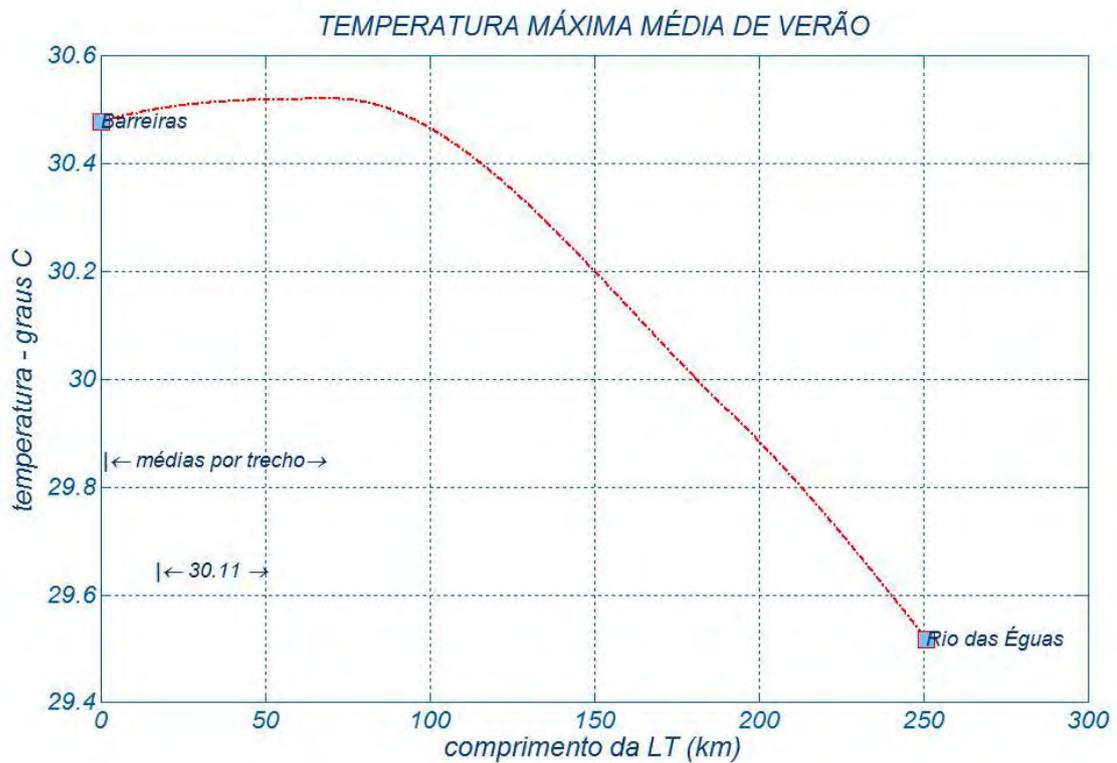
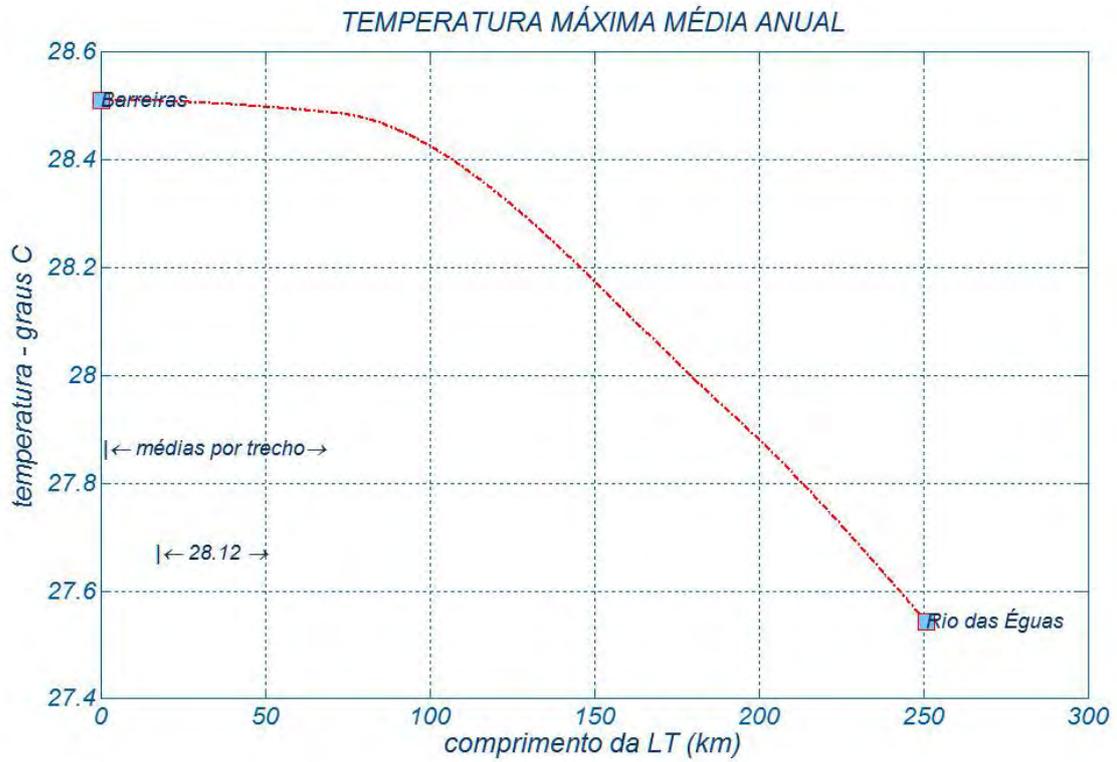


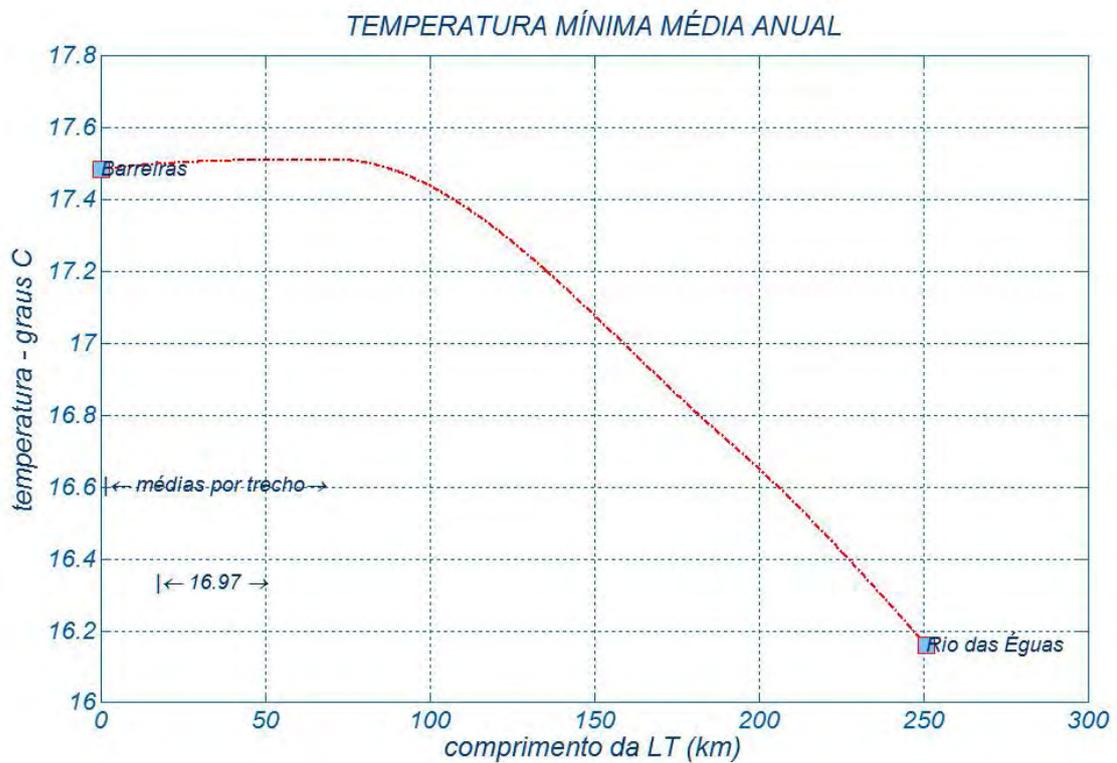
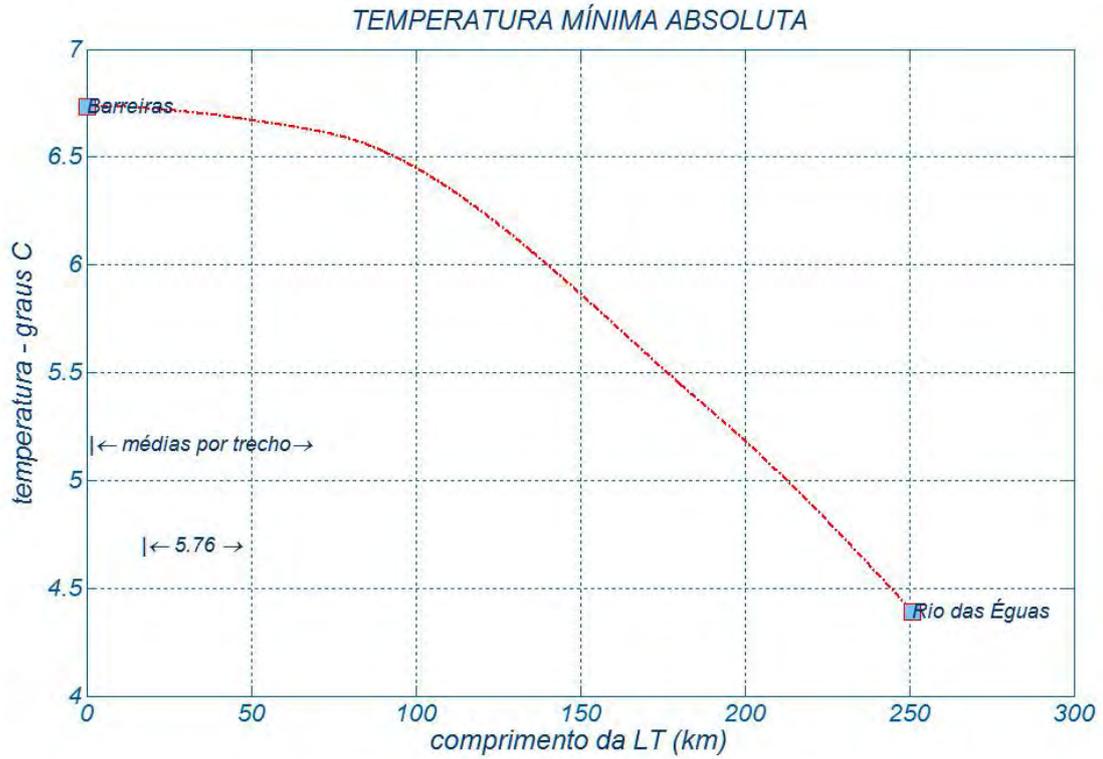
Anexo 4 Pressões atmosféricas

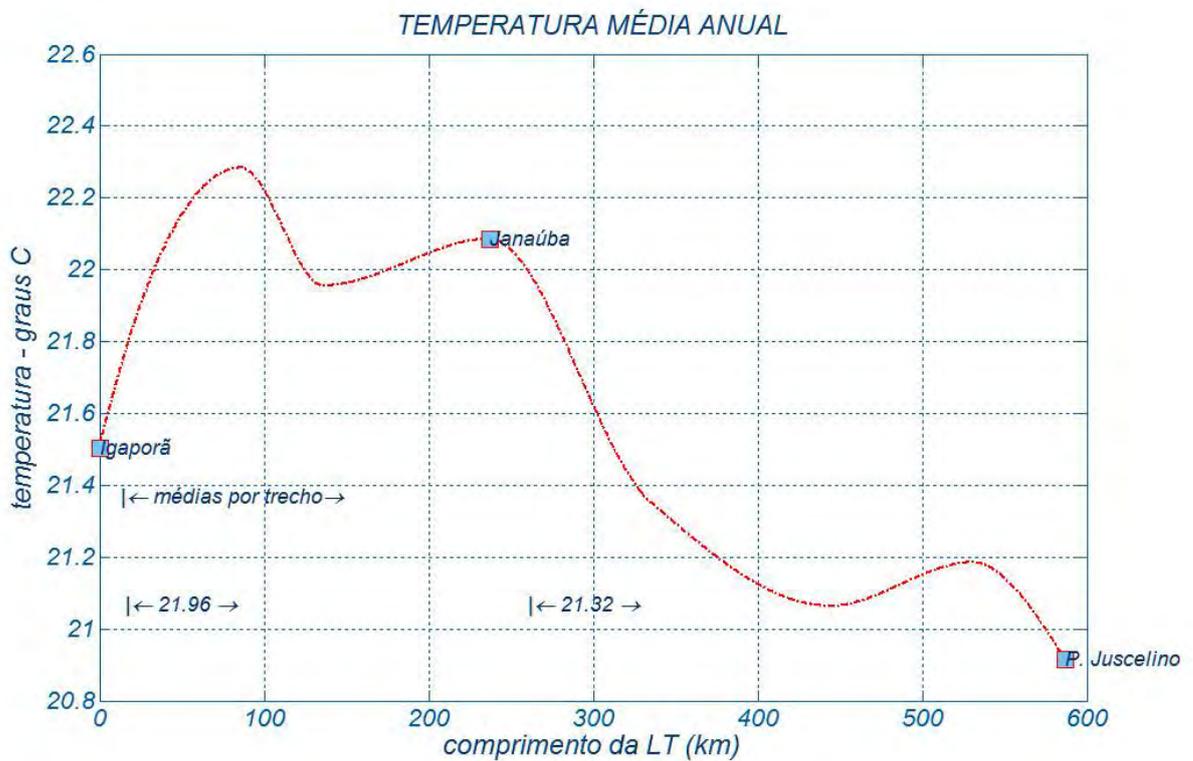
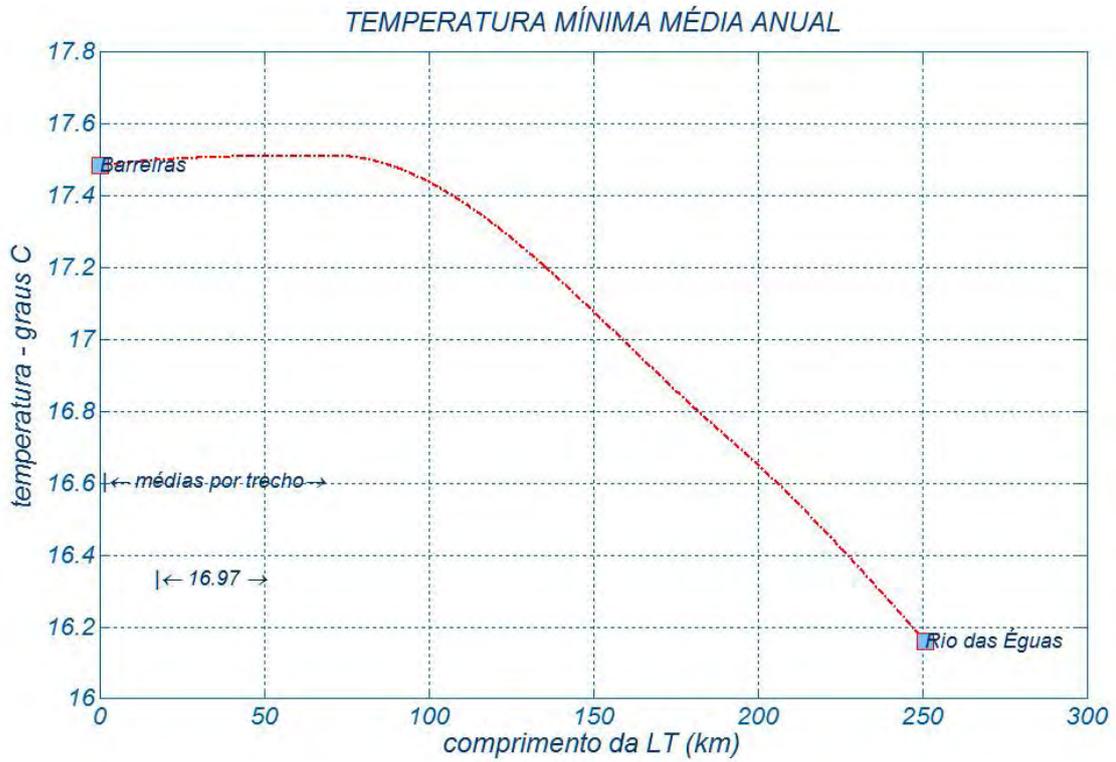


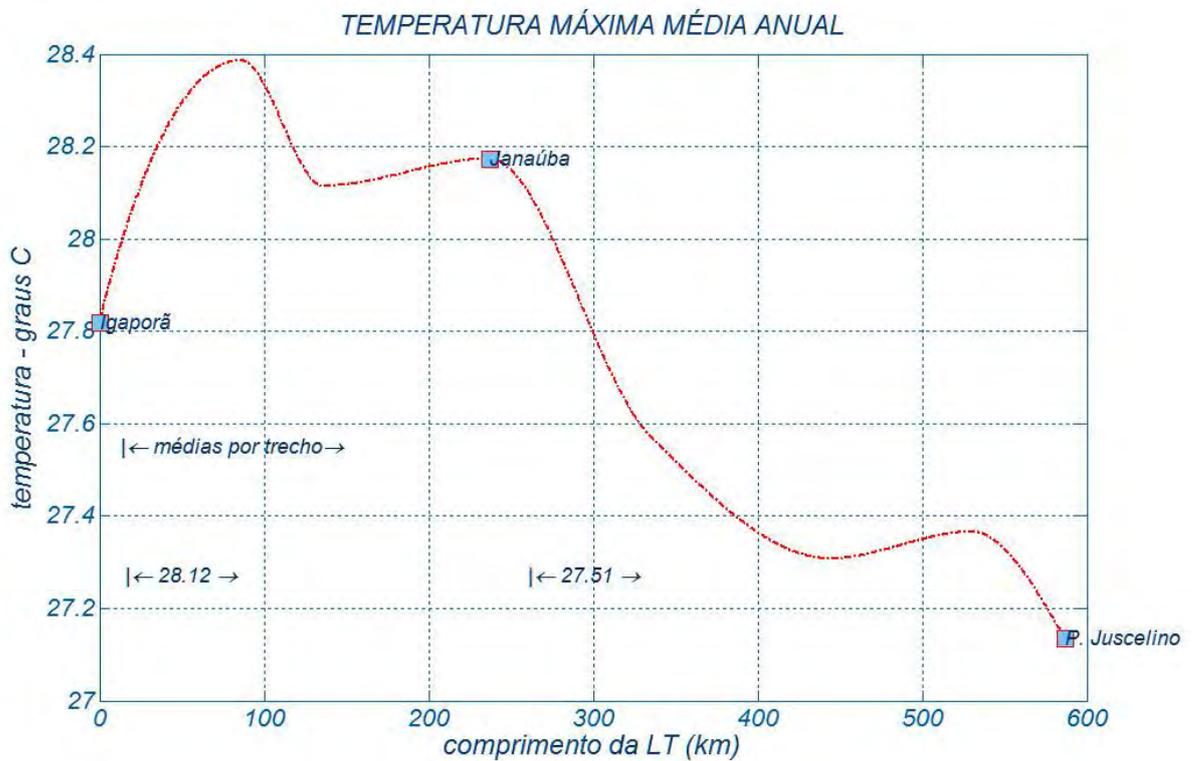
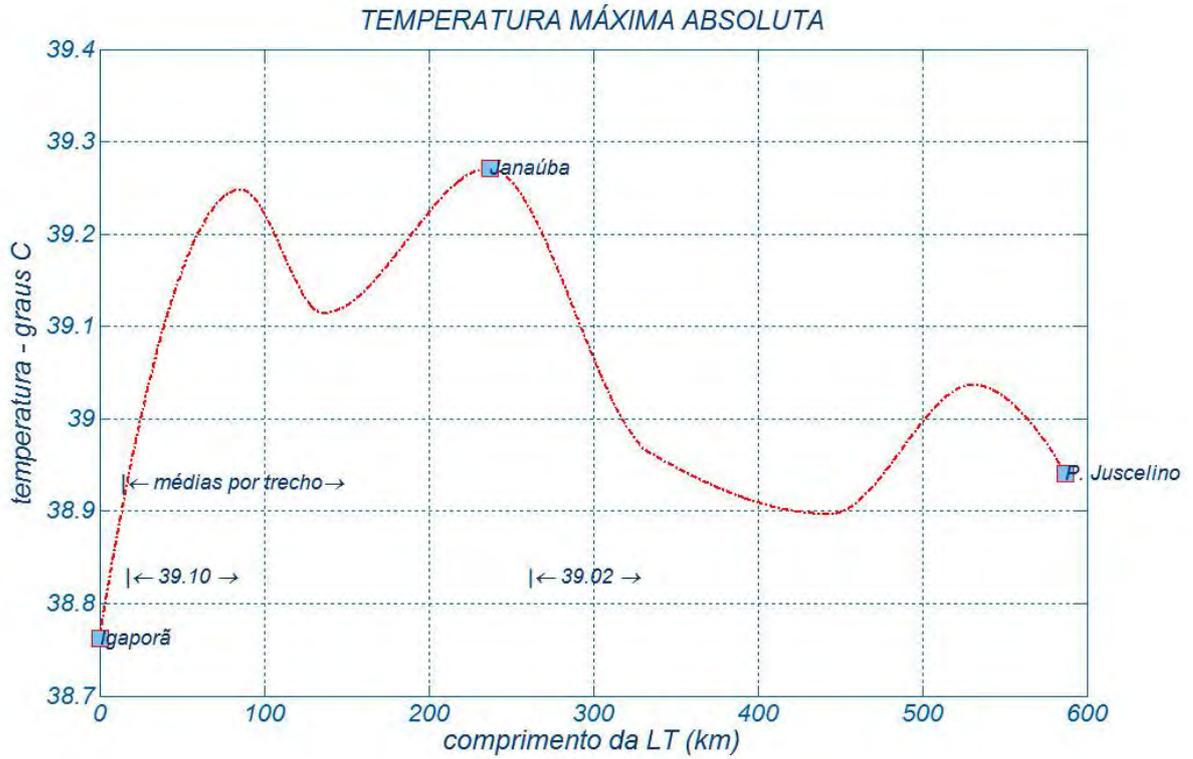
Anexo 5 Temperaturas ambientes

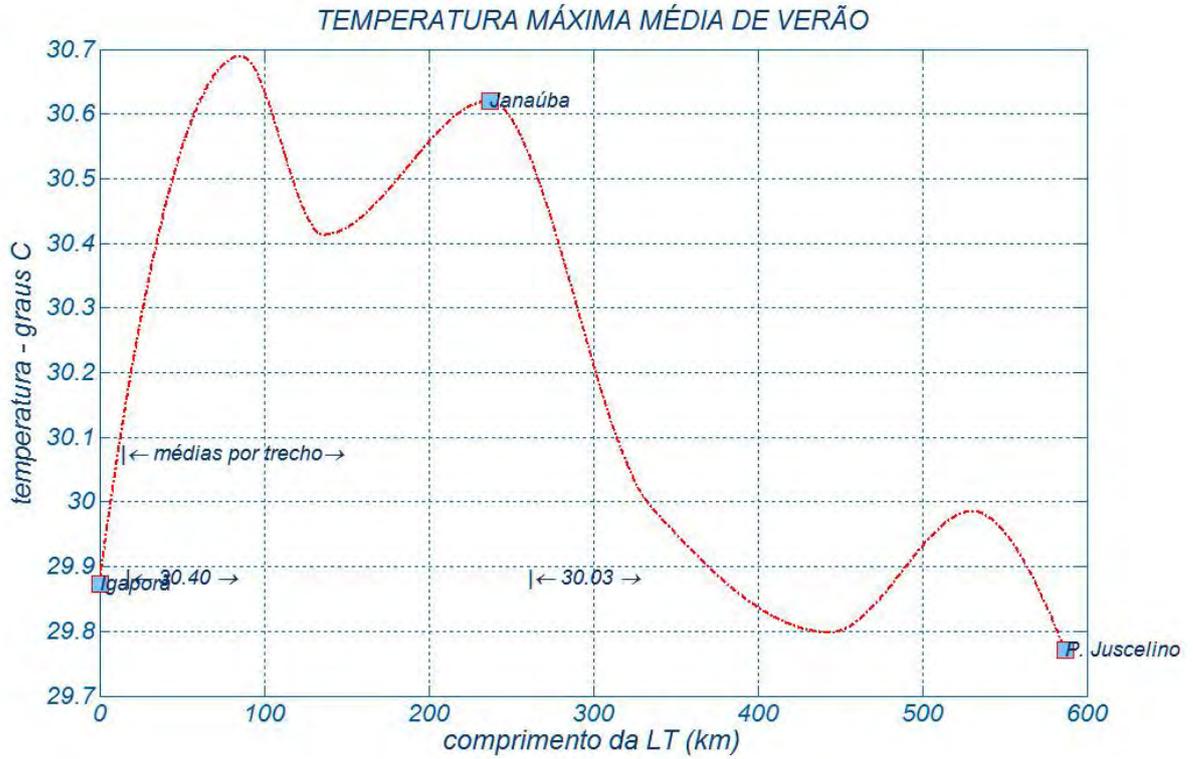




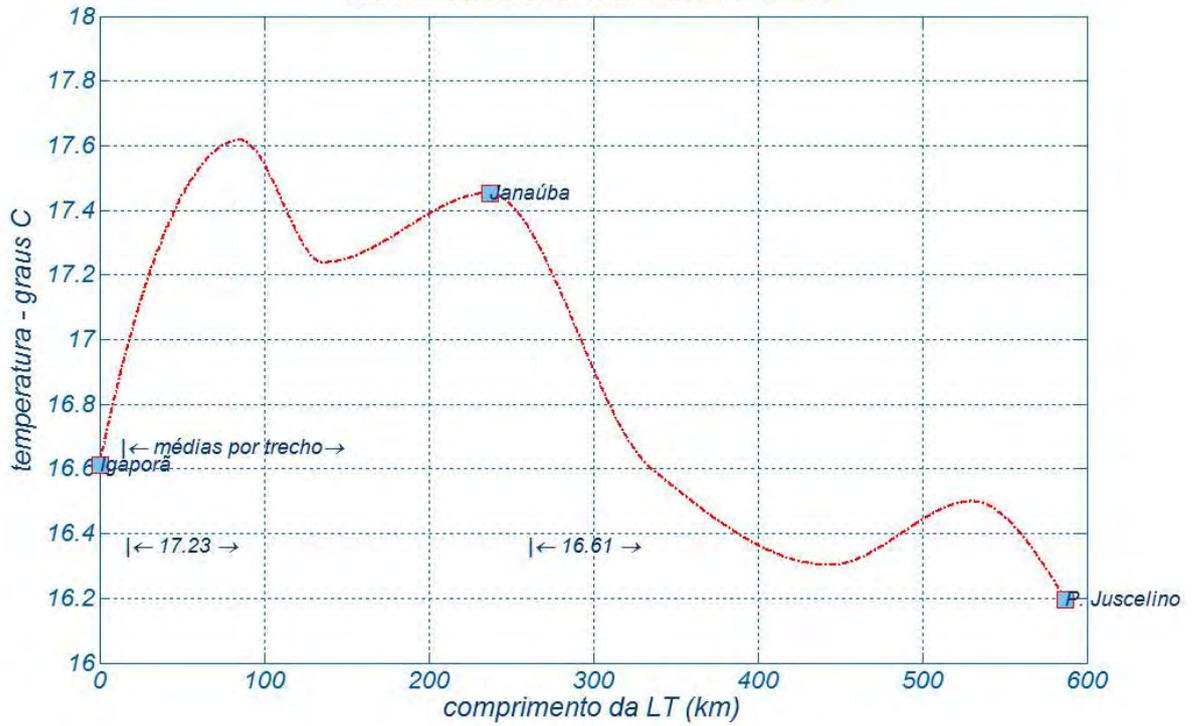




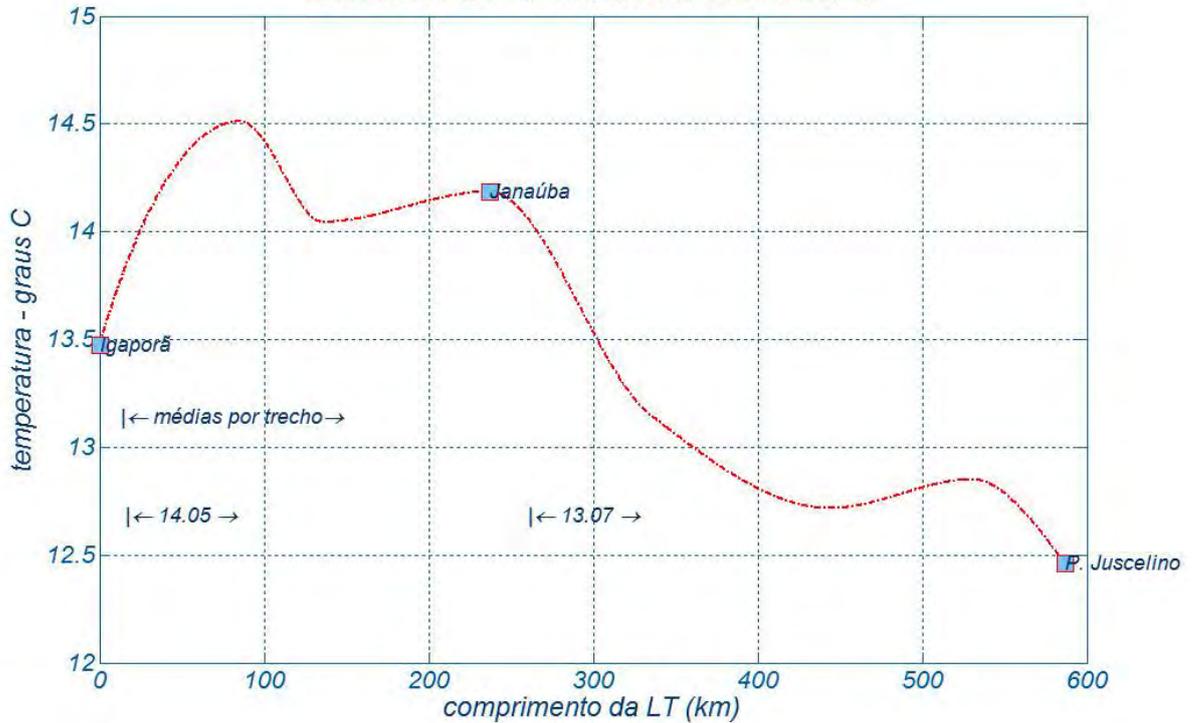




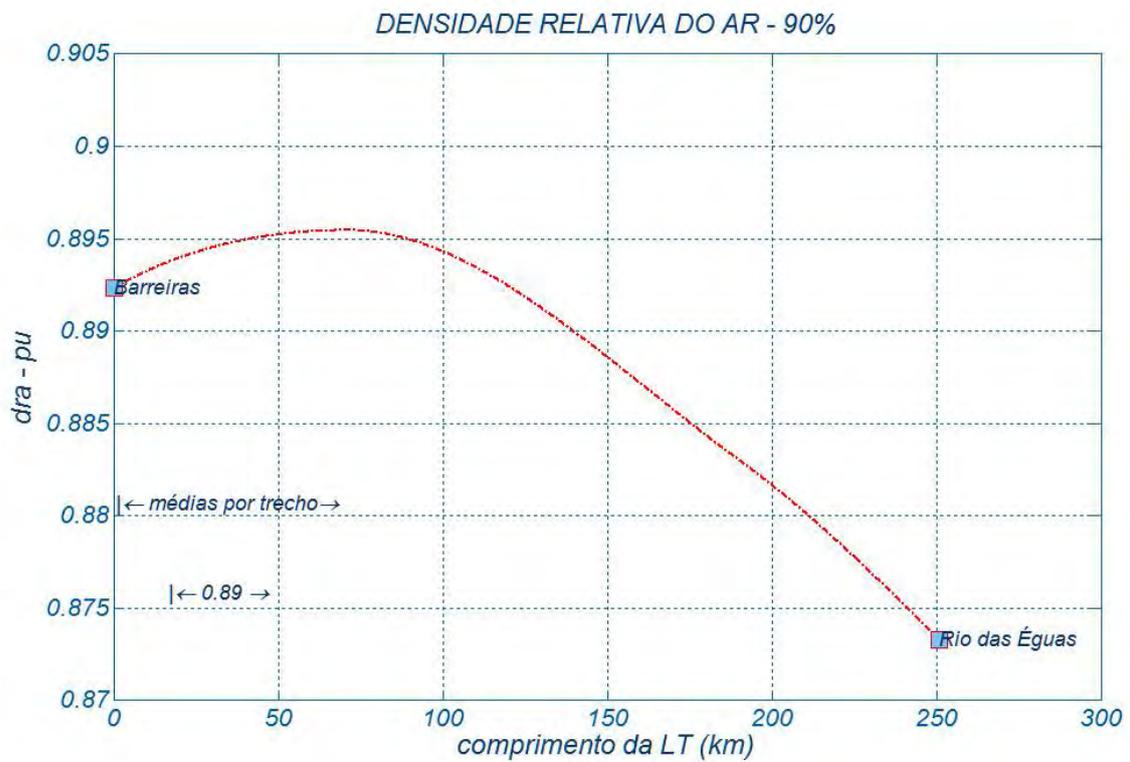
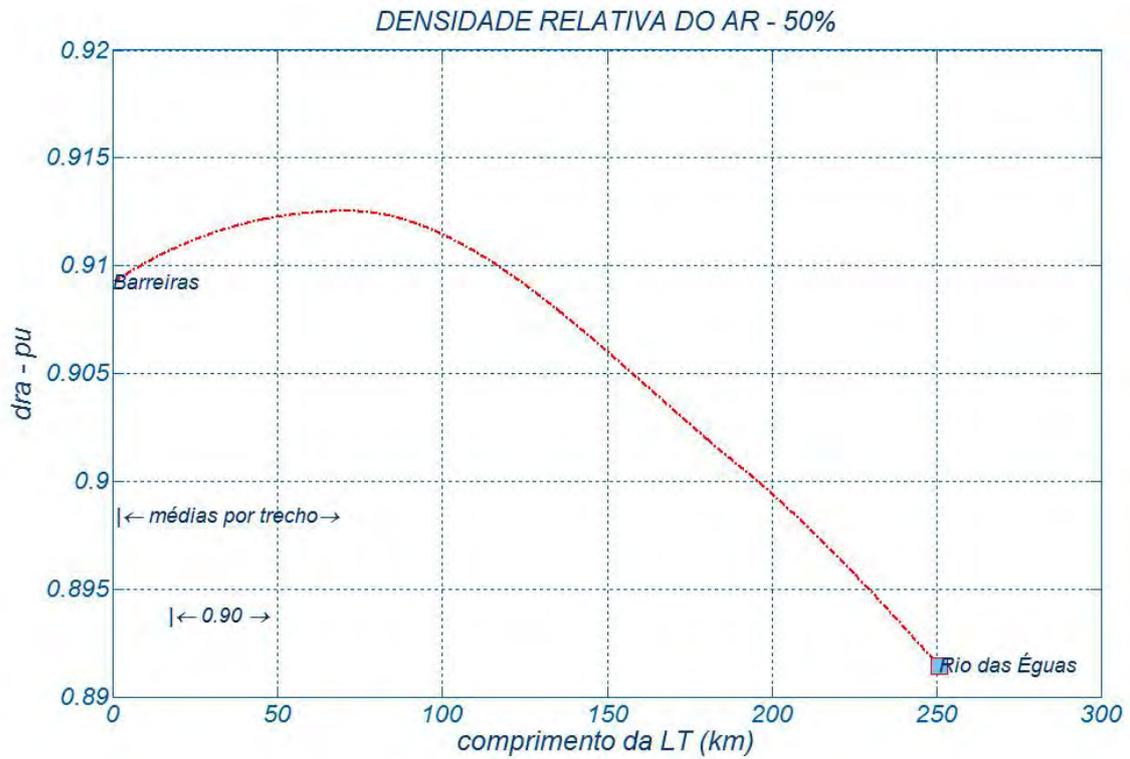
TEMPERATURA MÍNIMA MÉDIA ANUAL

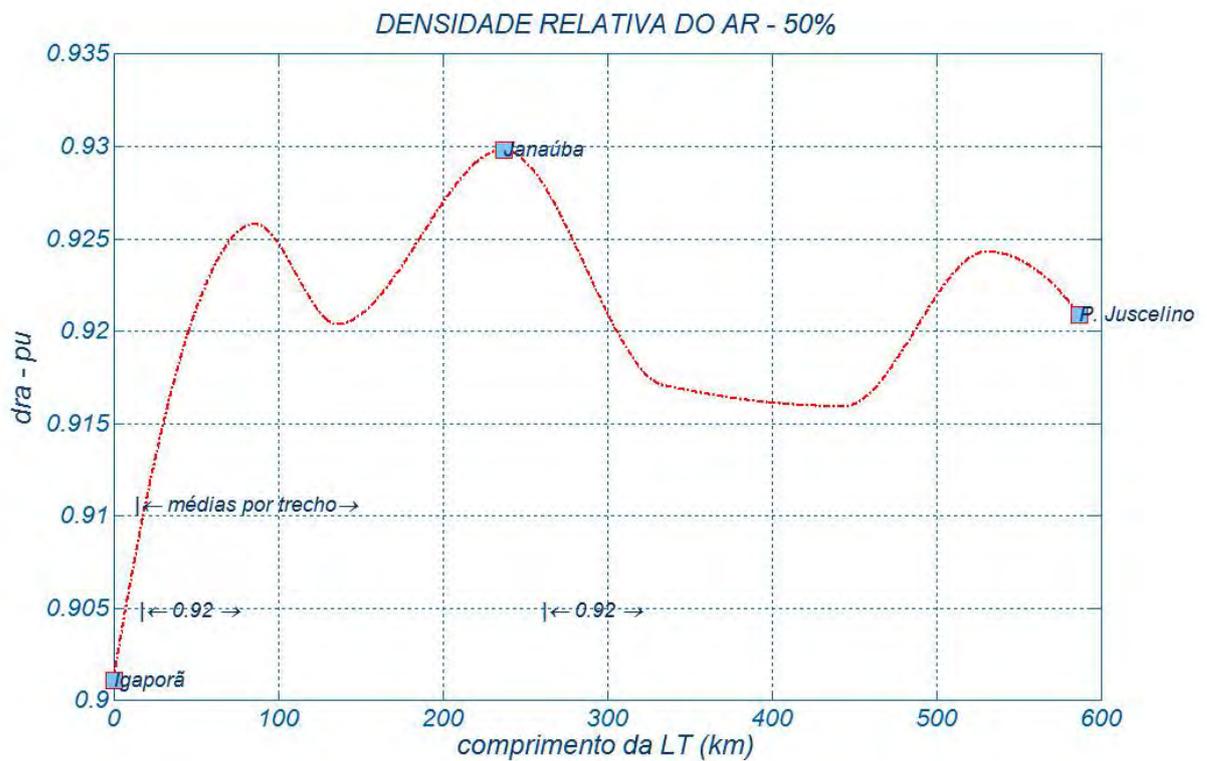
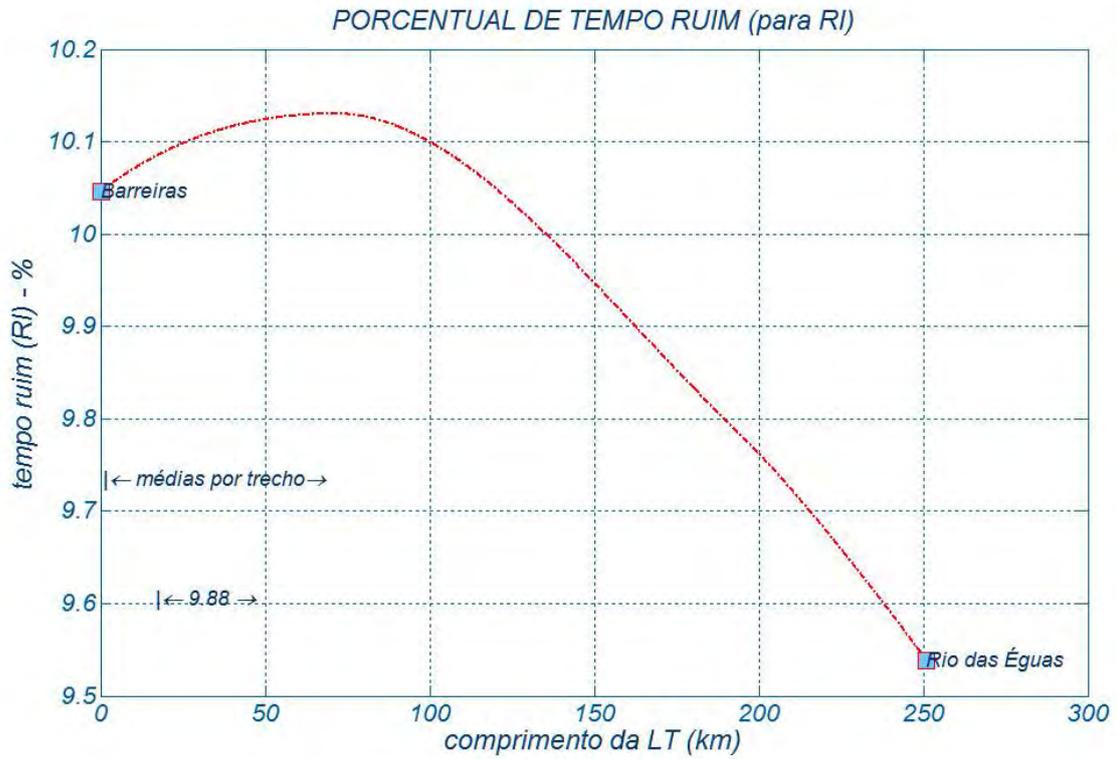


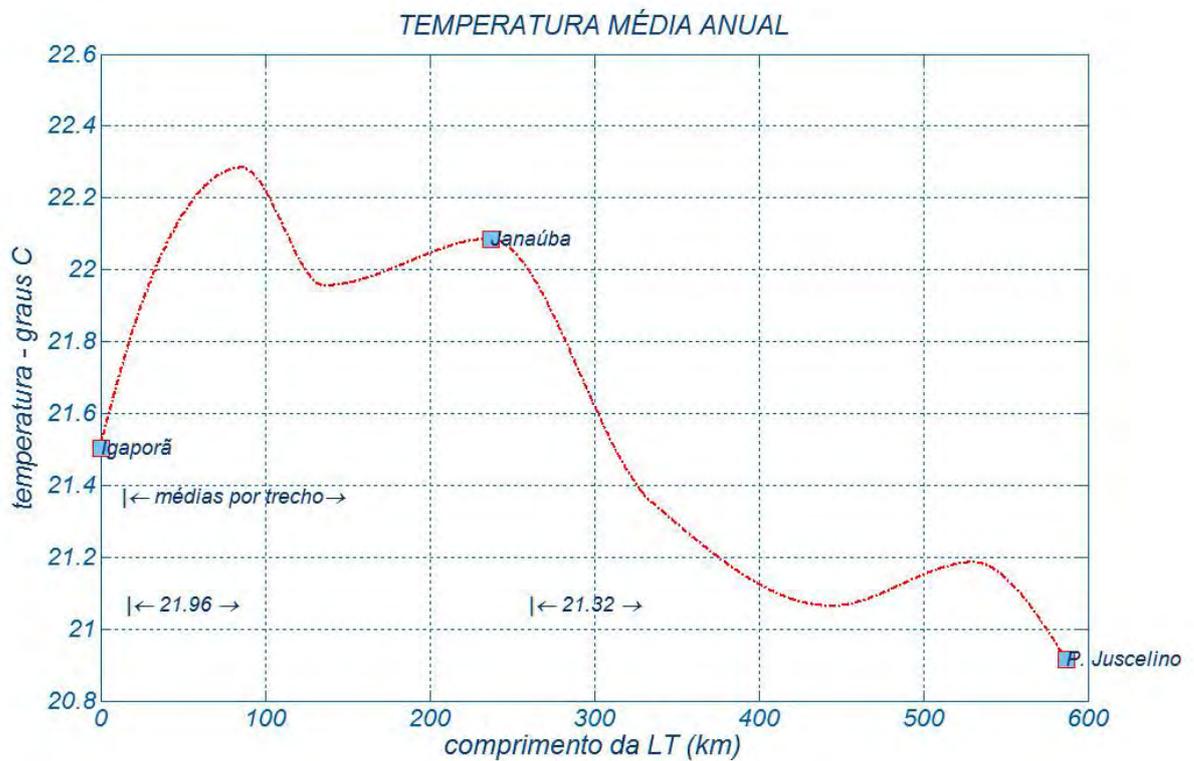
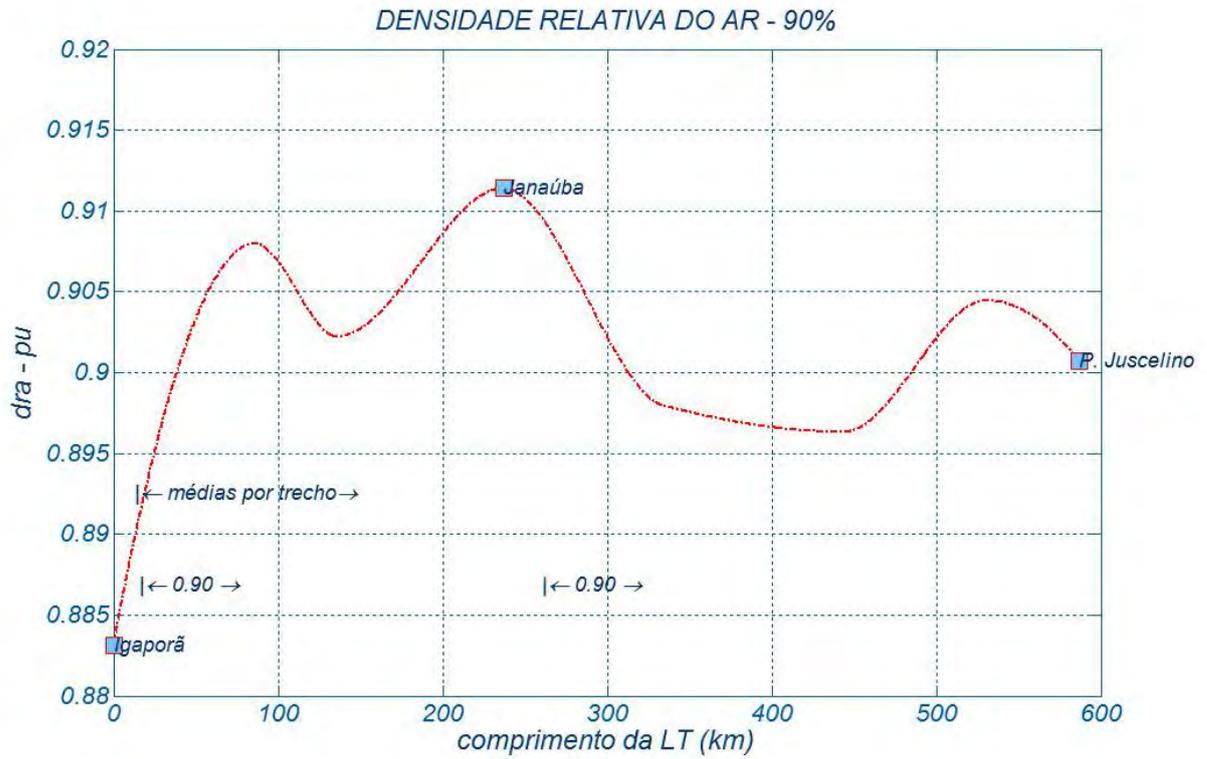
TEMPERATURA MÍNIMA MÉDIA DE INVERNO



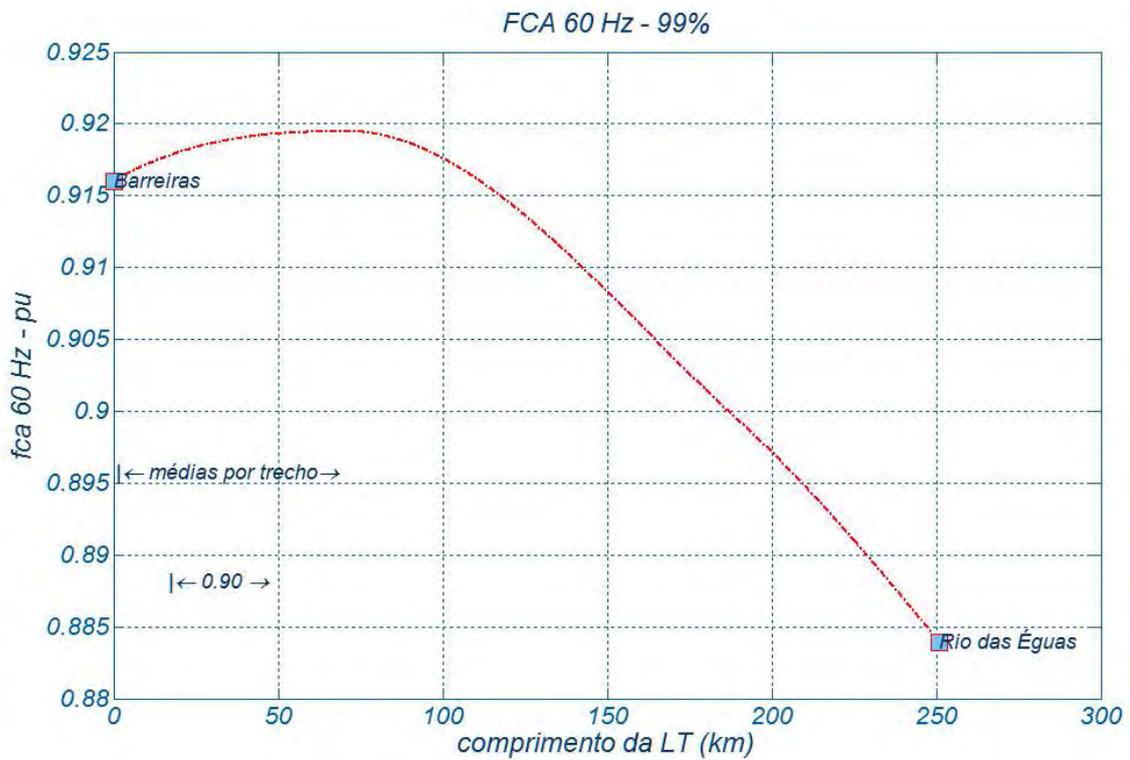
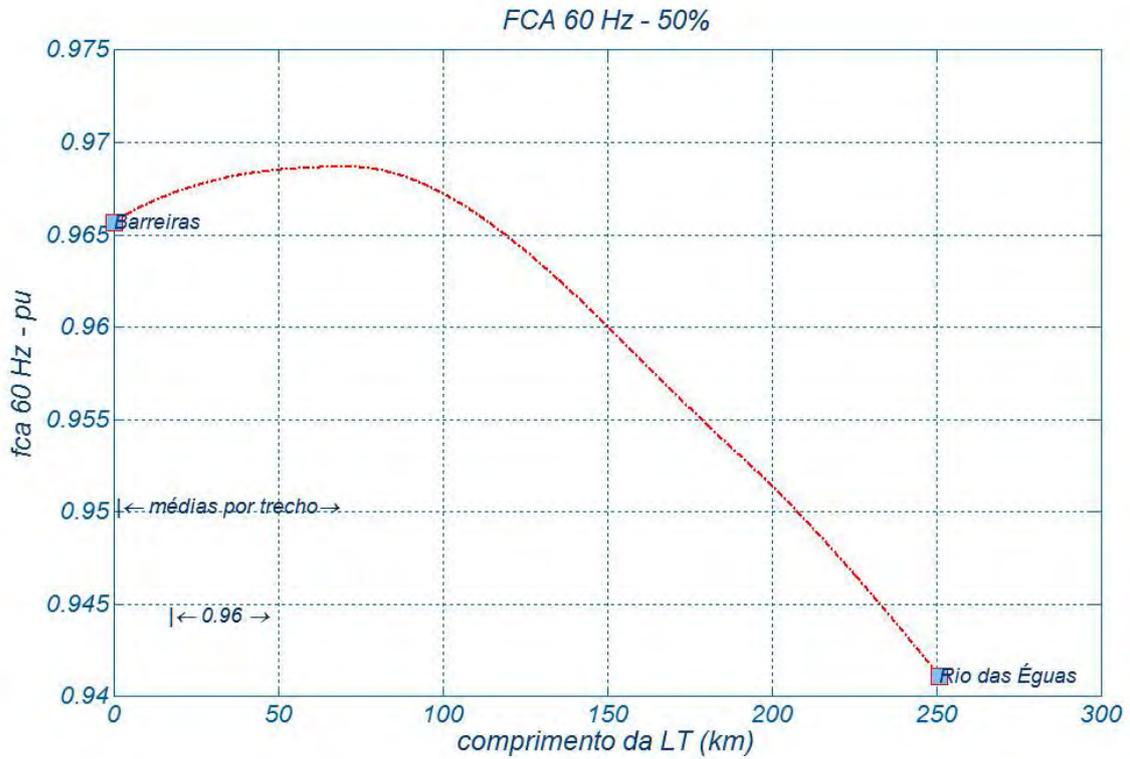
Anexo 6 DRAs e de “tempo - ruim”

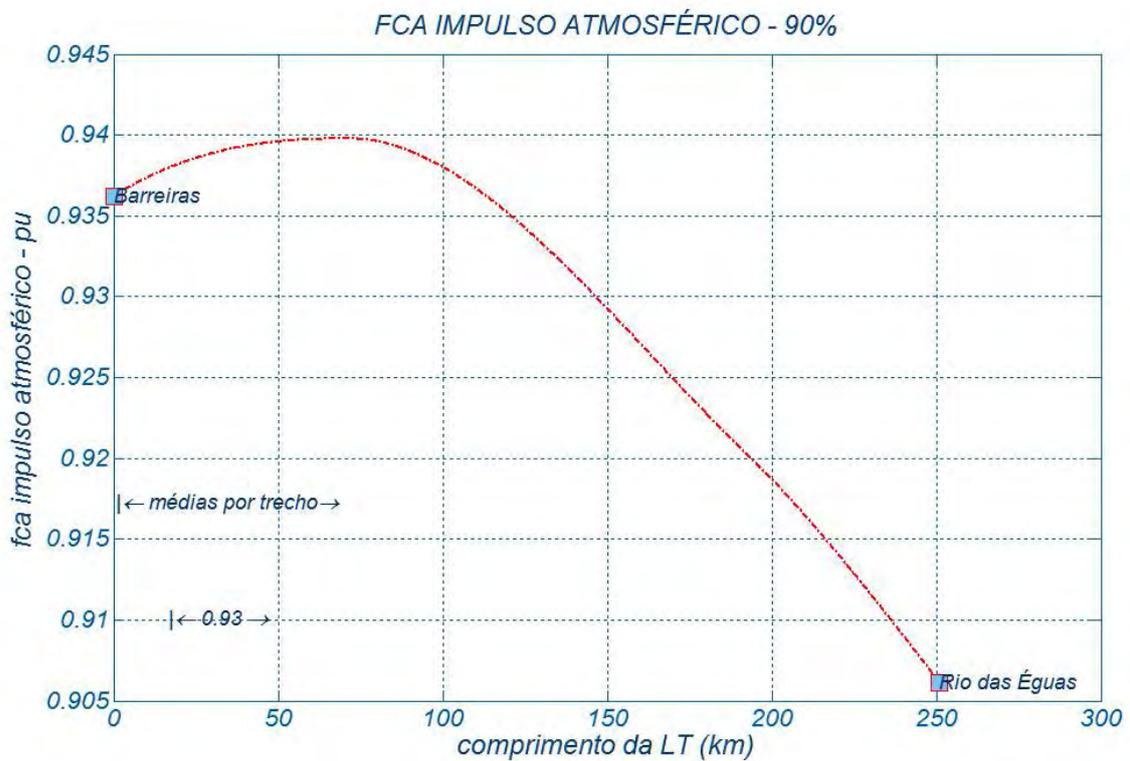
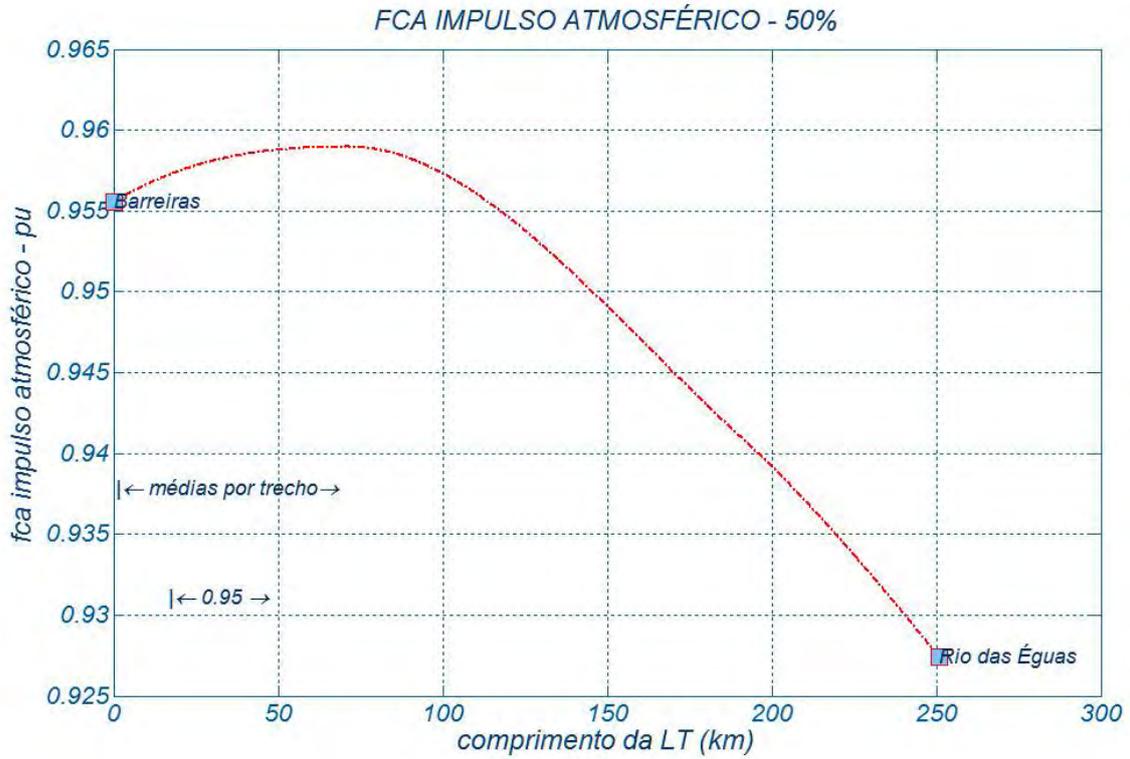




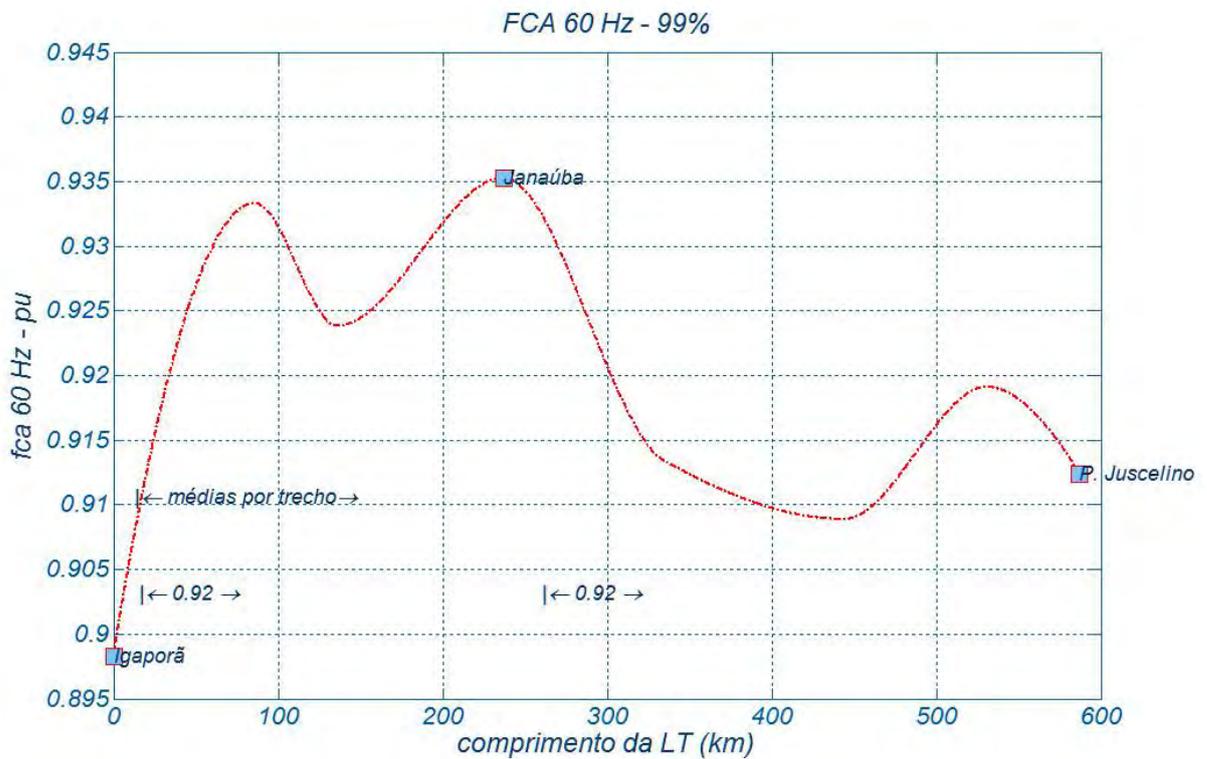
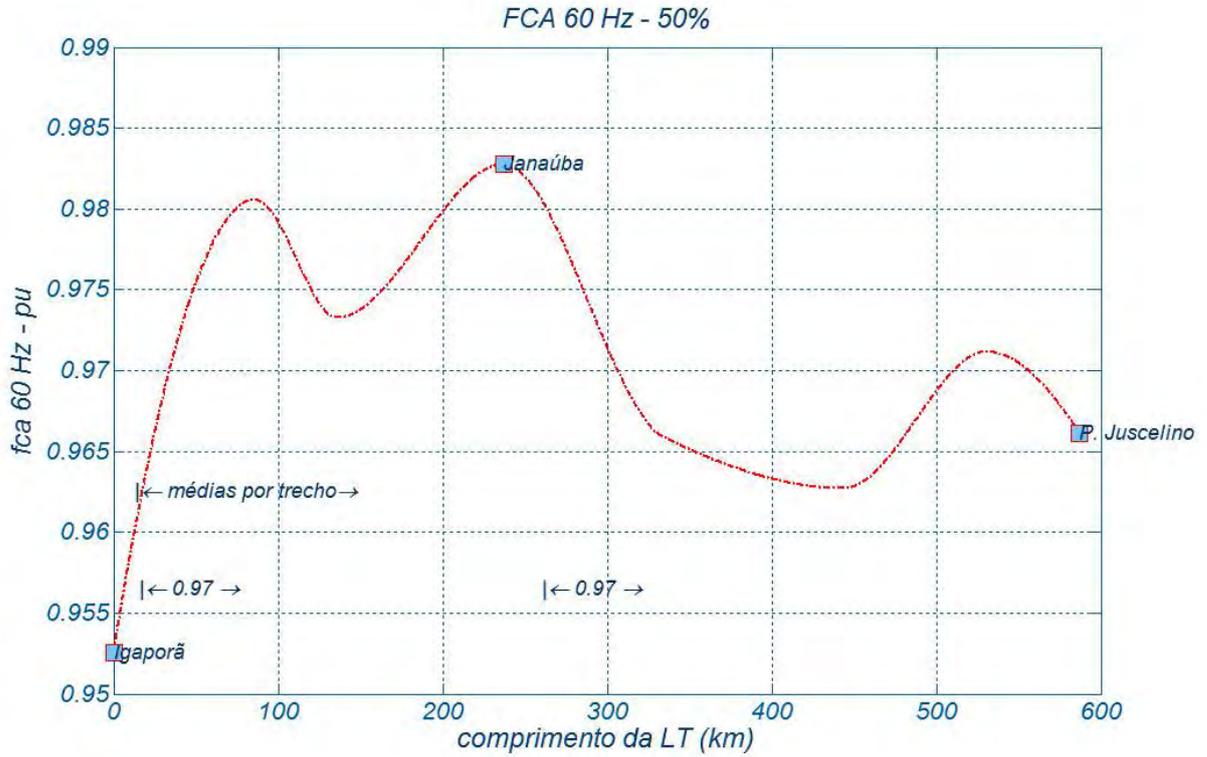


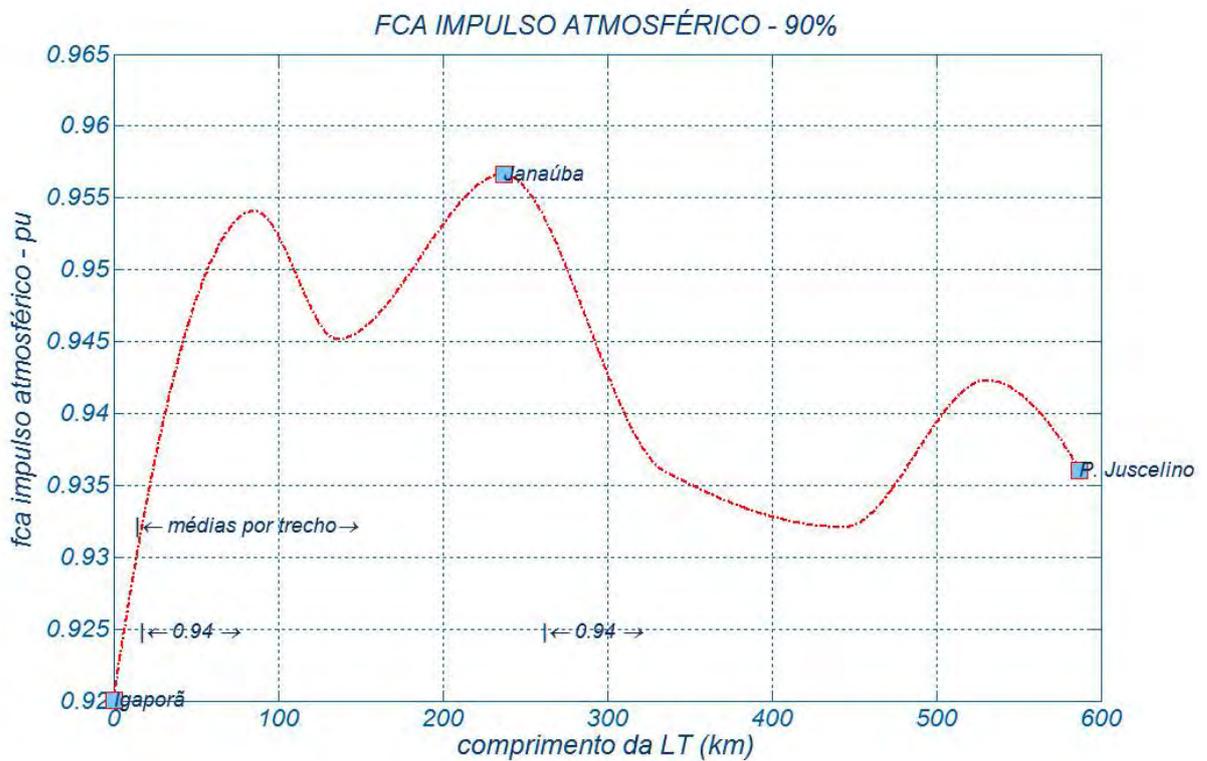
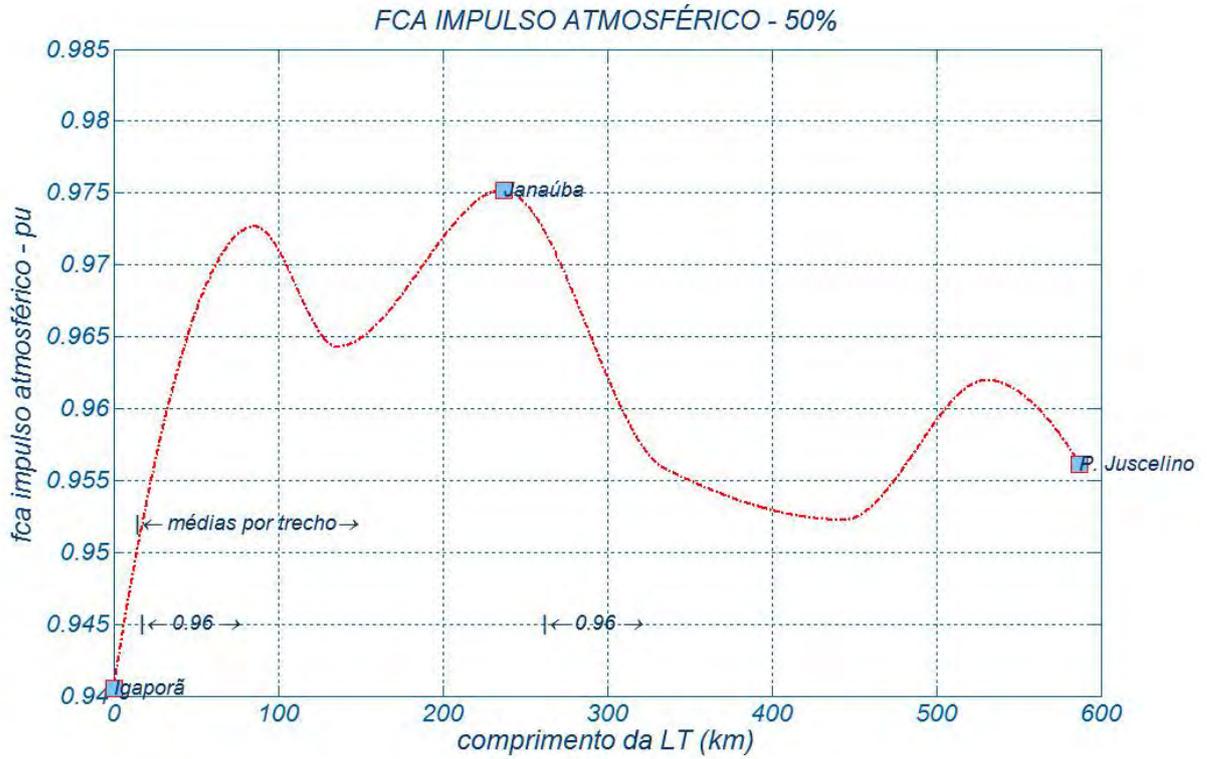
Anexo 7 Fatores de correção atmosféricos

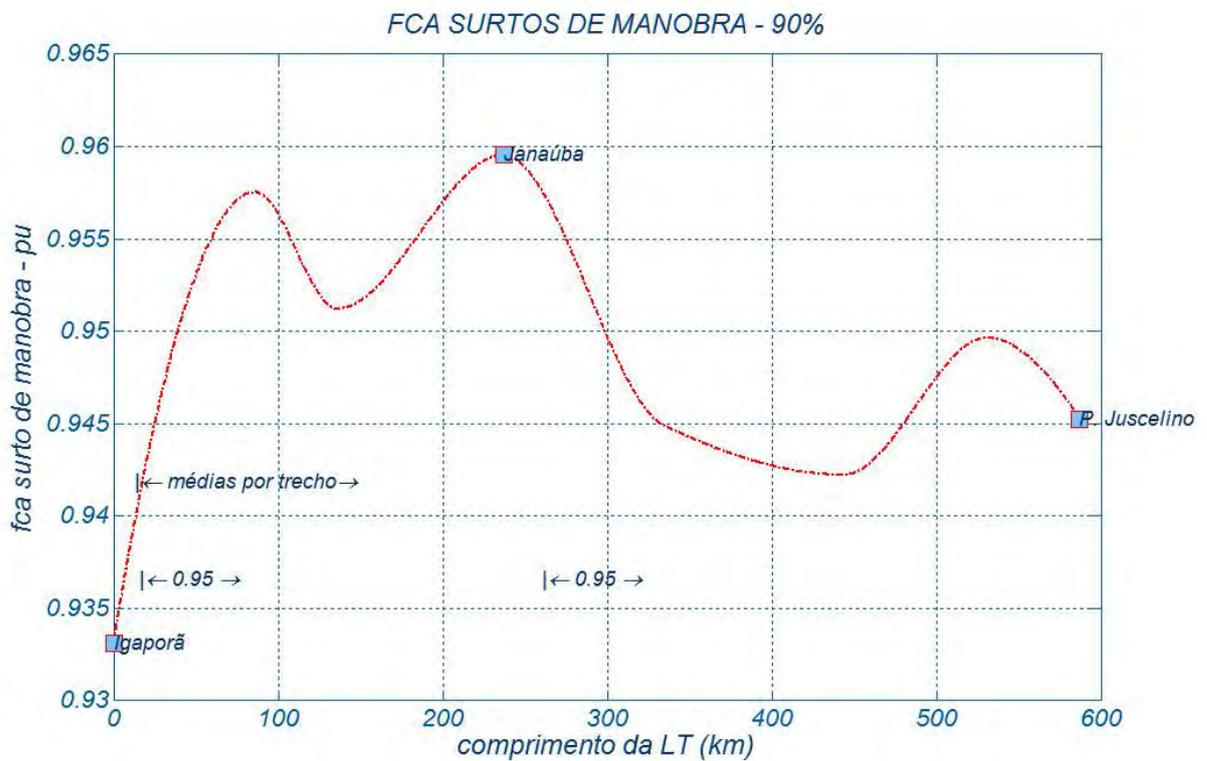
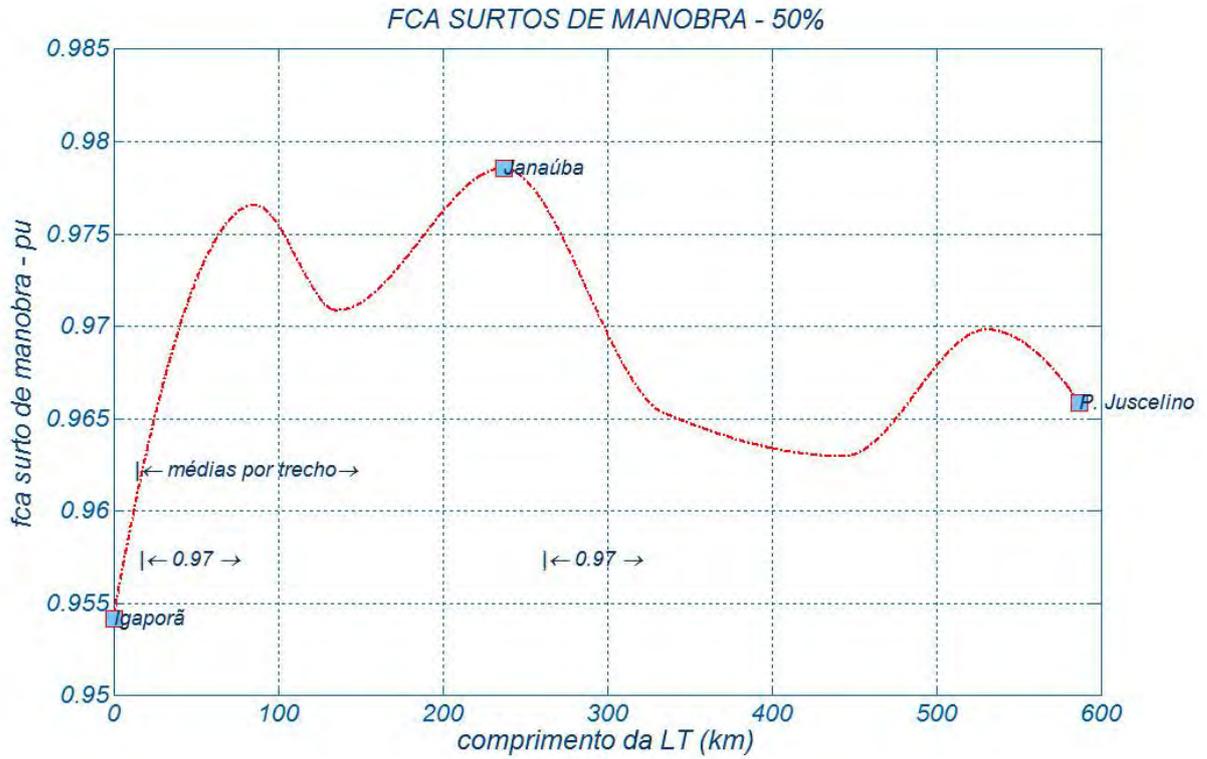




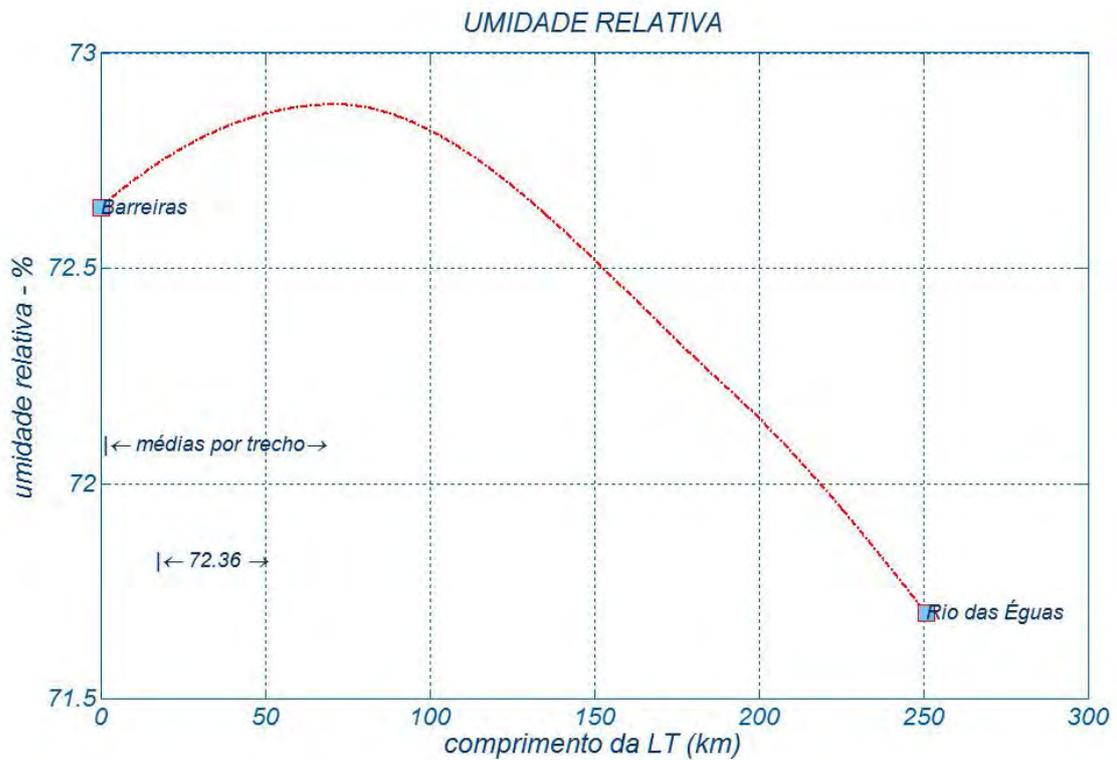
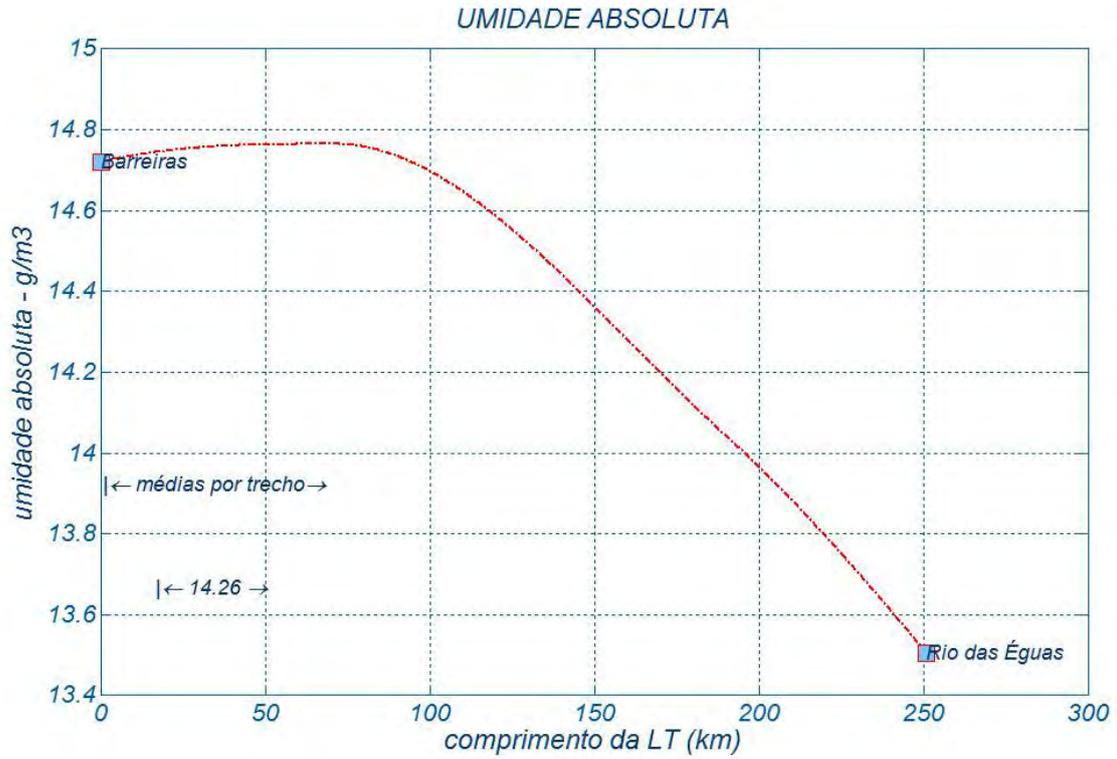


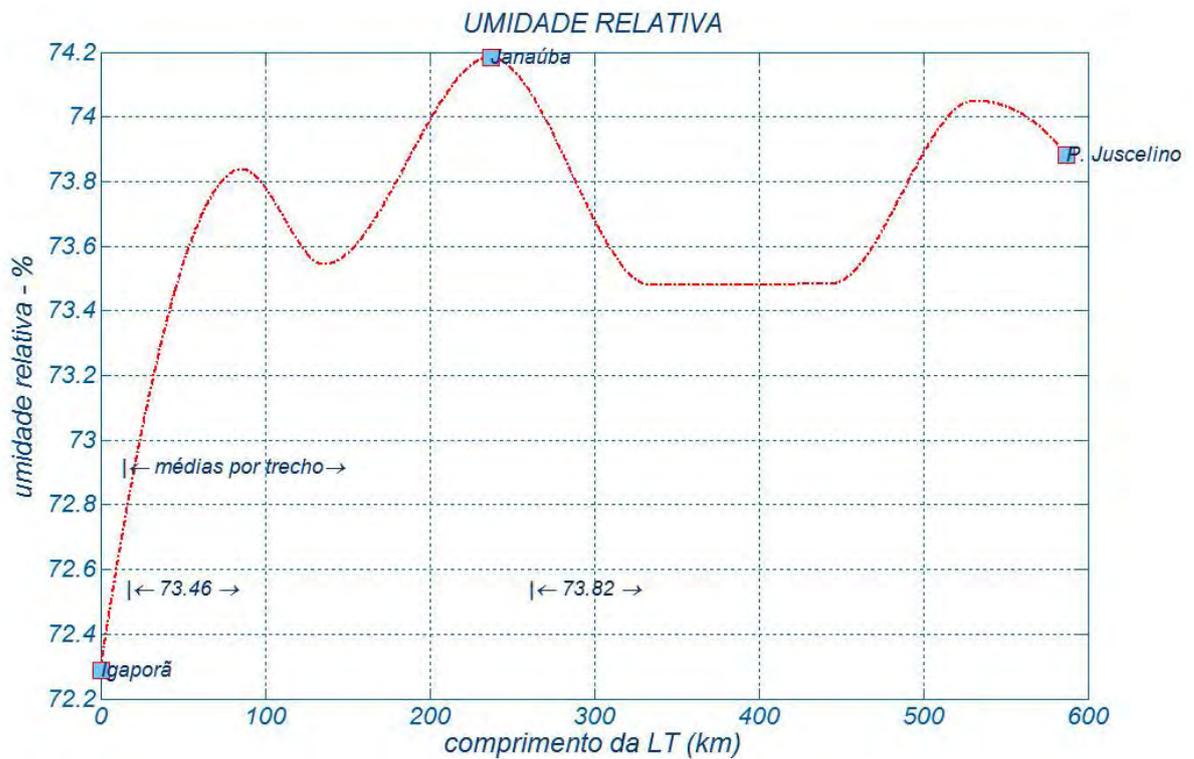
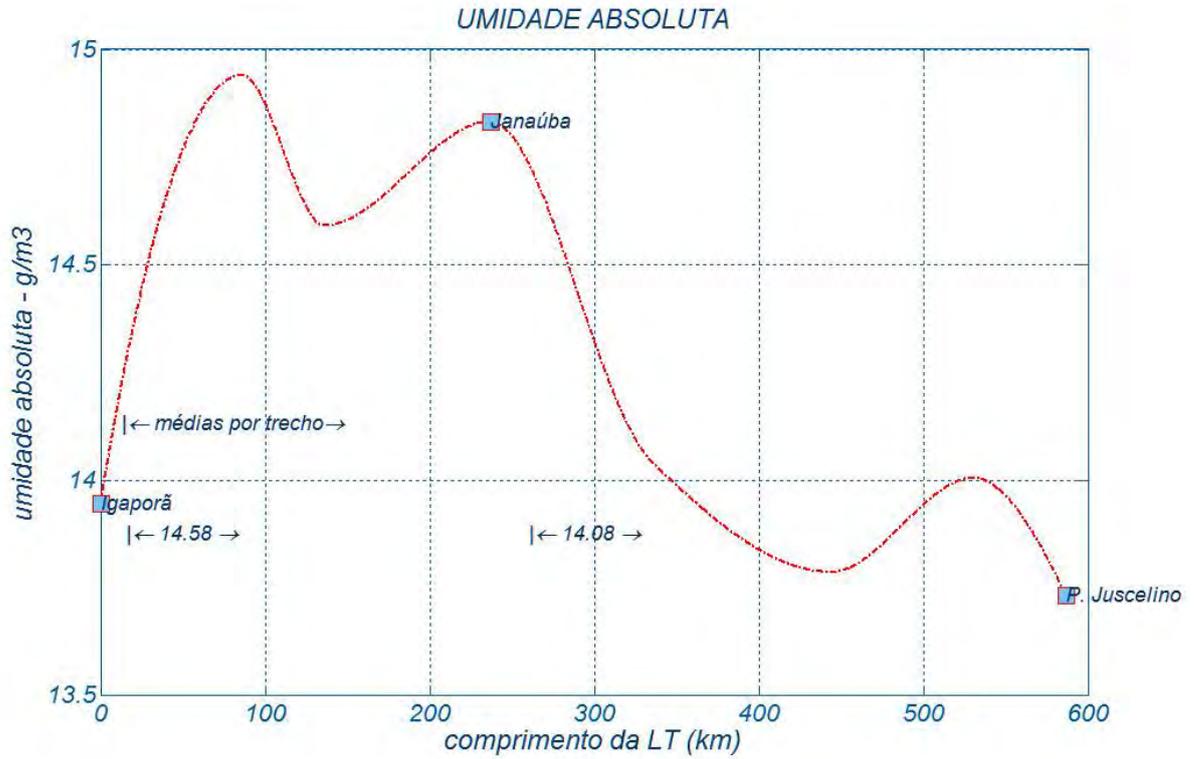


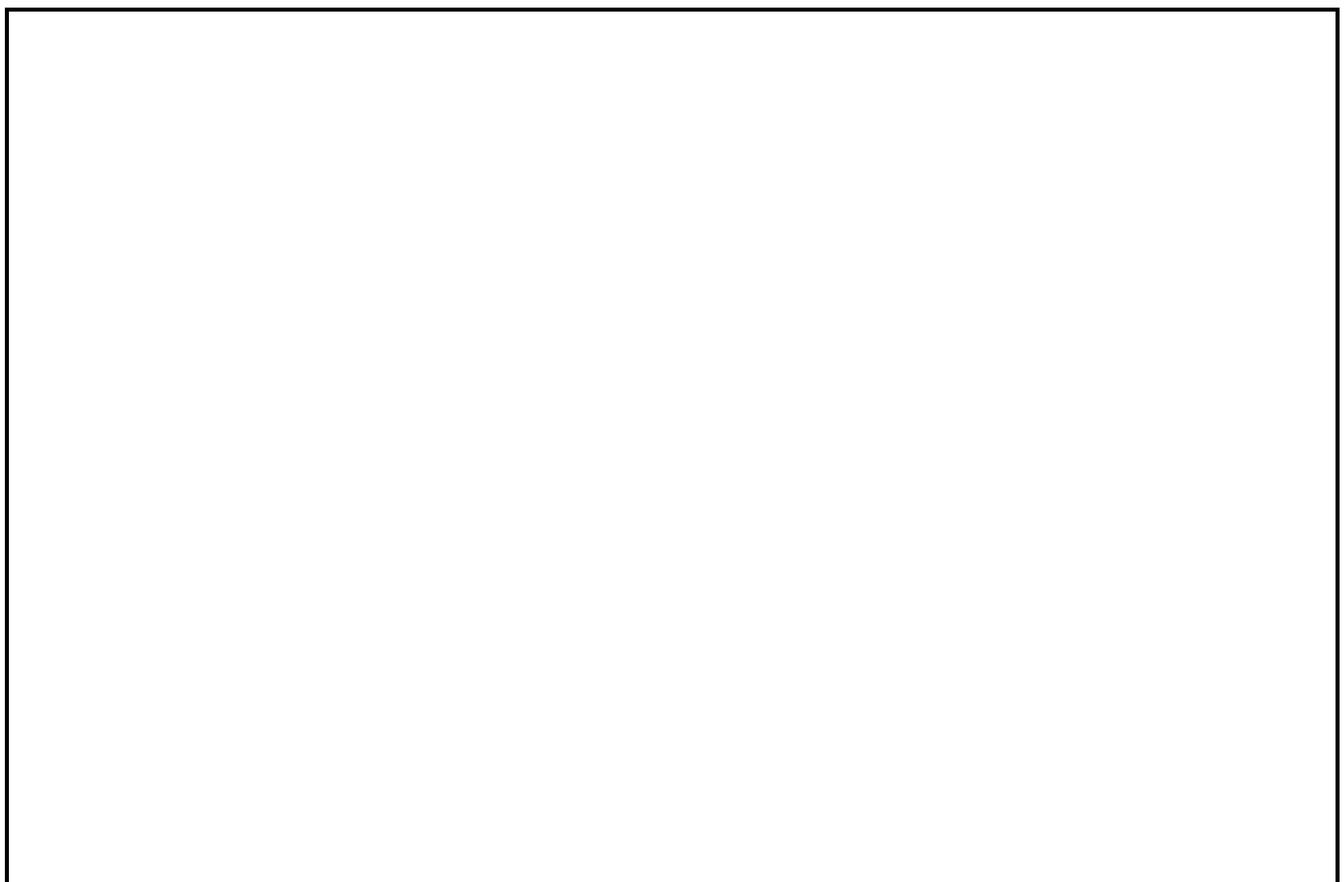




Anexo 8 Umidades do ar







Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
01	03/05/17	Atendimento aos comentários da EP e indicação de paralelismo	AQ	JCS	
00	22/02/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	



EQUATORIAL TRANSMISSORA X SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	22/02/17

TÍTULO

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
Lote 15 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO VELOCIDADES DE VENTO E CARREGAMENTO DEVIDO AO VENTO

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RT-EQT5-L501-PB-ELM-0004-R01	1 de 71	01

ÍNDICE

1. OBJETIVO	3
2. Ventos Básicos de Projeto	3
2.2. Períodos de Retorno Adotados	3
3. Carregamentos Devidos ao Vento.....	5
3.1. Vento Extremo	5
3.2. Pressão de Vento de Tormentas Elétricas	6
3.3. Ventos para Cálculo dos Ângulos de Balanço.....	7
4. Referências	8
Anexo 1 – memorial descritivo das velocidades de vento.....	9

1. OBJETIVO

- 1.1 Definir as pressões de vento a serem utilizadas no projeto da LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2 em circuito simples pertencentes ao Lote 15 do Leilão 013/2015 – 2º parte.
- 1.2 Definir as pressões associadas a essas velocidades atuando nos cabos, cadeias de isoladores e estruturas, necessárias para as seguintes fases do projeto:
 - a) Cálculo das cargas e definição das hipóteses de carregamento a serem consideradas no dimensionamento das estruturas;
 - b) Cálculo dos ângulos de balanço das cadeias a serem considerados nos estudos de coordenação do isolamento;
 - c) Cálculo do ângulo de balanço dos cabos e cadeias a ser considerado na definição da largura da faixa de servidão;
 - d) Cálculo mecânico dos condutores e cabos para-raios.

2. VENTOS BÁSICOS DE PROJETO

- 2.1. Conforme relatório de relatório técnico de isotacas máximas apresentado no Anexo 1 foram recomendadas as velocidades de vento constantes da Tabela 2.1, para terreno tipo B (conforme tabela 1 da NBR 5422), de forma a subsidiarem as hipóteses de carga normalmente utilizadas no dimensionamento de estruturas aéreas de transmissão.

Tabela 2.1 – Velocidades de projeto (km/h),
terrenos tipo B, medições feitas a 10 m de altura

período de retorno/ tempo de média	Igaporã III - Janaúba 3 - C2
250 anos, 10 minutos	90
250 anos, 3 segundos	160
50 anos, 10 minutos	80
50 anos, 30 segundos	105
2 anos, 30 segundos	65

2.2. Períodos de Retorno Adotados

- 2.2.1 Conforme exigido no Edital as linhas de transmissão estão sendo projetadas para resistir, sem falhas, às cargas mecânicas produzidas por ventos com períodos de retorno de 250 anos.
- 2.2.2 O trecho de paralelismo entre as LTs 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1 (Lote 14) e C2 (lote 15) serão projetadas para cargas de 500 anos de período de retorno de forma a aumentar a confiabilidade estrutural das LT's, conforme calculado no relatório RE-EQT5-L500-PB-EST-0018

- 2.2.3 As cargas atuando nos cabos, cadeias de isoladores e estruturas estão sendo calculadas utilizando a metodologia constante da norma IEC 60826.
- 2.2.4 Adicionalmente, as estruturas serão dimensionadas para suportar ação de ventos de alta intensidade decorrentes de tormentas elétricas.
- 2.2.5 Para cálculo dos ângulos de balanço das cadeias associados aos espaçamentos elétricos correspondentes à tensão máxima operativa está sendo adotada velocidade do vento com período de retorno de 50 anos, superior ao especificado no Edital (30 anos). O trecho de paralelismo entre as LTs 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1 (Lote 14) e C2 (lote 15) serão projetadas com balanço de 75 anos de período de retorno de forma a aumentar a confiabilidade estrutural das LT's, conforme calculado no relatório RE-EQT5-L500-PB-EST-0018
- 2.2.6 Para cálculo dos ângulos de balanço das cadeias associados aos espaçamentos elétricos correspondentes a surtos de manobra está sendo adotada velocidade do vento com período de retorno de 2 anos (vento frequente).
- 2.2.7 Para cálculo do balanço de cabos e cadeias associado à definição da largura da faixa de servidão está sendo adotada velocidade do vento com período de retorno de 50 anos, superior ao estabelecido na NBR 5422.
- 2.2.8 A altura média dos cabos condutores é dada pelas expressão abaixo:

a) Altura média do Conductor:

Flecha para temperatura mínima vão médio 510 m: 19,26 m

Flecha na temperatura máxima para vão médio de 510 m: 21,82 m

Distancia Vertical do condutor inferior e o centro de gravidade das fases: 1,3 m

Altura mínima cabo solo: 12,5 m

$h = 12,5 + 21,82 + 1,3 - 2/3 \times 19,26 = 22,78$ Adotado = 23 m

- 2.2.9 A conversão dos valores indicados na tabela 2.2.9 para o cálculo dos ângulos de balanço e considerando a altura média dos condutores é obtida utilizando a seguinte expressão, conforme NBR 5422:

$$V_H = V \cdot \left(\frac{h}{10} \right)^{1/n}$$

onde:

V_H Velocidade do vento atuando na altura "h"

h Altura média dos condutores

n Coeficiente obtido da tabela 2 da NBR 5422 para t = 30 s (n = 11, terreno B)

V Velocidade do vento para h = 10 m, tabela 2.1

Tabela 2.2.9 – Velocidade de Vento para Ângulo de Balanço

Linhas de transmissão	Altura de vento (m)	50 anos 30 segundos (m/s)	2 anos 30 segundos (m/s)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	23	31,46	19,48

3. CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO

3.1. Vento Extremo

3.1.1 Pressão Dinâmica de Referência

A partir do item 6.2.5 da norma IEC 60826, obtém-se:

$$q_0 = \frac{1}{2 \times 9,81} \mu V_R^2 \quad \text{onde:}$$

q_0 Pressão dinâmica de referência, em kgf/m²

μ Massa específica do ar em kg/m³

V_R Velocidade do vento extremo (250 anos, 10 min) em m/s (tabela 2.1)

Tendo como resultado:

Linhas de transmissão	μ (kg/m ³)	VR (m/s)	q0 (kgf/m)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	1,1213	25,00	35,7

3.1.2 Pressão do Vento Extremo nos Cabos

A partir do item 6.2.6.1 e figuras 3 e 4 da norma IEC 60826, obtém-se:

$$P_{\text{cabos}} = q_0 C_{XC} G_C G_L \text{sen}^2 \Omega \quad \text{onde:}$$

q_0 Pressão dinâmica de referência, em kgf/m²

C_{XC} 1,00

G_C Fator de vento combinado para cabos obtido em função da altura média do condutor ou da altura média (h_m cond) do cabo para-raios (h_m P-raios) .

G_L Fator de vão obtido em função do vão adotado para cálculo (500 m)

Ω Ângulo formado pela direção do vento com a direção dos cabos

Para ventos atuando no sentido transversal ($\Omega = 90^\circ$), foram calculadas as seguintes pressões:

Linhas de transmissão	q0 (kgf/m ²)	h _m cond (m)	G _C Cond	h _m P-raios (m)	G _C P-raio	G _L	P cabos (kgf/m ²)	
							Cond	P raios
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	35,7	23	2,1467	34	2,2926	0,9123	70	75

3.1.3 Pressão do Vento Extremo nas Cadeias de Isoladores

A partir do item 6.2.6.3 e figura 5 da norma IEC 60826, obtém-se:

$$P_{\text{isol}} = q_0 C_{Xi} G_T \quad \text{onde:}$$

q_0 (Ver item 3.1.1)

C_{Xi} 1,20

G_T Fator de vento combinado obtido em função da altura média (h_m Isol) dos isoladores

Resultando em:

Linhas de transmissão	h_m isol (m)	G_t	P isol(kgf/m ²)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	39	2,4464	105

3.1.4 Carga do Vento Extremo nas Estruturas Atuando na Direção do Vento

A partir do item 6.2.6.4.1 e figuras 5, 6 e 7 da norma IEC 60826, obtém-se:

$$F_{\text{estrut}} = q_0 G_T (1 + 0,2 \sin^2 2\Theta) (S_{T1} C_{XT1} \cos^2 \Theta + S_{T2} C_{XT2} \sin^2 \Theta) \text{ kgf} \quad \text{onde:}$$

q_0 (Ver item 3.1.1)

G_T Fator de vento combinado, obtido da figura 5 da norma IEC 60826 em função da altura em relação ao solo do centro de gravidade do painel em consideração

S_{T1} e S_{T2} Área líquida das faces 1 e 2 do painel em consideração, em m²

C_{XT1} e C_{XT2} Coeficiente de arrasto das faces 1 e 2 do painel em consideração, obtido da figura 7 da norma IEC 60826

Θ Ângulo formado pela direção do vento com a perpendicular à face 1, conforme figura 6 da norma IEC 60826

Para $\Theta = 0^\circ$ (vento transversal), obtém-se:

$$F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot G_T \cdot S_{T1} \cdot C_{XT1} \text{ kgf}$$

Para $\Theta = 15^\circ$, obtém-se:

$$F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot 1,05 \cdot G_T \cdot (0,933 S_{T1} C_{XT1} + 0,067 S_{T2} C_{XT2}) \text{ kgf}$$

Para $\Theta = 30^\circ$, obtém-se:

$$F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot 1,15 \cdot G_T \cdot (0,75 S_{T1} C_{XT1} + 0,25 S_{T2} C_{XT2}) \text{ kgf}$$

Para $\Theta = 45^\circ$, obtém-se:

$$F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot 0,6 \cdot G_T \cdot (S_{T1} C_{XT1} + S_{T2} C_{XT2}) \text{ kgf}$$

3.2. Pressão de Vento de Tormentas Elétricas

3.2.1 Introdução

3.2.1.1 Os ventos decorrentes de tormentas elétricas apresentam as seguintes características:

- Alta intensidade;
- Pouca variação em relação à altura de atuação;
- Frente estreita, não superior a 100 metros.

3.2.1.2 As velocidades de vento assinaladas como de 3 segundos já retratam a real relação entre as séries históricas de 10 minutos e de 3 segundos. Os seus valores numéricos incorporam um fator de rajada realista e não requer correção adicional.

3.2.1.3 Como esse tipo de vento tem frente estreita, se o mesmo atingir uma estrutura da linha de transmissão (caso mais desfavorável), atuará simultaneamente sobre um trecho significativamente reduzido dos cabos situados nos vãos adjacentes à estrutura afetada.

3.2.1.4 De modo a levar em conta essa característica a pressão resultante desse vento

atuando sobre os cabos será multiplicada por um fator redutor igual a 0,25. O vento de tormentas não será corrigido para variações da altura de atuação.

3.2.2 Pressão Dinâmica de Referência

3.2.2.1 Considerando a fórmula da pressão dinâmica de referência indicada no item 3.1.1 e sendo a velocidade do vento de tormentas (250 anos , 3 segundos) indicada no item 2.1, tem-se:

Linhas de transmissão	μ (kg/m ³)	VR (m/s)	q0 (kgf/m ²)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	1,1213	44,44	113

3.2.3 Pressões Atuando nos Cabos

3.2.3.1 Conforme item 3.3.1.4, tem-se:

$$P_{\text{cabos}} = q_0 \times 0,25 \text{ kgf/m}^2$$

Linhas de transmissão	P_{cabos} (kgf/m ²)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	28

3.2.4 Pressão Atuando nas Cadeias de Isoladores

$$P_{\text{isol}} = q_0 \times 1,2 \text{ kgf/m}^2$$

Linhas de transmissão	P_{isol} (kgf/m ²)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	136

3.2.5 Carga de Vento de Tormenta nas Estruturas Atuando na Direção do Vento

Para $\Theta = 0^\circ$ (vento transversal), obtém-se:

$$F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot S_{T1} \cdot C_{XT1} \text{ kgf}$$

Para $\Theta = 15^\circ$, obtém-se:

$$F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot 1,05 \cdot (0,933S_{T1}C_{XT1} + 0,067S_{T2}C_{XT2}) \text{ kgf}$$

Para $\Theta = 30^\circ$, obtém-se:

$$F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot 1,15 \cdot (0,75S_{T1}C_{XT1} + 0,25S_{T2}C_{XT2}) \text{ kgf}$$

Para $\Theta = 45^\circ$, obtém-se:

$$F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot 0,6 \cdot (S_{T1}C_{XT1} + S_{T2}C_{XT2}) \text{ kgf}$$

3.3 Ventos para Cálculo dos Ângulos de Balanço

3.3.1 Utilizando a expressão constante do item 3.1.1 anterior obtém-se as seguintes pressões dinâmicas de referência para os ventos indicados na tabela 2.2.8:

Linhas de transmissão	T = 50 anos		T = 2 anos	
	VR (m/s)	q0 (kgf/m ²)	VR (m/s)	q0 (kgf/m ²)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	31,46	57	19,48	22

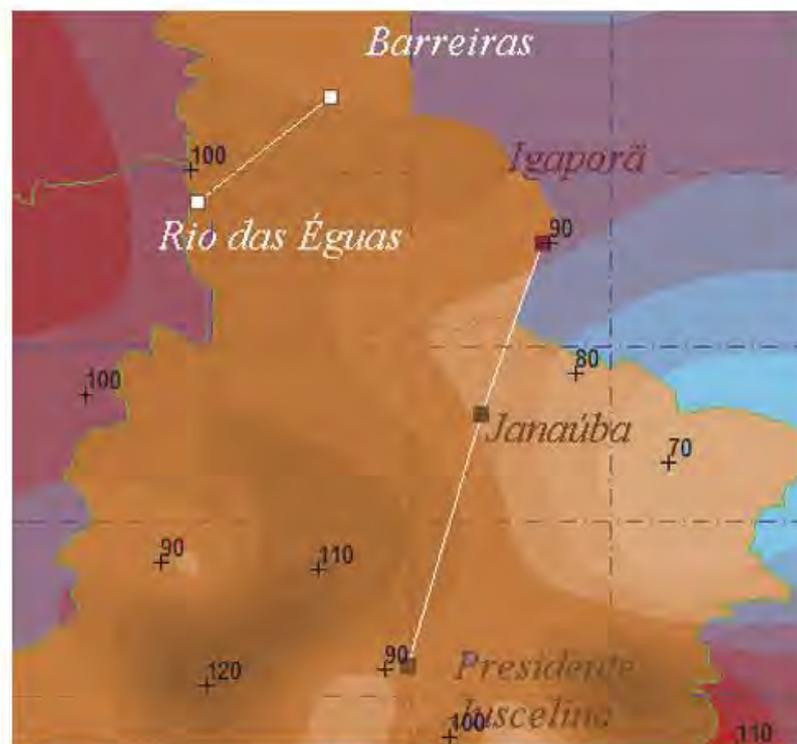
4. REFERÊNCIAS

- 1** NBR 5422 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 2** Norma IEC 60826 – Design criteria of overhead transmission lines.
- 3** Relatório R3 – Caracterização e Análise Socioambiental - Linha de Transmissão Lote 15
- 4** Relatório RT-EQT5-L501-PB-ELM-0003_DADOS CLIMATOLÓGICOS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 5** Kendall, G. R. – Statistical Analysis of Extreme Values – First Canadian Hydrology Conference, July 1959.
- 6** Cigré Working Group 22.06, “Probabilistic Design of Overhead Transmission (CIGRÉ Brochure 109 - 22-00 (WG-06)01, 1996
- 7** Silva Filho, J. I., Menezes Jr, A. A. – Mapeamento de Isótopos do Brasil, Relatório Técnico Cepel 851/82.

ANEXO 1 – MEMORIAL DESCRITIVO DAS VELOCIDADES DE VENTO

RELATÓRIO TÉCNICO PARA ENGEPRO ENGENHARIA

**Isótagas máximas para as LTs
dos Lotes 8, 14, 15 e 16, Leilão 013/2015**



Preparado por Amauri A Menezes em 02/2017

Este Relatório Técnico apresenta o memorial descritivo para a determinação dos isótagas máximas para a implantação das LTs acima citadas. A reprodução parcial ou total deste documento só deve ser feita com a permissão da ENGEPRO Engenharia

<i>1</i>	<i>Objetivo</i>	<i>3</i>
<i>2</i>	<i>Introdução.....</i>	<i>3</i>
<i>3</i>	<i>Características das estações</i>	<i>5</i>
<i>3.1</i>	<i>Critérios de regionalização.....</i>	<i>5</i>
<i>3.2</i>	<i>Rugosidade dos terrenos</i>	<i>12</i>
<i>4</i>	<i>Os mapeamentos</i>	<i>12</i>
<i>5</i>	<i>Ventos básicos de projeto.....</i>	<i>13</i>
<i>Anexo I</i>	<i>Critérios a serem atendidos.....</i>	<i>15</i>
<i>A.I.1</i>	<i>Critérios para projeto mecânico</i>	<i>15</i>
<i>Anexo II</i>	<i>Distribuição de Gumbel e velocidades máximas de vento</i>	<i>16</i>
<i>Anexo III</i>	<i>Os ajustes da distribuição de Gumbel às amostras</i>	<i>17</i>
<i>Anexo IV</i>	<i>Os mapeamentos de isótopas da região.....</i>	<i>49</i>
<i>Anexo V</i>	<i>O problema da turbulência dos ventos no Brasil.....</i>	<i>60</i>
<i>Anexo VI</i>	<i>Regionalização dos CVs das séries históricas.....</i>	<i>61</i>
	<i>Critérios de regionalização dos coeficientes de variação</i>	<i>61</i>
<i>AVI.1</i>	<i>Para as séries de 10 minutos.....</i>	<i>61</i>
<i>AVI.2</i>	<i>Para as séries de 3 segundos</i>	<i>62</i>
<i>AVI.3</i>	<i>Para as séries de 30 segundos</i>	<i>62</i>

1 Objetivo

Este relatório apresenta os cálculos das velocidades elevadas de vento a serem esperadas para a região de implantação das LTs dos Lotes Lotes 8, 14, 15 e 16. descritas a seguir.

*LT 500kV Rio das Éguas - Barreiras II - C2
LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1
LT 500kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1
LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
LT 500kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2*

O objetivo deste relatório é o de prover os setores de projeto com velocidades de vento máximas prospectivas e seguras que atendam às exigências técnicas constantes dos mais recentes Editais da ANEEL, relativo ao sistema de transmissão aéreo nacional.

2 Introdução

O estudo admitirá a região de localização da linha de transmissão citada, tal como indicada nos mapas de isótacas e será subsidiado pelas estações abaixo indicadas (veja também a Tabela 3.1.1). Às séries de dados de velocidades máximas anuais, coletados nas estações localizadas nas vizinhanças do empreendimento, será aplicado o conceito da distribuição estatística de extremos de Gumbel. O Anexo II apresenta uma descrição dos métodos usuais mencionados para a determinação dos ajustes de Gumbel do Anexo III.

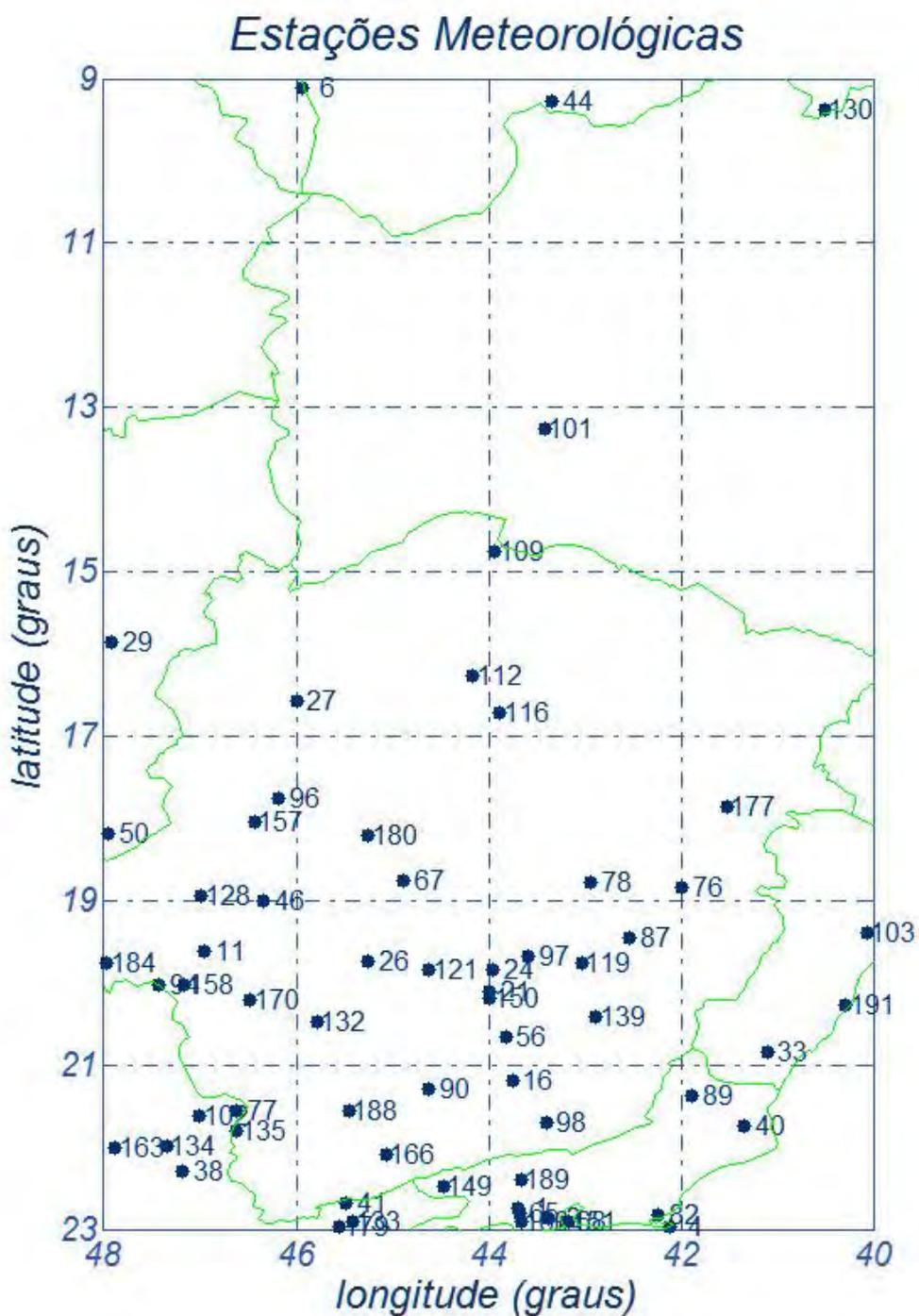


Figura 2.1 - Região de implantação do sistema elétrico de transmissão em foco

De particular importância reveste-se a escolha das estações meteorológicas que constituirão o fundamento do cálculo. A região em questão é razoavelmente densa e até mesmo esparsa no que tange a anemometria. Os cálculos que se seguem fundamentam, portanto, seu escopo nas estações mais próximas do empreendimento mencionado, a fim de subsidiar as determinações paramétricas necessárias à consecução do estudo. O item seguinte apresenta alguns detalhes sobre os dados aqui usados e sobre os tratamentos estatísticos a que foram submetidos.

3 Características das estações

Para dar maior confiabilidade nos resultados, foram utilizadas as estações mais próximas do empreendimento em questão, pois é senso comum que os resultados de uma rede mais completa são mais sólidos do que aqueles relacionados com esquemas muito dispersos e escassos. A distribuição espacial das estações encontra-se caracterizada na Figura 2.1, apresentada anteriormente, enquanto as suas características fisiográficas e paramétricas relevantes constam das Tabelas 3.1.1 e 3.1.2.

3.1 Critérios de regionalização

O processo de determinação de médias regionais para os CVs (coeficientes de variação)¹ e os FRs (fatores de rajada)² seguem prática comum em meteorologia, já que parâmetros médios são mais representativos e mais confiáveis do que os de estações tomadas isoladamente, com variados tempos de coleta. Há diversos critérios para se proceder a uma homogeneização regional de parâmetros climáticos, tal como adotar-se a média dos valores paramétricos determinados nas estações mais próximas, ou média ponderada, em função dos anos de coleta, de tal sorte que estações com mais tempo de coleta tenham uma influência majorada no fenômeno espacial em questão. Pode-se recorrer, ainda, a um valor médio acrescido de um determinado número de desvios-padrão, dependendo do grau de confiabilidade que se deseja conferir ao estudo.

Este estudo adota os critérios de regionalização dos CVs descritos no Anexo VI. Além disso, as velocidades médias do vento com tempo de média de 10 minutos encontram-se corrigidas, como justificado e sugerido³ em [6 e 7].

¹ CV = (média) / (desvio padrão)

² FR = (velocidade de 3 s) / (velocidade de 10 min)

³ para compensar o excesso de turbulência verificado nos ventos que ocorrem no Brasil

Tabela 3.1.1 - Características gerais das estações anemométricas

<i># no mapa</i>	<i>nome</i>
<i>1</i>	<i>Adrianópolis</i>
<i>2</i>	<i>Afonso</i>
<i>4</i>	<i>Álcalis</i>
<i>6</i>	<i>Alto Parnaíba</i>
<i>11</i>	<i>Araxá</i>
<i>16</i>	<i>Barbacena</i>
<i>21</i>	<i>Barreiro</i>
<i>24</i>	<i>Belo Horizonte</i>
<i>26</i>	<i>Bom Despacho</i>
<i>27</i>	<i>Bonfim Minas</i>
<i>29</i>	<i>Brasília</i>
<i>33</i>	<i>Cacho. Itapemirim</i>
<i>38</i>	<i>Campininha</i>
<i>40</i>	<i>Campos</i>
<i>41</i>	<i>Campos do Jordão</i>
<i>44</i>	<i>Caracol</i>
<i>46</i>	<i>Carmo Parnaíba</i>
<i>50</i>	<i>Catalão</i>
<i>56</i>	<i>Cons. Lafaiete</i>
<i>65</i>	<i>Ecologia Agrícola</i>
<i>67</i>	<i>Felixlândia</i>

Tabela 3.1.1 - Características gerais das estações anemométricas (cont.)

<i># no mapa</i>	<i>nome</i>
68	<i>Flamengo</i>
76	<i>Gov. Valadares</i>
77	<i>Graminha</i>
78	<i>Guanhães</i>
82	<i>Iguaba Grande</i>
87	<i>Ipatinga</i>
89	<i>Itaperuna</i>
90	<i>Itutinga</i>
94	<i>Jaguará</i>
96	<i>João Pinheiro</i>
97	<i>José Melo</i>
98	<i>Juiz de Fora</i>
101	<i>Lapa (B Jesus)</i>
102	<i>Limoeiro</i>
103	<i>Linhares</i>
109	<i>Manga</i>
112	<i>Mirabela</i>
116	<i>Montes Claros</i>
119	<i>Nova Era</i>
121	<i>Pará de Minas</i>
128	<i>Patrocínio</i>

Tabela 3.1.1 - Características gerais das estações anemométricas (cont.)

<i># no mapa</i>	<i>nome</i>
<i>130</i>	<i>Petrolina</i>
<i>132</i>	<i>Pimenta</i>
<i>133</i>	<i>Pindamonhangaba</i>
<i>134</i>	<i>Pirassununga</i>
<i>135</i>	<i>Poços Caldas</i>
<i>139</i>	<i>Ponte Nova</i>
<i>149</i>	<i>Resende</i>
<i>150</i>	<i>Retiro Pedras</i>
<i>151</i>	<i>Rio de Janeiro</i>
<i>157</i>	<i>S Pedro P Firme</i>
<i>158</i>	<i>Sacramento</i>
<i>160</i>	<i>Santa Cruz</i>
<i>163</i>	<i>São Carlos</i>
<i>166</i>	<i>São Lourenço</i>
<i>170</i>	<i>São Roque</i>
<i>177</i>	<i>Teófilo Otoni</i>
<i>179</i>	<i>Tremembé</i>
<i>180</i>	<i>Três Marias</i>
<i>184</i>	<i>Uberaba</i>
<i>188</i>	<i>Varginha</i>
<i>189</i>	<i>Vassouras</i>
<i>191</i>	<i>Vitoria</i>

Tabela 3.1.2 - Características paramétricas das estações anemométricas

<i>nome</i>	<i>latitude</i> <i>(graus)</i>	<i>longitude</i> <i>(graus)</i>	<i>anos</i>	<i>V</i> _{médio} <i>10 min</i> <i>(km/h)</i>	<i>CV</i> <i>10 min</i> <i>(%)</i>	<i>V</i> _{médio} <i>3 seg</i> <i>(km/h)</i>	<i>CV</i> <i>3 seg</i> <i>(%)</i>	<i>FR3s</i> <i>(pu)</i>	<i>FR30s</i> <i>(pu)</i>
<i>Adrianópolis</i>	<i>22.75</i>	<i>43.70</i>	<i>8</i>	<i>55.89</i>	<i>13</i>	<i>89.42</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Afonso</i>	<i>22.87</i>	<i>43.37</i>	<i>14</i>	<i>50.30</i>	<i>16</i>	<i>80.48</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Álcalis</i>	<i>22.96</i>	<i>42.11</i>	<i>11</i>	<i>69.27</i>	<i>13</i>	<i>110.83</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Alto Parnaíba</i>	<i>9.12</i>	<i>45.93</i>	<i>6</i>	<i>39.56</i>	<i>16</i>	<i>67.25</i>	<i>16</i>	<i>1.70</i>	<i>1.35</i>
<i>Araxá</i>	<i>19.62</i>	<i>46.95</i>	<i>10</i>	<i>57.23</i>	<i>13</i>	<i>91.57</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Barbacena</i>	<i>21.18</i>	<i>43.75</i>	<i>12</i>	<i>53.76</i>	<i>13</i>	<i>86.02</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Barreiro</i>	<i>20.10</i>	<i>43.98</i>	<i>12</i>	<i>65.97</i>	<i>13</i>	<i>105.55</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Belo Horizonte</i>	<i>19.85</i>	<i>43.95</i>	<i>25</i>	<i>39.50</i>	<i>16</i>	<i>63.20</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Bom Despacho</i>	<i>19.75</i>	<i>45.25</i>	<i>20</i>	<i>52.86</i>	<i>16</i>	<i>84.58</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Bonfim Minas</i>	<i>16.57</i>	<i>46.00</i>	<i>6</i>	<i>51.07</i>	<i>16</i>	<i>81.71</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Brasília</i>	<i>15.87</i>	<i>47.92</i>	<i>15</i>	<i>51.08</i>	<i>19</i>	<i>81.73</i>	<i>19</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Cacho. Itapemirim</i>	<i>20.85</i>	<i>41.10</i>	<i>4</i>	<i>60.37</i>	<i>13</i>	<i>96.59</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Campininha</i>	<i>22.30</i>	<i>47.18</i>	<i>15</i>	<i>41.90</i>	<i>13</i>	<i>67.04</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Campos</i>	<i>21.75</i>	<i>41.33</i>	<i>8</i>	<i>37.74</i>	<i>19</i>	<i>60.39</i>	<i>19</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Campos do Jordão</i>	<i>22.68</i>	<i>45.48</i>	<i>17</i>	<i>52.86</i>	<i>13</i>	<i>84.58</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Caracol</i>	<i>9.28</i>	<i>43.33</i>	<i>8</i>	<i>42.80</i>	<i>16</i>	<i>72.77</i>	<i>16</i>	<i>1.70</i>	<i>1.35</i>
<i>Carmo Parnaíba</i>	<i>19.00</i>	<i>46.33</i>	<i>4</i>	<i>62.05</i>	<i>13</i>	<i>99.28</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Catalão</i>	<i>18.18</i>	<i>47.95</i>	<i>6</i>	<i>44.02</i>	<i>19</i>	<i>70.43</i>	<i>19</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Cons. Lafaiete</i>	<i>20.67</i>	<i>43.82</i>	<i>6</i>	<i>58.46</i>	<i>13</i>	<i>93.54</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Ecologia Agrícola</i>	<i>22.80</i>	<i>43.68</i>	<i>21</i>	<i>61.04</i>	<i>16</i>	<i>97.66</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Felixlândia</i>	<i>18.75</i>	<i>44.88</i>	<i>11</i>	<i>54.88</i>	<i>13</i>	<i>87.81</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>

Tabela 3.1.2 - Características paramétricas das estações anemométricas (cont.)

nome	latitude (graus)	longitude (graus)	anos	$V_{\text{médio}}$ 10 min (km/h)	CV 10 min (%)	$V_{\text{médio}}$ 3 seg (km/h)	CV 3 seg (%)	FR3s (pu)	FR30s (pu)
Flamengo	22.92	43.20	19	54.88	13	87.81	13	1.60	1.30
Gov. Valadares	18.85	41.98	4	55.33	16	88.53	16	1.60	1.30
Graminha	21.57	46.62	16	46.26	16	74.01	16	1.60	1.30
Guanhães	18.78	42.93	8	53.20	13	85.12	13	1.60	1.30
Iguaba Grande	22.83	42.23	11	56.67	19	90.68	19	1.60	1.30
Ipatinga	19.45	42.53	13	53.65	13	85.84	13	1.60	1.30
Itaperuna	21.37	41.88	9	39.98	19	63.97	19	1.60	1.30
Itutinga	21.30	44.62	13	56.67	13	90.67	16	1.60	1.30
Jaguará	20.02	47.43	6	64.18	13	102.69	13	1.60	1.30
João Pinheiro	17.75	46.18	7	52.08	13	83.33	16	1.60	1.30
José Melo	19.68	43.58	4	54.99	13	87.98	13	1.60	1.30
Juiz de Fora	21.70	43.40	8	54.10	13	86.56	16	1.60	1.30
Lapa (B Jesus)	13.27	43.42	8	51.00	16	86.70	16	1.70	1.35
Limoeiro	21.62	47.00	16	56.67	13	90.67	13	1.60	1.30
Linhares	19.40	40.07	4	51.63	13	82.61	13	1.60	1.30
Manga	14.75	43.93	6	50.00	13	85.00	13	1.70	1.35
Mirabela	16.27	44.17	4	52.00	13	83.20	16	1.60	1.30
Montes Claros	16.72	43.88	9	58.46	13	93.54	16	1.60	1.30
Nova Era	19.77	43.03	10	41.66	13	66.66	16	1.60	1.30
Pará de Minas	19.85	44.62	13	49.20	13	78.72	13	1.60	1.30
Patrocínio	18.95	46.98	14	53.60	16	85.76	16	1.60	1.30

Tabela 3.1.2 - Características paramétricas das estações anemométricas (cont.)

<i>nome</i>	<i>latitude</i> <i>(graus)</i>	<i>longitude</i> <i>(graus)</i>	<i>anos</i>	<i>V</i> _{médio} <i>10 min</i> <i>(km/h)</i>	<i>CV</i> <i>10 min</i> <i>(%)</i>	<i>V</i> _{médio} <i>3 seg</i> <i>(km/h)</i>	<i>CV</i> <i>3 seg</i> <i>(%)</i>	<i>FR3s</i> <i>(pu)</i>	<i>FR30s</i> <i>(pu)</i>
<i>Petrolina</i>	<i>9.38</i>	<i>40.50</i>	<i>6</i>	<i>50.23</i>	<i>13</i>	<i>85.39</i>	<i>13</i>	<i>1.70</i>	<i>1.35</i>
<i>Pimenta</i>	<i>20.47</i>	<i>45.78</i>	<i>12</i>	<i>52.86</i>	<i>13</i>	<i>84.58</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Pindamonhangaba</i>	<i>22.90</i>	<i>45.42</i>	<i>12</i>	<i>53.31</i>	<i>13</i>	<i>85.30</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Pirassununga</i>	<i>21.98</i>	<i>47.35</i>	<i>15</i>	<i>53.80</i>	<i>16</i>	<i>86.08</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Poços Caldas</i>	<i>21.80</i>	<i>46.62</i>	<i>11</i>	<i>63.95</i>	<i>13</i>	<i>102.32</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Ponte Nova</i>	<i>20.42</i>	<i>42.88</i>	<i>7</i>	<i>42.67</i>	<i>13</i>	<i>68.27</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Resende</i>	<i>22.48</i>	<i>44.47</i>	<i>28</i>	<i>66.07</i>	<i>13</i>	<i>105.71</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Retiro Pedras</i>	<i>20.18</i>	<i>43.98</i>	<i>15</i>	<i>70.05</i>	<i>13</i>	<i>112.08</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Rio de Janeiro</i>	<i>22.90</i>	<i>43.17</i>	<i>25</i>	<i>49.20</i>	<i>16</i>	<i>78.72</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>S Pedro P Firme</i>	<i>18.05</i>	<i>46.43</i>	<i>7</i>	<i>56.11</i>	<i>16</i>	<i>89.78</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Sacramento</i>	<i>20.03</i>	<i>47.17</i>	<i>5</i>	<i>57.23</i>	<i>13</i>	<i>91.57</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Santa Cruz</i>	<i>22.92</i>	<i>43.67</i>	<i>25</i>	<i>67.30</i>	<i>16</i>	<i>107.68</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>São Carlos</i>	<i>22.02</i>	<i>47.88</i>	<i>12</i>	<i>58.35</i>	<i>13</i>	<i>93.36</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>São Lourenço</i>	<i>22.10</i>	<i>45.07</i>	<i>13</i>	<i>58.69</i>	<i>13</i>	<i>93.90</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>São Roque</i>	<i>20.22</i>	<i>46.48</i>	<i>22</i>	<i>61.26</i>	<i>13</i>	<i>98.02</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Teófilo Otoni</i>	<i>17.87</i>	<i>41.52</i>	<i>10</i>	<i>39.98</i>	<i>16</i>	<i>63.97</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Tremembé</i>	<i>22.97</i>	<i>45.55</i>	<i>14</i>	<i>40.99</i>	<i>19</i>	<i>65.59</i>	<i>19</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Três Marias</i>	<i>18.22</i>	<i>45.25</i>	<i>22</i>	<i>67.98</i>	<i>16</i>	<i>108.77</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Uberaba</i>	<i>19.77</i>	<i>47.97</i>	<i>18</i>	<i>58.69</i>	<i>13</i>	<i>93.90</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Varginha</i>	<i>21.57</i>	<i>45.45</i>	<i>11</i>	<i>52.08</i>	<i>13</i>	<i>83.33</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Vassouras</i>	<i>22.40</i>	<i>43.67</i>	<i>11</i>	<i>44.35</i>	<i>19</i>	<i>70.96</i>	<i>19</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Vitoria</i>	<i>20.28</i>	<i>40.29</i>	<i>7</i>	<i>63.50</i>	<i>13</i>	<i>101.61</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>

nomenclatura:

<i>CV</i>	<i>coeficiente de variação (%) regionalizado (10 min e 3 s)</i>
<i>FR3s</i>	<i>fator de rajada de 3 segundos (pu) regionalizado</i>
<i>FR30s</i>	<i>fator de rajada de 30 segundos (pu) regionalizado</i>

3.2 *Rugosidade dos terrenos*

Quanto à rugosidade do terreno no entorno das estações consideradas nesse estudo, admitiu-se que as velocidades medidas nas estações estão associadas a terrenos com grau de rugosidade B, tal como classificado pelas Normas IEC 60826 e NBR 5422, significando terrenos planos com poucos obstáculos. A escolha se deve ao fato de que as estações meteorológicas normalmente se encontram em regiões de rugosidade B, por imposições naturais das redes meteorológicas que, grosso modo, requerem localizações em terrenos desprovidos de obstáculos para evitar distorções nas medições.

4 *Os mapeamentos*

Considerados os valores paramétricos constantes das Tabelas 3.1.1 e 3.1.2, as exigências do Anexo I, a metodologia estatística descrita no Anexo II e, ainda, os ajustes das amostras à estatística de Gumbel, foram elaborados os mapeamentos de isótagas apresentados no Anexo IV. Quanto ao modelo matemático de ajuste utilizado neste estudo, há algumas ponderações a serem feitas.

O ajuste mais conservador é o dos mínimos quadrados, pois, tal como pode ser visto no Anexo II, possui uma correção de majoração do ajuste em função do número de anos de coleta, ou seja, quanto menor a amostra, maior será a correção ou majoração no valor do ajuste. Esse método tem sido extensivamente usado no Brasil, por ser mais seguro e por assim compensar em parte as incertezas e imprecisões advindas da dispersa rede de medição eólica nacional.

Este estudo faz as regionalizações amostrais sugeridas nos editais da ANEEL, estabelecendo critérios para inferir valores esperados para os coeficientes de variação (Anexo VI). Adota ainda as correções das médias em função do exposto em [6 e 7], e define o método dos mínimos quadrados como adotado,

para produzir valores mais conservadores que façam face à baixa densidade de estações.

5 Ventos básicos de projeto

Dos mapeamentos obtidos, podem ser recomendadas as velocidades de vento constantes da Tabela 5.1, de forma a subsidiarem as hipóteses de carga normalmente utilizadas no dimensionamento de estruturas aéreas de transmissão. Os cálculos das velocidades foram feitos seguindo a formulação do Anexo II.

*Tabela 5.1 - Velocidades de projeto (km/h),
terrenos tipo A e B, medições feitas a 10 m de altura*

<i>período de retorno/ tempo de média</i>	<i>Rio das Éguas - Barreiras</i>	<i>Igaporã- Janaúba C1 e C2</i>	<i>Janaúba- P. Juscelino C1 e C2</i>
<i>250/10</i>	<i>100</i>	<i>90</i>	<i>100</i>
<i>250/3</i>	<i>160</i>	<i>160</i>	<i>170</i>
<i>50/10</i>	<i>85</i>	<i>80</i>	<i>85</i>
<i>50/30</i>	<i>115</i>	<i>105</i>	<i>115</i>
<i>2/30</i>	<i>70</i>	<i>65</i>	<i>75</i>

Nota 1 *A velocidade de vento assinalada como sendo a de 3 segundos (valor instantâneo ou de rajada) já retrata a real relação entre as séries históricas de 10 minutos e de 3 segundos. O seu valor numérico incorpora um fator de rajada realista e não requer correção adicional.*

Nota 2 *As velocidades indicadas na tabela acima são o resultado de uma avaliação espacial das figuras do Anexo IV, feitas como médias mentais das leituras dos mapas. Nos mapas de isolinhas, as velocidades múltiplas de 5 são indicadas pelos seus valores modais, enquanto que os demais “dégradés” servem como ferramentas de interpolação. O traçado das isótopas usa um modelo clássico para a determinação de isolinhas, modelo esse que parte do*

princípio de que “a influência de cada estação em qualquer ponto da rede se faz inversamente proporcional à sua distância a esse ponto”.

Nota 3 *As velocidades em cada estação, indicadas nos mapas respectivos, evitam que eventuais extrapolações do modelo matemático das distâncias sejam escolhidas como “velocidades de projeto”. Como qualquer estudo estatístico que envolve avaliações espaciais, há sempre um subjetivismo nas operações de arredondamentos e de interpolações, o que impede que haja sempre uma unanimidade nas escolhas.*

Referências

- [1] Kendall, G.R. – *Statistical Analysis of Extreme Values – First Canadian Hydrology Conference, July 1959.*
- [2] IEC – *International Electrotechnical Commission, “IEC 60826 - Design Criteria of Overhead Transmission Lines”, Technical Committee nº 11, Secretariats 27 & 28, Recommendations for Overhead Lines, Ed. 3, 2000.*
- [3] Cigré Working Group 22.06, *“Probabilistic Design of Overhead Transmission (CIGRÉ Brochure 109 - 22-00 (WG-06)01, 1996*
- [4] Silva Filho, J. I., Menezes Jr, A. A. – *Mapeamento de Isótasas do Brasil, Relatório Técnico Cepel 851/82.*
- [5] Menezes Jr, A. A., Tan A. L., Fernandes D. - *Velocidades de vento de elevada intensidade ocorridas em Florianópolis e Passo Fundo - Um enfoque metodológico estatístico - XVII SNPTEE, Uberlândia, 2003*
- [6] Silva Filho, J. I., Alves Menezes Jr, A., et alli, *Esforços devidos ao vento sobre componentes de LTs e fatores de correção normativos compatíveis com a realidade brasileira - XVIII SNPTEE, Curitiba 2005*
- [7] Silva Filho, J. I., Alves Menezes Jr, A., et alli, *“Assessment of Environmental Statistics as an Accessible Breakthrough to Improve OHTLs Design”, Bienal CIGRÉ, 2006*

Anexo I Critérios a serem atendidos

A.I.1 Critérios para projeto mecânico (sic)

8.1 Confiabilidade

8.1.1 O projeto mecânico de uma LT aérea deve ser desenvolvido segundo a IEC 60826.

8.1.2 O período de retorno do vento extremo, que caracteriza o nível de confiabilidade do projeto eletromecânico da LT aérea, deve ser igual ou superior a 150 anos, que corresponde ao nível 2 da IEC 60826, para LT com tensão nominal igual ou inferior a 230 kV e igual ou superior a 250 anos, que corresponde a um nível intermediário entre os níveis 2 e 3 da IEC 60826, para LT com tensão nominal superior a 230 kV.

8.2 Parâmetros de vento

8.2.1 Para o projeto mecânico de uma LT aérea, os carregamentos oriundos da ação do vento nos componentes físicos dessa LT devem ser estabelecidos a partir da caracterização probabilística das velocidades de vento da região, com tratamento para fenômenos meteorológicos severos, tais como, sistemas frontais, tempestades, tornados, furacões etc.

8.2.2 Os parâmetros explicitados a seguir devem ser obtidos a partir de dados fornecidos por estações anemométricas selecionadas adequadamente para caracterizar a região atravessada pela LT aérea:

(a) média e coeficiente de variação (em porcentagem) das séries de velocidades máximas anuais de vento a 10 m de altura, com tempos de integração da média de 3 (três) segundos (rajada) e 10 (dez) minutos (vento médio);

(b) velocidade máxima anual de vento a 10 m de altura, com período de retorno correspondente ao vento extremo, como definido no item 8.1.2 deste submódulo, e tempos de integração para o cálculo da média de 3 (três) segundos e 10 (dez) minutos. Se o número de anos da série de dados de velocidade for pequeno, na estimativa da velocidade máxima anual deve ser adotado, no mínimo, um coeficiente de variação compatível com as séries mais longas de dados de velocidades de ventos medidas na região;

(c) coeficiente de rajada para a velocidade do vento a 10 m de altura, referenciado ao tempo de integração da média de 10 (dez) minutos;

(d) velocidade máxima anual de vento a 10 m de altura, com período de retorno de 50 anos e tempo de integração para o cálculo da média de 10 (dez) minutos;

(e) categoria do terreno adotada para o local das medições.

8.2.3 No tratamento das velocidades de vento, para fins de dimensionamento, deve ser considerada a categoria de terreno, conforme definida na IEC 60826, que melhor se ajuste à topologia do corredor da LT aérea.

Anexo II Distribuição de Gumbel⁴ e velocidades máximas de vento

A distribuição de valores máximos de Gumbel culminou por se constituir numa unanimidade para explicar os eventos de velocidades máximas anuais de vento no setor elétrico mundial, o brasileiro aí incluído.

Os esforços atuais convergem no sentido de otimizar a aplicação da distribuição de Gumbel com base em dados coletados no próprio país e colocá-los em consonância com os protocolos normativos de outros países, tal como é o caso da IEC 60826 e da NBR - 5422. De uma forma genérica, a referida distribuição pode ser definida por [2]:

$$V_T = V_m + s (Y - C_2) / C_1 \qquad Y = - \ln [- \ln (1 - 1 / T)]$$

V_m	velocidade média da amostra de máximos anuais (km/h)
s	desvio-padrão da amostra de máximos anuais (km/h)
V_T	velocidade de vento referida a um período de retorno T (anos)
C_1 e C_2	coeficientes da distribuição de Gumbel (ver Tabela A1)

Os citados coeficientes são calculados pelas equações:

n	tamanho da amostra	
$Z_i = - \ln [- \ln(1 - i/(n + 1))] $		<i>i variando de 1 até n</i>
C_2	valor médio de Z_i	
C_1	desvio-padrão de Z_i	

Como os valores de C_1 e de C_2 só dependem do tamanho da mostra, os seus respectivos valores encontram-se definidos na Tabela A1.

⁴ Emil Julius Gumbel, nascido a 18 de julho de 1891, em Munique. Estatístico de origem judia, era considerado pela República de Weimar como um dos seus maiores inimigos, pelos seus discursos pacifistas e socialistas.

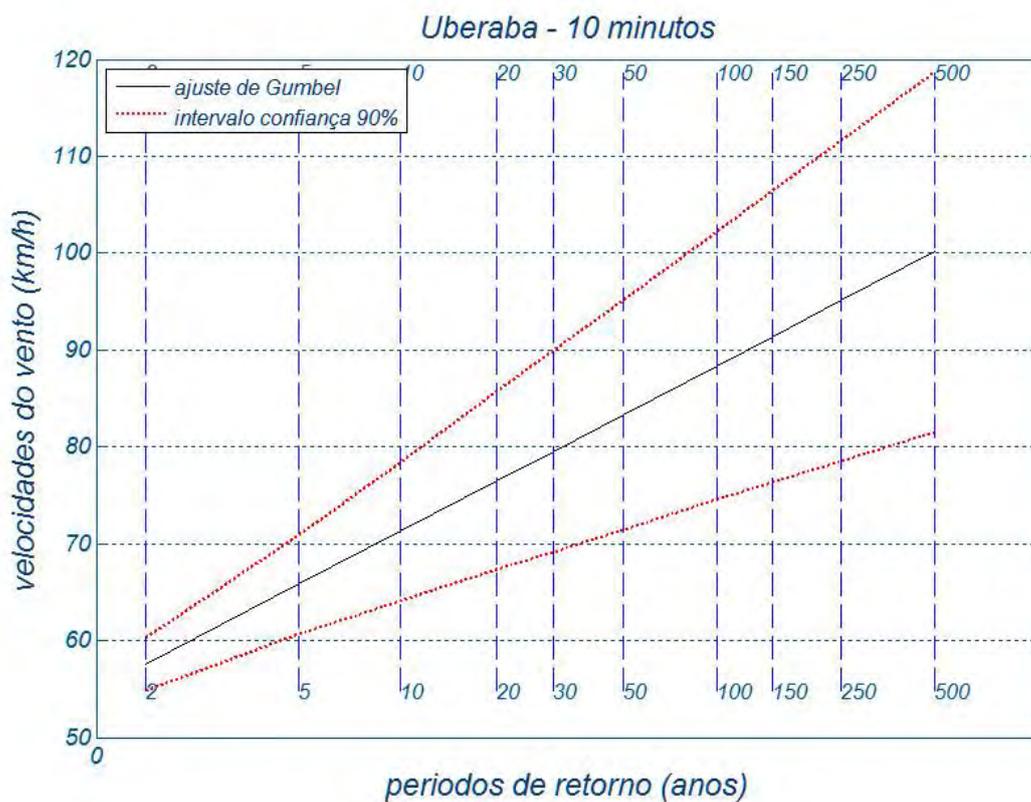
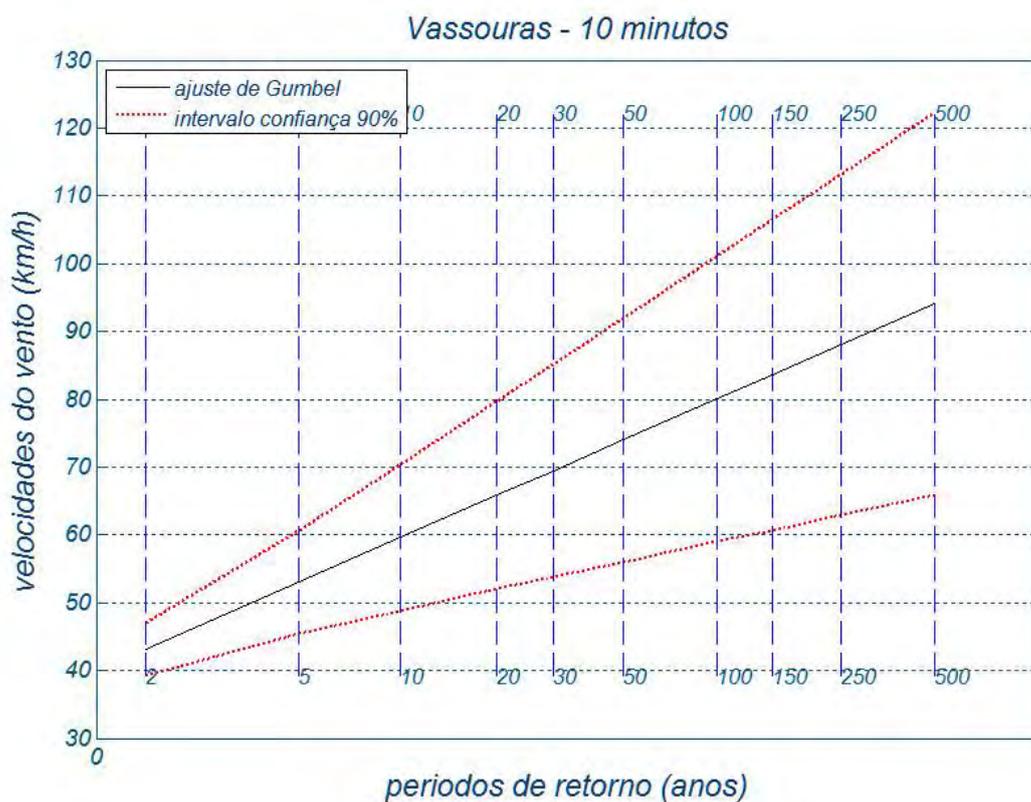
Tabela A1 - Valores dos coeficientes C_1 e C_2

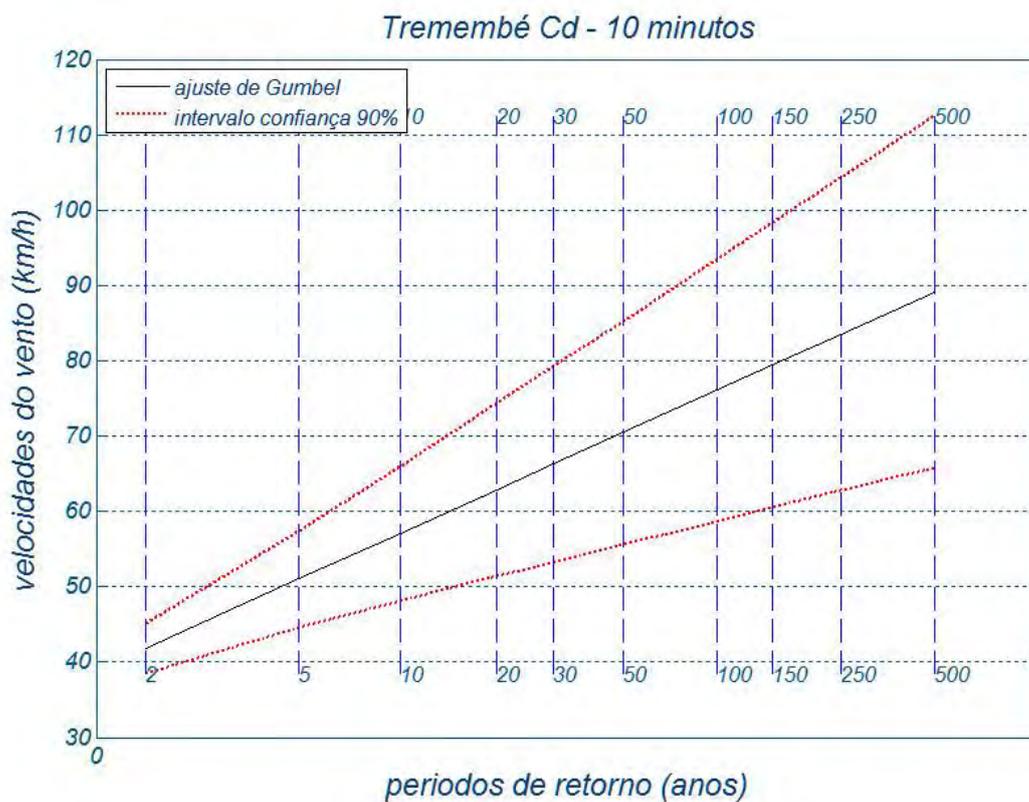
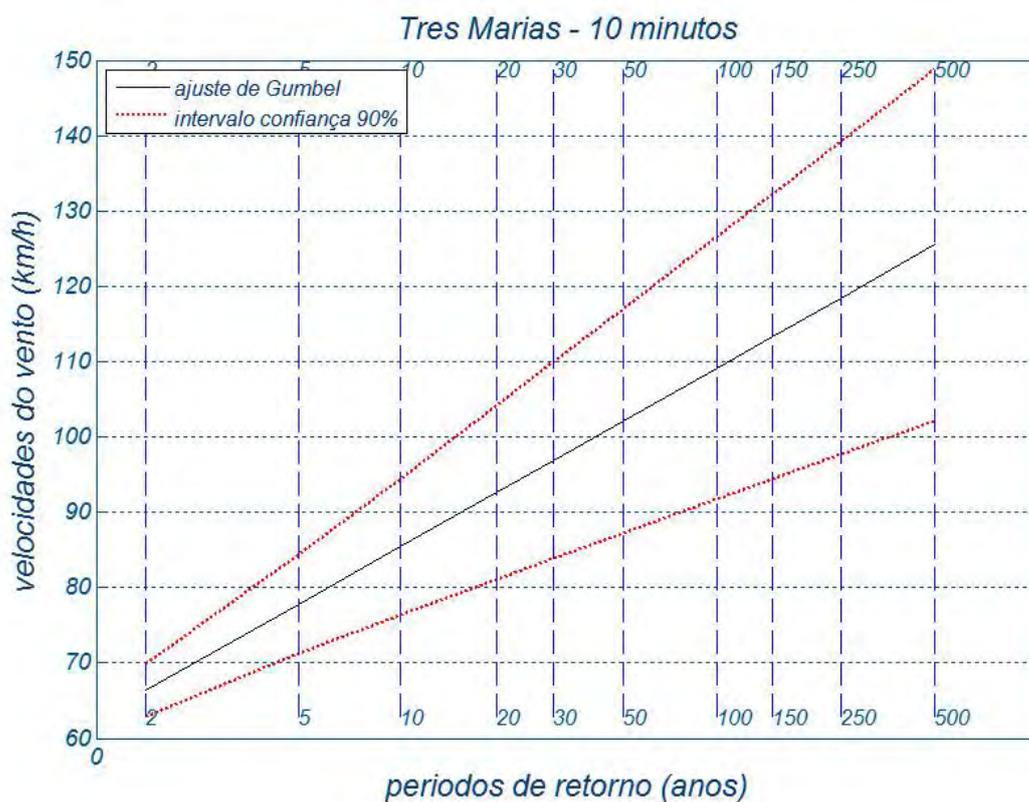
n	C_1			n	C_2		
2	0.49838	17	1.03970	2	0.40434	17	0.51768
3	0.64348	18	1.04810	3	0.42859	18	0.51980
4	0.73147	19	1.05570	4	0.44580	19	0.52175
5	0.79278	20	1.06280	5	0.45879	20	0.52355
6	0.83877	21	1.06940	6	0.46903	21	0.52522
7	0.87493	22	1.07550	7	0.47735	22	0.52678
8	0.90432	23	1.08120	8	0.48428	23	0.52823
9	0.92882	24	1.08650	9	0.49015	24	0.52959
10	0.94963	25	1.09140	10	0.49521	25	0.53086
11	0.96758	26	1.09610	11	0.49961	26	0.53206
12	0.98327	27	1.10050	12	0.50350	27	0.53319
13	0.99713	28	1.10470	13	0.50695	28	0.53426
14	1.00950	29	1.10860	14	0.51004	29	0.53527
15	1.02060	30	1.11240	15	0.51284	30	0.53622
16	1.03060	∞	1.28255	16	0.51537	∞	0.57722

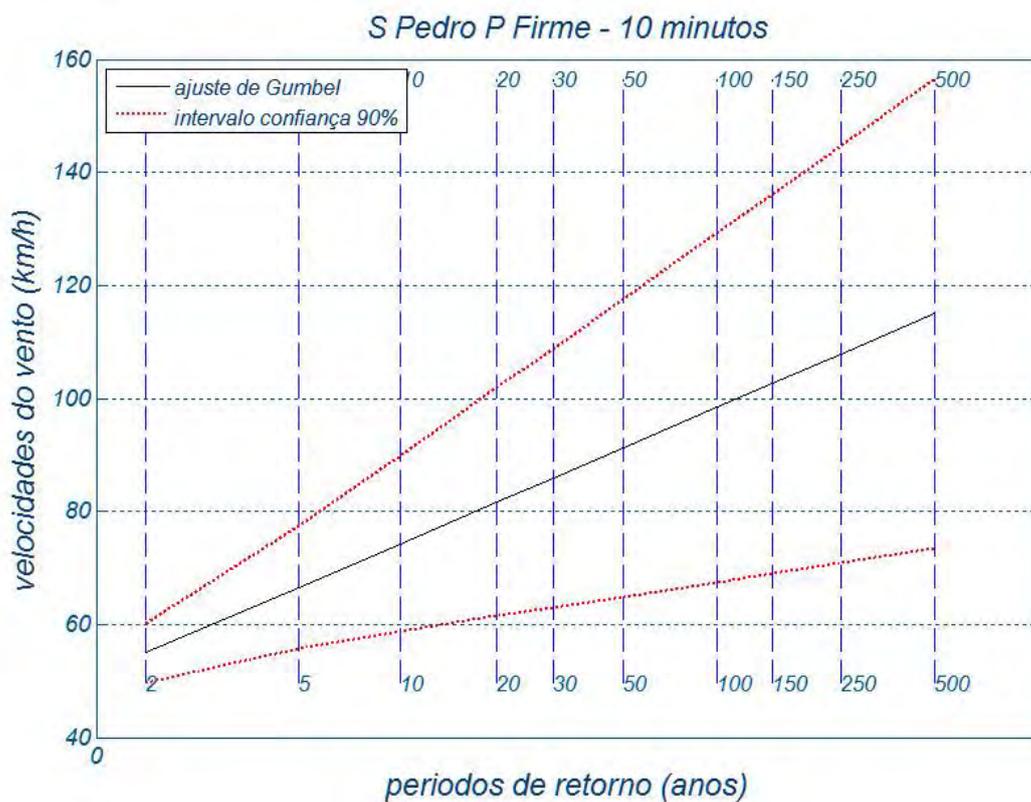
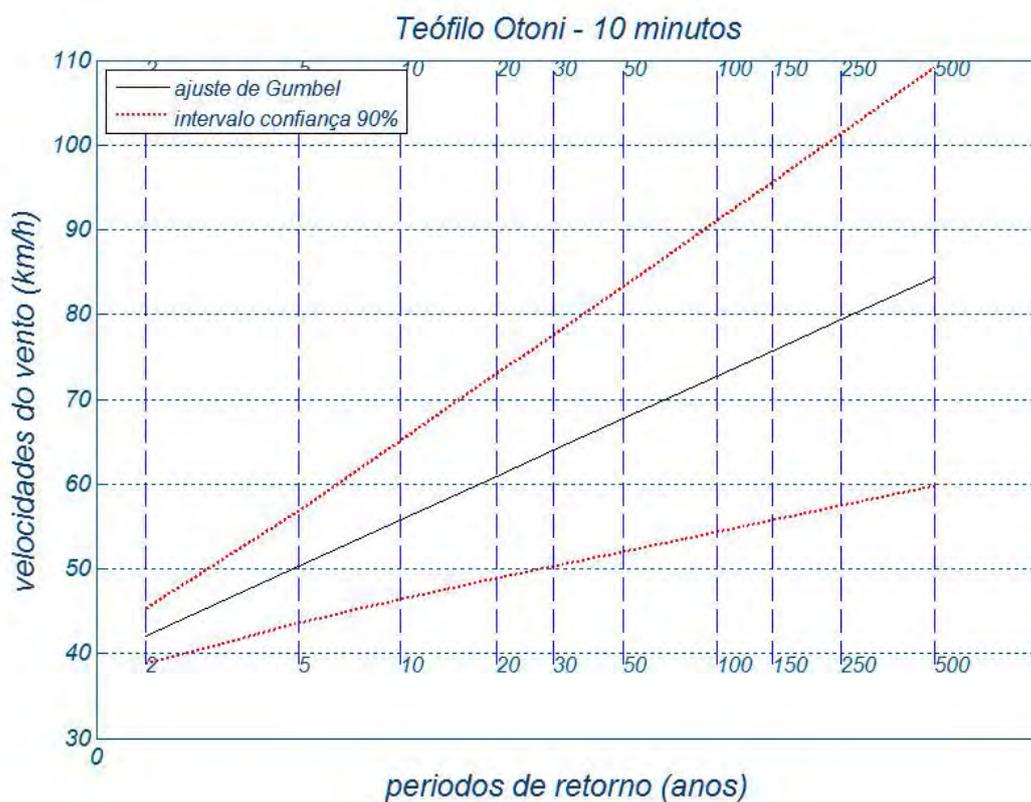
No caso dos valores de C_1 e C_2 serem assumidos para $n = \infty$, o método acima se identifica com o método dos momentos, que é menos conservador e raramente usado.

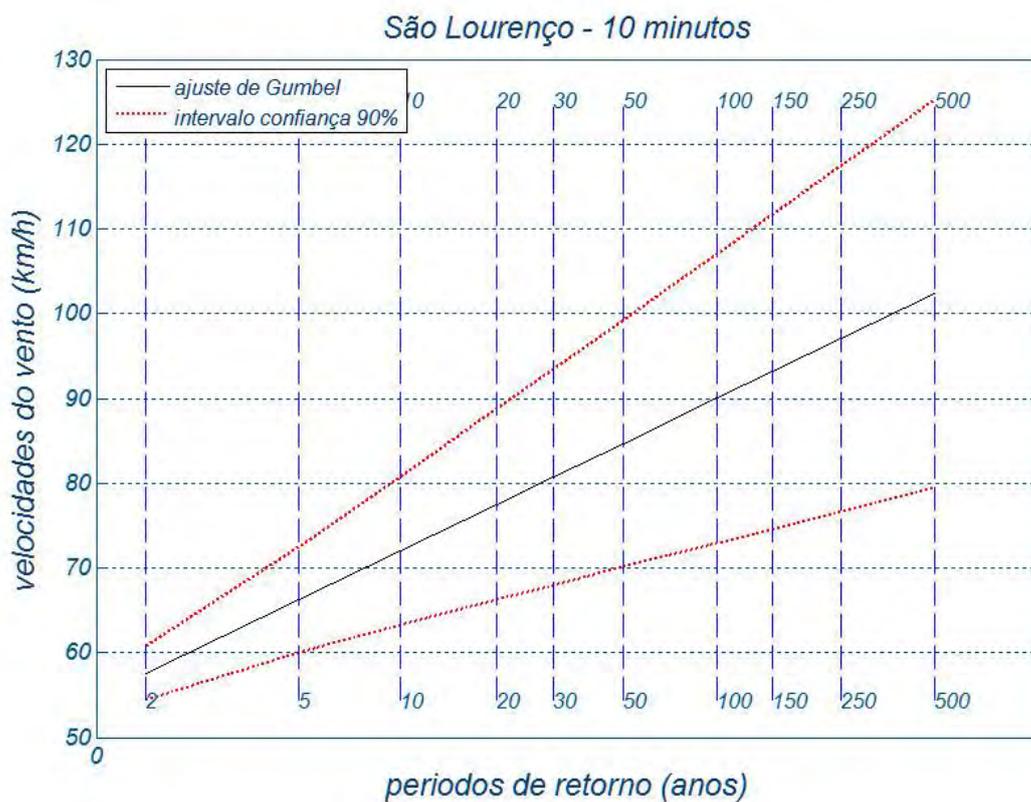
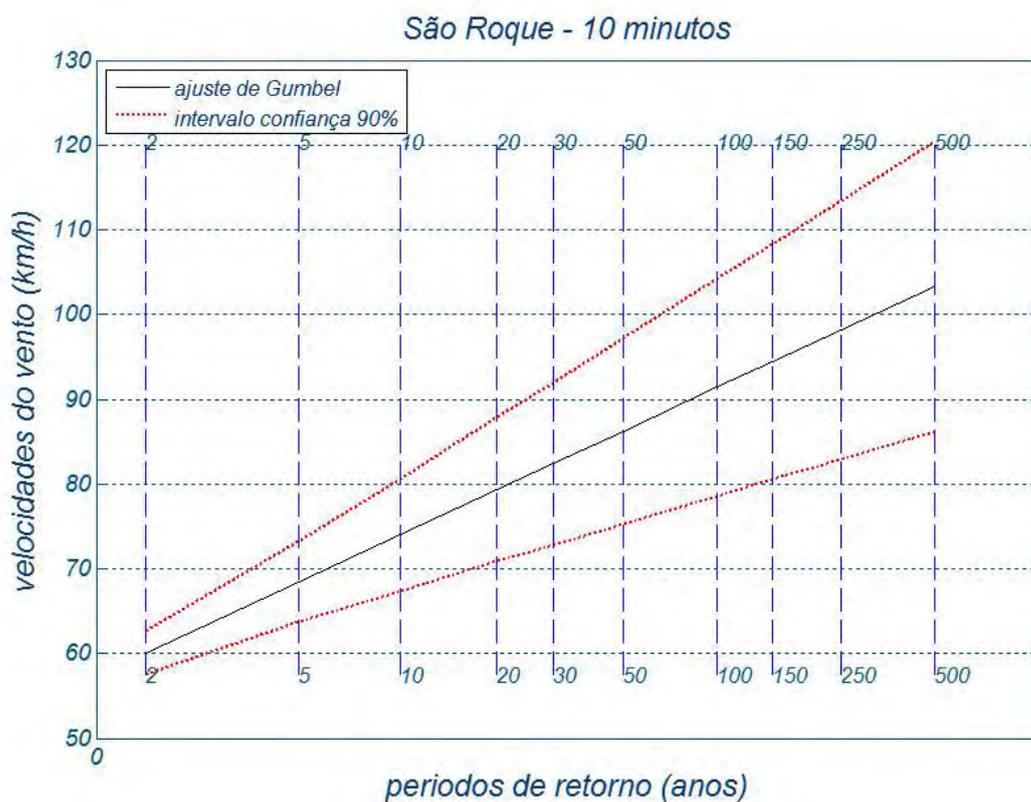
Anexo III Os ajustes da distribuição de Gumbel às amostras

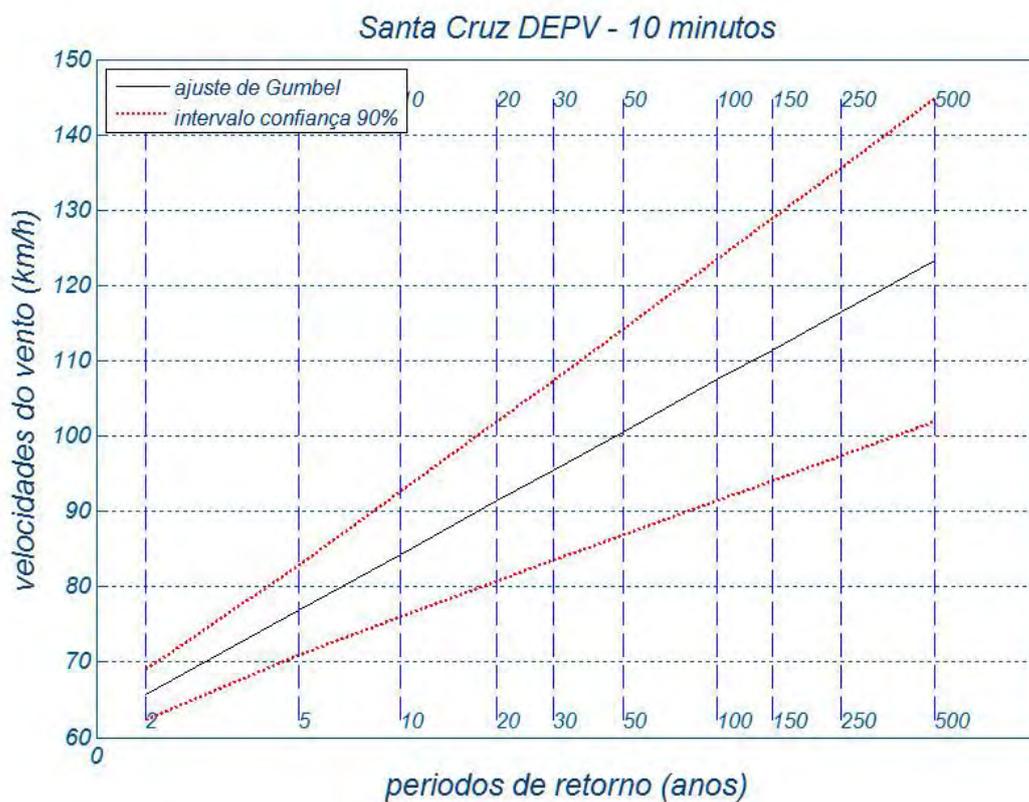
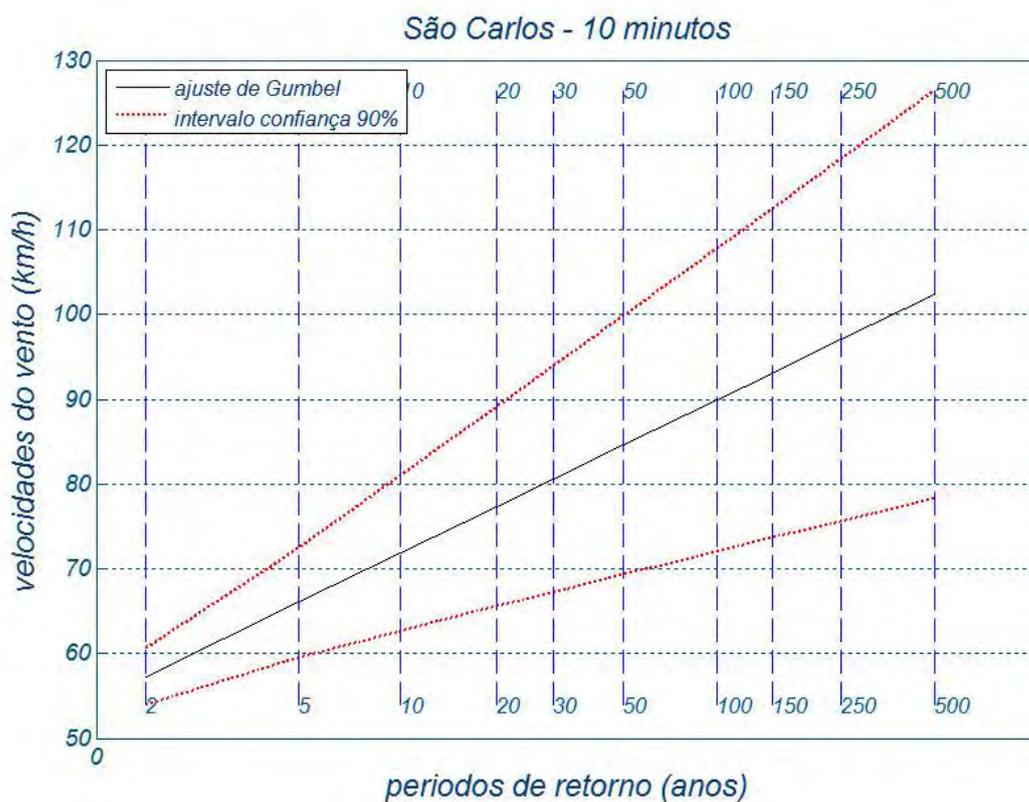
As figuras seguintes ilustram os ajustes de Gumbel em cada estação, tempo de média de 10 minutos. Para os demais tempos de média, os coeficientes da Tabela 3 podem ser usados.

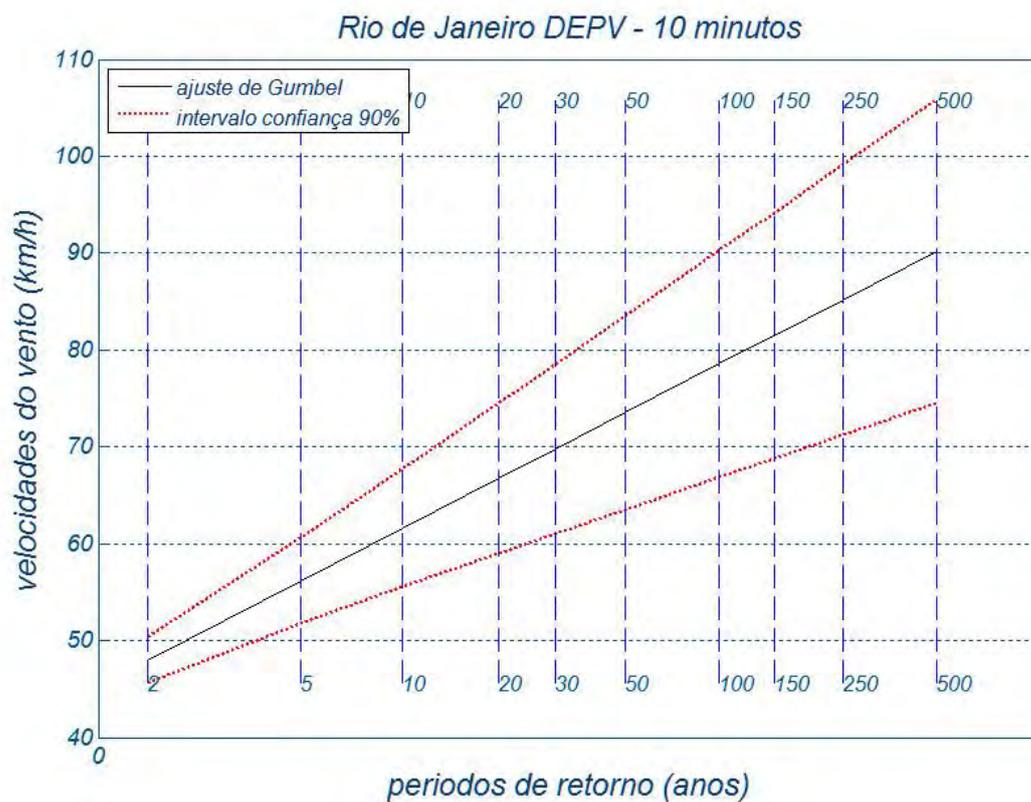
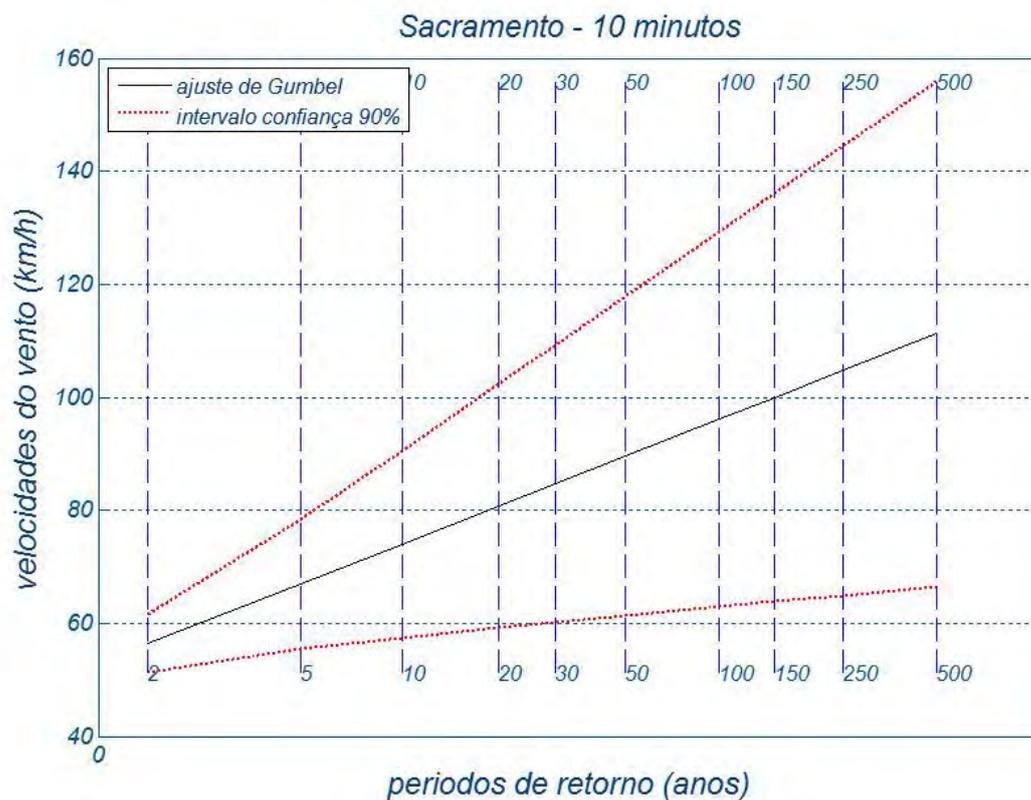


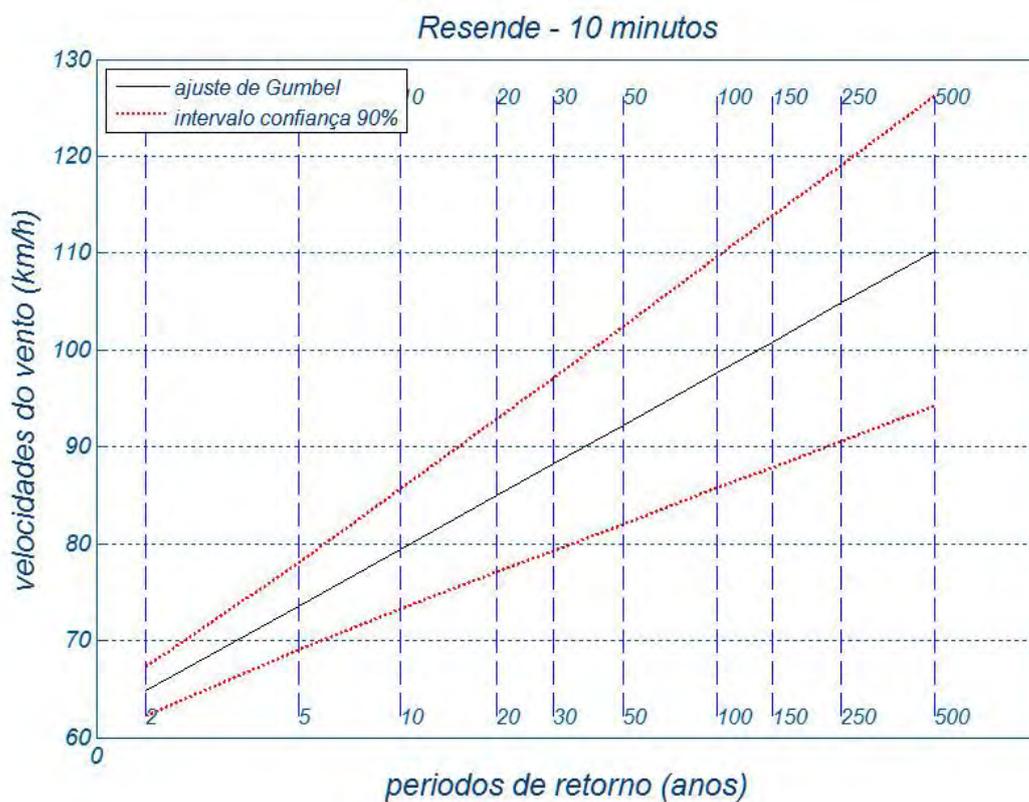
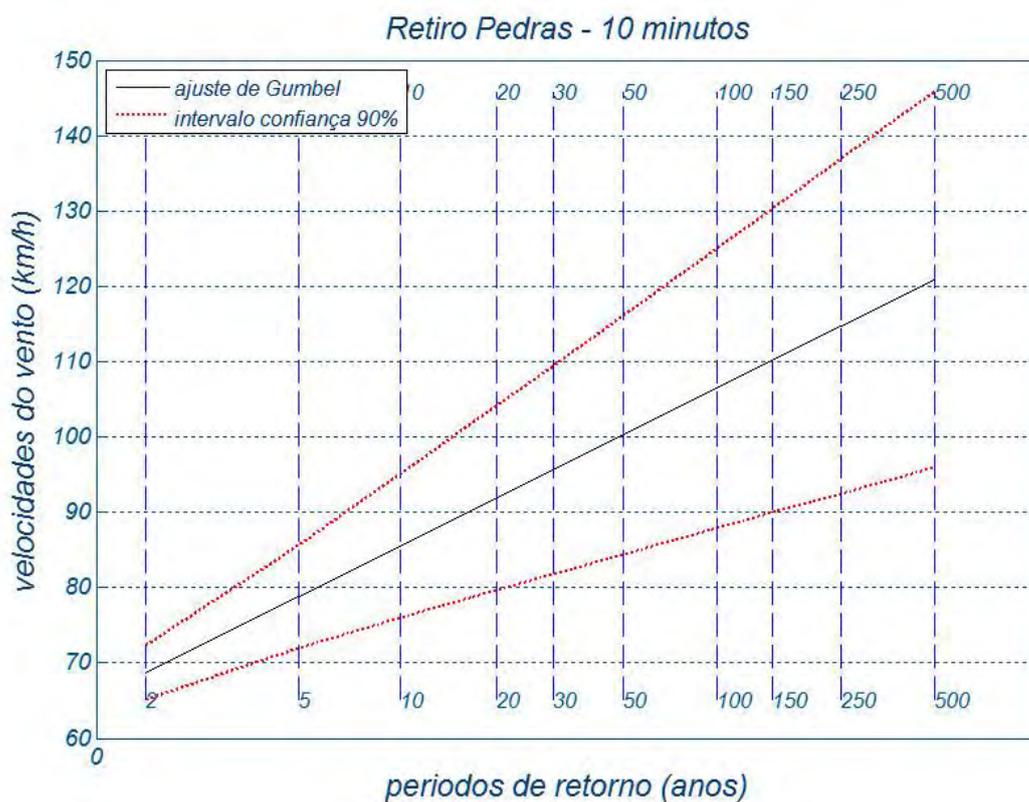


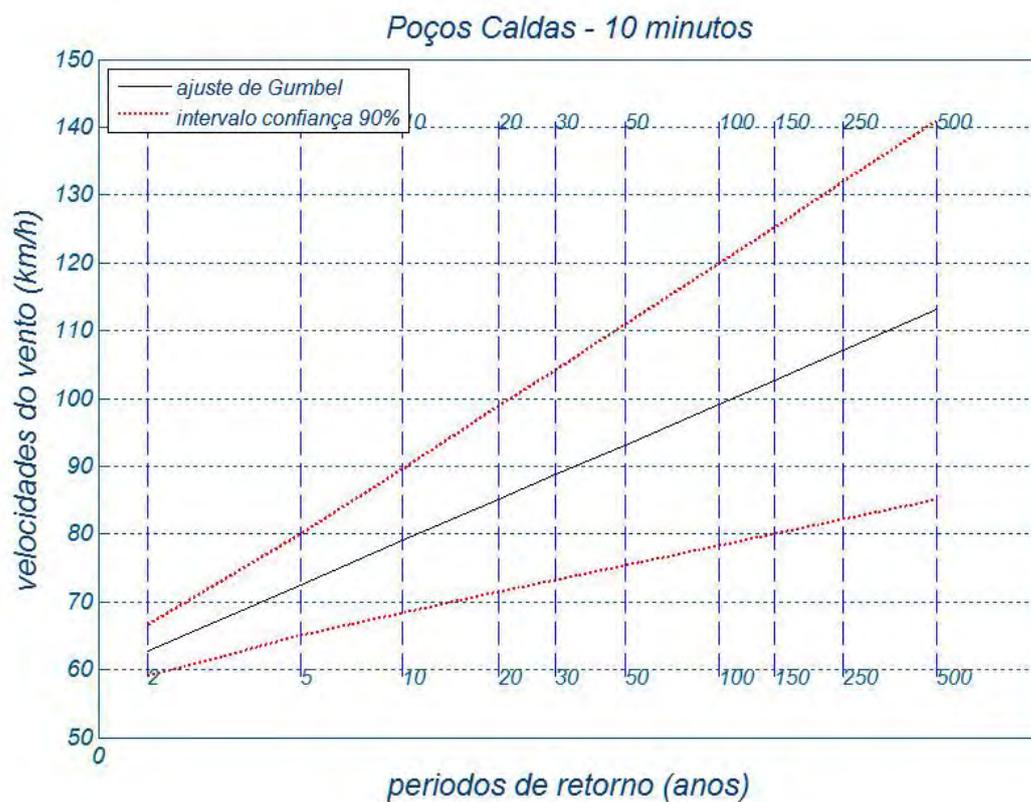
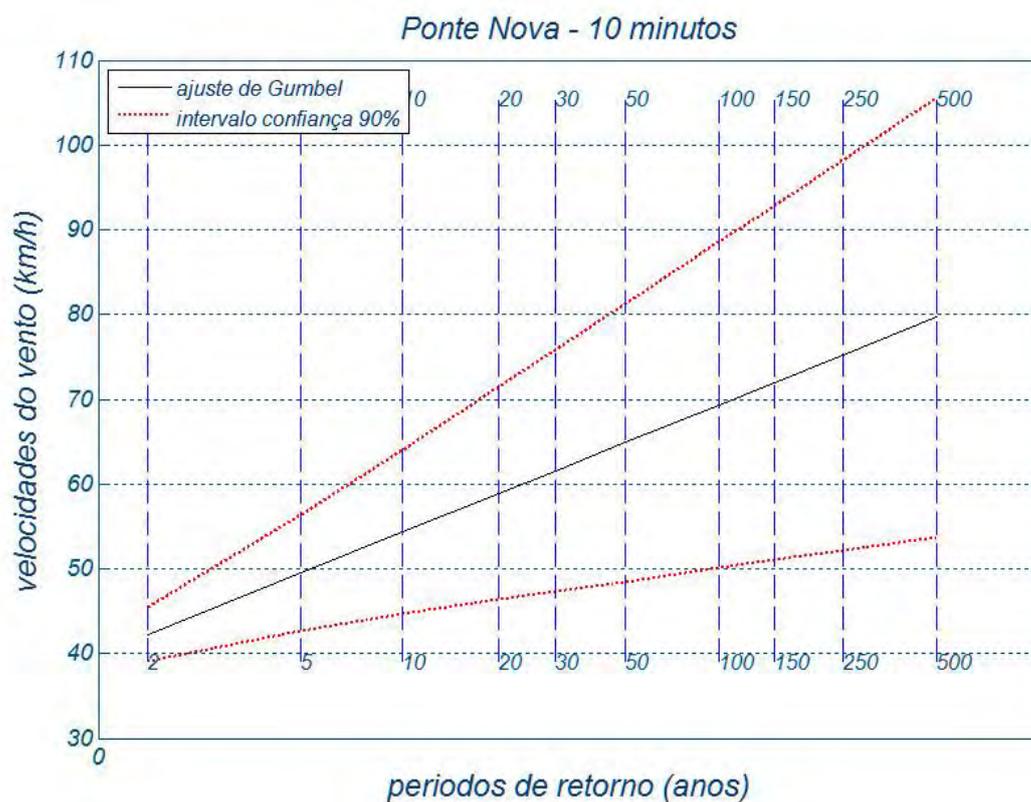


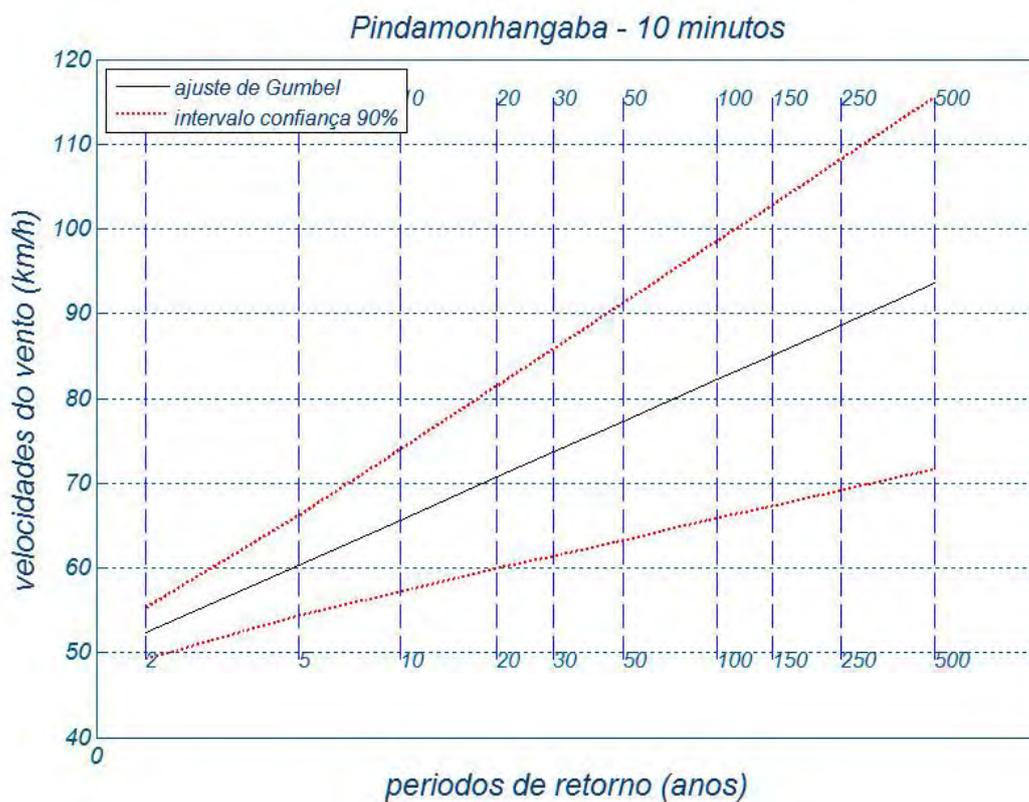
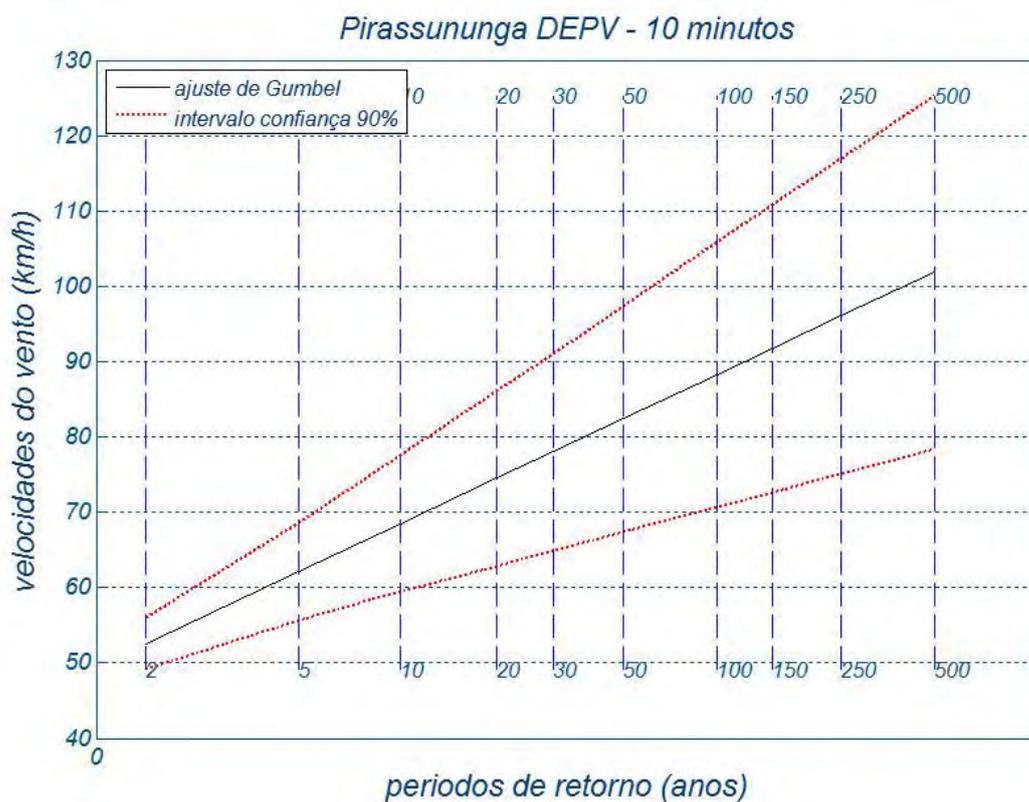


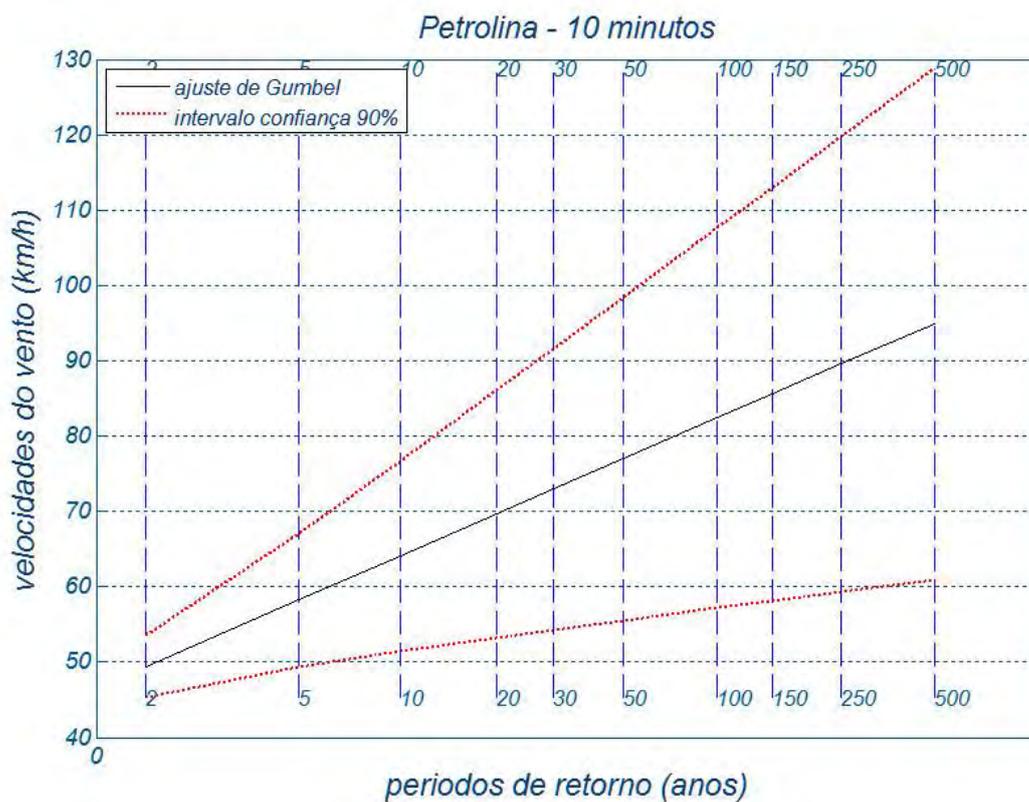
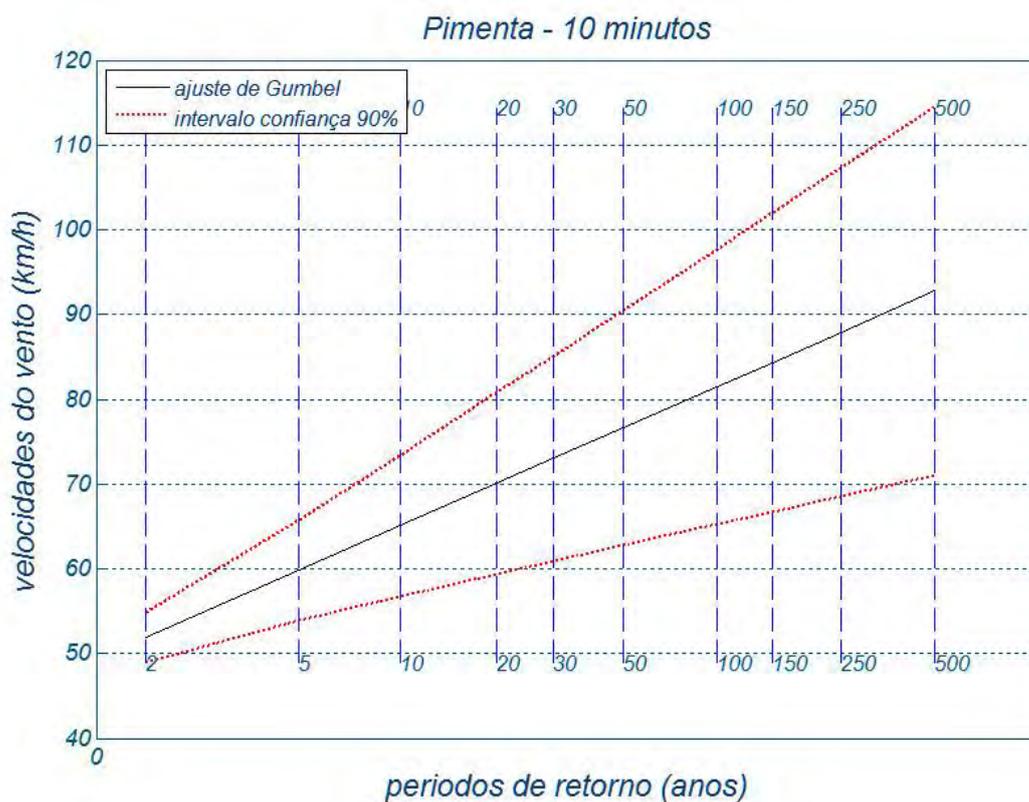


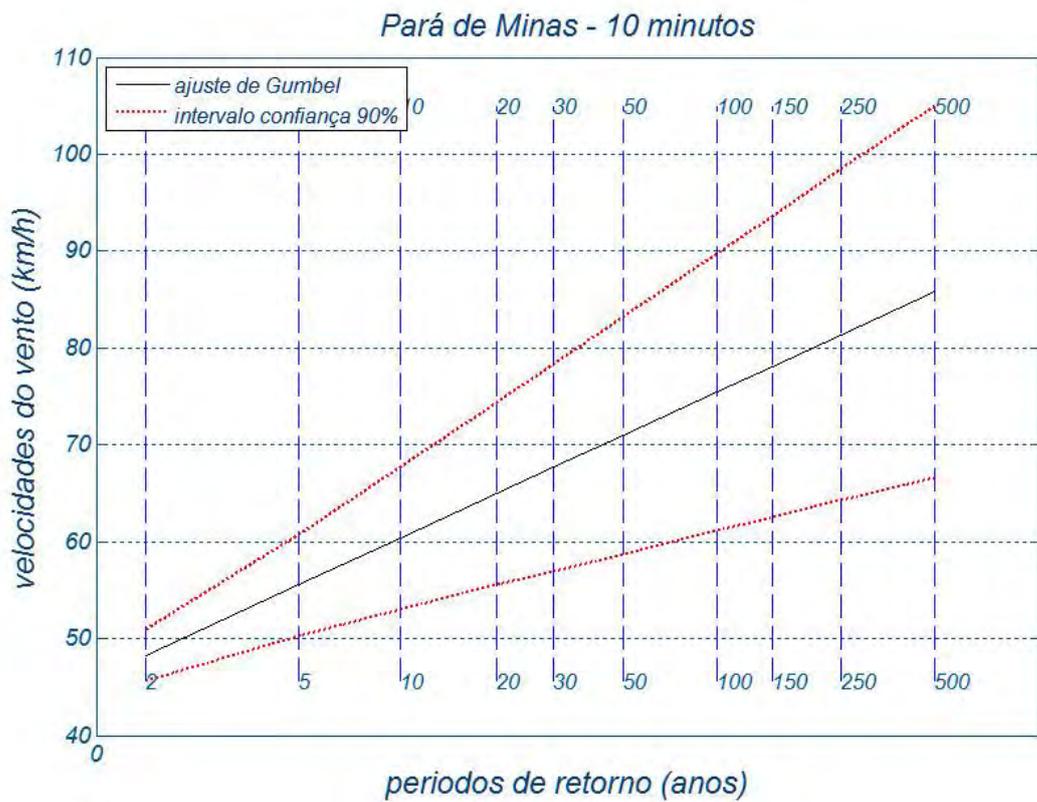
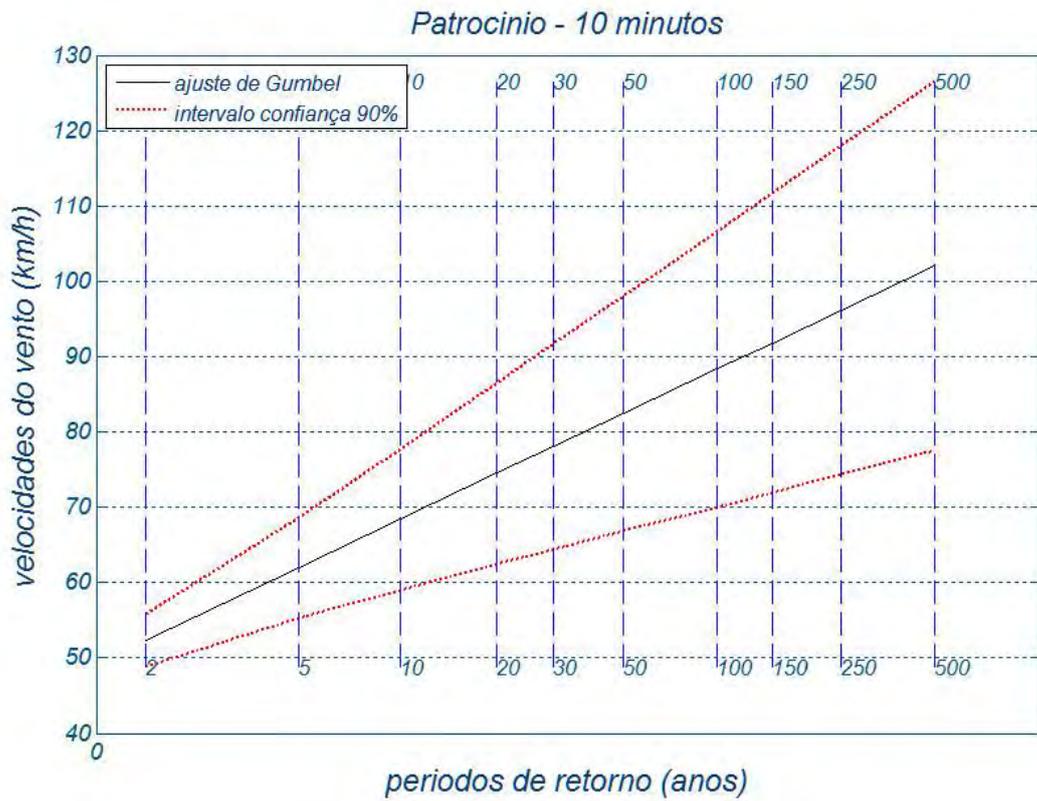


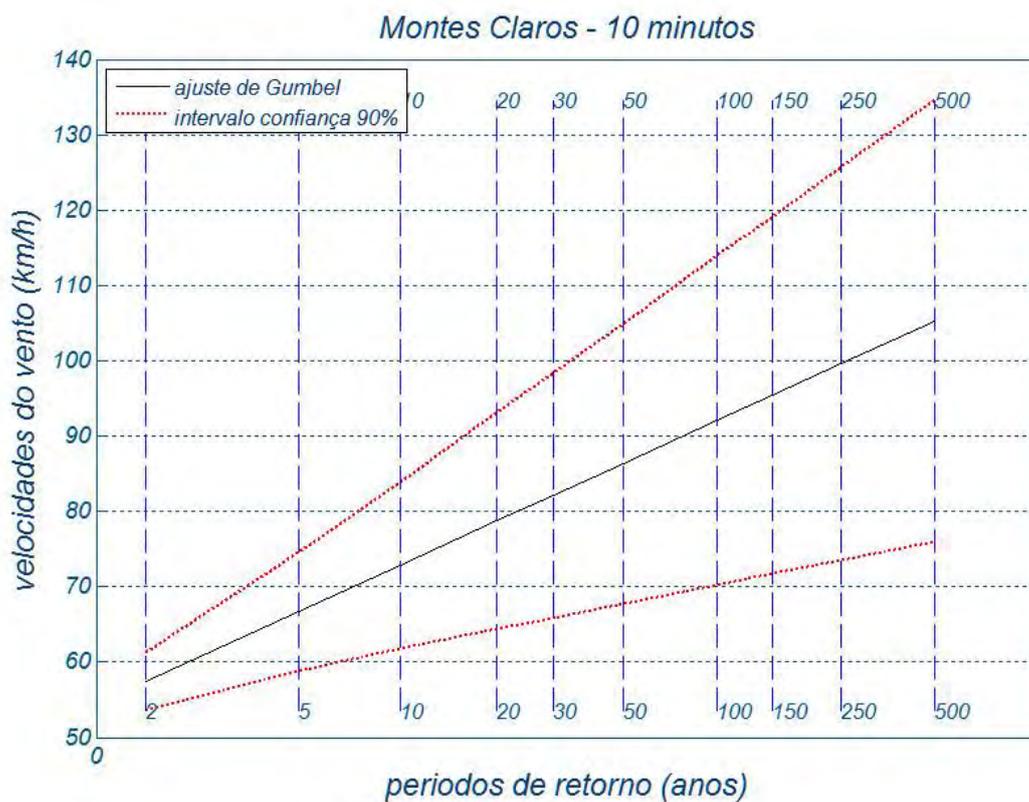
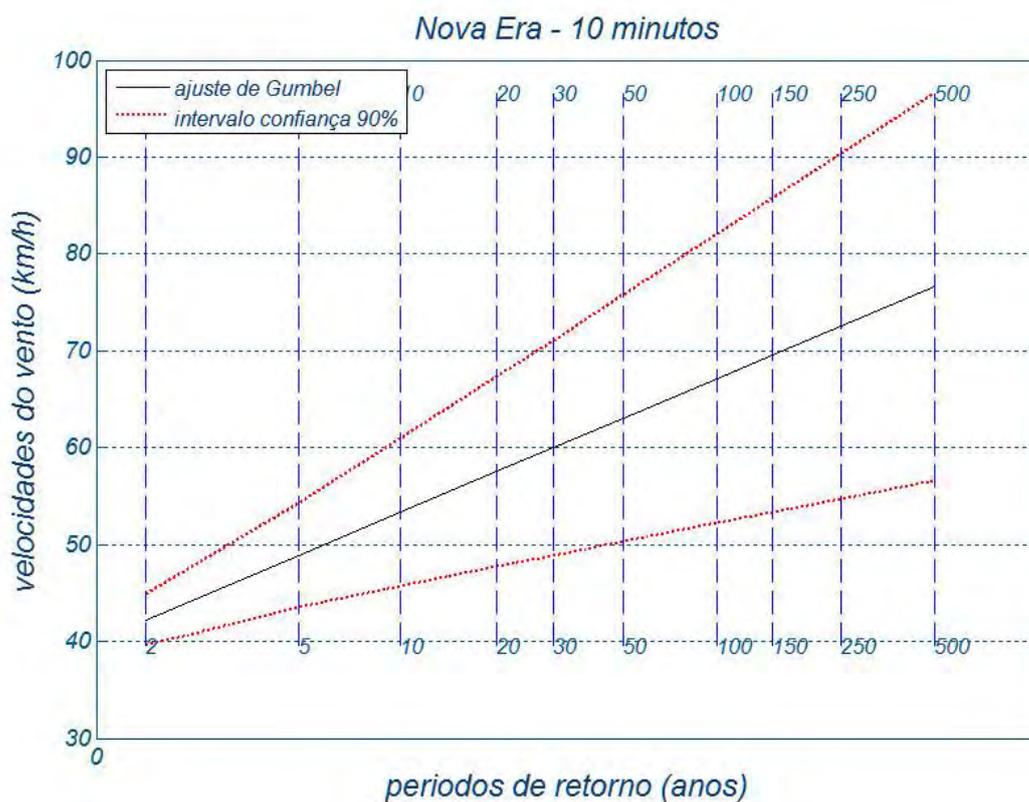


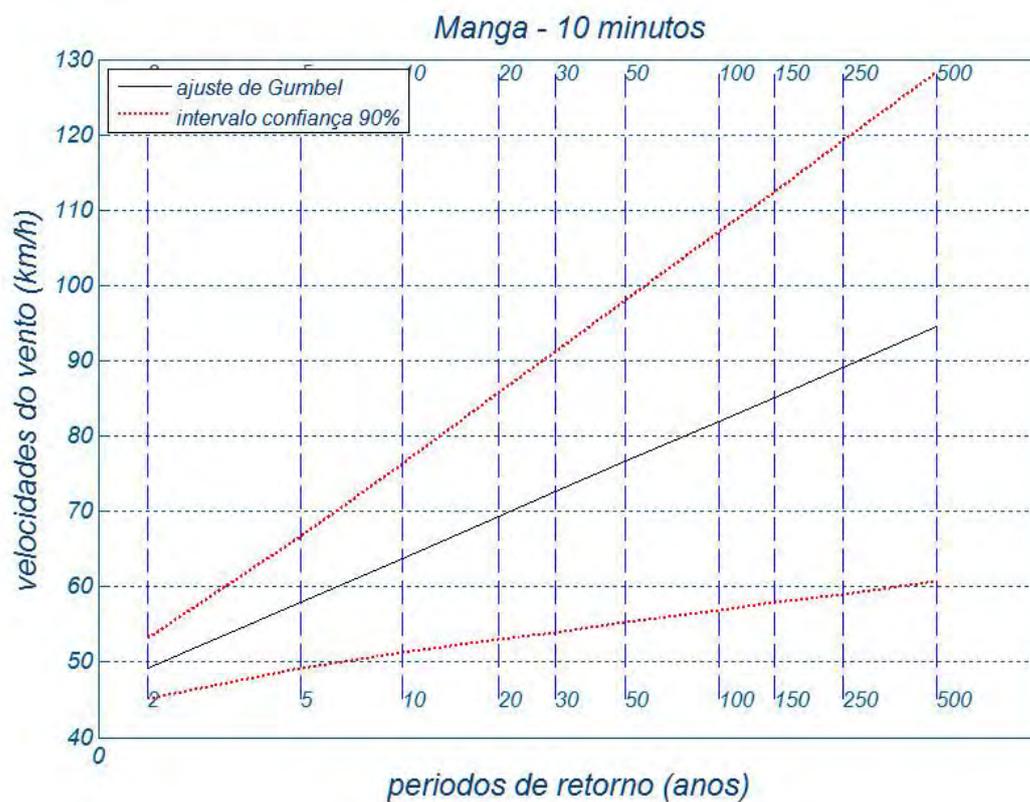
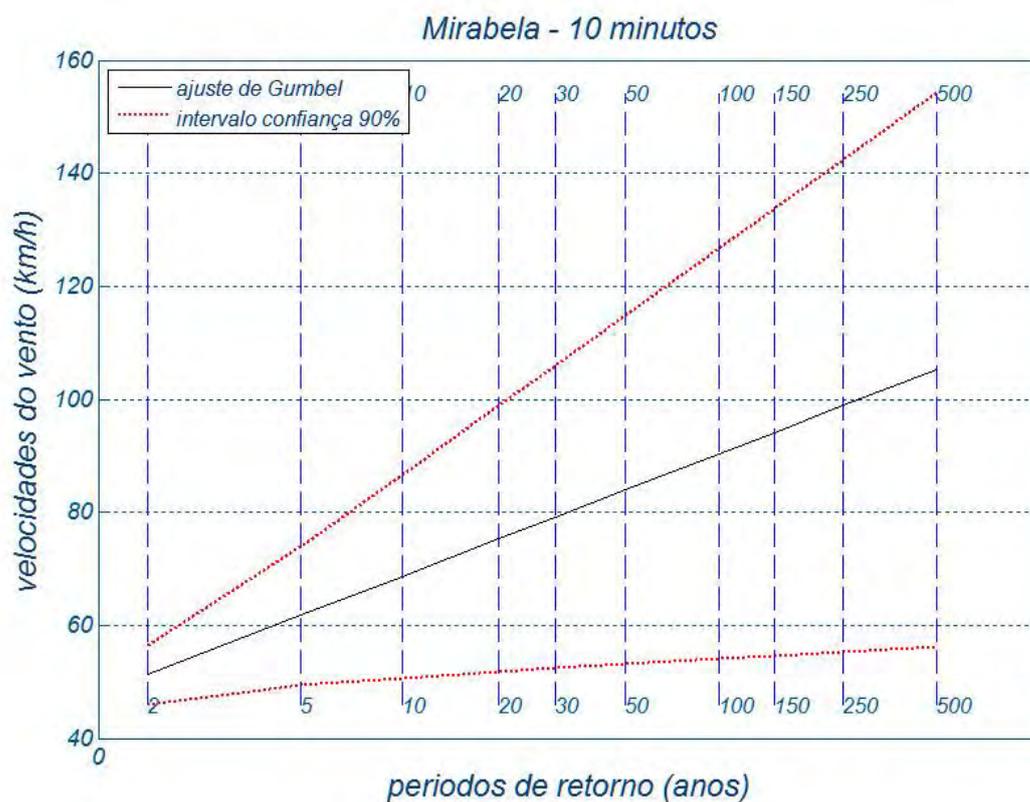


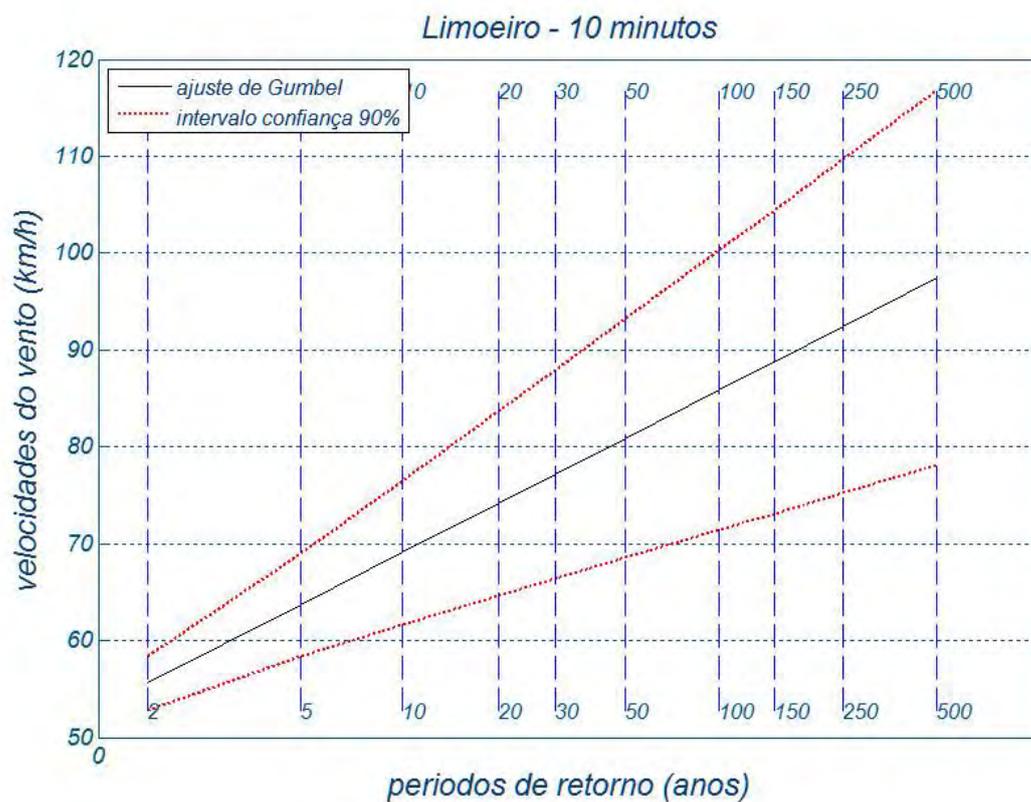
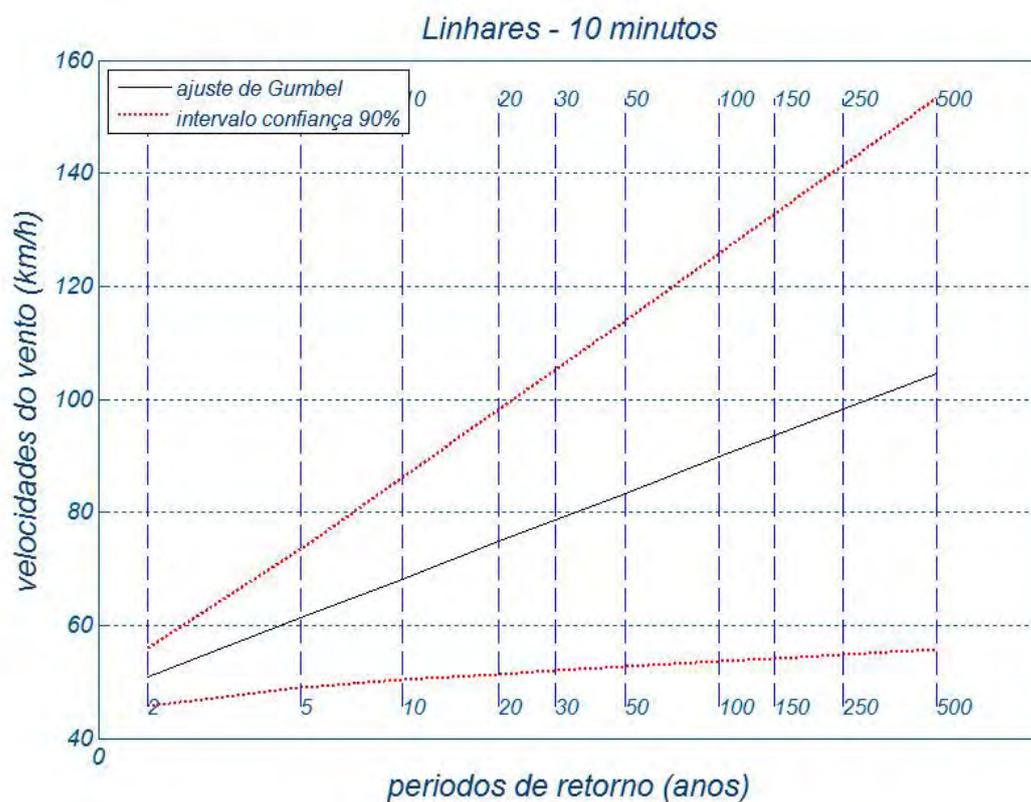


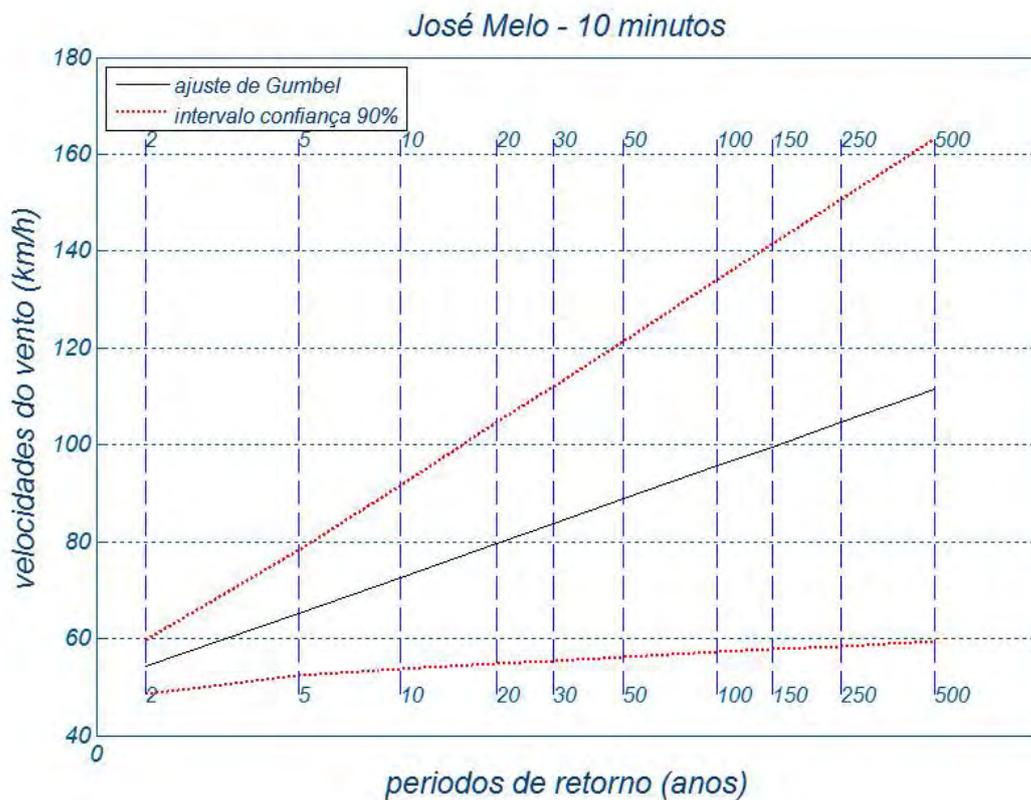
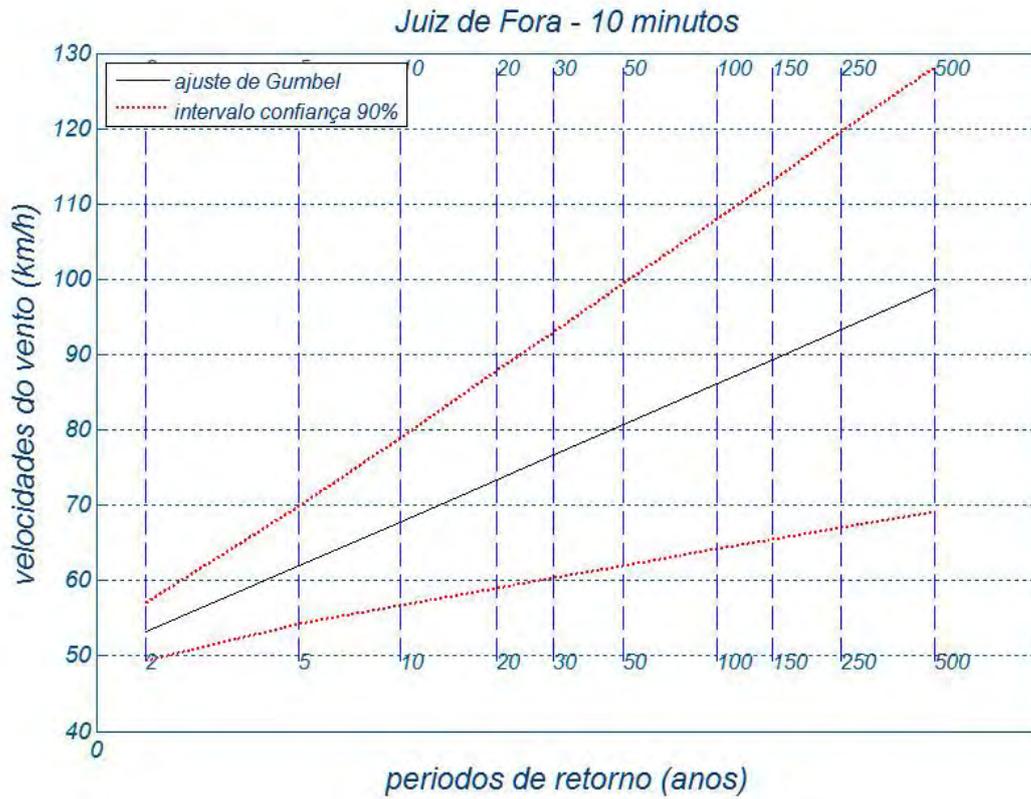


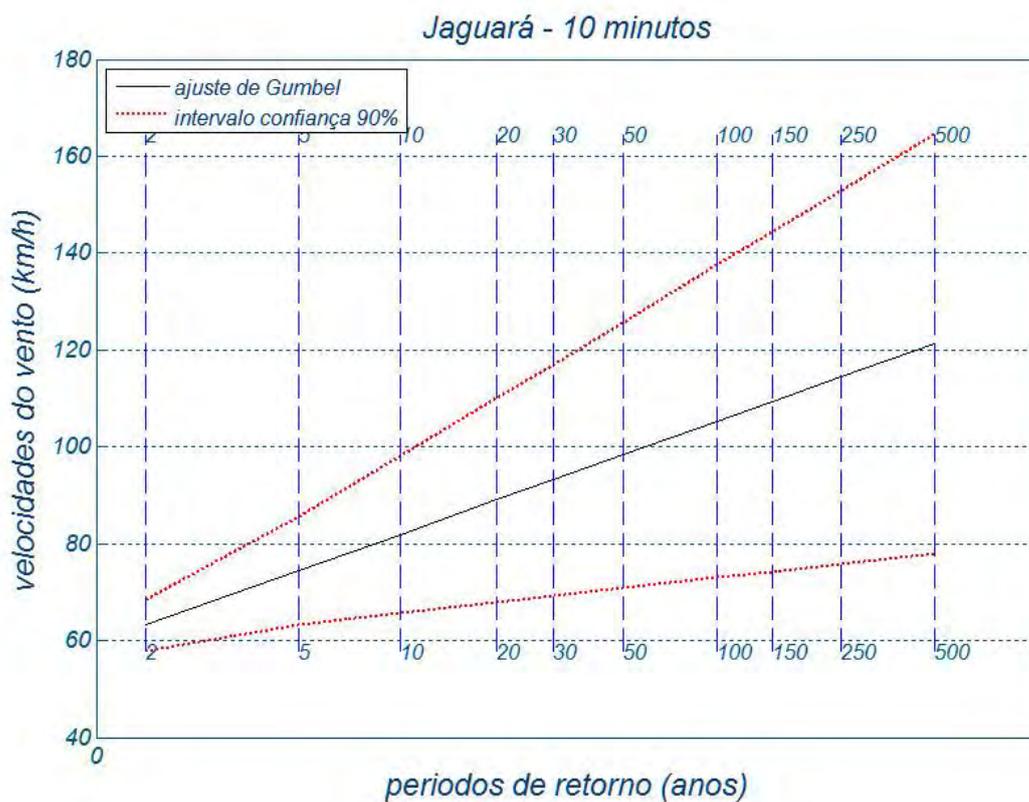
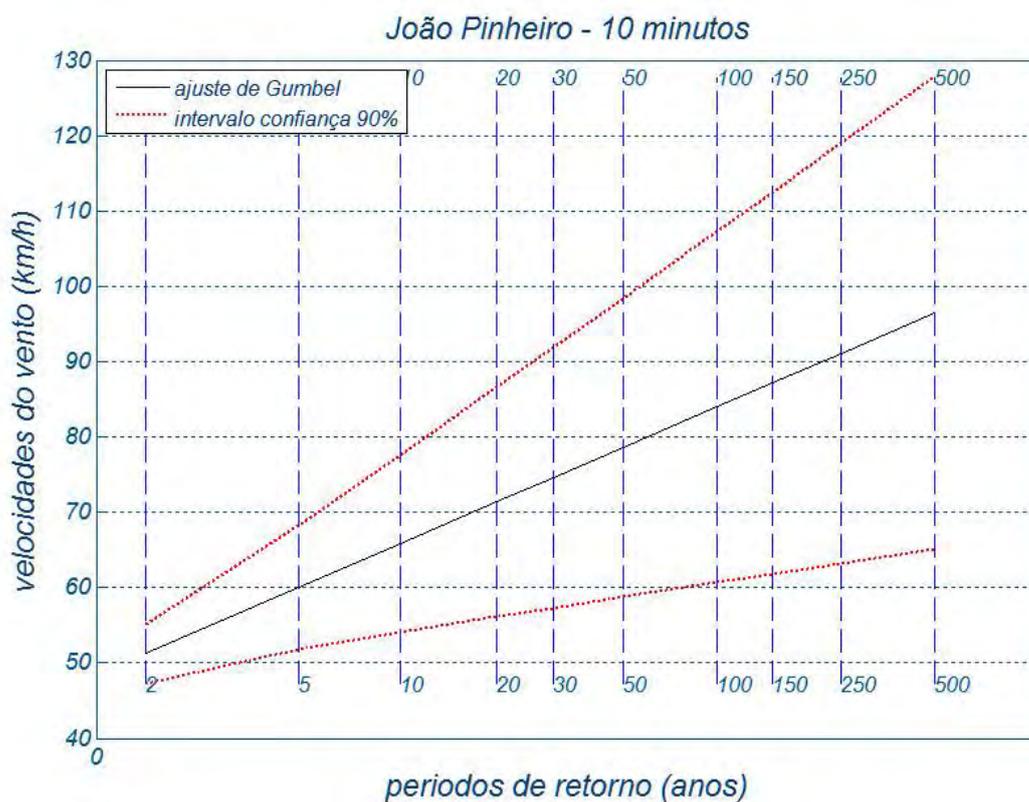


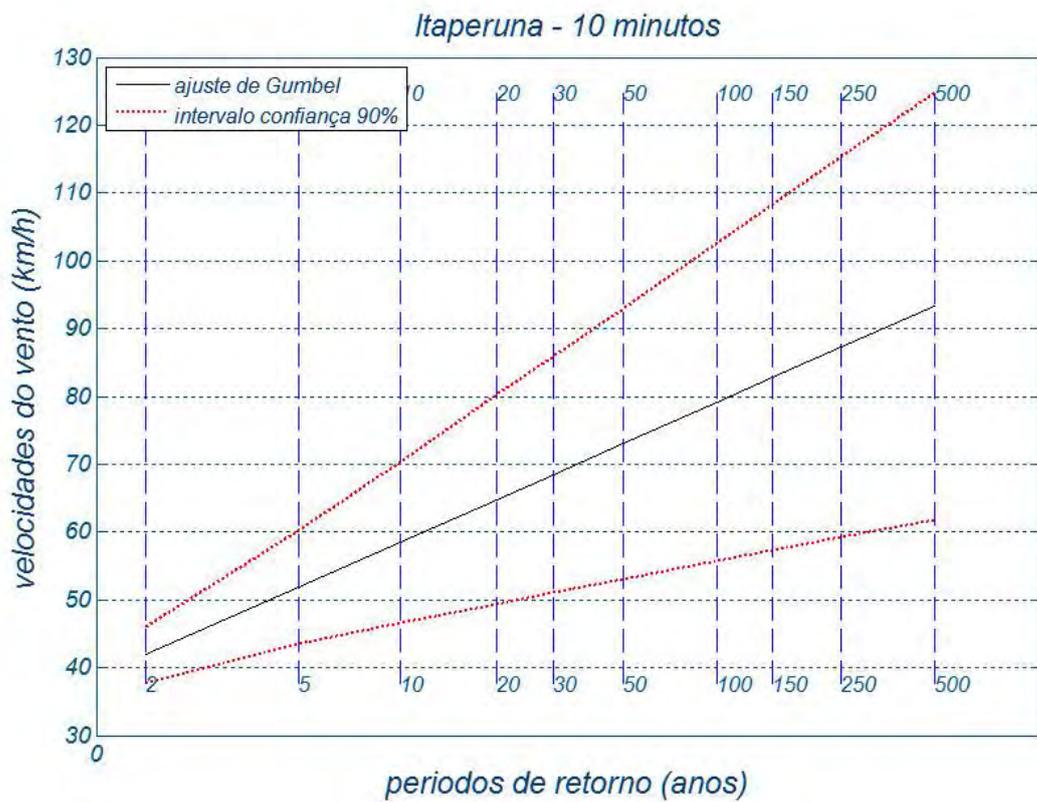
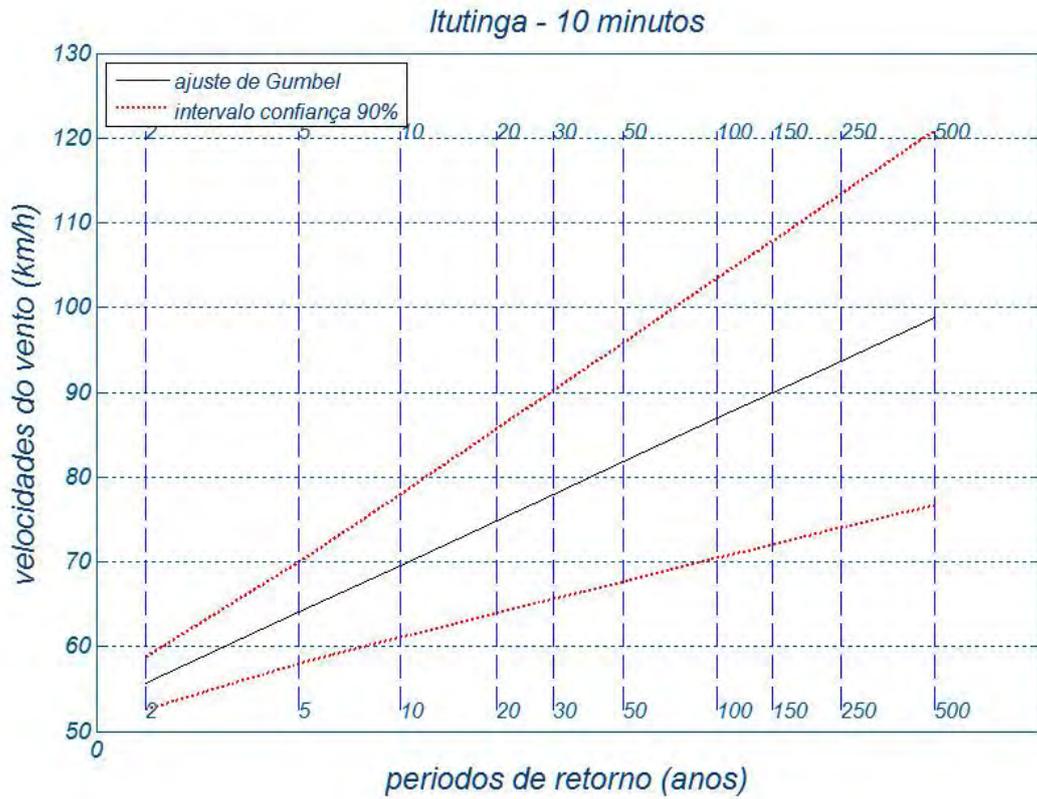


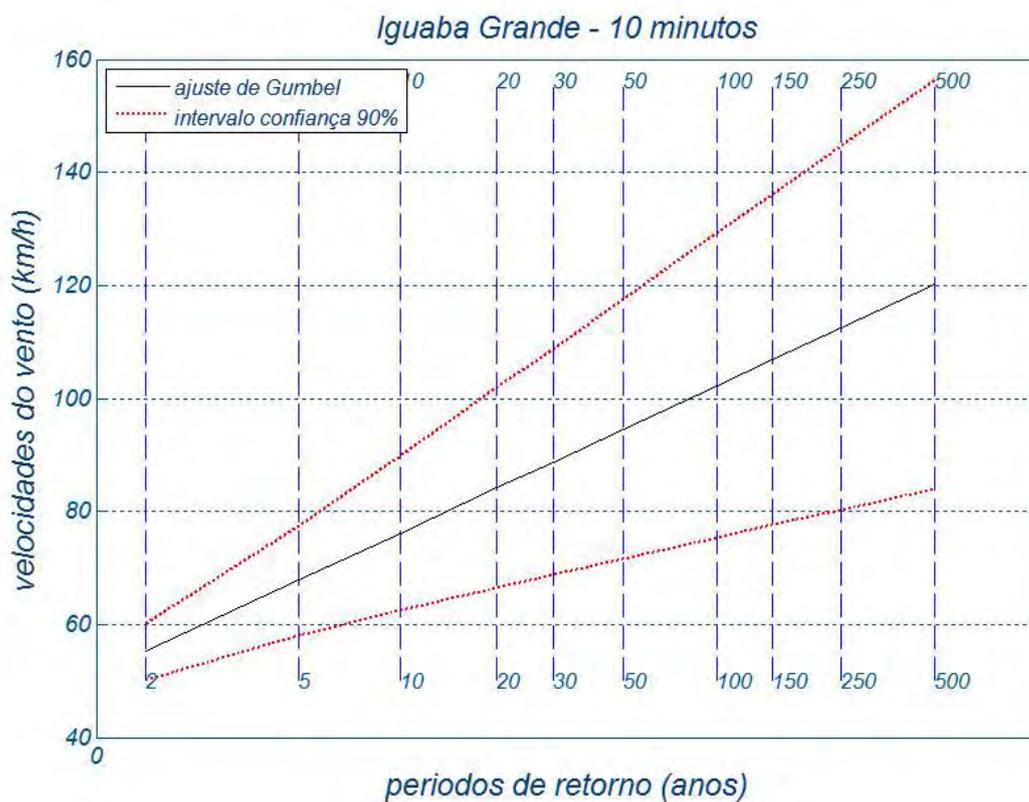
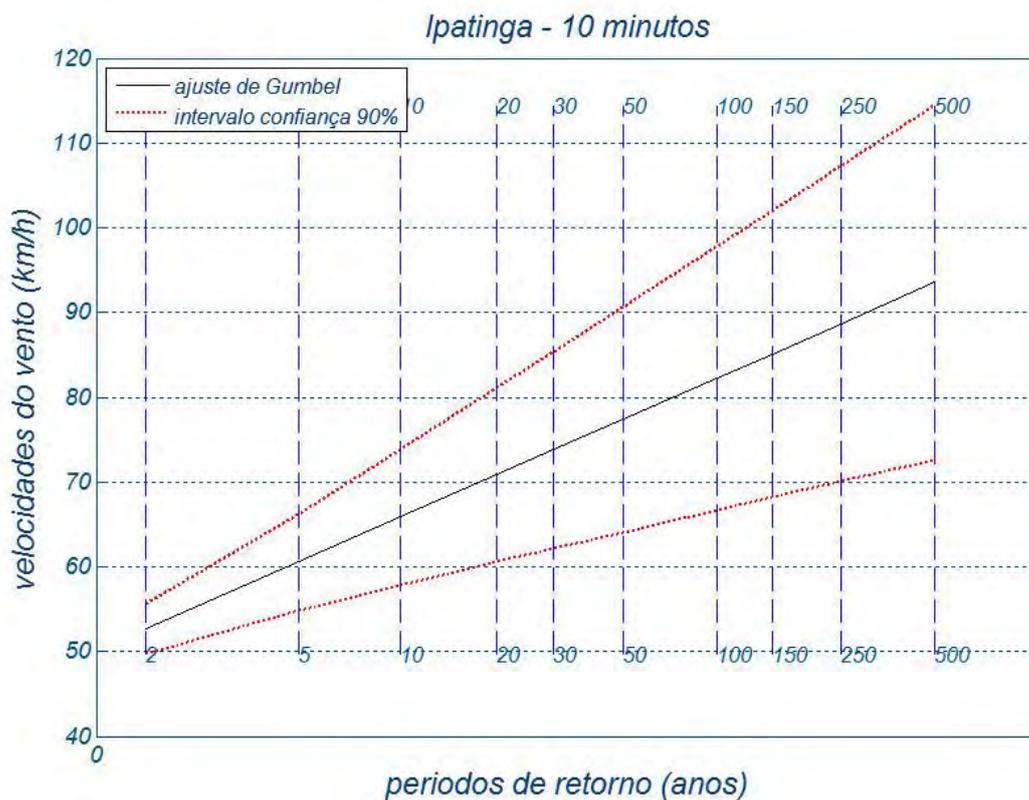


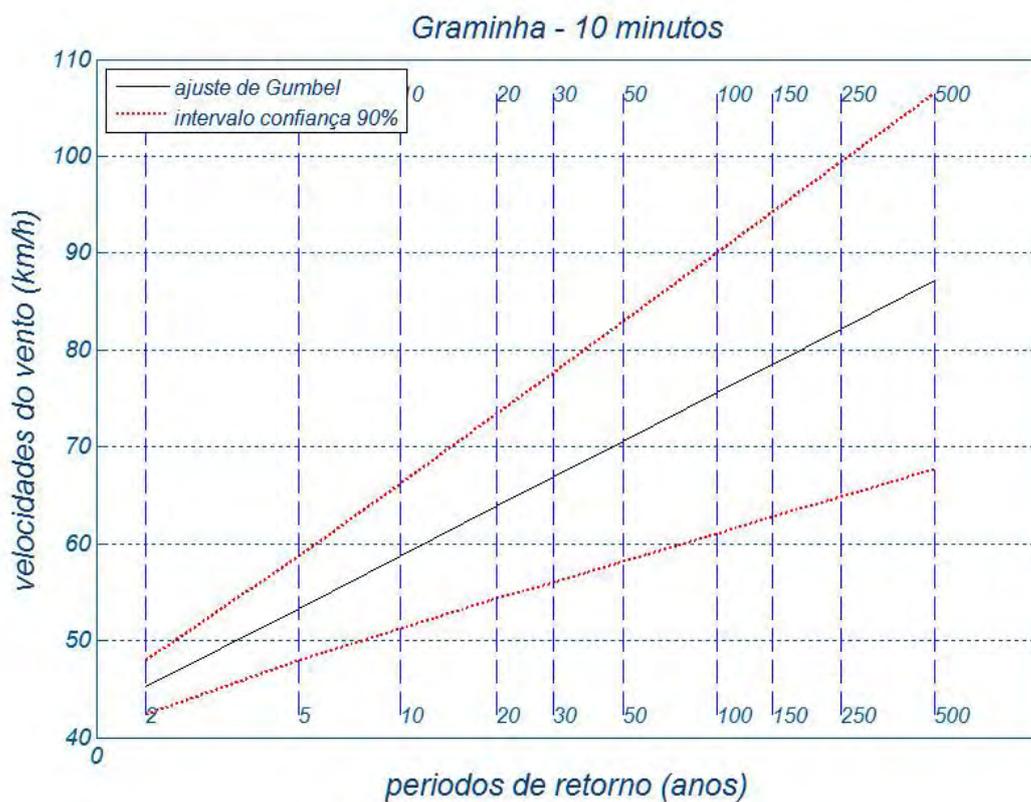
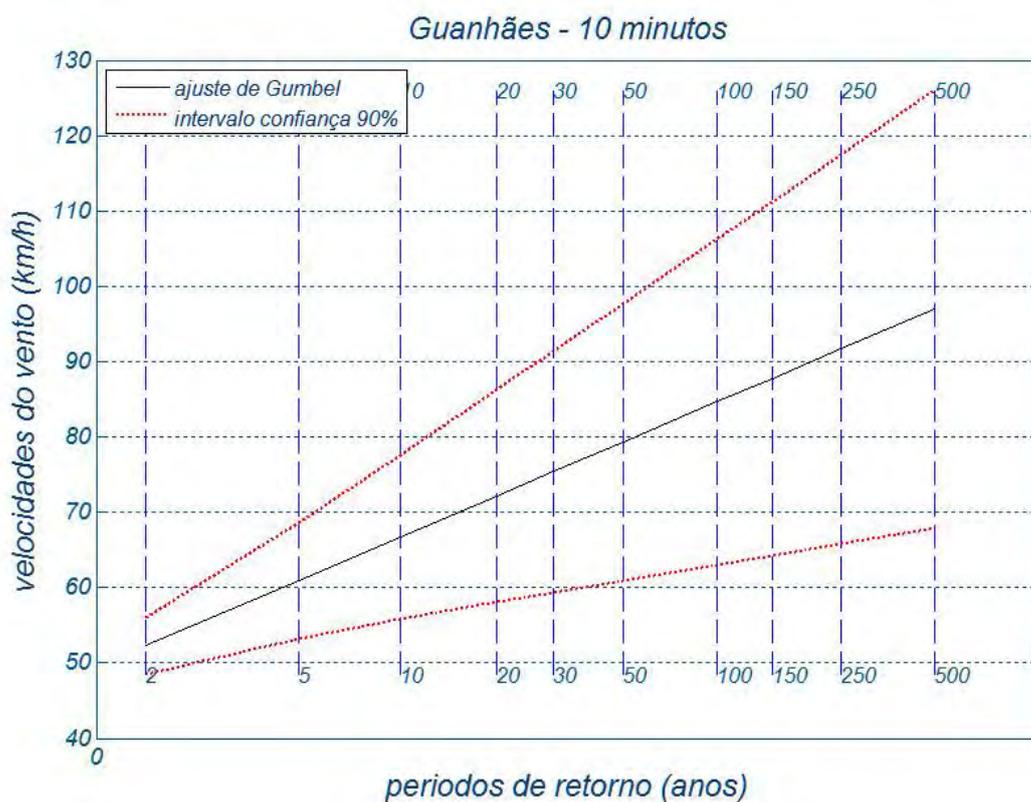


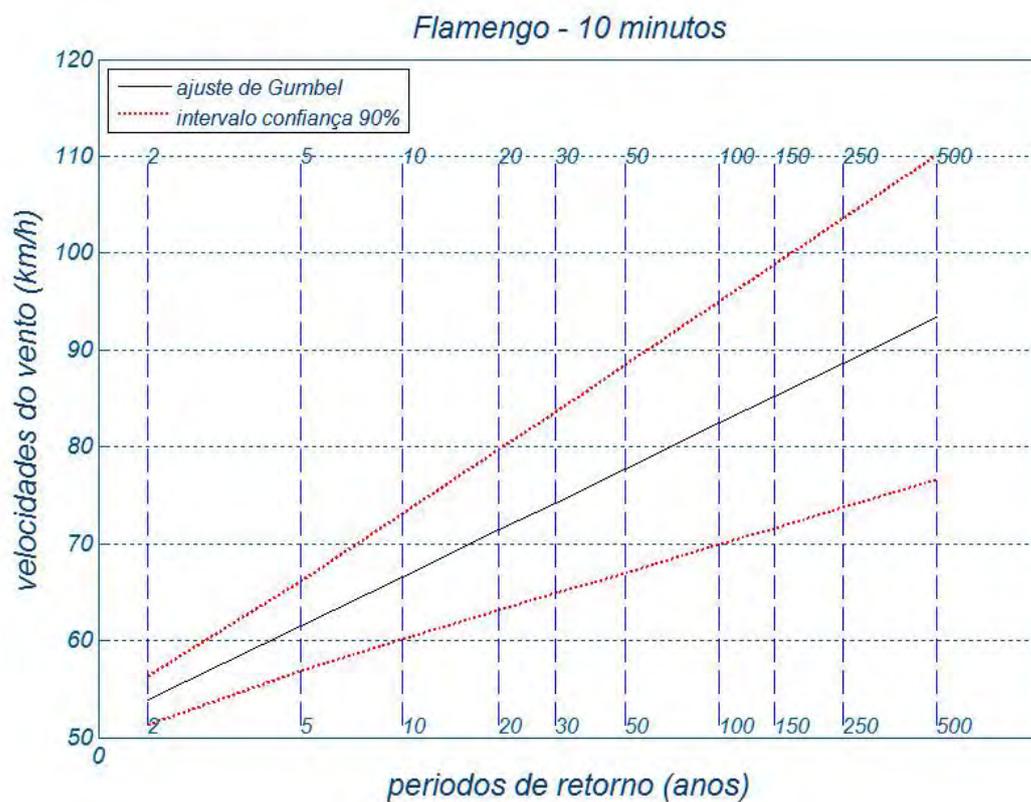
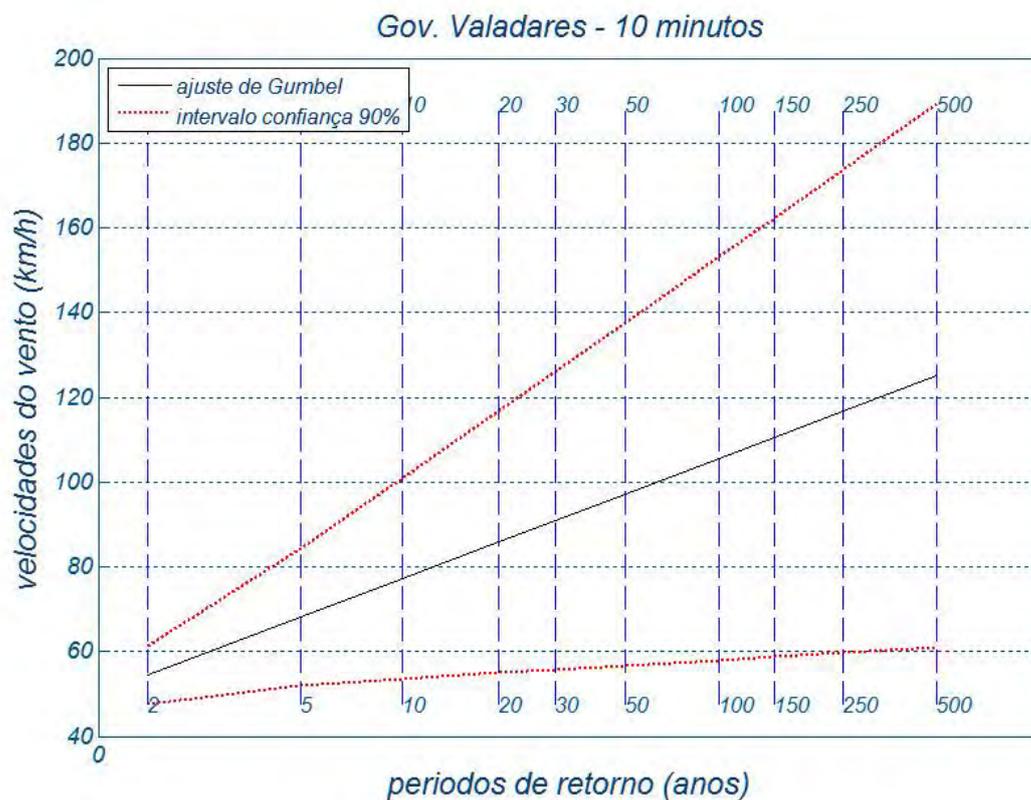


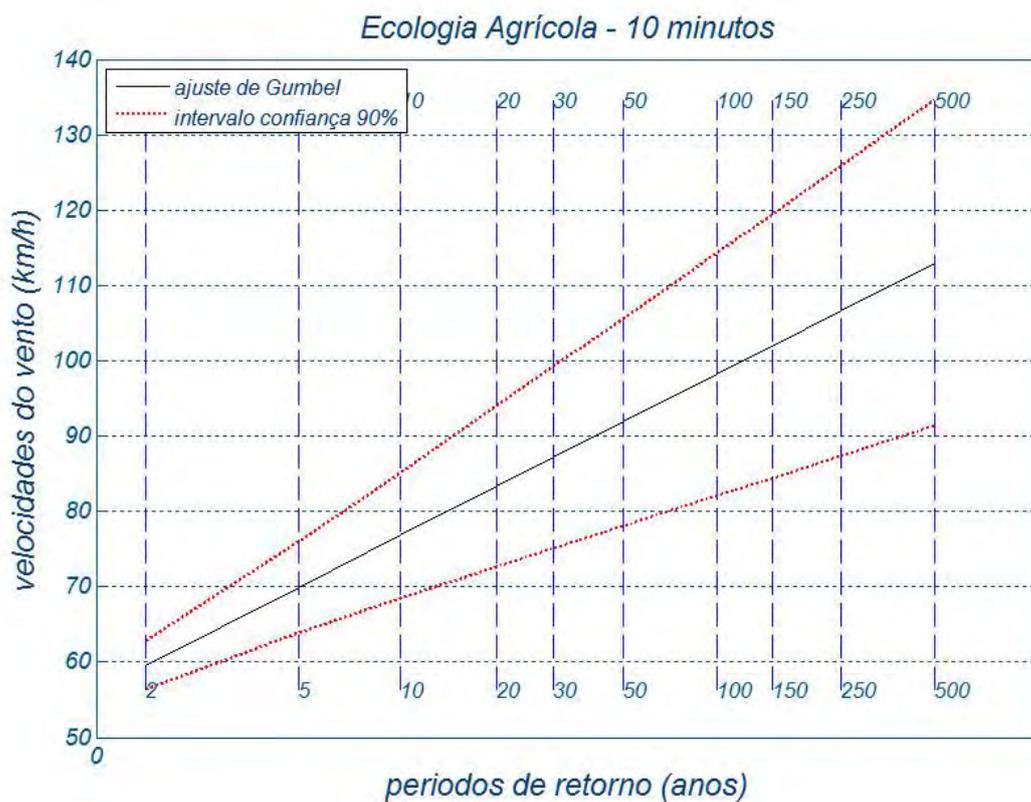
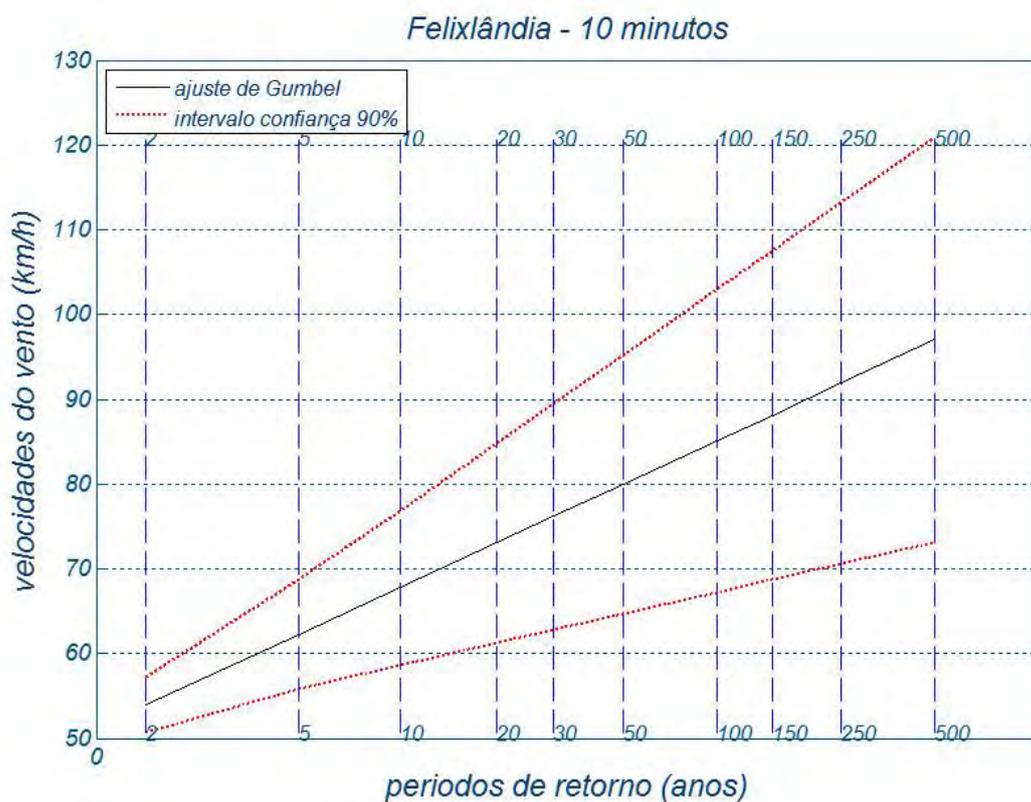


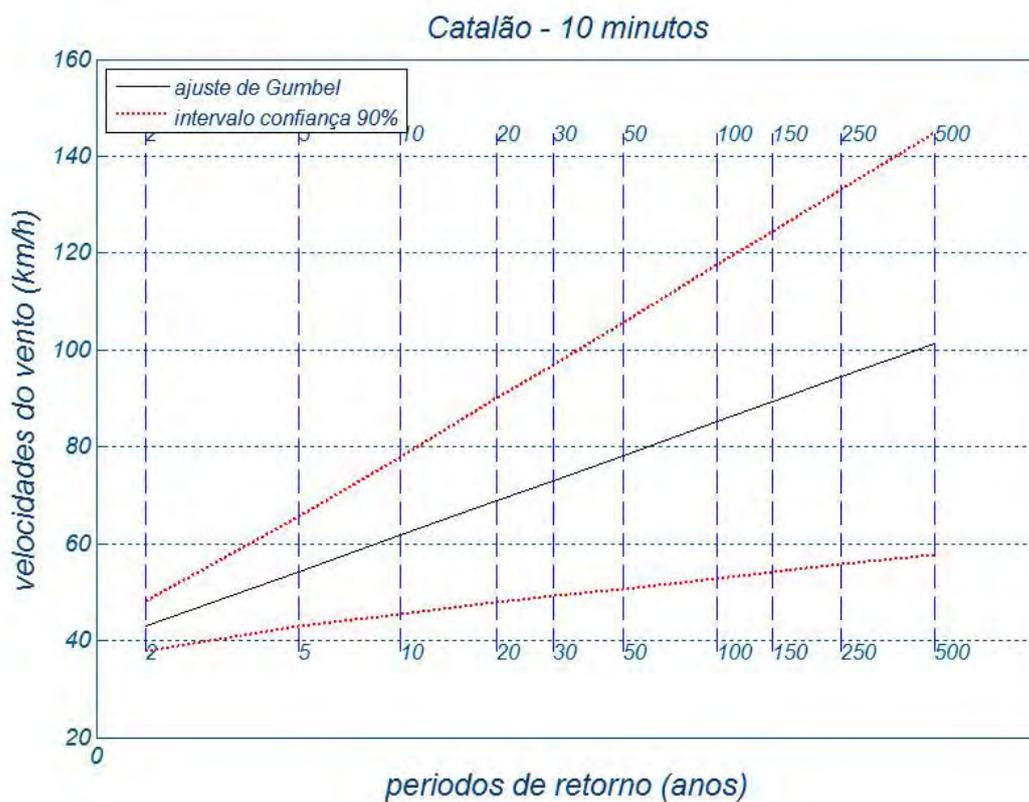
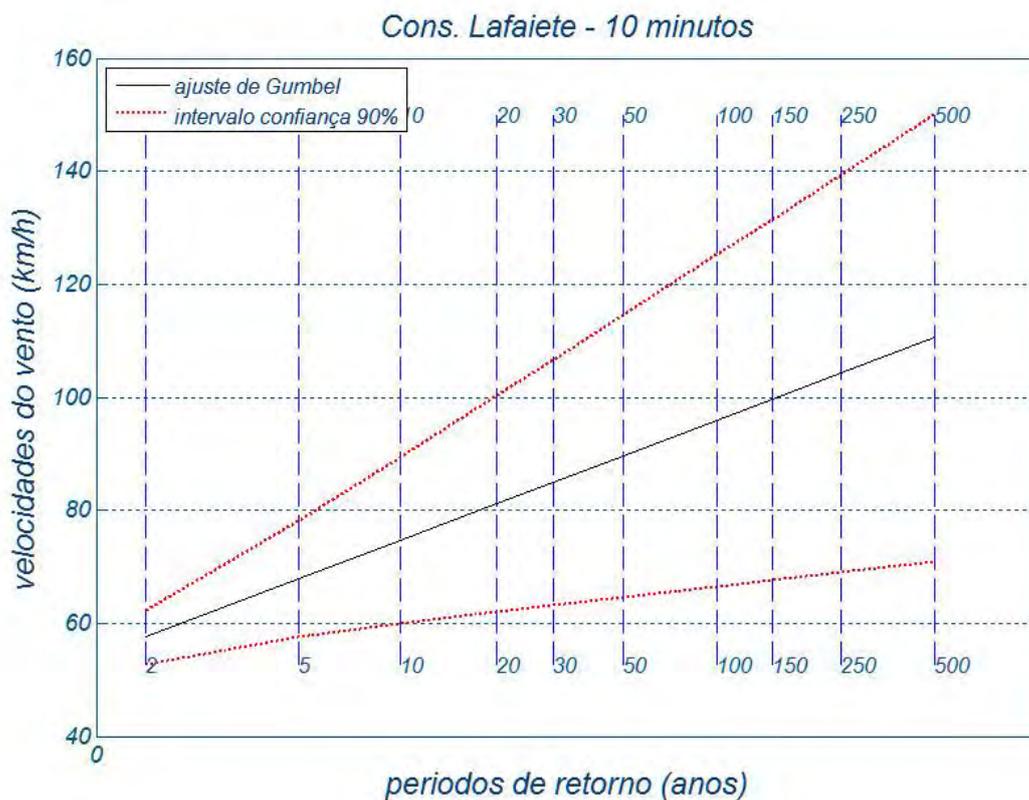


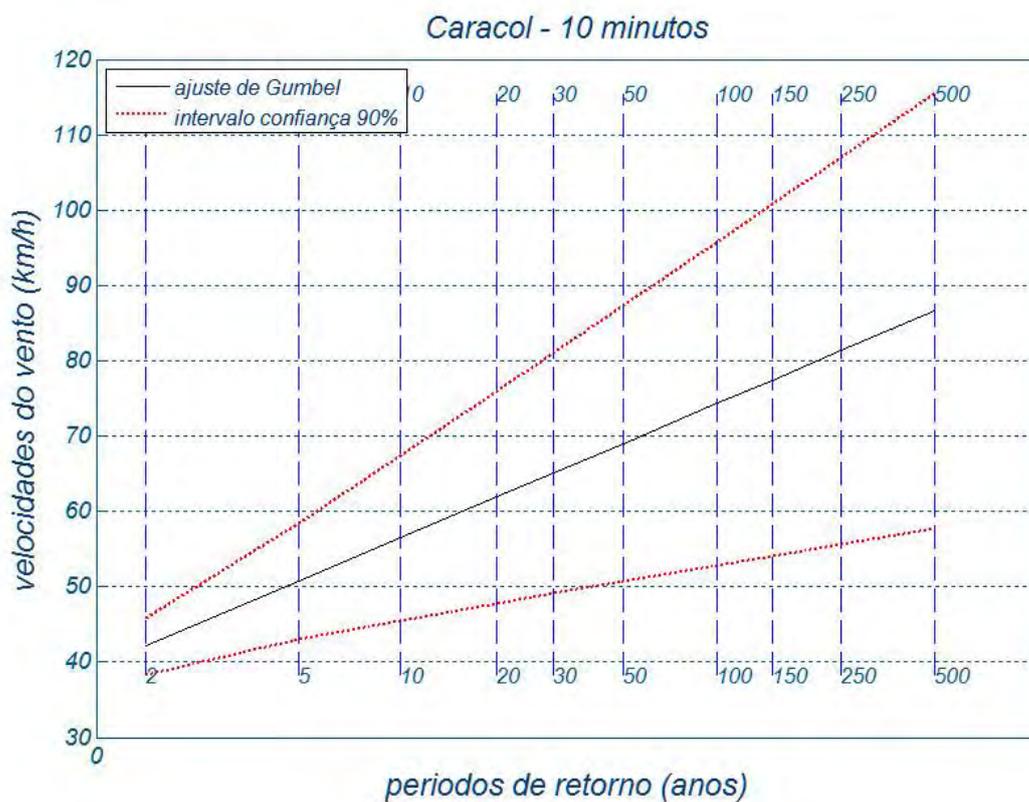
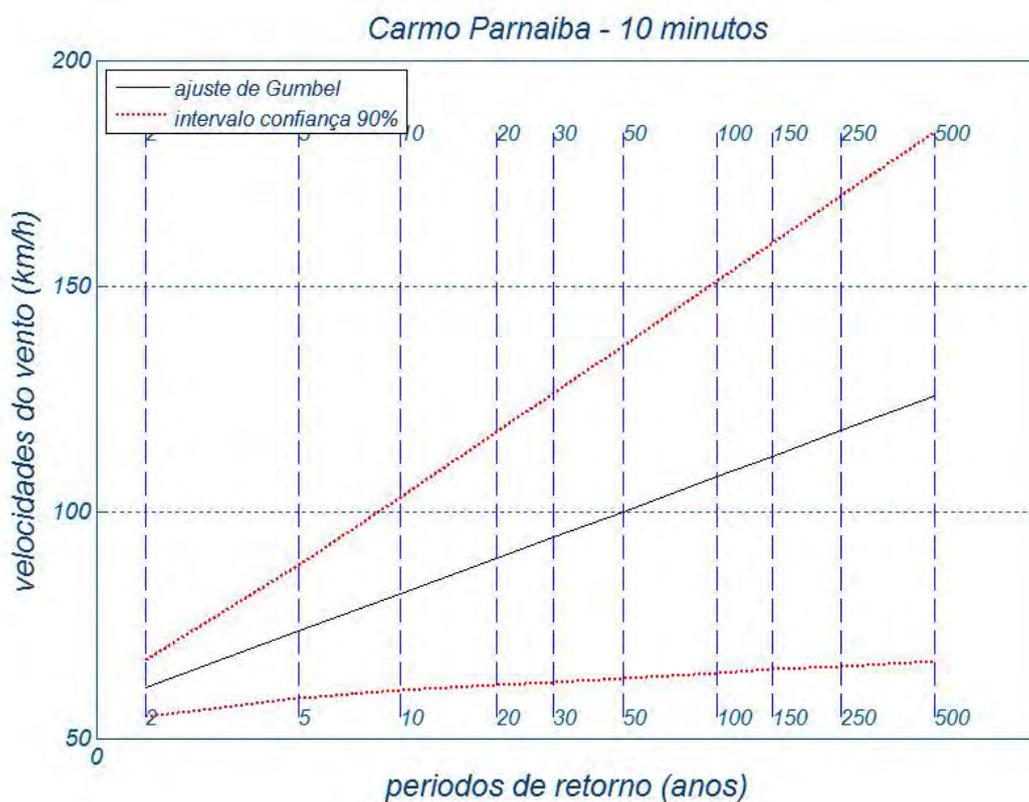


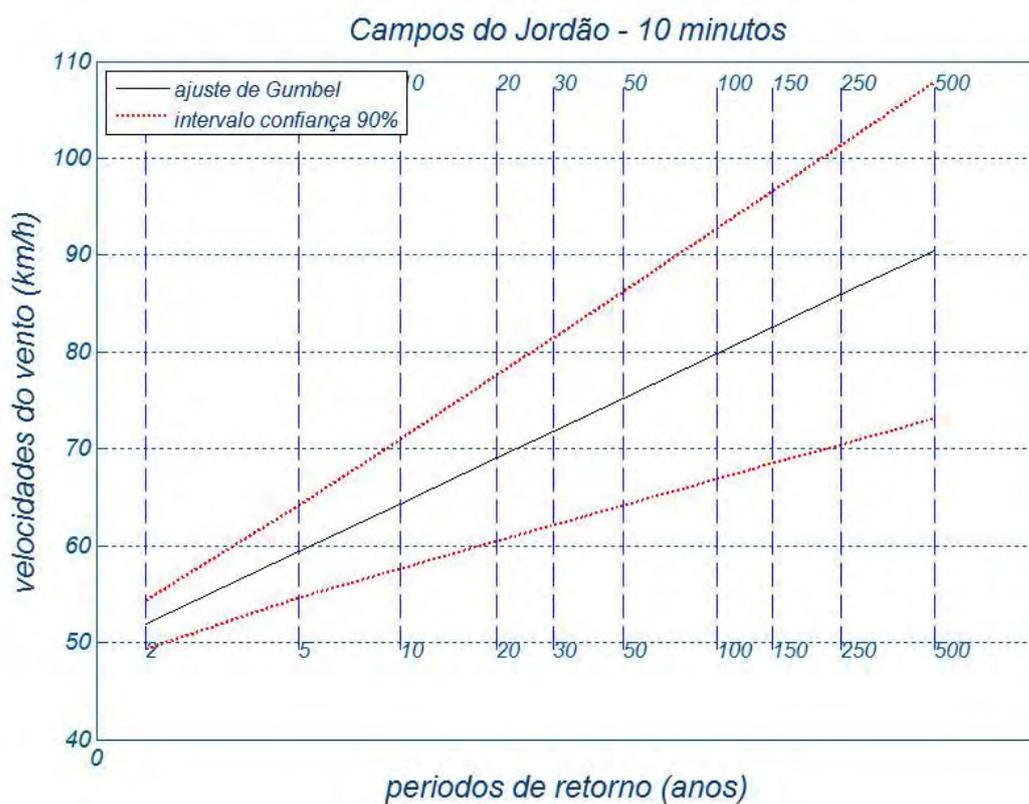
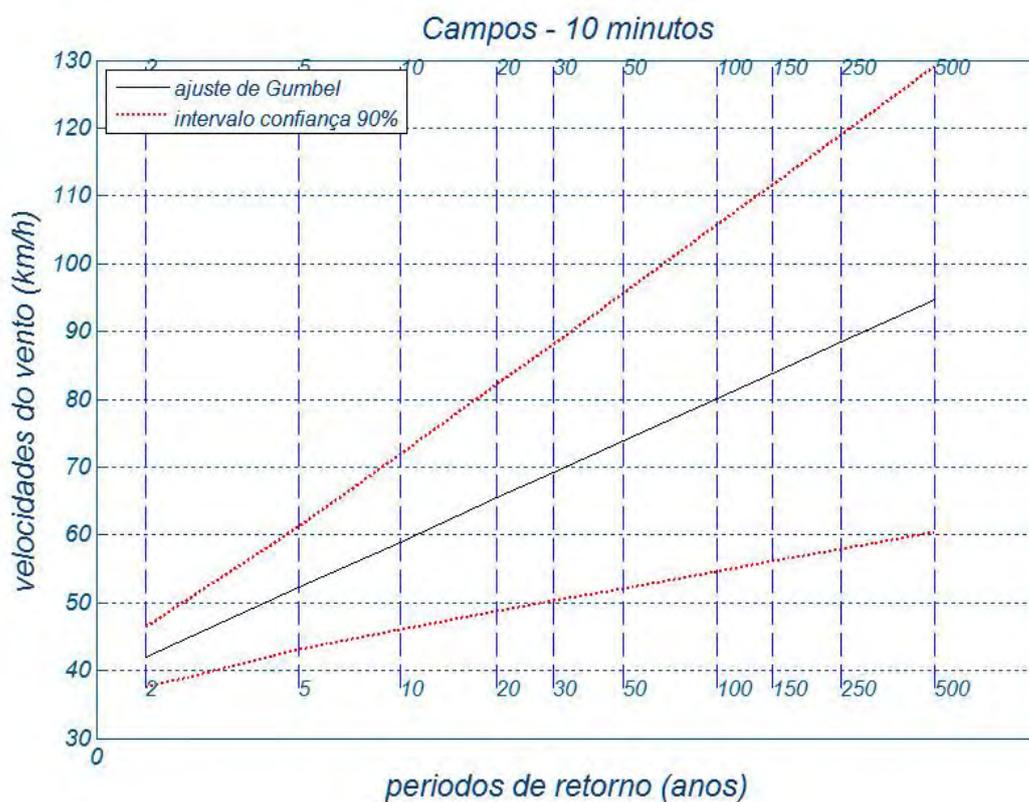


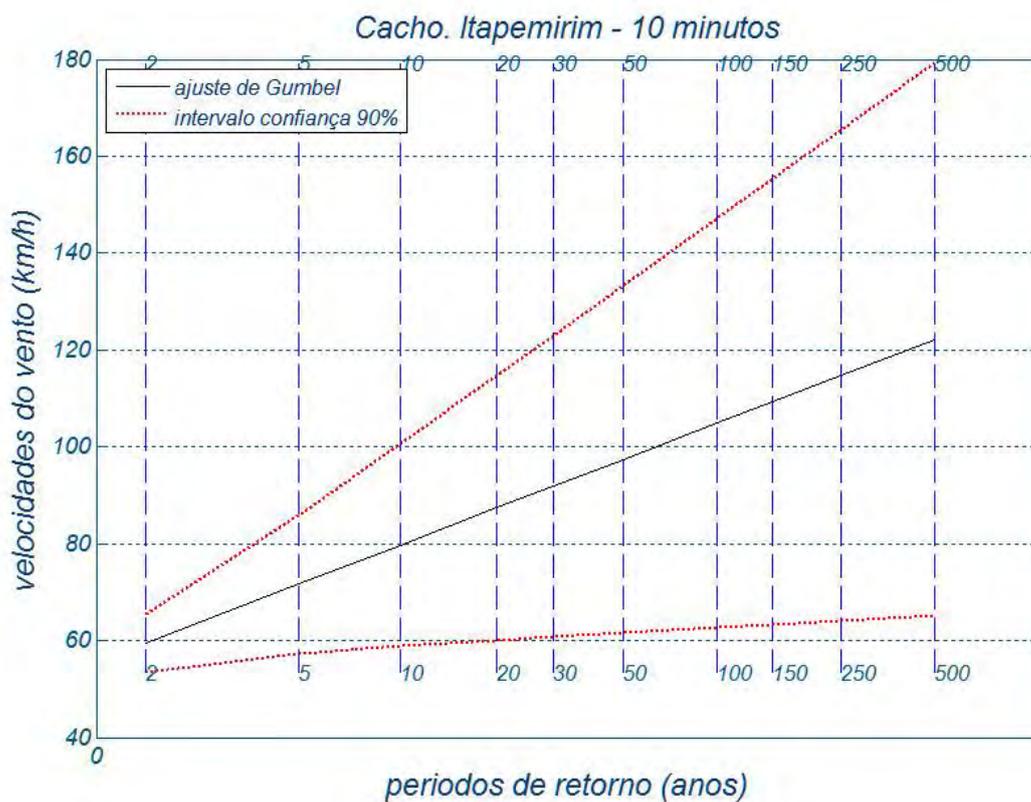
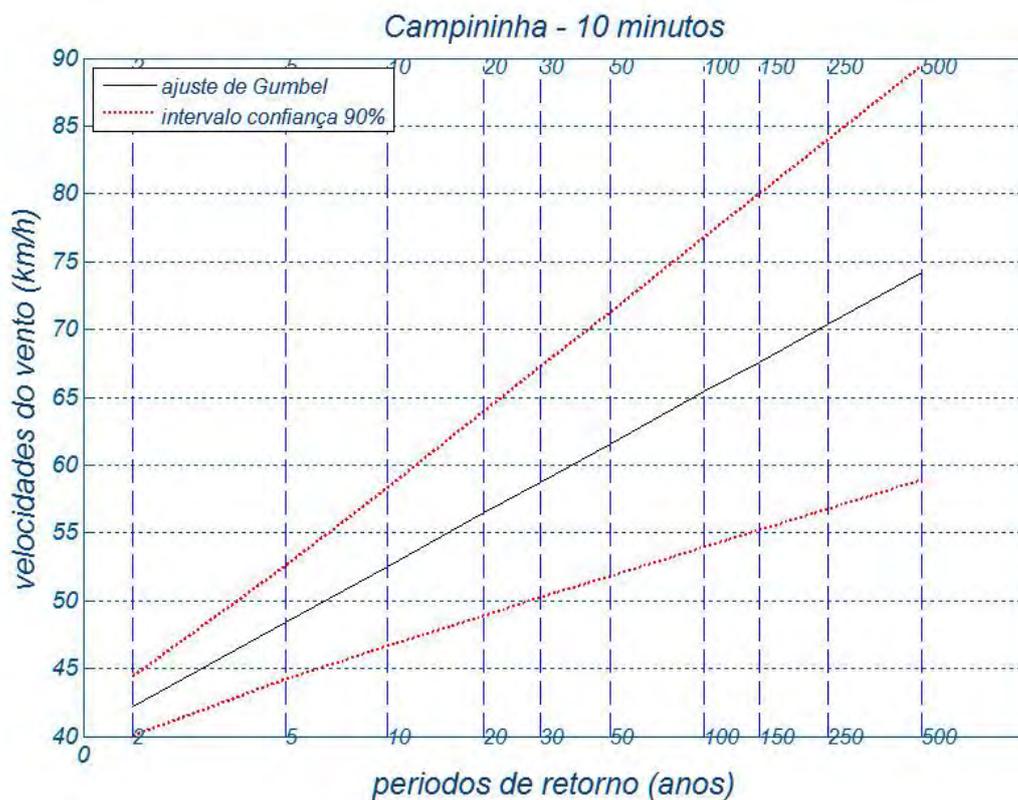


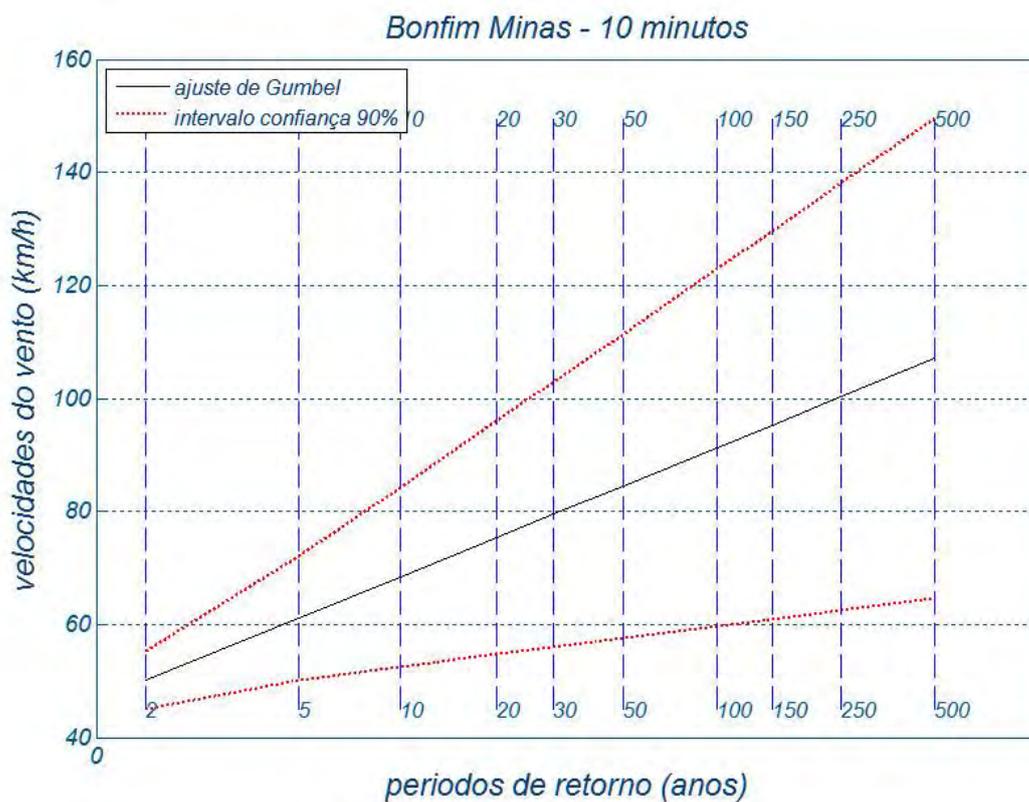
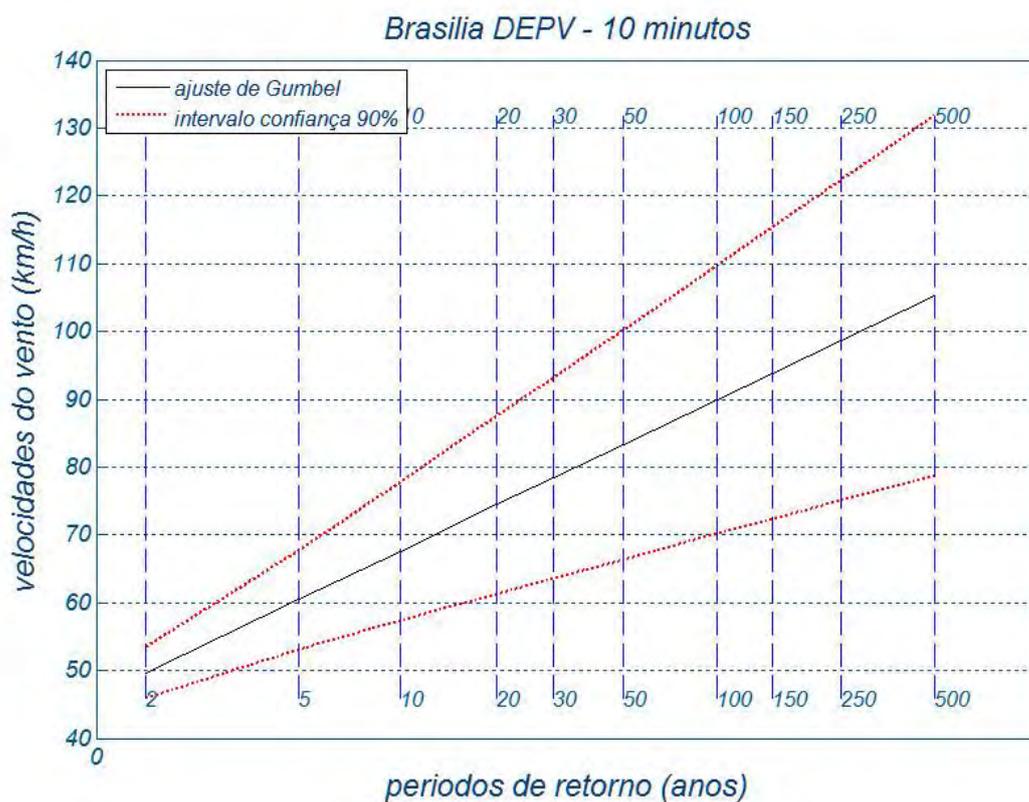


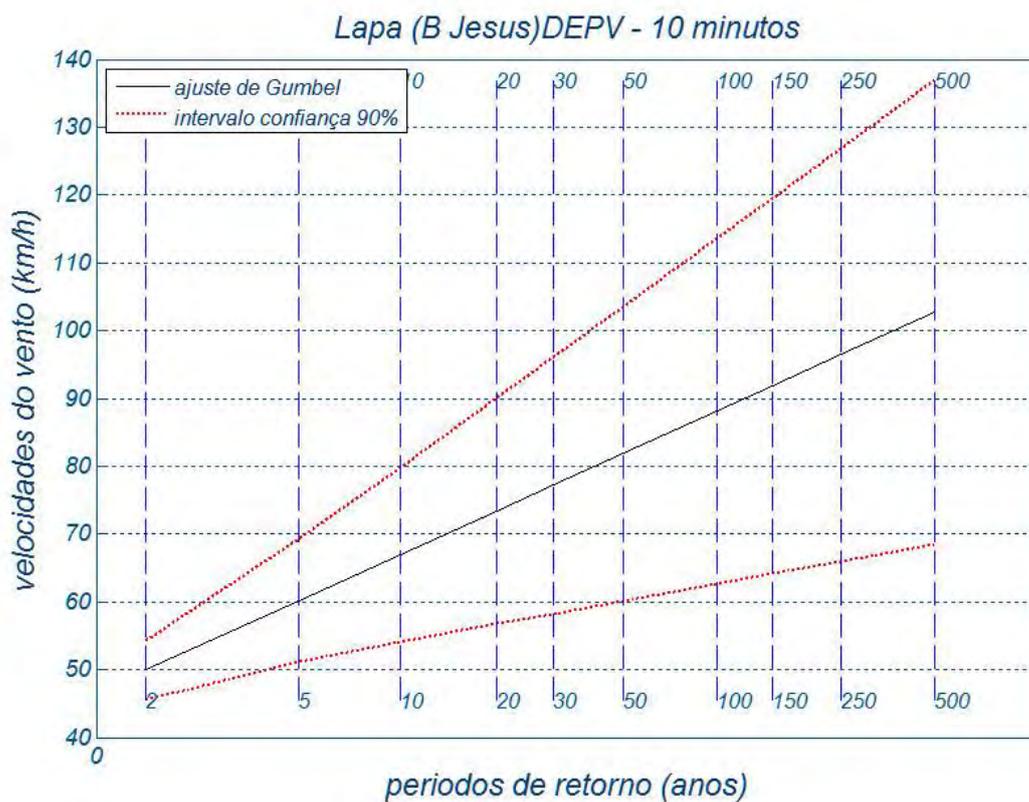
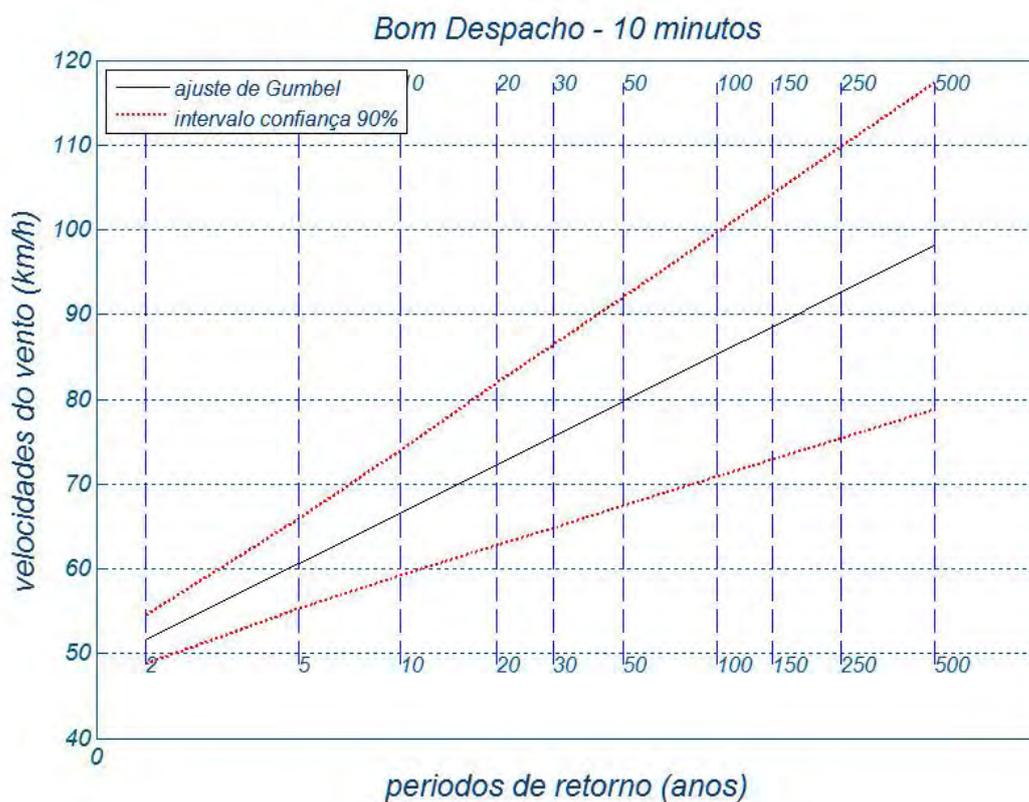


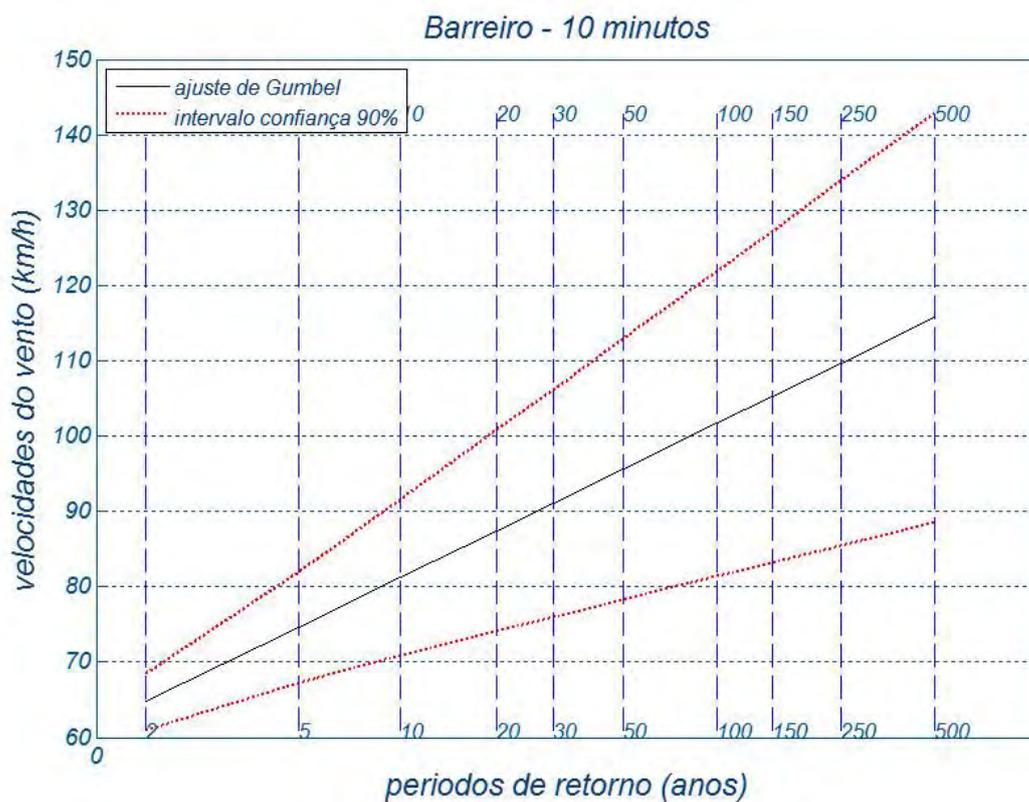
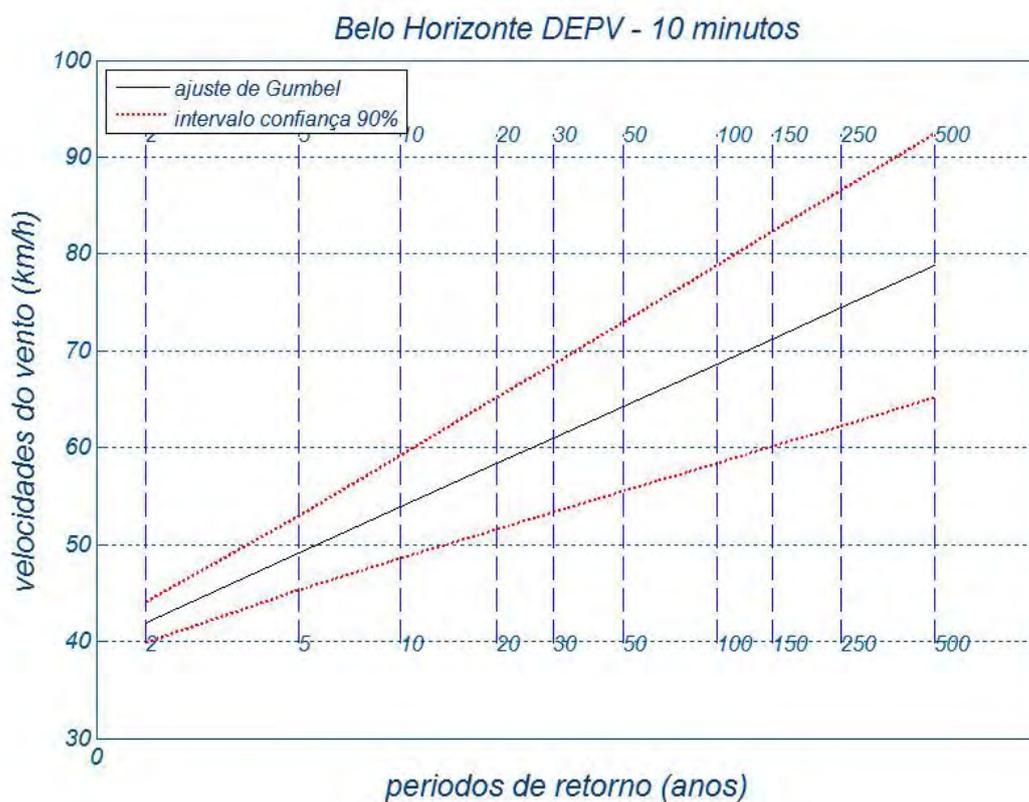


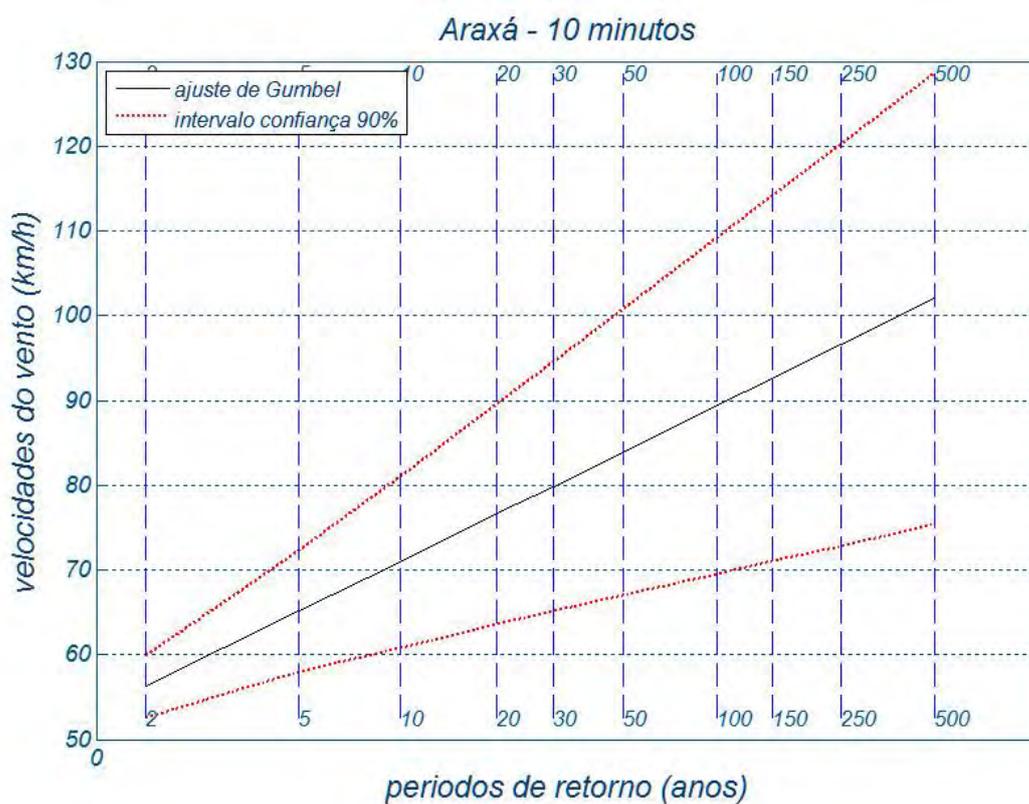
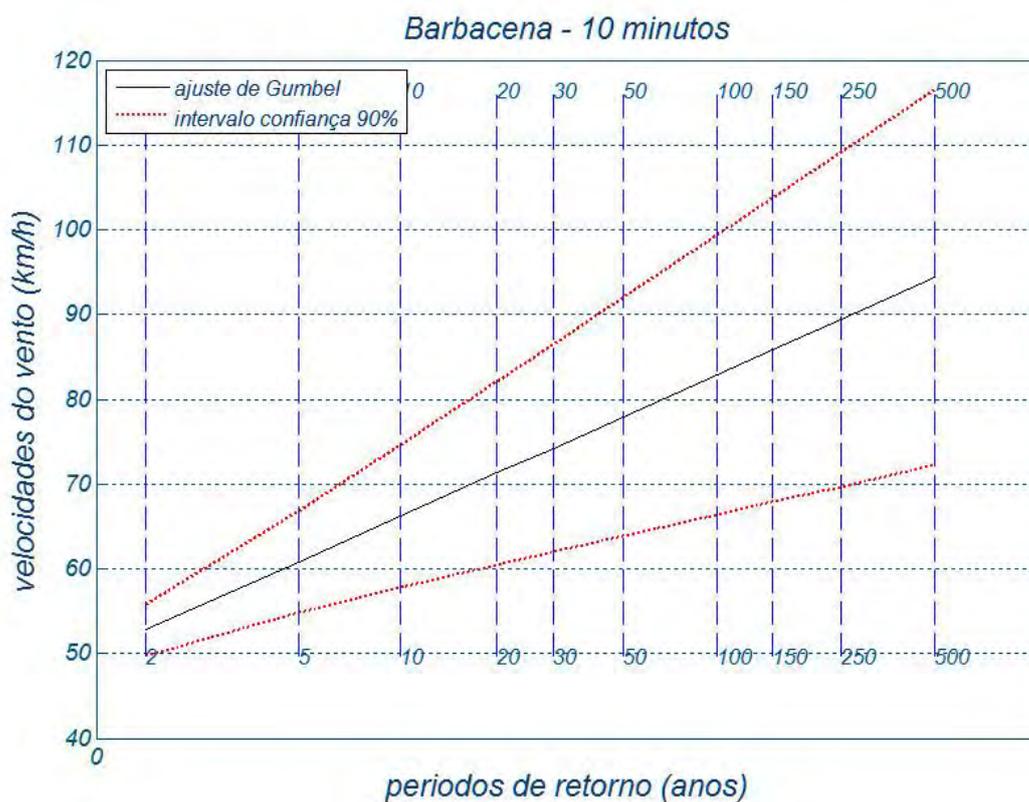


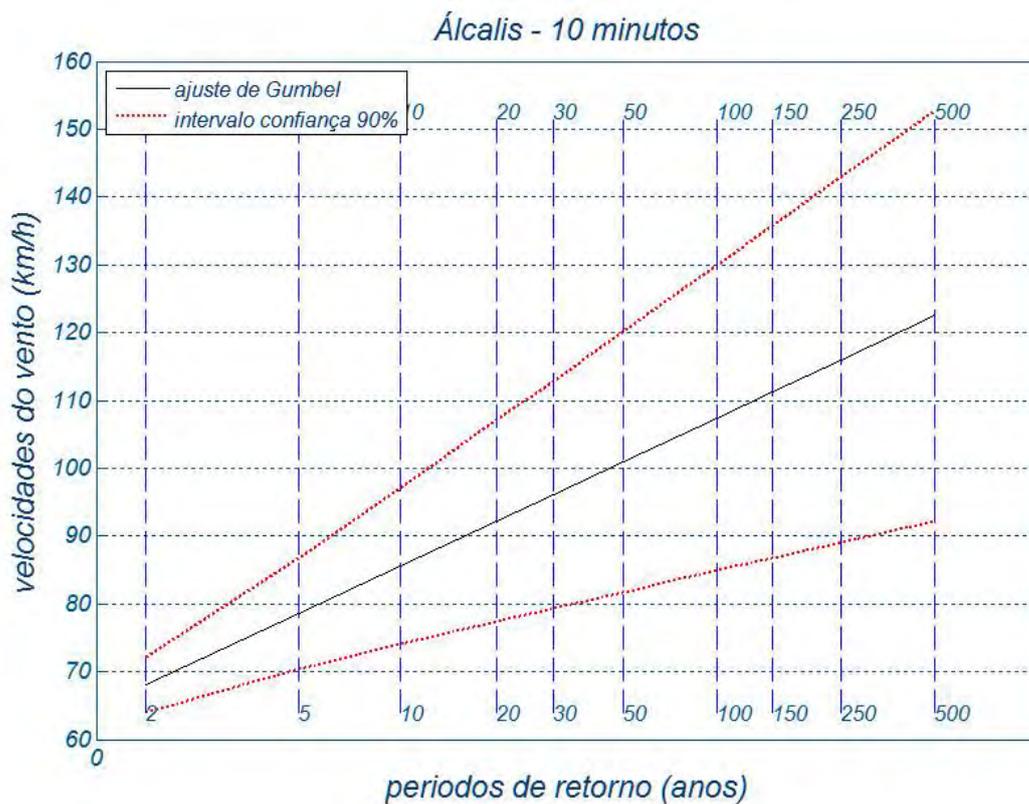
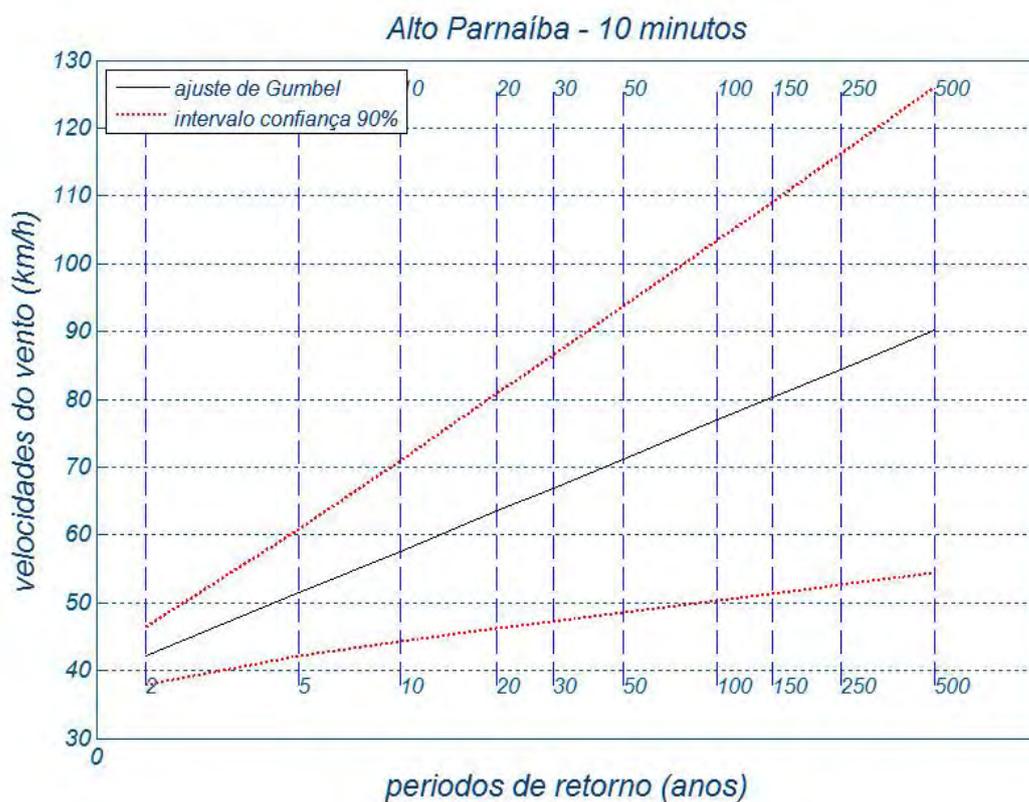


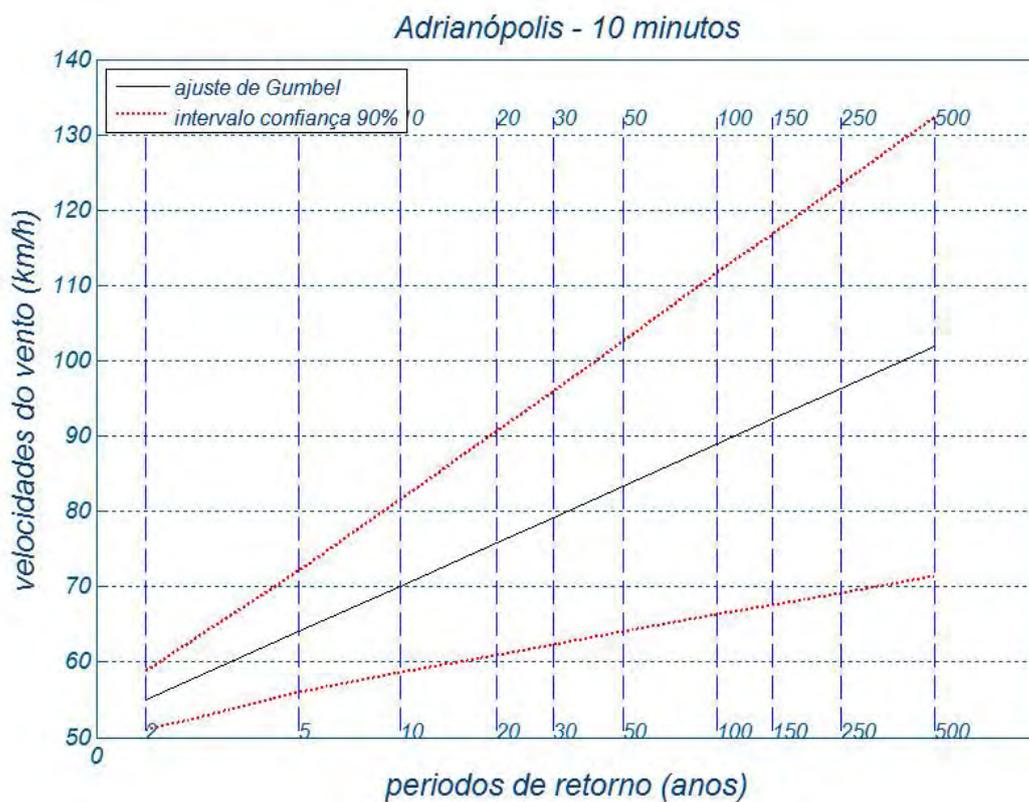
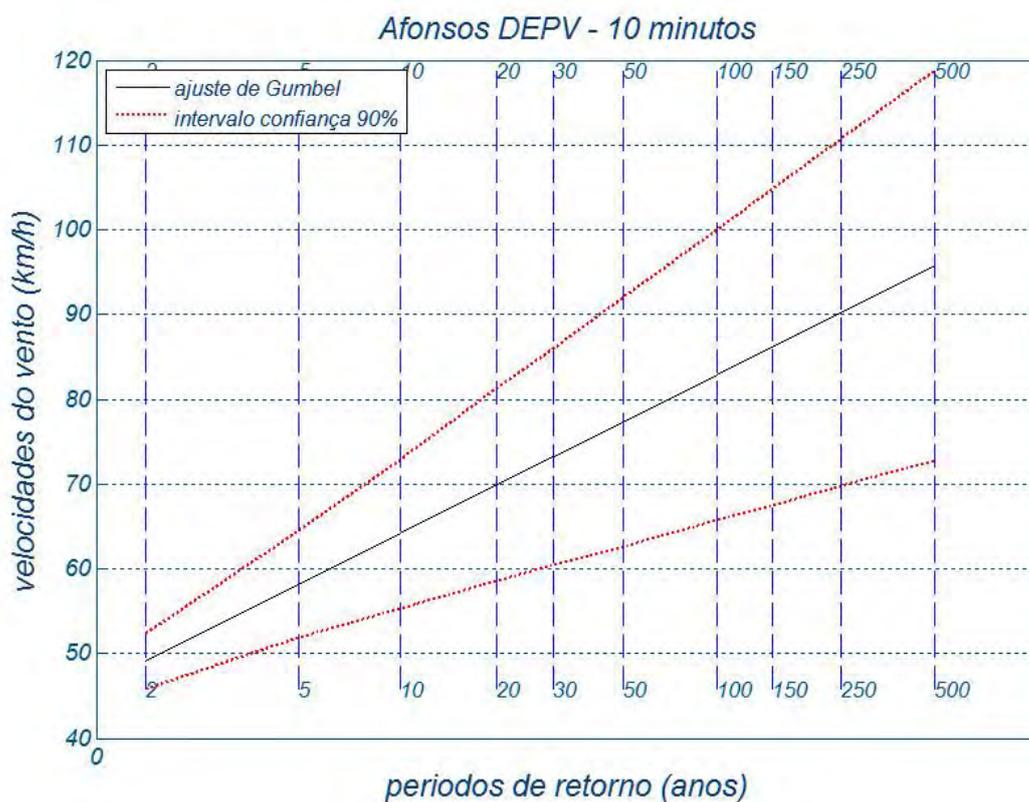










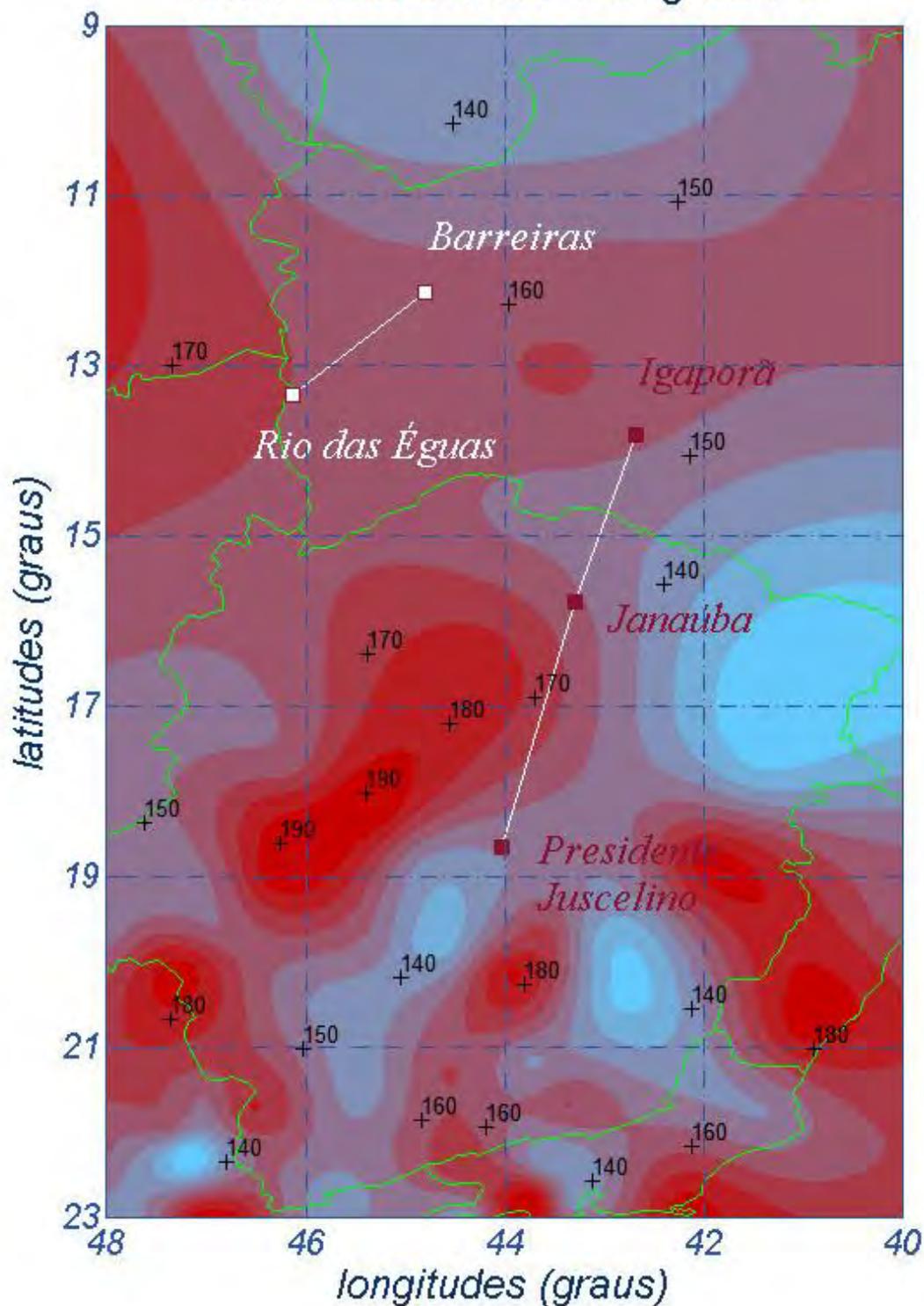




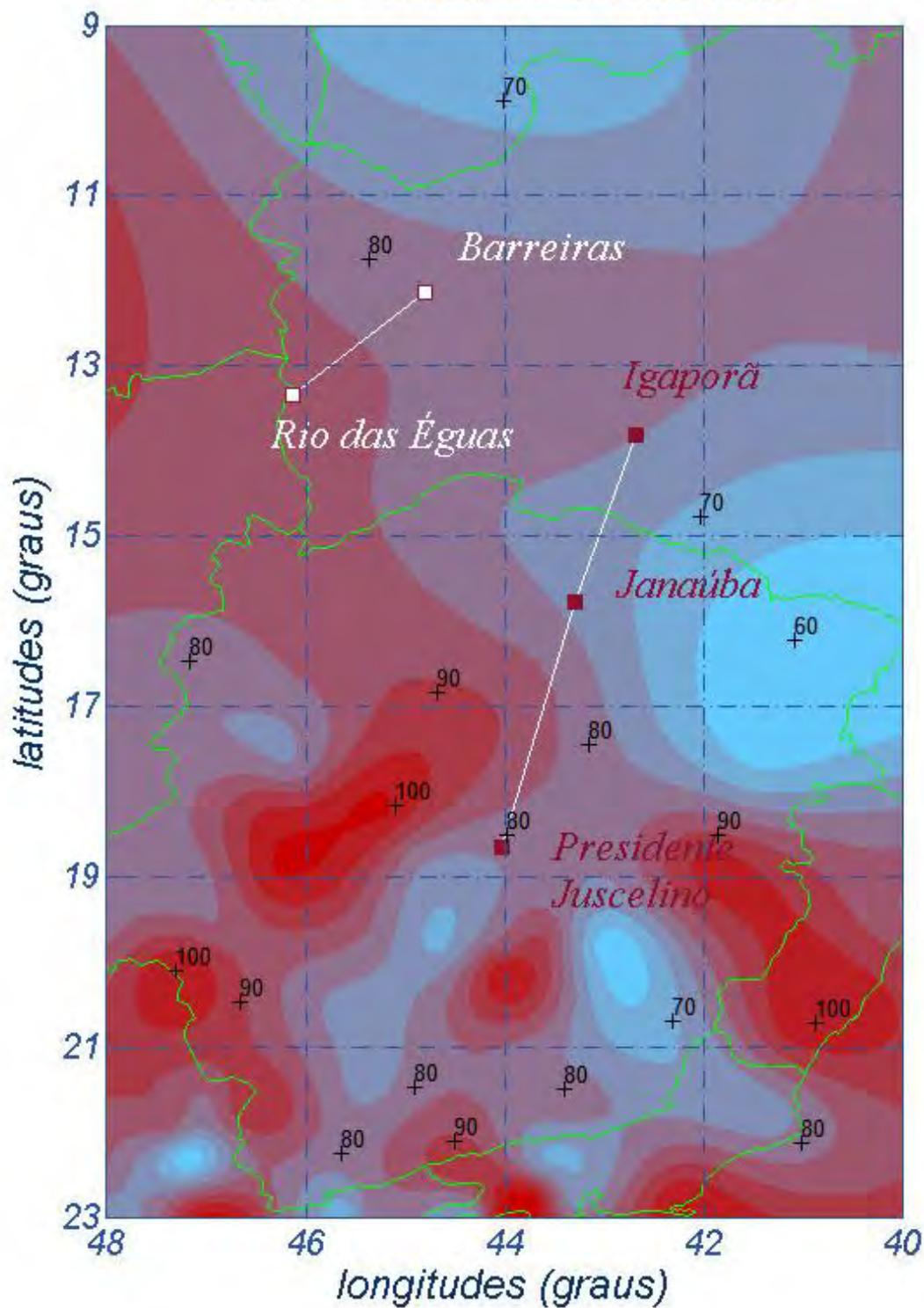
Anexo IV Os mapeamentos de isótopas da região

Seguem as isótopas para a região em estudo. Os mapas com as velocidades em cada estação (10 m de altura, terreno B) completam os resultados obtidos.

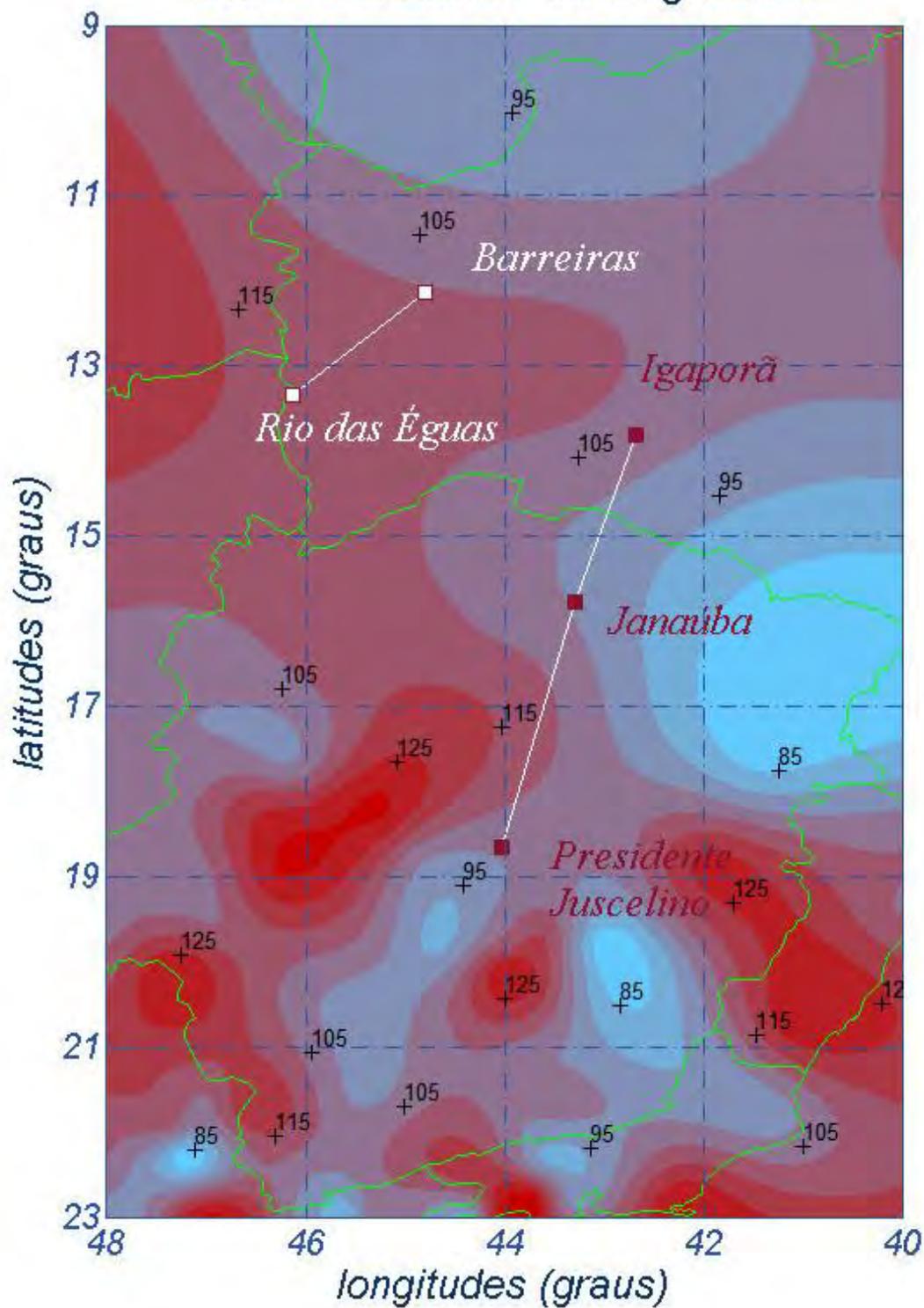
km/h - 250 anos / 3 segundos



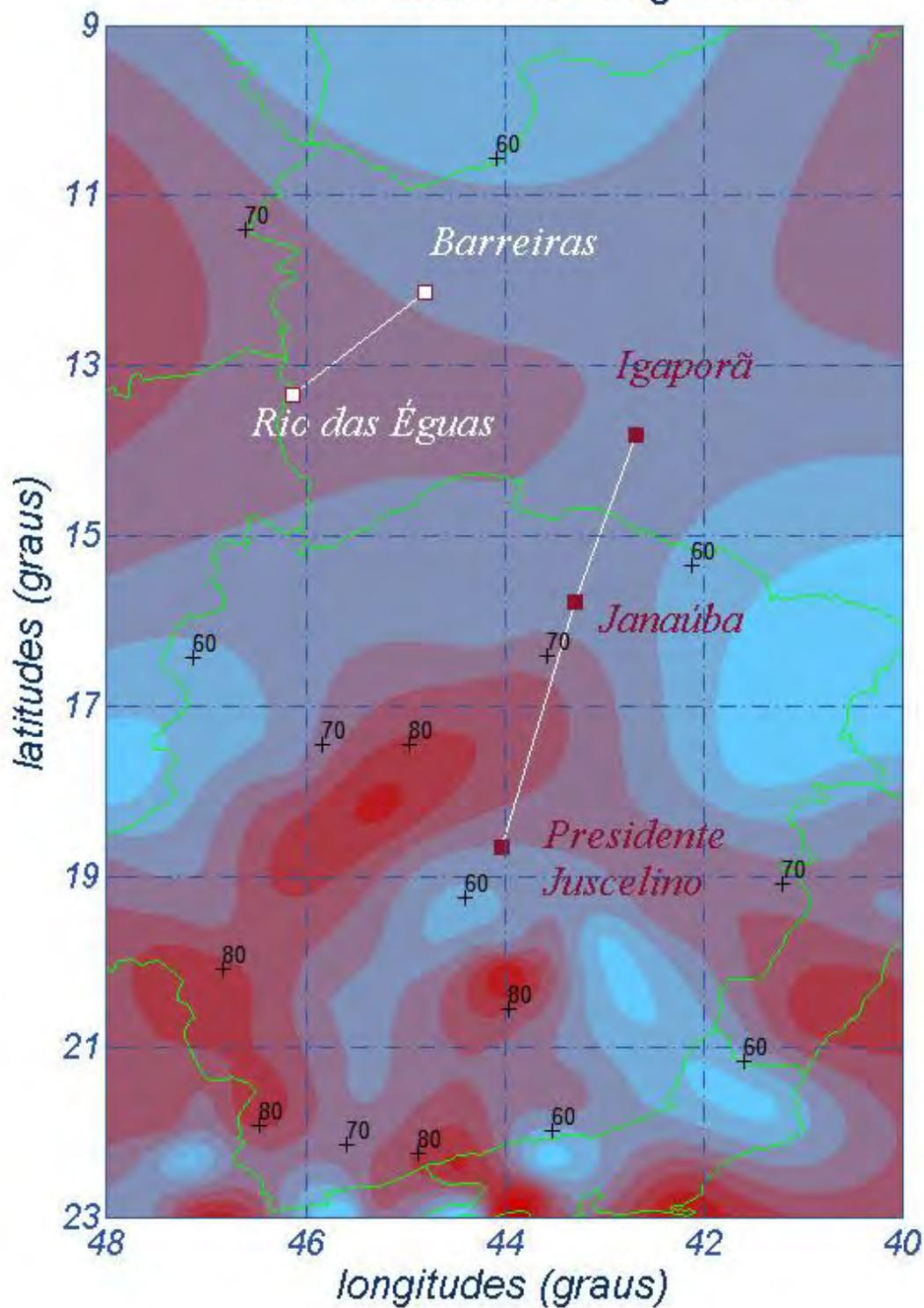
km/h - 50 anos / 10 minutos

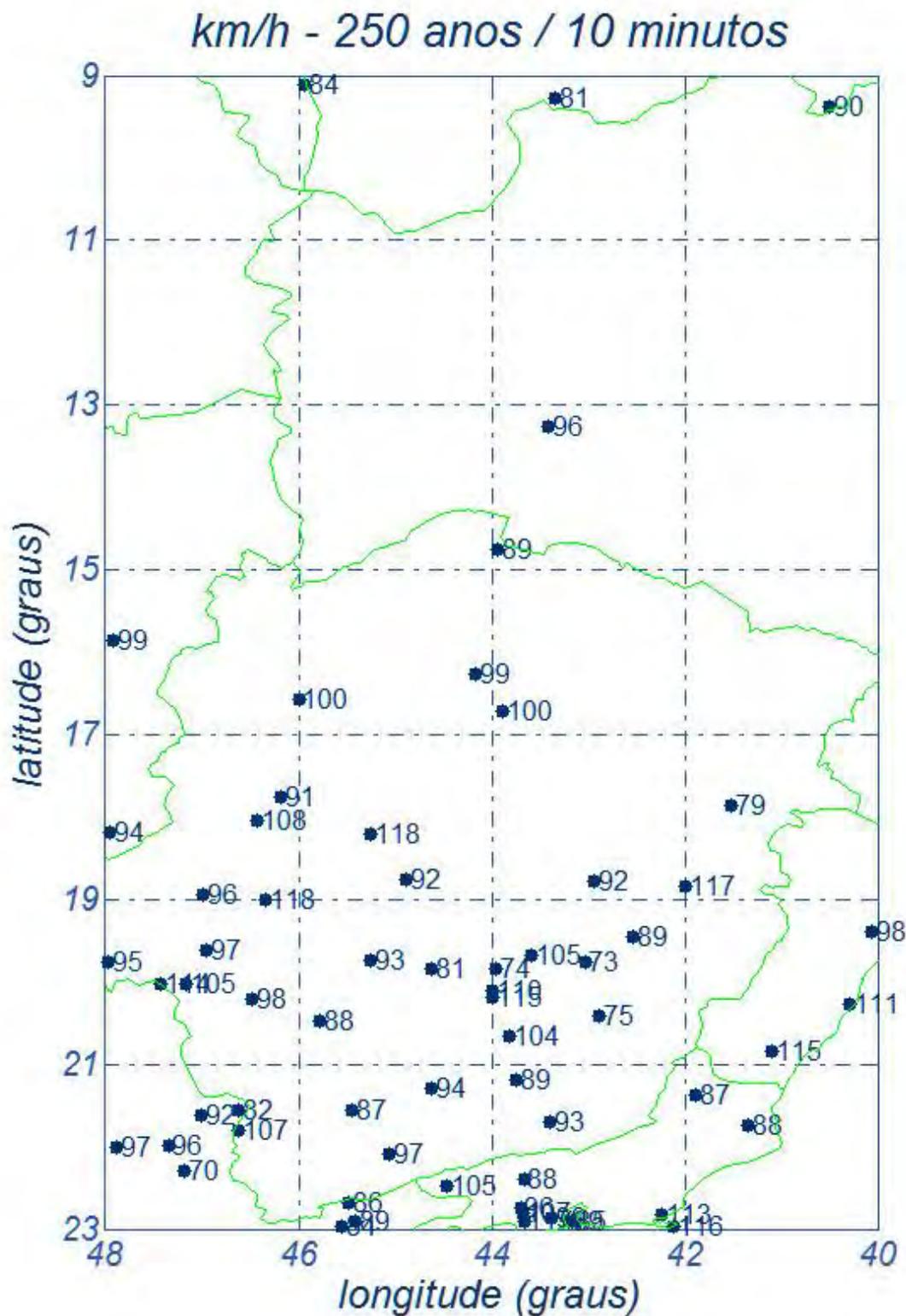


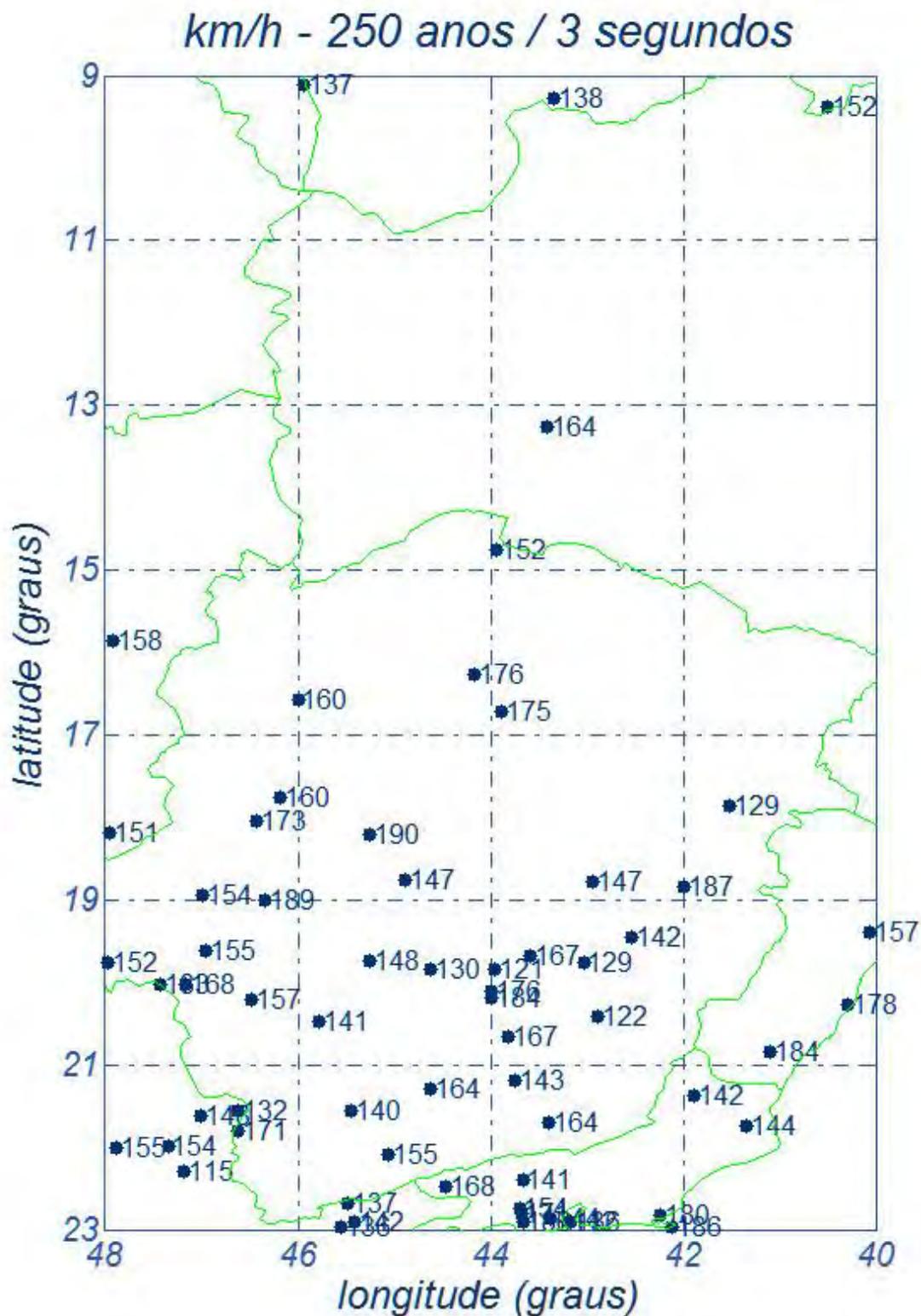
km/h - 50 anos / 30 segundos

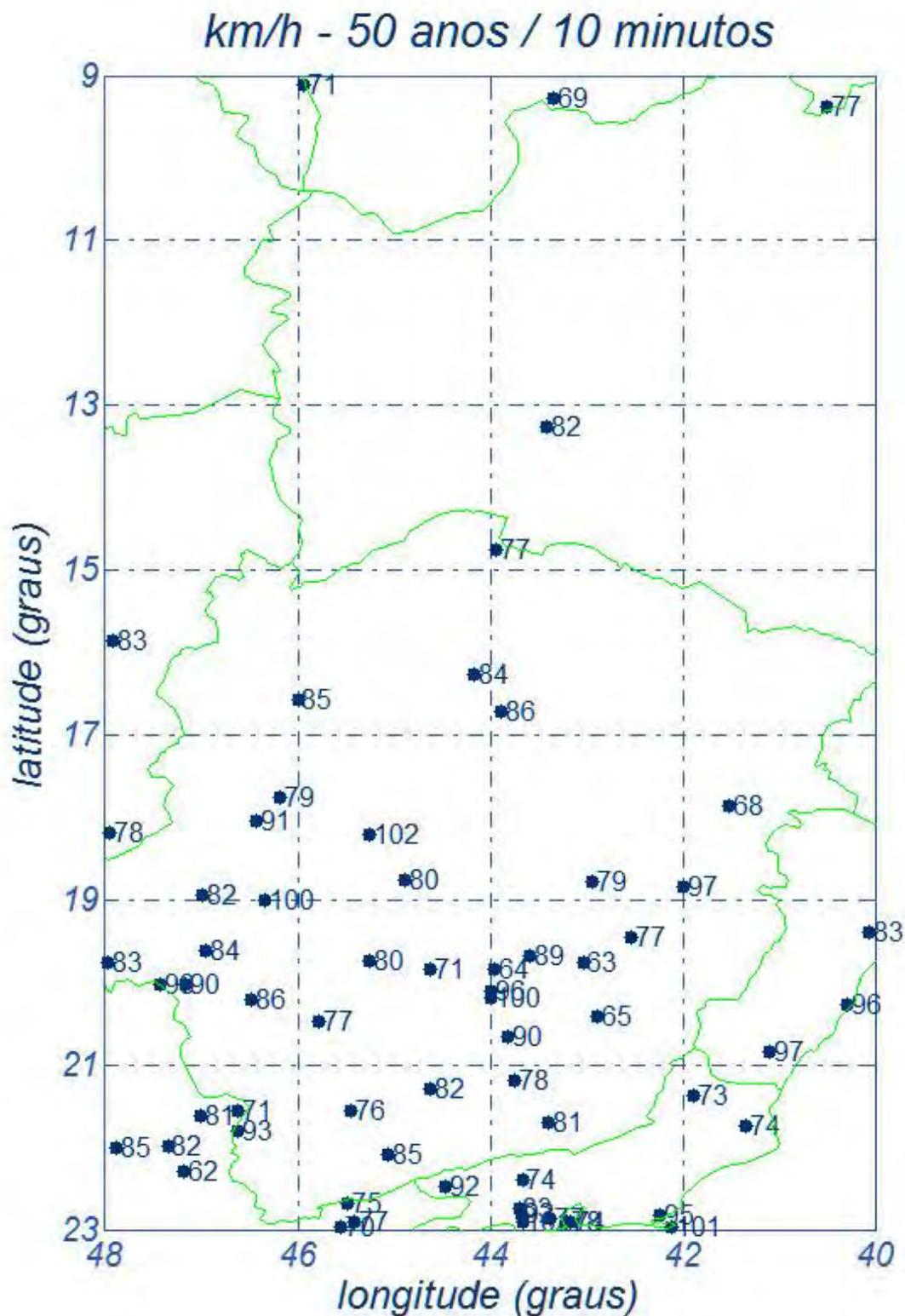


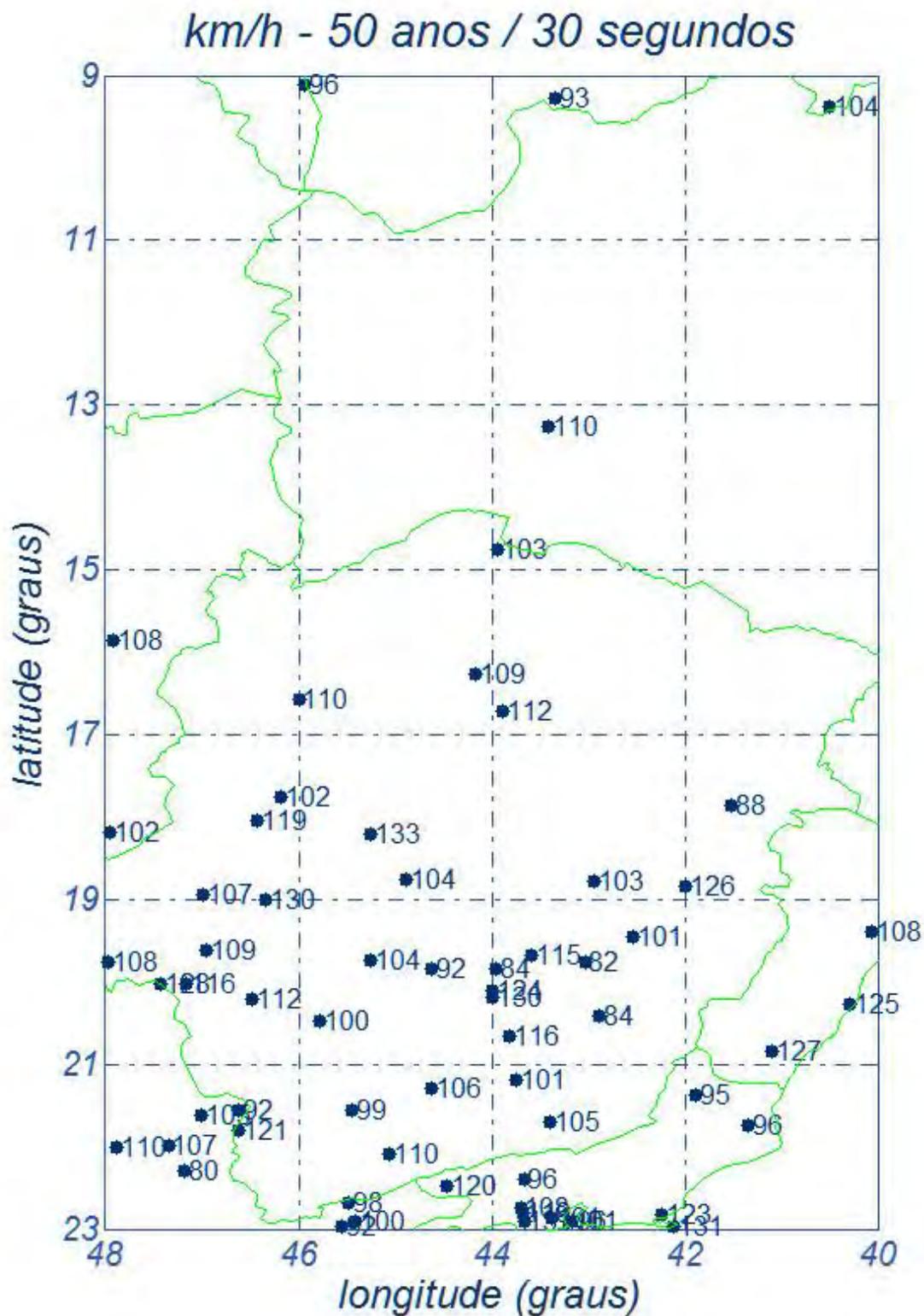
km/h - 2 anos / 30 segundos

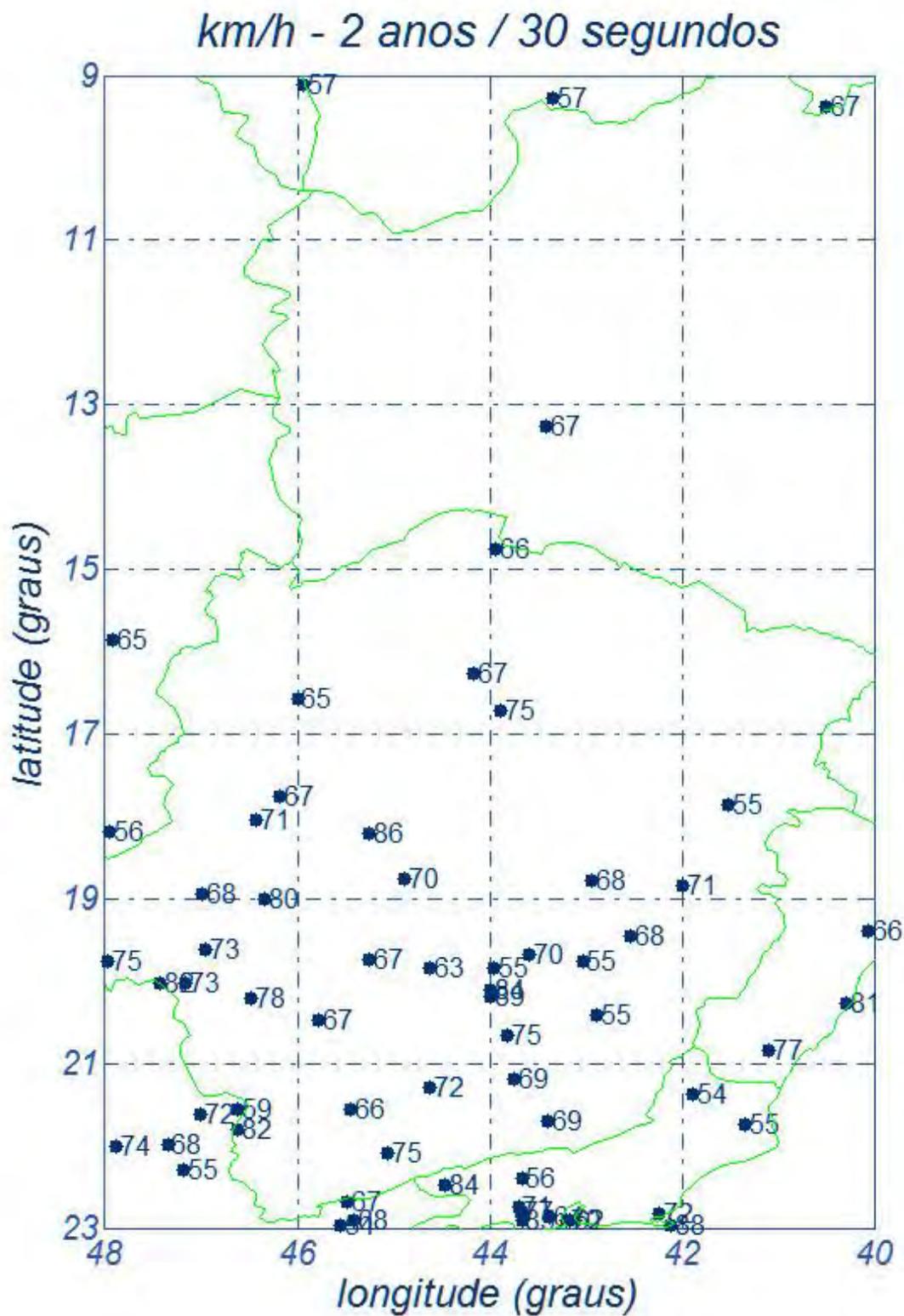












Anexo V O problema da turbulência dos ventos no Brasil

As preocupações relativas aos esforços resultantes da ação do vento sobre componentes de linhas aéreas de transmissão vêm se avolumando no Brasil, como em outros países. As ocorrências de quedas de estruturas tomam a sua devida importância num sistema de fornecimento de energia elétrica cada vez mais interligado e mais dependente de uma uniformidade de parâmetros de projeto capazes de estabelecer uma base uniforme e comparativa. Pelas suas características aleatórias, a ação do vento em LTs aéreas é sempre polêmica e sujeita a enfoques nacionais que possam introduzir alternativas sobre fenômenos típicos de cada região. Isto implica um esforço de procura de medições e modelagens próprias por parte da engenharia nacional, tal como vem se verificando no Brasil. De uma forma geral, a norma brasileira que rege o assunto em muito se serve da experiência continental adquirida ao longo de décadas e também do acervo publicado em normas internacionais (IEC 60826 e EN 50341, por exemplo).

Essa simbiose produz naturalmente alguns elementos que podem gerar certa dualidade conceitual no que trata do conhecimento estatístico que embasa o estudo, no seu todo, e nas aplicações dos seus resultados. Em poucas palavras, as análises de velocidades de vento de elevada intensidade no Brasil vêm sistematicamente revelando uma falta de aderência entre os valores locais e os divulgados como básicos para adoção internacional.

Com base nos elementos já colocados, o CEPEL e a BATÁVIA apresentaram um artigo técnico no XVII SNTTEE (Uberlândia) [6], no sentido de alertar que as velocidades de vento de elevada intensidade, e características próprias do território brasileiro, implicam uma necessidade de repensar (ou mesmo majorar) os resultados preconizados pela IEC, quando se segue sem alterações, os atuais cálculos de cargas mecânicas devidas ao vento. Posteriormente, o mesmo assunto foi aprofundado e apresentado na bienal do CIGRÉ - Paris de 2006.

É bastante realístico admitir que dados locais analisados segundo a ótica de qualquer procedimento estatístico, não raro, conduzem a valores numéricos ou a decisões práticas que diferem do que é publicado para uso generalizado, nos casos em que não se dispõe de coleta específica de dados. Esse polêmico e estimulante assunto pode ser avaliado nos seus detalhes em [7]. De forma resumida, os estudos supracitados concluíram pela necessidade de majorar as velocidades médias de 10 minutos em 8% (região sul), 12% (regiões centro-

oeste e sudeste) e 16% (regiões norte e nordeste), para fazer face à maior turbulência constatada nas velocidades de vento registradas no Brasil. Com a aludida correção, a metodologia da Norma IEC 60826 pode ser usada com maior segurança. Esse estudo já incorpora tal modificação paramétrica.

Anexo VI Regionalização dos CVs das séries históricas

Critérios de regionalização dos coeficientes de variação

A regionalização dos coeficientes de variação das séries de máximos anuais de velocidades de vento tem sido recomendada e utilizada como forma de compensar o fato de que as séries de valores disponíveis em cada estação têm variações entre limites afastados (4-5 anos até 20-25 anos) e têm, em consequência, precisão diferenciada. Os procedimentos de regionalização são, no entanto, muito variados e subjetivos, dependendo dos critérios mais afeitos ou preferidos, por parte de quem realiza essas determinações. Médias lineares, ou ponderadas pelos tempos de coleta, médias móveis, extremos de distribuições são algumas das possibilidades, aqui citadas para exemplificar.

AVI.1 Para as séries de 10 minutos

Para fins de regionalização dos valores dos coeficientes de variação das séries de velocidades máximas anuais, referidas ao tempo de média de 10 minutos, hajam vista as inúmeras tentativas isoladas feitas aqui no Brasil, levam às seguintes conclusões que se encontram ora em prática:

- 1 O valor mínimo genérico será de 13% ($CV = 13\%$), válido para qualquer estação coletora.
- 2 As estações que eventualmente apresentem valores superiores a 13% e inferiores a 16%, no estágio de medição em que se encontram, quanto aos períodos de coleta, serão consideradas como típicas de 16% ($CV=16\%$). Este mesmo valor será adotado nas estações do DEPV, face às conhecidas incertezas tanto no que se refere aos valores médios das séries como quanto aos respectivos desvios-padrão.
- 3 As estações que eventualmente apresentem valores superiores a 16%, no estágio de medição em que se encontram, quanto aos

períodos de coleta, serão consideradas como típicas de 19% (CV = 19%).

AVI.2 Para as séries de 3 segundos

Quanto aos valores da regionalização paramétrica das séries de 3 s, as seguintes ponderações são aplicáveis:

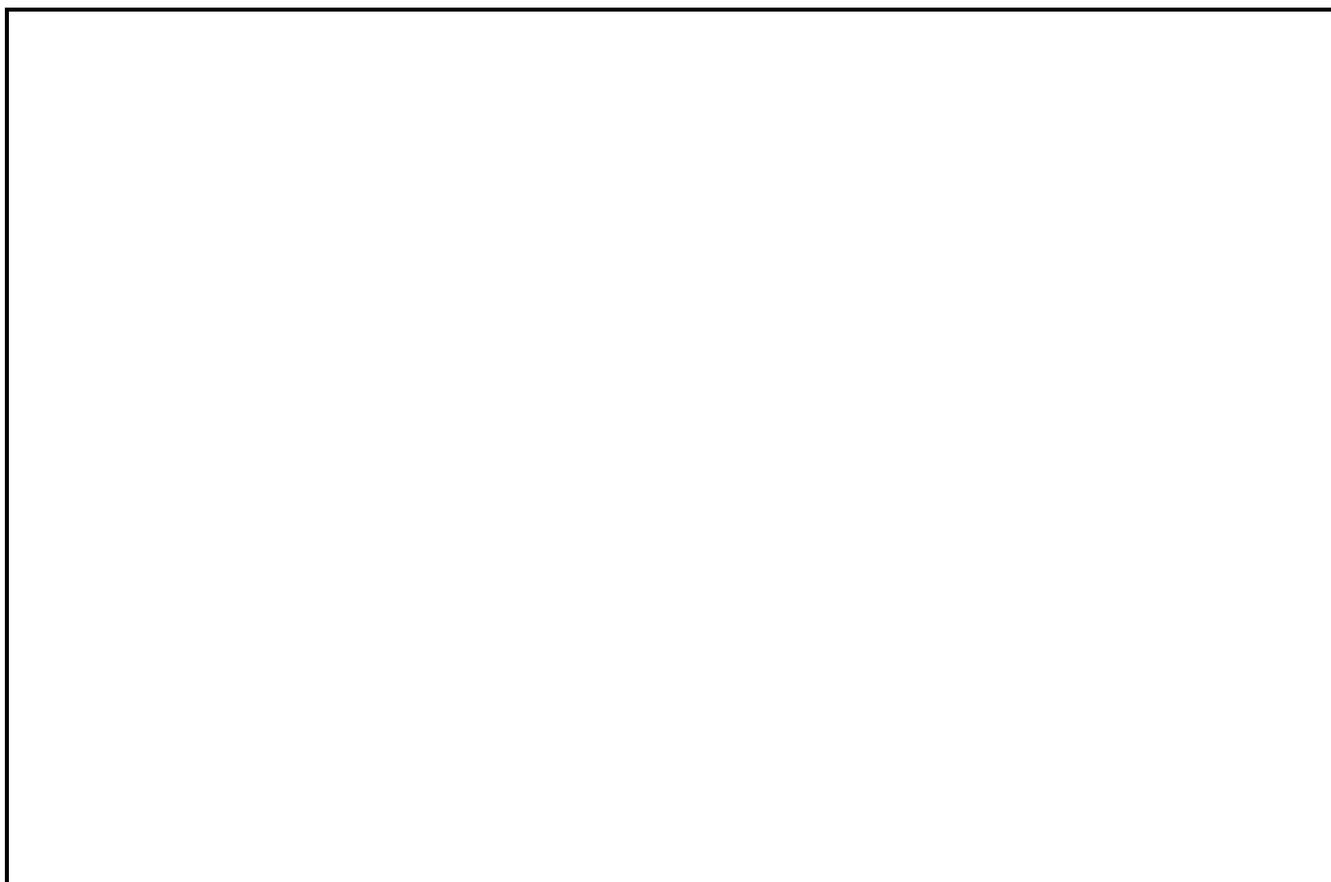
a) Para se proceder a uma regionalização paramétrica das séries de 3 s, pode-se fazer uso dos conceitos de uma análise exploratória de dados envolvendo as duas séries em questão: as de 10 minutos e as de 3 segundos, esta última também dita de valores instantâneos. Assim é que há uma relação média entre os valores médios de 3 segundos e os de 10 minutos, ~1,70 para as regiões NORTE e NORDESTE, e ~1,60 para as regiões SUDESTE, CENTRO-OESTE e SUL, valores esses obtidos por média ponderada pelos anos de coleta.

b) Além disso, verifica-se para as regiões NORTE e NORDESTE que o coeficiente de variação médio ponderado das séries de 3 s é ligeiramente inferior ao médio atualmente praticado no Brasil (12% contra 16%). Nas demais regiões, constata-se que o CV médio ponderado para 3 s é muito próximo ao que se pratica com as séries de 10 minutos (16,5% contra 16,0%). Portanto, os coeficientes de variação das séries de 3 s serão mantidos os mesmos ora praticados no Brasil, para 10 minutos, como medida conservadora.

AVI.3 Para as séries de 30 segundos

Para as séries de 30 segundos, os fatores de rajada são os obtidos por interpolação entre os valores de 3 s e de 10 minutos, ou seja, 1,35 para as regiões NORTE e NORDESTE e 1,30 para as regiões SUDESTE, CENTRO-OESTE e SUL, respectivamente.

As regiões NORTE e NORDESTE devem ser entendidas como a parte do território brasileiro situada até o paralelo 15° sul; as regiões SUDESTE e CENTRO-OESTE se estendem de mais de 15° sul até 23° sul (próximo ao trópico do Capricórnio) e a região SUL segue daí até o limite extremo do Rio Grande do Sul.



Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
02	15/05/17	Atendimento aos comentários da EP	AQ	JCS	
01	03/05/17	Atendimento aos comentários da EP e indicação de paralelismo	AQ	JCS	
00	22/02/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	

ENGEPRO



equatorial
TRANSMISSÃO

EQUATORIAL TRANSMISSORA X SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	22/02/17

TÍTULO

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
Lote 15 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO VELOCIDADES DE VENTO E CARREGAMENTO DEVIDO AO VENTO

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RT-EQT5-L501-PB-ELM-0004-R02	1 de 71	02

ÍNDICE

1. OBJETIVO	3
2. Ventos Básicos de Projeto	3
2.2. Períodos de Retorno Adotados	3
3. Carregamentos Devidos ao Vento.....	5
3.1. Vento Extremo	5
3.2. Pressão de Vento de Tormentas Elétricas	6
3.3. Ventos para Cálculo dos Ângulos de Balanço.....	7
4. Referências	8
Anexo 1 – memorial descritivo das velocidades de vento.....	9

1. OBJETIVO

- 1.1 Definir as velocidades de vento a serem utilizadas no projeto da LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2 em circuito simples pertencentes ao Lote 15 do Leilão 013/2015 – 2º parte.
- 1.2 Definir as pressões associadas a essas velocidades atuando nos cabos, cadeias de isoladores e estruturas, necessárias para as seguintes fases do projeto:
 - a) Cálculo das cargas e definição das hipóteses de carregamento a serem consideradas no dimensionamento das estruturas;
 - b) Cálculo dos ângulos de balanço das cadeias a serem considerados nos estudos de coordenação do isolamento;
 - c) Cálculo do ângulo de balanço dos cabos e cadeias a ser considerado na definição da largura da faixa de servidão;
 - d) Cálculo mecânico dos condutores e cabos para-raios.

2. VENTOS BÁSICOS DE PROJETO

- 2.1. Conforme relatório de relatório técnico de isotacas máximas apresentado no Anexo 1 foram recomendadas as velocidades de vento constantes da Tabela 2.1, para terreno tipo B (conforme tabela 1 da NBR 5422), de forma a subsidiarem as hipóteses de carga normalmente utilizadas no dimensionamento de estruturas aéreas de transmissão.

Tabela 2.1 – Velocidades de projeto (km/h), terrenos tipo B, medições feitas a 10 m de altura

período de retorno/ tempo de média	Igaporã III - Janaúba 3 - C2
250 anos, 10 minutos	90
250 anos, 3 segundos	160
50 anos, 10 minutos	80
50 anos, 30 segundos	105
2 anos, 30 segundos	65

2.2. Períodos de Retorno Adotados

- 2.2.1 Conforme exigido no Edital as linhas de transmissão estão sendo projetadas para resistir, sem falhas, às cargas mecânicas produzidas por ventos com períodos de retorno de 250 anos.
- 2.2.2 O trecho de paralelismo entre as LTs 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1 (Lote 14) e C2 (lote 15) serão projetadas para cargas de 500 anos de período de retorno de forma a aumentar a confiabilidade estrutural das LT's, conforme calculado no relatório RE-EQT5-L500-PB-EST-0018

- 2.2.3 As cargas atuando nos cabos, cadeias de isoladores e estruturas estão sendo calculadas utilizando a metodologia constante da norma IEC 60826.
- 2.2.4 Adicionalmente, as estruturas serão dimensionadas para suportar ação de ventos de alta intensidade decorrentes de tormentas elétricas.
- 2.2.5 Para cálculo dos ângulos de balanço das cadeias associados aos espaçamentos elétricos correspondentes à tensão máxima operativa está sendo adotada velocidade do vento com período de retorno de 50 anos, superior ao especificado no Edital (30 anos). O trecho de paralelismo entre as LTs 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1 (Lote 14) e C2 (lote 15) serão projetadas com balanço de 75 anos de período de retorno de forma a aumentar a confiabilidade estrutural das LT's, conforme calculado no relatório RE-EQT5-L500-PB-EST-0018
- 2.2.6 Para cálculo dos ângulos de balanço das cadeias associados aos espaçamentos elétricos correspondentes a surtos de manobra está sendo adotada velocidade do vento com período de retorno de 2 anos (vento frequente).
- 2.2.7 Para cálculo do balanço de cabos e cadeias associado à definição da largura da faixa de servidão está sendo adotada velocidade do vento com período de retorno de 50 anos, superior ao estabelecido na NBR 5422.
- 2.2.8 A altura média dos cabos condutores é dada pelas expressão abaixo:

a) Altura média do Conductor:

Flecha para temperatura mínima vão médio 510 m: 19,26 m

Flecha na temperatura máxima para vão médio de 510 m: 21,82 m

Distancia Vertical do condutor inferior e o centro de gravidade das fases: 1,3 m

Altura mínima cabo solo: 12,5 m

$h = 12,5 + 21,82 + 1,3 - 2/3 \times 19,26 = 22,78$ Adotado = 23 m

- 2.2.9 A conversão dos valores indicados na tabela 2.2.9 para o cálculo dos ângulos de balanço e considerando a altura média dos condutores é obtida utilizando a seguinte expressão, conforme NBR 5422:

$$V_H = V \cdot \left(\frac{h}{10} \right)^{1/n}$$

onde:

V_H Velocidade do vento atuando na altura "h"

h Altura média dos condutores

n Coeficiente obtido da tabela 2 da NBR 5422 para t = 30 s (n = 11, terreno B)

V Velocidade do vento para h = 10 m, tabela 2.1

Tabela 2.2.9 – Velocidade de Vento para Ângulo de Balanço

Linhas de transmissão	Altura de vento (m)	50 anos 30 segundos (m/s)	2 anos 30 segundos (m/s)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	23	31,46	19,48

3. CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO

3.1. Vento Extremo

3.1.1 Pressão Dinâmica de Referência

A partir do item 6.2.5 da norma IEC 60826, obtém-se:

$$q_0 = \frac{1}{2 \times 9,81} \mu V_R^2 \quad \text{onde:}$$

q_0 Pressão dinâmica de referência, em kgf/m²

μ Massa específica do ar em kg/m³

V_R Velocidade do vento extremo (250 anos, 10 min) em m/s (tabela 2.1)

Tendo como resultado:

Linhas de transmissão	μ (kg/m ³)	VR (m/s)	q0 (kgf/m)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	1,1213	25,00	35,7

3.1.2 Pressão do Vento Extremo nos Cabos

A partir do item 6.2.6.1 e figuras 3 e 4 da norma IEC 60826, obtém-se:

$$P_{\text{cabos}} = q_0 C_{XC} G_C G_L \text{sen}^2 \Omega \quad \text{onde:}$$

q_0 Pressão dinâmica de referência, em kgf/m²

C_{XC} 1,00

G_C Fator de vento combinado para cabos obtido em função da altura média do condutor (h_m cond) ou da altura média do cabo para-raios (h_m P-raios) .

G_L Fator de vão obtido em função do vão adotado para cálculo (510 m)

Ω Ângulo formado pela direção do vento com a direção dos cabos

Para ventos atuando no sentido transversal ($\Omega = 90^\circ$), foram calculadas as seguintes pressões:

Linhas de transmissão	q0 (kgf/m ²)	h _m cond (m)	G _c Cond	h _m P-raios (m)	G _c P-raio	G _L	P cabos (kgf/m ²)	
							Cond	P raios
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	35,7	23	2,1467	34	2,2926	0,9123	70	75

3.1.3 Pressão do Vento Extremo nas Cadeias de Isoladores

A partir do item 6.2.6.3 e figura 5 da norma IEC 60826, obtém-se:

$$P_{\text{isol}} = q_0 C_{Xi} G_T \quad \text{onde:}$$

q_0 (Ver item 3.1.1)

C_{Xi} 1,20

G_T Fator de vento combinado obtido em função da altura média (h_m Isol) dos isoladores

Resultando em:

Linhas de transmissão	h _m isol (m)	G _t	P isol(kgf/m ²)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	39	2,4464	105

3.1.4 Carga do Vento Extremo nas Estruturas Atuando na Direção do Vento

A partir do item 6.2.6.4.1 e figuras 5, 6 e 7 da norma IEC 60826, obtém-se:

$$F_{\text{estrut}} = q_0 G_T (1 + 0,2 \sin^2 2\Theta) (S_{T1} C_{XT1} \cos^2 \Theta + S_{T2} C_{XT2} \sin^2 \Theta) \text{ kgf} \quad \text{onde:}$$

q_0 (Ver item 3.1.1)

G_T Fator de vento combinado, obtido da figura 5 da norma IEC 60826 em função da altura em relação ao solo do centro de gravidade do painel em consideração

S_{T1} e S_{T2} Área líquida das faces 1 e 2 do painel em consideração, em m²

C_{XT1} e C_{XT2} Coeficiente de arrasto das faces 1 e 2 do painel em consideração, obtido da figura 7 da norma IEC 60826

Θ Ângulo formado pela direção do vento com a perpendicular à face 1, conforme figura 6 da norma IEC 60826

Para $\Theta = 0^\circ$ (vento transversal), obtém-se:

$$F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot G_T \cdot S_{T1} \cdot C_{XT1} \text{ kgf}$$

Para $\Theta = 15^\circ$, obtém-se:

$$F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot 1,05 \cdot G_T \cdot (0,933 S_{T1} C_{XT1} + 0,067 S_{T2} C_{XT2}) \text{ kgf}$$

Para $\Theta = 30^\circ$, obtém-se:

$$F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot 1,15 \cdot G_T \cdot (0,75 S_{T1} C_{XT1} + 0,25 S_{T2} C_{XT2}) \text{ kgf}$$

Para $\Theta = 45^\circ$, obtém-se:

$$F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot 0,6 \cdot G_T \cdot (S_{T1} C_{XT1} + S_{T2} C_{XT2}) \text{ kgf}$$

3.2. Pressão de Vento de Tormentas Elétricas

3.2.1 Introdução

3.2.1.1 Os ventos decorrentes de tormentas elétricas apresentam as seguintes características:

- Alta intensidade;
- Pouca variação em relação à altura de atuação;
- Frente estreita, não superior a 100 metros.

3.2.1.2 As velocidades de vento assinaladas como de 3 segundos já retratam a real relação entre as séries históricas de 10 minutos e de 3 segundos. Os seus valores numéricos incorporam um fator de rajada realista e não requer correção adicional.

3.2.1.3 Como esse tipo de vento tem frente estreita, se o mesmo atingir uma estrutura da linha de transmissão (caso mais desfavorável), atuará simultaneamente sobre um trecho significativamente reduzido dos cabos situados nos vãos adjacentes à estrutura afetada.

3.2.1.4 De modo a levar em conta essa característica a pressão resultante desse vento

atuando sobre os cabos será multiplicada por um fator redutor igual a 0,25. O vento de tormentas não será corrigido para variações da altura de atuação.

3.2.2 Pressão Dinâmica de Referência

3.2.2.1 Considerando a fórmula da pressão dinâmica de referência indicada no item 3.1.1 e sendo a velocidade do vento de tormentas (250 anos , 3 segundos) indicada no item 2.1, tem-se:

Linhas de transmissão	μ (kg/m ³)	VR (m/s)	q0 (kgf/m ²)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	1,1213	44,44	113

3.2.3 Pressões Atuando nos Cabos

3.2.3.1 Conforme item 3.3.1.4, tem-se:

$$P_{\text{cabos}} = q_0 \times 0,25 \text{ kgf/m}^2$$

Linhas de transmissão	P_{cabos} (kgf/m ²)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	28

3.2.4 Pressão Atuando nas Cadeias de Isoladores

$$P_{\text{isol}} = q_0 \times 1,2 \text{ kgf/m}^2$$

Linhas de transmissão	P_{isol} (kgf/m ²)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	136

3.2.5 Carga de Vento de Tormenta nas Estruturas Atuando na Direção do Vento

Para $\Theta = 0^\circ$ (vento transversal), obtém-se:

$$F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot S_{T1} \cdot C_{XT1} \text{ kgf}$$

Para $\Theta = 15^\circ$, obtém-se:

$$F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot 1,05 \cdot (0,933S_{T1}C_{XT1} + 0,067S_{T2}C_{XT2}) \text{ kgf}$$

Para $\Theta = 30^\circ$, obtém-se:

$$F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot 1,15 \cdot (0,75S_{T1}C_{XT1} + 0,25S_{T2}C_{XT2}) \text{ kgf}$$

Para $\Theta = 45^\circ$, obtém-se:

$$F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot 0,6 \cdot (S_{T1}C_{XT1} + S_{T2}C_{XT2}) \text{ kgf}$$

3.3 Ventos para Cálculo dos Ângulos de Balanço

3.3.1 Utilizando a expressão constante do item 3.1.1 anterior obtém-se as seguintes pressões dinâmicas de referência para os ventos indicados na tabela 2.2.8:

Linhas de transmissão	T = 50 anos		T = 2 anos	
	VR (m/s)	q0 (kgf/m ²)	VR (m/s)	q0 (kgf/m ²)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	31,46	57	19,48	22

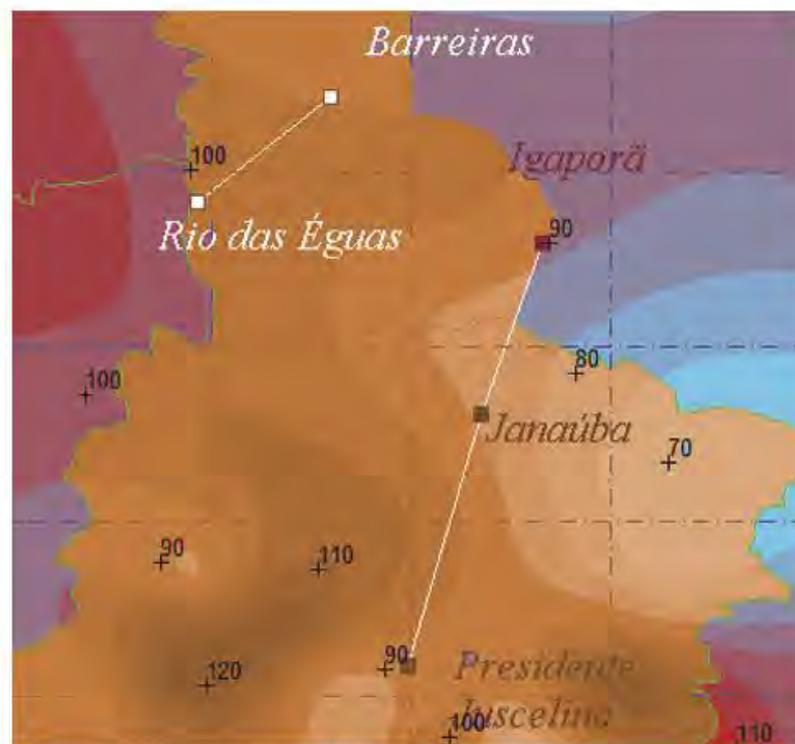
4. REFERÊNCIAS

- 1 NBR 5422 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 2 Norma IEC 60826 – Design criteria of overhead transmission lines.
- 3 Relatório R3 – Caracterização e Análise Socioambiental - Linha de Transmissão Lote 15
- 4 Relatório RT-EQT5-L501-PB-ELM-0003_DADOS CLIMATOLÓGICOS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 5 Kendall, G. R. – Statistical Analysis of Extreme Values – First Canadian Hydrology Conference, July 1959.
- 6 Cigré Working Group 22.06, “Probabilistic Design of Overhead Transmission (CIGRÉ Brochure 109 - 22-00 (WG-06)01, 1996
- 7 Silva Filho, J. I., Menezes Jr, A. A. – Mapeamento de Isótopos do Brasil, Relatório Técnico Cepel 851/82.

ANEXO 1 – MEMORIAL DESCRITIVO DAS VELOCIDADES DE VENTO

RELATÓRIO TÉCNICO PARA ENGEPRO ENGENHARIA

***Isótagas máximas para as LTs
dos Lotes 8, 14, 15 e 16, Leilão 013/2015***



Preparado por Amauri A Menezes em 02/2017

Este Relatório Técnico apresenta o memorial descritivo para a determinação dos isótagas máximas para a implantação das LTs acima citadas. A reprodução parcial ou total deste documento só deve ser feita com a permissão da ENGEPRO Engenharia

<i>1</i>	<i>Objetivo</i>	<i>3</i>
<i>2</i>	<i>Introdução.....</i>	<i>3</i>
<i>3</i>	<i>Características das estações</i>	<i>5</i>
<i>3.1</i>	<i>Critérios de regionalização.....</i>	<i>5</i>
<i>3.2</i>	<i>Rugosidade dos terrenos</i>	<i>12</i>
<i>4</i>	<i>Os mapeamentos</i>	<i>12</i>
<i>5</i>	<i>Ventos básicos de projeto.....</i>	<i>13</i>
<i>Anexo I</i>	<i>Critérios a serem atendidos.....</i>	<i>15</i>
<i>A.I.1</i>	<i>Critérios para projeto mecânico</i>	<i>15</i>
<i>Anexo II</i>	<i>Distribuição de Gumbel e velocidades máximas de vento</i>	<i>16</i>
<i>Anexo III</i>	<i>Os ajustes da distribuição de Gumbel às amostras</i>	<i>17</i>
<i>Anexo IV</i>	<i>Os mapeamentos de isótasas da região.....</i>	<i>49</i>
<i>Anexo V</i>	<i>O problema da turbulência dos ventos no Brasil.....</i>	<i>60</i>
<i>Anexo VI</i>	<i>Regionalização dos CVs das séries históricas.....</i>	<i>61</i>
	<i>Critérios de regionalização dos coeficientes de variação</i>	<i>61</i>
<i>AVI.1</i>	<i>Para as séries de 10 minutos.....</i>	<i>61</i>
<i>AVI.2</i>	<i>Para as séries de 3 segundos</i>	<i>62</i>
<i>AVI.3</i>	<i>Para as séries de 30 segundos</i>	<i>62</i>

1 Objetivo

Este relatório apresenta os cálculos das velocidades elevadas de vento a serem esperadas para a região de implantação das LTs dos Lotes Lotes 8, 14, 15 e 16. descritas a seguir.

*LT 500kV Rio das Éguas - Barreiras II - C2
LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1
LT 500kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1
LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
LT 500kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2*

O objetivo deste relatório é o de prover os setores de projeto com velocidades de vento máximas prospectivas e seguras que atendam às exigências técnicas constantes dos mais recentes Editais da ANEEL, relativo ao sistema de transmissão aéreo nacional.

2 Introdução

O estudo admitirá a região de localização da linha de transmissão citada, tal como indicada nos mapas de isótacas e será subsidiado pelas estações abaixo indicadas (veja também a Tabela 3.1.1). Às séries de dados de velocidades máximas anuais, coletados nas estações localizadas nas vizinhanças do empreendimento, será aplicado o conceito da distribuição estatística de extremos de Gumbel. O Anexo II apresenta uma descrição dos métodos usuais mencionados para a determinação dos ajustes de Gumbel do Anexo III.

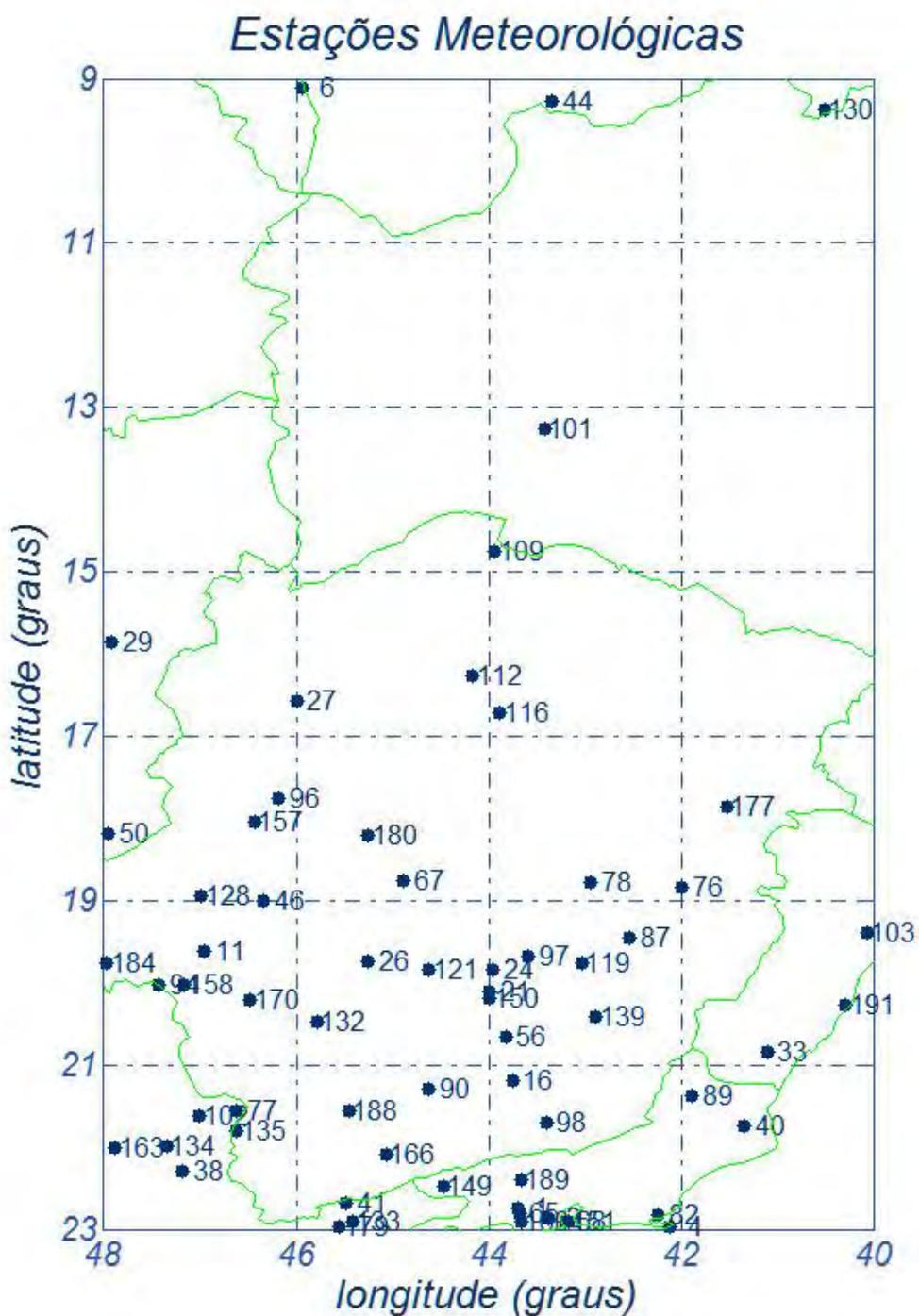


Figura 2.1 - Região de implantação do sistema elétrico de transmissão em foco

De particular importância reveste-se a escolha das estações meteorológicas que constituirão o fundamento do cálculo. A região em questão é razoavelmente densa e até mesmo esparsa no que tange a anemometria. Os cálculos que se seguem fundamentam, portanto, seu escopo nas estações mais próximas do empreendimento mencionado, a fim de subsidiar as determinações paramétricas necessárias à consecução do estudo. O item seguinte apresenta alguns detalhes sobre os dados aqui usados e sobre os tratamentos estatísticos a que foram submetidos.

3 Características das estações

Para dar maior confiabilidade nos resultados, foram utilizadas as estações mais próximas do empreendimento em questão, pois é senso comum que os resultados de uma rede mais completa são mais sólidos do que aqueles relacionados com esquemas muito dispersos e escassos. A distribuição espacial das estações encontra-se caracterizada na Figura 2.1, apresentada anteriormente, enquanto as suas características fisiográficas e paramétricas relevantes constam das Tabelas 3.1.1 e 3.1.2.

3.1 Critérios de regionalização

O processo de determinação de médias regionais para os CVs (coeficientes de variação)¹ e os FRs (fatores de rajada)² seguem prática comum em meteorologia, já que parâmetros médios são mais representativos e mais confiáveis do que os de estações tomadas isoladamente, com variados tempos de coleta. Há diversos critérios para se proceder a uma homogeneização regional de parâmetros climáticos, tal como adotar-se a média dos valores paramétricos determinados nas estações mais próximas, ou média ponderada, em função dos anos de coleta, de tal sorte que estações com mais tempo de coleta tenham uma influência majorada no fenômeno espacial em questão. Pode-se recorrer, ainda, a um valor médio acrescido de um determinado número de desvios-padrão, dependendo do grau de confiabilidade que se deseja conferir ao estudo.

Este estudo adota os critérios de regionalização dos CVs descritos no Anexo VI. Além disso, as velocidades médias do vento com tempo de média de 10 minutos encontram-se corrigidas, como justificado e sugerido³ em [6 e 7].

¹ $CV = (\text{média}) / (\text{desvio padrão})$

² $FR = (\text{velocidade de 3 s}) / (\text{velocidade de 10 min})$

³ para compensar o excesso de turbulência verificado nos ventos que ocorrem no Brasil

Tabela 3.1.1 - Características gerais das estações anemométricas

<i># no mapa</i>	<i>nome</i>
<i>1</i>	<i>Adrianópolis</i>
<i>2</i>	<i>Afonso</i>
<i>4</i>	<i>Álcalis</i>
<i>6</i>	<i>Alto Parnaíba</i>
<i>11</i>	<i>Araxá</i>
<i>16</i>	<i>Barbacena</i>
<i>21</i>	<i>Barreiro</i>
<i>24</i>	<i>Belo Horizonte</i>
<i>26</i>	<i>Bom Despacho</i>
<i>27</i>	<i>Bonfim Minas</i>
<i>29</i>	<i>Brasília</i>
<i>33</i>	<i>Cacho. Itapemirim</i>
<i>38</i>	<i>Campininha</i>
<i>40</i>	<i>Campos</i>
<i>41</i>	<i>Campos do Jordão</i>
<i>44</i>	<i>Caracol</i>
<i>46</i>	<i>Carmo Parnaíba</i>
<i>50</i>	<i>Catalão</i>
<i>56</i>	<i>Cons. Lafaiete</i>
<i>65</i>	<i>Ecologia Agrícola</i>
<i>67</i>	<i>Felixlândia</i>

Tabela 3.1.1 - Características gerais das estações anemométricas (cont.)

<i># no mapa</i>	<i>nome</i>
68	<i>Flamengo</i>
76	<i>Gov. Valadares</i>
77	<i>Graminha</i>
78	<i>Guanhães</i>
82	<i>Iguaba Grande</i>
87	<i>Ipatinga</i>
89	<i>Itaperuna</i>
90	<i>Itutinga</i>
94	<i>Jaguará</i>
96	<i>João Pinheiro</i>
97	<i>José Melo</i>
98	<i>Juiz de Fora</i>
101	<i>Lapa (B Jesus)</i>
102	<i>Limoeiro</i>
103	<i>Linhares</i>
109	<i>Manga</i>
112	<i>Mirabela</i>
116	<i>Montes Claros</i>
119	<i>Nova Era</i>
121	<i>Pará de Minas</i>
128	<i>Patrocínio</i>

Tabela 3.1.1 - Características gerais das estações anemométricas (cont.)

<i># no mapa</i>	<i>nome</i>
<i>130</i>	<i>Petrolina</i>
<i>132</i>	<i>Pimenta</i>
<i>133</i>	<i>Pindamonhangaba</i>
<i>134</i>	<i>Pirassununga</i>
<i>135</i>	<i>Poços Caldas</i>
<i>139</i>	<i>Ponte Nova</i>
<i>149</i>	<i>Resende</i>
<i>150</i>	<i>Retiro Pedras</i>
<i>151</i>	<i>Rio de Janeiro</i>
<i>157</i>	<i>S Pedro P Firme</i>
<i>158</i>	<i>Sacramento</i>
<i>160</i>	<i>Santa Cruz</i>
<i>163</i>	<i>São Carlos</i>
<i>166</i>	<i>São Lourenço</i>
<i>170</i>	<i>São Roque</i>
<i>177</i>	<i>Teófilo Otoni</i>
<i>179</i>	<i>Tremembé</i>
<i>180</i>	<i>Três Marias</i>
<i>184</i>	<i>Uberaba</i>
<i>188</i>	<i>Varginha</i>
<i>189</i>	<i>Vassouras</i>
<i>191</i>	<i>Vitoria</i>

Tabela 3.1.2 - Características paramétricas das estações anemométricas

<i>nome</i>	<i>latitude (graus)</i>	<i>longitude (graus)</i>	<i>anos</i>	<i>V_{médio} 10 min (km/h)</i>	<i>CV 10 min (%)</i>	<i>V_{médio} 3 seg (km/h)</i>	<i>CV 3 seg (%)</i>	<i>FR3s (pu)</i>	<i>FR30s (pu)</i>
<i>Adrianópolis</i>	<i>22.75</i>	<i>43.70</i>	<i>8</i>	<i>55.89</i>	<i>13</i>	<i>89.42</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Afonso</i>	<i>22.87</i>	<i>43.37</i>	<i>14</i>	<i>50.30</i>	<i>16</i>	<i>80.48</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Álcalis</i>	<i>22.96</i>	<i>42.11</i>	<i>11</i>	<i>69.27</i>	<i>13</i>	<i>110.83</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Alto Parnaíba</i>	<i>9.12</i>	<i>45.93</i>	<i>6</i>	<i>39.56</i>	<i>16</i>	<i>67.25</i>	<i>16</i>	<i>1.70</i>	<i>1.35</i>
<i>Araxá</i>	<i>19.62</i>	<i>46.95</i>	<i>10</i>	<i>57.23</i>	<i>13</i>	<i>91.57</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Barbacena</i>	<i>21.18</i>	<i>43.75</i>	<i>12</i>	<i>53.76</i>	<i>13</i>	<i>86.02</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Barreiro</i>	<i>20.10</i>	<i>43.98</i>	<i>12</i>	<i>65.97</i>	<i>13</i>	<i>105.55</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Belo Horizonte</i>	<i>19.85</i>	<i>43.95</i>	<i>25</i>	<i>39.50</i>	<i>16</i>	<i>63.20</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Bom Despacho</i>	<i>19.75</i>	<i>45.25</i>	<i>20</i>	<i>52.86</i>	<i>16</i>	<i>84.58</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Bonfim Minas</i>	<i>16.57</i>	<i>46.00</i>	<i>6</i>	<i>51.07</i>	<i>16</i>	<i>81.71</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Brasília</i>	<i>15.87</i>	<i>47.92</i>	<i>15</i>	<i>51.08</i>	<i>19</i>	<i>81.73</i>	<i>19</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Cacho. Itapemirim</i>	<i>20.85</i>	<i>41.10</i>	<i>4</i>	<i>60.37</i>	<i>13</i>	<i>96.59</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Campininha</i>	<i>22.30</i>	<i>47.18</i>	<i>15</i>	<i>41.90</i>	<i>13</i>	<i>67.04</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Campos</i>	<i>21.75</i>	<i>41.33</i>	<i>8</i>	<i>37.74</i>	<i>19</i>	<i>60.39</i>	<i>19</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Campos do Jordão</i>	<i>22.68</i>	<i>45.48</i>	<i>17</i>	<i>52.86</i>	<i>13</i>	<i>84.58</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Caracol</i>	<i>9.28</i>	<i>43.33</i>	<i>8</i>	<i>42.80</i>	<i>16</i>	<i>72.77</i>	<i>16</i>	<i>1.70</i>	<i>1.35</i>
<i>Carmo Parnaíba</i>	<i>19.00</i>	<i>46.33</i>	<i>4</i>	<i>62.05</i>	<i>13</i>	<i>99.28</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Catalão</i>	<i>18.18</i>	<i>47.95</i>	<i>6</i>	<i>44.02</i>	<i>19</i>	<i>70.43</i>	<i>19</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Cons. Lafaiete</i>	<i>20.67</i>	<i>43.82</i>	<i>6</i>	<i>58.46</i>	<i>13</i>	<i>93.54</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Ecologia Agrícola</i>	<i>22.80</i>	<i>43.68</i>	<i>21</i>	<i>61.04</i>	<i>16</i>	<i>97.66</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Felixlândia</i>	<i>18.75</i>	<i>44.88</i>	<i>11</i>	<i>54.88</i>	<i>13</i>	<i>87.81</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>

Tabela 3.1.2 - Características paramétricas das estações anemométricas (cont.)

<i>nome</i>	<i>latitude (graus)</i>	<i>longitude (graus)</i>	<i>anos</i>	<i>V_{médio} 10 min (km/h)</i>	<i>CV 10 min (%)</i>	<i>V_{médio} 3 seg (km/h)</i>	<i>CV 3 seg (%)</i>	<i>FR3s (pu)</i>	<i>FR30s (pu)</i>
<i>Flamengo</i>	<i>22.92</i>	<i>43.20</i>	<i>19</i>	<i>54.88</i>	<i>13</i>	<i>87.81</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Gov. Valadares</i>	<i>18.85</i>	<i>41.98</i>	<i>4</i>	<i>55.33</i>	<i>16</i>	<i>88.53</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Graminha</i>	<i>21.57</i>	<i>46.62</i>	<i>16</i>	<i>46.26</i>	<i>16</i>	<i>74.01</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Guanhães</i>	<i>18.78</i>	<i>42.93</i>	<i>8</i>	<i>53.20</i>	<i>13</i>	<i>85.12</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Iguaba Grande</i>	<i>22.83</i>	<i>42.23</i>	<i>11</i>	<i>56.67</i>	<i>19</i>	<i>90.68</i>	<i>19</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Ipatinga</i>	<i>19.45</i>	<i>42.53</i>	<i>13</i>	<i>53.65</i>	<i>13</i>	<i>85.84</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Itaperuna</i>	<i>21.37</i>	<i>41.88</i>	<i>9</i>	<i>39.98</i>	<i>19</i>	<i>63.97</i>	<i>19</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Itutinga</i>	<i>21.30</i>	<i>44.62</i>	<i>13</i>	<i>56.67</i>	<i>13</i>	<i>90.67</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Jaguará</i>	<i>20.02</i>	<i>47.43</i>	<i>6</i>	<i>64.18</i>	<i>13</i>	<i>102.69</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>João Pinheiro</i>	<i>17.75</i>	<i>46.18</i>	<i>7</i>	<i>52.08</i>	<i>13</i>	<i>83.33</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>José Melo</i>	<i>19.68</i>	<i>43.58</i>	<i>4</i>	<i>54.99</i>	<i>13</i>	<i>87.98</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Juiz de Fora</i>	<i>21.70</i>	<i>43.40</i>	<i>8</i>	<i>54.10</i>	<i>13</i>	<i>86.56</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Lapa (B Jesus)</i>	<i>13.27</i>	<i>43.42</i>	<i>8</i>	<i>51.00</i>	<i>16</i>	<i>86.70</i>	<i>16</i>	<i>1.70</i>	<i>1.35</i>
<i>Limoeiro</i>	<i>21.62</i>	<i>47.00</i>	<i>16</i>	<i>56.67</i>	<i>13</i>	<i>90.67</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Linhares</i>	<i>19.40</i>	<i>40.07</i>	<i>4</i>	<i>51.63</i>	<i>13</i>	<i>82.61</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Manga</i>	<i>14.75</i>	<i>43.93</i>	<i>6</i>	<i>50.00</i>	<i>13</i>	<i>85.00</i>	<i>13</i>	<i>1.70</i>	<i>1.35</i>
<i>Mirabela</i>	<i>16.27</i>	<i>44.17</i>	<i>4</i>	<i>52.00</i>	<i>13</i>	<i>83.20</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Montes Claros</i>	<i>16.72</i>	<i>43.88</i>	<i>9</i>	<i>58.46</i>	<i>13</i>	<i>93.54</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Nova Era</i>	<i>19.77</i>	<i>43.03</i>	<i>10</i>	<i>41.66</i>	<i>13</i>	<i>66.66</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Pará de Minas</i>	<i>19.85</i>	<i>44.62</i>	<i>13</i>	<i>49.20</i>	<i>13</i>	<i>78.72</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Patrocínio</i>	<i>18.95</i>	<i>46.98</i>	<i>14</i>	<i>53.60</i>	<i>16</i>	<i>85.76</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>

Tabela 3.1.2 - Características paramétricas das estações anemométricas (cont.)

<i>nome</i>	<i>latitude</i> <i>(graus)</i>	<i>longitude</i> <i>(graus)</i>	<i>anos</i>	<i>V</i> _{médio} <i>10 min</i> <i>(km/h)</i>	<i>CV</i> <i>10 min</i> <i>(%)</i>	<i>V</i> _{médio} <i>3 seg</i> <i>(km/h)</i>	<i>CV</i> <i>3 seg</i> <i>(%)</i>	<i>FR3s</i> <i>(pu)</i>	<i>FR30s</i> <i>(pu)</i>
<i>Petrolina</i>	<i>9.38</i>	<i>40.50</i>	<i>6</i>	<i>50.23</i>	<i>13</i>	<i>85.39</i>	<i>13</i>	<i>1.70</i>	<i>1.35</i>
<i>Pimenta</i>	<i>20.47</i>	<i>45.78</i>	<i>12</i>	<i>52.86</i>	<i>13</i>	<i>84.58</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Pindamonhangaba</i>	<i>22.90</i>	<i>45.42</i>	<i>12</i>	<i>53.31</i>	<i>13</i>	<i>85.30</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Pirassununga</i>	<i>21.98</i>	<i>47.35</i>	<i>15</i>	<i>53.80</i>	<i>16</i>	<i>86.08</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Poços Caldas</i>	<i>21.80</i>	<i>46.62</i>	<i>11</i>	<i>63.95</i>	<i>13</i>	<i>102.32</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Ponte Nova</i>	<i>20.42</i>	<i>42.88</i>	<i>7</i>	<i>42.67</i>	<i>13</i>	<i>68.27</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Resende</i>	<i>22.48</i>	<i>44.47</i>	<i>28</i>	<i>66.07</i>	<i>13</i>	<i>105.71</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Retiro Pedras</i>	<i>20.18</i>	<i>43.98</i>	<i>15</i>	<i>70.05</i>	<i>13</i>	<i>112.08</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Rio de Janeiro</i>	<i>22.90</i>	<i>43.17</i>	<i>25</i>	<i>49.20</i>	<i>16</i>	<i>78.72</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>S Pedro P Firme</i>	<i>18.05</i>	<i>46.43</i>	<i>7</i>	<i>56.11</i>	<i>16</i>	<i>89.78</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Sacramento</i>	<i>20.03</i>	<i>47.17</i>	<i>5</i>	<i>57.23</i>	<i>13</i>	<i>91.57</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Santa Cruz</i>	<i>22.92</i>	<i>43.67</i>	<i>25</i>	<i>67.30</i>	<i>16</i>	<i>107.68</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>São Carlos</i>	<i>22.02</i>	<i>47.88</i>	<i>12</i>	<i>58.35</i>	<i>13</i>	<i>93.36</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>São Lourenço</i>	<i>22.10</i>	<i>45.07</i>	<i>13</i>	<i>58.69</i>	<i>13</i>	<i>93.90</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>São Roque</i>	<i>20.22</i>	<i>46.48</i>	<i>22</i>	<i>61.26</i>	<i>13</i>	<i>98.02</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Teófilo Otoni</i>	<i>17.87</i>	<i>41.52</i>	<i>10</i>	<i>39.98</i>	<i>16</i>	<i>63.97</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Tremembé</i>	<i>22.97</i>	<i>45.55</i>	<i>14</i>	<i>40.99</i>	<i>19</i>	<i>65.59</i>	<i>19</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Três Marias</i>	<i>18.22</i>	<i>45.25</i>	<i>22</i>	<i>67.98</i>	<i>16</i>	<i>108.77</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Uberaba</i>	<i>19.77</i>	<i>47.97</i>	<i>18</i>	<i>58.69</i>	<i>13</i>	<i>93.90</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Varginha</i>	<i>21.57</i>	<i>45.45</i>	<i>11</i>	<i>52.08</i>	<i>13</i>	<i>83.33</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Vassouras</i>	<i>22.40</i>	<i>43.67</i>	<i>11</i>	<i>44.35</i>	<i>19</i>	<i>70.96</i>	<i>19</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Vitoria</i>	<i>20.28</i>	<i>40.29</i>	<i>7</i>	<i>63.50</i>	<i>13</i>	<i>101.61</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>

nomenclatura:

CV	<i>coeficiente de variação (%) regionalizado (10 min e 3 s)</i>
FR3s	<i>fator de rajada de 3 segundos (pu) regionalizado</i>
FR30s	<i>fator de rajada de 30 segundos (pu) regionalizado</i>

3.2 Rugosidade dos terrenos

Quanto à rugosidade do terreno no entorno das estações consideradas nesse estudo, admitiu-se que as velocidades medidas nas estações estão associadas a terrenos com grau de rugosidade B, tal como classificado pelas Normas IEC 60826 e NBR 5422, significando terrenos planos com poucos obstáculos. A escolha se deve ao fato de que as estações meteorológicas normalmente se encontram em regiões de rugosidade B, por imposições naturais das redes meteorológicas que, grosso modo, requerem localizações em terrenos desprovidos de obstáculos para evitar distorções nas medições.

4 Os mapeamentos

Considerados os valores paramétricos constantes das Tabelas 3.1.1 e 3.1.2, as exigências do Anexo I, a metodologia estatística descrita no Anexo II e, ainda, os ajustes das amostras à estatística de Gumbel, foram elaborados os mapeamentos de isótagas apresentados no Anexo IV. Quanto ao modelo matemático de ajuste utilizado neste estudo, há algumas ponderações a serem feitas.

O ajuste mais conservador é o dos mínimos quadrados, pois, tal como pode ser visto no Anexo II, possui uma correção de majoração do ajuste em função do número de anos de coleta, ou seja, quanto menor a amostra, maior será a correção ou majoração no valor do ajuste. Esse método tem sido extensivamente usado no Brasil, por ser mais seguro e por assim compensar em parte as incertezas e imprecisões advindas da dispersa rede de medição eólica nacional.

Este estudo faz as regionalizações amostrais sugeridas nos editais da ANEEL, estabelecendo critérios para inferir valores esperados para os coeficientes de variação (Anexo VI). Adota ainda as correções das médias em função do exposto em [6 e 7], e define o método dos mínimos quadrados como adotado,

para produzir valores mais conservadores que façam face à baixa densidade de estações.

5 Ventos básicos de projeto

Dos mapeamentos obtidos, podem ser recomendadas as velocidades de vento constantes da Tabela 5.1, de forma a subsidiarem as hipóteses de carga normalmente utilizadas no dimensionamento de estruturas aéreas de transmissão. Os cálculos das velocidades foram feitos seguindo a formulação do Anexo II.

*Tabela 5.1 - Velocidades de projeto (km/h),
terrenos tipo A e B, medições feitas a 10 m de altura*

<i>período de retorno/ tempo de média</i>	<i>Rio das Éguas - Barreiras</i>	<i>Igaporã- Janaúba C1 e C2</i>	<i>Janaúba- P. Juscelino C1 e C2</i>
<i>250/10</i>	<i>100</i>	<i>90</i>	<i>100</i>
<i>250/3</i>	<i>160</i>	<i>160</i>	<i>170</i>
<i>50/10</i>	<i>85</i>	<i>80</i>	<i>85</i>
<i>50/30</i>	<i>115</i>	<i>105</i>	<i>115</i>
<i>2/30</i>	<i>70</i>	<i>65</i>	<i>75</i>

Nota 1 *A velocidade de vento assinalada como sendo a de 3 segundos (valor instantâneo ou de rajada) já retrata a real relação entre as séries históricas de 10 minutos e de 3 segundos. O seu valor numérico incorpora um fator de rajada realista e não requer correção adicional.*

Nota 2 *As velocidades indicadas na tabela acima são o resultado de uma avaliação espacial das figuras do Anexo IV, feitas como médias mentais das leituras dos mapas. Nos mapas de isolinhas, as velocidades múltiplas de 5 são indicadas pelos seus valores modais, enquanto que os demais “dégradés” servem como ferramentas de interpolação. O traçado das isótopas usa um modelo clássico para a determinação de isolinhas, modelo esse que parte do*

princípio de que “a influência de cada estação em qualquer ponto da rede se faz inversamente proporcional à sua distância a esse ponto”.

Nota 3 *As velocidades em cada estação, indicadas nos mapas respectivos, evitam que eventuais extrapolações do modelo matemático das distâncias sejam escolhidas como “velocidades de projeto”. Como qualquer estudo estatístico que envolve avaliações espaciais, há sempre um subjetivismo nas operações de arredondamentos e de interpolações, o que impede que haja sempre uma unanimidade nas escolhas.*

Referências

- [1] Kendall, G.R. – *Statistical Analysis of Extreme Values – First Canadian Hydrology Conference, July 1959.*
- [2] IEC – *International Electrotechnical Commission, “IEC 60826 - Design Criteria of Overhead Transmission Lines”, Technical Committee nº 11, Secretariats 27 & 28, Recommendations for Overhead Lines, Ed. 3, 2000.*
- [3] Cigré Working Group 22.06, *“Probabilistic Design of Overhead Transmission (CIGRÉ Brochure 109 - 22-00 (WG-06)01, 1996*
- [4] Silva Filho, J. I., Menezes Jr, A. A. – *Mapeamento de Isótasas do Brasil, Relatório Técnico Cepel 851/82.*
- [5] Menezes Jr, A. A., Tan A. L., Fernandes D. - *Velocidades de vento de elevada intensidade ocorridas em Florianópolis e Passo Fundo - Um enfoque metodológico estatístico - XVII SNPTEE, Uberlândia, 2003*
- [6] Silva Filho, J. I., Alves Menezes Jr, A., et alli, *Esforços devidos ao vento sobre componentes de LTs e fatores de correção normativos compatíveis com a realidade brasileira - XVIII SNPTEE, Curitiba 2005*
- [7] Silva Filho, J. I., Alves Menezes Jr, A., et alli, *“Assessment of Environmental Statistics as an Accessible Breakthrough to Improve OHTLs Design”, Bienal CIGRÉ, 2006*

Anexo I Critérios a serem atendidos

A.I.1 Critérios para projeto mecânico (sic)

8.1 Confiabilidade

8.1.1 O projeto mecânico de uma LT aérea deve ser desenvolvido segundo a IEC 60826.

8.1.2 O período de retorno do vento extremo, que caracteriza o nível de confiabilidade do projeto eletromecânico da LT aérea, deve ser igual ou superior a 150 anos, que corresponde ao nível 2 da IEC 60826, para LT com tensão nominal igual ou inferior a 230 kV e igual ou superior a 250 anos, que corresponde a um nível intermediário entre os níveis 2 e 3 da IEC 60826, para LT com tensão nominal superior a 230 kV.

8.2 Parâmetros de vento

8.2.1 Para o projeto mecânico de uma LT aérea, os carregamentos oriundos da ação do vento nos componentes físicos dessa LT devem ser estabelecidos a partir da caracterização probabilística das velocidades de vento da região, com tratamento para fenômenos meteorológicos severos, tais como, sistemas frontais, tempestades, tornados, furacões etc.

8.2.2 Os parâmetros explicitados a seguir devem ser obtidos a partir de dados fornecidos por estações anemométricas selecionadas adequadamente para caracterizar a região atravessada pela LT aérea:

(a) média e coeficiente de variação (em porcentagem) das séries de velocidades máximas anuais de vento a 10 m de altura, com tempos de integração da média de 3 (três) segundos (rajada) e 10 (dez) minutos (vento médio);

(b) velocidade máxima anual de vento a 10 m de altura, com período de retorno correspondente ao vento extremo, como definido no item 8.1.2 deste submódulo, e tempos de integração para o cálculo da média de 3 (três) segundos e 10 (dez) minutos. Se o número de anos da série de dados de velocidade for pequeno, na estimativa da velocidade máxima anual deve ser adotado, no mínimo, um coeficiente de variação compatível com as séries mais longas de dados de velocidades de ventos medidas na região;

(c) coeficiente de rajada para a velocidade do vento a 10 m de altura, referenciado ao tempo de integração da média de 10 (dez) minutos;

(d) velocidade máxima anual de vento a 10 m de altura, com período de retorno de 50 anos e tempo de integração para o cálculo da média de 10 (dez) minutos;

(e) categoria do terreno adotada para o local das medições.

8.2.3 No tratamento das velocidades de vento, para fins de dimensionamento, deve ser considerada a categoria de terreno, conforme definida na IEC 60826, que melhor se ajuste à topologia do corredor da LT aérea.

Anexo II Distribuição de Gumbel⁴ e velocidades máximas de vento

A distribuição de valores máximos de Gumbel culminou por se constituir numa unanimidade para explicar os eventos de velocidades máximas anuais de vento no setor elétrico mundial, o brasileiro aí incluído.

Os esforços atuais convergem no sentido de otimizar a aplicação da distribuição de Gumbel com base em dados coletados no próprio país e colocá-los em consonância com os protocolos normativos de outros países, tal como é o caso da IEC 60826 e da NBR - 5422. De uma forma genérica, a referida distribuição pode ser definida por [2]:

$$V_T = V_m + s (Y - C_2) / C_1 \qquad Y = - \ln [- \ln (1 - 1 / T)]$$

V_m	velocidade média da amostra de máximos anuais (km/h)
s	desvio-padrão da amostra de máximos anuais (km/h)
V_T	velocidade de vento referida a um período de retorno T (anos)
C_1 e C_2	coeficientes da distribuição de Gumbel (ver Tabela A1)

Os citados coeficientes são calculados pelas equações:

n	tamanho da amostra	
$Z_i = - \ln [- \ln(1 - i/(n + 1))]$		<i>i variando de 1 até n</i>
C_2	valor médio de Z_i	
C_1	desvio-padrão de Z_i	

Como os valores de C_1 e de C_2 só dependem do tamanho da mostra, os seus respectivos valores encontram-se definidos na Tabela A1.

⁴ Emil Julius Gumbel, nascido a 18 de julho de 1891, em Munique. Estatístico de origem judia, era considerado pela República de Weimar como um dos seus maiores inimigos, pelos seus discursos pacifistas e socialistas.

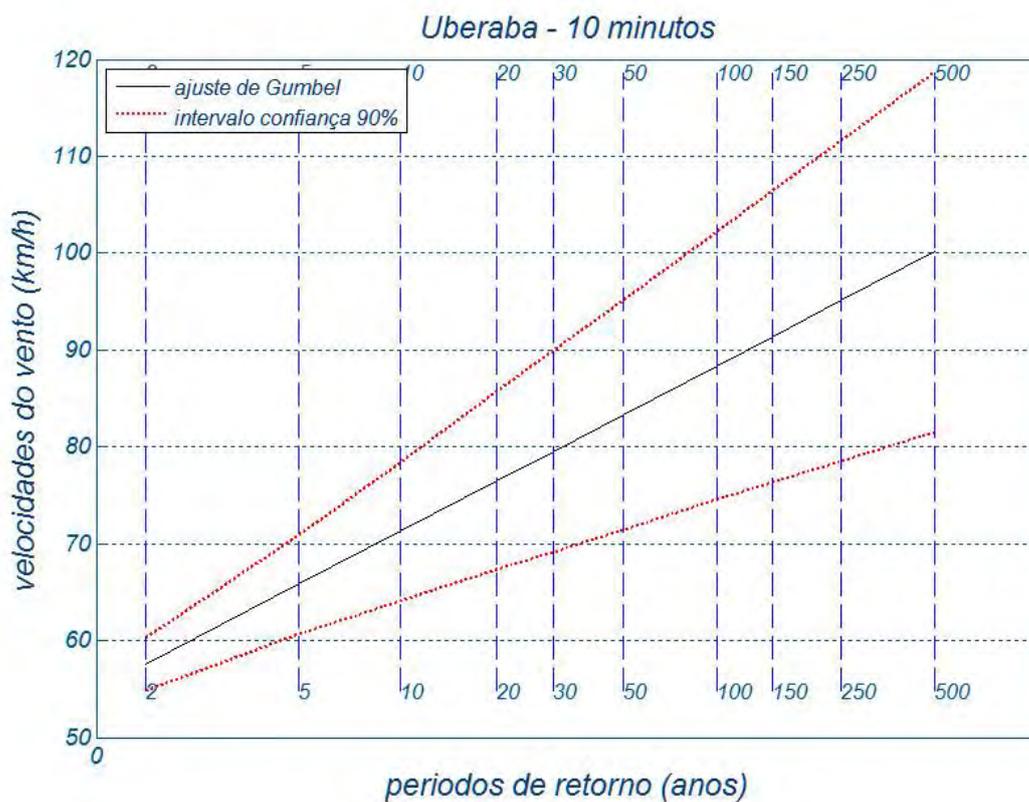
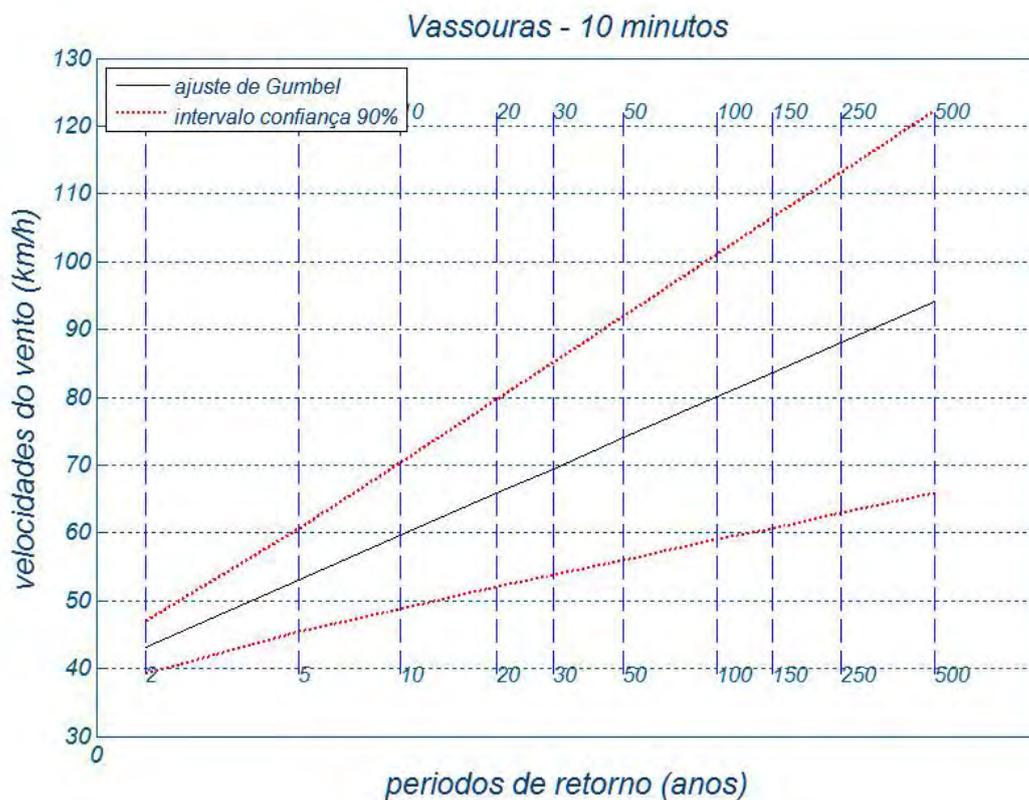
Tabela A1 - Valores dos coeficientes C_1 e C_2

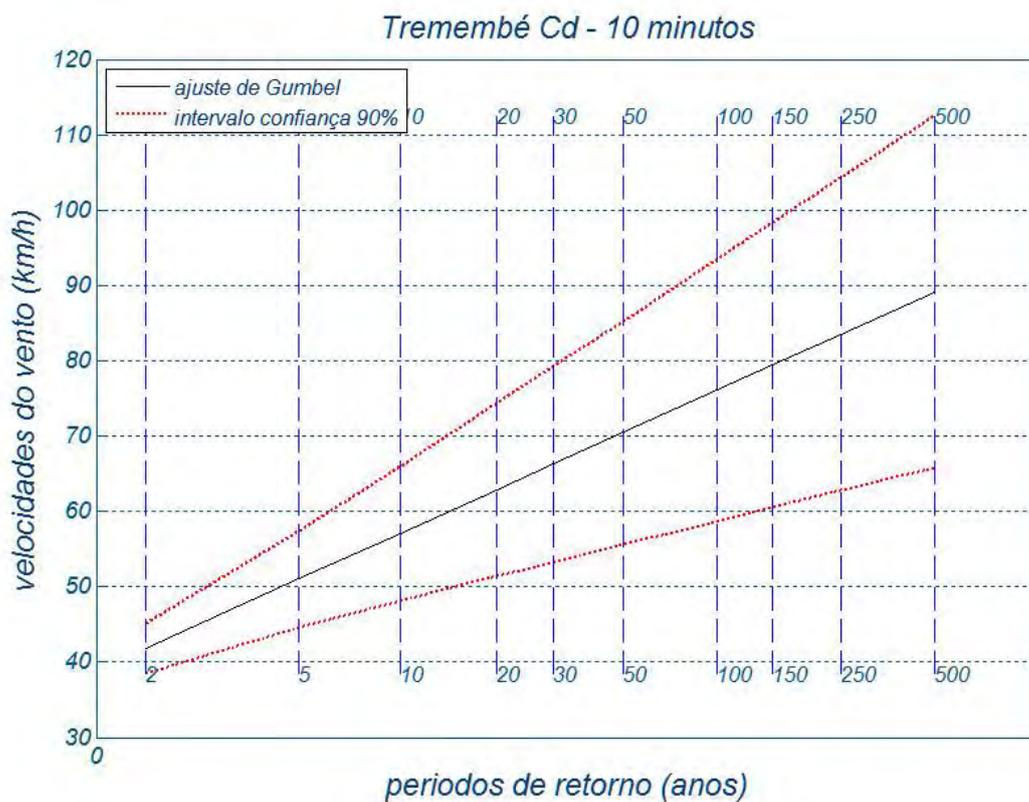
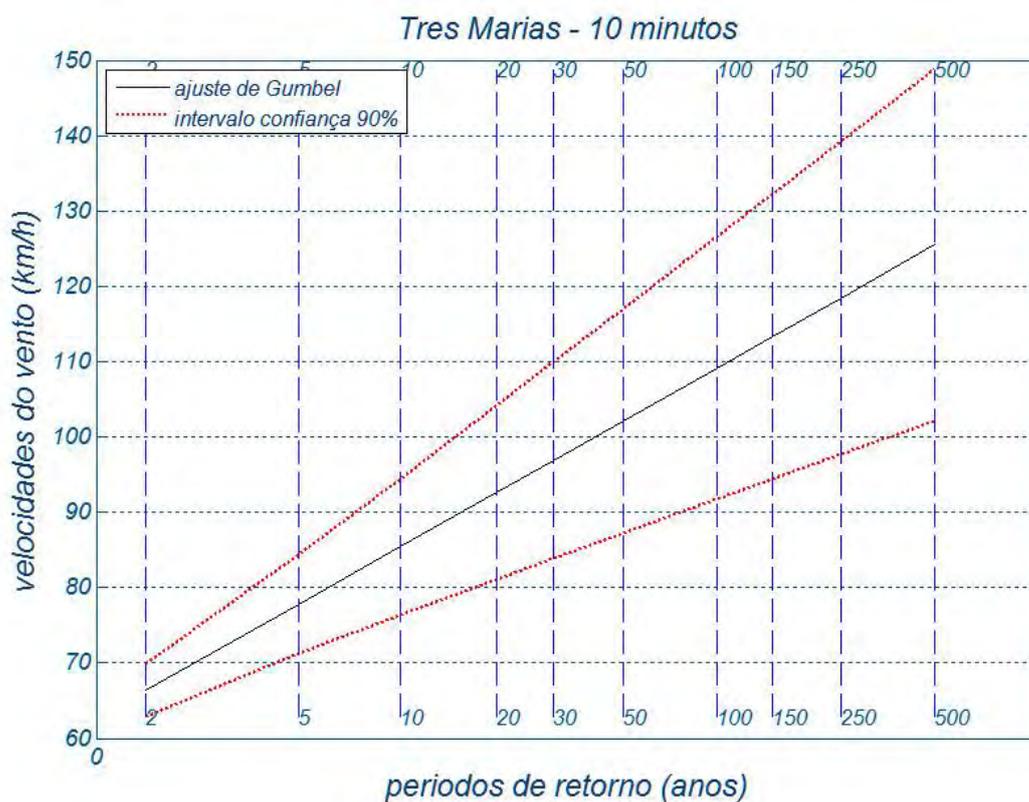
n	C_1			n	C_2		
2	0.49838	17	1.03970	2	0.40434	17	0.51768
3	0.64348	18	1.04810	3	0.42859	18	0.51980
4	0.73147	19	1.05570	4	0.44580	19	0.52175
5	0.79278	20	1.06280	5	0.45879	20	0.52355
6	0.83877	21	1.06940	6	0.46903	21	0.52522
7	0.87493	22	1.07550	7	0.47735	22	0.52678
8	0.90432	23	1.08120	8	0.48428	23	0.52823
9	0.92882	24	1.08650	9	0.49015	24	0.52959
10	0.94963	25	1.09140	10	0.49521	25	0.53086
11	0.96758	26	1.09610	11	0.49961	26	0.53206
12	0.98327	27	1.10050	12	0.50350	27	0.53319
13	0.99713	28	1.10470	13	0.50695	28	0.53426
14	1.00950	29	1.10860	14	0.51004	29	0.53527
15	1.02060	30	1.11240	15	0.51284	30	0.53622
16	1.03060	∞	1.28255	16	0.51537	∞	0.57722

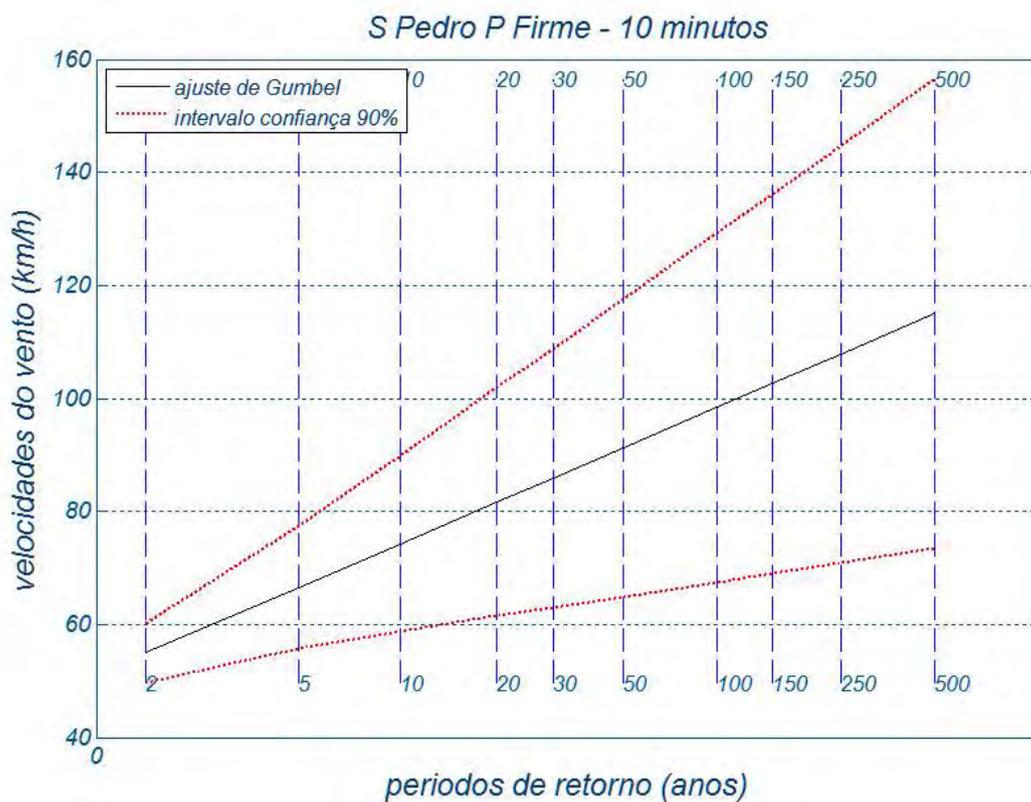
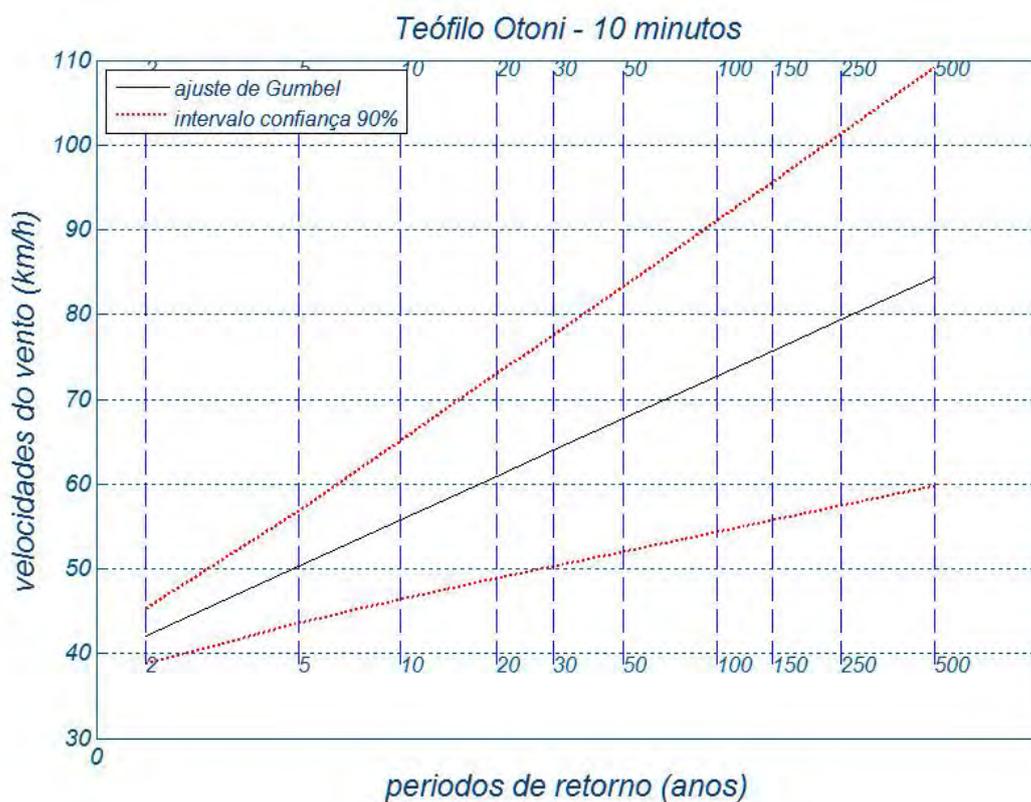
No caso dos valores de C_1 e C_2 serem assumidos para $n = \infty$, o método acima se identifica com o método dos momentos, que é menos conservador e raramente usado.

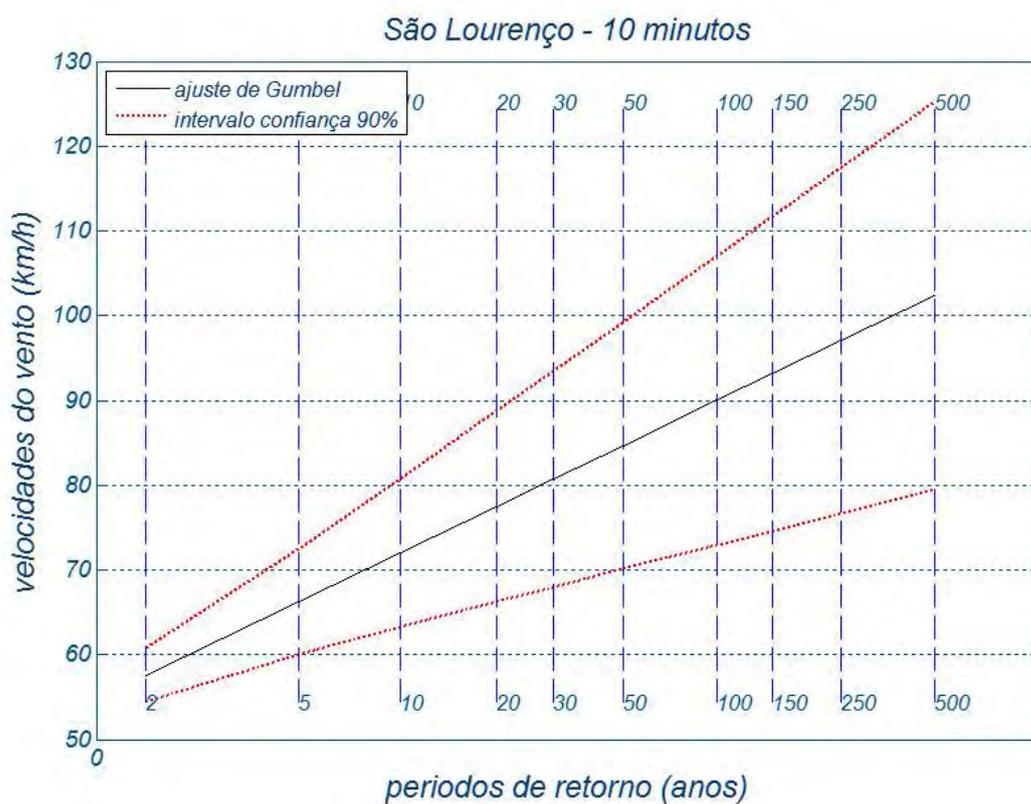
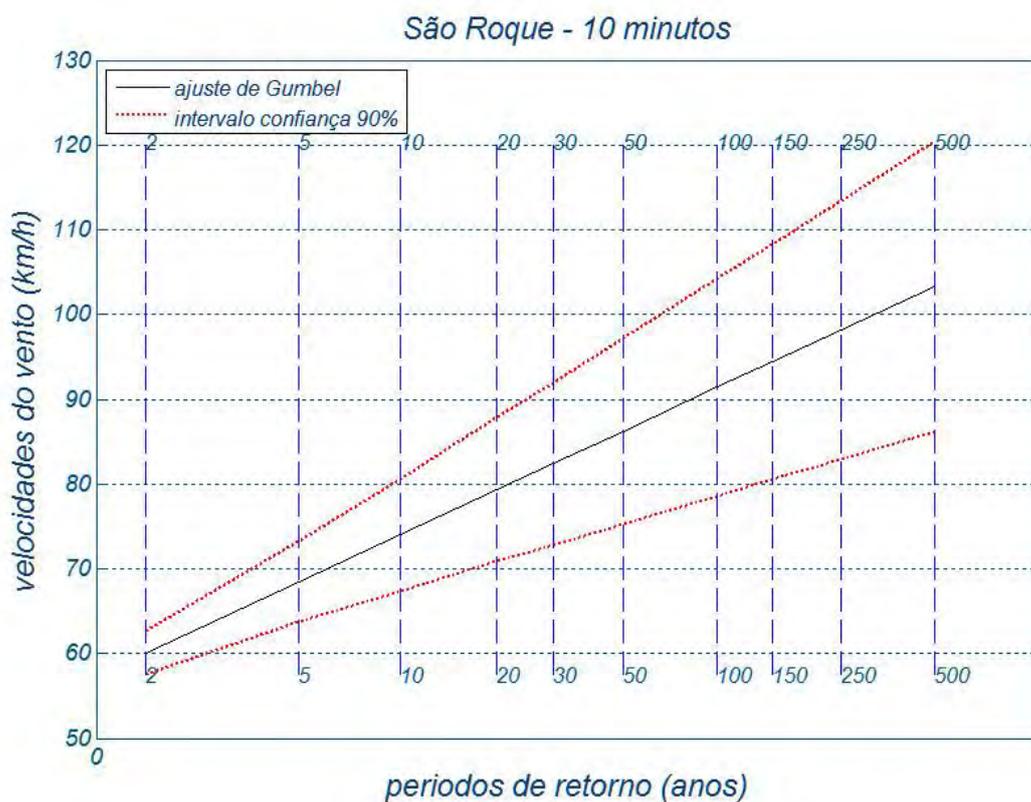
Anexo III Os ajustes da distribuição de Gumbel às amostras

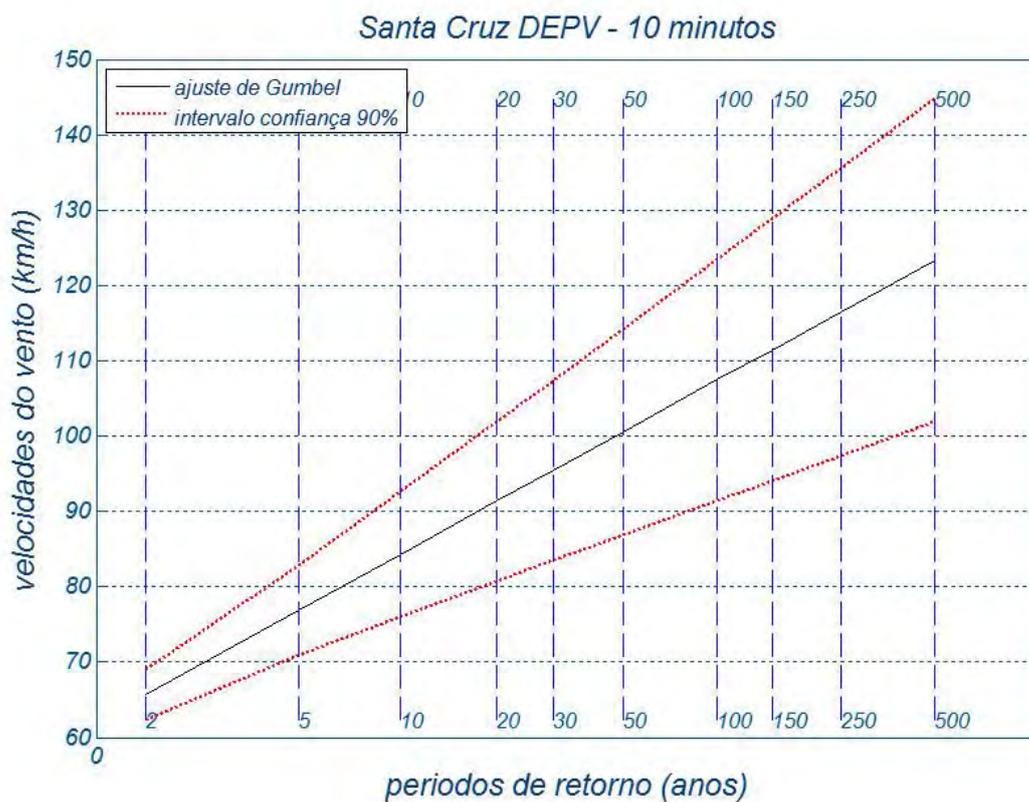
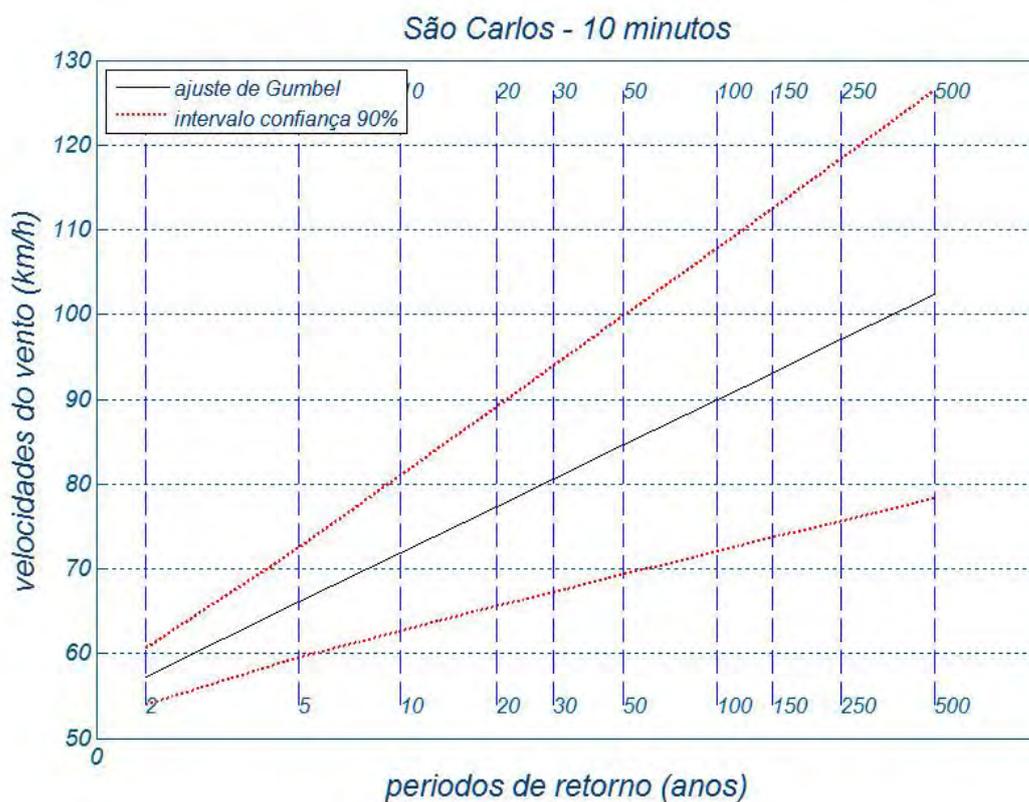
As figuras seguintes ilustram os ajustes de Gumbel em cada estação, tempo de média de 10 minutos. Para os demais tempos de média, os coeficientes da Tabela 3 podem ser usados.

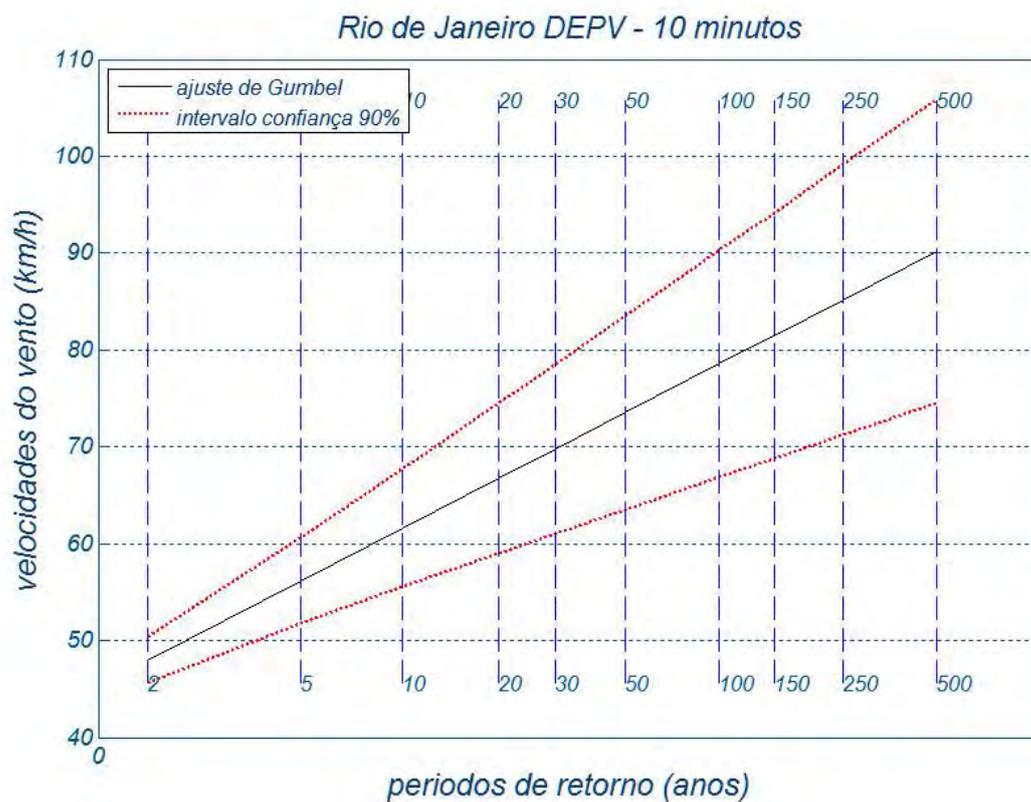
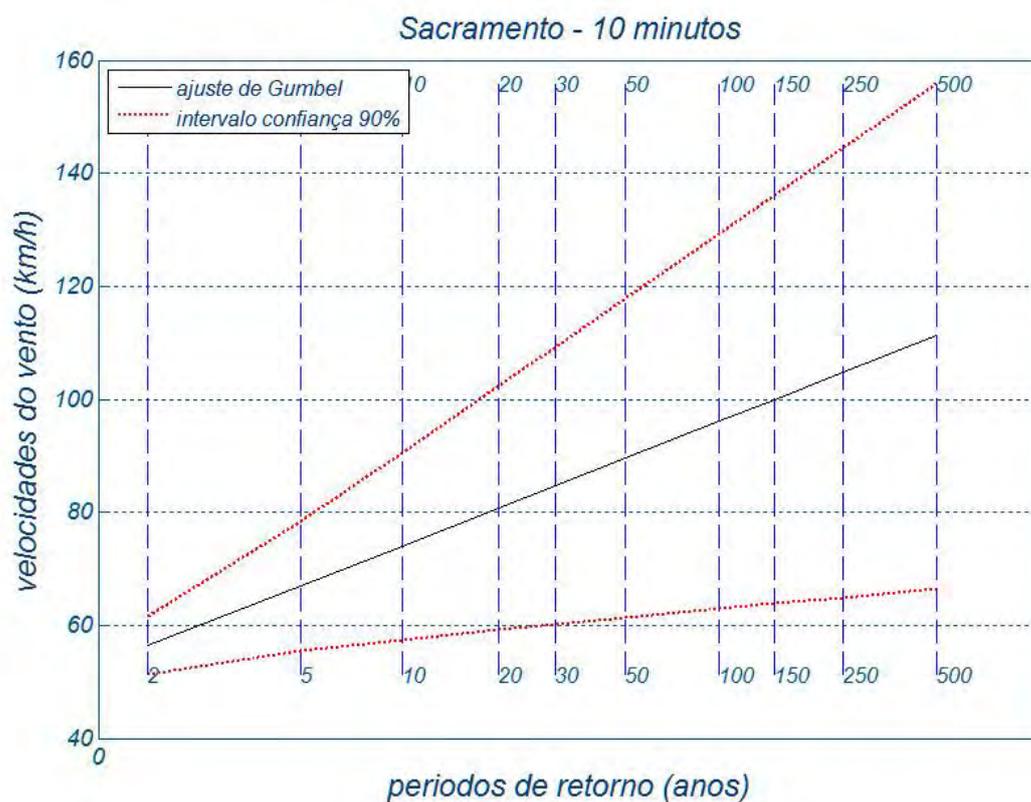


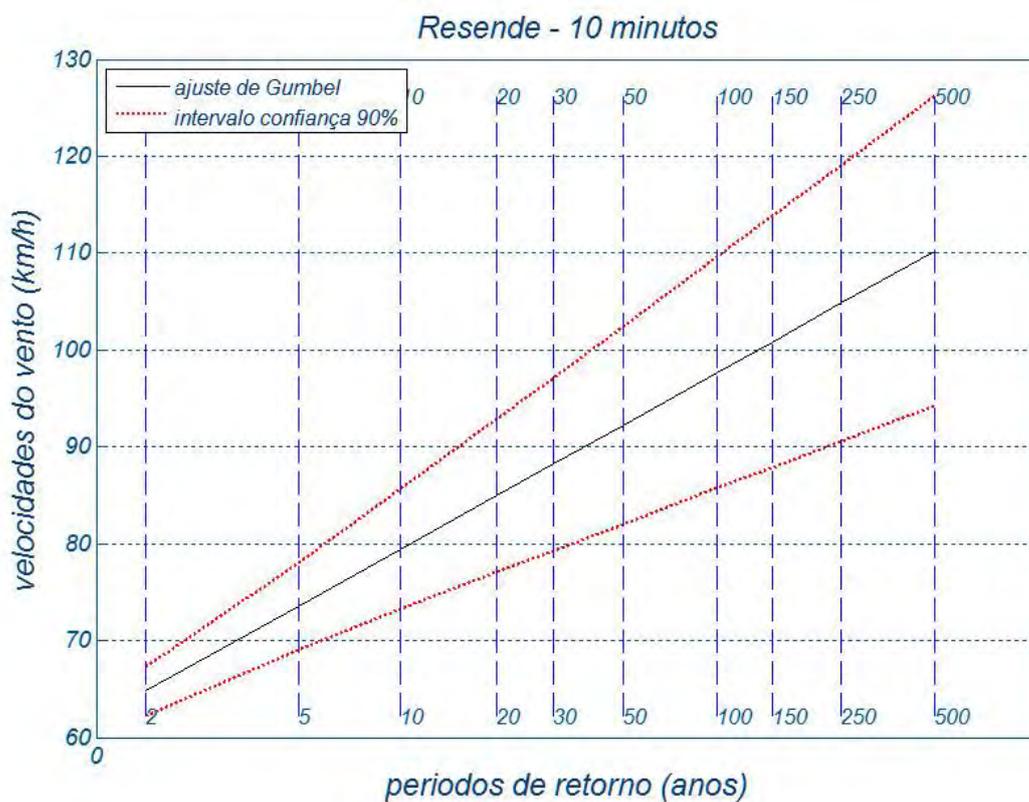
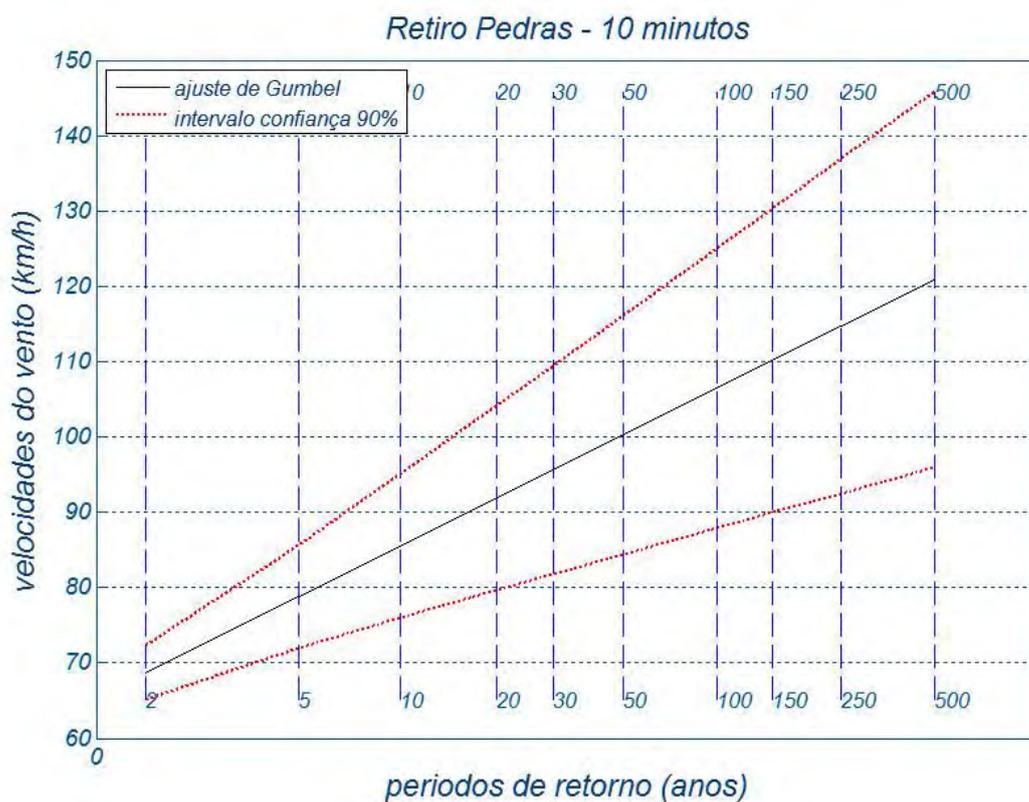


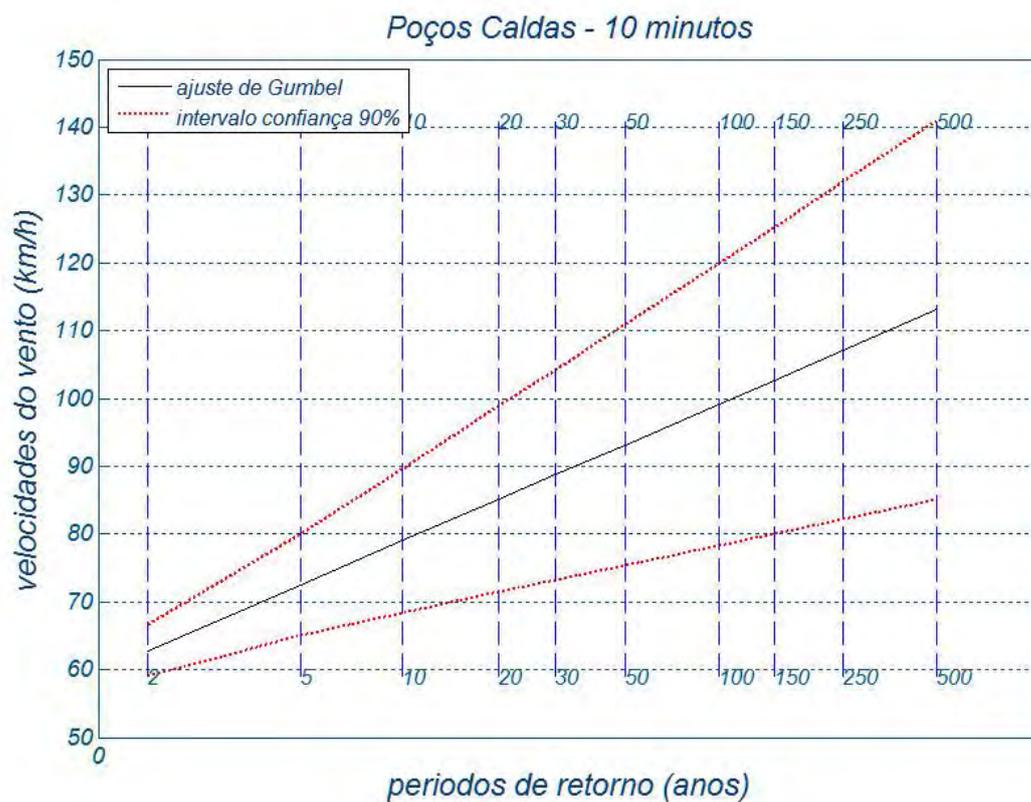
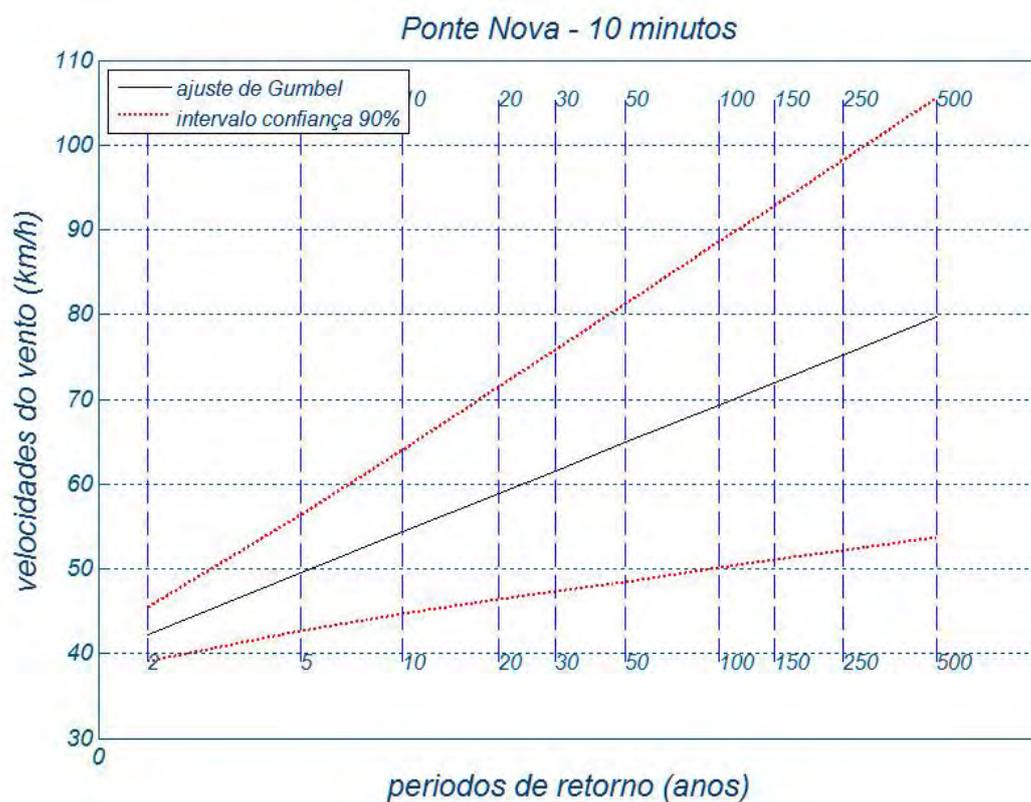


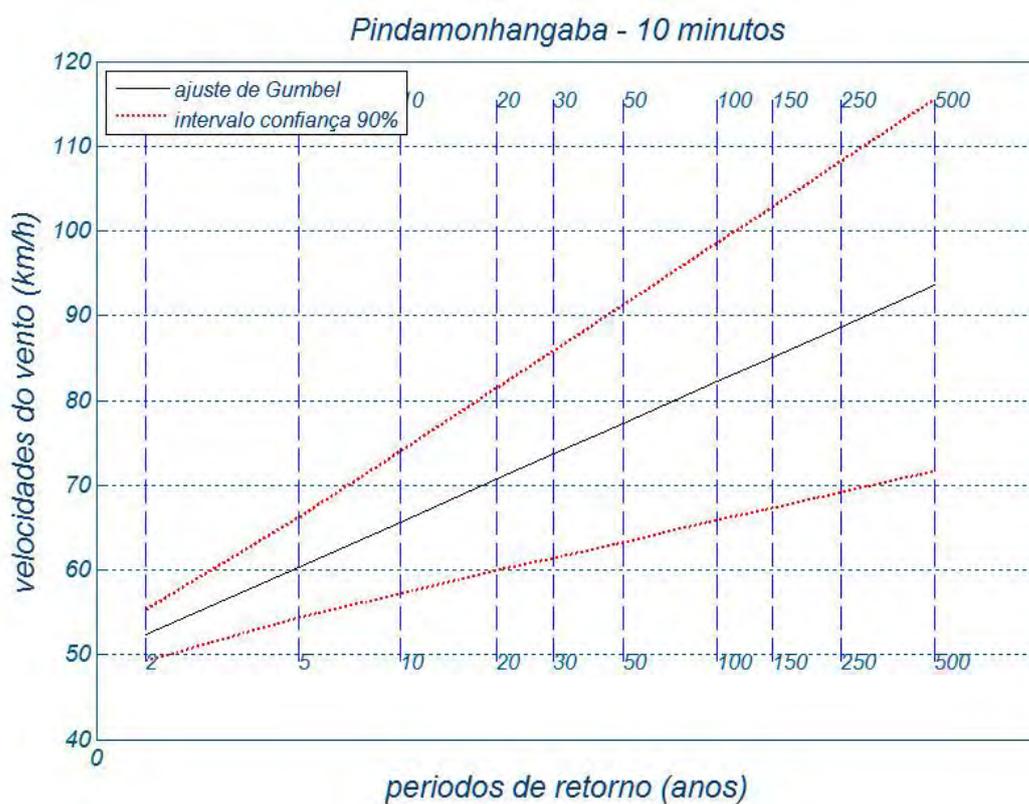
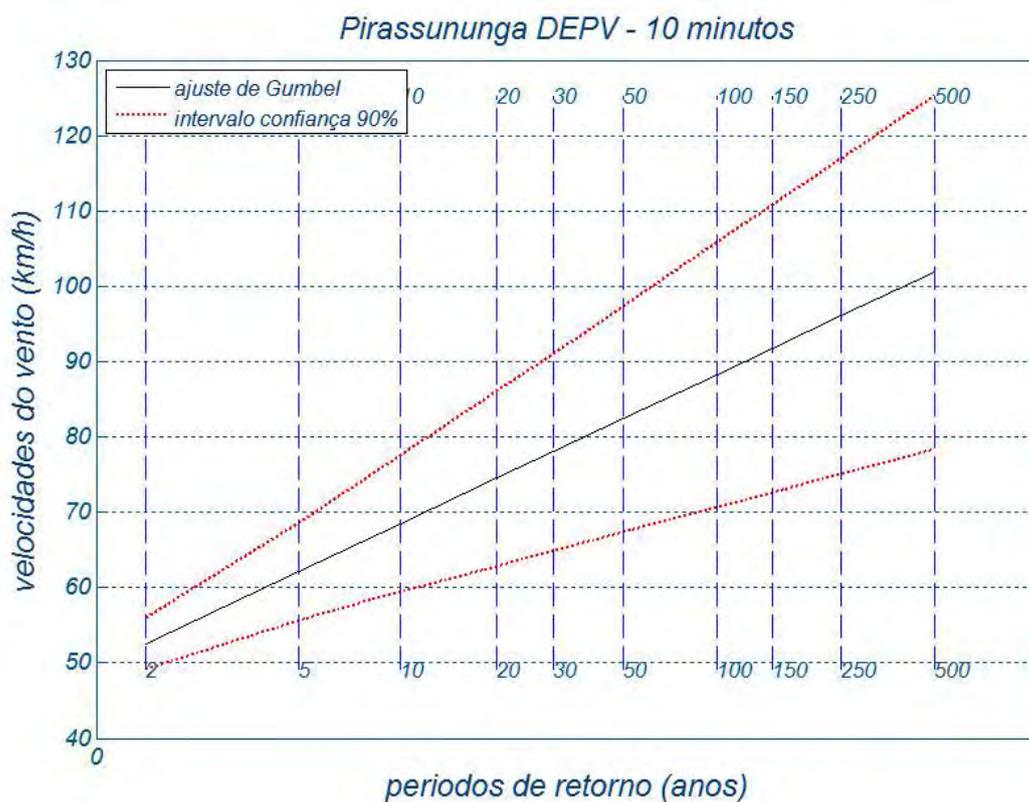


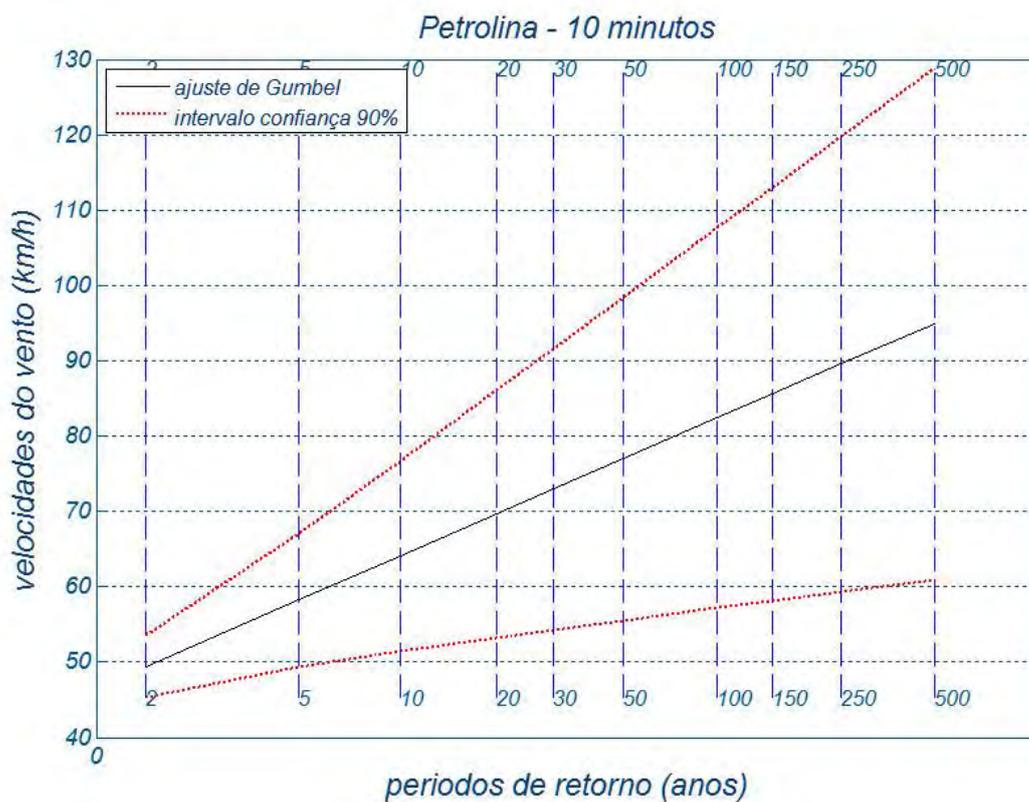
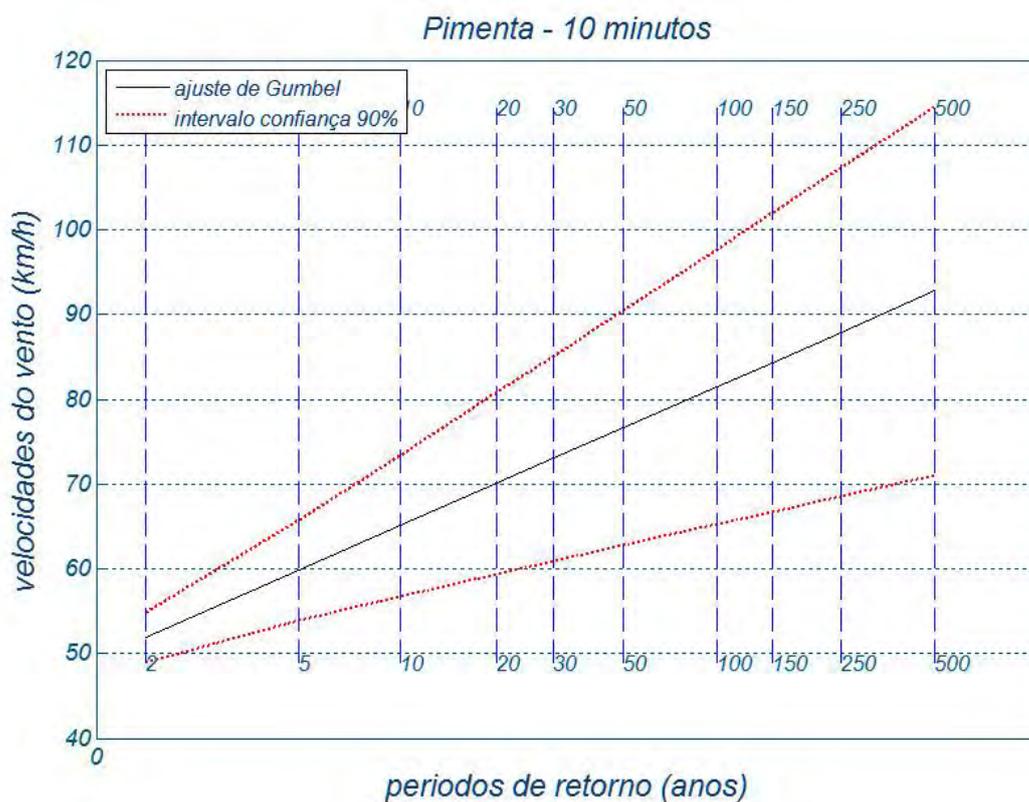


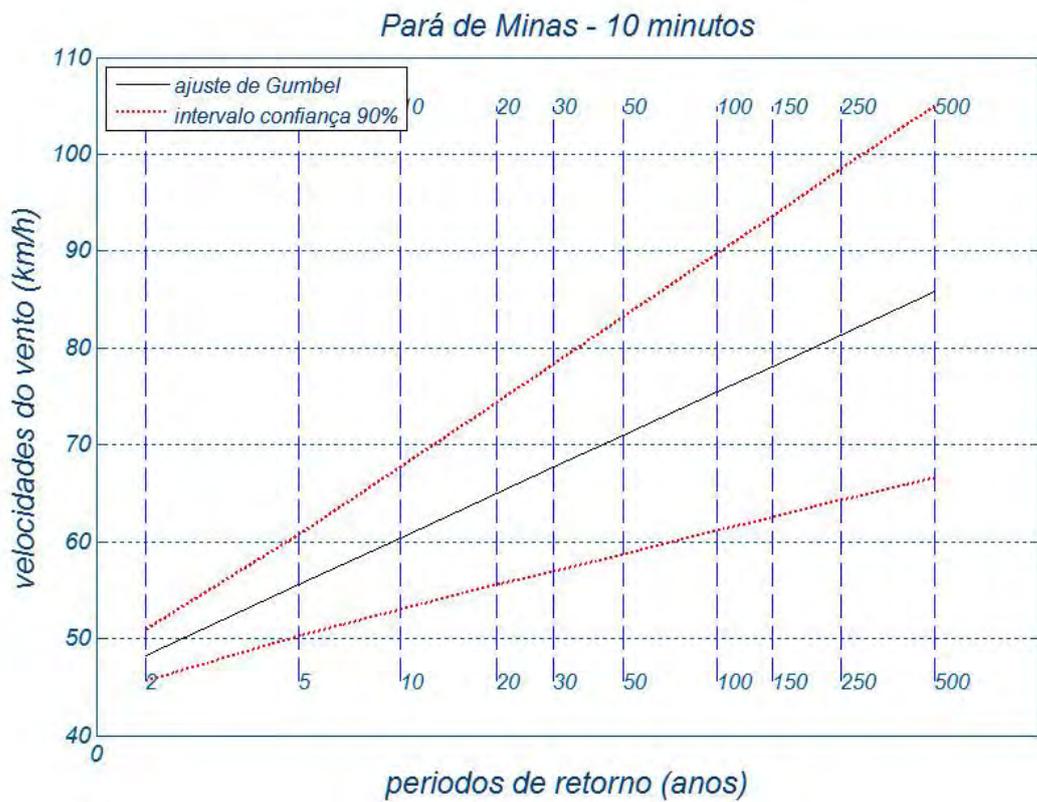
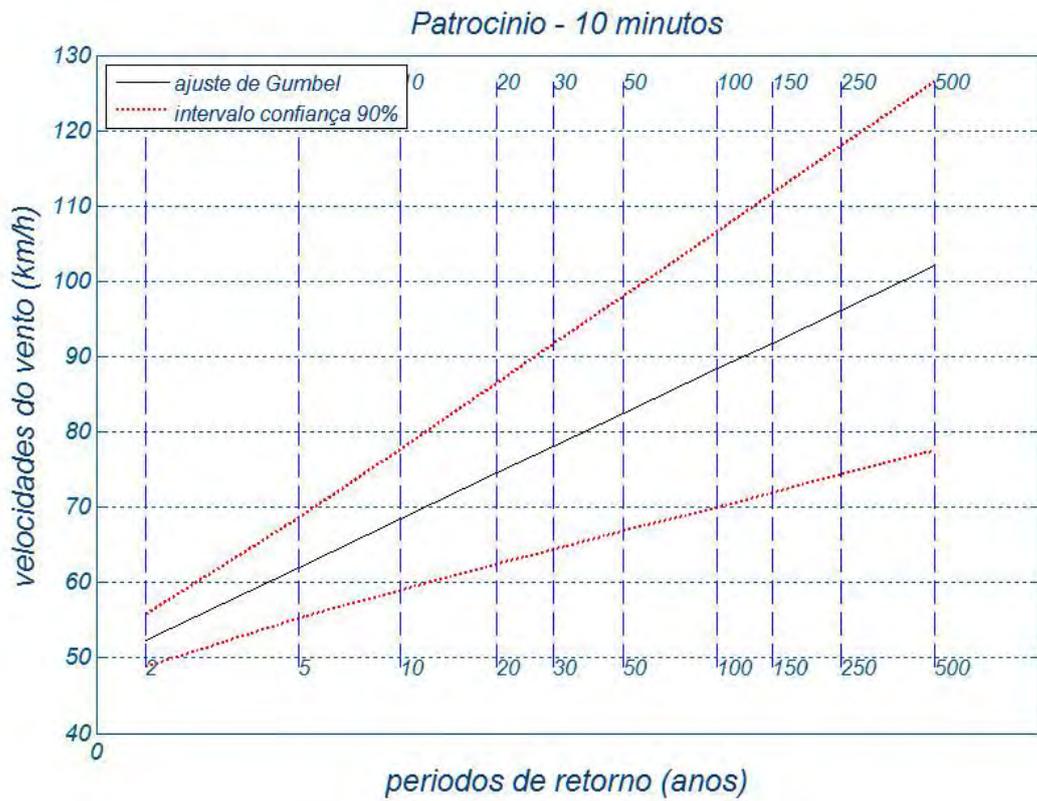


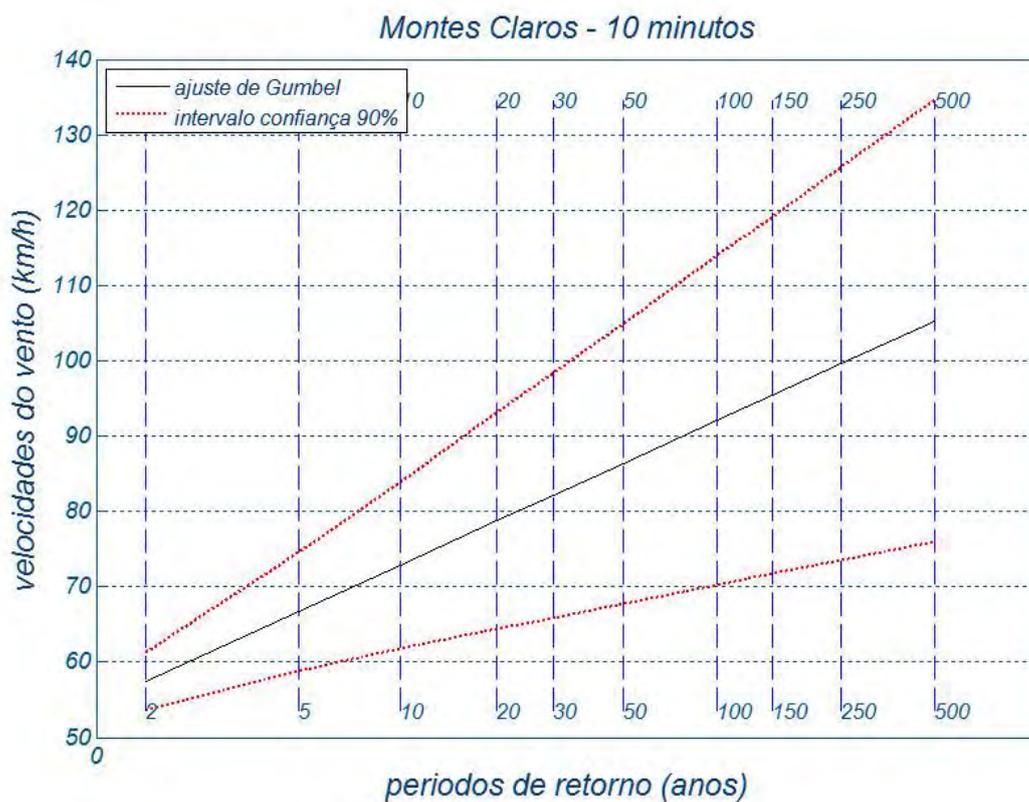
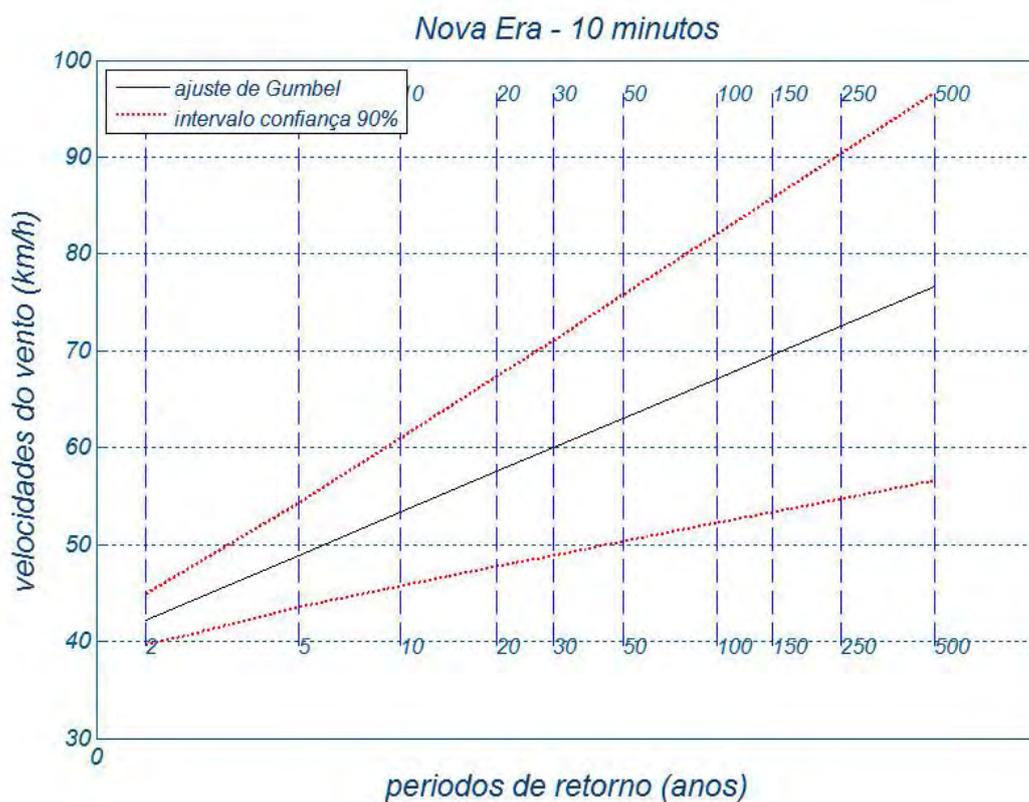


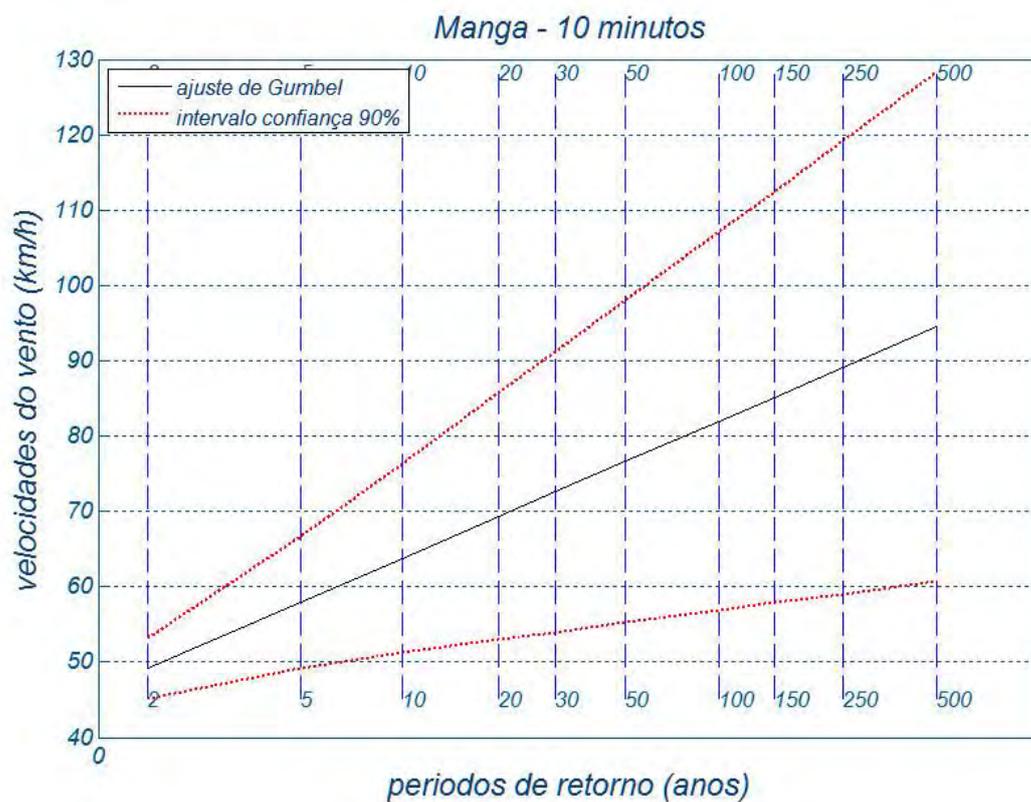
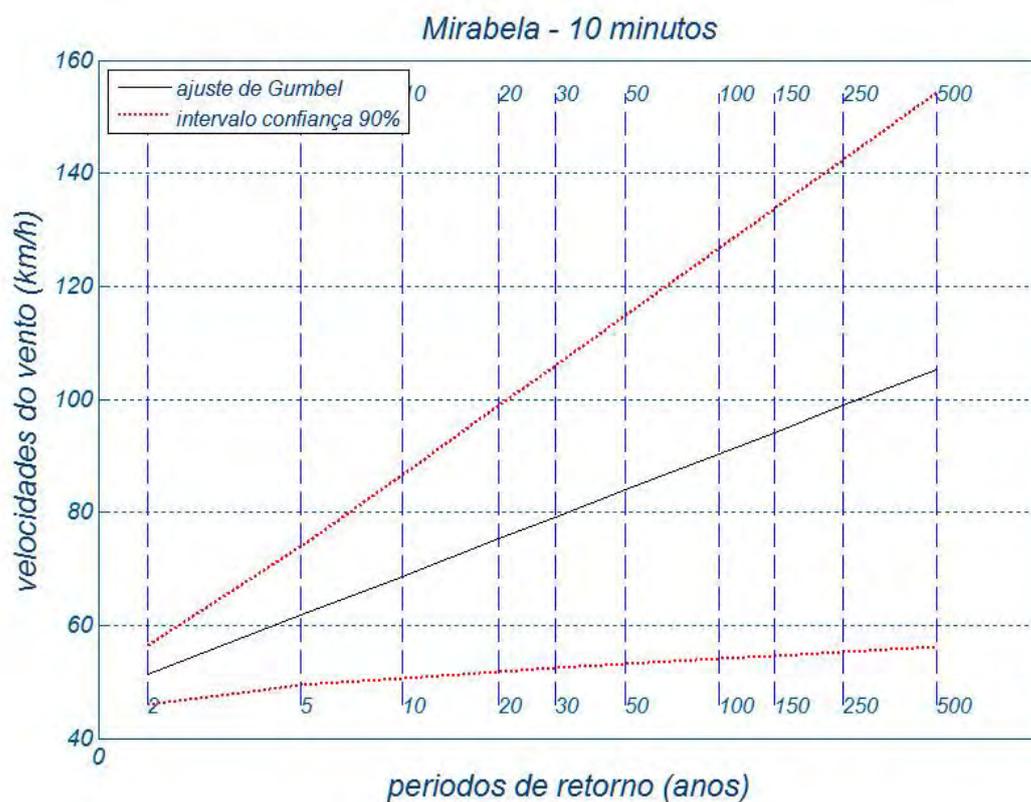


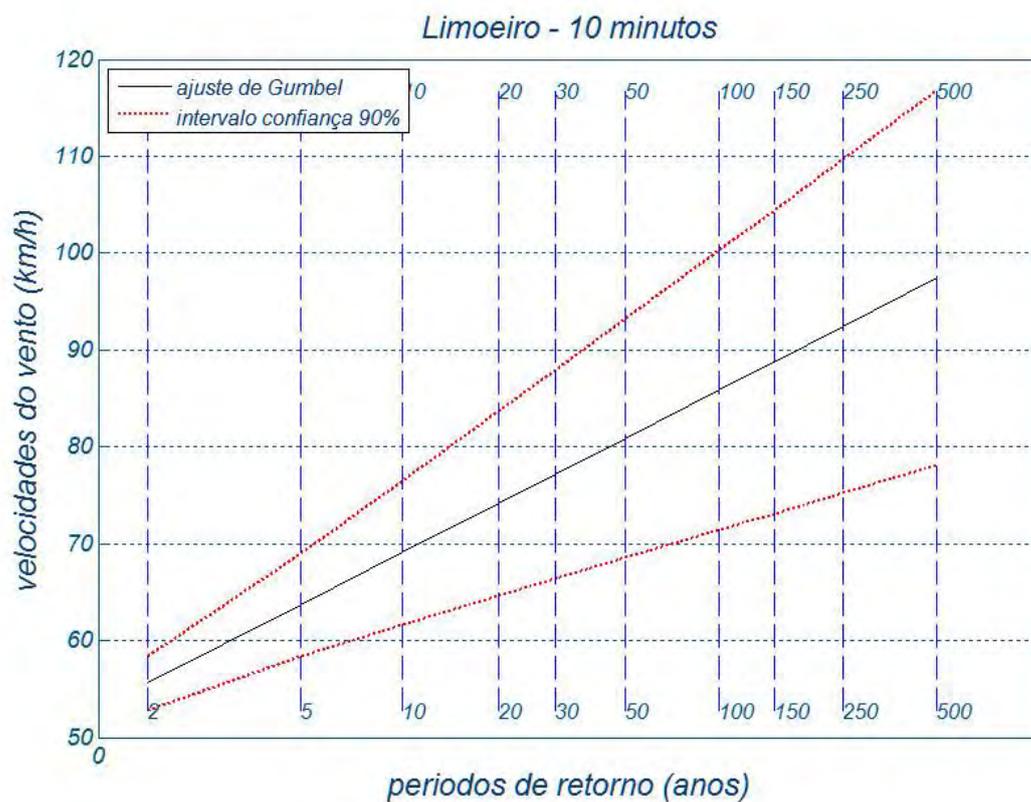
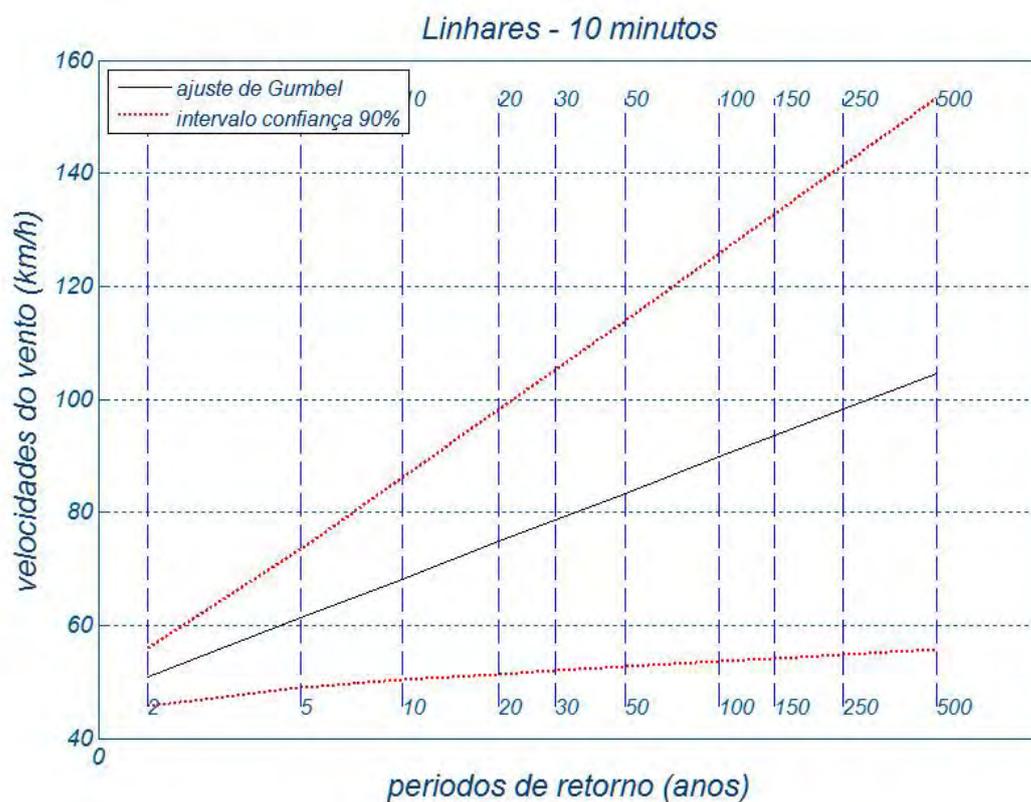


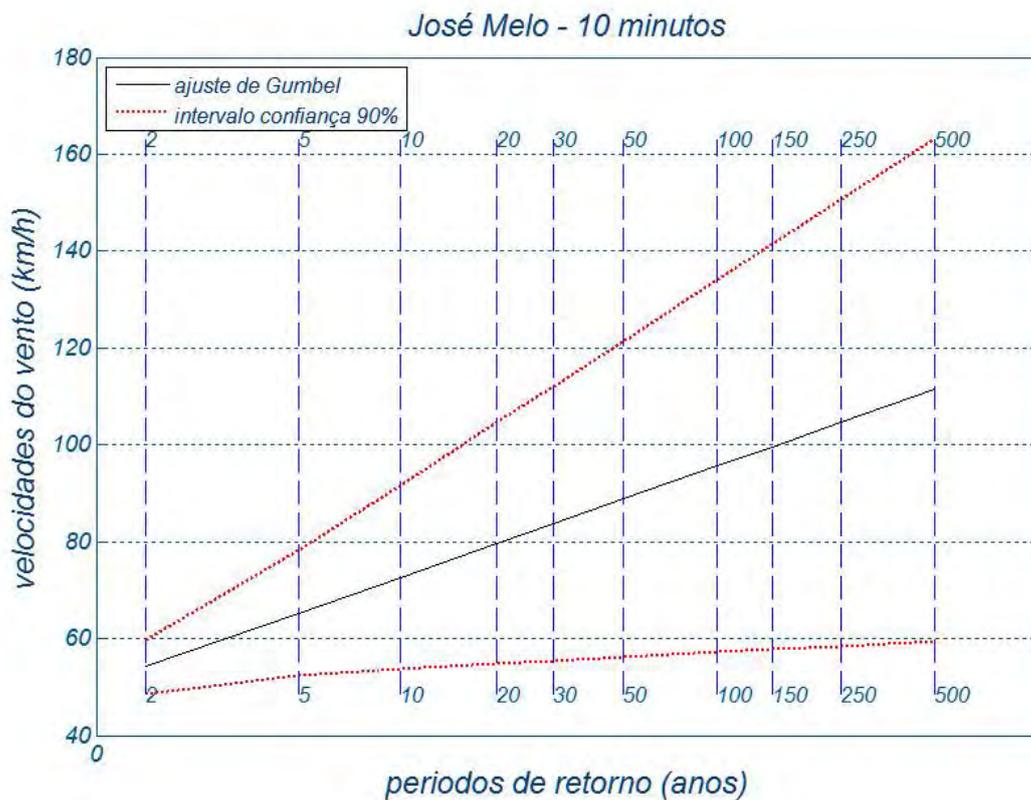
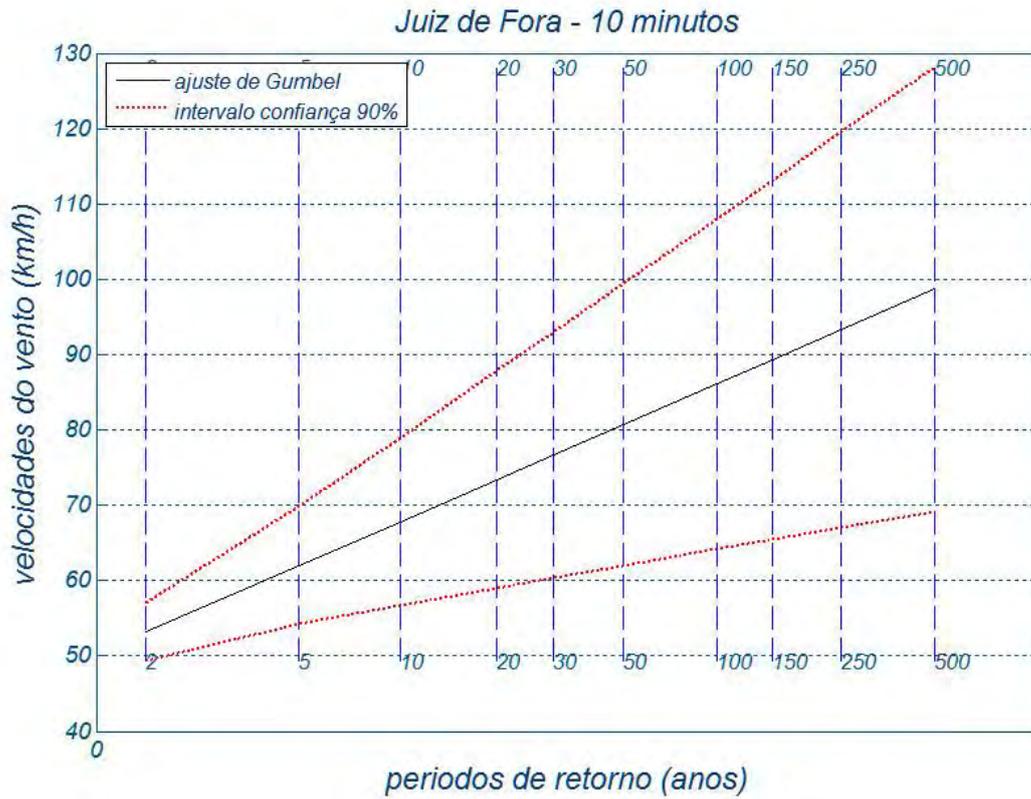


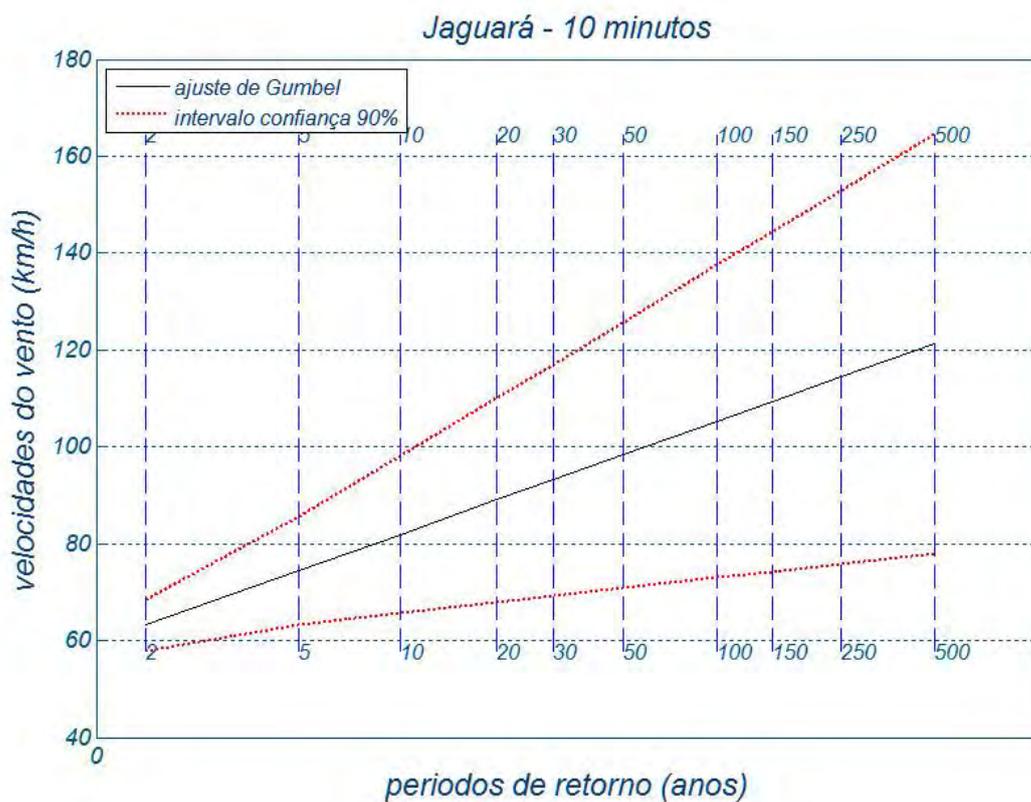
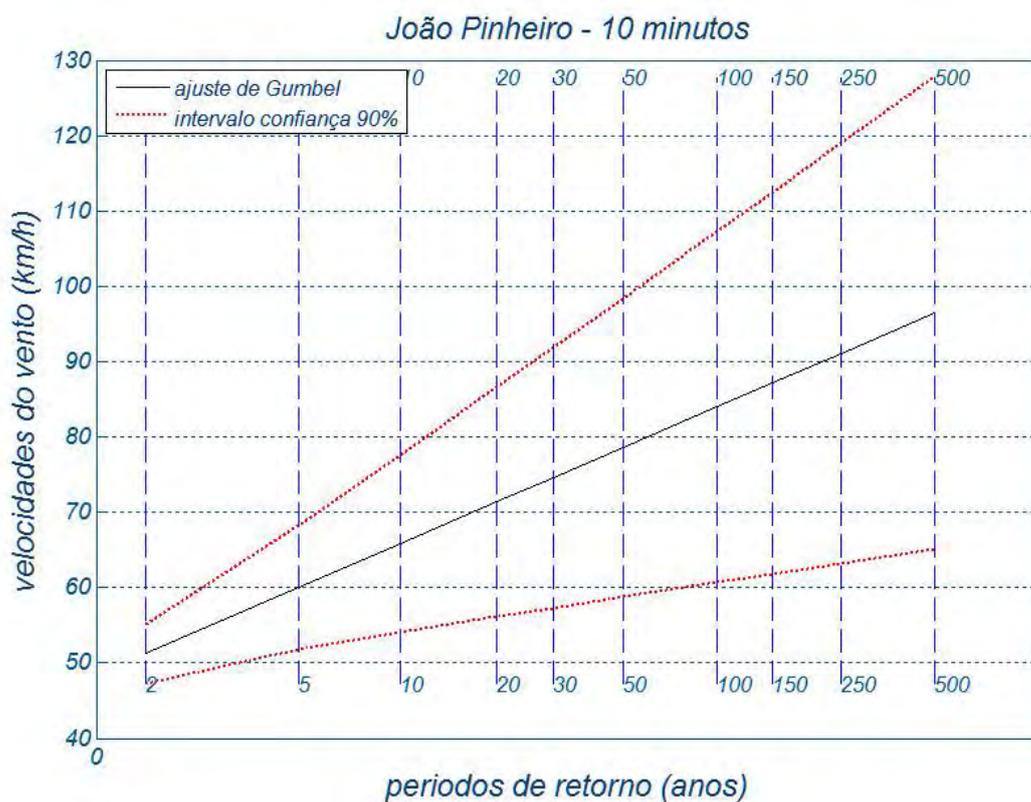


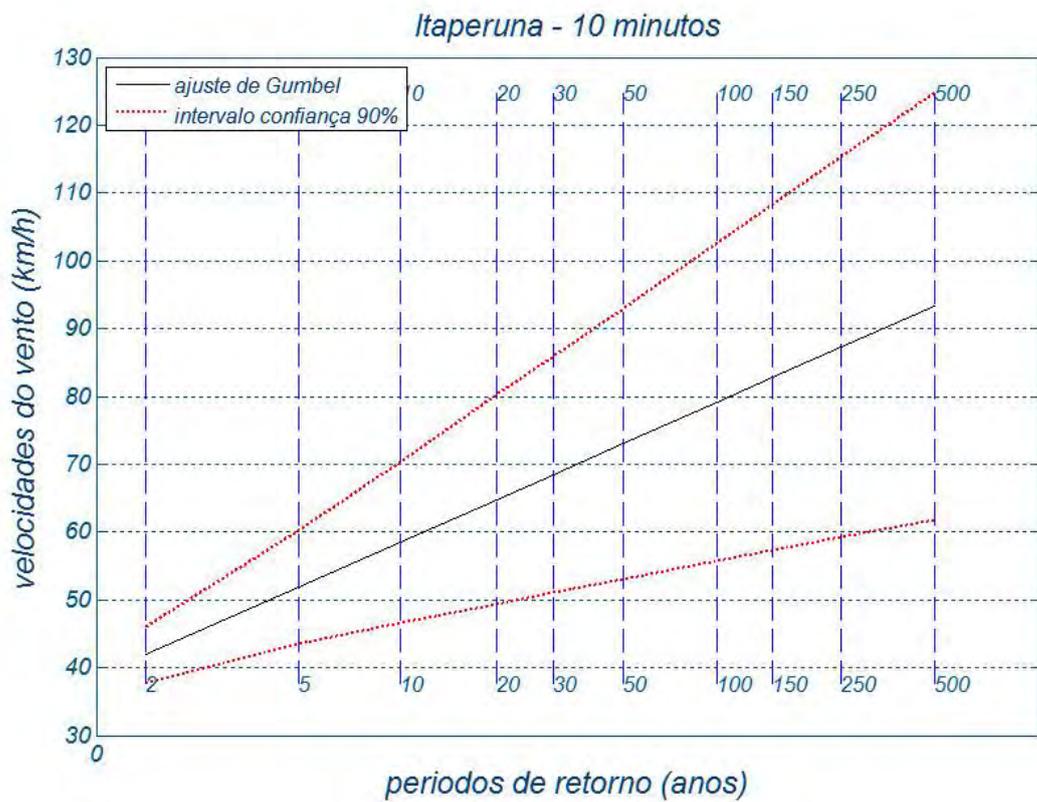
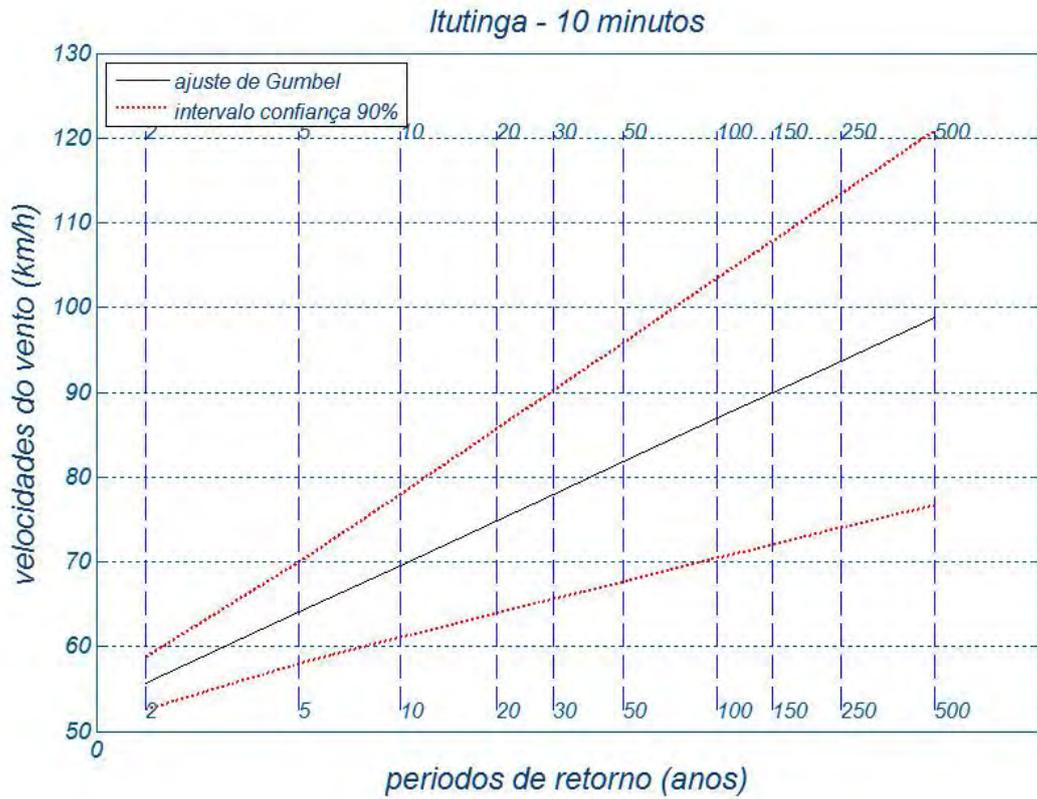


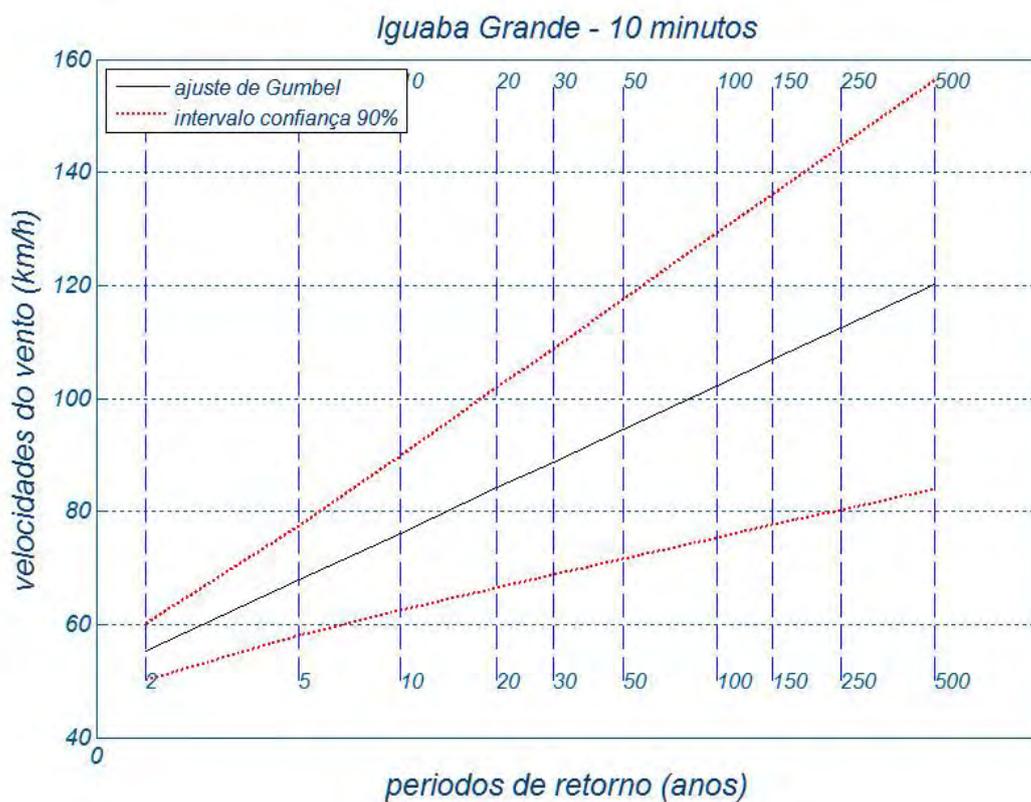
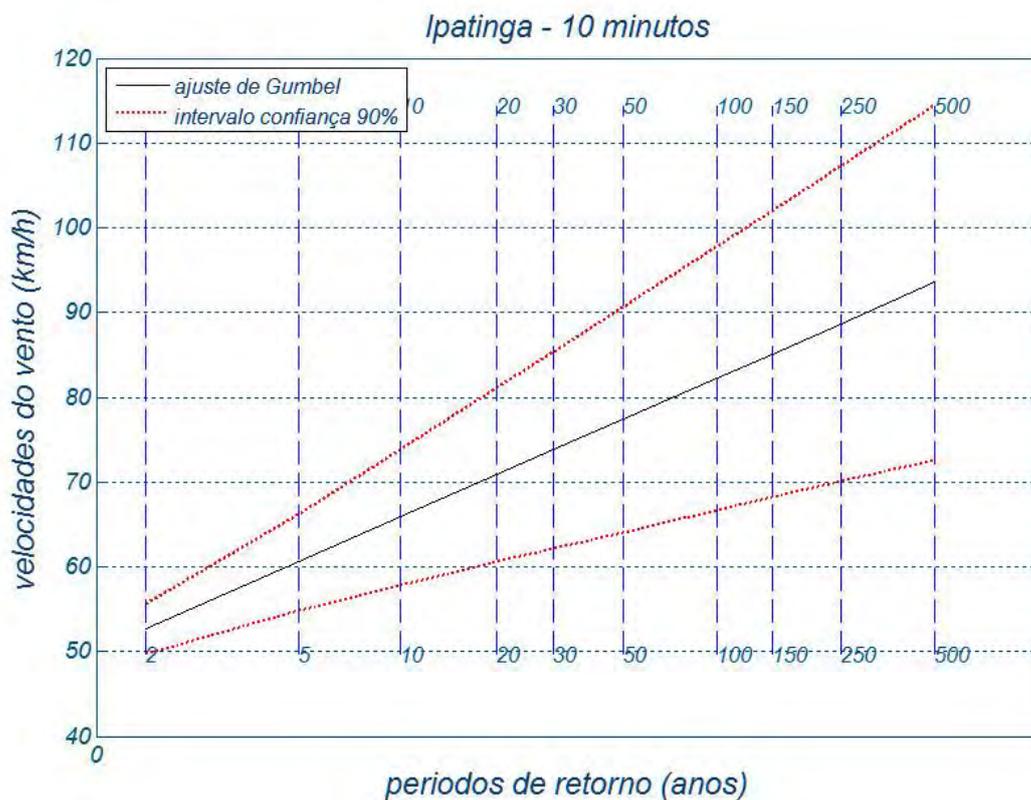


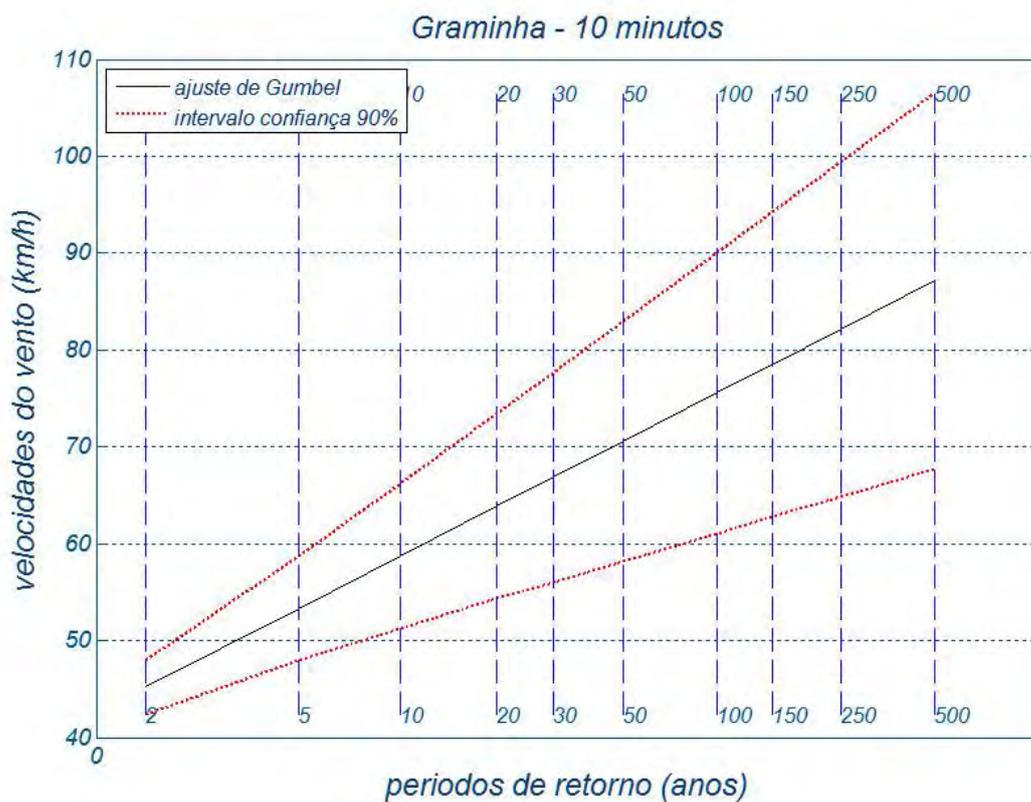


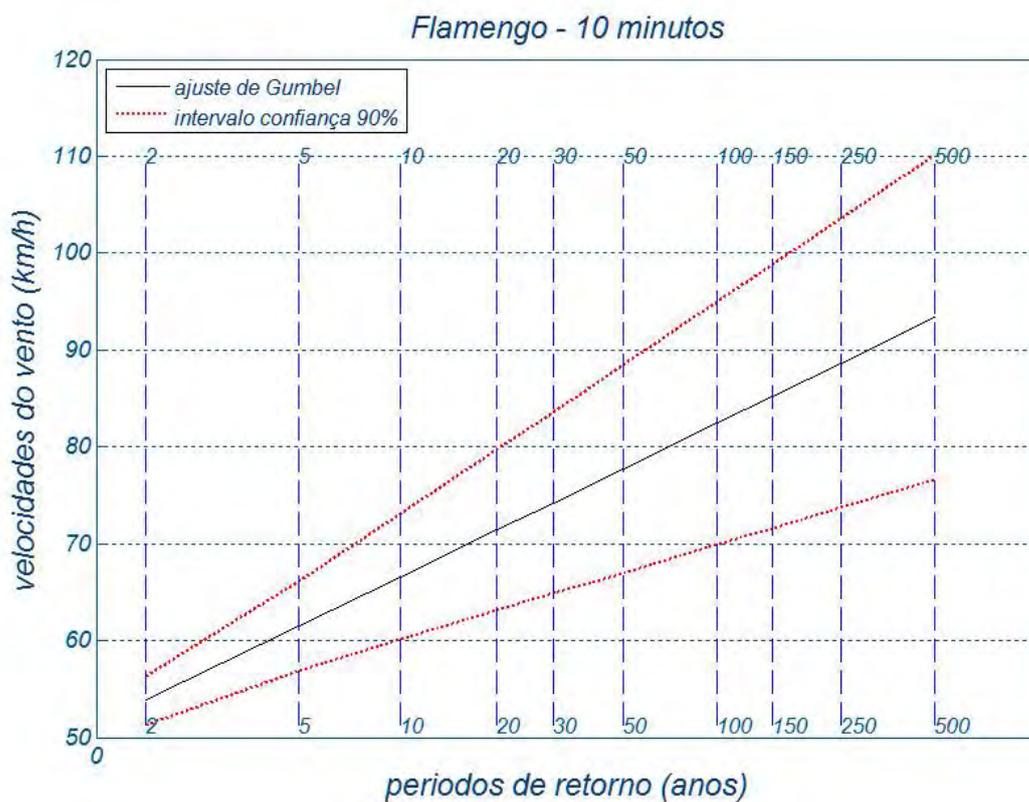
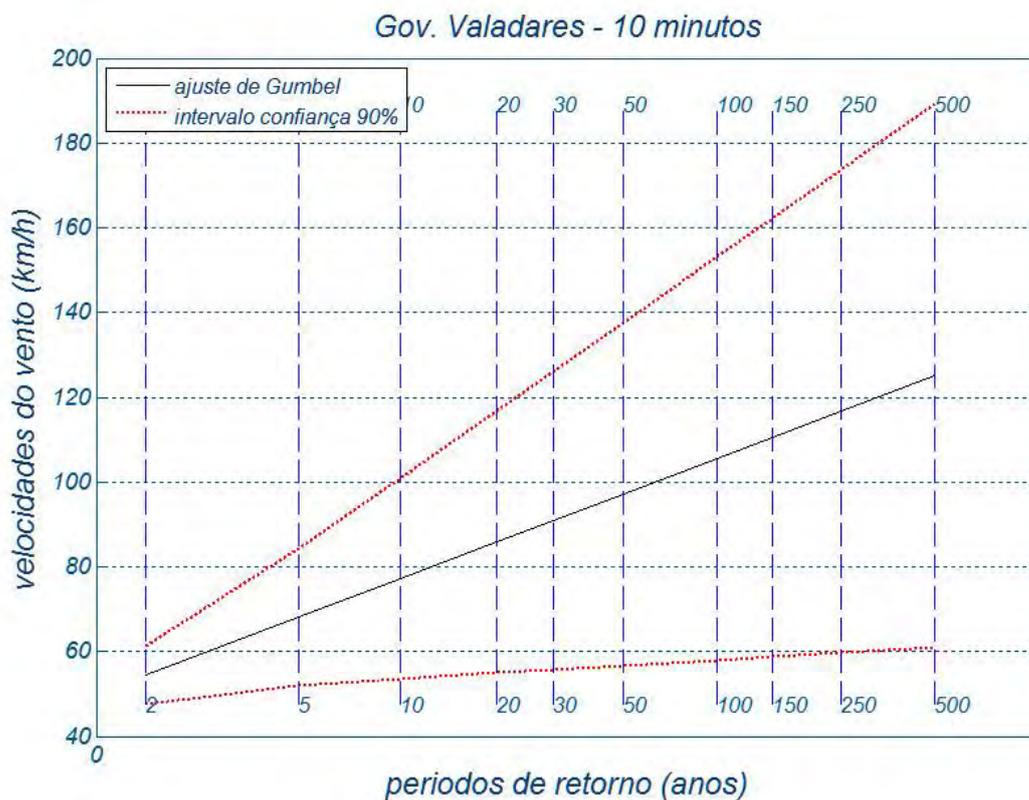


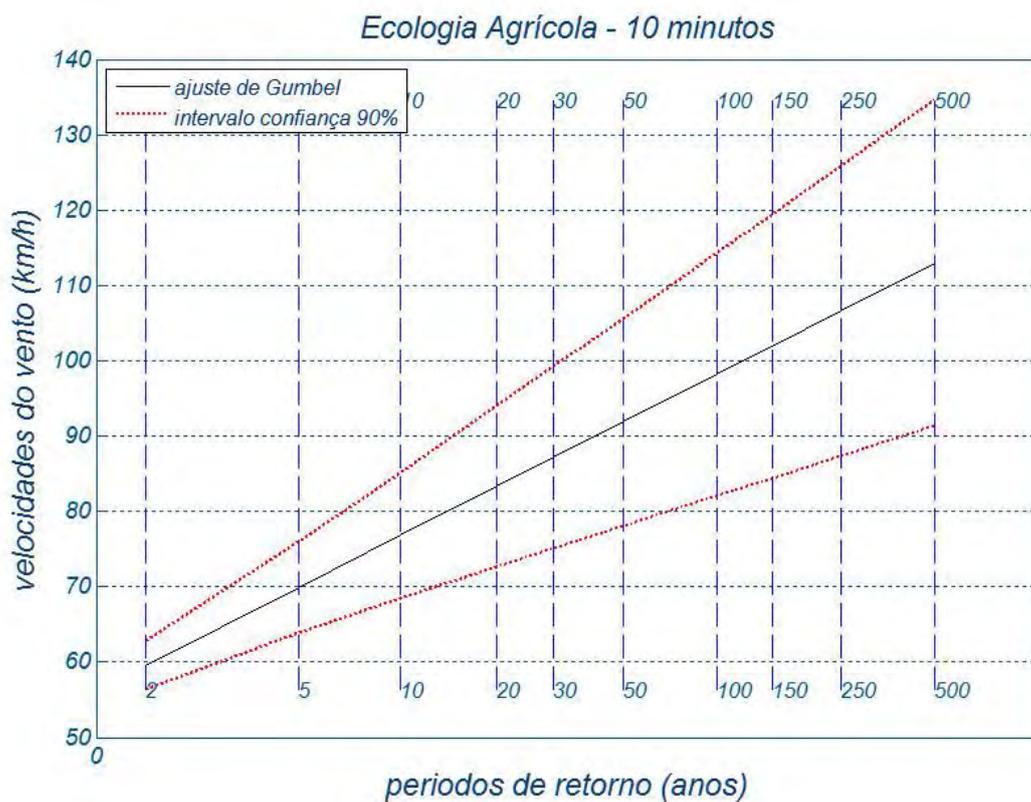
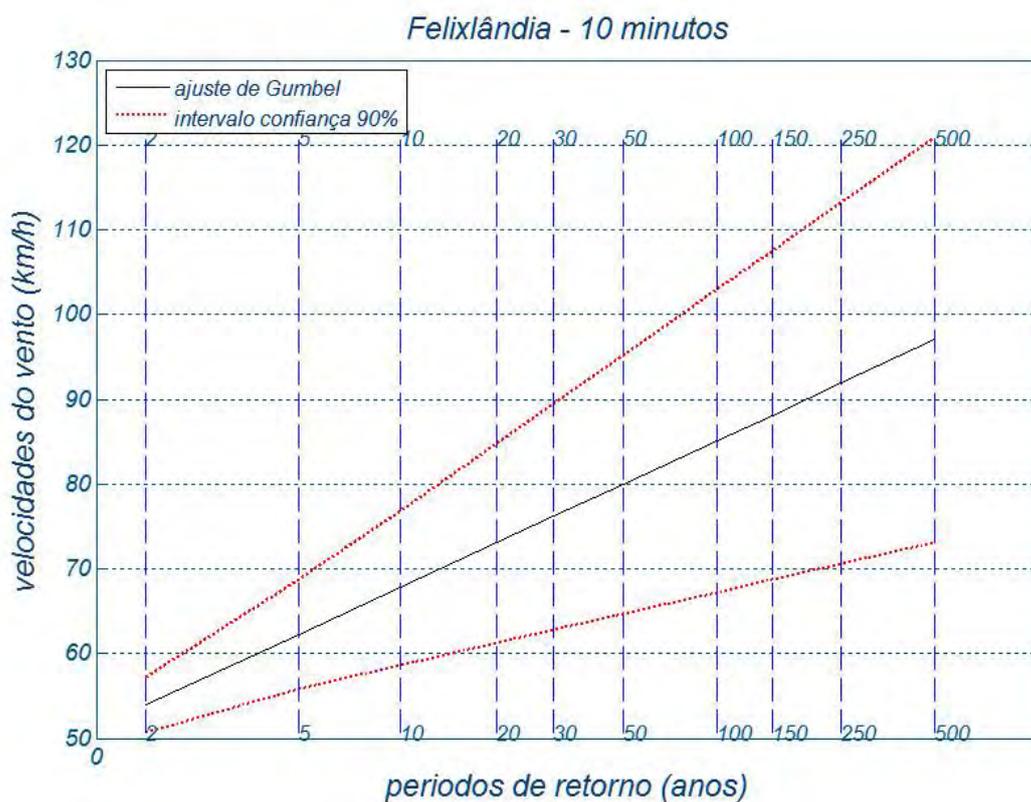


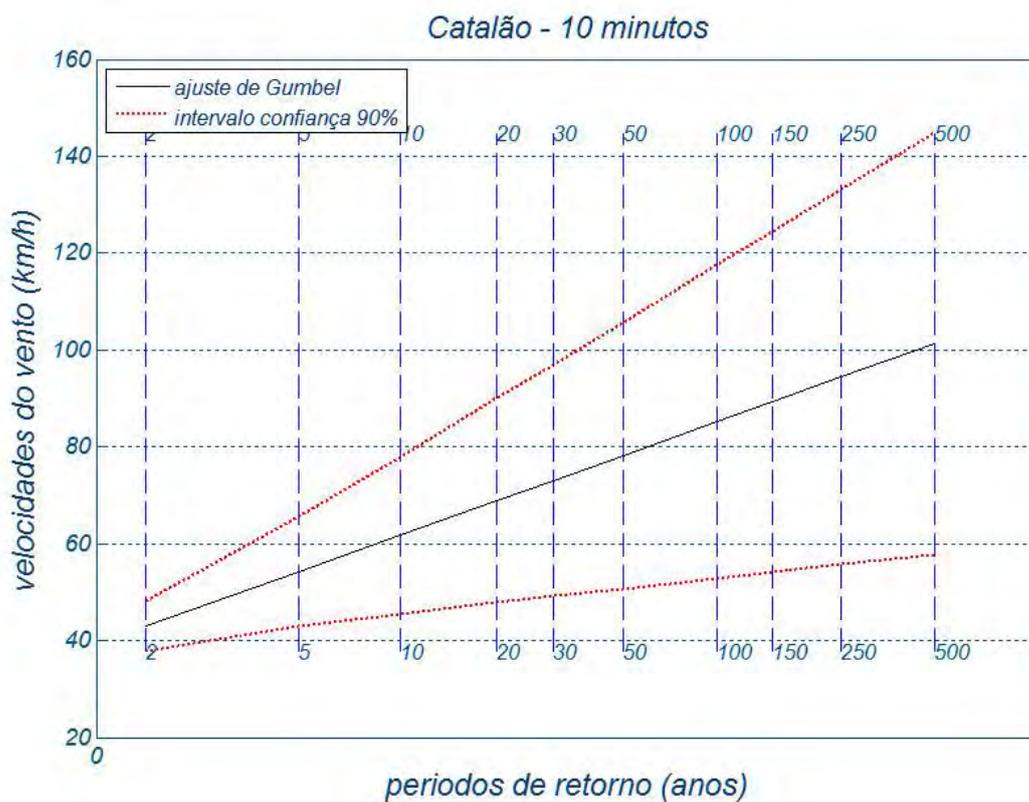
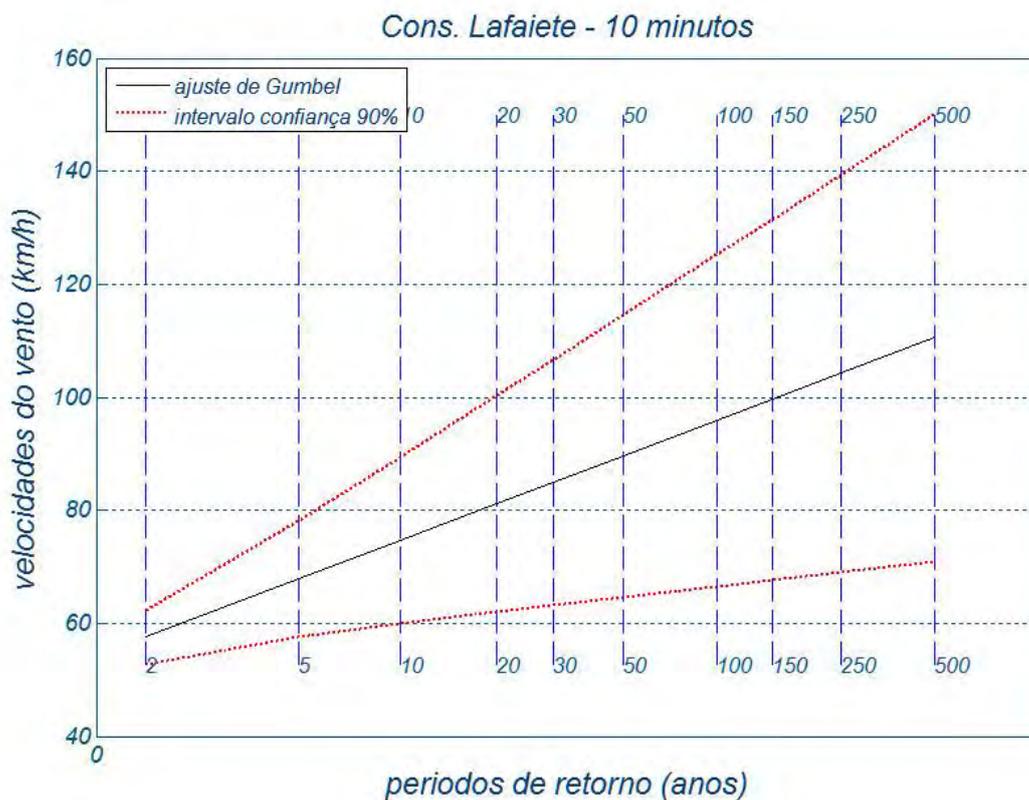


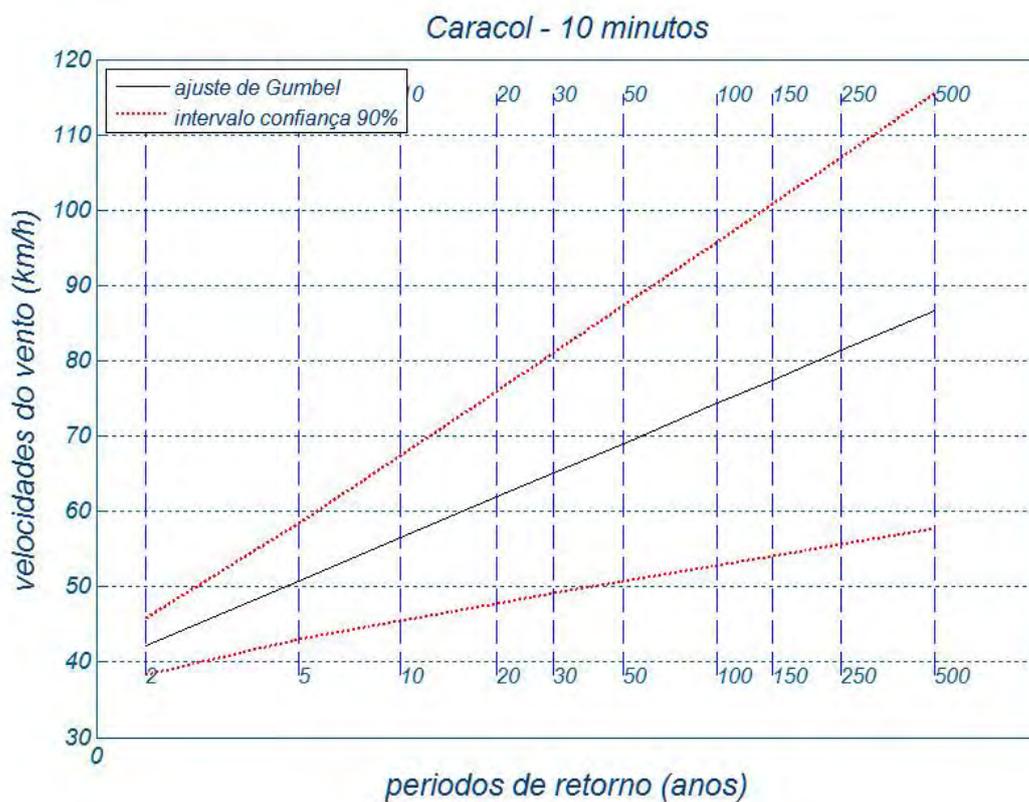
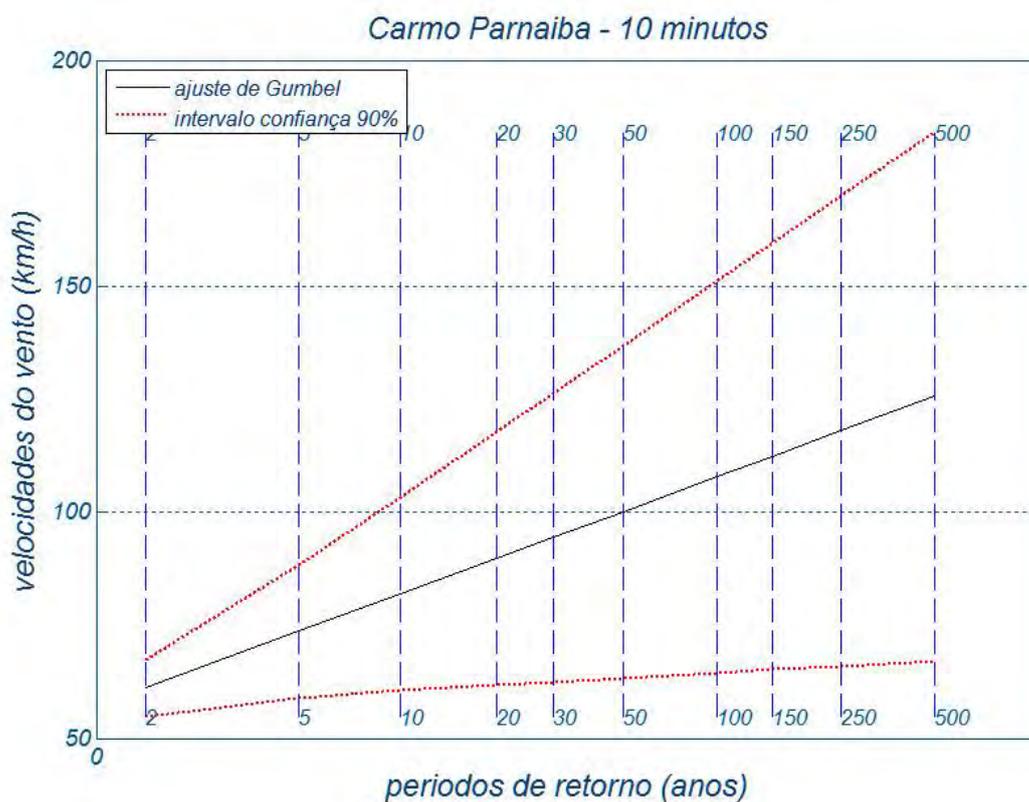


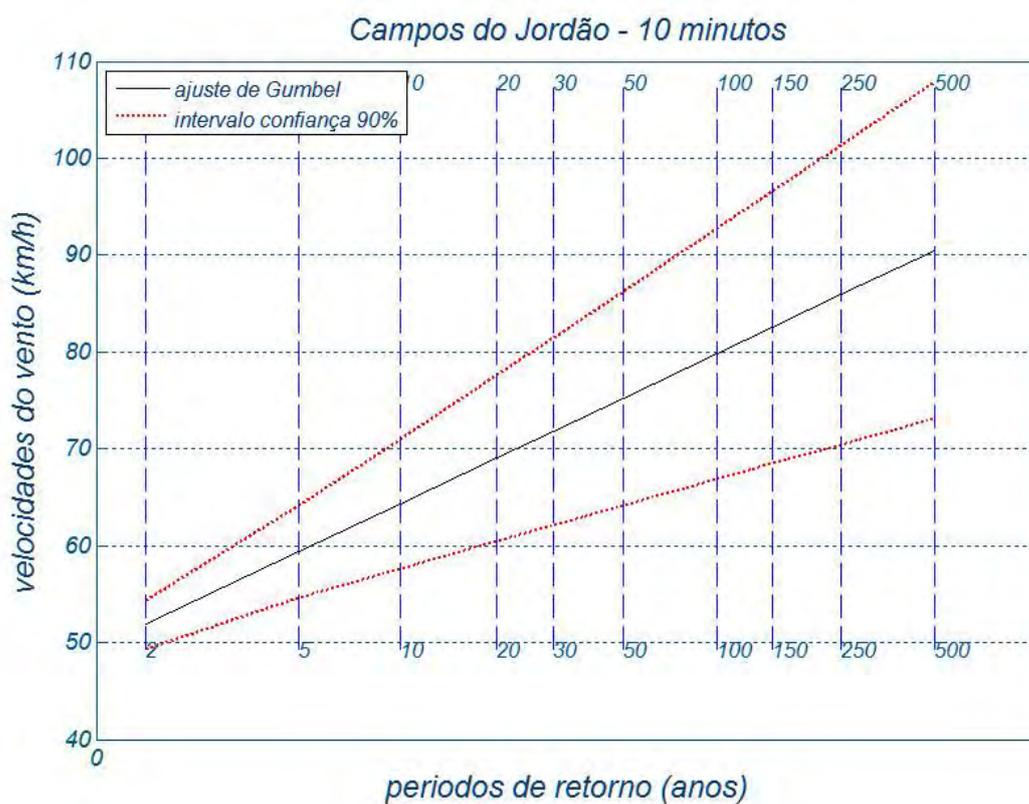
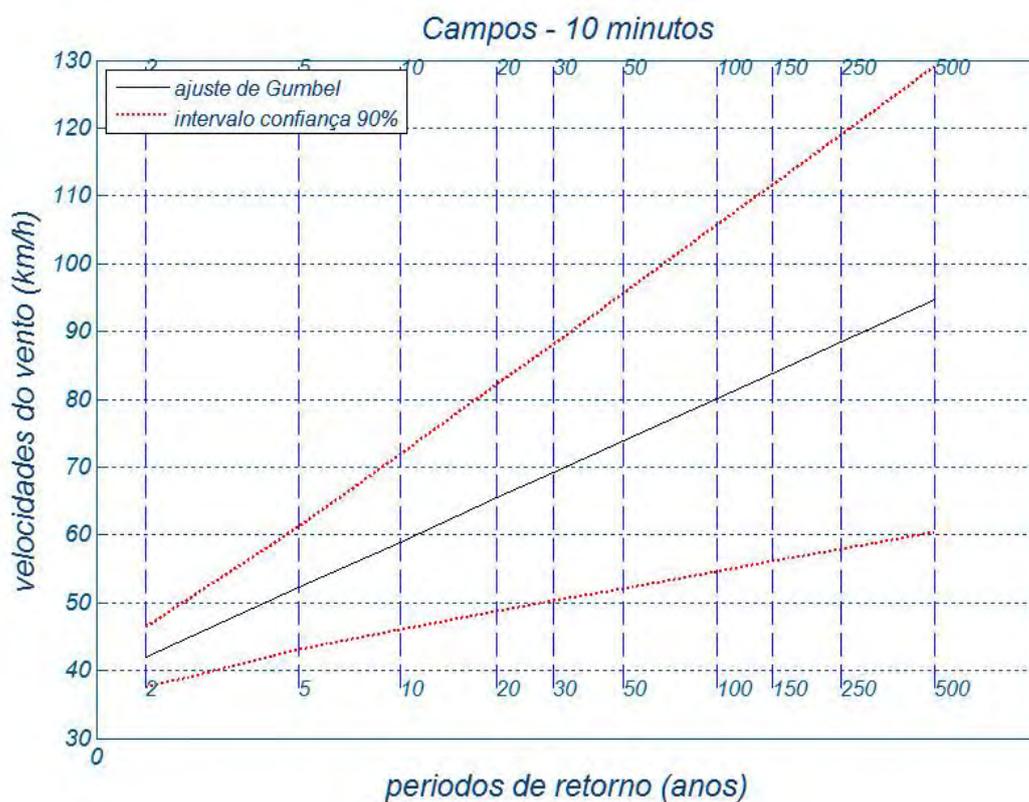


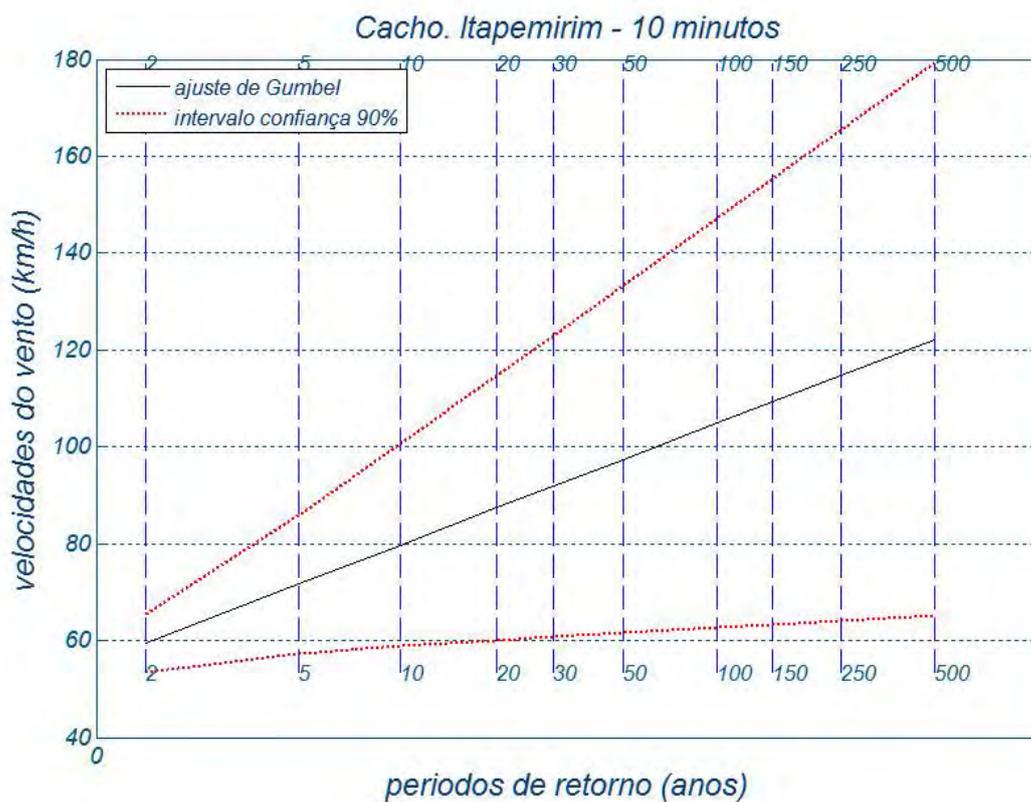
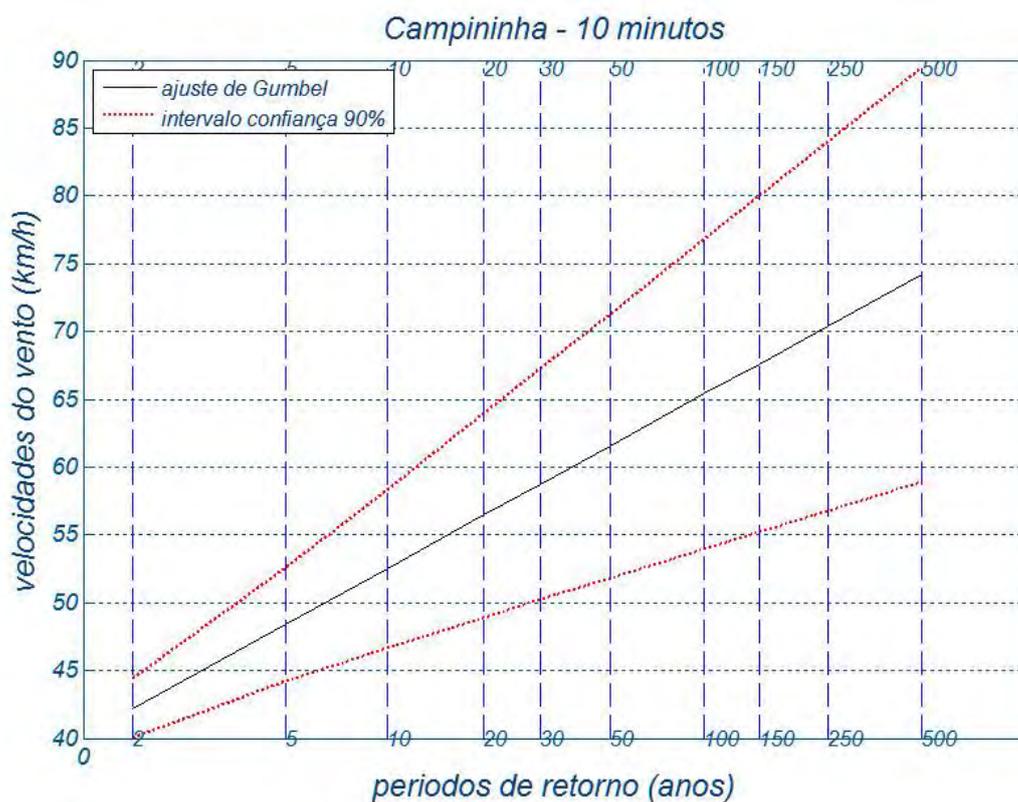


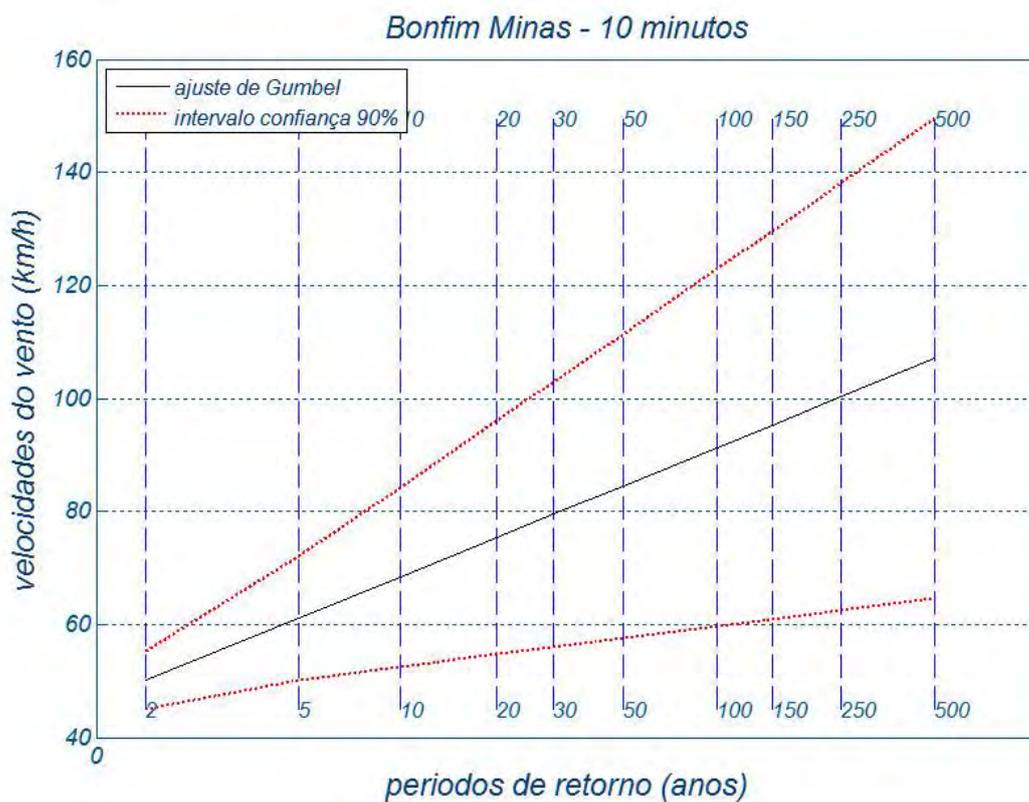
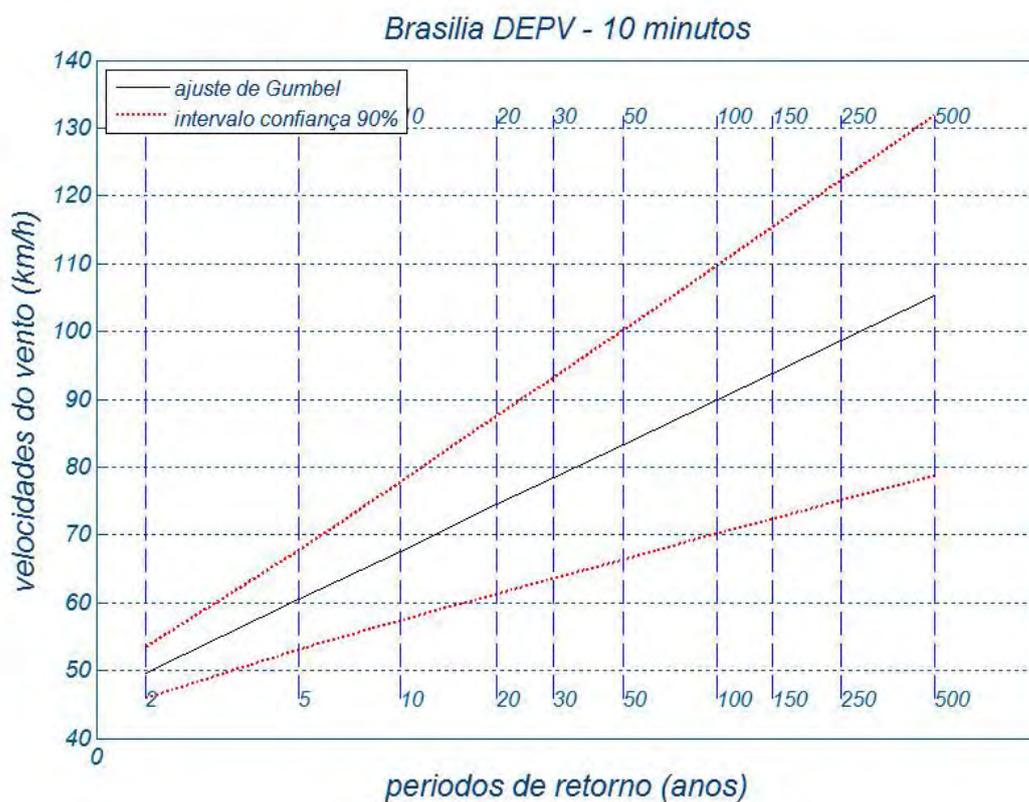


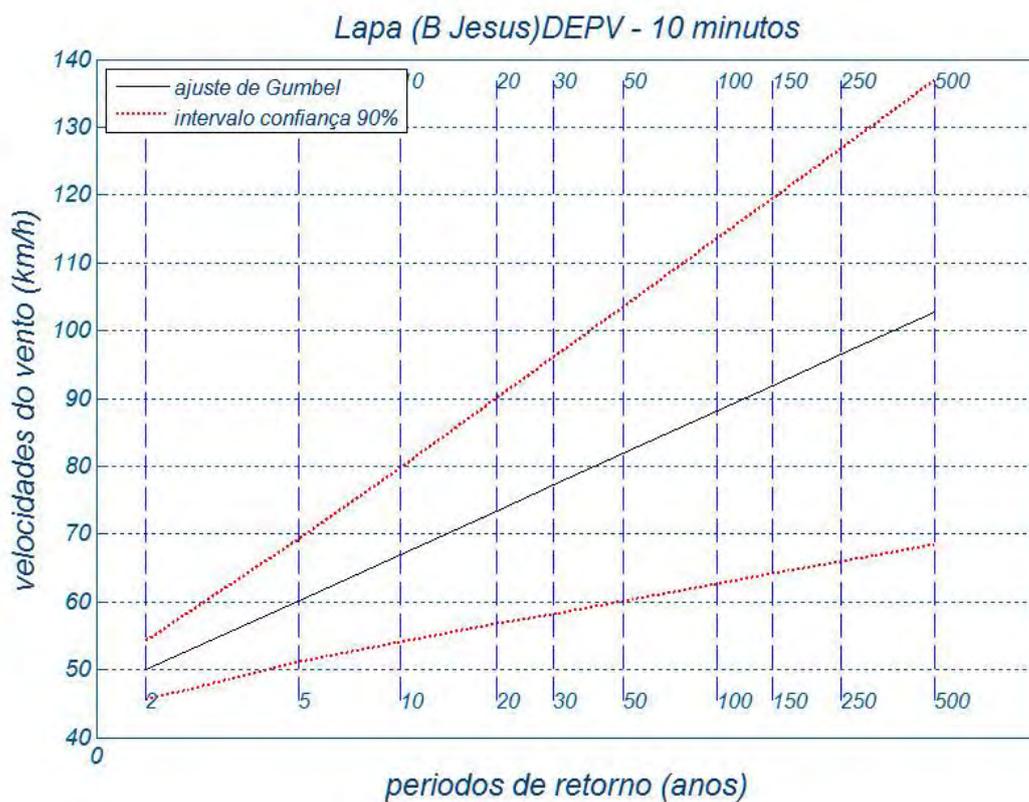
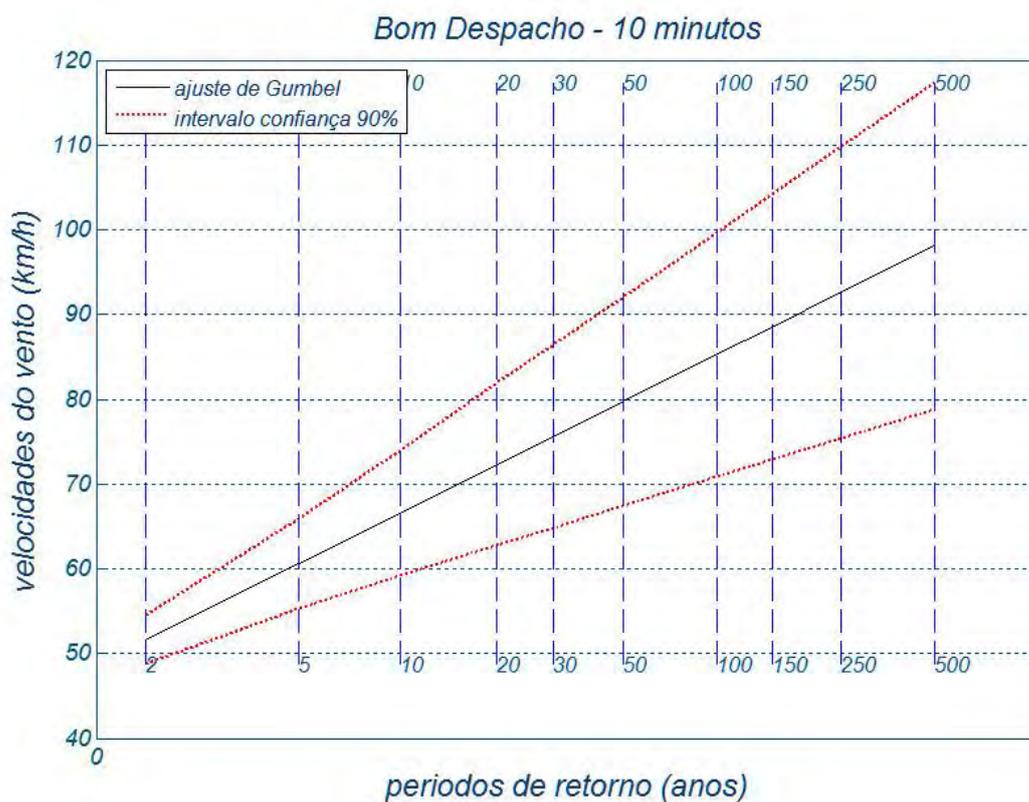


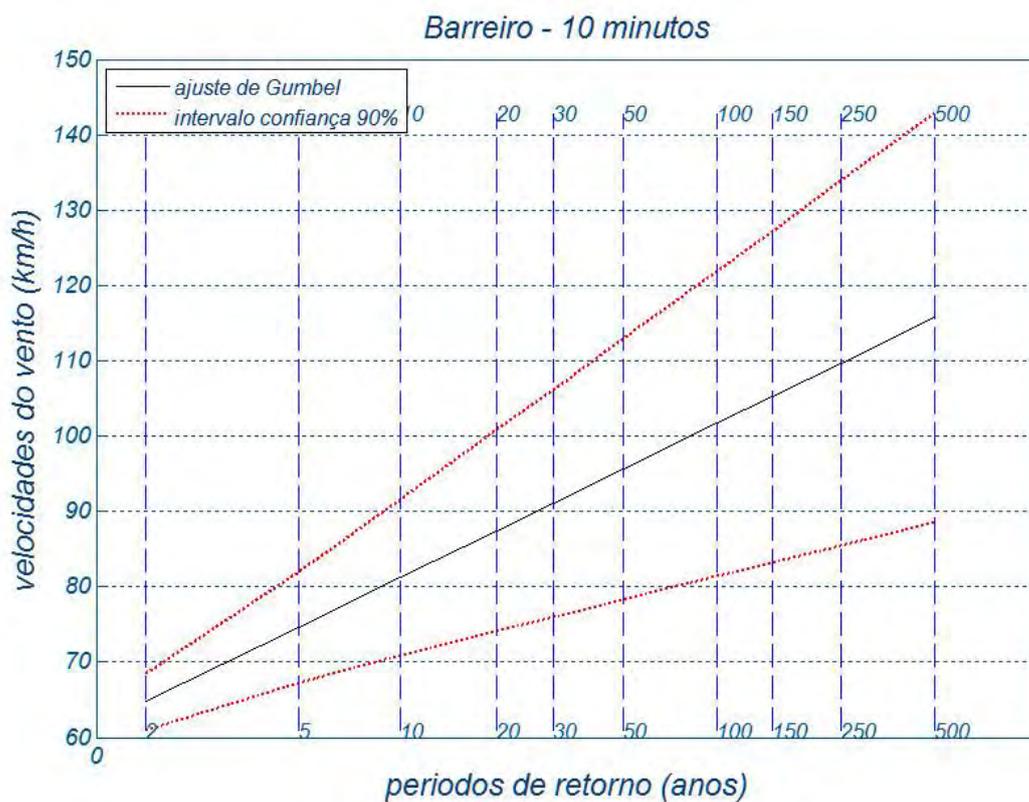
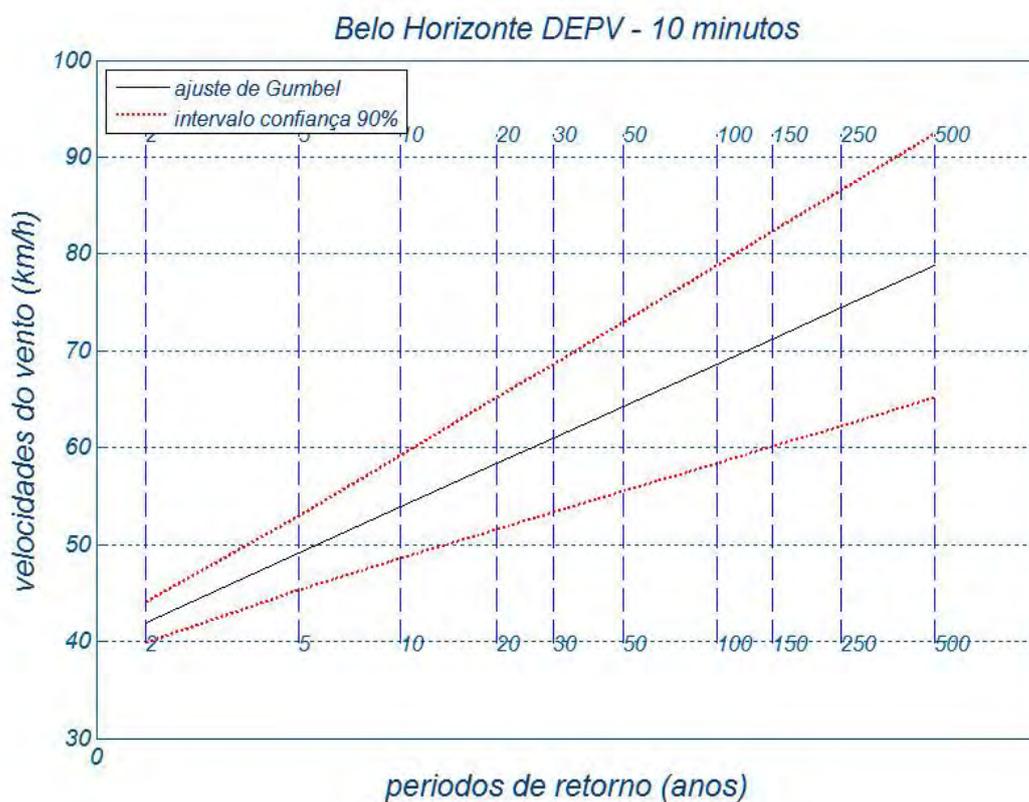


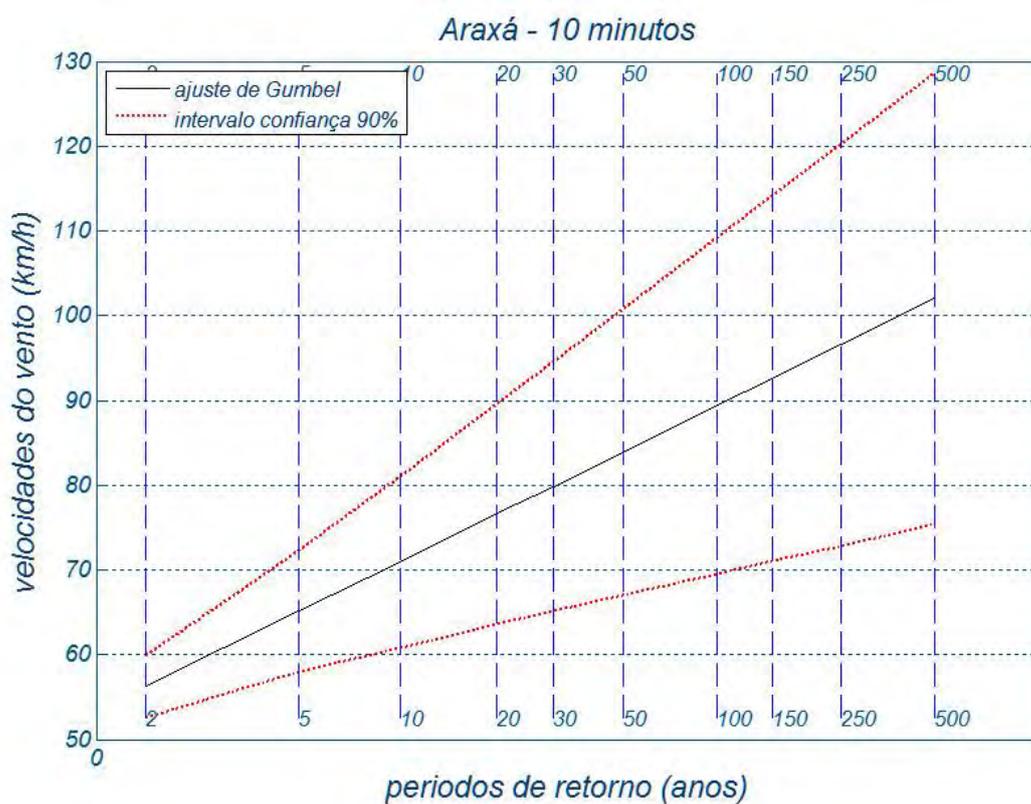
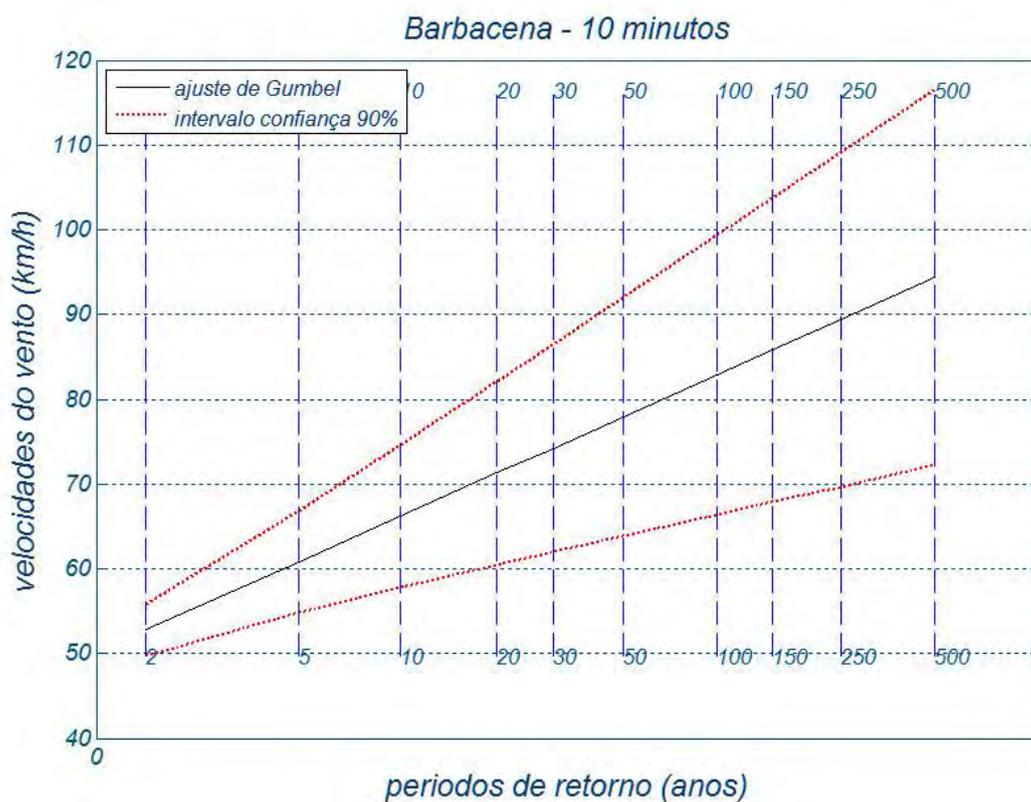


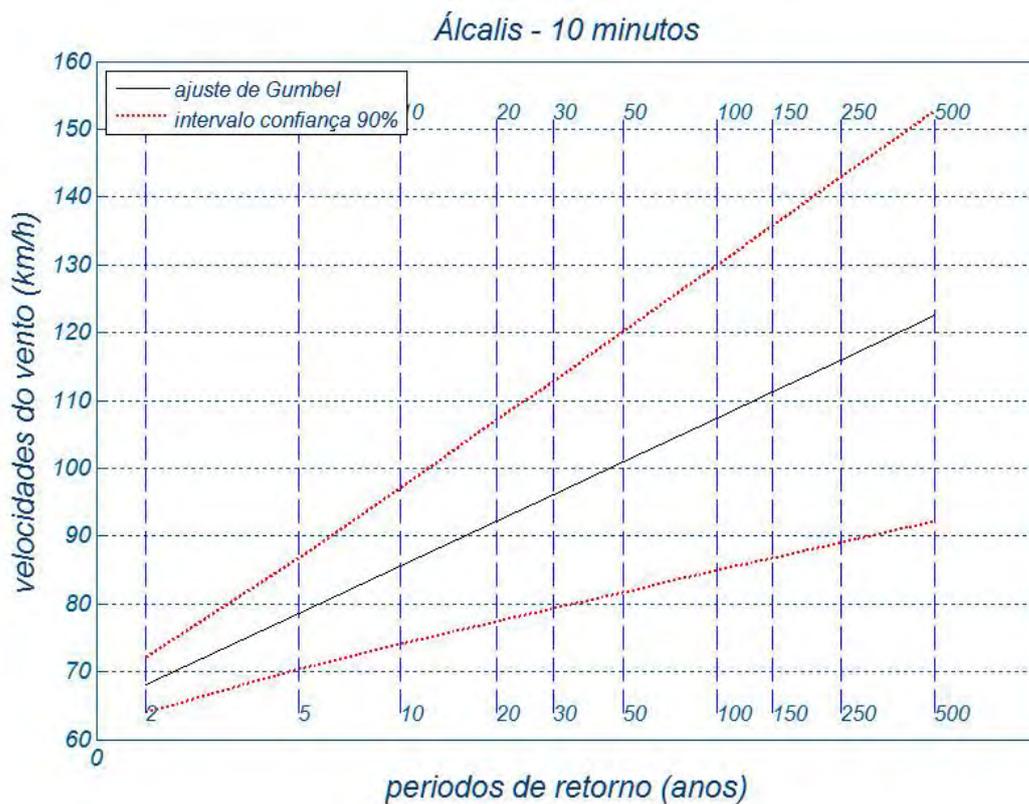
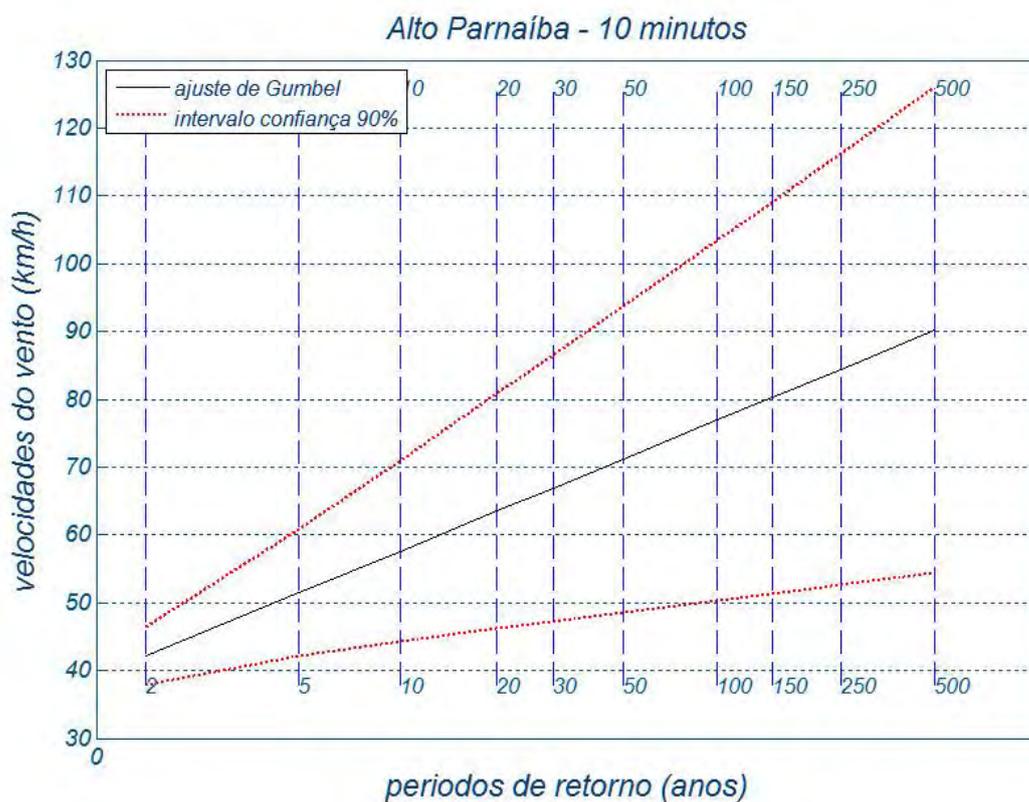


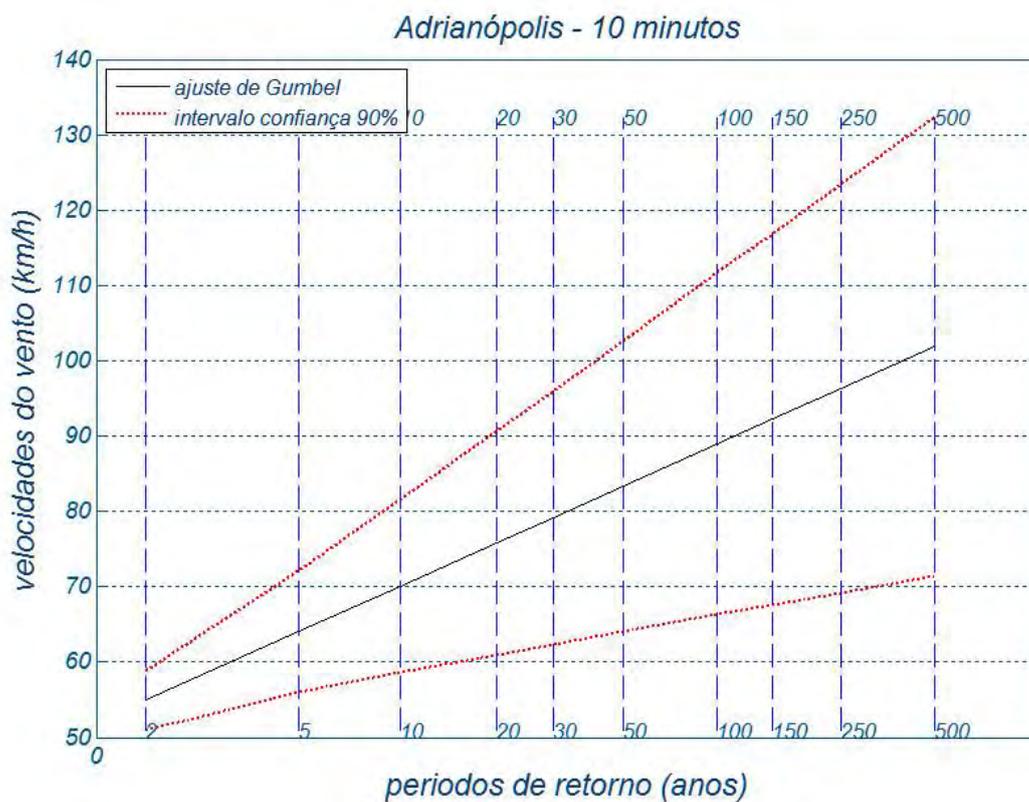
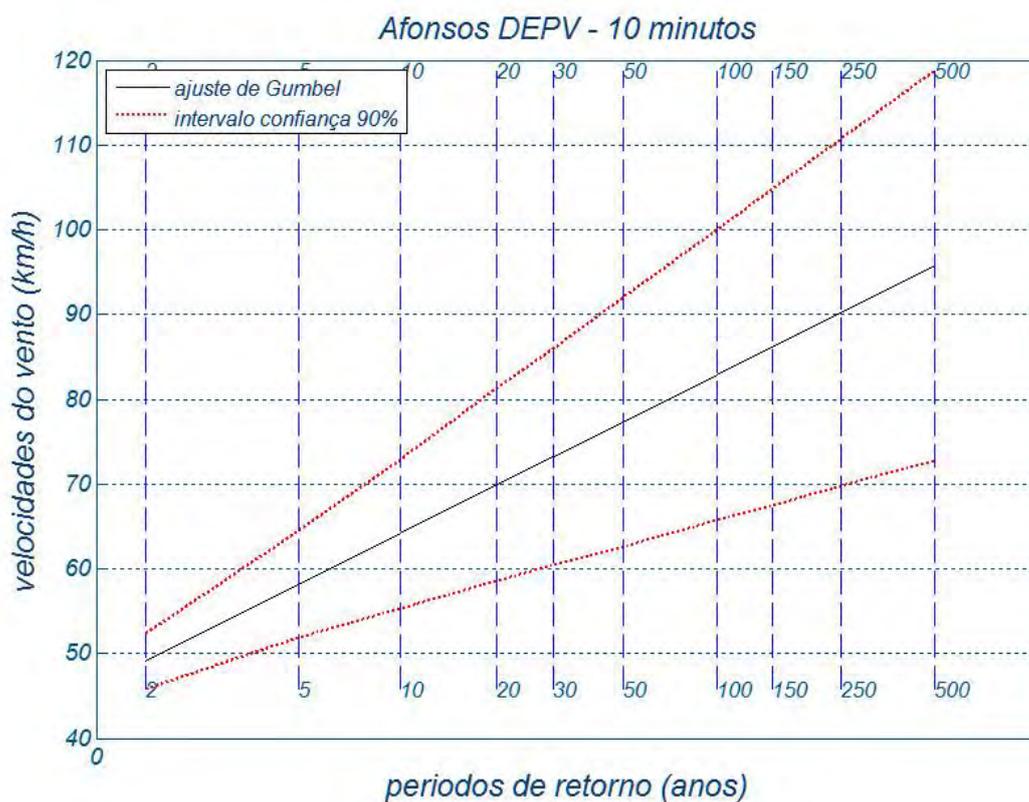










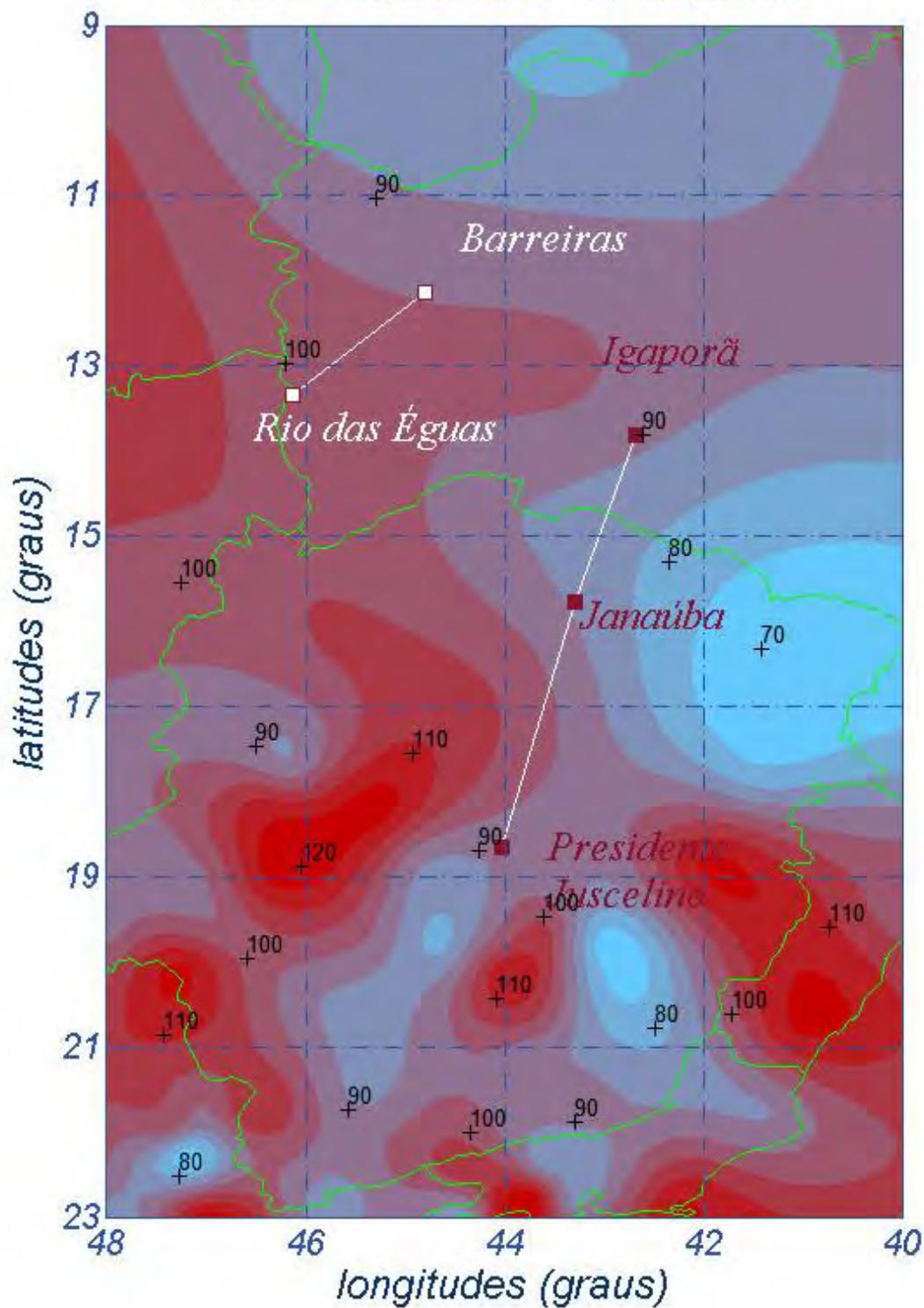




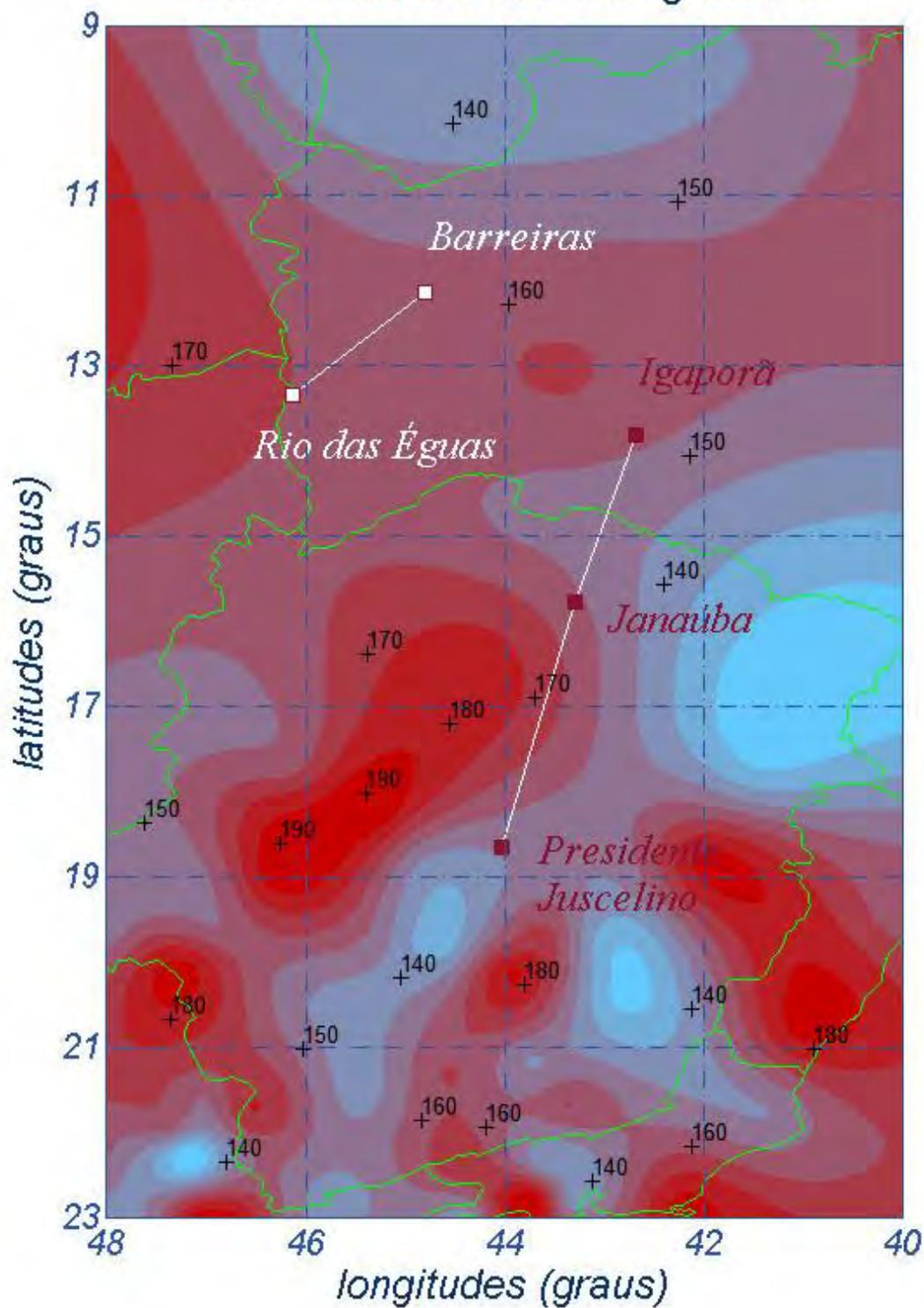
Anexo IV Os mapeamentos de isótopas da região

Seguem as isótopas para a região em estudo. Os mapas com as velocidades em cada estação (10 m de altura, terreno B) completam os resultados obtidos.

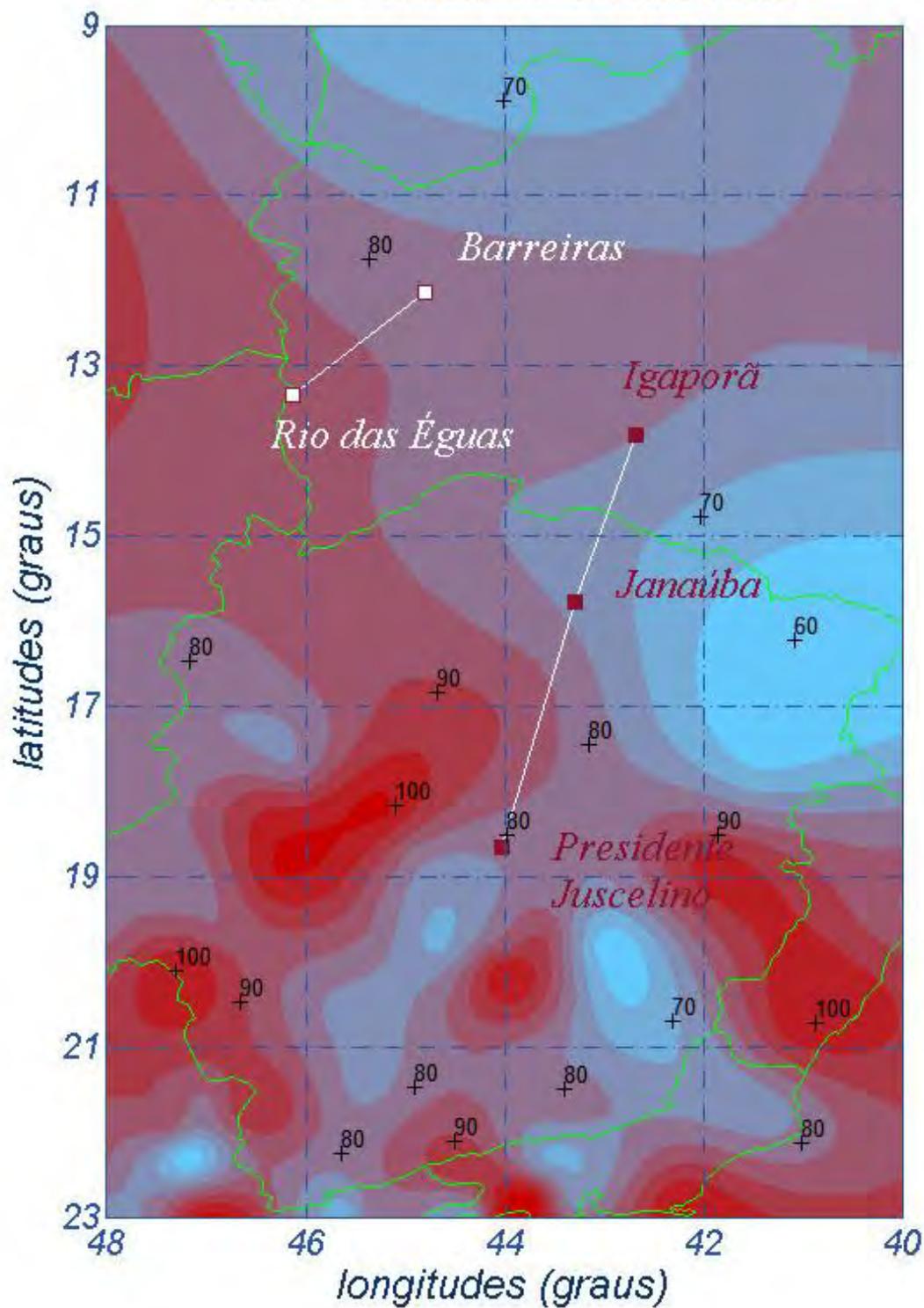
km/h - 250 anos / 10 minutos



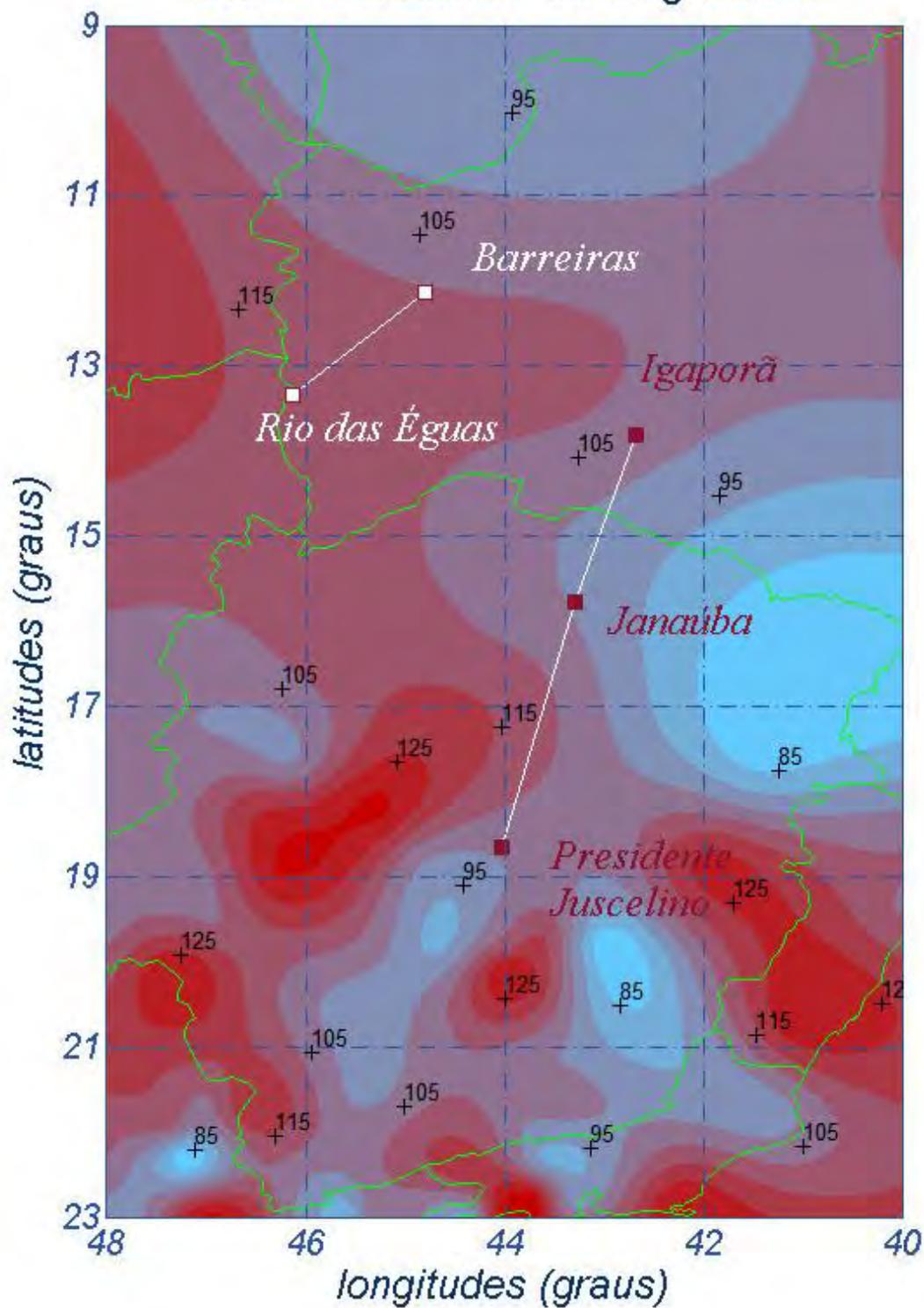
km/h - 250 anos / 3 segundos



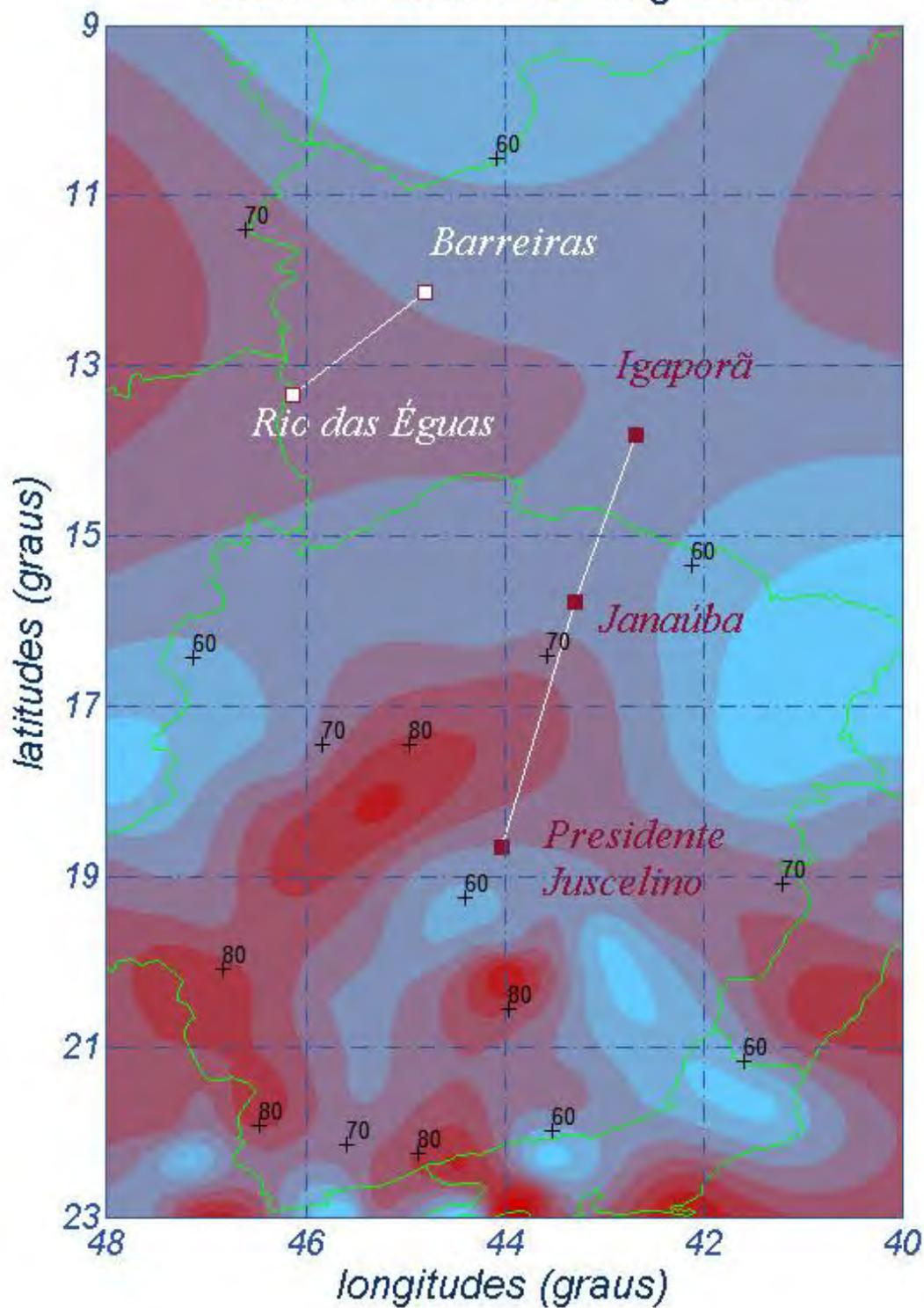
km/h - 50 anos / 10 minutos

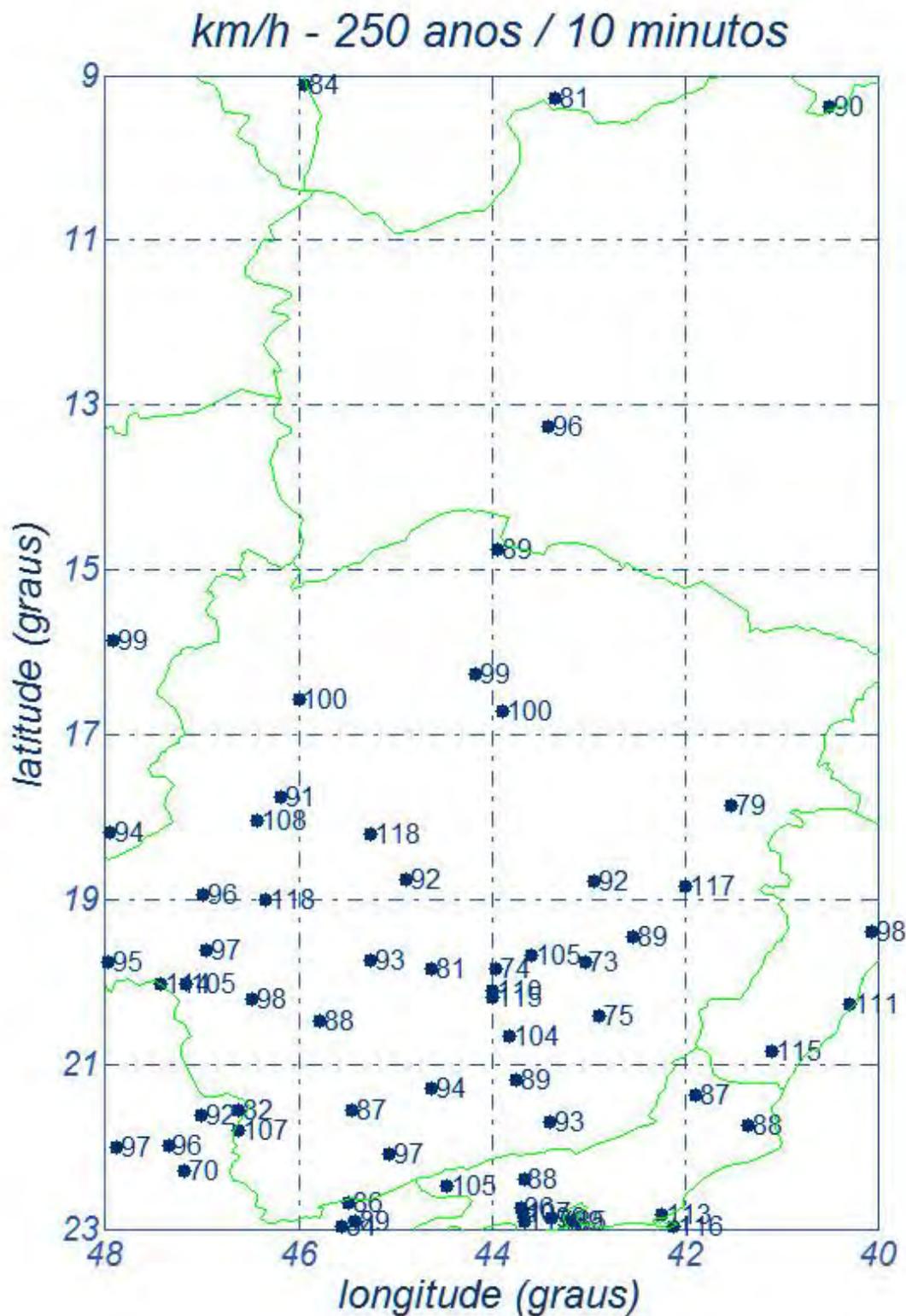


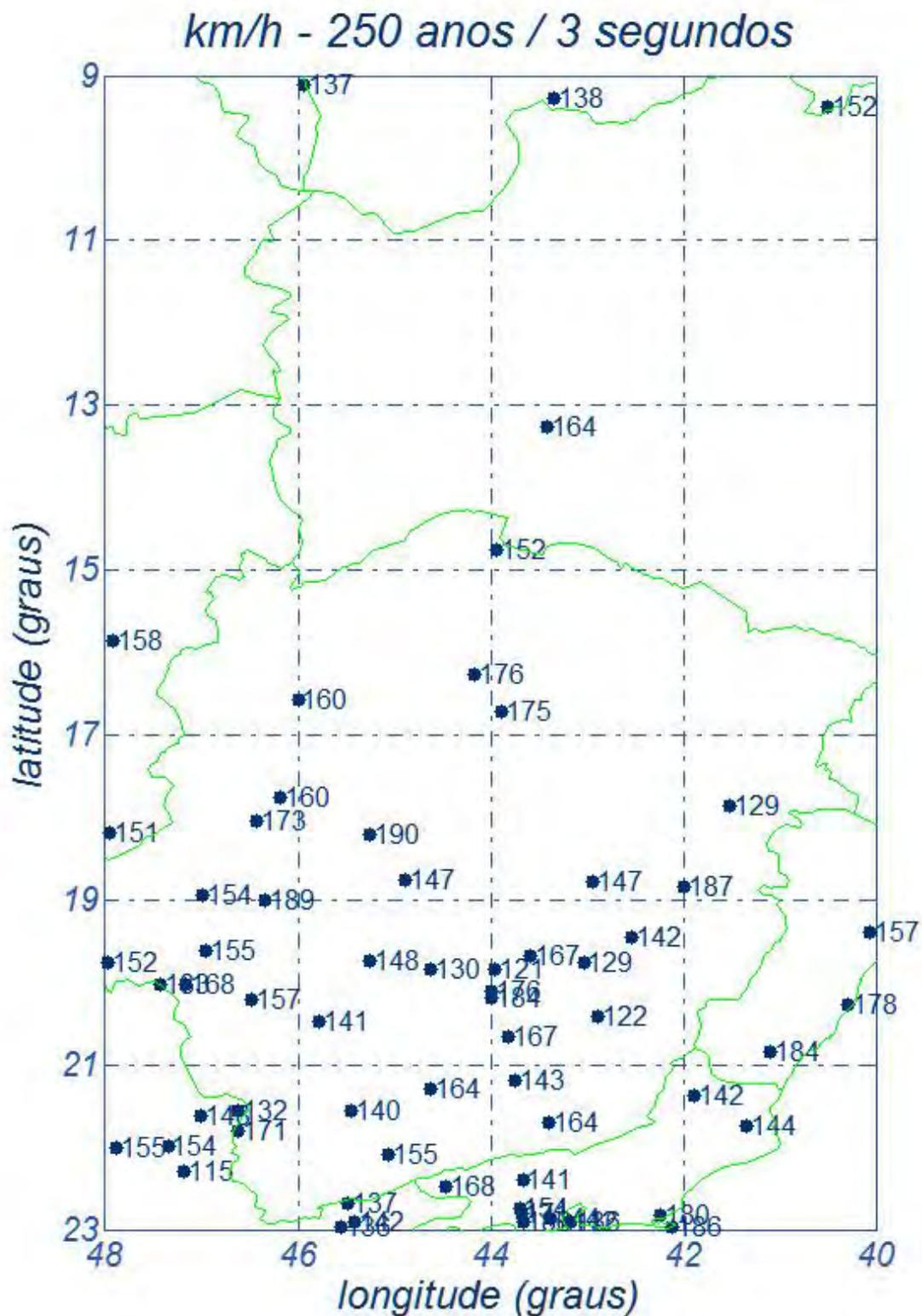
km/h - 50 anos / 30 segundos

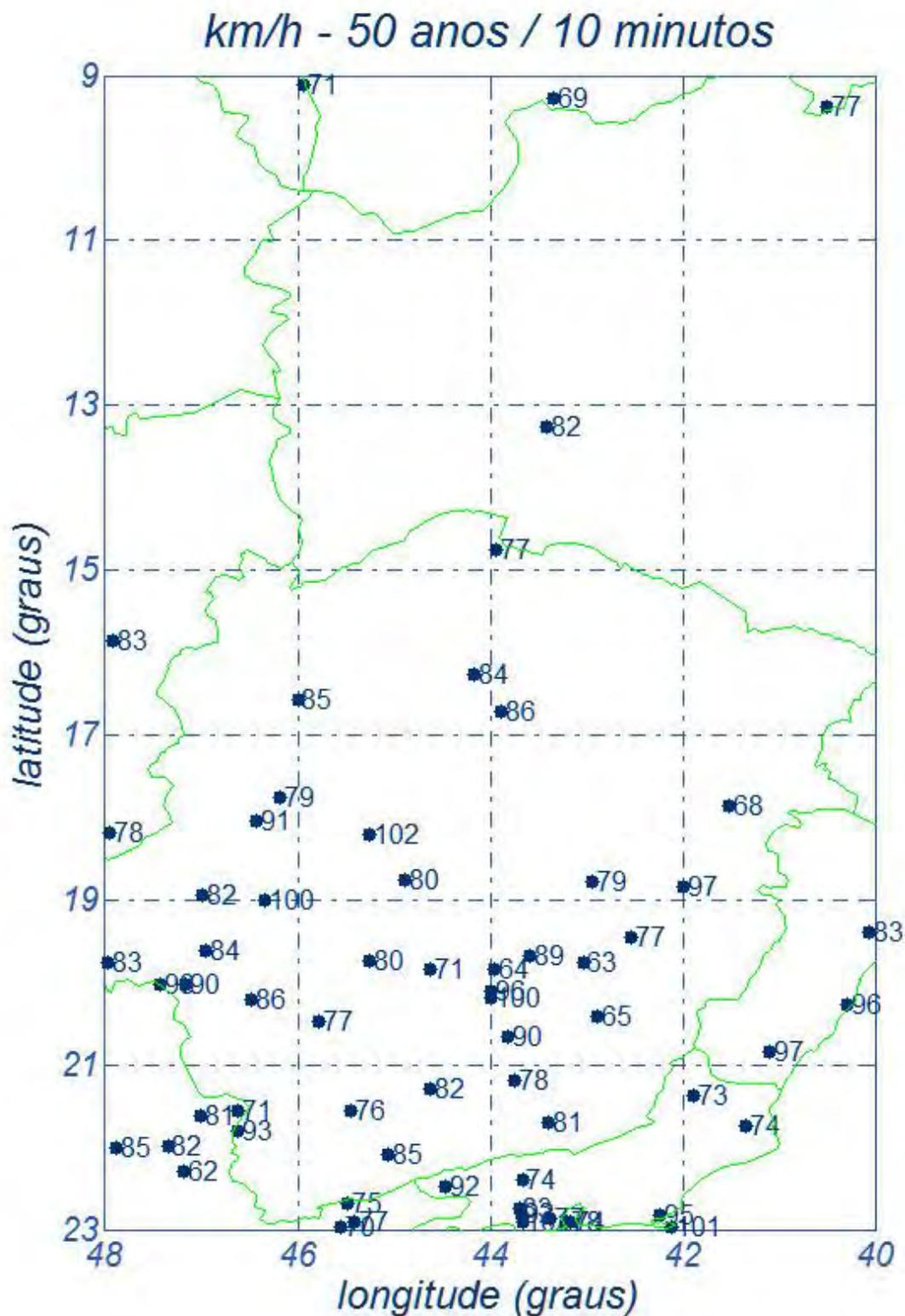


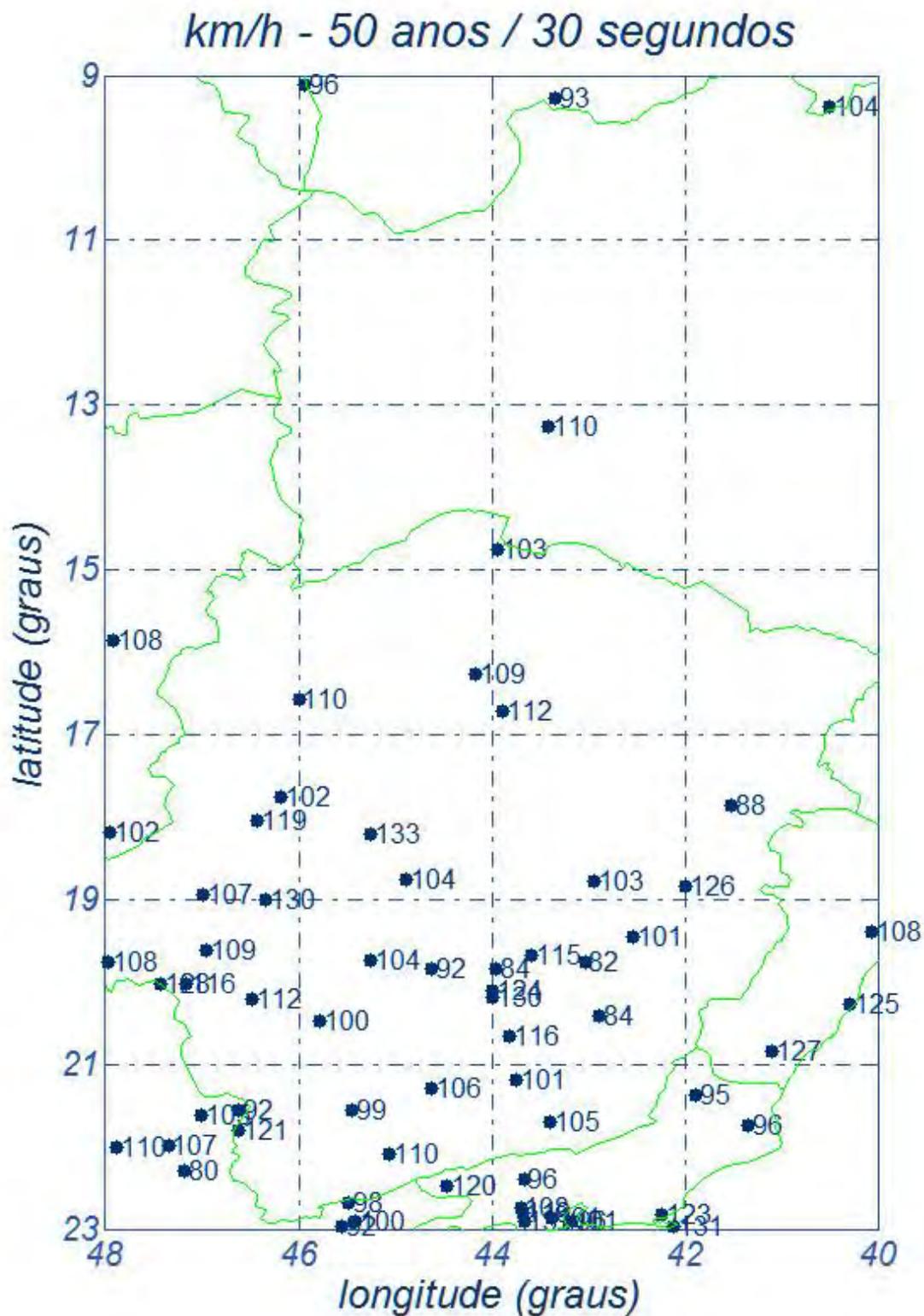
km/h - 2 anos / 30 segundos

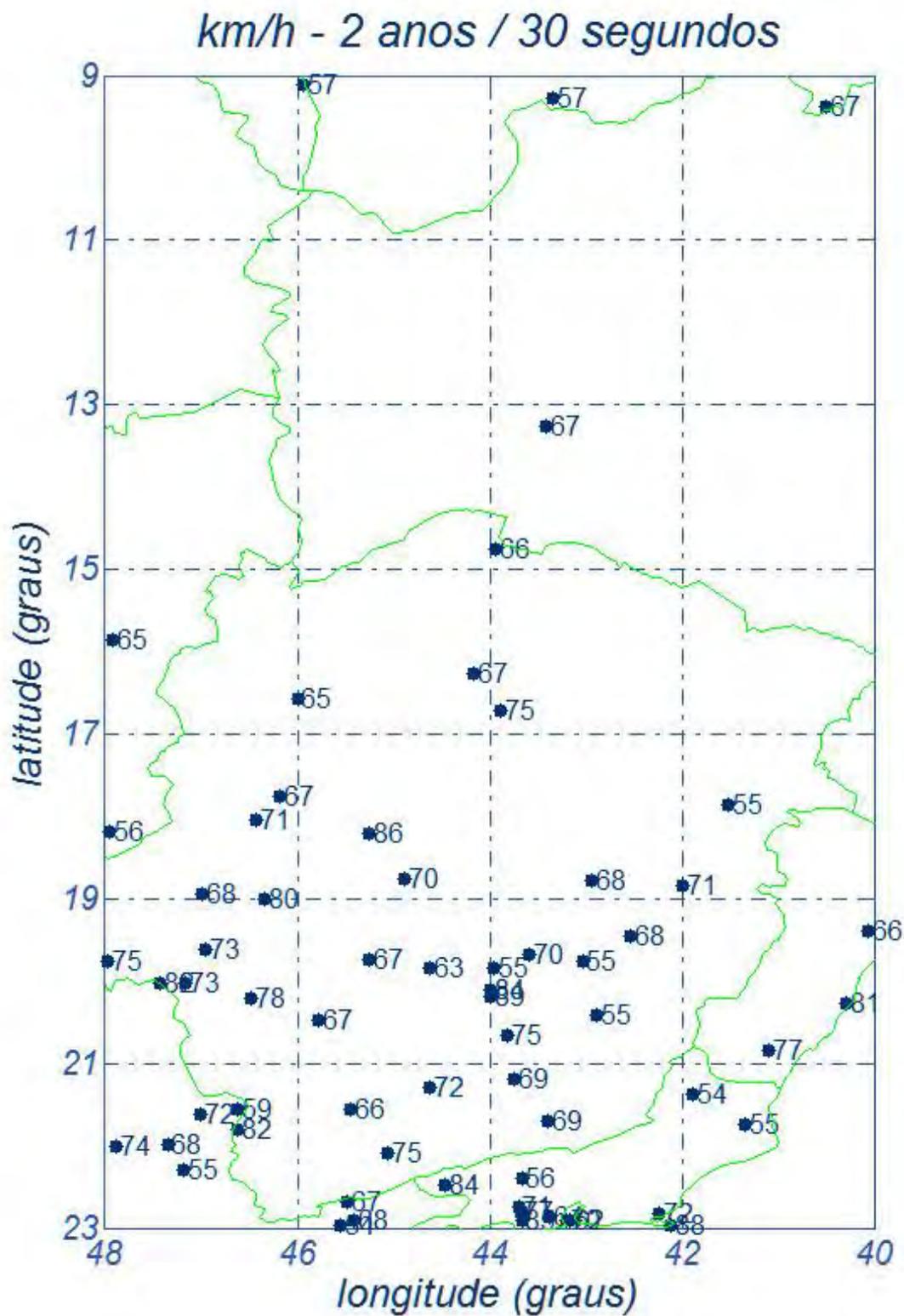












Anexo V O problema da turbulência dos ventos no Brasil

As preocupações relativas aos esforços resultantes da ação do vento sobre componentes de linhas aéreas de transmissão vêm se avolumando no Brasil, como em outros países. As ocorrências de quedas de estruturas tomam a sua devida importância num sistema de fornecimento de energia elétrica cada vez mais interligado e mais dependente de uma uniformidade de parâmetros de projeto capazes de estabelecer uma base uniforme e comparativa. Pelas suas características aleatórias, a ação do vento em LTs aéreas é sempre polêmica e sujeita a enfoques nacionais que possam introduzir alternativas sobre fenômenos típicos de cada região. Isto implica um esforço de procura de medições e modelagens próprias por parte da engenharia nacional, tal como vem se verificando no Brasil. De uma forma geral, a norma brasileira que rege o assunto em muito se serve da experiência continental adquirida ao longo de décadas e também do acervo publicado em normas internacionais (IEC 60826 e EN 50341, por exemplo).

Essa simbiose produz naturalmente alguns elementos que podem gerar certa dualidade conceitual no que trata do conhecimento estatístico que embasa o estudo, no seu todo, e nas aplicações dos seus resultados. Em poucas palavras, as análises de velocidades de vento de elevada intensidade no Brasil vêm sistematicamente revelando uma falta de aderência entre os valores locais e os divulgados como básicos para adoção internacional.

Com base nos elementos já colocados, o CEPEL e a BATÁVIA apresentaram um artigo técnico no XVII SNTTEE (Uberlândia) [6], no sentido de alertar que as velocidades de vento de elevada intensidade, e características próprias do território brasileiro, implicam uma necessidade de repensar (ou mesmo majorar) os resultados preconizados pela IEC, quando se segue sem alterações, os atuais cálculos de cargas mecânicas devidas ao vento. Posteriormente, o mesmo assunto foi aprofundado e apresentado na bienal do CIGRÉ - Paris de 2006.

É bastante realístico admitir que dados locais analisados segundo a ótica de qualquer procedimento estatístico, não raro, conduzem a valores numéricos ou a decisões práticas que diferem do que é publicado para uso generalizado, nos casos em que não se dispõe de coleta específica de dados. Esse polêmico e estimulante assunto pode ser avaliado nos seus detalhes em [7]. De forma resumida, os estudos supracitados concluíram pela necessidade de majorar as velocidades médias de 10 minutos em 8% (região sul), 12% (regiões centro-

oeste e sudeste) e 16% (regiões norte e nordeste), para fazer face à maior turbulência constatada nas velocidades de vento registradas no Brasil. Com a aludida correção, a metodologia da Norma IEC 60826 pode ser usada com maior segurança. Esse estudo já incorpora tal modificação paramétrica.

Anexo VI Regionalização dos CVs das séries históricas

Critérios de regionalização dos coeficientes de variação

A regionalização dos coeficientes de variação das séries de máximos anuais de velocidades de vento tem sido recomendada e utilizada como forma de compensar o fato de que as séries de valores disponíveis em cada estação têm variações entre limites afastados (4-5 anos até 20-25 anos) e têm, em consequência, precisão diferenciada. Os procedimentos de regionalização são, no entanto, muito variados e subjetivos, dependendo dos critérios mais afeitos ou preferidos, por parte de quem realiza essas determinações. Médias lineares, ou ponderadas pelos tempos de coleta, médias móveis, extremos de distribuições são algumas das possibilidades, aqui citadas para exemplificar.

AVI.1 Para as séries de 10 minutos

Para fins de regionalização dos valores dos coeficientes de variação das séries de velocidades máximas anuais, referidas ao tempo de média de 10 minutos, hajam vista as inúmeras tentativas isoladas feitas aqui no Brasil, levam às seguintes conclusões que se encontram ora em prática:

- 1 O valor mínimo genérico será de 13% ($CV = 13\%$), válido para qualquer estação coletora.*
- 2 As estações que eventualmente apresentem valores superiores a 13% e inferiores a 16%, no estágio de medição em que se encontram, quanto aos períodos de coleta, serão consideradas como típicas de 16% ($CV=16\%$). Este mesmo valor será adotado nas estações do DEPV, face às conhecidas incertezas tanto no que se refere aos valores médios das séries como quanto aos respectivos desvios-padrão.*
- 3 As estações que eventualmente apresentem valores superiores a 16%, no estágio de medição em que se encontram, quanto aos*

períodos de coleta, serão consideradas como típicas de 19% (CV = 19%).

AVI.2 Para as séries de 3 segundos

Quanto aos valores da regionalização paramétrica das séries de 3 s, as seguintes ponderações são aplicáveis:

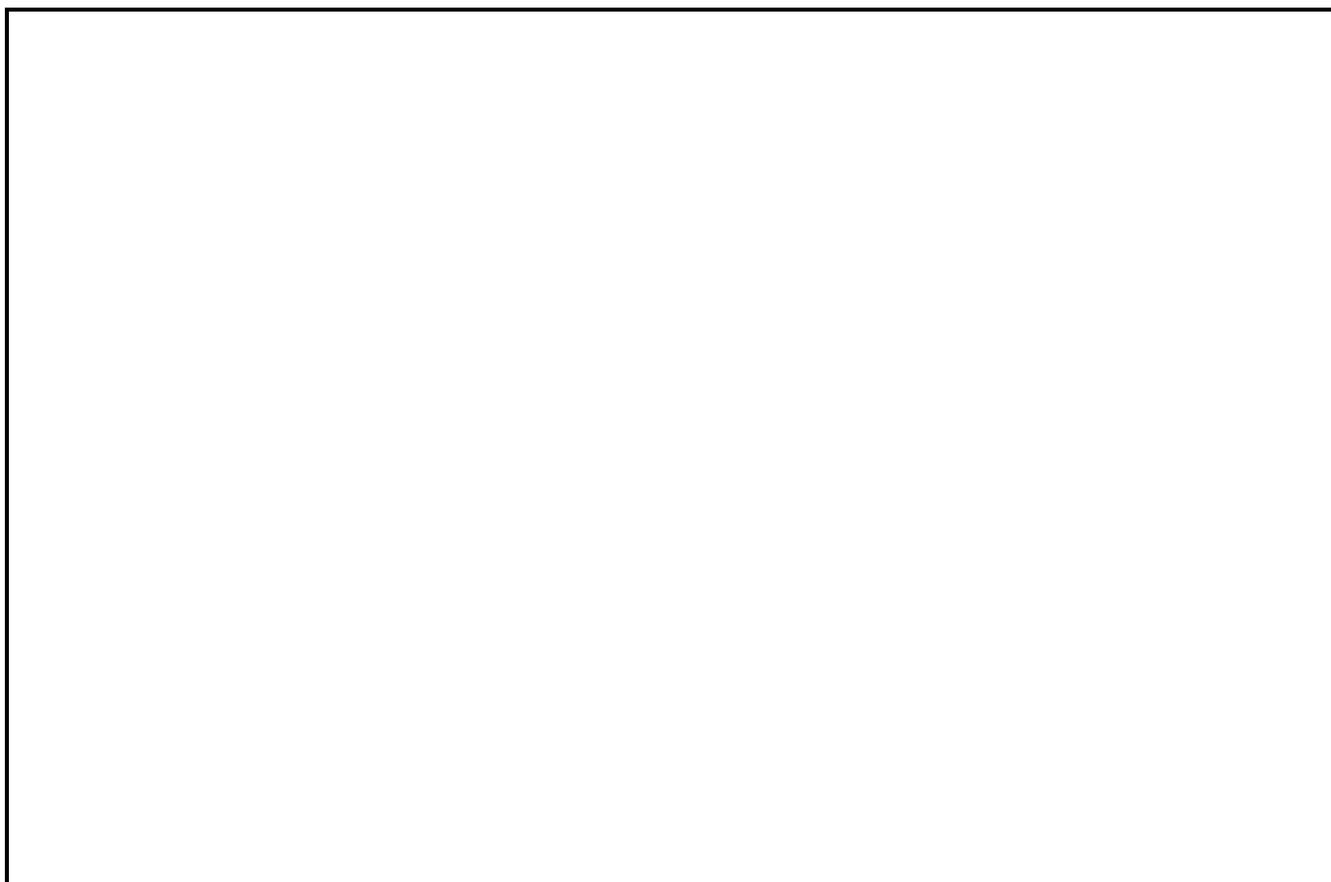
a) Para se proceder a uma regionalização paramétrica das séries de 3 s, pode-se fazer uso dos conceitos de uma análise exploratória de dados envolvendo as duas séries em questão: as de 10 minutos e as de 3 segundos, esta última também dita de valores instantâneos. Assim é que há uma relação média entre os valores médios de 3 segundos e os de 10 minutos, ~1,70 para as regiões NORTE e NORDESTE, e ~1,60 para as regiões SUDESTE, CENTRO-OESTE e SUL, valores esses obtidos por média ponderada pelos anos de coleta.

b) Além disso, verifica-se para as regiões NORTE e NORDESTE que o coeficiente de variação médio ponderado das séries de 3 s é ligeiramente inferior ao médio atualmente praticado no Brasil (12% contra 16%). Nas demais regiões, constata-se que o CV médio ponderado para 3 s é muito próximo ao que se pratica com as séries de 10 minutos (16,5% contra 16,0%). Portanto, os coeficientes de variação das séries de 3 s serão mantidos os mesmos ora praticados no Brasil, para 10 minutos, como medida conservadora.

AVI.3 Para as séries de 30 segundos

Para as séries de 30 segundos, os fatores de rajada são os obtidos por interpolação entre os valores de 3 s e de 10 minutos, ou seja, 1,35 para as regiões NORTE e NORDESTE e 1,30 para as regiões SUDESTE, CENTRO-OESTE e SUL, respectivamente.

As regiões NORTE e NORDESTE devem ser entendidas como a parte do território brasileiro situada até o paralelo 15° sul; as regiões SUDESTE e CENTRO-OESTE se estendem de mais de 15° sul até 23° sul (próximo ao trópico do Capricórnio) e a região SUL segue daí até o limite extremo do Rio Grande do Sul.



00	31/03/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado

		
---	---	---

EQUATORIAL TRANSMISSORA 5 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	31/03/17

TÍTULO

**LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
Lote 15 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO CONDUTOR E PARA-RAIOS**

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT5-L501-PB-ELM-0005-R00	1 de 36	00

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	CABOS CONDUTORES	3
3.	CABOS PARA-RAIOS E OPGW	5
4.	VERIFICAÇÃO DAS PERDAS JOULE NA LT	7
5.	TRANSPOSIÇÃO DE FASES E DESEQUILÍBRIO DE TENSÕES	7
6.	REFERÊNCIAS	7
	ANEXO 1 - ATP	8
	ANEXO 2 - TEMPCOND	17
	ANEXO 3 - SAIDA PROGRAMA ATP DRAW	20
	ANEXO 4 – ESQUEMA DE TROCA DE PARA-RAIOS	23
	ANEXO 5 – PERDAS - LT	25
	ANEXO 6 – TRANPOSIÇÃO DE FASES	30
	ANEXO 7 – DESENHO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE V2CRL	32
	ANEXO 8 – ACOPLAMENTO MUTUO E PARÂMETROS CONCENTRADOS	34

1. OBJETIVO

- 1.1 Apresentar a seleção e as características principais dos cabos condutor e para-raios da LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2 em circuito simples pertencentes ao Lote 15 do Leilão 013/2015 – 2º parte.

2. CABOS CONDUTORES

2.1 CRITÉRIO E SELEÇÃO DOS CABOS

2.1.1 Os cabos condutores foram selecionados (Tabelas 1 a 3) em atendimento às exigências do Edital (1) e com base em critérios técnicos-econômicos, que levam em conta aspectos de mercado e as experiências desses cabos instalados no Brasil. Primordialmente a seleção dos condutores partiu da definição da configuração dos feixes condutores e da cabeça das estruturas da LT em conformidade com o Anexo Técnico do Edital (1)(8), e de forma a se obter o desempenho para a LT equivalente àquele requerido pela alternativa de referência do Edital (2) que sinaliza um SIL em torno de 1680MW, considerando a capacidade de corrente dos cabos.

REFERÊNCIA EDITAL							CONDUTOR SELECIONADO	
LT	(km)	R2 (Ref.)	Condutor R2 - Edital (CABOS X TIPO / fase)	Resistência 50°C-AC (Ω/km)	CABOS X TIPO / fase	Resistência 50°C-AC (Ω/km)		
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	257	(2)	6 x 975MCM (TERN)	0,0139	6 X AAAC 838MCM (liga 1120 - AS 1531)	0,0138		

LT	CONDUTOR SELECIONADO	Resistência R (Ω/km)	Reatância X (Ω/km)	Susceptância B (mho/km)	Impedância Zc(Ω)	SIL (MW)	Anexo ATP
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	6 x AAAC 838MCM (liga 1120 - AS 1531)	0,0138	0,192	0,00000865	149	1680	1

LT	CONDUTOR SELECIONADO	Resistência (Ω/km)	Reatância (Ω/km)	Susceptância (mho/km)	Impedância Zc(Ω)	Anexo ATP
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	6 x AAAC 838MCM (liga 1120 - AS 1531)	0,348	1,137	0,00000317	612	1

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1		LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2		Anexo ATP
R0(Ω/km)	X0(Ω/km)	R0(Ω/km)	X0(Ω/km)	
0,287	0,368	0,224	0,298	8

2.1.2 CONFIGURAÇÃO DAS FASES NAS ESTRUTURAS

A configuração das fases nas estruturas que implicam nos resultados das Tabelas 1 a 3 têm como base a cabeça da estrutura predominante definida no Relatório de Coordenação de Isolamento (7), a qual segue anexada a este relatório (anexo 8).

2.1.3 CARACTERÍSTICAS DO CABO CONDUTOR

Características dos Cabo Condutores

Aplicação	Toda a LT em cadeias de suspensão	Apenas Jumper
Tipo	AAAC	AAC
Código	LIGA 1120	AL 1350
Bitola	838 kcmil	2500 kcmil
Formação	37 FIOS	91 FIOS
Quantidade por fase ⁽¹⁾	6	3
Galvanização da alma de aço	Classe A	Classe A
Área do cabo	425,16 mm ²	1266,76 mm ²
Peso unitário	1,172 kgf/m	3,526 kgf/m
Diâmetro	26,78 mm	46,31 mm
Carga de ruptura (GA)	9.471 kgf	18.900 kgf
Resistencia Elétrica CC 20°C	0,0703 Ω/km	0,0229 Ω/km

(1) Cada fase da LT 500 kV é formada por seis cabos AAAC 838 kcmil dispostos em feixe elíptico.

2.1.4 TEMPERATURAS DE OPERAÇÃO DO CABO CONDUTOR

2.1.4.1 Parâmetros Comuns

Parâmetros Comuns	Valor Adotado
Velocidade do vento	1 m/s
Altitude	700m
Radiação solar	1000 W/m ²
Atmosfera	Limpa
Azimute da diretriz (caso mais desfavorável)	90°
Coefficiente de absorção do condutor	0,90
Coefficiente de emissividade do condutor	0,70

2.1.4.2 Parâmetros Específicos e Temperaturas de Operação dos Cabos

Com base no Edital 0013/2015 Anexo 6-15 item 2.2, onde se obtém as correntes de longa e curta duração calcula-se as temperaturas máximas de operação dos cabos, conforme Anexo 2.

TABELA 5 - PARÂMETROS ESPECÍFICOS E TEMPERATURAS MÁXIMAS DE OPERAÇÃO DO CABO CONDUTOR									
LT	CONDUTOR SELECIONADO	Temp. Máxima Média (°C)	Latitude Média	CORRENTE/FASE (A)		TEMPERATURAS LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS (°C)			
				DURAÇÃO		CALCULADA		ADOTADA	
				Longa	Curta	Longa	Curta	Longa	Curta
				DURAÇÃO		DURAÇÃO		DURAÇÃO	
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	6 x AAAC 838MCM (liga 1120 - AS 1531)	28	15°	2950	4000	51	59	55	60

3. CABOS PARA-RAIOS E OPGW

3.1 CRITÉRIO PARA SELEÇÃO DOS CABOS

3.1.1 Os cabos para-raios foram definidos em função da capacidade de suportarem a corrente de curto circuito de 50 kA especificadas no Edital da ANEEL (1) (8) e submódulo 2.4 (7) e por apresentarem bom desempenho frente às descargas atmosféricas.

3.2 COMPORTAMENTO TÉRMICO DOS CABOS PARA-RAIOS

3.1 Parâmetros

3.1.1 Os cabos para-raios estão sendo considerados aterrados em todas as estruturas e conectados às malhas de terra das subestações.

3.1.2 Níveis de Curto-Circuito conforme referencias (1)(2) e (8):

TABELA 6 – NÍVEIS DE CURTO-CIRCUITO		
LT	Nível de Curto (kA)	Tempo de Eliminação do Defeito (ms)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	50	250

3.1.3 Limites definidos para os cabos para-raios:

TABELA 7 – LIMITES DE TERMICOS E DE CORRENTE		
Cabo Para-raios	Temperatura limite (°C)	Corrente Limite (kA)
3/8" EAR, 7 fios (Classe B)	400	7,7
CAA DOTTEREL	200	26,3
OPGW 1 (Ø 15,6 mm)	180	22,27
OPGW 2 (Ø 13,4 mm)	180	10,95

3.1.4 Demais parâmetros para verificação do comportamento térmico dos cabos para-raios

LT	Compr. da LT (km)	Resistividade do Solo (Ω.m)	Resist. da malha SEs (Ω)	Resist. de aterram. das estruturas (Ω)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	257	1000	1	20

3.2 Metodologia de Cálculo

3.2.1 As correntes de falta fase-terra ao longo da LT, assim como a divisão dessas correntes pelos cabos para-raios e pelas estruturas aterradas, foram calculadas pelo programa LTCC, o qual tem como base a metodologia descrita na referência (5).

3.2.2 Os resultados obtidos constam do Anexo 3.

3.3 Verificação de desempenho dos cabos para-raios frente as correntes de curto-circuito

3.3.1 A tabela a seguir relaciona as correntes nos cabos para-raios junto às SEs e nos pontos de transição entre configurações. Os valores junto às SEs foram lidos diretamente nos relatórios constantes do Anexo 3. Os valores intermediários foram obtidos por interpolação linear a partir dos relatórios correspondentes à configuração analisada.

TABELA 9 – CORRENTE MÁXIMA NOS CABOS PARA-RAIOS				
LT	Situação de Instalação dos Cabos			Corrente Máxima Calculada (kA)
	Local	Tipo de Cabo	Extensão (*) (km)	
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	Junto às SE	Dotterel	15 em cada SE	20,60
		OPGW 1	15 em cada SE	21,75
	Entre as SE's	3/8" EHS	216	7,60
		OPGW 2	216	10,66

(*) As extensões foram definidas em função das características dos cabos OPGW considerados na Tabela 10. Estas extensões poderão ser alteradas em função dos cabos OPGW que vierem a ser efetivamente adquiridos, ou em função de um novo arranjo na configuração dos mesmos (exemplo: extensão OPGW 1 + OPGW2 diferente de Dotterel + 3/8").

3.3.2 Conforme pode ser observado pela Tabela 9 os valores máximos de corrente de curto-circuito para os cabos para-raios selecionados atendem aos limites térmicos especificados na Tabela 7. A representação gráfica da configuração adotada consta do Anexo 4.

3.3.3 CARACTERÍSTICAS DOS CABOS PARA-RAIOS

TABELA 10 – CARACTERÍSTICAS DOS CABOS							
TIPO	BITOLA	FORMAÇÃO	Classe Galvan.	Seção (mm ²)	Diâm. (mm)	Peso (kgf/m)	Carga de Ruptura (kgf)
CAA DOTTEREL	176,9 kcmil	12/7	B	141,89	15,42	0,657	7.857
Aço zinc. EHS	3/8"	7 fios	B	51,08	9,14	0,407	6.985
OPGW 1 (Loose)	15,6 mm	10 fios aço-alumínio Tubo óptico metálico	-	145,00	15,6	0,800	12.623
OPGW 2 (Loose)	13,4 mm	9 fios aço-alumínio Tubo óptico metálico	-	103,00	13,4	0,682	9.477

4. VERIFICAÇÃO DAS PERDAS JOULE NA LT

4.1 Para as perdas do cabo condutor empregou-se a resistência de sequência positiva da LT mostrada na Tabela 1 deste relatório. Já para os cabos para-raios as perdas foram calculadas pelo programa PERDAS – LT.

TABELA 11 – PERDAS JOULE						
LT (Todas as linha com transposição de fases)	Cabos Para-Raios			Condutor		% Perda Para-Raios com relação ao Condutor
	Configuração dos Cabos	Perda Unitária (kW/km)	Perda Total (*) (kW/km)	Perda Por fase (kW/km)	Perda Circuito (kW/km)	
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	CAA DOTTEREL + OPGW 15,6	31,27	20,74	220,8	662,4	3,13
	3/8" EHS + OPGW 13,4	19,28				

4.2 Conforme se pode observar as perdas nos cabos para-raios são inferiores ao limite de 5% das perdas nos condutores, como exigido pela ANEEL (1).

5. TRANSPOSIÇÃO DE FASES E Desequilíbrio de Tensões

5.1 A LT terá um ciclo completo de transposição. As estruturas de transposição deverão ser posicionadas em locais que correspondam a 1/6, 1/3, 1/3 e 1/6 da extensão da LT, conforme referencia (4) e arranjo esquemático mostrado no Anexo 6.

6. REFERÊNCIAS

- 1 Anexo 6-14 a 6-19 – Edital – Leilão 013/2015 - 2ª parte da ANEEL
- 2 Relatório R2 – Detalhamento de Alternativa de Referência - Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 3 NBR 8449 – Dimensionamento de cabos para-raios para linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 4 Submódulo 2.4 do ONS - Requisitos Mínimos para Linhas de Transmissão Aéreas
- 5 Artigo IEEE 70TP101-PWR, 1970 - General equations for fault currents in transmission line ground wires.
- 6 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0003 DADOS CLIMATOLÓGICOS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 7 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0009 COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO, preparado para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 8 Anexo 6 – Especificações Técnicas Gerais – Leilão 013/2015 - 2ª parte da ANEEL

ANEXO 1 - ATP

--- 56 cards of disk file read into card cache cells 1 onward.
 Alternative Transients Program (ATP), GNU Linux or DOS. All rights reserved by Can/Am user group of Portland, Oregon, USA.
 Date (dd-mth-yy) and time of day (hh.mm.ss) = 31-Mar-17 17:00:21 Name of disk plot file is 6aac838.pl4
 Consult the 860-page ATP Rule Book of the Can/Am EMTF User Group in Portland, Oregon, USA. Source code date is 18 November 2012.
 Total size of LABCOM tables = 12454813 INTEGER words. 31 VARDIM List Sizes follow: 6002 10K 192K 900 420K 1200 15K
 120K 2250 3800 720 2K 72800 510 800K 800 90 254 800K 100K 3K 15K 192K 120 45K 260K 600 210K 1100 19 400

-----+-----
 Descriptive interpretation of input data cards. | Input data card images are shown below, all 80 columns, character by character
 0 1 2 3 4 5 6 7 8
 012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890

-----+-----
 Comment card. NUMDCD = 1. |C data:6AAC838.ATP
 Marker card preceding new EMTF data case. |BEGIN NEW DATA CASE
 Compute overhead line constants. Limit = 120 |LINE CONSTANTS
 Request for metric (not English) units. |METRIC
 Comment card. NUMDCD = 5. |C DATA: 31/03/17
 Comment card. NUMDCD = 6. |C LEILAO 0013_2015 2 PARTE
 Comment card. NUMDCD = 7. |C LT'S 500 KV
 Comment card. NUMDCD = 8. |C CUIRCUITO SIMPLES
 Comment card. NUMDCD = 9. |C CONDUTOR : AAAC 1120 (6 X 838 MCM)
 Comment card. NUMDCD = 10. |C COMPRIMENTO: 1 KM (P/ ESTIMAR OHM/KM)
 Comment card. NUMDCD = 11. |C PARA-RAIO : 2 X AÇO 3/8
 Comment card. NUMDCD = 12. |C RESISTIVIDADE DO SOLO : 1000 ohms.m
 Comment card. NUMDCD = 13. |C RESISTENCIA DC CORRIGIDA PARA 50 GRAUS
 Comment card. NUMDCD = 14. |C CONSIDERANDO REDUÇÃO DOS CABOS PARA-RAIOS.
 Comment card. NUMDCD = 15. |C PARÂMETROS RODADOS PARA 1 KM.
 Comment card. NUMDCD = 16. |C SKIN RESIS REACT DIAM HORIZ VTOWER VMID SEPAR ALPHA NB
 Comment card. NUMDCD = 17. |C T/D DC OHM/KM CM M M M CM GRAUSS
 Comment card. NUMDCD = 18. |C |----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
 Comment card. NUMDCD = 19. |C 345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
 Comment card. NUMDCD = 20. |C 1 2 3 4 5 6 7 8
 Line conductor card. 4.300E-01 7.853E-02 4 | 10.4300.078530 4 2.678 7.555 35.61 13.79 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 4.300E-01 7.853E-02 4 | 10.4300.078530 4 2.678 7.030 34.32 12.5 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 4.300E-01 7.853E-02 4 | 10.4300.078530 4 2.678 5.980 34.32 12.5 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 4.300E-01 7.853E-02 4 | 10.4300.078530 4 2.678 5.455 35.61 13.79 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 4.300E-01 7.853E-02 4 | 10.4300.078530 4 2.678 5.980 36.90 15.08 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 4.300E-01 7.853E-02 4 | 10.4300.078530 4 2.678 7.030 36.90 15.08 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 4.300E-01 7.853E-02 4 | 20.4300.078530 4 2.678 0.48 35.56 13.79 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 4.300E-01 7.853E-02 4 | 20.4300.078530 4 2.678 0.245 34.912 13.095 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 4.300E-01 7.853E-02 4 | 20.4300.078530 4 2.678 -0.245 34.912 13.095 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 4.300E-01 7.853E-02 4 | 20.4300.078530 4 2.678 -0.48 35.61 13.79 0.0 0.0 0

```

Line conductor card. 4.300E-01 7.853E-02 4 | 20.4300.078530 4 2.678 -0.245 36.305 14.485 0.0 0.0 0
Line conductor card. 4.300E-01 7.853E-02 4 | 20.4300.078530 4 2.678 0.245 36.305 14.485 0.0 0.0 0
Line conductor card. 4.300E-01 7.853E-02 4 | 30.4300.078530 4 2.678 -5.455 35.61 13.79 0.0 0.0 0
Line conductor card. 4.300E-01 7.853E-02 4 | 30.4300.078530 4 2.678 -5.980 34.32 12.5 0.0 0.0 0
Line conductor card. 4.300E-01 7.853E-02 4 | 30.4300.078530 4 2.678 -7.030 34.32 12.5 0.0 0.0 0
Line conductor card. 4.300E-01 7.853E-02 4 | 30.4300.078530 4 2.678 -7.555 35.61 13.79 0.0 0.0 0
Line conductor card. 4.300E-01 7.853E-02 4 | 30.4300.078530 4 2.678 -7.030 36.90 15.08 0.0 0.0 0
Line conductor card. 4.300E-01 7.853E-02 4 | 30.4300.078530 4 2.678 -5.980 36.90 15.08 0.0 0.0 0
Line conductor card. 5.000E-01 4.232E+00 4 | 0.5000 4.23220 4 0.9144 -15.85 44.95 25.13 0.0 0.0 0
Line conductor card. 2.500E-01 7.240E-01 4 | 0.2500 0.72400 4 1.3400 15.85 44.95 25.13 0.0 0.0 0
Blank card terminating conductor cards. |BLANK - FIM DOS DADOS DE CONDUTORES
Comment card. NUMDCD = 42. |C RHO - RESISTIVIDADE ohm.km (1-8)
Comment card. NUMDCD = 43. |C FREQUENC - FREQUENCIA Hz (9-18)
Comment card. NUMDCD = 44. |C FCAR - ALTA PRECISAO NA FORMULA DE CARSON (19-28)
Comment card. NUMDCD = 45. |C ICPR - IMPRESSAO MATRIZ SUSCEPTANCIA (30-35)
Comment card. NUMDCD = 46. |C IZPR - IMPRESSAO MATRIZ IMPEDANCIA (37-42)
Comment card. NUMDCD = 47. |C I - ICAP: IMPRESAO DA MATRIZ DE SUSCEP EM mho/km - I=0 OU EM F/km - I=1 (44)
Comment card. NUMDCD = 48. |C DIST - COMPRIMENTO DA LT km (45-52)
Comment card. NUMDCD = 49. |C S - ISEG: CABO PARA-RAIO CONTÍNUO - S=0 OU SEGMENTADO - S=1 (58)
Comment card. NUMDCD = 50. |C MD - MODELO DA LINHA TRASPOSTA - MD=0 OU NÃO-TRASPOSTA - MD=1 (69-70)
Comment card. NUMDCD = 51. |C RHO FREQUENC FCAR ICPR IZPR I DIST S MD
Comment card. NUMDCD = 52. |C -----|-----|-----| |----| |----| X|-----| |--|XX|---|---|---|X|X
Frequency card. 1.000E+03 6.000E+01 4.100E+02 |1000. 60.00 1 111 111 1 410. 0 0
  
```

Line conductor table after sorting and initial processing.

Table	Phase	Skin effect	Resistance	Reactance data specification	Diameter	Horizontal	Avg height	
Row	Number	R-type	R (Ohm/km)	X-type X(Ohm/km) or GMR	(cm)	X (mtrs)	Y (mtrs)	Name
1	1	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	7.555	21.063
2	2	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	0.480	21.047
3	3	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	-5.455	21.063
4	1	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	7.030	19.773
5	1	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	5.980	19.773
6	1	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	5.455	21.063
7	1	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	5.980	22.353
8	1	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	7.030	22.353
9	2	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	0.245	20.367
10	2	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	-0.245	20.367
11	2	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	-0.480	21.063
12	2	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	-0.245	21.758
13	2	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	0.245	21.758
14	3	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	-5.980	19.773

15	3	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	-7.030	19.773
16	3	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	-7.555	21.063
17	3	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	-7.030	22.353
18	3	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	-5.980	22.353
19	0	.50000	4.23220	4	.000000	.91440	-15.850	31.737
20	0	.25000	.72400	4	.000000	1.34000	15.850	31.737

Matrices are for earth resistivity = 1.00000000E+03 Ohm-meters and frequency 6.00000000E+01 Hz. Correction factor = 1.00000000E-06

Capacitance matrix, in units of [farads/kmeter] for the system of physical conductors. Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

```

1  1.009434E-08
2 -1.247631E-10  1.176100E-08
3 -5.188610E-11 -1.524354E-10  1.023128E-08
4 -2.058093E-09 -1.577028E-10 -5.974698E-11  1.017617E-08
5 -1.085624E-09 -2.583620E-10 -7.647249E-11 -2.637847E-09  1.024254E-08
6 -1.016465E-09 -3.355320E-10 -8.188594E-11 -1.054647E-09 -1.958016E-09  1.023148E-08
7 -1.093197E-09 -2.615907E-10 -8.303521E-11 -6.220118E-10 -7.233175E-10 -1.964540E-09  1.022720E-08
8 -2.064956E-09 -1.612733E-10 -6.593919E-11 -7.891068E-10 -6.209552E-10 -1.060689E-09 -2.653074E-09  1.016130E-08
9 -1.189307E-10 -2.487158E-09 -1.988420E-10 -1.750490E-10 -2.792492E-10 -2.970487E-10 -1.997878E-10 -1.286304E-10  1.192507E-08
10 -9.013457E-11 -1.335134E-09 -2.983343E-10 -1.320860E-10 -1.993807E-10 -1.989713E-10 -1.399300E-10 -9.584295E-11 -3.648225E-09
    1.190758E-08
11 -7.256990E-11 -1.448118E-09 -3.356578E-10 -8.865319E-11 -1.295428E-10 -1.524401E-10 -1.344782E-10 -9.323635E-11 -1.311928E-09
    -2.434123E-09  1.176002E-08
12 -9.540267E-11 -1.304573E-09 -3.028536E-10 -9.629944E-11 -1.399032E-10 -2.040017E-10 -2.105406E-10 -1.429764E-10 -6.488963E-10
    
```

-7.987917E-10 -2.444212E-09 1.189454E-08

13 -1.248980E-10 -2.392244E-09 -2.042387E-10 -1.299096E-10 -2.010848E-10 -3.039592E-10 -2.919997E-10 -1.869065E-10 -7.987080E-10
-6.531162E-10 -1.327971E-09 -3.672367E-09 1.187790E-08

14 -4.931606E-11 -1.300711E-10 -1.958220E-09 -6.718090E-11 -8.595643E-11 -7.648599E-11 -6.457871E-11 -5.237082E-11 -1.992343E-10
-2.803421E-10 -2.576739E-10 -2.003833E-10 -1.401570E-10 1.024234E-08

15 -4.159082E-11 -8.902493E-11 -1.054933E-09 -5.435671E-11 -6.720621E-11 -5.979644E-11 -5.346039E-11 -4.508471E-11 -1.319990E-10
-1.757523E-10 -1.573906E-10 -1.295862E-10 -9.657655E-11 -2.638118E-09 1.017579E-08

16 -3.851121E-11 -7.264588E-11 -1.016861E-09 -4.160274E-11 -4.936166E-11 -5.196824E-11 -5.728503E-11 -4.909481E-11 -9.011462E-11
-1.194966E-10 -1.249813E-10 -1.247016E-10 -9.572940E-11 -1.085995E-09 -2.058625E-09 1.009359E-08

17 -4.905211E-11 -9.298237E-11 -1.061145E-09 -4.506910E-11 -5.240524E-11 -6.601614E-11 -8.295326E-11 -7.022083E-11 -9.580954E-11
-1.292828E-10 -1.620010E-10 -1.865553E-10 -1.433684E-10 -6.213871E-10 -7.897332E-10 -2.065845E-09 1.016025E-08

18 -5.718345E-11 -1.339818E-10 -1.964869E-09 -5.340073E-11 -6.457249E-11 -8.305821E-11 -1.014767E-10 -8.287038E-11 -1.398179E-10
-2.007195E-10 -2.625940E-10 -2.911533E-10 -2.108816E-10 -7.236407E-10 -6.224859E-10 -1.093869E-09 -2.653857E-09 1.022662E-08

19 -7.339856E-11 -7.088874E-11 -1.831884E-10 -5.675851E-11 -5.580900E-11 -7.475014E-11 -1.107743E-10 -1.059395E-10 -6.183429E-11
-7.030586E-11 -8.829659E-11 -1.211435E-10 -1.100739E-10 -1.663432E-10 -2.347725E-10 -3.321351E-10 -3.978739E-10 -3.089346E-10
6.185981E-09

20 -3.470161E-10 -9.188901E-11 -7.840909E-11 -2.453001E-10 -1.738330E-10 -1.914669E-10 -3.228629E-10 -4.157363E-10 -7.329770E-11
-6.487019E-11 -7.462030E-11 -1.149791E-10 -1.270540E-10 -5.859851E-11 -5.972058E-11 -7.728323E-11 -1.113917E-10 -1.162702E-10
-2.638029E-10 6.460008E-09

Capacitance matrix, in units of [farads/kmeter] for the system of equivalent phase conductors.
Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.


```

1  1.832795E-08
2 -6.153068E-09  1.771497E-08
3 -2.232452E-09 -6.157370E-09  1.831072E-08

```

Capacitance matrix, in units of [farads/kmeter] for symmetrical components of the equivalent phase conductor
 Rows proceed in the sequence (0, 1, 2), (0, 1, 2), etc.; columns proceed in the sequence (0, 2, 1), (0, 2, 1), etc.

```

0  8.422618E-09
   0.000000E+00
1  7.599059E-10 -1.204704E-09
   -1.303762E-09 -2.091591E-09
2  7.599059E-10  2.296551E-08 -1.204704E-09
   1.303762E-09  8.409999E-25  2.091591E-09

```

Impedance matrix, in units of Ohms/kmeter for the system of physical conductors.
 Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

```

1  1.380926E-01
   9.396820E-01
2  5.822571E-02  1.380934E-01
   4.489406E-01  9.396812E-01
3  5.822351E-02  5.822594E-02  1.380926E-01
   4.030126E-01  4.621880E-01  9.396820E-01
4  5.825553E-02  5.825525E-02  5.825313E-02  1.381516E-01
   5.714544E-01  4.533245E-01  4.056867E-01  9.396196E-01
5  5.825550E-02  5.825545E-02  5.825352E-02  5.828501E-02  1.381516E-01
   5.428298E-01  4.659279E-01  4.122339E-01  5.927219E-01  9.396196E-01
6  5.822603E-02  5.822610E-02  5.822428E-02  5.825550E-02  5.825553E-02  1.380926E-01
   5.405222E-01  4.754912E-01  4.162855E-01  5.428298E-01  5.714544E-01  9.396820E-01
7  5.819667E-02  5.819663E-02  5.819473E-02  5.822608E-02  5.822610E-02  5.819670E-02  1.380339E-01
   5.428921E-01  4.658887E-01  4.122963E-01  5.192234E-01  5.250012E-01  5.715167E-01  9.397443E-01

```

8	5.819670E-02 5.715167E-01	5.819644E-02 4.533141E-01	5.819435E-02 4.057491E-01	5.822610E-02 5.250012E-01	5.822608E-02 5.192234E-01	5.819667E-02 5.428921E-01	5.816735E-02 5.928467E-01	1.380339E-01 9.397443E-01	
9	5.824115E-02 4.461205E-01	5.824235E-02 6.213369E-01	5.824147E-02 4.646601E-01	5.827073E-02 4.517610E-01	5.827093E-02 4.643230E-01	5.824156E-02 4.713284E-01	5.821206E-02 4.605179E-01	5.821186E-02 4.490122E-01	1.381244E-01 9.396483E-01
10	5.824104E-02 4.412698E-01	5.824235E-02 5.969346E-01	5.824156E-02 4.713284E-01	5.827062E-02 4.465409E-01	5.827084E-02 4.582020E-01	5.824147E-02 4.646601E-01	5.821197E-02 4.549518E-01	5.821175E-02 4.441440E-01	5.825786E-02 6.502148E-01
	1.381244E-01 9.396483E-01								
11	5.822511E-02 4.393476E-01	5.822646E-02 5.995292E-01	5.822572E-02 4.754920E-01	5.825467E-02 4.433149E-01	5.825489E-02 4.542925E-01	5.822556E-02 4.621887E-01	5.819607E-02 4.543548E-01	5.819585E-02 4.433773E-01	5.824197E-02 5.960695E-01
	5.824197E-02 6.197010E-01	1.380926E-01 9.396820E-01							
12	5.820933E-02 4.413043E-01	5.821063E-02 5.952885E-01	5.820984E-02 4.713639E-01	5.823886E-02 4.441179E-01	5.823907E-02 4.549266E-01	5.820976E-02 4.646953E-01	5.818031E-02 4.582968E-01	5.818009E-02 4.466360E-01	5.822612E-02 5.671700E-01
	5.822612E-02 5.715798E-01	5.821025E-02 6.198319E-01	1.380610E-01 9.397156E-01						
13	5.820944E-02 4.461550E-01	5.821063E-02 6.182242E-01	5.820976E-02 4.646953E-01	5.823896E-02 4.489865E-01	5.823916E-02 4.604932E-01	5.820984E-02 4.713639E-01	5.818040E-02 4.644176E-01	5.818020E-02 4.518560E-01	5.822612E-02 5.715798E-01
	5.822612E-02 5.671700E-01	5.821025E-02 5.961551E-01	5.819443E-02 6.502820E-01	1.380610E-01 9.397156E-01					
14	5.825271E-02 3.996578E-01	5.825527E-02 4.543292E-01	5.825553E-02 5.714544E-01	5.828240E-02 4.029502E-01	5.828280E-02 4.092949E-01	5.825352E-02 4.122339E-01	5.822391E-02 4.076426E-01	5.822351E-02 4.015584E-01	5.827084E-02 4.582020E-01
	5.827093E-02 4.643230E-01	5.825507E-02 4.658778E-01	5.823916E-02 4.604932E-01	5.823907E-02 4.549266E-01	1.381516E-01 9.396196E-01				
15	5.825226E-02 3.940716E-01	5.825505E-02 4.433423E-01	5.825550E-02 5.428298E-01	5.828196E-02 3.970982E-01	5.828240E-02 4.029502E-01	5.825313E-02 4.056867E-01	5.822351E-02 4.015584E-01	5.822308E-02 3.959121E-01	5.827062E-02 4.465409E-01
	5.827073E-02	5.825487E-02	5.823896E-02	5.823886E-02	5.828501E-02	1.381516E-01			

	4.517610E-01	4.532887E-01	4.489865E-01	4.441179E-01	5.927219E-01	9.396196E-01			
16	5.822261E-02 3.917303E-01	5.822549E-02 4.393470E-01	5.822603E-02 5.405222E-01	5.825226E-02 3.940716E-01	5.825271E-02 3.996578E-01	5.822351E-02 4.030126E-01	5.819393E-02 3.997201E-01	5.819349E-02 3.941340E-01	5.824104E-02 4.412698E-01
	5.824115E-02 4.461205E-01	5.822533E-02 4.489412E-01	5.820944E-02 4.461550E-01	5.820933E-02 4.413043E-01	5.825550E-02 5.428298E-01	5.825553E-02 5.714544E-01	1.380926E-01 9.396820E-01		
17	5.819349E-02 3.941340E-01	5.819623E-02 4.433488E-01	5.819667E-02 5.428921E-01	5.822308E-02 3.959121E-01	5.822351E-02 4.015584E-01	5.819435E-02 4.057491E-01	5.816483E-02 4.030750E-01	5.816440E-02 3.972230E-01	5.821175E-02 4.441440E-01
	5.821186E-02 4.490122E-01	5.819606E-02 4.533511E-01	5.818020E-02 4.518560E-01	5.818009E-02 4.466360E-01	5.822608E-02 5.192234E-01	5.822610E-02 5.250012E-01	5.819670E-02 5.715167E-01	1.380339E-01 9.397443E-01	
18	5.819393E-02 3.997201E-01	5.819645E-02 4.543168E-01	5.819670E-02 5.715167E-01	5.822351E-02 4.015584E-01	5.822391E-02 4.076426E-01	5.819473E-02 4.122963E-01	5.816522E-02 4.094197E-01	5.816483E-02 4.030750E-01	5.821197E-02 4.549518E-01
	5.821206E-02 4.605179E-01	5.819625E-02 4.659402E-01	5.818040E-02 4.644176E-01	5.818031E-02 4.582968E-01	5.822610E-02 5.250012E-01	5.822608E-02 5.192234E-01	5.819667E-02 5.428921E-01	5.816735E-02 5.928467E-01	1.380339E-01 9.397443E-01
19	5.797662E-02 3.518725E-01	5.798099E-02 3.726879E-01	5.798288E-02 3.930485E-01	5.800594E-02 3.515631E-01	5.800661E-02 3.543160E-01	5.797795E-02 3.576411E-01	5.794869E-02 3.578871E-01	5.794803E-02 3.548762E-01	5.799637E-02 3.719495E-01
	5.799659E-02 3.734885E-01	5.798105E-02 3.758652E-01	5.796534E-02 3.766514E-01	5.796512E-02 3.749821E-01	5.801205E-02 3.899898E-01	5.801233E-02 3.931982E-01	5.798344E-02 4.003837E-01	5.795434E-02 4.040707E-01	5.795406E-02 3.998545E-01
	4.289974E+00 1.022059E+00								
20	5.798344E-02 4.003837E-01	5.798142E-02 3.758265E-01	5.797795E-02 3.576411E-01	5.801233E-02 3.931982E-01	5.801205E-02 3.899898E-01	5.798288E-02 3.930485E-01	5.795406E-02 3.998545E-01	5.795434E-02 4.040707E-01	5.799659E-02 3.734885E-01
	5.799637E-02 3.719495E-01	5.798061E-02 3.727235E-01	5.796512E-02 3.749821E-01	5.796534E-02 3.766514E-01	5.800661E-02 3.543160E-01	5.800594E-02 3.515631E-01	5.797662E-02 3.518725E-01	5.794803E-02 3.548762E-01	5.794869E-02 3.578871E-01
	5.773252E-02 3.363802E-01	7.817993E-01 9.864849E-01							

Impedance matrix, in units of Ohms/kmeter for the system of equivalent phase conductors.
 Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

```

1  1.287873E-01
   4.837527E-01

2  1.132973E-01  1.251203E-01
   3.276487E-01  5.355300E-01

3  1.115097E-01  1.102445E-01  1.226492E-01
   2.811698E-01  3.371202E-01  5.027614E-01
    
```

Impedance matrix, in units of Ohms/kmeter for symmetrical components of the equivalent phase conductor
 Rows proceed in the sequence (0, 1, 2), (0, 1, 2), etc.; columns proceed in the sequence (0, 2, 1), (0, 2, 1), etc.

```

0  3.488866E-01
   1.137974E+00

1  -2.052294E-02 -1.718023E-02
   -2.147193E-02  1.032830E-02

2  2.523065E-02  1.383505E-02  1.756998E-02
   -2.393068E-02  1.920351E-01  9.690903E-03
    
```

Sequence	Surge impedance		Attenuation	velocity	Wavelength	Resistance	Reactance	Susceptance
	magnitude (Ohm)	angle (degr.)	db/km	km/sec	km	Ohm/km	Ohm/km	mho/km
Zero :	6.12253E+02	-8.52240E+00	2.50242E-03	1.96085E+05	3.26808E+03	3.48887E-01	1.13797E+00	3.17525E-06
Positive:	1.49124E+02	-2.06036E+00	4.03178E-04	2.92184E+05	4.86973E+03	1.38350E-02	1.92035E-01	8.65779E-06

ANEXO 2 - TEMPCOND

 * PROGRAMA TEMPCOND VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 kV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 17-03-17*

DADOS GERAIS

=====

DIAMETRO : 2.6780 (cm)
 RESISTENCIA A 50.0 oC : .0800 (Ohm/km)
 TEMP. CONDUTOR (VALOR INICIAL) : 40.0000 (oC)
 PASSO DA TEMPERATURA : 1.0000 (oC)
 TEMP. CONDUTOR (VALOR FINAL) : 100.0000 (oC)
 FATOR DE EMISSIVIDADE : .7000 (p.u.)

 VELOCIDADE DO VENTO : 3.6000 (Km/h)
 TEMPERATURA AMBIENTE : 28.0000 (oC)
 ALTITUDE DA REGIAO : 700.0000 (m)

 HORA LOCAL : 12.0000 (h)
 LATITUDE DA REGIAO : -15.0000 (GRAUS)
 DECLINACAO SOLAR : -23.0000 (GRAUS)
 AZIMUTE DA LT : 90.0000 (GRAUS)
 TIPO DE ATMOSFERA : LIMPA
 COEFIC. DE ABSORCAO : .9000 (p.u.)

 IRRADIACAO SOLAR : 9996.5290 (W/km.cm)

RESULTADOS

=====

TEMPERATURA DO CONDUTOR (oC)	CORRENTE TRANSMISSIVEL PELO CONDUTOR (A)
40.0000	.0000
41.0000	.0000
42.0000	159.8635
43.0000	228.4152
44.0000	280.4381
45.0000	323.9973
46.0000	362.1620
47.0000	396.4952
48.0000	427.9223
49.0000	457.0448
50.0000	484.2805
51.0000	509.9333
52.0000	534.2330
53.0000	557.3577
54.0000	579.4496
55.0000	600.6241
56.0000	620.9762
57.0000	640.5853
58.0000	659.5190
59.0000	677.8348

 * PROGRAMA TEMPCOND VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 kV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 17-03-17*

TEMPERATURA DO CONDUTOR (oC)	CORRENTE TRANSMISSIVEL PELO CONDUTOR (A)
60.0000	695.5828
61.0000	712.8061
62.0000	729.5431
63.0000	745.8273
64.0000	761.6887
65.0000	777.1542
66.0000	792.2477
67.0000	806.9907
68.0000	821.4032
69.0000	835.5029
70.0000	849.3060
71.0000	862.8277
72.0000	876.0817
73.0000	889.0805
74.0000	901.8359
75.0000	914.3588
76.0000	926.6592
77.0000	938.7464
78.0000	950.6293
79.0000	962.3159
80.0000	973.8138
81.0000	985.1304
82.0000	996.2722
83.0000	1007.2460
84.0000	1018.0570
85.0000	1028.7110
86.0000	1039.2140
87.0000	1049.5700
88.0000	1059.7850
89.0000	1069.8630
90.0000	1079.8080
91.0000	1089.6240
92.0000	1099.3150
93.0000	1108.8850
94.0000	1118.3380
95.0000	1127.6760
96.0000	1136.9040
97.0000	1146.0230
98.0000	1155.0370
99.0000	1163.9500
100.0000	1172.7620

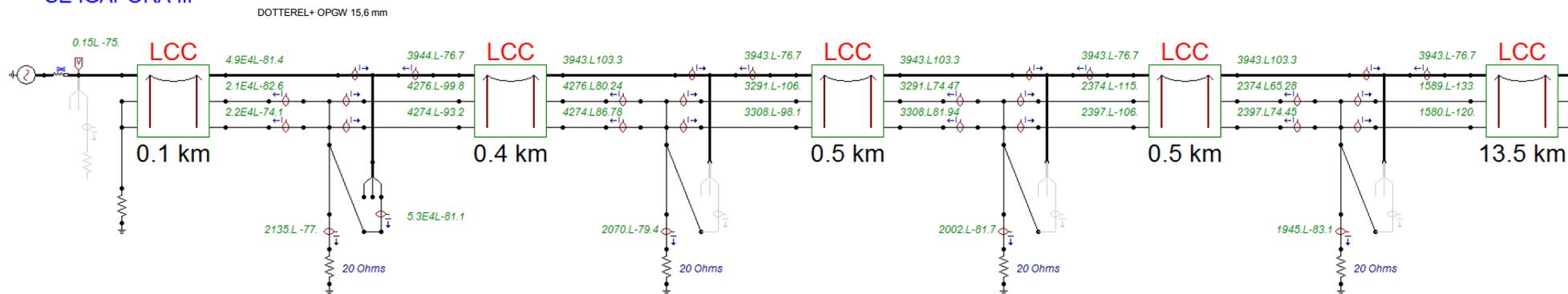
ANEXO 3 - SAIDA PROGRAMA ATP DRAW

D - DISTANCIA DO PONTO DE FALTA A SE 1 (KM)
 I - CORRENTE DE CC TOTAL (kA)
 I1 - CONTRIBUICAO DA SE IGAPORÃ III (kA)
 I2 - CONTRIBUICAO DA SE JANAÚBA 3 (kA)
 IE - CORRENTE QUE DESCE PELA ESTRUTURA ONDE HOUE O CURTO (kA) TERMINAIS APÓS DE 15KM
 IV1 - CORRENTE EM DIRECAO A SE IGAPORÃ III NO CABO PARA-RAIOS V (kA) DOTTEREL AÇO 3/8 EAR
 IV2 - CORRENTE EM DIRECAO A SE JANAÚBA 3 NO CABO PARA-RAIOS V (kA) DOTTEREL AÇO 3/8 EAR
 IW1 - CORRENTE EM DIRECAO A SE IGAPORÃ III NO CABO PARA-RAIOS W (kA) OPGW 15,6 OPGW 13,4
 IW2 - CORRENTE EM DIRECAO A SE JANAÚBA 3 NO CABO PARA-RAIOS W (KA) OPGW 15,6 OPGW 13,4

	Local do defeito (km) Distância entre SE IGAPORÃ III e Local da Falta	I	I1	I2	IE	IV1	IW1	IV2	IW2
DOTTEREL + OPGW 15,6	0,1	52,54	48,61	3,94	2,14	20,60	21,75	4,28	4,27
	1	49,03	45,22	3,83	2,19	20,47	21,46	2,64	2,69
	5	37,84	34,38	3,46	2,71	14,67	15,41	2,84	2,87
	15	25,95	22,73	3,22	2,46	7,60	8,13	1,58	6,63
ACO 3/8 + OPGW13,4	25	18,41	15,43	2,98	3,12	2,36	10,66	0,49	2,11
	41	12,90	10,06	2,84	4,34	1,21	5,49	0,39	1,69
	123	8,30	4,15	4,15	1,73	0,60	2,74	0,60	2,74
	205	12,90	2,84	10,06	4,34	0,39	1,69	1,21	5,49
	221	18,41	2,98	15,43	3,12	0,49	2,11	2,36	10,66
DOTTEREL + OPGW 15,6	231	25,95	3,22	22,73	2,46	1,58	6,63	7,60	8,13
	241	37,84	3,46	34,38	2,71	2,84	2,87	14,67	15,41
	245	49,03	3,83	45,22	2,19	2,64	2,69	20,47	21,46
	245,9	52,54	3,94	48,61	2,14	4,28	4,27	20,60	21,75

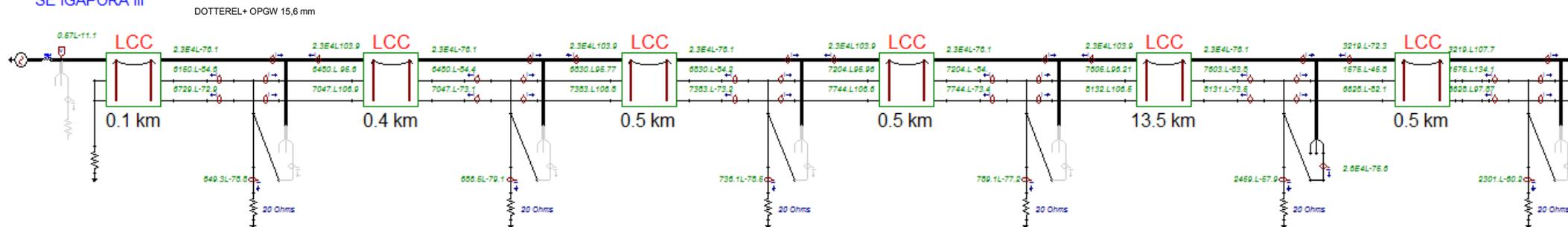
Curto na saída da SE

SE IGAPORÃ III



Curto localizado na troca a 15 km da SE

SE IGAPORÃ III



ANEXO 4 – ESQUEMA DE TROCA DE PARA-RAIOS



LT 500 kV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2

ANEXO 5 – PERDAS - LT

 * PROGRAMA PERDAS-LT VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 KV CAL 1120 838 - DOTTEREL + OPGW15,6 6- 3-2017*

FREQUÊNCIA = 60.0 Hz
 RESISTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO = 1000.0 ohms.m
 EXTENSÃO DA LT = 1.0 km
 NÚMERO DE CABO(S) PÁRA-RAIOS = 2
 RESISTÊNCIA DO CABO PÁRA-RAIOS X = 0.3221 ohms/km
 RESISTÊNCIA DO CABO PÁRA-RAIOS Y = 0.4000 ohms/km
 GMR DO CABO PÁRA-RAIOS X = 0.006620 m
 GMR DO CABO PÁRA-RAIOS Y = 0.005200 m

ABSCISSA CABO PÁRA-RAIOS X: -16.00500 m
 ORDENADA CABO PÁRA-RAIOS X: 29.34000 m
 ABSCISSA CABO PÁRA-RAIOS Y: 16.00500 m
 ORDENADA CABO PÁRA-RAIOS Y: 29.34000 m

CIRCUITO SIMPLES TRIFÁSICO

ABSCISSA FASE A1 : -6.50500 m
 ORDENADA FASE A1 : 19.69000 m
 ABSCISSA FASE B1 : 0.00000 m
 ORDENADA FASE B1 : 20.98000 m
 ABSCISSA FASE C1 : 6.50500 m
 ORDENADA FASE C1 : 19.69000 m

DISTÂNCIA FASE A1 - PÁRA-RAIOS X = 13.54 m
 DISTÂNCIA FASE B1 - PÁRA-RAIOS X = 18.06 m
 DISTÂNCIA FASE C1 - PÁRA-RAIOS X = 24.49 m
 DISTÂNCIA FASE A1 - PÁRA-RAIOS Y = 24.49 m
 DISTÂNCIA FASE B1 - PÁRA-RAIOS Y = 18.06 m
 DISTÂNCIA FASE C1 - PÁRA-RAIOS Y = 13.54 m
 DISTÂNCIA ENTRE CABOS PÁRA-RAIOS X e Y = 32.01 m

LINHA TRANSPOSTA

TRECHO 1:

IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS X = 0.0593 +J 0.3990 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS X = 0.0593 +J 0.3773 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS X = 0.0593 +J 0.3543 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS Y = 0.0593 +J 0.3543 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS Y = 0.0593 +J 0.3773 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS Y = 0.0593 +J 0.3990 ohms/km

 * PROGRAMA PERDAS-LT VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 KV CAL 1120 838 - DOTTEREL + OPGW15,6 6- 3-2017*

TRECHO 2:

IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km

TRECHO 3:

IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km

IMPEDÂNCIA PRÓPRIA PÁRA-RAIOS X	=	0.3814 +J	0.9739 ohms/km
IMPEDÂNCIA PRÓPRIA PÁRA-RAIOS Y	=	0.4593 +J	0.9921 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA PÁRA-RAIOS X e Y	=	0.0593 +J	0.3341 ohms/km

CORRENTE NA FASE A	=	4000.0 A	90.00 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS X-TRECHO 1=		211.4 A	87.15 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS X-TRECHO 2=		211.4 A	-152.85 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS X-TRECHO 3=		211.4 A	-32.85 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS Y-TRECHO 1=		205.4 A	-89.11 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS Y-TRECHO 2=		205.4 A	30.88 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS Y-TRECHO 3=		205.4 A	150.88 Graus

PERDAS JOULE NO CABO PÁRA-RAIO X	=	14.39 kW
PERDAS JOULE NO CABO PÁRA-RAIO Y	=	16.88 kW
PERDA JOULE TOTAL	=	31.27 kW

 * PROGRAMA PERDAS-LT VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 KV CAL 1120 838 - 3/8"EAR + OPGW13,4 6- 3-2017*

FREQUÊNCIA = 60.0 Hz
 RESISTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO =1000.0 ohms.m
 EXTENSÃO DA LT = 1.0 km
 NÚMERO DE CABO(S) PÁRA-RAIOS = 2
 RESISTÊNCIA DO CABO PÁRA-RAIOS X = 4.2322 ohms/km
 RESISTÊNCIA DO CABO PÁRA-RAIOS Y = 0.7240 ohms/km
 GMR DO CABO PÁRA-RAIOS X = 0.004570 m
 GMR DO CABO PÁRA-RAIOS Y = 0.004000 m

ABSCISSA CABO PÁRA-RAIOS X: -16.00500 m
 ORDENADA CABO PÁRA-RAIOS X: 29.34000 m
 ABSCISSA CABO PÁRA-RAIOS Y: 16.00500 m
 ORDENADA CABO PÁRA-RAIOS Y: 29.34000 m

CIRCUITO SIMPLES TRIFÁSICO

ABSCISSA FASE A1 : -6.50500 m
 ORDENADA FASE A1 : 19.69000 m
 ABSCISSA FASE B1 : 0.00000 m
 ORDENADA FASE B1 : 20.98000 m
 ABSCISSA FASE C1 : 6.50500 m
 ORDENADA FASE C1 : 19.69000 m

DISTÂNCIA FASE A1 - PÁRA-RAIOS X = 13.54 m
 DISTÂNCIA FASE B1 - PÁRA-RAIOS X = 18.06 m
 DISTÂNCIA FASE C1 - PÁRA-RAIOS X = 24.49 m
 DISTÂNCIA FASE A1 - PÁRA-RAIOS Y = 24.49 m
 DISTÂNCIA FASE B1 - PÁRA-RAIOS Y = 18.06 m
 DISTÂNCIA FASE C1 - PÁRA-RAIOS Y = 13.54 m
 DISTÂNCIA ENTRE CABOS PÁRA-RAIOS X e Y= 32.01 m

LINHA TRANSPOSTA

TRECHO 1:

IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS X = 0.0593 +J 0.3990 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS X = 0.0593 +J 0.3773 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS X = 0.0593 +J 0.3543 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS Y = 0.0593 +J 0.3543 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS Y = 0.0593 +J 0.3773 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS Y = 0.0593 +J 0.3990 ohms/km

 * PROGRAMA PERDAS-LT VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 KV CAL 1120 838 - 3/8"EAR + OPGW13,4 6- 3-2017*

TRECHO 2:

IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km

TRECHO 3:

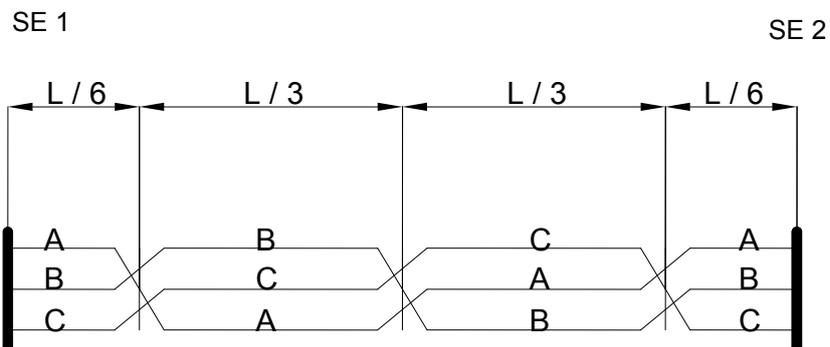
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km

IMPEDÂNCIA PRÓPRIA PÁRA-RAIOS X	=	4.2915 +J	1.0019 ohms/km
IMPEDÂNCIA PRÓPRIA PÁRA-RAIOS Y	=	0.7833 +J	1.0119 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA PÁRA-RAIOS X e Y	=	0.0593 +J	0.3341 ohms/km

CORRENTE NA FASE A	=	4000.0 A	90.00 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS X-TRECHO 1=		43.4 A	143.15 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS X-TRECHO 2=		43.4 A	-96.85 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS X-TRECHO 3=		43.4 A	23.14 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS Y-TRECHO 1=		125.0 A	-76.28 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS Y-TRECHO 2=		125.0 A	43.72 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS Y-TRECHO 3=		125.0 A	163.72 Graus

PERDAS JOULE NO CABO PÁRA-RAIO X	=	7.97 kW
PERDAS JOULE NO CABO PÁRA-RAIO Y	=	11.31 kW
PERDA JOULE TOTAL	=	19.28 kW

ANEXO 6 – TRANPOSIÇÃO DE FASES

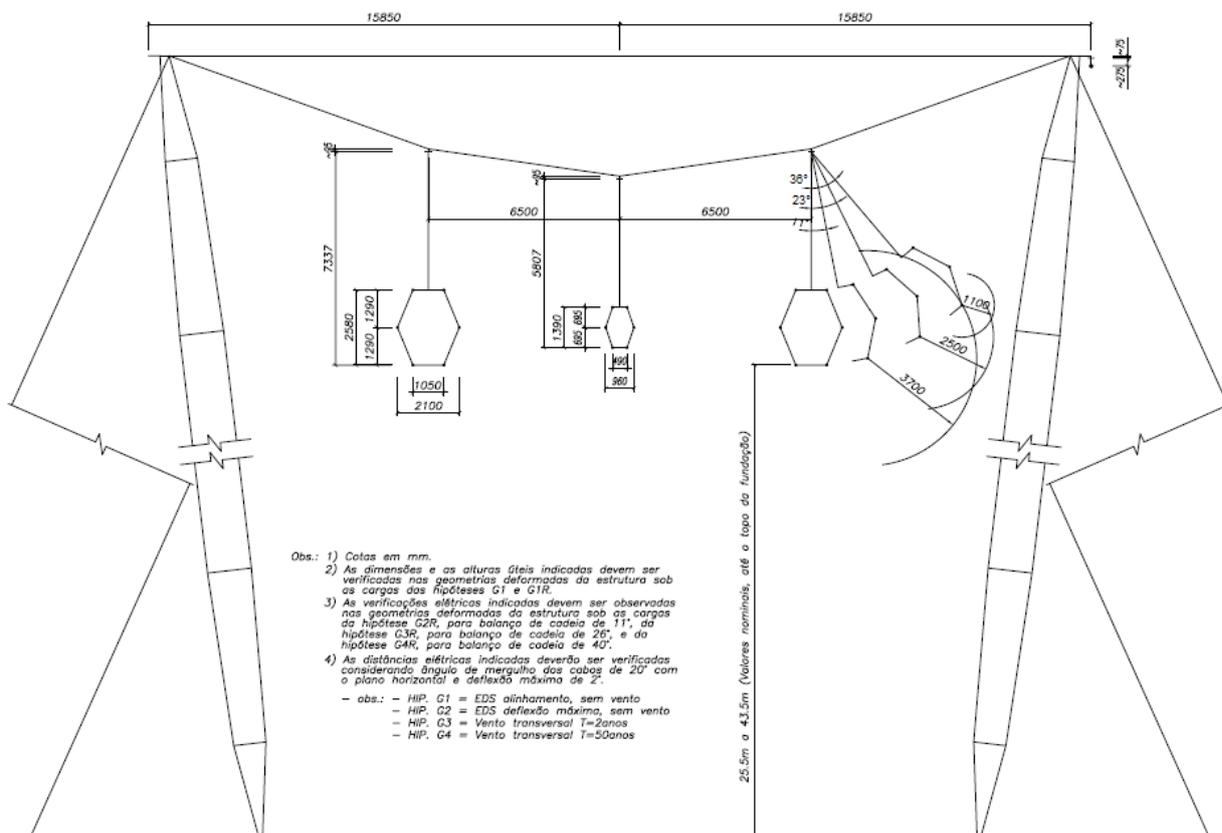


Notas:

- 1) "L" representa o comprimento da LT.
- 2) Representação sem escala.
- 3) A nomenclatura mostrada para as fases é meramente indicativa. A ordem do faseamento será definida no projeto executivo das instalações

ESQUEMA TÍPICO DAS TRANSPOSIÇÕES

ANEXO 7 – DESENHO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE V1CRL

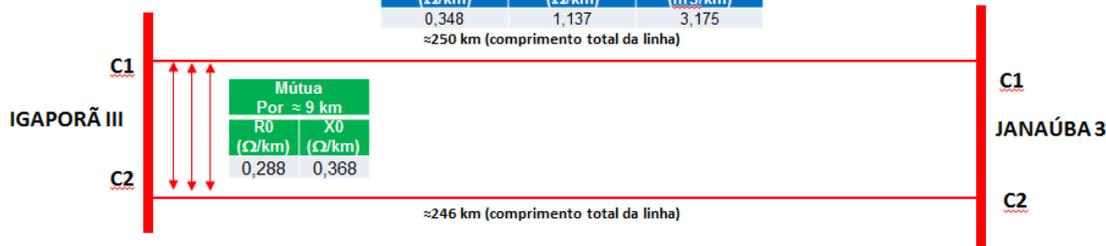


ANEXO 8 – ACOPLAMENTO MUTUO E PARÂMETROS CONCENTRADOS

**PARAMETROS ELETRICOS – ACOPLAMENTO
LT 500 KV IGAPORÃ III – JANAUBA 3 C1 E C2**

LT 500 KV IGAPORA III – JANAUBA 3 C1		
R1 (Ω/km)	X1 (Ω/km)	C1 (mS/km)
0,0138	0,192	8,65
R0 (Ω/km)	X0 (Ω/km)	C0 (mS/km)
0,348	1,137	3,175

≈250 km (comprimento total da linha)



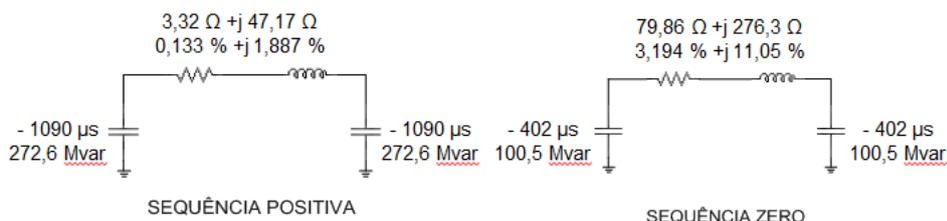
Mútua Por ≈ 9 km	
R0 (Ω/km)	X0 (Ω/km)
0,288	0,368

LEGENDA	
	SUBESTAÇÃO
	CIRCUITO SIMPLES
	TRECHO COM ACOPLAMENTO MÚTUO

LT 500 KV IGAPORA III – JANAUBA 3 C2		
R1 (Ω/km)	X1 (Ω/km)	C1 (mS/km)
0,0138	0,192	8,65
R0 (Ω/km)	X0 (Ω/km)	C0 (mS/km)
0,348	1,137	3,175

PARÂMETROS ELÉTRICOS CONCENTRADOS (PI*)

LT 500 KV IGAPORÃ III – JANAUBA 3 C1

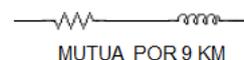


SEQUÊNCIA POSITIVA

SEQUÊNCIA ZERO

MÚTUAS

2,591 Ω + j 3,312 Ω
0,103 % + j 0,132 %



MUTUA POR 9 KM

LT 500 KV IGAPORÃ III – JANAUBA 3 C2

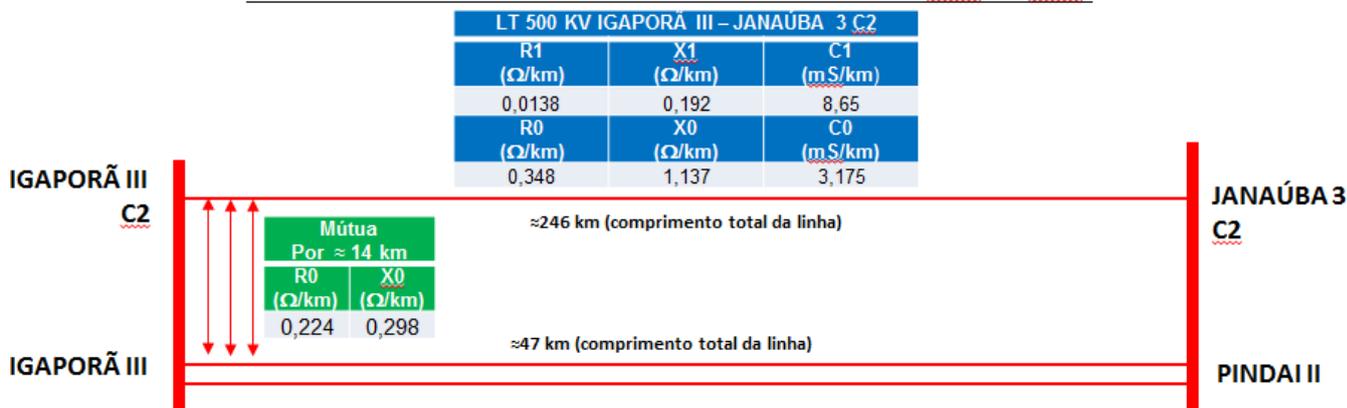


SEQUÊNCIA POSITIVA

SEQUÊNCIA ZERO

(*) Os parâmetros concentrados já consideram a correção hiperbólica

PARÂMETROS ELÉTRICOS – ACOPLAMENTO
LT 500 KV IGAPORÃ III – JANAUBA 3 C2 E
LT 230 KV IGAPORÃ III – PINDAI II C2 E C3

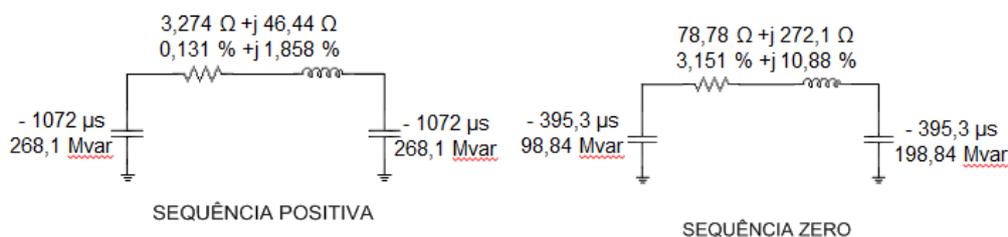


LEGENDA	
	SUBESTAÇÃO
	CIRCUITO SIMPLES
	CIRCUITO DUPLO
	TRECHO COM ACOPLAMENTO MÚTUO

R1 (Ω/km)	X1 (Ω/km)	C1 (mS/km)
0,0340	0,341	4,852
R0 (Ω/km)	X0 (Ω/km)	C0 (mS/km)
0,281	1,089	2,729

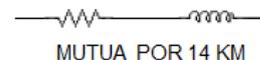
PARÂMETROS ELÉTRICOS CONCENTRADOS (PI*)

LT 500 KV IGAPORÃ III – JANAUBA 3 C2



MÚTUAS

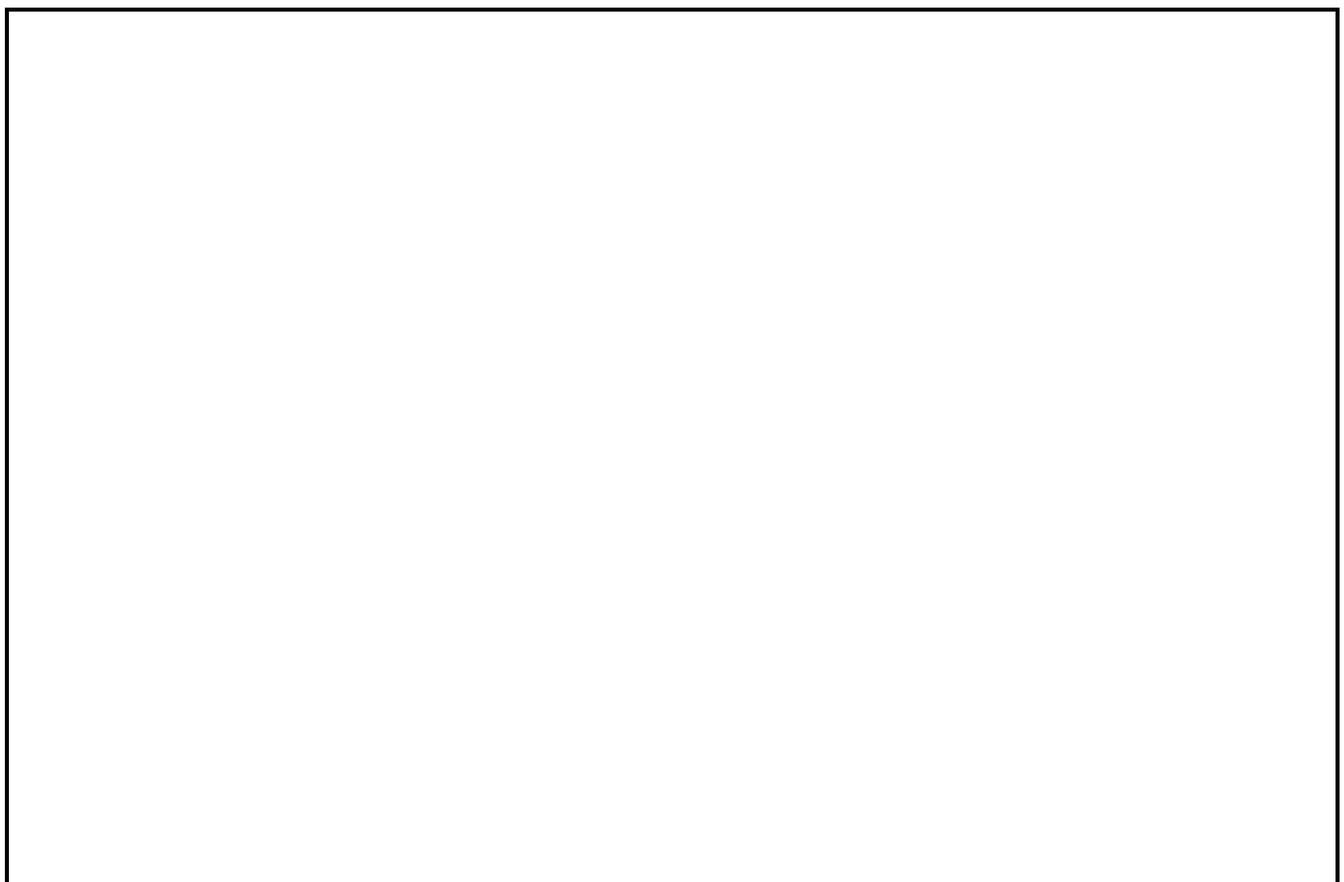
3,135 Ω + j 4,171 Ω
0,125 % + j 0,166 %



LT 500KV IGAPORÃ III – PINDAI II C2 E C3



(*) Os parâmetros concentrados já consideram a correção hiperbólica



Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
01	03/05/17	Resposta aos comentários da EP	AQ	JCS	
00	31/03/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	



EQUATORIAL TRANSMISSORA 5 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	31/03/17

TÍTULO

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
Lote 15 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO CONDUTOR E PARA-RAIOS

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT5-L501-PB-ELM-0005-R01	1 de 37	01

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	CABOS CONDUTORES	3
3.	CABOS PARA-RAIOS E OPGW	5
4.	VERIFICAÇÃO DAS PERDAS JOULE NA LT	7
5.	TRANSPOSIÇÃO DE FASES E DESEQUILÍBRIO DE TENSÕES	7
6.	REFERÊNCIAS	7
	ANEXO 1 - ATP	8
	ANEXO 2 - TEMPCOND	17
	ANEXO 3 - SAIDA PROGRAMA ATP DRAW	20
	ANEXO 4 – ESQUEMA DE TROCA DE PARA-RAIOS	24
	ANEXO 5 – PERDAS - LT	26
	ANEXO 6 – TRANPOSIÇÃO DE FASES	31
	ANEXO 7 – DESENHO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE V2CRL	33
	ANEXO 8 – ACOPLAMENTO MUTUO E PARÂMETROS CONCENTRADOS	35

1. OBJETIVO

- 1.1 Apresentar a seleção e as características principais dos cabos condutor e para-raios da LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2 em circuito simples pertencentes ao Lote 15 do Leilão 013/2015 – 2º parte.

2. CABOS CONDUTORES

2.1 CRITÉRIO E SELEÇÃO DOS CABOS

- 2.1.1 Os cabos condutores foram selecionados (Tabelas 1 a 3) em atendimento às exigências do Edital (1) e com base em critérios técnicos-econômicos, que levam em conta aspectos de mercado e as experiências desses cabos instalados no Brasil. Primordialmente a seleção dos condutores partiu da definição da configuração dos feixes condutores e da cabeça das estruturas da LT em conformidade com o Anexo Técnico do Edital (1)(8), e de forma a se obter o desempenho para a LT equivalente àquele requerido pela alternativa de referência do Edital (2) que sinaliza um SIL em torno de 1680MW, considerando a capacidade de corrente dos cabos.

REFERÊNCIA EDITAL							CONDUTOR SELECIONADO	
LT	(km)	R2 (Ref.)	Condutor R2 - Edital (CABOS X TIPO / fase)	Resistência 50°C-AC (Ω/km)	CABOS X TIPO / fase	Resistência 50°C-AC (Ω/km)		
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	257	(2)	6 x 975MCM (TERN)	0,0139	6 X AAAC 838MCM (liga 1120 - AS 1531)	0,0138		

LT	CONDUTOR SELECIONADO	Resistência R (Ω/km)	Reatância X (Ω/km)	Susceptância B (mho/km)	Impedância Zc(Ω)	SIL (MW)	Anexo ATP
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	6 x AAAC 838MCM (liga 1120 - AS 1531)	0,0138	0,192	0,00000865	149	1680	1

LT	CONDUTOR SELECIONADO	Resistência (Ω/km)	Reatância (Ω/km)	Susceptância (mho/km)	Impedância Zc(Ω)	Anexo ATP
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	6 x AAAC 838MCM (liga 1120 - AS 1531)	0,346	1,143	0,00000316	615	1

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1		LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2		Anexo ATP
R0(Ω/km)	X0(Ω/km)	R0(Ω/km)	X0(Ω/km)	
0,287	0,368	0,224	0,298	8

2.1.2 CONFIGURAÇÃO DAS FASES NAS ESTRUTURAS

A configuração das fases nas estruturas que implicam nos resultados das Tabelas 1 a 3 têm como base a cabeça da estrutura predominante definida no Relatório de Coordenação de Isolamento (7), a qual segue anexada a este relatório (anexo 8).

2.1.3 CARACTERÍSTICAS DO CABO CONDUTOR

Características dos Cabo Condutores

Aplicação	Toda a LT em cadeias de suspensão	Apenas Jumper
Tipo	AAAC	AAC
Código	LIGA 1120	AL 1350
Bitola	838 kcmil	2500 kcmil
Formação	37 FIOS	91 FIOS
Quantidade por fase ⁽¹⁾	6	3
Área do cabo	425,16 mm ²	1266,76 mm ²
Peso unitário	1,172 kgf/m	3,526 kgf/m
Diâmetro	26,78 mm	46,31 mm
Carga de ruptura (GA)	9.471 kgf	18.900 kgf
Resistencia Elétrica CC 20°C	0,0703 Ω/km	0,0229 Ω/km

(1) Cada fase da LT 500 kV é formada por seis cabos AAAC 838 kcmil dispostos em feixe elíptico.

2.1.4 TEMPERATURAS DE OPERAÇÃO DO CABO CONDUTOR

2.1.4.1 Parâmetros Comuns

Parâmetros Comuns	Valor Adotado
Velocidade do vento	1 m/s
Altitude	700m
Radiação solar	1000 W/m ²
Atmosfera	Limpa
Azimute da diretriz (caso mais desfavorável)	90°
Coeficiente de absorção do condutor	0,90
Coeficiente de emissividade do condutor	0,70

2.1.4.2 Parâmetros Específicos e Temperaturas de Operação dos Cabos

Com base no Edital 0013/2015 Anexo 6-15 item 2.2, onde se obtém as correntes de longa e curta duração calcula-se as temperaturas máximas de operação dos cabos, conforme Anexo 2.

TABELA 5 - PARÂMETROS ESPECÍFICOS E TEMPERATURAS MÁXIMAS DE OPERAÇÃO DO CABO CONDUTOR									
LT	CONDUTOR SELECIONADO	Temp. Máxima Média (°C)	Latitude Média	CORRENTE/FASE (A)		TEMPERATURAS LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS (°C)			
				DURAÇÃO		CALCULADA		ADOTADA	
				Longa	Curta	Longa	Curta	Longa	Curta
				Longa	Curta	Longa	Curta	Longa	Curta
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	6 x AAAC 838MCM (liga 1120 - AS 1531)	28	15°	2950	4000	51	59	55	60

3. CABOS PARA-RAIOS E OPGW

3.1 CRITÉRIO PARA SELEÇÃO DOS CABOS

3.1.1 Os cabos para-raios foram definidos em função da capacidade de suportarem a corrente de curto circuito de 50 kA especificadas no Edital da ANEEL (1) (8) e submódulo 2.4 (7) e por apresentarem bom desempenho frente às descargas atmosféricas.

3.2 COMPORTAMENTO TÉRMICO DOS CABOS PARA-RAIOS

3.1 Parâmetros

3.1.1 Os cabos para-raios estão sendo considerados aterrados em todas as estruturas e conectados às malhas de terra das subestações.

3.1.2 Níveis de Curto-Circuito conforme referencias (1)(2) e (8):

TABELA 6 – NÍVEIS DE CURTO-CIRCUITO		
LT	Nível de Curto (kA)	Tempo de Eliminação do Defeito (ms)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	50	250

3.1.3 Limites definidos para os cabos para-raios:

TABELA 7 – LIMITES DE TERMICOS E DE CORRENTE		
Cabo Para-raios	Temperatura limite (°C)	Corrente Limite (kA)
3/8" EAR, 7 fios (Classe B)	400	7,7
CAA DOTTEREL	200	26,3
OPGW 1 (Ø 15,6 mm)	180	22,27
OPGW 2 (Ø 13,4 mm)	180	10,95

3.1.4 Demais parâmetros para verificação do comportamento térmico dos cabos para-raios

LT	Compr. da LT (km)	Resistividade do Solo (Ω.m)	Resist. da malha SEs (Ω)	Resist. de aterram. das estruturas (Ω)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	257	1000	1	20

3.2 Metodologia de Cálculo

3.2.1 As correntes de falta fase-terra ao longo da LT, assim como a divisão dessas correntes pelos cabos para-raios e pelas estruturas aterradas, foram calculadas pelo programa LTCC, o qual tem como base a metodologia descrita na referência (5).

3.2.2 Os resultados obtidos constam do Anexo 3.

3.3 Verificação de desempenho dos cabos para-raios frente as correntes de curto-circuito

3.3.1 A tabela a seguir relaciona as correntes nos cabos para-raios junto às SEs e nos pontos de transição entre configurações. Os valores junto às SEs foram lidos diretamente nos relatórios constantes do Anexo 3. Os valores intermediários foram obtidos por interpolação linear a partir dos relatórios correspondentes à configuração analisada.

TABELA 9 – CORRENTE MÁXIMA NOS CABOS PARA-RAIOS				
LT	Situação de Instalação dos Cabos			Corrente Máxima Calculada (kA)
	Local	Tipo de Cabo	Extensão (*) (km)	
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	Junto às SE	Dotterel	15 em cada SE	20,60
		OPGW 1	15 em cada SE	21,75
	Entre as SE's	3/8" EHS	216	7,60
		OPGW 2	216	10,66

(*) As extensões foram definidas em função das características dos cabos OPGW considerados na Tabela 10. Estas extensões poderão ser alteradas em função dos cabos OPGW que vierem a ser efetivamente adquiridos, ou em função de um novo arranjo na configuração dos mesmos (exemplo: extensão OPGW 1 + OPGW2 diferente de Dotterel + 3/8").

3.3.2 Conforme pode ser observado pela Tabela 9 os valores máximos de corrente de curto-circuito para os cabos para-raios selecionados atendem aos limites térmicos especificados na Tabela 7. A representação gráfica da configuração adotada consta do Anexo 4.

3.3.3 CARACTERÍSTICAS DOS CABOS PARA-RAIOS

TABELA 10 – CARACTERÍSTICAS DOS CABOS							
TIPO	BITOLA	FORMAÇÃO	Classe Galvan.	Seção (mm ²)	Diâm. (mm)	Peso (kgf/m)	Carga de Ruptura (kgf)
CAA DOTTEREL	176,9 kcmil	12/7	B	141,89	15,42	0,657	7.857
Aço zinc. EHS	3/8"	7 fios	B	51,08	9,14	0,407	6.985
OPGW 1 (Loose)	15,6 mm	10 fios aço-alumínio Tubo óptico metálico	-	145,00	15,6	0,800	12.623
OPGW 2 (Loose)	13,4 mm	9 fios aço-alumínio Tubo óptico metálico	-	103,00	13,4	0,682	9.477

4. VERIFICAÇÃO DAS PERDAS JOULE NA LT

4.1 Para as perdas do cabo condutor empregou-se a resistência de sequência positiva da LT mostrada na Tabela 1 deste relatório. Já para os cabos para-raios as perdas foram calculadas pelo programa PERDAS – LT.

TABELA 11 – PERDAS JOULE						
LT (Todas as linha com transposição de fases)	Cabos Para-Raios			Condutor		% Perda Para-Raios com relação ao Condutor
	Configuração dos Cabos	Perda Unitária (kW/km)	Perda Total (*) (kW/km)	Perda Por fase (kW/km)	Perda Circuito (kW/km)	
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	CAA DOTTEREL + OPGW 15,6	31,27	20,74	220,8	662,4	3,13
	3/8" EHS + OPGW 13,4	19,28				

4.2 Conforme se pode observar as perdas nos cabos para-raios são inferiores ao limite de 5% das perdas nos condutores, como exigido pela ANEEL (1).

5. TRANSPOSIÇÃO DE FASES E Desequilíbrio de Tensões

5.1 A LT terá um ciclo completo de transposição. As estruturas de transposição deverão ser posicionadas em locais que correspondam a 1/6, 1/3, 1/3 e 1/6 da extensão da LT, conforme referencia (4) e arranjo esquemático mostrado no Anexo 6.

6. REFERÊNCIAS

- 1 Anexo 6-14 a 6-19 – Edital – Leilão 013/2015 - 2ª parte da ANEEL
- 2 Relatório R2 – Detalhamento de Alternativa de Referência - Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 3 NBR 8449 – Dimensionamento de cabos para-raios para linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 4 Submódulo 2.4 do ONS - Requisitos Mínimos para Linhas de Transmissão Aéreas
- 5 Artigo IEEE 70TP101-PWR, 1970 - General equations for fault currents in transmission line ground wires.
- 6 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0003 DADOS CLIMATOLÓGICOS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 7 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0009 COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO, preparado para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 8 Anexo 6 – Especificações Técnicas Gerais – Leilão 013/2015 - 2ª parte da ANEEL

ANEXO 1 - ATP

--- 56 cards of disk file read into card cache cells 1 onward.
 Alternative Transients Program (ATP), GNU Linux or DOS. All rights reserved by Can/Am user group of Portland, Oregon, USA.
 Date (dd-mth-yy) and time of day (hh.mm.ss) = 31-Mar-17 17:00:21 Name of disk plot file is 6aac838.pl4
 Consult the 860-page ATP Rule Book of the Can/Am EMTF User Group in Portland, Oregon, USA. Source code date is 18 November 2012.
 Total size of LABCOM tables = 12454813 INTEGER words. 31 VARDIM List Sizes follow: 6002 10K 192K 900 420K 1200 15K
 120K 2250 3800 720 2K 72800 510 800K 800 90 254 800K 100K 3K 15K 192K 120 45K 260K 600 210K 1100 19 400

-----+-----
 Descriptive interpretation of input data cards. | Input data card images are shown below, all 80 columns, character by character
 0 1 2 3 4 5 6 7 8
 012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890

-----+-----
 Comment card. NUMDCD = 1. |C data:6AAC838.ATP
 Marker card preceding new EMTF data case. |BEGIN NEW DATA CASE
 Compute overhead line constants. Limit = 120 |LINE CONSTANTS
 Request for metric (not English) units. |METRIC
 Comment card. NUMDCD = 5. |C DATA: 31/03/17
 Comment card. NUMDCD = 6. |C LEILAO 0013_2015 2 PARTE
 Comment card. NUMDCD = 7. |C LT'S 500 KV
 Comment card. NUMDCD = 8. |C CUIRCUITO SIMPLES
 Comment card. NUMDCD = 9. |C CONDUTOR : AAAC 1120 (6 X 838 MCM)
 Comment card. NUMDCD = 10. |C COMPRIMENTO: 1 KM (P/ ESTIMAR OHM/KM)
 Comment card. NUMDCD = 11. |C PARA-RAIO : 1 X AÇO 3/8 E 1 X OPGW
 Comment card. NUMDCD = 12. |C RESISTIVIDADE DO SOLO : 1000 ohms.m
 Comment card. NUMDCD = 13. |C RESISTENCIA DC CORRIGIDA PARA 50 GRAUS
 Comment card. NUMDCD = 14. |C CONSIDERANDO REDUÇÃO DOS CABOS PARA-RAIOS.
 Comment card. NUMDCD = 15. |C PARÂMETROS RODADOS PARA 1 KM.
 Comment card. NUMDCD = 16. |C SKIN RESIS REACT DIAM HORIZ VTOWER VMID SEPAR ALPHA NB
 Comment card. NUMDCD = 17. |C T/D DC OHM/KM CM M M M CM GRAUSS
 Comment card. NUMDCD = 18. |C |----|-----|-|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
 Comment card. NUMDCD = 19. |C 345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
 Comment card. NUMDCD = 20. |C 1 2 3 4 5 6 7 8
 Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 10.5000.078530 4 2.678 7.55 35.56 13.79 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 10.5000.078530 4 2.678 7.025 34.27 12.5 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 10.5000.078530 4 2.678 5.975 34.27 12.5 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 10.5000.078530 4 2.678 5.45 35.56 13.79 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 10.5000.078530 4 2.678 5.975 36.85 15.08 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 10.5000.078530 4 2.678 7.025 36.85 15.08 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 20.5000.078530 4 2.678 0.48 35.56 13.79 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 20.5000.078530 4 2.678 0.245 34.865 13.095 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 20.5000.078530 4 2.678 -0.245 34.865 13.095 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 20.5000.078530 4 2.678 -0.48 35.24 13.79 0.0 0.0 0

```

Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 20.5000.078530 4 2.678 -0.245 36.255 14.485 0.0 0.0 0
Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 20.5000.078530 4 2.678 0.245 36.255 14.485 0.0 0.0 0
Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 30.5000.078530 4 2.678 -5.45 35.56 13.79 0.0 0.0 0
Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 30.5000.078530 4 2.678 -5.975 34.27 12.5 0.0 0.0 0
Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 30.5000.078530 4 2.678 -7.025 34.27 12.5 0.0 0.0 0
Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 30.5000.078530 4 2.678 -7.55 35.56 13.79 0.0 0.0 0
Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 30.5000.078530 4 2.678 -7.025 36.85 15.08 0.0 0.0 0
Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 30.5000.078530 4 2.678 -5.975 36.85 15.08 0.0 0.0 0
Line conductor card. 5.000E-01 4.232E+00 4 | 0.5000 4.23220 4 0.9144 -15.65 45.60 26.83 0.0 0.0 0
Line conductor card. 2.500E-01 7.240E-01 4 | 0.2500 0.72400 4 1.3400 15.65 45.60 26.83 0.0 0.0 0
Blank card terminating conductor cards. |BLANK - FIM DOS DADOS DE CONDUTORES
Comment card. NUMDCD = 42. |C RHO - RESISTIVIDADE ohm.km (1-8)
Comment card. NUMDCD = 43. |C FREQUENC - FREQUENCIA Hz (9-18)
Comment card. NUMDCD = 44. |C FCAR - ALTA PRECISAO NA FORMULA DE CARSON (19-28)
Comment card. NUMDCD = 45. |C ICPR - IMPRESSAO MATRIZ SUSCEPTANCIA (30-35)
Comment card. NUMDCD = 46. |C IZPR - IMPRESSAO MATRIZ IMPEDANCIA (37-42)
Comment card. NUMDCD = 47. |C I - ICAP: IMPRESAO DA MATRIZ DE SUSCEP EM mho/km - I=0 OU EM F/km - I=1 (44)
Comment card. NUMDCD = 48. |C DIST - COMPRIMENTO DA LT km (45-52)
Comment card. NUMDCD = 49. |C S - ISEG: CABO PARA-RAIO CONTÍNUO - S=0 OU SEGMENTADO - S=1 (58)
Comment card. NUMDCD = 50. |C MD - MODELO DA LINHA TRASPOSTA - MD=0 OU NÃO-TRASPOSTA - MD=1 (69-70)
Comment card. NUMDCD = 51. |C RHO FREQUENC FCAR ICPR IZPR I DIST S MD
Comment card. NUMDCD = 52. |C -----|-----|-----| |----| |----| X|-----| |--|XX|---|---|---|X|X
Frequency card. 1.000E+03 6.000E+01 4.100E+02 |1000. 60.00 1 111 111 1 410. 0 0
    
```

Line conductor table after sorting and initial processing.

Table	Phase	Skin effect	Resistance	Reactance data specification	Diameter	Horizontal	Avg height	
Row	Number	R-type	R (Ohm/km)	X-type X (Ohm/km) or GMR	(cm)	X (mtrs)	Y (mtrs)	Name
1	1	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	7.550	21.047
2	2	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	0.480	21.047
3	3	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	-5.450	21.047
4	1	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	7.025	19.757
5	1	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	5.975	19.757
6	1	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	5.450	21.047
7	1	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	5.975	22.337
8	1	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	7.025	22.337
9	2	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	0.245	20.352
10	2	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	-0.245	20.352
11	2	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	-0.480	20.940
12	2	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	-0.245	21.742
13	2	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	0.245	21.742
14	3	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	-5.975	19.757

15	3	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	-7.025	19.757
16	3	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	-7.550	21.047
17	3	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	-7.025	22.337
18	3	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	-5.975	22.337
19	0	.50000	4.23220	4	.000000	.91440	-15.650	33.087
20	0	.25000	.72400	4	.000000	1.34000	15.650	33.087

Matrices are for earth resistivity = 1.00000000E+03 Ohm-meters and frequency 6.00000000E+01 Hz. Correction factor = 1.00000000E-06

Capacitance matrix, in units of [farads/kmeter] for the system of physical conductors. Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

```

1  1.009227E-08
2 -1.252676E-10  1.175700E-08
3 -5.205082E-11 -1.531844E-10  1.023118E-08
4 -2.059548E-09 -1.575222E-10 -5.986141E-11  1.017518E-08
5 -1.086503E-09 -2.578335E-10 -7.654602E-11 -2.638414E-09  1.024229E-08
6 -1.017244E-09 -3.362215E-10 -8.198547E-11 -1.055149E-09 -1.958201E-09  1.023141E-08
7 -1.094581E-09 -2.632455E-10 -8.317757E-11 -6.229720E-10 -7.238134E-10 -1.964873E-09  1.022649E-08
8 -2.067138E-09 -1.624575E-10 -6.610598E-11 -7.906489E-10 -6.218661E-10 -1.061445E-09 -2.654424E-09  1.015907E-08
9 -1.191193E-10 -2.427935E-09 -1.967436E-10 -1.750657E-10 -2.793054E-10 -2.974377E-10 -2.001190E-10 -1.289029E-10  1.192982E-08
10 -8.842564E-11 -1.279729E-09 -2.890571E-10 -1.295356E-10 -1.955634E-10 -1.951528E-10 -1.370842E-10 -9.393849E-11 -3.592324E-09
    1.206054E-08
11 -7.250547E-11 -1.431291E-09 -3.355007E-10 -9.042145E-11 -1.322985E-10 -1.522511E-10 -1.313782E-10 -9.123966E-11 -1.424925E-09
    -2.791833E-09  1.179755E-08
12 -9.738391E-11 -1.361638E-09 -3.116792E-10 -9.830810E-11 -1.426111E-10 -2.076162E-10 -2.142232E-10 -1.456726E-10 -6.658791E-10
    
```

-7.979509E-10 -2.143825E-09 1.178148E-08

13 -1.254280E-10 -2.457218E-09 -2.070161E-10 -1.302772E-10 -2.013299E-10 -3.043117E-10 -2.926107E-10 -1.875510E-10 -8.009224E-10
-6.385911E-10 -1.210685E-09 -3.717198E-09 1.187456E-08

14 -4.947845E-11 -1.296759E-10 -1.958298E-09 -6.730363E-11 -8.604364E-11 -7.657405E-11 -6.470818E-11 -5.253715E-11 -1.972283E-10
-2.721688E-10 -2.624935E-10 -2.062795E-10 -1.418421E-10 1.024226E-08

15 -4.176865E-11 -8.887614E-11 -1.055356E-09 -5.450720E-11 -6.733240E-11 -5.991755E-11 -5.361526E-11 -4.526792E-11 -1.309021E-10
-1.708851E-10 -1.602272E-10 -1.333337E-10 -9.769010E-11 -2.638564E-09 1.017490E-08

16 -3.870572E-11 -7.309175E-11 -1.017611E-09 -4.177669E-11 -4.951667E-11 -5.211967E-11 -5.745995E-11 -4.928877E-11 -8.954764E-11
-1.162385E-10 -1.249928E-10 -1.281981E-10 -9.688716E-11 -1.086798E-09 -2.059991E-09 1.009161E-08

17 -4.924900E-11 -9.408478E-11 -1.061941E-09 -4.524786E-11 -5.255596E-11 -6.615366E-11 -8.309143E-11 -7.038710E-11 -9.526993E-11
-1.255975E-10 -1.590644E-10 -1.914451E-10 -1.449901E-10 -6.222593E-10 -7.912040E-10 -2.067944E-09 1.015808E-08

18 -5.737121E-11 -1.355979E-10 -1.965323E-09 -5.355401E-11 -6.468589E-11 -8.317608E-11 -1.016038E-10 -8.302735E-11 -1.387294E-10
-1.945598E-10 -2.575123E-10 -2.989132E-10 -2.134227E-10 -7.241268E-10 -6.234083E-10 -1.095228E-09 -2.655242E-09 1.022577E-08

19 -7.625514E-11 -7.187671E-11 -1.762411E-10 -5.829561E-11 -5.663711E-11 -7.633716E-11 -1.142124E-10 -1.099790E-10 -6.085305E-11
-6.705100E-11 -8.474244E-11 -1.237835E-10 -1.115402E-10 -1.568539E-10 -2.187866E-10 -3.103133E-10 -3.774053E-10 -2.978542E-10
6.145025E-09

20 -3.241358E-10 -9.173145E-11 -8.011346E-11 -2.285426E-10 -1.638692E-10 -1.841180E-10 -3.111672E-10 -3.942412E-10 -7.181103E-11
-6.252243E-11 -7.236632E-11 -1.179184E-10 -1.275986E-10 -5.948296E-11 -6.133894E-11 -8.028538E-11 -1.156452E-10 -1.199132E-10
-2.966214E-10 6.415232E-09

Capacitance matrix, in units of [farads/kmeter] for the system of equivalent phase conductors.
Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

```

1  1.829306E-08
2  -6.159616E-09  1.771706E-08
3  -2.237752E-09 -6.162927E-09  1.827721E-08

```

Capacitance matrix, in units of [farads/kmeter] for symmetrical components of the equivalent phase conductor
 Rows proceed in the sequence (0, 1, 2), (0, 1, 2), etc.; columns proceed in the sequence (0, 2, 1), (0, 2, 1), etc.

```

0  8.388914E-09
   0.000000E+00
1  7.533883E-10 -1.210854E-09
   -1.293848E-09 -2.102586E-09
2  7.533883E-10  2.294921E-08 -1.210854E-09
   1.293848E-09 -1.037342E-26  2.102586E-09

```

Impedance matrix, in units of Ohms/kmeter for the system of physical conductors.
 Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

```

1  1.382422E-01
   9.403456E-01
2  5.822609E-02  1.382422E-01
   4.489937E-01  9.403456E-01
3  5.822427E-02  5.822632E-02  1.382422E-01
   4.030698E-01  4.622514E-01  9.403456E-01
4  5.825629E-02  5.825564E-02  5.825390E-02  1.383011E-01
   5.714536E-01  4.533434E-01  4.057457E-01  9.402832E-01
5  5.825626E-02  5.825583E-02  5.825429E-02  5.828577E-02  1.383011E-01
   5.428290E-01  4.659420E-01  4.122982E-01  5.927211E-01  9.402832E-01
6  5.822679E-02  5.822648E-02  5.822504E-02  5.825626E-02  5.825629E-02  1.382422E-01
   5.405214E-01  4.755671E-01  4.163538E-01  5.428290E-01  5.714536E-01  9.403456E-01
7  5.819743E-02  5.819701E-02  5.819549E-02  5.822684E-02  5.822686E-02  5.819746E-02  1.381835E-01
   5.428913E-01  4.660044E-01  4.123606E-01  5.192226E-01  5.250004E-01  5.715159E-01  9.404079E-01

```

8	5.819746E-02 5.715159E-01	5.819682E-02 4.534057E-01	5.819511E-02 4.058081E-01	5.822686E-02 5.250004E-01	5.822684E-02 5.192226E-01	5.819743E-02 5.428913E-01	5.816811E-02 5.928459E-01	1.381835E-01 9.404079E-01	
9	5.824189E-02 4.461718E-01	5.824271E-02 6.197975E-01	5.824221E-02 4.647261E-01	5.827147E-02 4.518144E-01	5.827167E-02 4.643859E-01	5.824229E-02 4.714006E-01	5.821279E-02 4.605799E-01	5.821259E-02 4.490656E-01	1.382739E-01 9.403120E-01
10	5.824178E-02 4.413179E-01	5.824270E-02 5.961207E-01	5.824229E-02 4.714006E-01	5.827136E-02 4.465907E-01	5.827158E-02 4.582601E-01	5.824221E-02 4.647261E-01	5.821270E-02 4.550096E-01	5.821249E-02 4.441941E-01	5.825858E-02 6.502140E-01
	1.382739E-01 9.403120E-01								
11	5.822830E-02 4.393845E-01	5.822927E-02 5.990750E-01	5.822891E-02 4.755471E-01	5.825786E-02 4.435322E-01	5.825809E-02 4.545754E-01	5.822875E-02 4.622366E-01	5.819926E-02 4.541591E-01	5.819904E-02 4.432368E-01	5.824514E-02 6.016167E-01
	5.824515E-02 6.308582E-01	1.382471E-01 9.403404E-01							
12	5.821009E-02 4.413515E-01	5.821101E-02 5.961543E-01	5.821060E-02 4.714342E-01	5.823962E-02 4.441653E-01	5.823983E-02 4.549808E-01	5.821052E-02 4.647597E-01	5.818107E-02 4.583560E-01	5.818085E-02 4.466867E-01	5.822685E-02 5.672174E-01
	5.822686E-02 5.716332E-01	5.821344E-02 6.100364E-01	1.382105E-01 9.403792E-01						
13	5.821020E-02 4.462054E-01	5.821101E-02 6.198311E-01	5.821052E-02 4.647597E-01	5.823972E-02 4.490369E-01	5.823992E-02 4.605511E-01	5.821060E-02 4.714342E-01	5.818116E-02 4.644819E-01	5.818096E-02 4.519104E-01	5.822686E-02 5.716332E-01
	5.822685E-02 5.672174E-01	5.821344E-02 5.906125E-01	5.819519E-02 6.502812E-01	1.382105E-01 9.403792E-01					
14	5.825348E-02 3.997122E-01	5.825565E-02 4.543478E-01	5.825629E-02 5.714536E-01	5.828316E-02 4.030074E-01	5.828357E-02 4.093572E-01	5.825429E-02 4.122982E-01	5.822467E-02 4.077021E-01	5.822427E-02 4.016134E-01	5.827158E-02 4.582601E-01
	5.827167E-02 4.643859E-01	5.825827E-02 4.662529E-01	5.823992E-02 4.605511E-01	5.823983E-02 4.549808E-01	1.383011E-01 9.402832E-01				
15	5.825303E-02 3.941221E-01	5.825543E-02 4.433629E-01	5.825626E-02 5.428290E-01	5.828272E-02 3.971511E-01	5.828316E-02 4.030074E-01	5.825390E-02 4.057457E-01	5.822427E-02 4.016134E-01	5.822384E-02 3.959632E-01	5.827136E-02 4.465907E-01
	5.827147E-02	5.825807E-02	5.823972E-02	5.823962E-02	5.828577E-02	1.383011E-01			

	4.518144E-01	4.535649E-01	4.490369E-01	4.441653E-01	5.927211E-01	9.402832E-01			
16	5.822338E-02 3.917794E-01	5.822587E-02 4.393937E-01	5.822679E-02 5.405214E-01	5.825303E-02 3.941221E-01	5.825348E-02 3.997122E-01	5.822427E-02 4.030698E-01	5.819470E-02 3.997745E-01	5.819425E-02 3.941845E-01	5.824178E-02 4.413179E-01
	5.824189E-02 4.461718E-01	5.822852E-02 4.489825E-01	5.821020E-02 4.462054E-01	5.821009E-02 4.413515E-01	5.825626E-02 5.428290E-01	5.825629E-02 5.714536E-01	1.382422E-01 9.403456E-01		
17	5.819425E-02 3.941845E-01	5.819661E-02 4.434253E-01	5.819743E-02 5.428913E-01	5.822384E-02 3.959632E-01	5.822427E-02 4.016134E-01	5.819511E-02 4.058081E-01	5.816559E-02 4.031321E-01	5.816516E-02 3.972758E-01	5.821249E-02 4.441941E-01
	5.821259E-02 4.490656E-01	5.819924E-02 4.531612E-01	5.818096E-02 4.519104E-01	5.818085E-02 4.466867E-01	5.822684E-02 5.192226E-01	5.822686E-02 5.250004E-01	5.819746E-02 5.715159E-01	1.381835E-01 9.404079E-01	
18	5.819470E-02 3.997745E-01	5.819683E-02 4.544102E-01	5.819746E-02 5.715159E-01	5.822427E-02 4.016134E-01	5.822467E-02 4.077021E-01	5.819549E-02 4.123606E-01	5.816598E-02 4.094819E-01	5.816559E-02 4.031321E-01	5.821270E-02 4.550096E-01
	5.821279E-02 4.605799E-01	5.819944E-02 4.656642E-01	5.818116E-02 4.644819E-01	5.818107E-02 4.583560E-01	5.822686E-02 5.250004E-01	5.822684E-02 5.192226E-01	5.819743E-02 5.428913E-01	5.816811E-02 5.928459E-01	1.381835E-01 9.404079E-01
19	5.794685E-02 3.506999E-01	5.795078E-02 3.703991E-01	5.795299E-02 3.887494E-01	5.797612E-02 3.501948E-01	5.797678E-02 3.528185E-01	5.794816E-02 3.562179E-01	5.791896E-02 3.566968E-01	5.791831E-02 3.538040E-01	5.796648E-02 3.694910E-01
	5.796670E-02 3.709112E-01	5.795360E-02 3.730432E-01	5.793552E-02 3.742435E-01	5.793530E-02 3.726960E-01	5.798211E-02 3.854857E-01	5.798239E-02 3.882551E-01	5.795354E-02 3.950689E-01	5.792448E-02 3.989848E-01	5.792421E-02 3.953522E-01
	4.289914E+00 1.022123E+00								
20	5.795354E-02 3.950689E-01	5.795120E-02 3.733042E-01	5.794816E-02 3.562179E-01	5.798239E-02 3.882551E-01	5.798211E-02 3.854857E-01	5.795299E-02 3.887494E-01	5.792421E-02 3.953522E-01	5.792448E-02 3.989848E-01	5.796670E-02 3.709112E-01
	5.796648E-02 3.694910E-01	5.795317E-02 3.701572E-01	5.793530E-02 3.726960E-01	5.793552E-02 3.742435E-01	5.797678E-02 3.528185E-01	5.797612E-02 3.501948E-01	5.794685E-02 3.506999E-01	5.791831E-02 3.538040E-01	5.791896E-02 3.566968E-01
	5.767321E-02 3.374024E-01	7.817395E-01 9.865497E-01							

Impedance matrix, in units of Ohms/kmeter for the system of equivalent phase conductors.
Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

```

1  1.272963E-01
   4.865637E-01

2  1.120923E-01  1.241881E-01
   3.297636E-01  5.371657E-01

3  1.103973E-01  1.093205E-01  1.217328E-01
   2.829857E-01  3.383880E-01  5.038638E-01
    
```

Impedance matrix, in units of Ohms/kmeter for symmetrical components of the equivalent phase conductor
 Rows proceed in the sequence (0, 1, 2), (0, 1, 2), etc.; columns proceed in the sequence (0, 2, 1), (0, 2, 1), etc.

```

0  3.456125E-01
   1.143289E+00

1 -2.103032E-02 -1.723139E-02
   -2.079007E-02  1.029503E-02

2  2.520380E-02  1.380237E-02  1.755620E-02
   -2.318626E-02  1.921520E-01  9.755466E-03
    
```

Sequence	Surge impedance		Attenuation	velocity	Wavelength	Resistance	Reactance	Susceptance
	magnitude (Ohm)	angle (degr.)	db/km	km/sec	km	Ohm/km	Ohm/km	mho/km
Zero :	6.14545E+02	-8.40994E+00	2.46897E-03	1.96081E+05	3.26802E+03	3.45612E-01	1.14329E+00	3.16255E-06
Positive:	1.49222E+02	-2.05426E+00	4.01963E-04	2.92200E+05	4.86999E+03	1.38024E-02	1.92152E-01	8.65165E-06

ANEXO 2 - TEMPCOND

 * PROGRAMA TEMPCOND VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 kV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 17-03-17*

DADOS GERAIS

=====

DIAMETRO : 2.6780 (cm)
 RESISTENCIA A 50.0 oC : .0800 (Ohm/km)
 TEMP. CONDUTOR (VALOR INICIAL) : 40.0000 (oC)
 PASSO DA TEMPERATURA : 1.0000 (oC)
 TEMP. CONDUTOR (VALOR FINAL) : 100.0000 (oC)
 FATOR DE EMISSIVIDADE : .7000 (p.u.)

VELOCIDADE DO VENTO : 3.6000 (Km/h)
 TEMPERATURA AMBIENTE : 28.0000 (oC)
 ALTITUDE DA REGIAO : 700.0000 (m)

HORA LOCAL : 12.0000 (h)
 LATITUDE DA REGIAO : -15.0000 (GRAUS)
 DECLINACAO SOLAR : -23.0000 (GRAUS)
 AZIMUTE DA LT : 90.0000 (GRAUS)
 TIPO DE ATMOSFERA : LIMPA
 COEFIC. DE ABSORCAO : .9000 (p.u.)

IRRADIACAO SOLAR : 9996.5290 (W/km.cm)

RESULTADOS

=====

TEMPERATURA DO CONDUTOR (oC)	CORRENTE TRANSMISSIVEL PELO CONDUTOR (A)
40.0000	.0000
41.0000	.0000
42.0000	159.8635
43.0000	228.4152
44.0000	280.4381
45.0000	323.9973
46.0000	362.1620
47.0000	396.4952
48.0000	427.9223
49.0000	457.0448
50.0000	484.2805
51.0000	509.9333
52.0000	534.2330
53.0000	557.3577
54.0000	579.4496
55.0000	600.6241
56.0000	620.9762
57.0000	640.5853
58.0000	659.5190
59.0000	677.8348

 * PROGRAMA TEMPCOND VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 kV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 17-03-17*

TEMPERATURA DO CONDUTOR (oC)	CORRENTE TRANSMISSIVEL PELO CONDUTOR (A)
60.0000	695.5828
61.0000	712.8061
62.0000	729.5431
63.0000	745.8273
64.0000	761.6887
65.0000	777.1542
66.0000	792.2477
67.0000	806.9907
68.0000	821.4032
69.0000	835.5029
70.0000	849.3060
71.0000	862.8277
72.0000	876.0817
73.0000	889.0805
74.0000	901.8359
75.0000	914.3588
76.0000	926.6592
77.0000	938.7464
78.0000	950.6293
79.0000	962.3159
80.0000	973.8138
81.0000	985.1304
82.0000	996.2722
83.0000	1007.2460
84.0000	1018.0570
85.0000	1028.7110
86.0000	1039.2140
87.0000	1049.5700
88.0000	1059.7850
89.0000	1069.8630
90.0000	1079.8080
91.0000	1089.6240
92.0000	1099.3150
93.0000	1108.8850
94.0000	1118.3380
95.0000	1127.6760
96.0000	1136.9040
97.0000	1146.0230
98.0000	1155.0370
99.0000	1163.9500
100.0000	1172.7620

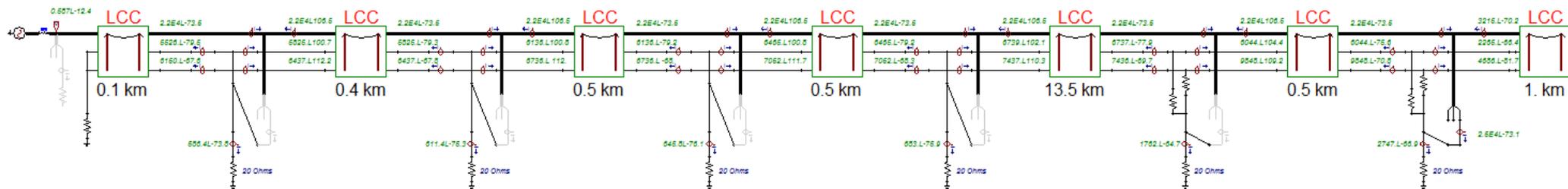
ANEXO 3 - SAIDA PROGRAMA ATP DRAW

D - DISTANCIA DO PONTO DE FALTA A SE 1 (KM)
 I - CORRENTE DE CC TOTAL (kA)
 I1 - CONTRIBUICAO DA SE IGAPORÃ III (kA)
 I2 - CONTRIBUICAO DA SE JANAÚBA 3 (kA)
 IE - CORRENTE QUE DESCE PELA ESTRUTURA ONDE HOUVE O CURTO (kA) TERMINAIS APÓS DE 15KM
 IV1 - CORRENTE EM DIRECAO A SE IGAPORÃ III NO CABO PARA-RAIOS V (kA) DOTTEREL AÇO 3/8 EAR
 IV2 - CORRENTE EM DIRECAO A SE JANAÚBA 3 NO CABO PARA-RAIOS V (kA) DOTTEREL AÇO 3/8 EAR
 IW1 - CORRENTE EM DIRECAO A SE IGAPORÃ III NO CABO PARA-RAIOS W (kA) OPGW 15,6 OPGW 13,4
 IW2 - CORRENTE EM DIRECAO A SE JANAÚBA 3 NO CABO PARA-RAIOS W (KA) OPGW 15,6 OPGW 13,4

	Local do defeito (km) Distância entre SE IGAPORÃ III e Local da Falta	I	I1	I2	IE	IV1	IW1	IV2	IW2
DOTTEREL + OPGW 15,6	0,1	52,54	48,61	3,94	2,14	20,60	21,75	4,28	4,27
	1	49,03	45,22	3,83	2,19	20,47	21,46	2,64	2,69
	5	37,84	34,38	3,46	2,71	14,67	15,41	2,84	2,87
	15	25,95	22,73	3,22	2,46	7,60	8,13	1,58	6,63
ACO 3/8 + OPGW13,4	15,5	25,49	22,28	3,22	2,75	6,04	9,85	2,27	4,69
	25	18,41	15,43	2,98	3,12	2,36	10,66	0,49	2,11
	41	12,90	10,06	2,84	4,34	1,21	5,49	0,39	1,69
	123	8,30	4,15	4,15	1,73	0,60	2,74	0,60	2,74
	205	12,90	2,84	10,06	4,34	0,39	1,69	1,21	5,49
	221	18,41	2,98	15,43	3,12	0,49	2,11	2,36	10,66
DOTTEREL + OPGW 15,6	230,5	25,49	3,22	22,28	2,75	2,27	4,69	6,04	9,85
	231	25,95	3,22	22,73	2,46	1,58	6,63	7,60	8,13
	241	37,84	3,46	34,38	2,71	2,84	2,87	14,67	15,41
	245	49,03	3,83	45,22	2,19	2,64	2,69	20,47	21,46
	245,9	52,54	3,94	48,61	2,14	4,28	4,27	20,60	21,75

Curto localizado na troca a 15,5 km da SE

SE IGAPORÃ III



ANEXO 4 – ESQUEMA DE TROCA DE PARA-RAIOS



LT 500 kV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2

ANEXO 5 – PERDAS - LT

 * PROGRAMA PERDAS-LT VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 KV CAL 1120 838 - DOTTEREL + OPGW15,6 6- 3-2017*

FREQUÊNCIA = 60.0 Hz
 RESISTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO = 1000.0 ohms.m
 EXTENSÃO DA LT = 1.0 km
 NÚMERO DE CABO(S) PÁRA-RAIOS = 2
 RESISTÊNCIA DO CABO PÁRA-RAIOS X = 0.3221 ohms/km
 RESISTÊNCIA DO CABO PÁRA-RAIOS Y = 0.4000 ohms/km
 GMR DO CABO PÁRA-RAIOS X = 0.006620 m
 GMR DO CABO PÁRA-RAIOS Y = 0.005200 m

ABSCISSA CABO PÁRA-RAIOS X: -16.00500 m
 ORDENADA CABO PÁRA-RAIOS X: 29.34000 m
 ABSCISSA CABO PÁRA-RAIOS Y: 16.00500 m
 ORDENADA CABO PÁRA-RAIOS Y: 29.34000 m

CIRCUITO SIMPLES TRIFÁSICO

ABSCISSA FASE A1 : -6.50500 m
 ORDENADA FASE A1 : 19.69000 m
 ABSCISSA FASE B1 : 0.00000 m
 ORDENADA FASE B1 : 20.98000 m
 ABSCISSA FASE C1 : 6.50500 m
 ORDENADA FASE C1 : 19.69000 m

DISTÂNCIA FASE A1 - PÁRA-RAIOS X = 13.54 m
 DISTÂNCIA FASE B1 - PÁRA-RAIOS X = 18.06 m
 DISTÂNCIA FASE C1 - PÁRA-RAIOS X = 24.49 m
 DISTÂNCIA FASE A1 - PÁRA-RAIOS Y = 24.49 m
 DISTÂNCIA FASE B1 - PÁRA-RAIOS Y = 18.06 m
 DISTÂNCIA FASE C1 - PÁRA-RAIOS Y = 13.54 m
 DISTÂNCIA ENTRE CABOS PÁRA-RAIOS X e Y = 32.01 m

LINHA TRANSPOSTA

TRECHO 1:

IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS X = 0.0593 +J 0.3990 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS X = 0.0593 +J 0.3773 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS X = 0.0593 +J 0.3543 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS Y = 0.0593 +J 0.3543 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS Y = 0.0593 +J 0.3773 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS Y = 0.0593 +J 0.3990 ohms/km

 * PROGRAMA PERDAS-LT VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 KV CAL 1120 838 - DOTTEREL + OPGW15,6 6- 3-2017*

TRECHO 2:

IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km

TRECHO 3:

IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km

IMPEDÂNCIA PRÓPRIA PÁRA-RAIOS X	=	0.3814 +J	0.9739 ohms/km
IMPEDÂNCIA PRÓPRIA PÁRA-RAIOS Y	=	0.4593 +J	0.9921 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA PÁRA-RAIOS X e Y	=	0.0593 +J	0.3341 ohms/km

CORRENTE NA FASE A	=	4000.0 A	90.00 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS X-TRECHO 1=		211.4 A	87.15 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS X-TRECHO 2=		211.4 A	-152.85 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS X-TRECHO 3=		211.4 A	-32.85 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS Y-TRECHO 1=		205.4 A	-89.11 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS Y-TRECHO 2=		205.4 A	30.88 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS Y-TRECHO 3=		205.4 A	150.88 Graus

PERDAS JOULE NO CABO PÁRA-RAIO X	=	14.39 kW
PERDAS JOULE NO CABO PÁRA-RAIO Y	=	16.88 kW
PERDA JOULE TOTAL	=	31.27 kW

 * PROGRAMA PERDAS-LT VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 KV CAL 1120 838 - 3/8"EAR + OPGW13,4 6- 3-2017*

FREQUÊNCIA = 60.0 Hz
 RESISTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO = 1000.0 ohms.m
 EXTENSÃO DA LT = 1.0 km
 NÚMERO DE CABO(S) PÁRA-RAIOS = 2
 RESISTÊNCIA DO CABO PÁRA-RAIOS X = 4.2322 ohms/km
 RESISTÊNCIA DO CABO PÁRA-RAIOS Y = 0.7240 ohms/km
 GMR DO CABO PÁRA-RAIOS X = 0.004570 m
 GMR DO CABO PÁRA-RAIOS Y = 0.004000 m

ABSCISSA CABO PÁRA-RAIOS X: -16.00500 m
 ORDENADA CABO PÁRA-RAIOS X: 29.34000 m
 ABSCISSA CABO PÁRA-RAIOS Y: 16.00500 m
 ORDENADA CABO PÁRA-RAIOS Y: 29.34000 m

CIRCUITO SIMPLES TRIFÁSICO

ABSCISSA FASE A1 : -6.50500 m
 ORDENADA FASE A1 : 19.69000 m
 ABSCISSA FASE B1 : 0.00000 m
 ORDENADA FASE B1 : 20.98000 m
 ABSCISSA FASE C1 : 6.50500 m
 ORDENADA FASE C1 : 19.69000 m

DISTÂNCIA FASE A1 - PÁRA-RAIOS X = 13.54 m
 DISTÂNCIA FASE B1 - PÁRA-RAIOS X = 18.06 m
 DISTÂNCIA FASE C1 - PÁRA-RAIOS X = 24.49 m
 DISTÂNCIA FASE A1 - PÁRA-RAIOS Y = 24.49 m
 DISTÂNCIA FASE B1 - PÁRA-RAIOS Y = 18.06 m
 DISTÂNCIA FASE C1 - PÁRA-RAIOS Y = 13.54 m
 DISTÂNCIA ENTRE CABOS PÁRA-RAIOS X e Y = 32.01 m

LINHA TRANSPOSTA

TRECHO 1:

IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS X = 0.0593 +J 0.3990 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS X = 0.0593 +J 0.3773 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS X = 0.0593 +J 0.3543 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS Y = 0.0593 +J 0.3543 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS Y = 0.0593 +J 0.3773 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS Y = 0.0593 +J 0.3990 ohms/km

 * PROGRAMA PERDAS-LT VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 KV CAL 1120 838 - 3/8"EAR + OPGW13,4 6- 3-2017*

TRECHO 2:

IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km

TRECHO 3:

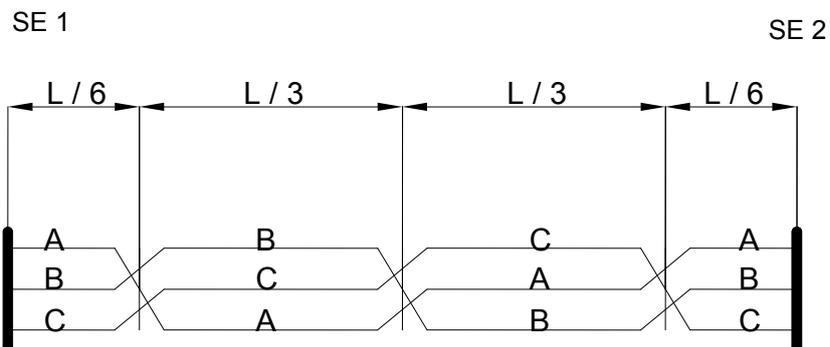
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km

IMPEDÂNCIA PRÓPRIA PÁRA-RAIOS X	=	4.2915 +J	1.0019 ohms/km
IMPEDÂNCIA PRÓPRIA PÁRA-RAIOS Y	=	0.7833 +J	1.0119 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA PÁRA-RAIOS X e Y	=	0.0593 +J	0.3341 ohms/km

CORRENTE NA FASE A	=	4000.0 A	90.00 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS X-TRECHO 1=		43.4 A	143.15 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS X-TRECHO 2=		43.4 A	-96.85 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS X-TRECHO 3=		43.4 A	23.14 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS Y-TRECHO 1=		125.0 A	-76.28 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS Y-TRECHO 2=		125.0 A	43.72 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS Y-TRECHO 3=		125.0 A	163.72 Graus

PERDAS JOULE NO CABO PÁRA-RAIO X	=	7.97 kW
PERDAS JOULE NO CABO PÁRA-RAIO Y	=	11.31 kW
PERDA JOULE TOTAL	=	19.28 kW

ANEXO 6 – TRANPOSIÇÃO DE FASES

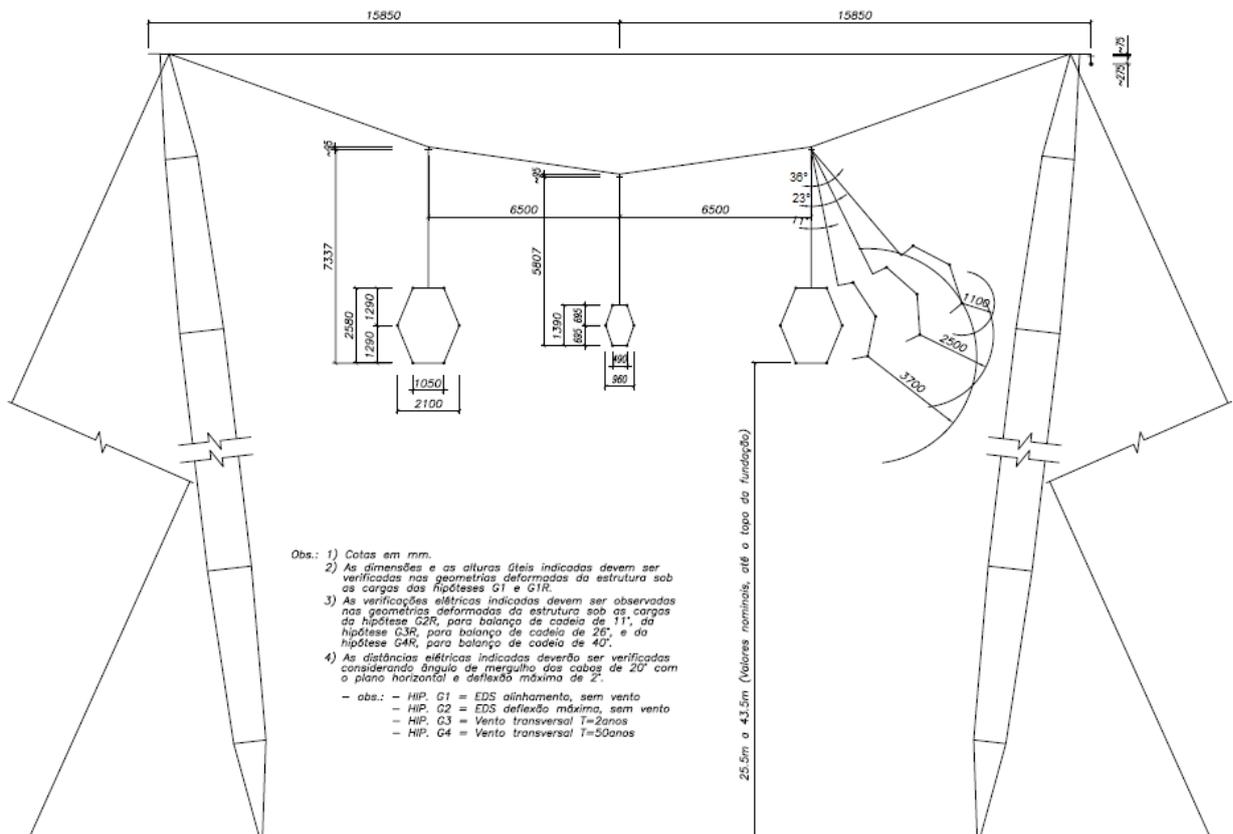


Notas:

- 1) "L" representa o comprimento da LT.
- 2) Representação sem escala.
- 3) A nomenclatura mostrada para as fases é meramente indicativa. A ordem do faseamento será definida no projeto executivo das instalações

ESQUEMA TÍPICO DAS TRANSPOSIÇÕES

ANEXO 7 – DESENHO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE V1CRL

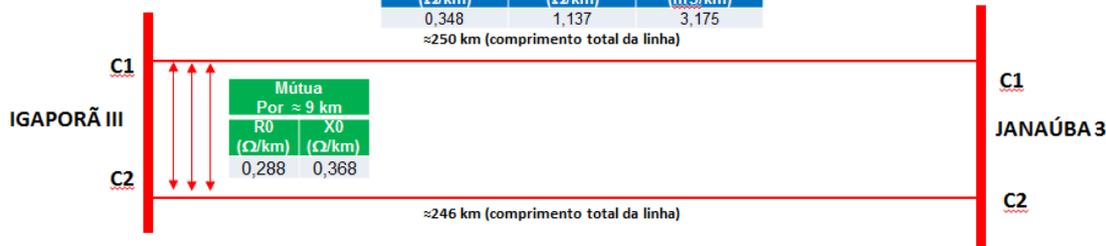


ANEXO 8 – ACOPLAMENTO MUTUO E PARÂMETROS CONCENTRADOS

**PARAMETROS ELETRICOS – ACOPLAMENTO
LT 500 KV IGAPORÃ III – JANAUBA 3 C1 E C2**

LT 500 KV IGAPORA III – JANAUBA 3 C1		
R1 (Ω/km)	X1 (Ω/km)	C1 (mS/km)
0,0138	0,192	8,65
R0 (Ω/km)	X0 (Ω/km)	C0 (mS/km)
0,348	1,137	3,175

≈250 km (comprimento total da linha)



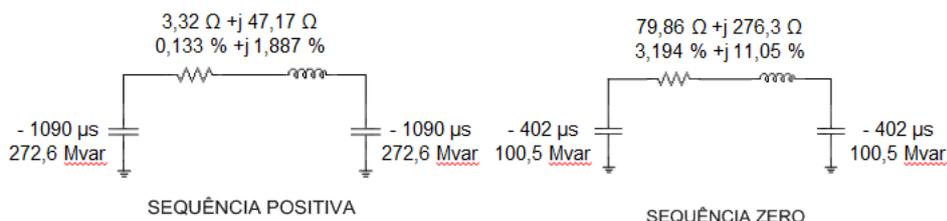
Mútua Por ≈ 9 km	
R0 (Ω/km)	X0 (Ω/km)
0,288	0,368

LEGENDA	
	SUBESTAÇÃO
	CIRCUITO SIMPLES
	TRECHO COM ACOPLAMENTO MÚTUO

LT 500 KV IGAPORA III – JANAUBA 3 C2		
R1 (Ω/km)	X1 (Ω/km)	C1 (mS/km)
0,0138	0,192	8,65
R0 (Ω/km)	X0 (Ω/km)	C0 (mS/km)
0,348	1,137	3,175

PARÂMETROS ELÉTRICOS CONCENTRADOS (PI*)

LT 500 KV IGAPORÃ III – JANAUBA 3 C1

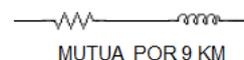


SEQUÊNCIA POSITIVA

SEQUÊNCIA ZERO

MÚTUAS

2,591 Ω + j 3,312 Ω
0,103 % + j 0,132%



MUTUA POR 9 KM

LT 500 KV IGAPORÃ III – JANAUBA 3 C2



SEQUÊNCIA POSITIVA

SEQUÊNCIA ZERO

(*) Os parâmetros concentrados já consideram a correção hiperbólica

PARÂMETROS ELÉTRICOS – ACOPLAMENTO
LT 500 KV IGAPORÃ III – JANAUBA 3 C2 E
LT 230 KV IGAPORÃ III – PINDAI II C2 E C3



LEGENDA	
	SUBESTAÇÃO
	CIRCUITO SIMPLES
	CIRCUITO DUPLO
	TRECHO COM ACOPLAMENTO MÚTUO

LT 230 KV IGAPORÃ III – PINDAI II C2 E C3		
R1 (Ω/km)	X1 (Ω/km)	C1 (mS/km)
0,0340	0,341	4,852
R0 (Ω/km)	X0 (Ω/km)	C0 (mS/km)
0,281	1,089	2,729

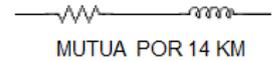
PARÂMETROS ELÉTRICOS CONCENTRADOS (PI*)

LT 500 KV IGAPORÃ III – JANAUBA 3 C2



MÚTUAS

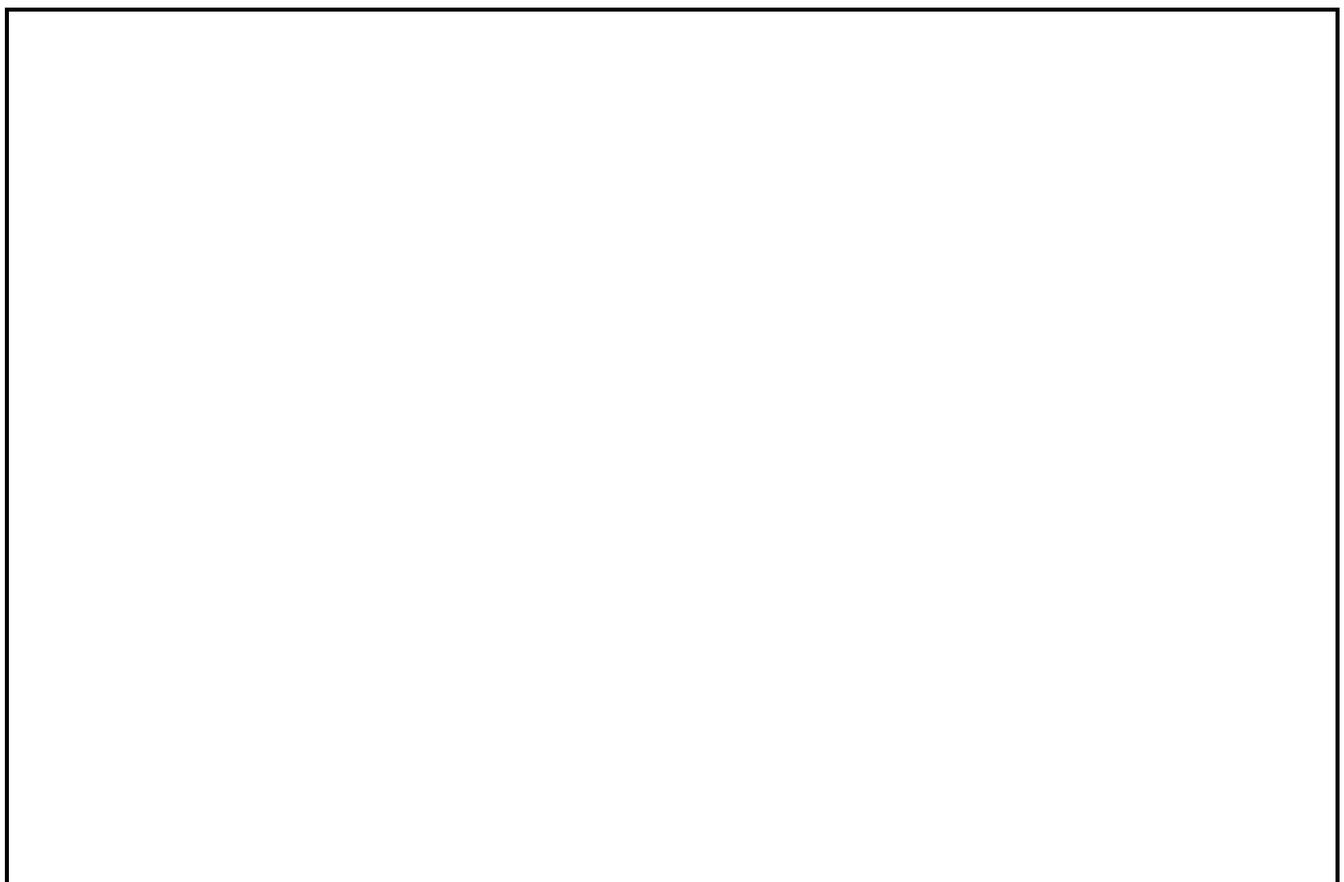
$3,135 \Omega + j 4,171 \Omega$
 $0,125 \% + j 0,166 \%$



LT 500KV IGAPORÃ III – PINDAI II C2 E C3



(*) Os parâmetros concentrados já consideram a correção hiperbólica



Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
02	15/05/17	Resposta aos comentários da EP , e alterado Logotipo da AG	AQ	JCS	
01	03/05/17	Resposta aos comentários da EP	AQ	JCS	
00	31/03/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	



EQUATORIAL TRANSMISSORA 5 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	31/03/17

TÍTULO

**LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
Lote 15 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO CONDUTOR E PARA-RAIOS**

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT5-L501-PB-ELM-0005-R02	1 de 37	02

ÍNDICE

1. OBJETIVO	3
2. CABOS CONDUTORES	3
3. CABOS PARA-RAIOS E OPGW	5
4. VERIFICAÇÃO DAS PERDAS JOULE NA LT	7
5. TRANSPOSIÇÃO DE FASES E DESEQUILÍBRIO DE TENSÕES	7
6. REFERÊNCIAS	7
ANEXO 1 - ATP	8
ANEXO 2 - TEMPCOND	17
ANEXO 3 - SAIDA PROGRAMA ATP DRAW	20
ANEXO 4 – ESQUEMA DE TROCA DE PARA-RAIOS	24
ANEXO 5 – PERDAS - LT	26
ANEXO 6 – TRANPOSIÇÃO DE FASES	31
ANEXO 7 – DESENHO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE V2CRL	33
ANEXO 8 – ACOPLAMENTO MUTUO E PARÂMETROS CONCENTRADOS	35

1. OBJETIVO

1.1 Apresentar a seleção e as características principais dos cabos condutor e para-raios da LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2 em circuito simples pertencentes ao Lote 15 do Leilão 013/2015 – 2º parte.

2. CABOS CONDUTORES

2.1 CRITÉRIO E SELEÇÃO DOS CABOS

2.1.1 Os cabos condutores foram selecionados (Tabelas 1 a 3) em atendimento às exigências do Edital (1) e com base em critérios técnicos-econômicos, que levam em conta aspectos de mercado e as experiências desses cabos instalados no Brasil. Primordialmente a seleção dos condutores partiu da definição da configuração dos feixes condutores e da cabeça das estruturas da LT em conformidade com o Anexo Técnico do Edital (1)(8), e de forma a se obter o desempenho para a LT equivalente àquele requerido pela alternativa de referência do Edital (2) que sinaliza um SIL em torno de 1680MW, considerando a capacidade de corrente dos cabos.

TABELA 1 - QUANTO A PERDA JOULE						
REFERÊNCIA EDITAL					CONDUTOR SELECIONADO	
LT	(km)	R2 (Ref.)	Condutor R2 - Edital (CABOS X TIPO / fase)	Resistência 50°C-AC (Ω/km)	CABOS X TIPO / fase	Resistência 50°C-AC (Ω/km)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	246	(2)	6 x 975MCM (TERN)	0,0139	6 X AAAC 838MCM (liga 1120 - AS 1531)	0,0138

TABELA 2 - QUANTO AOS PARÂMETROS ELÉTRICOS DE SEQUENCIA POSITIVA							
LT	CONDUTOR SELECIONADO	Resistência R (Ω/km)	Reatância X (Ω/km)	Susceptância B (mho/km)	Impedância Zc(Ω)	SIL (MW)	Anexo ATP
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	6 x AAAC 838MCM (liga 1120 - AS 1531)	0,0138	0,192	0,00000865	149	1680	1

TABELA 3 - QUANTO AOS PARÂMETROS ELÉTRICOS DE SEQUENCIA ZERO						
LT	CONDUTOR SELECIONADO	Resistência (Ω/km)	Reatância (Ω/km)	Susceptância (mho/km)	Impedância Zc(Ω)	Anexo ATP
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	6 x AAAC 838MCM (liga 1120 - AS 1531)	0,346	1,143	0,00000316	615	1

Acoplamento Mutuo				
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1 LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2		LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2 LT 500 kV Igaporã III - Pindai II - C2 e C3		Anexo ATP
R0(Ω/km)	X0(Ω/km)	R0(Ω/km)	X0(Ω/km)	
0,287	0,368	0,224	0,298	

2.1.2 CONFIGURAÇÃO DAS FASES NAS ESTRUTURAS

A configuração das fases nas estruturas que implicam nos resultados das Tabelas 1 a 3 têm como base a cabeça da estrutura predominante definida no Relatório de Coordenação de Isolamento (7), a qual segue anexada a este relatório (anexo 8).

2.1.3 CARACTERÍSTICAS DO CABO CONDUTOR

Características dos Cabo Condutores

Aplicação	Toda a LT em cadeias de suspensão	Apenas Jumper
Tipo	AAAC	AAC
Código	LIGA 1120	AL 1350
Bitola	838 kcmil	2500 kcmil
Formação	37 FIOS	91 FIOS
Quantidade por fase ⁽¹⁾	6	3
Área do cabo	425,16 mm ²	1266,76 mm ²
Peso unitário	1,172 kgf/m	3,526 kgf/m
Diâmetro	26,78 mm	46,31 mm
Carga de ruptura (GA)	9.471 kgf	18.900 kgf
Resistencia Elétrica CC 20°C	0,0703 Ω/km	0,0229 Ω/km

(1) Cada fase da LT 500 kV é formada por seis cabos AAAC 838 kcmil dispostos em feixe elíptico.

2.1.4 TEMPERATURAS DE OPERAÇÃO DO CABO CONDUTOR

2.1.4.1 Parâmetros Comuns

Parâmetros Comuns	Valor Adotado
Velocidade do vento	1 m/s
Altitude	700m
Radiação solar	1000 W/m ²
Atmosfera	Limpa
Azimute da diretriz (caso mais desfavorável)	90°
Coefficiente de absorção do condutor	0,90
Coefficiente de emissividade do condutor	0,70

2.1.4.2 Parâmetros Específicos e Temperaturas de Operação dos Cabos

Com base no Edital 0013/2015 Anexo 6-15 item 2.2, onde se obtém as correntes de longa e curta duração calcula-se as temperaturas máximas de operação dos cabos, conforme Anexo 2.

TABELA 5 - PARÂMETROS ESPECÍFICOS E TEMPERATURAS MÁXIMAS DE OPERAÇÃO DO CABO CONDUTOR									
LT	CONDUTOR SELECIONADO	Temp. Máxima Média (°C)	Latitude Média	CORRENTE/FASE (A)		TEMPERATURAS LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS (°C)			
				DURAÇÃO		CALCULADA		ADOTADA	
				Longa	Curta	Longa	Curta	Longa	Curta
				Longa	Curta	Longa	Curta	Longa	Curta
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	6 x AAAC 838MCM (liga 1120 - AS 1531)	28	15°	2950	4000	51	59	55	60

3. CABOS PARA-RAIOS E OPGW

3.1 CRITÉRIO PARA SELEÇÃO DOS CABOS

3.1.1 Os cabos para-raios foram definidos em função da capacidade de suportarem a corrente de curto circuito de 50 kA especificadas no Edital da ANEEL (1) (8) e submódulo 2.4 (7) e por apresentarem bom desempenho frente às descargas atmosféricas.

3.2 COMPORTAMENTO TÉRMICO DOS CABOS PARA-RAIOS

3.1 Parâmetros

3.1.1 Os cabos para-raios estão sendo considerados aterrados em todas as estruturas e conectados às malhas de terra das subestações.

3.1.2 Níveis de Curto-Circuito conforme referencias (1)(2) e (8):

TABELA 6 – NÍVEIS DE CURTO-CIRCUITO		
LT	Nível de Curto (kA)	Tempo de Eliminação do Defeito (ms)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	50	250

3.1.3 Limites definidos para os cabos para-raios:

TABELA 7 – LIMITES DE TERMICOS E DE CORRENTE		
Cabo Para-raios	Temperatura limite (°C)	Corrente Limite (kA)
3/8" EAR, 7 fios (Classe B)	400	7,7
CAA DOTTEREL	200	26,3
OPGW 1 (Ø 16,75 mm)	180	27,56
OPGW 2 (Ø 13,4 mm)	180	10,95

3.1.4 Demais parâmetros para verificação do comportamento térmico dos cabos para-raios

LT	Compr. da LT (km)	Resistividade do Solo (Ω.m)	Resist. da malha SEs (Ω)	Resist. de aterram. das estruturas (Ω)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	246	1000	1	20

3.2 Metodologia de Cálculo

3.2.1 As correntes de falta fase-terra ao longo da LT, assim como a divisão dessas correntes pelos cabos para-raios e pelas estruturas aterradas, foram calculadas pelo programa LTCC, o qual tem como base a metodologia descrita na referência (5).

3.2.2 Os resultados obtidos constam do Anexo 3.

3.3 Verificação de desempenho dos cabos para-raios frente as correntes de curto-circuito

3.3.1 A tabela a seguir relaciona as correntes nos cabos para-raios junto às SEs e nos pontos de transição entre configurações. Os valores junto às SEs foram lidos diretamente nos relatórios constantes do Anexo 3. Os valores intermediários foram obtidos por interpolação linear a partir dos relatórios correspondentes à configuração analisada.

LT	Situação de Instalação dos Cabos			Corrente Máxima Calculada (kA)
	Local	Tipo de Cabo	Extensão (*) (km)	
LT 500 kV Igaropã III - Janaúba 3 - C2	Junto às SE	Dotterel	21 em cada SE	17,15
		OPGW 1	21 em cada SE	19,80
	Verificação vão adjacente a troca 21,5 km da SE	3/8" EHS	204	2,39
		OPGW 2	204	10,95

(*) As extensões foram definidas em função das características dos cabos OPGW considerados na Tabela 10. Estas extensões poderão ser alteradas em função dos cabos OPGW que vierem a ser efetivamente adquiridos, ou em função de um novo arranjo na configuração dos mesmos (exemplo: extensão OPGW 1 + OPGW2 diferente de Dotterel + 3/8").

3.3.2 Conforme pode ser observado pela Tabela 9 os valores máximos de corrente de curto-circuito para os cabos para-raios selecionados atendem aos limites térmicos especificados na Tabela 7. A representação gráfica da configuração adotada consta do Anexo 4.

3.3.3 CARACTERÍSTICAS DOS CABOS PARA-RAIOS

TIPO	BITOLA	FORMAÇÃO	Classe Galvan.	Seção (mm ²)	Diâm. (mm)	Peso (kgf/m)	Carga de Ruptura (kgf)
CAA DOTTEREL	176,9 kcmil	12/7	A	141,89	15,42	0,657	7.857
Aço zinc. EHS	3/8"	7 fios	B	51,08	9,14	0,407	6.985
OPGW 1 (Loose)	16,75 mm	Dupla camada 12/6 fios aço-alumínio Tubo Aço inoxidável	-	159,00	16,75	0,768	9.888
OPGW 2 (Loose)	13,4 mm	9 fios aço-alumínio Tubo óptico metálico	-	103,00	13,4	0,682	9.477

4. VERIFICAÇÃO DAS PERDAS JOULE NA LT

4.1 Para as perdas do cabo condutor empregou-se a resistência de sequência positiva da LT mostrada na Tabela 1 deste relatório. Já para os cabos para-raios as perdas foram calculadas pelo programa PERDAS – LT.

TABELA 11 – PERDAS JOULE						
LT (Todas as linha com transposição de fases)	Cabos Para-Raios			Condutor		% Perda Para-Raios com relação ao Condutor
	Configuração dos Cabos	Perda Unitária (kW/km)	Perda Total (*) (kW/km)	Perda Por fase (kW/km)	Perda Circuito (kW/km)	
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	CAA DOTTEREL + OPGW 16,75	28,53	20,85	220,8	662,4	3,14
	3/8" EHS + OPGW 13,4	19,28				

4.2 Conforme se pode observar as perdas nos cabos para-raios são inferiores ao limite de 5% das perdas nos condutores, como exigido pela ANEEL (1).

5. TRANSPOSIÇÃO DE FASES E DESEQUILÍBRIO DE TENSÕES

5.1 A LT terá um ciclo completo de transposição. As estruturas de transposição deverão ser posicionadas em locais que correspondam a 1/6, 1/3, 1/3 e 1/6 da extensão da LT, conforme referencia (4) e arranjo esquemático mostrado no Anexo 6.

6. REFERÊNCIAS

- 1 Anexo 6-14 a 6-19 – Edital – Leilão 013/2015 - 2ª parte da ANEEL
- 2 Relatório R2 – Detalhamento de Alternativa de Referência - Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 3 NBR 8449 – Dimensionamento de cabos para-raios para linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 4 Submódulo 2.4 do ONS - Requisitos Mínimos para Linhas de Transmissão Aéreas
- 5 Artigo IEEE 70TP101-PWR, 1970 - General equations for fault currents in transmission line ground wires.
- 6 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0003 DADOS CLIMATOLÓGICOS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 7 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0009 COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO, preparado para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 8 Anexo 6 – Especificações Técnicas Gerais – Leilão 013/2015 - 2ª parte da ANEEL

ANEXO 1 - ATP

--- 56 cards of disk file read into card cache cells 1 onward.
 Alternative Transients Program (ATP), GNU Linux or DOS. All rights reserved by Can/Am user group of Portland, Oregon, USA.
 Date (dd-mth-yy) and time of day (hh.mm.ss) = 31-Mar-17 17:00:21 Name of disk plot file is 6aac838.pl4
 Consult the 860-page ATP Rule Book of the Can/Am EMTP User Group in Portland, Oregon, USA. Source code date is 18 November 2012.
 Total size of LABCOM tables = 12454813 INTEGER words. 31 VARDIM List Sizes follow: 6002 10K 192K 900 420K 1200 15K
 120K 2250 3800 720 2K 72800 510 800K 800 90 254 800K 100K 3K 15K 192K 120 45K 260K 600 210K 1100 19 400

-----+-----
 Descriptive interpretation of input data cards. | Input data card images are shown below, all 80 columns, character by character
 0 1 2 3 4 5 6 7 8
 012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890

-----+-----
 Comment card. NUMDCD = 1. |C data:6AAAC838.ATP
 Marker card preceding new EMTP data case. |BEGIN NEW DATA CASE
 Compute overhead line constants. Limit = 120 |LINE CONSTANTS
 Request for metric (not English) units. |METRIC
 Comment card. NUMDCD = 5. |C DATA: 31/03/17
 Comment card. NUMDCD = 6. |C LEILAO 0013_2015 2 PARTE
 Comment card. NUMDCD = 7. |C LT'S 500 KV
 Comment card. NUMDCD = 8. |C CUIRCUITO SIMPLES
 Comment card. NUMDCD = 9. |C CONDUTOR : AAAC 1120 (6 X 838 MCM)
 Comment card. NUMDCD = 10. |C COMPRIMENTO: 1 KM (P/ ESTIMAR OHM/KM)
 Comment card. NUMDCD = 11. |C PARA-RAIO : 1 X AÇO 3/8 E 1 X OPGW
 Comment card. NUMDCD = 12. |C RESISTIVIDADE DO SOLO : 1000 ohms.m
 Comment card. NUMDCD = 13. |C RESISTENCIA DC CORRIGIDA PARA 50 GRAUS
 Comment card. NUMDCD = 14. |C CONSIDERANDO REDUÇÃO DOS CABOS PARA-RAIOS.
 Comment card. NUMDCD = 15. |C PARAMÊTROS RODADOS PARA 1 KM.
 Comment card. NUMDCD = 16. |C SKIN RESIS REACT DIAM HORIZ VTOWER VMID SEPAR ALPHA NB
 Comment card. NUMDCD = 17. |C T/D DC OHM/KM CM M M M CM GRAUSS
 Comment card. NUMDCD = 18. |C |----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
 Comment card. NUMDCD = 19. |C 345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
 Comment card. NUMDCD = 20. |C 1 2 3 4 5 6 7 8
 Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 10.5000.078530 4 2.678 7.55 35.56 13.79 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 10.5000.078530 4 2.678 7.025 34.27 12.5 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 10.5000.078530 4 2.678 5.975 34.27 12.5 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 10.5000.078530 4 2.678 5.45 35.56 13.79 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 10.5000.078530 4 2.678 5.975 36.85 15.08 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 10.5000.078530 4 2.678 7.025 36.85 15.08 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 20.5000.078530 4 2.678 0.48 35.56 13.79 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 20.5000.078530 4 2.678 0.245 34.865 13.095 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 20.5000.078530 4 2.678 -0.245 34.865 13.095 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 20.5000.078530 4 2.678 -0.48 35.24 13.79 0.0 0.0 0

```

Line conductor card.  5.000E-01  7.853E-02  4 | 20.5000.078530  4      2.678 -0.245  36.255  14.485  0.0  0.0  0
Line conductor card.  5.000E-01  7.853E-02  4 | 20.5000.078530  4      2.678  0.245  36.255  14.485  0.0  0.0  0
Line conductor card.  5.000E-01  7.853E-02  4 | 30.5000.078530  4      2.678 -5.45  35.56  13.79  0.0  0.0  0
Line conductor card.  5.000E-01  7.853E-02  4 | 30.5000.078530  4      2.678 -5.975  34.27  12.5  0.0  0.0  0
Line conductor card.  5.000E-01  7.853E-02  4 | 30.5000.078530  4      2.678 -7.025  34.27  12.5  0.0  0.0  0
Line conductor card.  5.000E-01  7.853E-02  4 | 30.5000.078530  4      2.678 -7.55  35.56  13.79  0.0  0.0  0
Line conductor card.  5.000E-01  7.853E-02  4 | 30.5000.078530  4      2.678 -7.025  36.85  15.08  0.0  0.0  0
Line conductor card.  5.000E-01  7.853E-02  4 | 30.5000.078530  4      2.678 -5.975  36.85  15.08  0.0  0.0  0
Line conductor card.  5.000E-01  4.232E+00  4 | 0.5000 4.23220  4      0.9144 -15.65  45.60  26.83  0.0  0.0  0
Line conductor card.  2.500E-01  7.240E-01  4 | 0.2500 0.72400  4      1.3400  15.65  45.60  26.83  0.0  0.0  0
Blank card terminating conductor cards. |BLANK - FIM DOS DADOS DE CONDUTORES
Comment card.  NUMDCD = 42. |C RHO - RESISTIVIDADE ohm.km (1-8)
Comment card.  NUMDCD = 43. |C FREQUENC - FREQUENCIA Hz (9-18)
Comment card.  NUMDCD = 44. |C FCAR - ALTA PRECISAO NA FORMULA DE CARSON (19-28)
Comment card.  NUMDCD = 45. |C ICPR - IMPRESSAO MATRIZ SUSCEPTANCIA (30-35)
Comment card.  NUMDCD = 46. |C IZPR - IMPRESSAO MATRIZ IMPEDANCIA (37-42)
Comment card.  NUMDCD = 47. |C I - ICAP: IMPRESAO DA MATRIZ DE SUSCEP EM mho/km - I=0 OU EM F/km - I=1 (44)
Comment card.  NUMDCD = 48. |C DIST - COMPRIMENTO DA LT km (45-52)
Comment card.  NUMDCD = 49. |C S - ISEG: CABO PARA-RAIO CONTÍNUO - S=0 OU SEGMENTADO - S=1 (58)
Comment card.  NUMDCD = 50. |C MD - MODELO DA LINHA TRANSPOSTA - MD=0 OU NÃO-TRASPOSTA - MD=1 (69-70)
Comment card.  NUMDCD = 51. |C RHO FREQUENC FCAR ICPR IZPR I DIST S MD
Comment card.  NUMDCD = 52. |C -----|-----|-----| |----| |----| X|-----| |--|XX|-|-|-|X|X
Frequency card.  1.000E+03  6.000E+01  4.100E+02 |1000.      60.00      1  111 111  1  410.      0      0
    
```

Line conductor table after sorting and initial processing.

Table Row	Phase Number	Skin effect R-type	Resistance R (Ohm/km)	Reactance X-type	Reactance data specification X(Ohm/km) or GMR	Diameter (cm)	Horizontal X (mtrs)	Avg height Y (mtrs)	Name
1	1	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	7.550	21.047	
2	2	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	0.480	21.047	
3	3	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	-5.450	21.047	
4	1	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	7.025	19.757	
5	1	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	5.975	19.757	
6	1	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	5.450	21.047	
7	1	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	5.975	22.337	
8	1	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	7.025	22.337	
9	2	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	0.245	20.352	
10	2	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	-0.245	20.352	
11	2	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	-0.480	20.940	
12	2	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	-0.245	21.742	
13	2	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	0.245	21.742	
14	3	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	-5.975	19.757	

15	3	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	-7.025	19.757
16	3	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	-7.550	21.047
17	3	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	-7.025	22.337
18	3	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	-5.975	22.337
19	0	.50000	4.23220	4	.000000	.91440	-15.650	33.087
20	0	.25000	.72400	4	.000000	1.34000	15.650	33.087

Matrices are for earth resistivity = 1.00000000E+03 Ohm-meters and frequency 6.00000000E+01 Hz. Correction factor = 1.00000000E-06

Capacitance matrix, in units of [farads/kmeter] for the system of physical conductors. Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

```

1  1.009227E-08
2  -1.252676E-10  1.175700E-08
3  -5.205082E-11 -1.531844E-10  1.023118E-08
4  -2.059548E-09 -1.575222E-10 -5.986141E-11  1.017518E-08
5  -1.086503E-09 -2.578335E-10 -7.654602E-11 -2.638414E-09  1.024229E-08
6  -1.017244E-09 -3.362215E-10 -8.198547E-11 -1.055149E-09 -1.958201E-09  1.023141E-08
7  -1.094581E-09 -2.632455E-10 -8.317757E-11 -6.229720E-10 -7.238134E-10 -1.964873E-09  1.022649E-08
8  -2.067138E-09 -1.624575E-10 -6.610598E-11 -7.906489E-10 -6.218661E-10 -1.061445E-09 -2.654424E-09  1.015907E-08
9  -1.191193E-10 -2.427935E-09 -1.967436E-10 -1.750657E-10 -2.793054E-10 -2.974377E-10 -2.001190E-10 -1.289029E-10  1.192982E-08
10 -8.842564E-11 -1.279729E-09 -2.890571E-10 -1.295356E-10 -1.955634E-10 -1.951528E-10 -1.370842E-10 -9.393849E-11 -3.592324E-09
    1.206054E-08
11 -7.250547E-11 -1.431291E-09 -3.355007E-10 -9.042145E-11 -1.322985E-10 -1.522511E-10 -1.313782E-10 -9.123966E-11 -1.424925E-09
    -2.791833E-09  1.179755E-08
12 -9.738391E-11 -1.361638E-09 -3.116792E-10 -9.830810E-11 -1.426111E-10 -2.076162E-10 -2.142232E-10 -1.456726E-10 -6.658791E-10
    
```



```

-7.979509E-10 -2.143825E-09 1.178148E-08
13 -1.254280E-10 -2.457218E-09 -2.070161E-10 -1.302772E-10 -2.013299E-10 -3.043117E-10 -2.926107E-10 -1.875510E-10 -8.009224E-10
-6.385911E-10 -1.210685E-09 -3.717198E-09 1.187456E-08
14 -4.947845E-11 -1.296759E-10 -1.958298E-09 -6.730363E-11 -8.604364E-11 -7.657405E-11 -6.470818E-11 -5.253715E-11 -1.972283E-10
-2.721688E-10 -2.624935E-10 -2.062795E-10 -1.418421E-10 1.024226E-08
15 -4.176865E-11 -8.887614E-11 -1.055356E-09 -5.450720E-11 -6.733240E-11 -5.991755E-11 -5.361526E-11 -4.526792E-11 -1.309021E-10
-1.708851E-10 -1.602272E-10 -1.333337E-10 -9.769010E-11 -2.638564E-09 1.017490E-08
16 -3.870572E-11 -7.309175E-11 -1.017611E-09 -4.177669E-11 -4.951667E-11 -5.211967E-11 -5.745995E-11 -4.928877E-11 -8.954764E-11
-1.162385E-10 -1.249928E-10 -1.281981E-10 -9.688716E-11 -1.086798E-09 -2.059991E-09 1.009161E-08
17 -4.924900E-11 -9.408478E-11 -1.061941E-09 -4.524786E-11 -5.255596E-11 -6.615366E-11 -8.309143E-11 -7.038710E-11 -9.526993E-11
-1.255975E-10 -1.590644E-10 -1.914451E-10 -1.449901E-10 -6.222593E-10 -7.912040E-10 -2.067944E-09 1.015808E-08
18 -5.737121E-11 -1.355979E-10 -1.965323E-09 -5.355401E-11 -6.468589E-11 -8.317608E-11 -1.016038E-10 -8.302735E-11 -1.387294E-10
-1.945598E-10 -2.575123E-10 -2.989132E-10 -2.134227E-10 -7.241268E-10 -6.234083E-10 -1.095228E-09 -2.655242E-09 1.022577E-08
19 -7.625514E-11 -7.187671E-11 -1.762411E-10 -5.829561E-11 -5.663711E-11 -7.633716E-11 -1.142124E-10 -1.099790E-10 -6.085305E-11
-6.705100E-11 -8.474244E-11 -1.237835E-10 -1.115402E-10 -1.568539E-10 -2.187866E-10 -3.103133E-10 -3.774053E-10 -2.978542E-10
6.145025E-09
20 -3.241358E-10 -9.173145E-11 -8.011346E-11 -2.285426E-10 -1.638692E-10 -1.841180E-10 -3.111672E-10 -3.942412E-10 -7.181103E-11
-6.252243E-11 -7.236632E-11 -1.179184E-10 -1.275986E-10 -5.948296E-11 -6.133894E-11 -8.028538E-11 -1.156452E-10 -1.199132E-10
-2.966214E-10 6.415232E-09

```

Capacitance matrix, in units of [farads/kmeter] for the system of equivalent phase conductors.
 Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

```

1  1.829306E-08
2 -6.159616E-09  1.771706E-08
3 -2.237752E-09 -6.162927E-09  1.827721E-08
    
```

Capacitance matrix, in units of [farads/kmeter] for symmetrical components of the equivalent phase conductor
 Rows proceed in the sequence (0, 1, 2), (0, 1, 2), etc.; columns proceed in the sequence (0, 2, 1), (0, 2, 1), etc.

```

0  8.388914E-09
   0.000000E+00

1  7.533883E-10 -1.210854E-09
   -1.293848E-09 -2.102586E-09

2  7.533883E-10  2.294921E-08 -1.210854E-09
   1.293848E-09 -1.037342E-26  2.102586E-09
    
```

Impedance matrix, in units of Ohms/kmeter for the system of physical conductors.
 Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

```

1  1.382422E-01
   9.403456E-01

2  5.822609E-02  1.382422E-01
   4.489937E-01  9.403456E-01

3  5.822427E-02  5.822632E-02  1.382422E-01
   4.030698E-01  4.622514E-01  9.403456E-01

4  5.825629E-02  5.825564E-02  5.825390E-02  1.383011E-01
   5.714536E-01  4.533434E-01  4.057457E-01  9.402832E-01

5  5.825626E-02  5.825583E-02  5.825429E-02  5.828577E-02  1.383011E-01
   5.428290E-01  4.659420E-01  4.122982E-01  5.927211E-01  9.402832E-01

6  5.822679E-02  5.822648E-02  5.822504E-02  5.825626E-02  5.825629E-02  1.382422E-01
   5.405214E-01  4.755671E-01  4.163538E-01  5.428290E-01  5.714536E-01  9.403456E-01

7  5.819743E-02  5.819701E-02  5.819549E-02  5.822684E-02  5.822686E-02  5.819746E-02  1.381835E-01
   5.428913E-01  4.660044E-01  4.123606E-01  5.192226E-01  5.250004E-01  5.715159E-01  9.404079E-01
    
```

8	5.819746E-02 5.715159E-01	5.819682E-02 4.534057E-01	5.819511E-02 4.058081E-01	5.822686E-02 5.250004E-01	5.822684E-02 5.192226E-01	5.819743E-02 5.428913E-01	5.816811E-02 5.928459E-01	1.381835E-01 9.404079E-01	
9	5.824189E-02 4.461718E-01	5.824271E-02 6.197975E-01	5.824221E-02 4.647261E-01	5.827147E-02 4.518144E-01	5.827167E-02 4.643859E-01	5.824229E-02 4.714006E-01	5.821279E-02 4.605799E-01	5.821259E-02 4.490656E-01	1.382739E-01 9.403120E-01
10	5.824178E-02 4.413179E-01	5.824270E-02 5.961207E-01	5.824229E-02 4.714006E-01	5.827136E-02 4.465907E-01	5.827158E-02 4.582601E-01	5.824221E-02 4.647261E-01	5.821270E-02 4.550096E-01	5.821249E-02 4.441941E-01	5.825858E-02 6.502140E-01
	1.382739E-01 9.403120E-01								
11	5.822830E-02 4.393845E-01	5.822927E-02 5.990750E-01	5.822891E-02 4.755471E-01	5.825786E-02 4.435322E-01	5.825809E-02 4.545754E-01	5.822875E-02 4.622366E-01	5.819926E-02 4.541591E-01	5.819904E-02 4.432368E-01	5.824514E-02 6.016167E-01
	5.824515E-02 6.308582E-01	1.382471E-01 9.403404E-01							
12	5.821009E-02 4.413515E-01	5.821101E-02 5.961543E-01	5.821060E-02 4.714342E-01	5.823962E-02 4.441653E-01	5.823983E-02 4.549808E-01	5.821052E-02 4.647597E-01	5.818107E-02 4.583560E-01	5.818085E-02 4.466867E-01	5.822685E-02 5.672174E-01
	5.822686E-02 5.716332E-01	5.821344E-02 6.100364E-01	1.382105E-01 9.403792E-01						
13	5.821020E-02 4.462054E-01	5.821101E-02 6.198311E-01	5.821052E-02 4.647597E-01	5.823972E-02 4.490369E-01	5.823992E-02 4.605511E-01	5.821060E-02 4.714342E-01	5.818116E-02 4.644819E-01	5.818096E-02 4.519104E-01	5.822686E-02 5.716332E-01
	5.822685E-02 5.672174E-01	5.821344E-02 5.906125E-01	5.819519E-02 6.502812E-01	1.382105E-01 9.403792E-01					
14	5.825348E-02 3.997122E-01	5.825565E-02 4.543478E-01	5.825629E-02 5.714536E-01	5.828316E-02 4.030074E-01	5.828357E-02 4.093572E-01	5.825429E-02 4.122982E-01	5.822467E-02 4.077021E-01	5.822427E-02 4.016134E-01	5.827158E-02 4.582601E-01
	5.827167E-02 4.643859E-01	5.825827E-02 4.662529E-01	5.823992E-02 4.605511E-01	5.823983E-02 4.549808E-01	1.383011E-01 9.402832E-01				
15	5.825303E-02 3.941221E-01	5.825543E-02 4.433629E-01	5.825626E-02 5.428290E-01	5.828272E-02 3.971511E-01	5.828316E-02 4.030074E-01	5.825390E-02 4.057457E-01	5.822427E-02 4.016134E-01	5.822384E-02 3.959632E-01	5.827136E-02 4.465907E-01
	5.827147E-02	5.825807E-02	5.823972E-02	5.823962E-02	5.828577E-02	1.383011E-01			

	4.518144E-01	4.535649E-01	4.490369E-01	4.441653E-01	5.927211E-01	9.402832E-01			
16	5.822338E-02 3.917794E-01	5.822587E-02 4.393937E-01	5.822679E-02 5.405214E-01	5.825303E-02 3.941221E-01	5.825348E-02 3.997122E-01	5.822427E-02 4.030698E-01	5.819470E-02 3.997745E-01	5.819425E-02 3.941845E-01	5.824178E-02 4.413179E-01
	5.824189E-02 4.461718E-01	5.822852E-02 4.489825E-01	5.821020E-02 4.462054E-01	5.821009E-02 4.413515E-01	5.825626E-02 5.428290E-01	5.825629E-02 5.714536E-01	1.382422E-01 9.403456E-01		
17	5.819425E-02 3.941845E-01	5.819661E-02 4.434253E-01	5.819743E-02 5.428913E-01	5.822384E-02 3.959632E-01	5.822427E-02 4.016134E-01	5.819511E-02 4.058081E-01	5.816559E-02 4.031321E-01	5.816516E-02 3.972758E-01	5.821249E-02 4.441941E-01
	5.821259E-02 4.490656E-01	5.819924E-02 4.531612E-01	5.818096E-02 4.519104E-01	5.818085E-02 4.466867E-01	5.822684E-02 5.192226E-01	5.822686E-02 5.250004E-01	5.819746E-02 5.715159E-01	1.381835E-01 9.404079E-01	
18	5.819470E-02 3.997745E-01	5.819683E-02 4.544102E-01	5.819746E-02 5.715159E-01	5.822427E-02 4.016134E-01	5.822467E-02 4.077021E-01	5.819549E-02 4.123606E-01	5.816598E-02 4.094819E-01	5.816559E-02 4.031321E-01	5.821270E-02 4.550096E-01
	5.821279E-02 4.605799E-01	5.819944E-02 4.656642E-01	5.818116E-02 4.644819E-01	5.818107E-02 4.583560E-01	5.822686E-02 5.250004E-01	5.822684E-02 5.192226E-01	5.819743E-02 5.428913E-01	5.816811E-02 5.928459E-01	1.381835E-01 9.404079E-01
19	5.794685E-02 3.506999E-01	5.795078E-02 3.703991E-01	5.795299E-02 3.887494E-01	5.797612E-02 3.501948E-01	5.797678E-02 3.528185E-01	5.794816E-02 3.562179E-01	5.791896E-02 3.566968E-01	5.791831E-02 3.538040E-01	5.796648E-02 3.694910E-01
	5.796670E-02 3.709112E-01	5.795360E-02 3.730432E-01	5.793552E-02 3.742435E-01	5.793530E-02 3.726960E-01	5.798211E-02 3.854857E-01	5.798239E-02 3.882551E-01	5.795354E-02 3.950689E-01	5.792448E-02 3.989848E-01	5.792421E-02 3.953522E-01
	4.289914E+00 1.022123E+00								
20	5.795354E-02 3.950689E-01	5.795120E-02 3.733042E-01	5.794816E-02 3.562179E-01	5.798239E-02 3.882551E-01	5.798211E-02 3.854857E-01	5.795299E-02 3.887494E-01	5.792421E-02 3.953522E-01	5.792448E-02 3.989848E-01	5.796670E-02 3.709112E-01
	5.796648E-02 3.694910E-01	5.795317E-02 3.701572E-01	5.793530E-02 3.726960E-01	5.793552E-02 3.742435E-01	5.797678E-02 3.528185E-01	5.797612E-02 3.501948E-01	5.794685E-02 3.506999E-01	5.791831E-02 3.538040E-01	5.791896E-02 3.566968E-01
	5.767321E-02 3.374024E-01	7.817395E-01 9.865497E-01							

Impedance matrix, in units of Ohms/kmeter for the system of equivalent phase conductors.
 Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

```

1  1.272963E-01
   4.865637E-01

2  1.120923E-01  1.241881E-01
   3.297636E-01  5.371657E-01

3  1.103973E-01  1.093205E-01  1.217328E-01
   2.829857E-01  3.383880E-01  5.038638E-01
    
```

Impedance matrix, in units of Ohms/kmeter for symmetrical components of the equivalent phase conductor
 Rows proceed in the sequence (0, 1, 2), (0, 1, 2), etc.; columns proceed in the sequence (0, 2, 1), (0, 2, 1), etc.

```

0  3.456125E-01
   1.143289E+00

1 -2.103032E-02 -1.723139E-02
   -2.079007E-02  1.029503E-02

2  2.520380E-02  1.380237E-02  1.755620E-02
   -2.318626E-02  1.921520E-01  9.755466E-03
    
```

Sequence	Surge impedance		Attenuation	velocity	Wavelength	Resistance	Reactance	Susceptance
	magnitude (Ohm)	angle (degr.)	db/km	km/sec	km	Ohm/km	Ohm/km	mho/km
Zero :	6.14545E+02	-8.40994E+00	2.46897E-03	1.96081E+05	3.26802E+03	3.45612E-01	1.14329E+00	3.16255E-06
Positive:	1.49222E+02	-2.05426E+00	4.01963E-04	2.92200E+05	4.86999E+03	1.38024E-02	1.92152E-01	8.65165E-06

ANEXO 2 - TEMPCOND

 * PROGRAMA TEMPCOND VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 kV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 17-03-17*

DADOS GERAIS

=====

DIAMETRO : 2.6780 (cm)
 RESISTENCIA A 50.0 oC : .0800 (Ohm/km)
 TEMP. CONDUTOR (VALOR INICIAL) : 40.0000 (oC)
 PASSO DA TEMPERATURA : 1.0000 (oC)
 TEMP. CONDUTOR (VALOR FINAL) : 100.0000 (oC)
 FATOR DE EMISSIVIDADE : .7000 (p.u.)

VELOCIDADE DO VENTO : 3.6000 (Km/h)
 TEMPERATURA AMBIENTE : 28.0000 (oC)
 ALTITUDE DA REGIAO : 700.0000 (m)

HORA LOCAL : 12.0000 (h)
 LATITUDE DA REGIAO : -15.0000 (GRAUS)
 DECLINACAO SOLAR : -23.0000 (GRAUS)
 AZIMUTE DA LT : 90.0000 (GRAUS)
 TIPO DE ATMOSFERA : LIMPA
 COEFIC. DE ABSORCAO : .9000 (p.u.)

IRRADIACAO SOLAR : 9996.5290 (W/km.cm)

RESULTADOS

=====

TEMPERATURA DO CONDUTOR (oC)	CORRENTE TRANSMISSIVEL PELO CONDUTOR (A)
40.0000	.0000
41.0000	.0000
42.0000	159.8635
43.0000	228.4152
44.0000	280.4381
45.0000	323.9973
46.0000	362.1620
47.0000	396.4952
48.0000	427.9223
49.0000	457.0448
50.0000	484.2805
51.0000	509.9333
52.0000	534.2330
53.0000	557.3577
54.0000	579.4496
55.0000	600.6241
56.0000	620.9762
57.0000	640.5853
58.0000	659.5190
59.0000	677.8348

 * PROGRAMA TEMPCOND VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 kV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 17-03-17*

TEMPERATURA DO CONDUTOR (oC)	CORRENTE TRANSMISSIVEL PELO CONDUTOR (A)
60.0000	695.5828
61.0000	712.8061
62.0000	729.5431
63.0000	745.8273
64.0000	761.6887
65.0000	777.1542
66.0000	792.2477
67.0000	806.9907
68.0000	821.4032
69.0000	835.5029
70.0000	849.3060
71.0000	862.8277
72.0000	876.0817
73.0000	889.0805
74.0000	901.8359
75.0000	914.3588
76.0000	926.6592
77.0000	938.7464
78.0000	950.6293
79.0000	962.3159
80.0000	973.8138
81.0000	985.1304
82.0000	996.2722
83.0000	1007.2460
84.0000	1018.0570
85.0000	1028.7110
86.0000	1039.2140
87.0000	1049.5700
88.0000	1059.7850
89.0000	1069.8630
90.0000	1079.8080
91.0000	1089.6240
92.0000	1099.3150
93.0000	1108.8850
94.0000	1118.3380
95.0000	1127.6760
96.0000	1136.9040
97.0000	1146.0230
98.0000	1155.0370
99.0000	1163.9500
100.0000	1172.7620

ANEXO 3 - SAIDA PROGRAMA ATP DRAW

D - DISTANCIA DO PONTO DE FALTA A SE 1 (KM)

I - CORRENTE DE CC TOTAL (kA)

I1 - CONTRIBUICAO DA SE IGAPORÃ III (kA)

I2 - CONTRIBUICAO DA SE JANAÚBA 3 (kA)

IE - CORRENTE QUE DESCE PELA ESTRUTURA ONDE HOUE O CURTO (kA)

TERMINAIS

APÓS DE 15KM

IV1 - CORRENTE EM DIRECAO A SE IGAPORÃ III NO CABO PARA-RAIOS V (kA)

DOTTEREL

AÇO 3/8 EAR

IV2 - CORRENTE EM DIRECAO A SE JANAÚBA 3 NO CABO PARA-RAIOS V (kA)

DOTTEREL

AÇO 3/8 EAR

IW1 - CORRENTE EM DIRECAO A SE IGAPORÃ III NO CABO PARA-RAIOS W (kA)

OPGW 16,75

OPGW 13,4

IW2 - CORRENTE EM DIRECAO A SE JANAÚBA 3 NO CABO PARA-RAIOS W (KA)

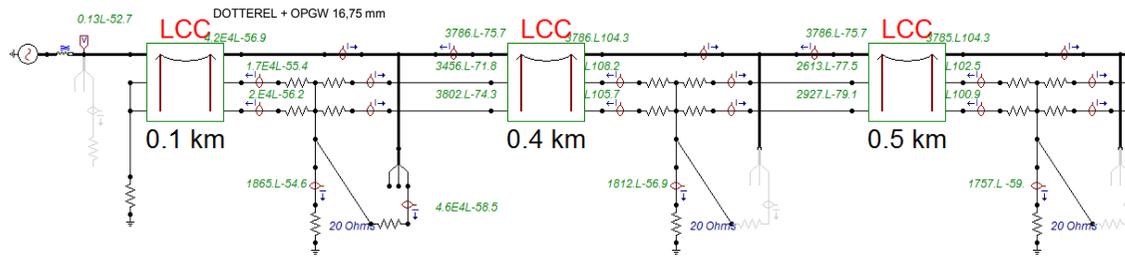
OPGW 16,75

OPGW 13,4

	Local do defeito (km) Distância entre SE IGAPORÃ III e Local da Falta	I	I1	I2	IE	IV1	IW1	IV2	IW2
DOTTEREL + OPGW 16,75	0,1	45,70	42,10	3,78	1,86	17,15	19,80	3,45	3,80
	1,0	43,21	39,68	3,69	1,95	17,35	19,77	2,04	2,34
	21,0	21,56	18,39	3,19	1,94	5,44	6,46	1,44	6,48
ACO 3/8 + OPGW 13,4	21,5	21,30	18,12	3,19	1,90	2,39	10,95	1,25	5,30
	123,0	8,79	4,39	4,39	1,72	0,65	2,96	0,65	2,96
	224,5	21,30	3,19	18,12	1,90	1,25	5,30	2,39	10,95
DOTTEREL + OPGW 16,75	225,0	21,56	3,19	18,39	1,94	1,44	6,48	5,44	6,46
	245,0	43,21	3,69	39,68	1,95	2,04	2,34	17,35	19,77
	245,9	45,70	3,78	42,10	1,86	3,45	3,80	17,15	19,80

Curto na saída da SE

SE IGAPORA III



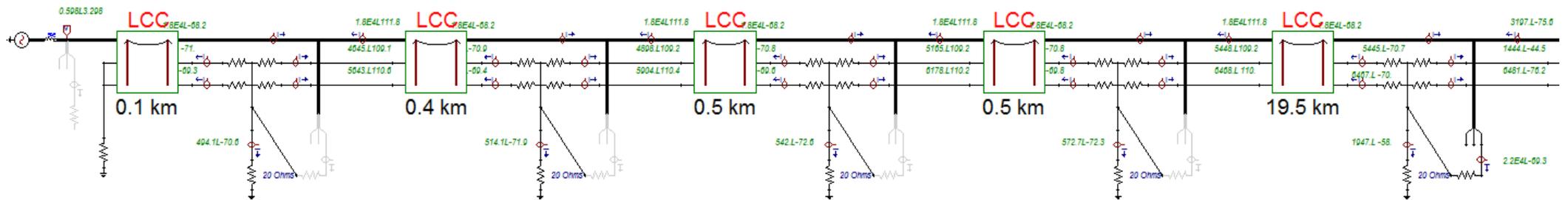
Curto localizado na troca a 21 km da SE

SE IGAPORA III

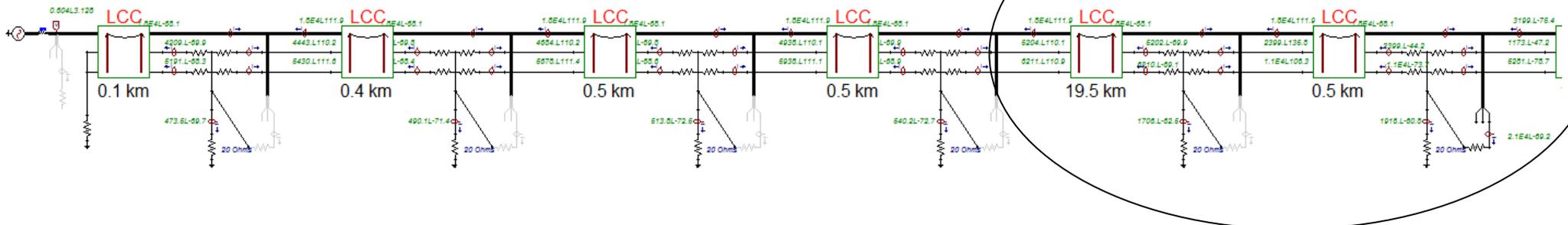
DOTTEREL + OPGW 16,75 mm

DOTTEREL + OPGW 16,75 mm

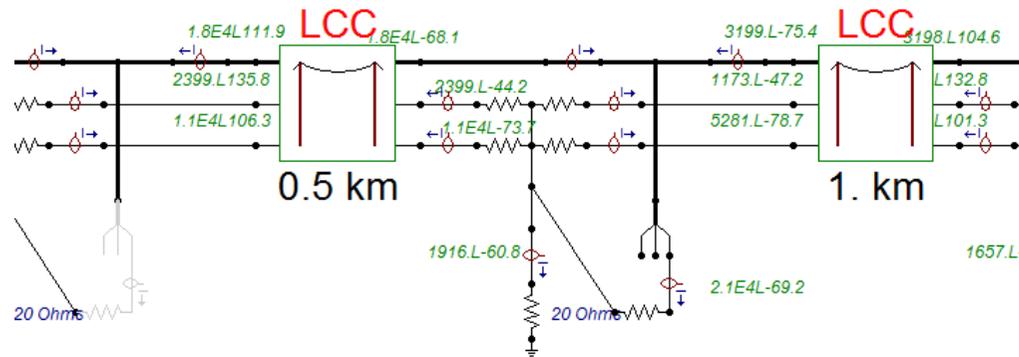
3/8"EAR + OPGW 13,4 mm



SE IGAPORA III

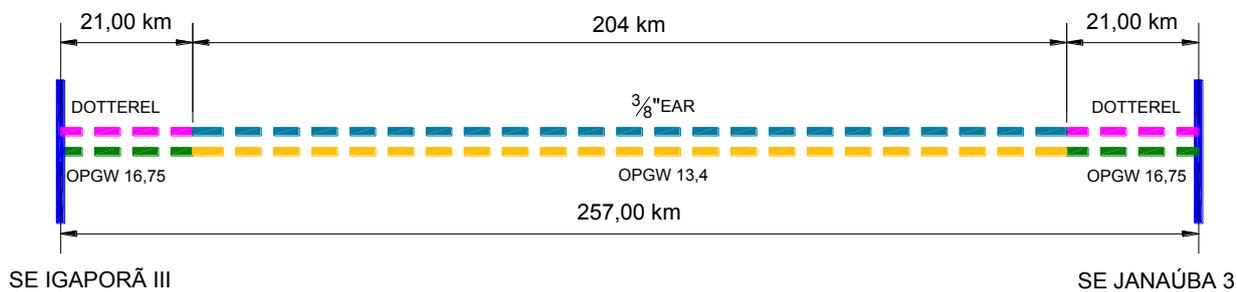


DETALHE A



DETALHE A

ANEXO 4 – ESQUEMA DE TROCA DE PARA-RAIOS



LT 500 kV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2

ANEXO 5 – PERDAS - LT

 * PROGRAMA PERDAS-LT VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 KV CAL 1120 838 - DOTTEREL + OPGW 16,75 6- 3-2017*

FREQUÊNCIA = 60.0 Hz
 RESISTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO = 1000.0 ohms.m
 EXTENSÃO DA LT = 1.0 km
 NÚMERO DE CABO(S) PÁRA-RAIOS = 2
 RESISTÊNCIA DO CABO PÁRA-RAIOS X = 0.3221 ohms/km
 RESISTÊNCIA DO CABO PÁRA-RAIOS Y = 0.2720 ohms/km
 GMR DO CABO PÁRA-RAIOS X = 0.006620 m
 GMR DO CABO PÁRA-RAIOS Y = 0.006520 m

ABSCISSA CABO PÁRA-RAIOS X: -16.00500 m
 ORDENADA CABO PÁRA-RAIOS X: 29.34000 m
 ABSCISSA CABO PÁRA-RAIOS Y: 16.00500 m
 ORDENADA CABO PÁRA-RAIOS Y: 29.34000 m

CIRCUITO SIMPLES TRIFÁSICO

ABSCISSA FASE A1 : -6.50500 m
 ORDENADA FASE A1 : 19.69000 m
 ABSCISSA FASE B1 : 0.00000 m
 ORDENADA FASE B1 : 20.98000 m
 ABSCISSA FASE C1 : 6.50500 m
 ORDENADA FASE C1 : 19.69000 m

DISTÂNCIA FASE A1 - PÁRA-RAIOS X = 13.54 m
 DISTÂNCIA FASE B1 - PÁRA-RAIOS X = 18.06 m
 DISTÂNCIA FASE C1 - PÁRA-RAIOS X = 24.49 m
 DISTÂNCIA FASE A1 - PÁRA-RAIOS Y = 24.49 m
 DISTÂNCIA FASE B1 - PÁRA-RAIOS Y = 18.06 m
 DISTÂNCIA FASE C1 - PÁRA-RAIOS Y = 13.54 m
 DISTÂNCIA ENTRE CABOS PÁRA-RAIOS X e Y = 32.01 m

LINHA TRANSPOSTA

TRECHO 1:

IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS X = 0.0593 +J 0.3990 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS X = 0.0593 +J 0.3773 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS X = 0.0593 +J 0.3543 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS Y = 0.0593 +J 0.3543 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS Y = 0.0593 +J 0.3773 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS Y = 0.0593 +J 0.3990 ohms/km

TRECHO 2:

IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS X = 0.0593 +J 0.3773 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS X = 0.0593 +J 0.3543 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS X = 0.0593 +J 0.3990 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS Y = 0.0593 +J 0.3773 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS Y = 0.0593 +J 0.3990 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS Y = 0.0593 +J 0.3543 ohms/km

 * PROGRAMA PERDAS-LT VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 KV CAL 1120 838 - DOTTEREL + OPGW 16,75 6- 3-2017*

TRECHO 3:

IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km

IMPEDÂNCIA PRÓPRIA PÁRA-RAIOS X	=	0.3814 +J	0.9739 ohms/km
IMPEDÂNCIA PRÓPRIA PÁRA-RAIOS Y	=	0.3313 +J	0.9751 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA PÁRA-RAIOS X e Y	=	0.0593 +J	0.3341 ohms/km

CORRENTE NA FASE A	=	4000.0 A	90.00 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS X-TRECHO 1=		217.9 A	85.39 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS X-TRECHO 2=		217.9 A	-154.61 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS X-TRECHO 3=		217.9 A	-34.61 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS Y-TRECHO 1=		220.6 A	-95.65 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS Y-TRECHO 2=		220.6 A	24.35 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS Y-TRECHO 3=		220.6 A	144.35 Graus

PERDAS JOULE NO CABO PÁRA-RAIO X	=	15.29 kW
PERDAS JOULE NO CABO PÁRA-RAIO Y	=	13.24 kW
PERDA JOULE TOTAL	=	28.53 kW

 * PROGRAMA PERDAS-LT VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 KV CAL 1120 838 - 3/8"EAR + OPGW13,4 6- 3-2017*

FREQUÊNCIA = 60.0 Hz
 RESISTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO = 1000.0 ohms.m
 EXTENSÃO DA LT = 1.0 km
 NÚMERO DE CABO(S) PÁRA-RAIOS = 2
 RESISTÊNCIA DO CABO PÁRA-RAIOS X = 4.2322 ohms/km
 RESISTÊNCIA DO CABO PÁRA-RAIOS Y = 0.7240 ohms/km
 GMR DO CABO PÁRA-RAIOS X = 0.004570 m
 GMR DO CABO PÁRA-RAIOS Y = 0.004000 m

ABSCISSA CABO PÁRA-RAIOS X: -16.00500 m
 ORDENADA CABO PÁRA-RAIOS X: 29.34000 m
 ABSCISSA CABO PÁRA-RAIOS Y: 16.00500 m
 ORDENADA CABO PÁRA-RAIOS Y: 29.34000 m

CIRCUITO SIMPLES TRIFÁSICO

ABSCISSA FASE A1 : -6.50500 m
 ORDENADA FASE A1 : 19.69000 m
 ABSCISSA FASE B1 : 0.00000 m
 ORDENADA FASE B1 : 20.98000 m
 ABSCISSA FASE C1 : 6.50500 m
 ORDENADA FASE C1 : 19.69000 m

DISTÂNCIA FASE A1 - PÁRA-RAIOS X = 13.54 m
 DISTÂNCIA FASE B1 - PÁRA-RAIOS X = 18.06 m
 DISTÂNCIA FASE C1 - PÁRA-RAIOS X = 24.49 m
 DISTÂNCIA FASE A1 - PÁRA-RAIOS Y = 24.49 m
 DISTÂNCIA FASE B1 - PÁRA-RAIOS Y = 18.06 m
 DISTÂNCIA FASE C1 - PÁRA-RAIOS Y = 13.54 m
 DISTÂNCIA ENTRE CABOS PÁRA-RAIOS X e Y = 32.01 m

LINHA TRANSPOSTA

TRECHO 1:

IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS X = 0.0593 +J 0.3990 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS X = 0.0593 +J 0.3773 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS X = 0.0593 +J 0.3543 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS Y = 0.0593 +J 0.3543 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS Y = 0.0593 +J 0.3773 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS Y = 0.0593 +J 0.3990 ohms/km

 * PROGRAMA PERDAS-LT VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 KV CAL 1120 838 - 3/8"EAR + OPGW13,4 6- 3-2017*

TRECHO 2:

IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km

TRECHO 3:

IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km

IMPEDÂNCIA PRÓPRIA PÁRA-RAIOS X	=	4.2915 +J	1.0019 ohms/km
IMPEDÂNCIA PRÓPRIA PÁRA-RAIOS Y	=	0.7833 +J	1.0119 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA PÁRA-RAIOS X e Y	=	0.0593 +J	0.3341 ohms/km

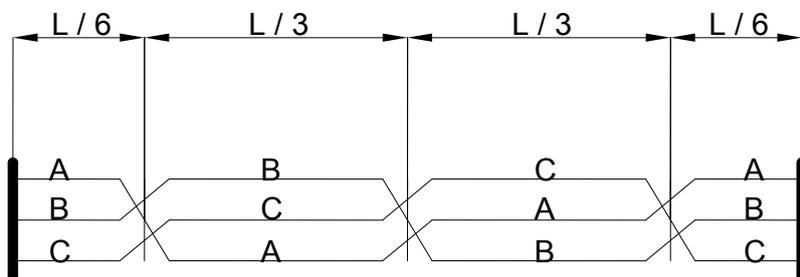
CORRENTE NA FASE A	=	4000.0 A	90.00 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS X-TRECHO 1=		43.4 A	143.15 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS X-TRECHO 2=		43.4 A	-96.85 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS X-TRECHO 3=		43.4 A	23.14 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS Y-TRECHO 1=		125.0 A	-76.28 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS Y-TRECHO 2=		125.0 A	43.72 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS Y-TRECHO 3=		125.0 A	163.72 Graus

PERDAS JOULE NO CABO PÁRA-RAIO X	=	7.97 kW
PERDAS JOULE NO CABO PÁRA-RAIO Y	=	11.31 kW
PERDA JOULE TOTAL	=	19.28 kW

ANEXO 6 – TRANPOSIÇÃO DE FASES

SE 1

SE 2

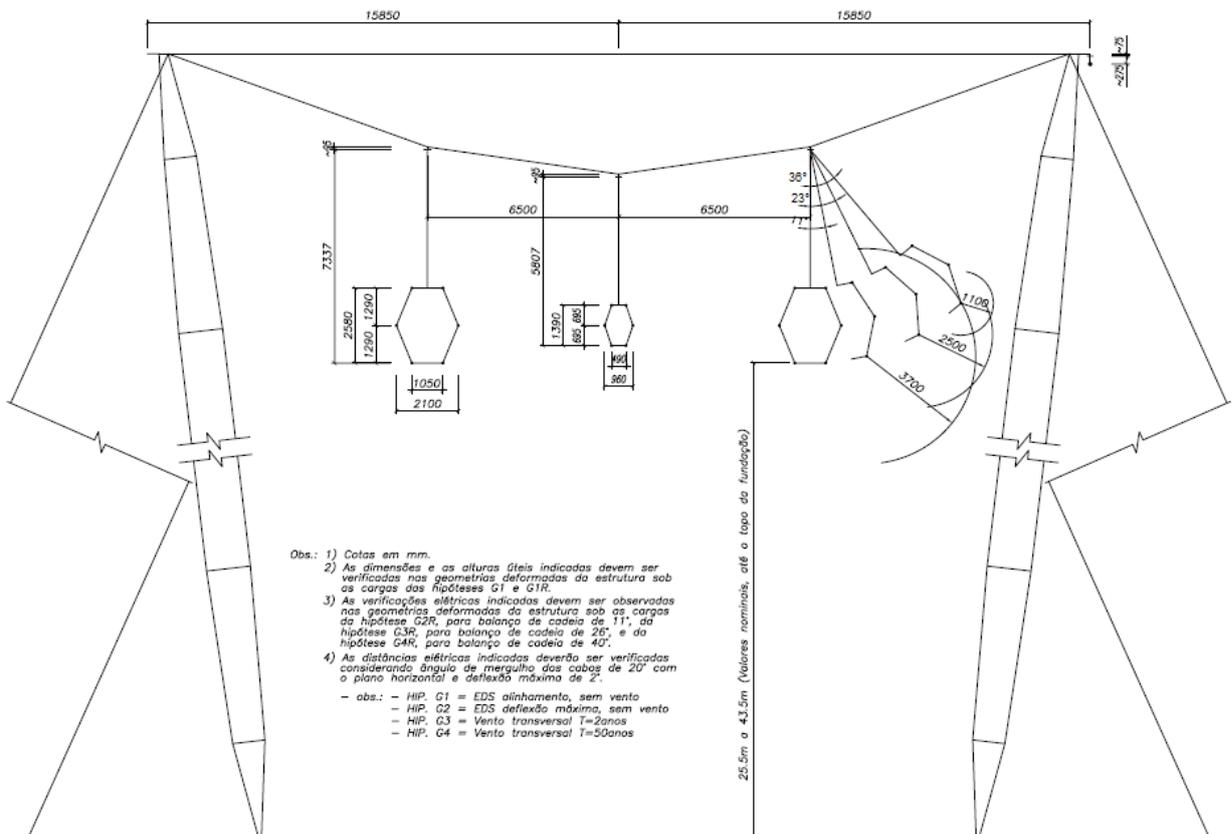


Notas:

- 1) "L" representa o comprimento da LT.
- 2) Representação sem escala.
- 3) A nomenclatura mostrada para as fases é meramente indicativa. A ordem do faseamento será definida no projeto executivo das instalações

ESQUEMA TÍPICO DAS TRANSPOSIÇÕES

ANEXO 7 – DESENHO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE V1CRL



ANEXO 8 – ACOPLAMENTO MUTUO E PARÂMETROS CONCENTRADOS

**PARAMETROS ELETRICOS – ACOPLAMENTO
LT 500 KV IGAPORÃ III – JANAUBA 3 C1 E C2**

LT 500 KV IGAPORA III – JANAUBA 3 C1		
R1 (Ω/km)	X1 (Ω/km)	C1 (mS/km)
0,0138	0,192	8,65
R0 (Ω/km)	X0 (Ω/km)	C0 (mS/km)
0,348	1,137	3,175

≈250 km (comprimento total da linha)



Mútua Por ≈ 9 km	
R0 (Ω/km)	X0 (Ω/km)
0,288	0,368

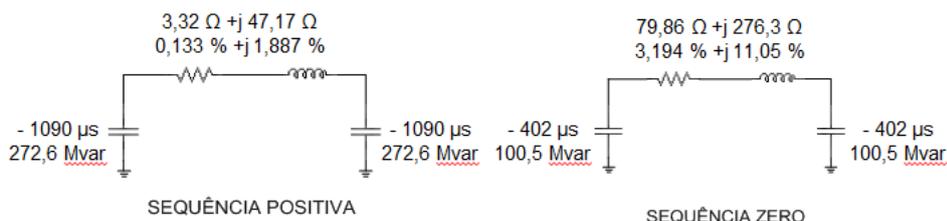
≈246 km (comprimento total da linha)

LEGENDA	
	SUBESTAÇÃO
	CIRCUITO SIMPLES
	TRECHO COM ACOPLAMENTO MÚTUO

LT 500 KV IGAPORA III – JANAUBA 3 C2		
R1 (Ω/km)	X1 (Ω/km)	C1 (mS/km)
0,0138	0,192	8,65
R0 (Ω/km)	X0 (Ω/km)	C0 (mS/km)
0,348	1,137	3,175

PARÂMETROS ELÉTRICOS CONCENTRADOS (PI*)

LT 500 KV IGAPORÃ III – JANAUBA 3 C1



SEQUÊNCIA POSITIVA

SEQUÊNCIA ZERO

MÚTUAS

2,591 Ω + j 3,312Ω
0,103 % + j 0,132%

LT 500 KV IGAPORÃ III – JANAUBA 3 C2



SEQUÊNCIA POSITIVA

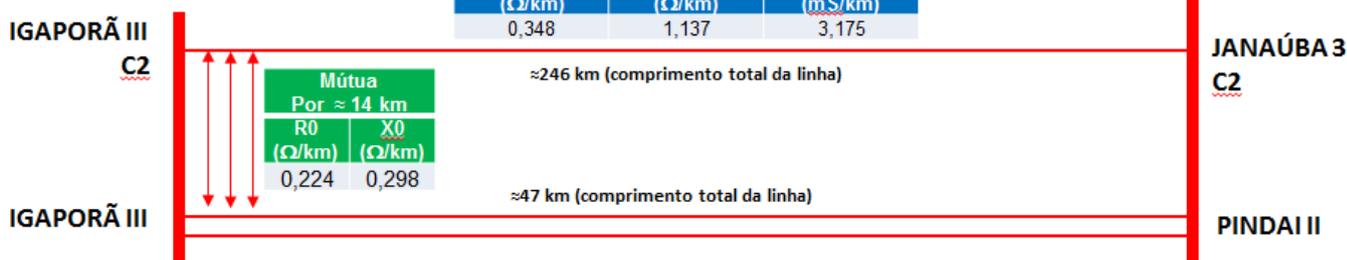
SEQUÊNCIA ZERO

MUTUA POR 9 KM

(*) Os parâmetros concentrados já consideram a correção hiperbólica

PARÂMETROS ELÉTRICOS – ACOPLAMENTO LT 500 KV IGAPORÃ III – JANAUBA 3 C2 E LT 230 KV IGAPORÃ III – PINDAI II C2 E C3

LT 500 KV IGAPORÃ III – JANAUBA 3 C2		
R1 (Ω /km)	X1 (Ω /km)	C1 (mS/km)
0,0138	0,192	8,65
R0 (Ω /km)	X0 (Ω /km)	C0 (mS/km)
0,348	1,137	3,175



Mútua Por \approx 14 km	
R0 (Ω /km)	X0 (Ω /km)
0,224	0,298

LEGENDA	
	SUBESTAÇÃO
	CIRCUITO SIMPLES
	CIRCUITO DUPLO
	TRECHO COM ACOPLAMENTO MÚTUO

LT 230 KV IGAPORÃ III – PINDAI II C2 E C3		
R1 (Ω /km)	X1 (Ω /km)	C1 (mS/km)
0,0340	0,341	4,852
R0 (Ω /km)	X0 (Ω /km)	C0 (mS/km)
0,281	1,089	2,729

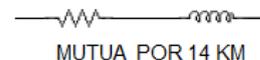
PARÂMETROS ELÉTRICOS CONCENTRADOS (PI*)

LT 500 KV IGAPORÃ III – JANAUBA 3 C2



MÚTUAS

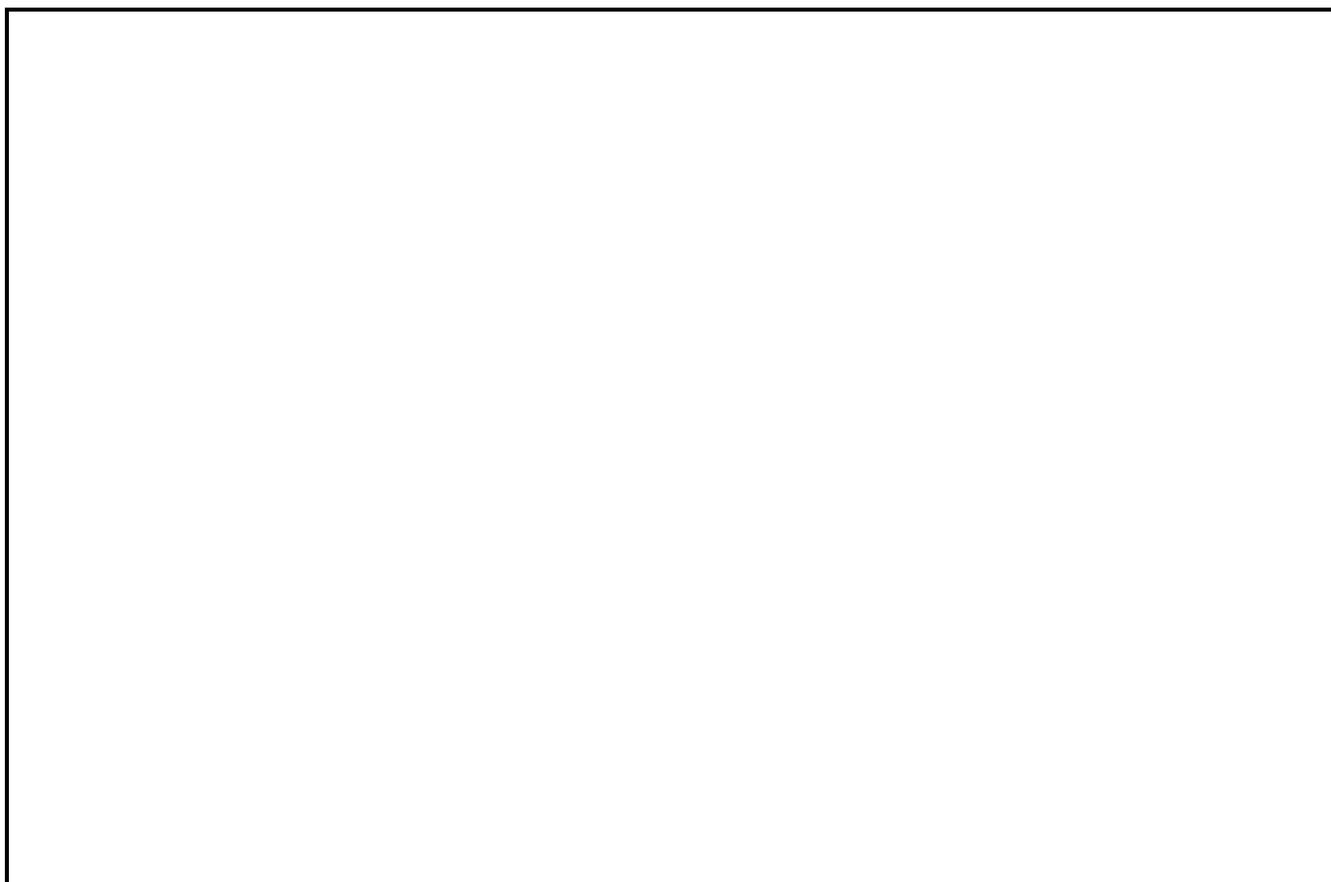
3,135 Ω + j 4,171 Ω
0,125 % + j 0,166 %



LT 500KV IGAPORÃ III – PINDAI II C2 E C3



(*) Os parâmetros concentrados já consideram a correção hiperbólica



Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
01	04/05/17	Revisado em função da adequação ao relatório de estruturas	AQ	JCS	
00	21/03/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	



EQUATORIAL TRANSMISSORA 5 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	21/03/17

TÍTULO

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
Lote 15 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO ESTUDO MECÂNICO DO CONDUTOR E PARA-RAIOS E VIBRAÇÕES

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT5-L501-PB-ELM-0006-R01	1 de 38	01

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	CARACTERÍSTICAS DOS CABOS.....	3
3.	DADOS CLIMATOLÓGICOS	3
3.1.	Temperaturas	3
3.2.	Velocidades do Vento	3
3.3.	Pressões Decorrentes da Ação do Vento Extremo (T = 250 anos)	3
3.4.	Pressões Decorrentes da Ação do Vento Nominal (T = 50 anos).....	3
4.	CONDIÇÕES DE GOVERNO	3
5.	TABELAS DE FLECHAS E TRAÇÕES	6
6.	Critério de Proteção CONTRA VIBRAÇÃO EÓLICA	6
7.	REFERÊNCIAS.....	8
	Anexo 1 – flechas e trações	9
	Anexo 2 – Comparação das Flechas Condutor / Pára-raios	35
	Anexo 3 - Gráfico de Proteção contra Vibrações Eólicas.....	37
	Anexo 3A – Gráfico Geral para Avaliação de Necessidade de Amortecedores.....	38
	Anexo 3B – Gráfico Específico para os Cabos Condutor e Para-Raios.....	38

1. OBJETIVO

- 1.1 Definir as condições básicas de projeto a serem adotadas no cálculo mecânico dos condutores e para-raios da LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2, em circuito simples pertencente ao Lote 15 do Leilão 0013/2015 – 2º parte.
- 1.2 A partir das condições básicas de projeto determinar as condições de governo a serem utilizadas nos cálculos de trações e flechas dos condutores e para-raios, necessários para as várias fases dos projetos básico e executivo das LT em estudo.

2. CARACTERÍSTICAS DOS CABOS

- 2.1 O estudo para definição do condutor e para-raios consta da referência [1]. As principais características dos cabos selecionados, necessárias para seu cálculo mecânico, constam da referência (1).

3. DADOS CLIMATOLÓGICOS

3.1. Temperaturas

- | | |
|---|------|
| a) Média [EDS] | 22°C |
| b) Mínima absoluta | 5°C |
| c) Média das mínimas inverno [coincidente com vento máximo] | 17°C |

3.2. Velocidades do Vento

- | | |
|--|-----------|
| a) Velocidade extrema [250 anos, 10 min, 10 m, cat. B] | 25,00 m/s |
| b) Velocidade nominal [50 anos, 10 min, 10 m, cat. B] | 22,22 m/s |

3.3. Pressões Decorrentes da Ação do Vento Extremo (T = 250 anos)

- | | |
|---------------|-----------------------|
| a) Condutores | 70 kgf/m ² |
| b) Para-raios | 75 kgf/m ² |

3.4. Pressões Decorrentes da Ação do Vento Nominal (T = 50 anos)

- | | |
|---------------|-----------------------|
| a) Condutores | 56 kgf/m ² |
| b) Para-raios | 60 kgf/m ² |

4. CONDIÇÕES DE GOVERNO

- 4.1 As condições básicas de projeto selecionadas para os cabos visam limitar as trações que atuam sobre os mesmos a valores que garantam sua integridade mecânica durante toda a vida útil prevista para a linha de transmissão.
- 4.2 Os limites adotados devem levar em consideração tanto as cargas resultantes da ação dos ventos de projeto como também as deformações que podem ser produzidas nos cabos por vibrações induzidas por ventos uniformes de baixa intensidade.
- 4.3 São indicados a seguir os limites para as trações nos cabos, especificados pela a ANEEL:
- a) Sob ação do vento extremo (T = 250 anos), a tração axial deve ser inferior ou no máximo igual a 70% da carga de ruptura do cabo.
- b) Sob ação do vento nominal (T = 50 anos), a tração axial deve ser inferior ou no máximo igual a 50% da carga de ruptura do cabo.

c) Na condição de temperatura mínima, a tração axial deve ser inferior ou no máximo igual a 33% da carga de ruptura do cabo.

4.4 Respeitados os limites estabelecidos no item 4.3, as trações de projeto para os cabos para-raios serão definidas de modo que, na condição (EDS – Every day Stress – item 3.1), sem vento, final, suas flechas sejam aproximadamente iguais e limitadas a 90% das flechas correspondentes dos condutores.

4.5 Nos trechos de paralelismo entre as LT's 500 kV Igarorã III – Janaúba 3 C1 (lote 14) e C2 (Lote 15) serão adotados períodos de retorno de 500 anos. O estudo mecânico a ser aplicado nos trechos paralelos consta do relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0018-R00 - RELATORIOS DE CONFIABILIDADE TRECHO PARALELISMO.

4.6 Em função do exposto nos itens anteriores estão sendo adotadas as seguintes trações limites para os cabos selecionados:

Condições de Governo	Trações Limites				
	AAAC 838 kcmil	Dotterel	3/8 EAR	OPGW 15,6	OPGW 13,4
70% CR : Final, Vento extremo; Tração suporte (Pressão de Vento ver Item 3.3)	6629 kgf	5499 kgf	4889 kgf	8836 kgf	6633kgf
50% CR : Vento nominal; Tração suporte (Pressão de Vento ver Item 3.3)	4735 kgf	3928 kgf	3492 kgf	6311 kgf	4738 kgf
Partida: final , Sem Vento EDS, Tração horizontal	1894,2 kgf (20%)	1180 kgf (15,02%)	731 kgf (10,47%)	1436 kgf (11,38%)	1225 kgf (12,93%)
33 % CR Tração Inicial, Sem Vento, Tração suporte	3125 kgf	2592 kgf	2305 kgf	4165 kgf	3127 kgf

4.7 Abaixo segue o resumo dos resultados obtidos no programa de flechas e trações conforme anexo 1:

		trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
AAAC 838	Final, Vento extremo		3216	3352	3441	3506	3559	3605	3648
	Inicial, Sem Vento		2490	2242	2127	2070	2042	2030	2028
	final , Sem Vento, EDS		1894,2	1894,2	1894,2	1894,2	1894,2	1894,2	1894,2
		trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
CAA DOTTEREL	Final, Vento extremo		2024	2141	2221	2278	2323	2359	2392
	Inicial, Sem Vento		1372	1301	1266	1249	1241	1239	1240
	final , Sem Vento, EDS		1180	1180	1180	1180	1180	1180	1180

	trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
3/8 EAR	Final, Vento extremo	1218	1288	13434	1368	1395	1416	1435
	Inicial, Sem Vento	783	766	758	756	756	757	760
	final , Sem Vento, EDS	731	731	731	731	731	731	731
	trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
OPGW 15,6	Final, Vento extremo	2231	2337	2407	2460	2500	2534	2565
	Inicial, Sem Vento	1592	1536	1510	1498	1494	1495	1499
	final , Sem Vento, EDS	1436	1436	1436	1436	1436	1436	1436
	trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
OPGW 13,4	Final, Vento extremo	1892	1988	2052	2099	2136	2167	2194
	Inicial, Sem Vento	1340	1302	1283	1275	1272	1274	1278
	final , Sem Vento, EDS	1225	1225	1225	1225	1225	1225	1225

4.8 Estão sendo verificadas na tabela abaixo para vãos isolados entre 300 m e 900 m, se as trações de projeto obedecem aos limites estabelecidos no item 4.3 .

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

Carregamento	Tração Correspondente em kgf (1)(5)				
	AAAC 838	DOTTEREL	3/8" EAR	OPGW 15,6	OPGW 13,4
70 kgf/m ² , 17°C, final (2)	3648 (38,52%)				
76 kgf/m ² , 17°C, final (2)		2392 (30,44%)	1435 (20,55%)	2565 (20,32%)	2194 (23,15%)
s/vento, 5°C, inicial (2)	2490 (26,29%)	1372 (17,46%)	783 (11,21%)	1592 (12,61%)	1340 (14,14%)
s/vento, 22°C, final (3)	1894,2 (20,00%)	1180 (15,02%)	731 (10,47%)	1436 (11,38%)	1225 (12,93%)

(1) O valor entre parênteses indica o percentual da carga de ruptura do cabo.

(2) Trações no suporte.

(3) Tração horizontal

(5) A tração para a condição de vento extremo (T = 250 anos) está sendo limitada a 50% para o cabo condutor e para-raios Dotterel e 40% para os demais cabos para-raios, tornando desnecessária a verificação para a condição de vento nominal (T = 50 anos).

5. TABELAS DE FLECHAS E TRAÇÕES

5.1. A partir das condições de projeto constantes do item 4.6 anterior e dos critérios de vibração do item 6 (ver também Anexo 3) foram calculadas as flechas e trações para cada cabo, de acordo com as trações de partida apresentadas nas tabelas abaixo, extraídas do item 4.6 anterior.

Temper. Média (°C)	Trações de partida dos cabos (final, sem vento, temperatura média)				
	AAAC 838	DOTTEREL	3/8" EAR	OPGW 15,6	OPGW 13,4
22	1894,2 (20,00%)	1180 (15,02%)	731 (10,47%)	1436 (11,38%)	1225 (12,93%)

5.2 Os cálculos das flechas e trações foram realizados fazendo uso do programa de computador FLETRA. Os relatórios de saída do programa FLETRA constam do Anexo 1

5.3 Os cálculos foram executados para uma faixa de vãos variando de 300 m a 900 m, a qual deve cobrir a quase totalidade dos vãos esperados para a LT em estudo. No decorrer do projeto executivo, vãos básicos ou isolados que venham a estar situados fora dessa faixa serão objeto de estudo específico, respeitado o disposto no capítulo 4.

5.4 O exame dos relatórios de saída permite constatar que, partindo da tração de governo, sem vento, final, as demais condições de projeto são respeitadas, para o intervalo de vãos considerado (300 a 900 metros).

5.5 São comparadas no Anexo 2 as flechas do condutor e dos cabos para-raios para a condição de governo EDS, sem vento, final. A relação entre as flechas dos cabos para-raios e dos condutores atende o especificado no item 4.4, validando as condições de governo selecionadas.

6. CRITÉRIO DE PROTEÇÃO CONTRA VIBRAÇÃO EÓLICA

6.1 O procedimento usual de projeto consiste, portanto, em apoiar-se em resultados publicados sobre o desempenho de linhas existentes e aplicar as recomendações extraídas do comportamento dessa LT ao projeto em estudo.

6.2 No caso presente estão sendo adotadas as recomendações da Brochura 273 [5] no caso presente ou então sendo adotadas as recomendações Grupo de Trabalho CIGRE 22.11 publicadas na revista ELECTRA [4].

6.3 Como critério de avaliação da necessidade de proteção contra vibração eólica a referência citada utiliza parâmetros que levam em conta a tração atuando no cabo, sua massa unitária, a extensão do vão e o efeito da rugosidade do terreno atravessado sobre a turbulência do vento.

6.4 A análise das considerações teóricas sobre o fenômeno vibratório combinada com a experiência de campo acumulada ao longo das últimas décadas levaram o referido grupo de trabalho [4] a propor o gráfico apresentado na Figura do Anexo 3A, composto basicamente, por três áreas:

- a) área situada à esquerda das retas verticais aplicáveis a cada tipo de terreno, para a qual não é necessário o uso de amortecedores;
- b) área interna, à direita das retas verticais, abaixo da linha horizontal e à esquerda das curvas aplicáveis a cada tipo de terreno na qual os cabos podem ser seguramente protegidos pelo simples uso de amortecedores nas extremidades dos vãos;

c) área situada acima do limite horizontal do gráfico e à direita das curvas aplicáveis a cada tipo de terreno, na qual os cabos necessitam de proteções reforçadas, ou seja, maior número de amortecedores nas extremidades dos vãos e uso de armaduras pré-formadas ou grampos de suspensão tipo AGS (armor grip suspension).

6.5. Os efeitos da vibração eólica são examinados a seguir para todos os cabos a serem utilizados na LT [5] para a pior condição com temperatura mínima de 5°C. São indicadas abaixo as características físicas desses cabos:

	AAAC 838	DOTTEREL	3/8" EAR	OPGW15,6	OPGW 13,4
D	0,02678 m	0,01542 m	0,00914 m	0,0156 m	0,0134 m
m	1,172kg/m	0,657 kg/m	0,407 kg/m	0,800 kg/m	0,682kg/m
p	1,172kg/m	0,657 kgf/m	0,407 kgf/m	0,800 kgf/m	0,682kgf/m

6.6 A seguir, os valores dos parâmetros (LD/m) e (H/p) para vãos de 300 a 900m:

AAAC 838	300	400	500	600	700	800	900
H (kgf)	2.484	2.229	2.106	2.040	2.001	1.975	1.958
LD/m (m3/kg)	6,85	9,14	11,42	13,71	15,99	18,28	20,56
H/p (m)	2.119	1.902	1.797	1.741	1.707	1.685	1.671
DOTTEREL	300	400	500	600	700	800	900
H (kgf)	1.369	1.295	1.256	1.233	1.220	1.210	1.204
LD/m (m3/kg)	7,04	9,39	11,74	14,08	16,43	18,78	21,12
H/p (m)	2.084	1.971	1.912	1.877	1.857	1.842	1.833
3/8 EAR	300	400	500	600	700	800	900
H (kgf)	781	762	752	746	742	739	738
LD/m (m3/kg)	6,74	8,98	11,23	13,47	15,72	17,97	20,21
H/p (m)	1.919	1.872	1.848	1.833	1.823	1.816	1.813
OPGW 15,6	300	400	500	600	700	800	900
H (kgf)	1.588	1.528	1.497	1.479	1.468	1.461	1.456
LD/m (m3/kg)	5,85	7,80	9,75	11,70	13,65	15,60	17,55
H/p (m)	1.985	1.910	1.871	1.849	1.835	1.826	1.820
OPGW 13,4	300	400	500	600	700	800	900
H (kgf)	1.336	1.294	1.272	1.258	1.250	1.244	1.240
LD/m (m3/kg)	5,89	7,86	9,82	11,79	13,75	15,72	17,68
H/p (m)	1.959	1.897	1.865	1.845	1.833	1.824	1.818

6.7 Plotando os valores acima utilizando os mesmos eixos da figura do anexo 3A, obtém-se as curvas mostradas na figura do anexo 3B a qual inclui também a curva limite correspondente ao terreno tipo 2 (aberto, plano, sem obstruções). A análise da figura do anexo 3B permite concluir:

a) cabo condutor AAAC 838 – Vãos até 600 m caem na área em que o uso de amortecedores nas extremidades dos vãos é proteção suficiente.

- b) cabos para-raios CAA Dotterel– Vãos até 600 m caem na área em que o uso de amortecedores nas extremidades dos vãos é proteção suficiente.
 - c) cabos para - raios 3/8”– Vãos até 600 m caem na área em que o uso de amortecedores nas extremidades dos vãos é proteção suficiente.
 - d) cabos para - raios OPGW 15,6 – Vãos até 700 m caem na área em que o uso de amortecedores nas extremidades dos vãos é proteção suficiente.
 - e) cabos para - raios OPGW 13,4 – Vãos até 700 m caem na área em que o uso de amortecedores nas extremidades dos vãos é proteção suficiente.
- 6.8 Quando utilizados em vãos superiores ao limite indicado no item 6.7 anterior, os cabos condutores e os para-raios 3/8”, Dotterel, OPGW15,6 e OPGW 13,4 devem receber proteção reforçada, a qual pode ser obtida pelo uso de uma quantidade maior de amortecedores em ambas as extremidades dos vãos.
- 6.8 Adicionalmente os cabos para-raios 3/8” e Dotterel deverão ser protegidos por armaduras pré-formadas.
- 6.9 Travessias de grandes rios e outros vãos longos que, pelas características do terreno atravessado, possam favorecer a ação de ventos uniformes com baixo nível de turbulência, devem receber sistema de amortecimento reforçado, conforme orientação do projetista da LT.
- 6.10 No decorrer do projeto executivo, após serem determinadas por ensaios de tipo [6] as características de amortecimento dos materiais efetivamente comprados, a quantidade de amortecedores por vão deverá ser reavaliada e aumentada, caso necessário, visando reduzir as amplitudes de vibração a níveis suficientemente baixos para garantir a integridade dos cabos ao longo de toda a vida útil da LT.

7. REFERÊNCIAS

- 1 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0005 CONDUTOR E PÁRA-RAIOS, preparado para a LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 2 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0003 DADOS CLIMATOLÓGICOS, preparado para a LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 3 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0004 VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO , preparado para a LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 4 ELECTRA N° 198, outubro, 2001 – Safe design tension with respect to aeolian vibrations. Part 2: damped single conductors.
- 5 Brochura 273- Overhead conductor safe design tension with respect to aeolian vibrations
- 6 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0010 ISOLADORES E FERRAGENS, preparado para a LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

ANEXO 1 – FLECHAS E TRAÇÕES

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894,2 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

70 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 15/ 3/2017

PÁGINA 1

PROJETO: PROJETO BASICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

CABO: AAAC 1120	838.0kcmil	37fios	6 POR FASE
diâmetro =	26.78 mm	coef. dilat.i =	0.00002300 oC-1
área secção =	425.16 mm ²	coef. dilat.f =	0.00002300 oC-1
peso linear =	1.1720 kg/m	mód. elast. i =	4829. kgf/mm ²
carga rupt. =	9471. kgf	mód. elast. f =	6526. kgf/mm ²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 70.00 kgf/m²
Carga = 2.2108 kgf/m

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
Comprimento = 0.00 m
Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894,2 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

70 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 3

 PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

 CABO: AAAC 1120 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

 PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S			T R A Ç Õ E S		
		CADEIA	COND	TOTAL	HORIZ.	MÉDIA	SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00	17.42	17.42	2106.3	2116.4	2126.6
	22.	0.00	18.32	18.32	2003.0	2013.7	2024.3
	55.	0.00	19.99	19.99	1836.0	1847.6	1859.2
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00	19.83	19.83	3491.3	3513.0	3534.7
FINAIS	5.	0.00	18.48	18.48	1985.6	1996.4	2007.1
	10.	0.00	18.74	18.75	1957.5	1968.4	1979.3
	17.	0.00	19.11	19.11	1919.9	1931.0	1942.1
	22.	0.00	19.37	19.37	1894.2	1905.5	1916.8
	55.	0.00	21.03	21.03	1745.9	1758.1	1770.3
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00	20.39	20.39	3396.0	3418.4	3440.7

VÃO = 510.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S			T R A Ç Õ E S		
		CADEIA	COND	TOTAL	HORIZ.	MÉDIA	SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00	18.19	18.19	2097.8	2108.4	2119.0
	22.	0.00	19.10	19.10	1998.8	2009.9	2021.0
	55.	0.00	20.78	20.78	1837.8	1849.9	1862.0
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00	20.62	20.62	3493.7	3516.3	3538.9
FINAIS	5.	0.00	19.26	19.26	1982.2	1993.4	2004.6
	10.	0.00	19.53	19.53	1955.1	1966.5	1977.9
	17.	0.00	19.90	19.90	1919.0	1930.5	1942.1
	22.	0.00	20.16	20.16	1894.2	1905.9	1917.7
	55.	0.00	21.82	21.82	1750.7	1763.4	1776.0
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00	21.18	21.18	3401.7	3424.9	3448.1

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE
diâmetro = 15.42 mm coef. dilat.i =0.00001480 oC-1
área secção = 141.89 mm² coef. dilat.f =0.00001530 oC-1
peso linear = 0.6570 kgf/m mód. elast. i = 9773. kgf/mm²
carga rupt. = 7857. kgf mód. elast. f = 10687. kgf/mm²

PARÂMETROS TENSÃO-DEFORMAÇÃO [psi]:

AO = 0.21700E-02 AM = 0.00000E+00 (6 meses)
A1 = 0.70500E-05 AA = 0.00000E+00 (1 ano)
A2 =-0.32100E-10 AF = 0.11960E+06 (10 anos)
A3 = 0.11400E-15

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 75.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 1.3301 kgf/m	Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
Comprimento = 0.00 m
Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 0.00 kgf	Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO CALCULADOS!

PERÍODO: 10 ANOS

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 2

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

 CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

 PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 11.68 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA	COND	TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ.	MÉDIA	SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00	5.40	5.40	1368.9	1370.7	1372.4
	22.	0.00	5.90	5.90	1252.6	1254.6	1256.5
	40.	0.00	6.43	6.43	1149.9	1152.0	1154.2
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00	7.23	7.23	2070.4	2075.2	2080.0
FINAIS	5.	0.00	5.74	5.74	1289.0	1290.9	1292.7
	10.	0.00	5.89	5.89	1254.7	1256.6	1258.6
	17.	0.00	6.11	6.11	1209.9	1211.9	1213.9
	22.	0.00	6.27	6.27	1180.0	1182.1	1184.1
	40.	0.00	6.82	6.82	1084.9	1087.1	1089.4
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00	7.44	7.44	2013.8	2018.7	2023.6

VÃO = 400.00 m CREEP = 11.64 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA	COND	TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ.	MÉDIA	SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00	10.16	10.16	1294.7	1298.1	1301.4
	22.	0.00	10.74	10.74	1224.8	1228.4	1231.9
	40.	0.00	11.34	11.34	1160.2	1163.9	1167.6
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00	12.31	12.31	2163.0	2171.1	2179.3
FINAIS	5.	0.00	10.55	10.55	1247.0	1250.4	1253.9
	10.	0.00	10.73	10.73	1226.3	1229.8	1233.3
	17.	0.00	10.97	10.97	1198.8	1202.3	1205.9
	22.	0.00	11.15	11.15	1180.0	1183.6	1187.3
	40.	0.00	11.76	11.76	1118.2	1122.0	1125.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00	12.54	12.54	2124.4	2132.7	2141.0

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 3

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

 CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

 PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 11.63 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 16.37 16.37	1255.6 1261.0 1266.3
	22.	0.00 16.99 16.99	1210.0 1215.6 1221.1
	40.	0.00 17.63 17.63	1166.2 1172.0 1177.7
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 18.73 18.73	2223.3 2235.6 2248.0
FINAIS	5.	0.00 16.79 16.79	1224.6 1230.1 1235.6
	10.	0.00 16.98 16.98	1211.0 1216.6 1222.1
	17.	0.00 17.24 17.24	1192.7 1198.3 1203.9
	22.	0.00 17.43 17.43	1180.0 1185.7 1191.4
	40.	0.00 18.08 18.09	1137.2 1143.1 1149.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 18.97 18.97	2195.5 2208.0 2220.5

VÃO = 510.00 m CREEP = 11.63 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 17.08 17.08	1252.8 1258.4 1264.0
	22.	0.00 17.70 17.70	1209.0 1214.7 1220.5
	40.	0.00 18.34 18.34	1166.7 1172.7 1178.6
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 19.45 19.45	2228.1 2240.9 2253.7
FINAIS	5.	0.00 17.49 17.49	1223.0 1228.7 1234.4
	10.	0.00 17.68 17.68	1209.9 1215.7 1221.5
	17.	0.00 17.95 17.95	1192.2 1198.1 1203.9
	22.	0.00 18.13 18.13	1180.0 1185.9 1191.8
	40.	0.00 18.79 18.79	1138.7 1144.8 1150.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 19.68 19.68	2201.2 2214.2 2227.2

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 4

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

 CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

 PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 11.63 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA	COND	TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ.	MÉDIA	SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00	24.02	24.02	1233.3	1241.1	1249.0
	22.	0.00	24.66	24.66	1201.4	1209.4	1217.5
	40.	0.00	25.33	25.33	1170.0	1178.2	1186.5
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00	26.51	26.51	2263.6	2281.1	2298.5
FINAIS	5.	0.00	24.45	24.45	1211.6	1219.6	1227.6
	10.	0.00	24.65	24.65	1202.1	1210.1	1218.1
	17.	0.00	24.92	24.92	1189.1	1197.2	1205.3
	22.	0.00	25.11	25.11	1180.0	1188.2	1196.3
	40.	0.00	25.80	25.80	1148.9	1157.3	1165.7
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00	26.76	26.76	2242.8	2260.4	2278.0

VÃO = 700.00 m CREEP = 11.64 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA	COND	TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ.	MÉDIA	SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00	33.10	33.10	1219.5	1230.2	1241.0
	22.	0.00	33.75	33.75	1196.0	1206.9	1217.9
	40.	0.00	34.43	34.43	1172.4	1183.6	1194.8
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00	35.67	35.68	2291.5	2314.9	2338.3
FINAIS	5.	0.00	33.54	33.54	1203.5	1214.4	1225.3
	10.	0.00	33.74	33.74	1196.5	1207.4	1218.4
	17.	0.00	34.01	34.01	1186.8	1197.8	1208.9
	22.	0.00	34.21	34.21	1180.0	1191.1	1202.2
	40.	0.00	34.91	34.91	1156.4	1167.8	1179.1
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00	35.93	35.93	2275.4	2298.9	2322.5

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 5

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

 CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

 PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 11.66 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA	COND	TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ.	MÉDIA	SUPORTE
INICIAIS							
	5.	0.00	43.59	43.59	1210.4	1224.5	1238.6
	22.	0.00	44.26	44.26	1192.4	1206.7	1221.0
	40.	0.00	44.95	44.95	1174.1	1188.6	1203.2
PV = 75.00 (0.00)							
	17.	0.00	46.24	46.24	2311.3	2341.5	2371.7
FINAIS							
	5.	0.00	44.04	44.04	1198.2	1212.4	1226.7
	10.	0.00	44.24	44.25	1192.7	1207.0	1221.4
	17.	0.00	44.53	44.53	1185.3	1199.7	1214.0
	22.	0.00	44.73	44.73	1180.0	1194.5	1208.9
	40.	0.00	45.44	45.44	1161.6	1176.3	1190.9
PV = 75.00 (0.00)							
	17.	0.00	46.50	46.50	2298.5	2328.9	2359.3

VÃO = 900.00 m CREEP = 11.68 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA	COND	TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ.	MÉDIA	SUPORTE
INICIAIS							
	5.	0.00	55.52	55.52	1204.1	1222.0	1239.9
	22.	0.00	56.19	56.19	1189.9	1208.0	1226.1
	40.	0.00	56.90	56.90	1175.3	1193.6	1211.9
PV = 75.00 (0.00)							
	17.	0.00	58.22	58.22	2325.8	2363.7	2401.6
FINAIS							
	5.	0.00	55.98	55.98	1194.5	1212.5	1230.5
	10.	0.00	56.18	56.18	1190.1	1208.2	1226.3
	17.	0.00	56.47	56.47	1184.2	1202.4	1220.5
	22.	0.00	56.67	56.67	1180.0	1198.2	1216.5
	40.	0.00	57.39	57.40	1165.2	1183.7	1202.2
PV = 75.00 (0.00)							
	17.	0.00	58.49	58.49	2315.4	2353.5	2391.5

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

 ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

 CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE
 diâmetro = 9.14 mm coef. dilat.i = 0.00001152 oC-1
 área secção = 51.08 mm² coef. dilat.f = 0.00001152 oC-1
 peso linear = 0.4070 kgf/m mód. elast. i = 18600. kgf/mm²
 carga rupt. = 6985. kgf mód. elast. f = 18200. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
 Pressão = 75.00 kgf/m²
 Carga = 0.7975 kgf/m

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
 Pressão = 0.00 kgf/m²
 Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
 Comprimento = 0.00 m
 Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
 Pressão = 0.00 kgf/m²
 Carga = 0.00 kgf

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
 Pressão = 0.00 kgf/m²
 Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 2

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

 CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE

 PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 5.87 5.87	780.8 782.0 783.2
	22.	0.00 6.27 6.27	731.0 732.3 733.6
	40.	0.00 6.68 6.68	685.5 686.8 688.2
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 7.39 7.39	1215.3 1218.2 1221.1
FINAIS	5.	0.00 5.87 5.87	780.5 781.7 782.9
	10.	0.00 5.99 5.99	765.2 766.4 767.6
	17.	0.00 6.15 6.15	744.8 746.1 747.3
	22.	0.00 6.27 6.27	731.0 732.3 733.5
	40.	0.00 6.68 6.68	685.7 687.1 688.4
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 7.41 7.41	1212.3 1215.2 1218.2

VÃO = 400.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 10.70 10.70	761.8 763.9 766.1
	22.	0.00 11.15 11.15	731.0 733.3 735.5
	40.	0.00 11.61 11.61	701.6 704.0 706.3
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 12.48 12.48	1280.1 1285.1 1290.0
FINAIS	5.	0.00 10.70 10.70	761.7 763.8 766.0
	10.	0.00 10.83 10.83	752.3 754.5 756.7
	17.	0.00 11.02 11.02	739.7 741.9 744.2
	22.	0.00 11.15 11.15	731.0 733.3 735.5
	40.	0.00 11.61 11.61	701.7 704.1 706.4
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 12.50 12.50	1277.6 1282.6 1287.6

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 3

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

 CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE

 PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S			T R A Ç Õ E S		
		CADEIA	COND	TOTAL	HORIZ.	MÉDIA	SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00	16.95	16.95	751.6	755.0	758.4
	22.	0.00	17.43	17.43	731.0	734.5	738.1
	40.	0.00	17.92	17.92	710.8	714.4	718.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00	18.89	18.89	1321.5	1328.9	1336.4
FINAIS	5.	0.00	16.95	16.95	751.5	755.0	758.4
	10.	0.00	17.09	17.09	745.3	748.8	752.2
	17.	0.00	17.29	17.29	736.9	740.4	743.9
	22.	0.00	17.43	17.43	731.0	734.5	738.0
	40.	0.00	17.92	17.92	710.8	714.5	718.1
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00	18.92	18.92	1319.5	1327.0	1334.4

VÃO = 510.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S			T R A Ç Õ E S		
		CADEIA	COND	TOTAL	HORIZ.	MÉDIA	SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00	17.65	17.65	750.8	754.4	758.0
	22.	0.00	18.13	18.13	731.0	734.7	738.3
	40.	0.00	18.63	18.63	711.5	715.2	719.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00	19.61	19.61	1324.7	1332.5	1340.2
FINAIS	5.	0.00	17.65	17.65	750.8	754.4	757.9
	10.	0.00	17.79	17.79	744.8	748.4	752.0
	17.	0.00	17.99	17.99	736.7	740.3	744.0
	22.	0.00	18.13	18.13	731.0	734.7	738.3
	40.	0.00	18.63	18.63	711.5	715.3	719.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00	19.64	19.64	1322.8	1330.5	1338.3

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 4

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

 CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE

 PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 24.62 24.62	745.6 750.6 755.6
	22.	0.00 25.11 25.11	731.0 736.1 741.1
	40.	0.00 25.63 25.63	716.3 721.5 726.7
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 26.68 26.68	1348.8 1359.3 1369.9
FINAIS	5.	0.00 24.62 24.62	745.6 750.6 755.6
	10.	0.00 24.76 24.76	741.2 746.2 751.2
	17.	0.00 24.97 24.97	735.2 740.3 745.3
	22.	0.00 25.11 25.11	731.0 736.1 741.1
	40.	0.00 25.63 25.63	716.4 721.5 726.7
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 26.71 26.71	1347.2 1357.7 1368.3

VÃO = 700.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 33.70 33.70	741.9 748.7 755.5
	22.	0.00 34.21 34.21	731.0 737.9 744.8
	40.	0.00 34.74 34.74	719.9 726.9 733.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 35.84 35.84	1367.5 1381.6 1395.7
FINAIS	5.	0.00 33.70 33.70	741.9 748.7 755.5
	10.	0.00 33.85 33.85	738.6 745.5 752.3
	17.	0.00 34.06 34.06	734.2 741.0 747.8
	22.	0.00 34.21 34.21	731.0 737.9 744.7
	40.	0.00 34.74 34.74	719.9 726.9 733.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 35.88 35.88	1366.2 1380.3 1394.5

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 5

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

 CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE

 PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 44.21 44.21	739.4 748.3 757.1
	22.	0.00 44.73 44.73	731.0 740.0 748.9
	40.	0.00 45.27 45.27	722.4 731.4 740.5
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 46.41 46.41	1380.8 1399.0 1417.2
FINAIS	5.	0.00 44.21 44.21	739.4 748.3 757.1
	10.	0.00 44.36 44.36	736.9 745.8 754.7
	17.	0.00 44.57 44.58	733.5 742.4 751.3
	22.	0.00 44.73 44.73	731.0 740.0 748.9
	40.	0.00 45.26 45.26	722.4 731.4 740.5
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 46.45 46.45	1379.7 1397.9 1416.1

VÃO = 900.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 56.15 56.15	737.7 748.9 760.1
	22.	0.00 56.67 56.67	731.0 742.3 753.6
	40.	0.00 57.22 57.22	724.1 735.5 746.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 58.39 58.39	1390.5 1413.3 1436.1
FINAIS	5.	0.00 56.15 56.15	737.7 748.9 760.1
	10.	0.00 56.30 56.30	735.7 746.9 758.2
	17.	0.00 56.52 56.52	733.0 744.2 755.5
	22.	0.00 56.67 56.67	731.0 742.3 753.6
	40.	0.00 57.21 57.22	724.1 735.5 746.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 58.43 58.43	1389.6 1412.4 1435.2

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

OPGW 15,6

TRAÇÃO DE PARTIDA

1436 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

 ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

CABO: OPGW1 1 POR FASE
 diâmetro = 15.60 mm coef. dilat.i = 0.00001433 oC-1
 área secção = 145.00 mm² coef. dilat.f = 0.00001433 oC-1
 peso linear = 0.8000 kg/m mód. elast. i = 14300. kgf/mm²
 carga rupt. = 12623. kgf mód. elast. f = 12430. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
 Pressão = 75.00 kgf/m²
 Carga = 1.4174 kgf/m

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
 Pressão = 0.00 kgf/m²
 Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
 Comprimento = 0.00 m
 Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
 Pressão = 0.00 kgf/m²
 Carga = 0.00 kgf

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
 Pressão = 0.00 kgf/m²
 Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

OPGW 15,6

TRAÇÃO DE PARTIDA

1436 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 2

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

CABO: OPGW1 1 POR FASE

PARTIDA: 1436.0 kgf = 11.38 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 5.67 5.67	1587.9 1590.1 1592.4
	22.	0.00 6.18 6.18	1456.1 1458.5 1461.0
	40.	0.00 6.72 6.72	1341.1 1343.7 1346.4
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 7.01 7.01	2275.1 2280.0 2285.0
FINAIS	5.	0.00 5.78 5.78	1558.5 1560.8 1563.1
	10.	0.00 5.92 5.92	1520.2 1522.5 1524.9
	17.	0.00 6.13 6.13	1469.8 1472.3 1474.7
	22.	0.00 6.27 6.27	1436.0 1438.5 1441.0
	40.	0.00 6.78 6.78	1327.6 1330.3 1333.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 7.19 7.19	2220.6 2225.7 2230.8

VÃO = 400.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 10.48 10.48	1527.9 1532.1 1536.3
	22.	0.00 11.06 11.06	1448.6 1453.0 1457.4
	40.	0.00 11.65 11.65	1375.3 1379.9 1384.5
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 12.02 12.02	2361.3 2369.8 2378.3
FINAIS	5.	0.00 10.59 10.59	1511.6 1515.8 1520.0
	10.	0.00 10.76 10.76	1488.4 1492.6 1496.9
	17.	0.00 10.99 10.99	1457.2 1461.6 1466.0
	22.	0.00 11.15 11.15	1436.0 1440.4 1444.9
	40.	0.00 11.73 11.73	1365.5 1370.2 1374.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 12.23 12.23	2320.0 2328.6 2337.3

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

OPGW 15,6

TRAÇÃO DE PARTIDA

1436 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 3

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

CABO: OPGW1 1 POR FASE

PARTIDA: 1436.0 kgf = 11.38 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 16.73 16.73	1496.7 1503.4 1510.0
	22.	0.00 17.33 17.33	1444.6 1451.5 1458.3
	40.	0.00 17.96 17.96	1394.4 1401.5 1408.7
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 18.38 18.38	2414.0 2426.9 2439.9
FINAIS	5.	0.00 16.84 16.84	1486.5 1493.2 1499.9
	10.	0.00 17.02 17.02	1471.2 1477.9 1484.7
	17.	0.00 17.26 17.26	1450.4 1457.2 1464.1
	22.	0.00 17.44 17.44	1436.0 1442.9 1449.9
	40.	0.00 18.05 18.05	1387.3 1394.4 1401.6
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 18.63 18.63	2382.4 2395.5 2408.6

VÃO = 510.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 17.43 17.43	1494.5 1501.4 1508.3
	22.	0.00 18.04 18.04	1444.3 1451.5 1458.6
	40.	0.00 18.67 18.67	1395.8 1403.2 1410.6
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 19.09 19.09	2418.1 2431.5 2444.9
FINAIS	5.	0.00 17.55 17.55	1484.7 1491.6 1498.6
	10.	0.00 17.72 17.72	1469.9 1477.0 1484.0
	17.	0.00 17.97 17.97	1449.9 1457.0 1464.1
	22.	0.00 18.14 18.14	1436.0 1443.2 1450.4
	40.	0.00 18.76 18.76	1388.9 1396.3 1403.8
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 19.34 19.34	2387.2 2400.8 2414.4

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

OPGW 15,6

TRAÇÃO DE PARTIDA

1436 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 4

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

 CABO: OPGW1 1 POR FASE

 PARTIDA: 1436.0 kgf = 11.38 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 24.40 24.40	1478.9 1488.5 1498.2
	22.	0.00 25.02 25.02	1442.1 1452.1 1462.0
	40.	0.00 25.67 25.67	1405.9 1416.1 1426.3
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 26.12 26.12	2447.7 2466.0 2484.3
FINAIS	5.	0.00 24.51 24.51	1471.9 1481.6 1491.3
	10.	0.00 24.69 24.70	1461.1 1470.9 1480.6
	17.	0.00 24.95 24.95	1446.3 1456.2 1466.1
	22.	0.00 25.13 25.13	1436.0 1446.0 1455.9
	40.	0.00 25.77 25.77	1400.5 1410.8 1421.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 26.39 26.39	2423.1 2441.6 2460.1

VÃO = 700.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 33.48 33.48	1467.8 1481.0 1494.3
	22.	0.00 34.12 34.12	1440.6 1454.1 1467.6
	40.	0.00 34.78 34.78	1413.3 1427.1 1440.8
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 35.26 35.26	2470.2 2494.8 2519.5
FINAIS	5.	0.00 33.60 33.60	1462.7 1476.0 1489.3
	10.	0.00 33.79 33.79	1454.7 1468.1 1481.4
	17.	0.00 34.05 34.05	1443.7 1457.2 1470.6
	22.	0.00 34.23 34.23	1436.0 1449.5 1463.1
	40.	0.00 34.89 34.89	1409.2 1422.9 1436.7
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 35.54 35.54	2450.7 2475.6 2500.4

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

OPGW 15,6

TRAÇÃO DE PARTIDA

1436 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 5

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

 CABO: OPGW1 1 POR FASE

 PARTIDA: 1436.0 kgf = 11.38 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 44.00 44.00	1460.5 1477.8 1495.2
	22.	0.00 44.64 44.64	1439.6 1457.2 1474.7
	40.	0.00 45.31 45.31	1418.3 1436.2 1454.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 45.81 45.81	2485.8 2517.7 2549.6
FINAIS	5.	0.00 44.11 44.11	1456.6 1474.0 1491.4
	10.	0.00 44.30 44.30	1450.5 1467.9 1485.4
	17.	0.00 44.57 44.57	1442.0 1459.5 1477.1
	22.	0.00 44.75 44.75	1436.0 1453.6 1471.2
	40.	0.00 45.42 45.42	1415.0 1432.9 1450.8
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 46.11 46.11	2470.1 2502.2 2534.3

VÃO = 900.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 55.94 55.94	1455.5 1477.4 1499.3
	22.	0.00 56.59 56.59	1438.9 1461.0 1483.2
	40.	0.00 57.27 57.27	1421.9 1444.3 1466.7
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 57.78 57.78	2497.0 2537.1 2577.2
FINAIS	5.	0.00 56.05 56.06	1452.4 1474.4 1496.4
	10.	0.00 56.25 56.25	1447.5 1469.6 1491.6
	17.	0.00 56.51 56.51	1440.8 1462.9 1485.1
	22.	0.00 56.70 56.70	1436.0 1458.2 1480.4
	40.	0.00 57.38 57.38	1419.2 1441.7 1464.1
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 58.09 58.09	2484.2 2524.5 2564.7

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

76 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

 ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

CABO: OPGW2 1 POR FASE
 diâmetro = 13.40 mm coef. dilat.i = 0.00001320 oC-1
 área secção = 103.00 mm² coef. dilat.f = 0.00001320 oC-1
 peso linear = 0.6820 kgf/m mód. elast. i = 13800. kgf/mm²
 carga rupt. = 9477. kgf mód. elast. f = 13800. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
 Pressão = 75.00 kgf/m²
 Carga = 1.2146 kgf/m

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
 Pressão = 0.00 kgf/m²
 Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
 Comprimento = 0.00 m
 Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
 Pressão = 0.00 kgf/m²
 Carga = 0.00 kgf

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
 Pressão = 0.00 kgf/m²
 Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

76 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 2

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

 CABO: OPGW2 1 POR FASE

 PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 5.74 5.74	1336.4 1338.4 1340.3
	22.	0.00 6.19 6.19	1240.4 1242.5 1244.6
	40.	0.00 6.65 6.65	1153.8 1156.0 1158.3
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 7.20 7.20	1900.3 1904.6 1909.0
FINAIS	5.	0.00 5.82 5.82	1318.3 1320.3 1322.3
	10.	0.00 5.95 5.95	1289.4 1291.4 1293.4
	17.	0.00 6.14 6.14	1250.9 1253.0 1255.1
	22.	0.00 6.27 6.27	1225.0 1227.1 1229.3
	40.	0.00 6.73 6.73	1140.6 1142.9 1145.2
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 7.26 7.26	1883.3 1887.7 1892.1

VÃO = 400.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 10.55 10.55	1294.3 1297.9 1301.5
	22.	0.00 11.06 11.06	1234.8 1238.6 1242.3
	40.	0.00 11.58 11.59	1178.7 1182.6 1186.5
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 12.25 12.25	1985.0 1992.4 1999.8
FINAIS	5.	0.00 10.64 10.64	1283.3 1286.9 1290.5
	10.	0.00 10.79 10.79	1265.5 1269.1 1272.8
	17.	0.00 11.00 11.00	1241.4 1245.2 1248.9
	22.	0.00 11.15 11.15	1225.0 1228.8 1232.6
	40.	0.00 11.67 11.67	1169.9 1173.9 1177.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 12.33 12.33	1972.8 1980.3 1987.7

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

76 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 3

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

 CABO: OPGW2 1 POR FASE

 PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 16.79 16.79	1271.5 1277.1 1282.8
	22.	0.00 17.33 17.33	1231.7 1237.5 1243.4
	40.	0.00 17.90 17.90	1193.0 1199.0 1205.1
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 18.65 18.65	2038.9 2050.2 2061.4
FINAIS	5.	0.00 16.88 16.88	1264.2 1269.9 1275.6
	10.	0.00 17.04 17.04	1252.3 1258.1 1263.9
	17.	0.00 17.27 17.27	1236.2 1242.1 1247.9
	22.	0.00 17.43 17.43	1225.0 1230.9 1236.8
	40.	0.00 17.99 17.99	1186.8 1192.9 1199.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 18.73 18.73	2029.8 2041.1 2052.4

VÃO = 510.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 17.49 17.49	1269.8 1275.7 1281.7
	22.	0.00 18.04 18.04	1231.5 1237.6 1243.7
	40.	0.00 18.60 18.60	1194.0 1200.3 1206.6
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 19.36 19.36	2043.2 2054.8 2066.5
FINAIS	5.	0.00 17.59 17.59	1262.8 1268.7 1274.7
	10.	0.00 17.75 17.75	1251.4 1257.4 1263.4
	17.	0.00 17.97 17.97	1235.8 1241.9 1248.0
	22.	0.00 18.13 18.13	1225.0 1231.1 1237.3
	40.	0.00 18.70 18.70	1188.1 1194.4 1200.8
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 19.45 19.45	2034.3 2046.0 2057.7

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

76 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 4

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

CABO: OPGW2 1 POR FASE

PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 24.45 24.45	1258.1 1266.3 1274.6
	22.	0.00 25.01 25.01	1229.8 1238.3 1246.7
	40.	0.00 25.60 25.60	1201.7 1210.4 1219.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 26.41 26.41	2074.4 2090.3 2106.2
FINAIS	5.	0.00 24.55 24.55	1253.0 1261.3 1269.6
	10.	0.00 24.71 24.72	1244.5 1252.9 1261.3
	17.	0.00 24.95 24.95	1233.0 1241.5 1249.9
	22.	0.00 25.11 25.11	1225.0 1233.5 1242.0
	40.	0.00 25.70 25.70	1197.2 1205.9 1214.6
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 26.50 26.50	2067.4 2083.4 2099.3

VÃO = 700.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 33.53 33.53	1249.7 1261.0 1272.3
	22.	0.00 34.11 34.11	1228.6 1240.1 1251.6
	40.	0.00 34.71 34.71	1207.4 1219.1 1230.8
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 35.57 35.57	2098.6 2119.9 2141.2
FINAIS	5.	0.00 33.63 33.63	1245.9 1257.2 1268.5
	10.	0.00 33.80 33.80	1239.6 1251.0 1262.4
	17.	0.00 34.04 34.04	1231.0 1242.5 1254.0
	22.	0.00 34.21 34.21	1225.0 1236.5 1248.0
	40.	0.00 34.81 34.81	1203.9 1215.7 1227.4
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 35.66 35.66	2093.1 2114.5 2135.9

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

76 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 5

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

 CABO: OPGW2 1 POR FASE

 PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 44.03 44.03	1244.1 1258.8 1273.6
	22.	0.00 44.62 44.62	1227.8 1242.8 1257.7
	40.	0.00 45.24 45.24	1211.2 1226.4 1241.6
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 46.13 46.13	2115.7 2143.2 2170.8
FINAIS	5.	0.00 44.14 44.14	1241.2 1256.0 1270.8
	10.	0.00 44.31 44.31	1236.3 1251.2 1266.1
	17.	0.00 44.55 44.55	1229.7 1244.6 1259.6
	22.	0.00 44.72 44.72	1225.0 1240.0 1255.0
	40.	0.00 45.34 45.34	1208.5 1223.7 1238.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 46.22 46.22	2111.3 2138.9 2166.5

VÃO = 900.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 55.96 55.96	1240.2 1258.9 1277.6
	22.	0.00 56.56 56.56	1227.2 1246.1 1265.0
	40.	0.00 57.18 57.19	1214.0 1233.1 1252.2
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 58.10 58.10	2128.1 2162.7 2197.2
FINAIS	5.	0.00 56.07 56.07	1237.9 1256.6 1275.3
	10.	0.00 56.24 56.25	1234.0 1252.8 1271.6
	17.	0.00 56.49 56.49	1228.7 1247.6 1266.5
	22.	0.00 56.66 56.66	1225.0 1243.9 1262.9
	40.	0.00 57.29 57.29	1211.8 1230.9 1250.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 58.20 58.20	2124.5 2159.1 2193.7

ANEXO 2 – COMPARAÇÃO DAS FLECHAS CONDUTOR / PÁRA-RAIOS

FLECHAS DOS CONDUTORES E PÁRA-RAIOS

VÃO	AAAC 838 kcmil (A)	DOTTEREL (B)	3/8" EAR (C)	OPGW 15,6 (D)	OPGW 13,4 (E)
300	6,97	6,27	6,27	6,27	6,27
400	12,39	11,15	11,15	11,15	11,15
500	19,37	17,43	17,43	17,44	17,43
600	27,92	25,11	25,11	25,13	25,11
700	38,05	34,21	34,21	34,23	34,21
800	49,75	44,73	44,73	44,75	44,72
900	63,05	56,67	56,67	56,70	56,66

COMPARAÇÃO DAS FLECHAS

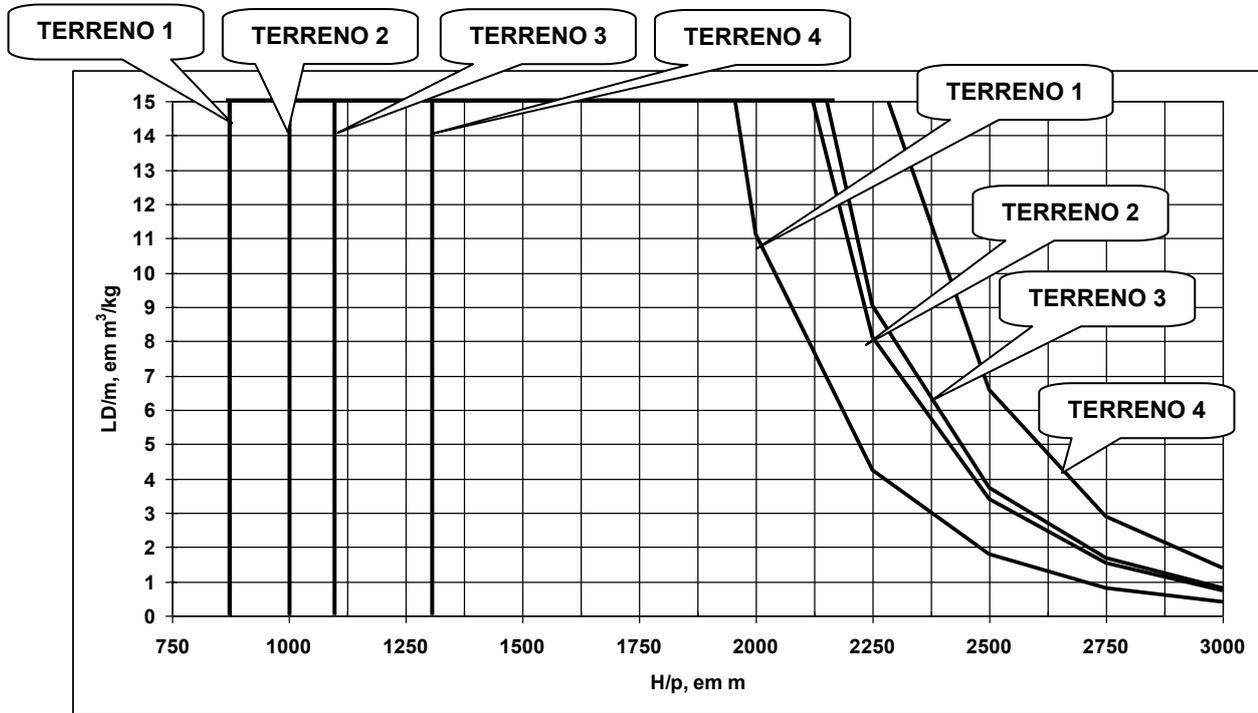
VÃO	DOTTEREL (B)/(A)	3/8" EAR (C)/(A)	OPGW 15,6 (D)/(A)	OPGW 13,4 (E)/(A)
300	0,90	0,90	0,90	0,90
400	0,90	0,90	0,90	0,90
500	0,90	0,90	0,90	0,90
600	0,90	0,90	0,90	0,90
700	0,90	0,90	0,90	0,90
800	0,90	0,90	0,90	0,90
900	0,90	0,90	0,90	0,90

Flechas a 22°C, sem vento, final

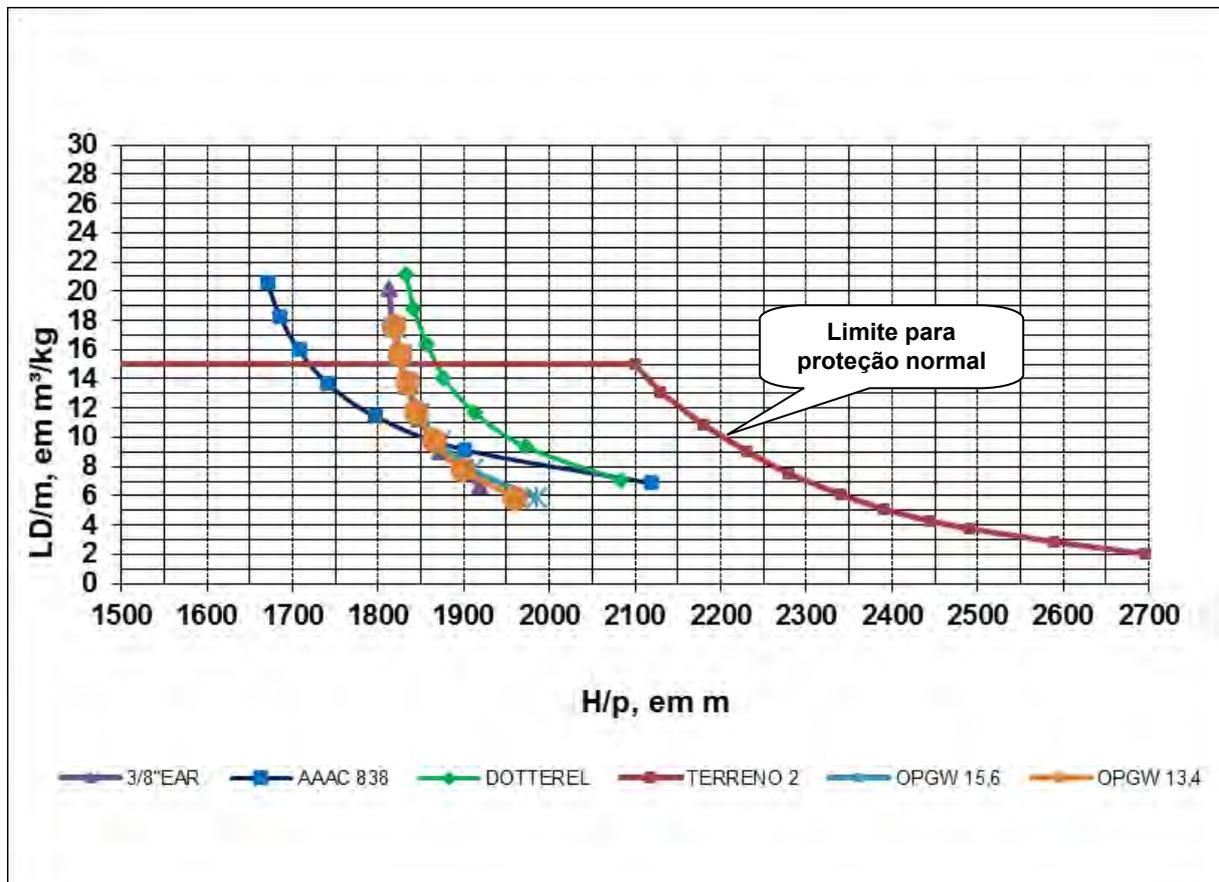
Valores em metro

ANEXO 3 - GRAFICO DE PROTEÇÃO CONTRA VIBRAÇÕES EÓLICAS

Anexo 3A – Gráfico Geral para Avaliação de Necessidade de Amortecedores



Anexo 3B – Gráfico Específico para os Cabos Condutor e Para-Raios



02	15/05/17	Atendimento aos comentários da EP	AQ	JCS	
01	04/05/17	Revisado em função da adequação ao relatório de estruturas	AQ	JCS	
00	21/03/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 5 SPE SA					
PROJETO BÁSICO					
ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	21/03/17
TÍTULO					
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2 Lote 15 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL RELATÓRIO ESTUDO MECÂNICO DO CONDUTOR E PARA-RAIOS E VIBRAÇÕES					
Nº DOCUMENTO				FOLHA	REVISÃO
RE-EQT5-L501-PB-ELM-0006-R02				1 de 38	02

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	CARACTERÍSTICAS DOS CABOS.....	3
3.	DADOS CLIMATOLÓGICOS	3
3.1.	Temperaturas	3
3.2.	Velocidades do Vento	3
3.3.	Pressões Decorrentes da Ação do Vento Extremo (T = 250 anos)	3
3.4.	Pressões Decorrentes da Ação do Vento Nominal (T = 50 anos).....	3
4.	CONDIÇÕES DE GOVERNO	3
5.	TABELAS DE FLECHAS E TRAÇÕES	6
6.	Critério de Proteção CONTRA VIBRAÇÃO EÓLICA	6
7.	REFERÊNCIAS.....	8
	Anexo 1 – flechas e trações	9
	Anexo 2 – Comparação das Flechas Condutor / Pára-raios	35
	Anexo 3 - Gráfico de Proteção contra Vibrações Eólicas.....	37
	Anexo 3A – Gráfico Geral para Avaliação de Necessidade de Amortecedores.....	38
	Anexo 3B – Gráfico Específico para os Cabos Condutor e Para-Raios.....	38

1. OBJETIVO

- 1.1 Definir as condições básicas de projeto a serem adotadas no cálculo mecânico dos condutores e para-raios da LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2, em circuito simples pertencente ao Lote 15 do Leilão 0013/2015 – 2º parte.
- 1.2 A partir das condições básicas de projeto determinar as condições de governo a serem utilizadas nos cálculos de trações e flechas dos condutores e para-raios, necessários para as várias fases dos projetos básico e executivo das LT em estudo.

2. CARACTERÍSTICAS DOS CABOS

- 2.1 O estudo para definição do condutor e para-raios consta da referência [1]. As principais características dos cabos selecionados, necessárias para seu cálculo mecânico, constam da referência (1).

3. DADOS CLIMATOLÓGICOS

3.1. Temperaturas

- | | |
|---|------|
| a) Média [EDS] | 22°C |
| b) Mínima absoluta | 5°C |
| c) Média das mínimas inverno [coincidente com vento máximo] | 17°C |

3.2. Velocidades do Vento

- | | |
|--|-----------|
| a) Velocidade extrema [250 anos, 10 min, 10 m, cat. B] | 25,00 m/s |
| b) Velocidade nominal [50 anos, 10 min, 10 m, cat. B] | 22,22 m/s |

3.3. Pressões Decorrentes da Ação do Vento Extremo (T = 250 anos)

- | | |
|---------------|-----------------------|
| a) Condutores | 70 kgf/m ² |
| b) Para-raios | 75 kgf/m ² |

3.4. Pressões Decorrentes da Ação do Vento Nominal (T = 50 anos)

- | | |
|---------------|-----------------------|
| a) Condutores | 56 kgf/m ² |
| b) Para-raios | 60 kgf/m ² |

4. CONDIÇÕES DE GOVERNO

- 4.1 As condições básicas de projeto selecionadas para os cabos visam limitar as trações que atuam sobre os mesmos a valores que garantam sua integridade mecânica durante toda a vida útil prevista para a linha de transmissão.
- 4.2 Os limites adotados devem levar em consideração tanto as cargas resultantes da ação dos ventos de projeto como também as deformações que podem ser produzidas nos cabos por vibrações induzidas por ventos uniformes de baixa intensidade.
- 4.3 São indicados a seguir os limites para as trações nos cabos, especificados pela a ANEEL:
 - a) Sob ação do vento extremo (T = 250 anos), a tração axial deve ser inferior ou no máximo igual a 70% da carga de ruptura do cabo.
 - b) Sob ação do vento nominal (T = 50 anos), a tração axial deve ser inferior ou no máximo igual a 50% da carga de ruptura do cabo.

c) Na condição de temperatura mínima, a tração axial deve ser inferior ou no máximo igual a 33% da carga de ruptura do cabo.

4.4 Respeitados os limites estabelecidos no item 4.3, as trações de projeto para os cabos para-raios serão definidas de modo que, na condição (EDS – Every day Stress – item 3.1), sem vento, final, suas flechas sejam aproximadamente iguais e limitadas a 90% das flechas correspondentes dos condutores.

4.5 Nos trechos de paralelismo entre as LT's 500 kV Igarorã III – Janaúba 3 C1 (lote 14) e C2 (Lote 15) serão adotados períodos de retorno de 500 anos. O estudo mecânico a ser aplicado nos trechos paralelos consta do relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0018-R00 - RELATORIOS DE CONFIABILIDADE TRECHO PARALELISMO.

4.6 Em função do exposto nos itens anteriores estão sendo adotadas as seguintes trações limites para os cabos selecionados:

Condições de Governo	Trações Limites				
	AAAC 838 kcmil	Dotterel	3/8 EAR	OPGW 16,75	OPGW 13,4
70% CR : Final, Vento extremo; Tração suporte (Pressão de Vento ver Item 3.3)	6629 kgf	5499 kgf	4889 kgf	6921 kgf	6633kgf
50% CR : Vento nominal; Tração suporte (Pressão de Vento ver Item 3.3)	4735 kgf	3928 kgf	3492 kgf	4944 kgf	4738 kgf
Partida: final , Sem Vento EDS, Tração horizontal	1894,2 kgf (20%)	1180 kgf (15,02%)	731 kgf (10,47%)	1374 kgf (13,90%)	1225 kgf (12,93%)
33 % CR Tração Inicial, Sem Vento, Tração suporte	3125 kgf	2592 kgf	2305 kgf	3263 kgf	3127 kgf

4.7 Abaixo segue o resumo dos resultados obtidos no programa de flechas e trações conforme anexo 1:

		trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
AAAC 838	Final, Vento extremo		3216	3352	3441	3506	3559	3605	3648
	Inicial, Sem Vento		2490	2242	2127	2070	2042	2030	2028
	final , Sem Vento, EDS		1894,2	1894,2	1894,2	1894,2	1894,2	1894,2	1894,2
		trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
CAA DOTTEREL	Final, Vento extremo		2024	2141	2221	2278	2323	2359	2392
	Inicial, Sem Vento		1372	1301	1266	1249	1241	1239	1240
	final , Sem Vento, EDS		1180	1180	1180	1180	1180	1180	1180

	trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
3/8 EAR	Final, Vento extremo	1218	1288	1334	1368	1395	1416	1435
	Inicial, Sem Vento	783	766	758	756	756	757	760
	final , Sem Vento, EDS	731	731	731	731	731	731	731
	trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
OPGW 16,75	Final, Vento extremo	2269	2390	2471	2530	2575	2613	2647
	Inicial, Sem Vento	1527	1474	1448	1436	1432	1432	1436
	final , Sem Vento, EDS	1374	1374	1374	1374	1374	1374	1374
	trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
OPGW 13,4	Final, Vento extremo	1892	1988	2052	2099	2136	2167	2194
	Inicial, Sem Vento	1340	1302	1283	1275	1272	1274	1278
	final , Sem Vento, EDS	1225	1225	1225	1225	1225	1225	1225

4.8 Estão sendo verificadas na tabela abaixo para vãos isolados entre 300 m e 900 m, se as trações de projeto obedecem aos limites estabelecidos no item 4.3 .

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

Carregamento	Tração Correspondente em kgf (1)(5)				
	AAAC 838	DOTTEREL	3/8" EAR	OPGW 16,75	OPGW 13,4
70 kgf/m ² , 17°C, final (2)	3648 (38,52%)				
75 kgf/m ² , 17°C, final (2)		2392 (30,44%)	1435 (20,55%)	2647 (26,77%)	2194 (23,15%)
s/vento, 5°C, inicial (2)	2490 (26,29%)	1372 (17,46%)	783 (11,21%)	1527 (15,44%)	1340 (14,14%)
s/vento, 22°C, final (3)	1894,2 (20,00%)	1180 (15,02%)	731 (10,47%)	1374 (13,90%)	1225 (12,93%)

(1) O valor entre parênteses indica o percentual da carga de ruptura do cabo.

(2) Trações no suporte.

(3) Tração horizontal

(5) A tração para a condição de vento extremo (T = 250 anos) está sendo limitada a 50% para o cabo condutor e para-raios Dotterel e 40% para os demais cabos para-raios, tornando desnecessária a verificação para a condição de vento nominal (T = 50 anos).

5. TABELAS DE FLECHAS E TRAÇÕES

5.1. A partir das condições de projeto constantes do item 4.6 anterior e dos critérios de vibração do item 6 (ver também Anexo 3) foram calculadas as flechas e trações para cada cabo, de acordo com as trações de partida apresentadas nas tabelas abaixo, extraídas do item 4.6 anterior.

Temper. Média (°C)	Trações de partida dos cabos (final, sem vento, temperatura média)				
	AAAC 838	DOTTEREL	3/8" EAR	OPGW 16,75	OPGW 13,4
22	1894,2 (20,00%)	1180 (15,02%)	731 (10,47%)	1374 (13,90%)	1225 (12,93%)

5.2 Os cálculos das flechas e trações foram realizados fazendo uso do programa de computador FLETRA. Os relatórios de saída do programa FLETRA constam do Anexo 1

5.3 Os cálculos foram executados para uma faixa de vãos variando de 300 m a 900 m, a qual deve cobrir a quase totalidade dos vãos esperados para a LT em estudo. No decorrer do projeto executivo, vãos básicos ou isolados que venham a estar situados fora dessa faixa serão objeto de estudo específico, respeitado o disposto no capítulo 4.

5.4 O exame dos relatórios de saída permite constatar que, partindo da tração de governo, sem vento, final, as demais condições de projeto são respeitadas, para o intervalo de vãos considerado (300 a 900 metros).

5.5 São comparadas no Anexo 2 as flechas do condutor e dos cabos para-raios para a condição de governo EDS, sem vento, final. A relação entre as flechas dos cabos para-raios e dos condutores atende o especificado no item 4.4, validando as condições de governo selecionadas.

6. CRITÉRIO DE PROTEÇÃO CONTRA VIBRAÇÃO EÓLICA

6.1 O procedimento usual de projeto consiste, portanto, em apoiar-se em resultados publicados sobre o desempenho de linhas existentes e aplicar as recomendações extraídas do comportamento dessa LT ao projeto em estudo.

6.2 No caso presente estão sendo adotadas as recomendações da Brochura 273 [5] no caso presente ou então sendo adotadas as recomendações Grupo de Trabalho CIGRE 22.11 publicadas na revista ELECTRA [4].

6.3 Como critério de avaliação da necessidade de proteção contra vibração eólica a referência citada utiliza parâmetros que levam em conta a tração atuando no cabo, sua massa unitária, a extensão do vão e o efeito da rugosidade do terreno atravessado sobre a turbulência do vento.

6.4 A análise das considerações teóricas sobre o fenômeno vibratório combinada com a experiência de campo acumulada ao longo das últimas décadas levaram o referido grupo de trabalho [4] a propor o gráfico apresentado na Figura do Anexo 3A, composto basicamente, por três áreas:

- a) área situada à esquerda das retas verticais aplicáveis a cada tipo de terreno, para a qual não é necessário o uso de amortecedores;
- b) área interna, à direita das retas verticais, abaixo da linha horizontal e à esquerda das curvas aplicáveis a cada tipo de terreno na qual os cabos podem ser seguramente protegidos pelo simples uso de amortecedores nas extremidades dos vãos;

c) área situada acima do limite horizontal do gráfico e à direita das curvas aplicáveis a cada tipo de terreno, na qual os cabos necessitam de proteções reforçadas, ou seja, maior número de amortecedores nas extremidades dos vãos e uso de armaduras pré-formadas ou grampos de suspensão tipo AGS (armor grip suspension).

6.5. Os efeitos da vibração eólica são examinados a seguir para todos os cabos a serem utilizados na LT [5] para a pior condição com temperatura mínima de 5°C. São indicadas abaixo as características físicas desses cabos:

	AAAC 838	DOTTEREL	3/8" EAR	OPGW 16,75	OPGW 13,4
D	0,02678 m	0,01542 m	0,00914 m	0,01675 m	0,0134 m
m	1,172kg/m	0,657 kg/m	0,407 kg/m	0,768 kg/m	0,682kg/m
p	1,172kg/m	0,657 kgf/m	0,407 kgf/m	0,768 kgf/m	0,682kgf/m

6.6 A seguir, os valores dos parâmetros (LD/m) e (H/p) para vãos de 300 a 900m:

AAAC 838	300	400	500	600	700	800	900
H (kgf)	2.484	2.229	2.106	2.040	2.001	1.975	1.958
LD/m (m3/kg)	6,85	9,14	11,42	13,71	15,99	18,28	20,56
H/p (m)	2.119	1.902	1.797	1.741	1.707	1.685	1.671
DOTTEREL	300	400	500	600	700	800	900
H (kgf)	1.369	1.295	1.256	1.233	1.220	1.210	1.204
LD/m (m3/kg)	7,04	9,39	11,74	14,08	16,43	18,78	21,12
H/p (m)	2.084	1.971	1.912	1.877	1.857	1.842	1.833
3/8 EAR	300	400	500	600	700	800	900
H (kgf)	781	762	752	746	742	739	738
LD/m (m3/kg)	6,74	8,98	11,23	13,47	15,72	17,97	20,21
H/p (m)	1.919	1.872	1.848	1.833	1.823	1.816	1.813
OPGW 16,75	300	400	500	600	700	800	900
H (kgf)	1.523	1.466	1.435	1.418	1.406	1.399	1.394
LD/m (m3/kg)	6,54	8,72	10,90	13,09	15,27	17,45	19,63
H/p (m)	1.983	1.909	1.868	1.846	1.831	1.822	1.815
OPGW 13,4	300	400	500	600	700	800	900
H (kgf)	1.336	1.294	1.272	1.258	1.250	1.244	1.240
LD/m (m3/kg)	5,89	7,86	9,82	11,79	13,75	15,72	17,68
H/p (m)	1.959	1.897	1.865	1.845	1.833	1.824	1.818

6.7 Plotando os valores acima utilizando os mesmos eixos da figura do anexo 3A, obtém-se as curvas mostradas na figura do anexo 3B a qual inclui também a curva limite correspondente ao terreno tipo 2 (aberto, plano, sem obstruções). A análise da figura do anexo 3B permite concluir:

a) cabo condutor AAAC 838 – Vãos até 600 m caem na área em que o uso de amortecedores nas extremidades dos vãos é proteção suficiente.

- b) cabos para-raios CAA Dotterel– Vãos até 600 m caem na área em que o uso de amortecedores nas extremidades dos vãos é proteção suficiente.
 - c) cabos para - raios 3/8”– Vãos até 600 m caem na área em que o uso de amortecedores nas extremidades dos vãos é proteção suficiente.
 - d) cabos para - raios OPGW 16,75 – Vãos até 600 m caem na área em que o uso de amortecedores nas extremidades dos vãos é proteção suficiente.
 - e) cabos para - raios OPGW 13,4 – Vãos até 700 m caem na área em que o uso de amortecedores nas extremidades dos vãos é proteção suficiente.
- 6.8 Quando utilizados em vãos superiores ao limite indicado no item 6.7 anterior, os cabos condutores e os para-raios 3/8”, Dotterel, OPGW 16,75 e OPGW 13,4 devem receber proteção reforçada, a qual pode ser obtida pelo uso de uma quantidade maior de amortecedores em ambas as extremidades dos vãos.
- 6.8 Adicionalmente os cabos para-raios 3/8” e Dotterel deverão ser protegidos por armaduras pré-formadas.
- 6.9 Travessias de grandes rios e outros vãos longos que, pelas características do terreno atravessado, possam favorecer a ação de ventos uniformes com baixo nível de turbulência, devem receber sistema de amortecimento reforçado, conforme orientação do projetista da LT.
- 6.10 No decorrer do projeto executivo, após serem determinadas por ensaios de tipo [6] as características de amortecimento dos materiais efetivamente comprados, a quantidade de amortecedores por vão deverá ser reavaliada e aumentada, caso necessário, visando reduzir as amplitudes de vibração a níveis suficientemente baixos para garantir a integridade dos cabos ao longo de toda a vida útil da LT.

7. REFERÊNCIAS

- 1 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0005 CONDUTOR E PÁRA-RAIOS, preparado para a LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 2 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0003 DADOS CLIMATOLÓGICOS, preparado para a LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 3 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0004 VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO , preparado para a LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 4 ELECTRA N° 198, outubro, 2001 – Safe design tension with respect to aeolian vibrations. Part 2: damped single conductors.
- 5 Brochura 273- Overhead conductor safe design tension with respect to aeolian vibrations
- 6 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0010 ISOLADORES E FERRAGENS, preparado para a LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

ANEXO 1 – FLECHAS E TRAÇÕES

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894,2 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

70 kgf/m²

F L E T R A

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 15/ 3/2017

PÁGINA 1

PROJETO: PROJETO BASICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

CABO: AAAC 1120	838.0kcmil	37fios	6 POR FASE
diâmetro = 26.78 mm	coef. dilat.i = 0.00002300 oC-1		
área secção = 425.16 mm ²	coef. dilat.f = 0.00002300 oC-1		
peso linear = 1.1720 kgf/m	mód. elast. i = 4829. kgf/mm ²		
carga rupt. = 9471. kgf	mód. elast. f = 6526. kgf/mm ²		

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 70.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 2.2108 kgf/m	Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
 Comprimento = 0.00 m
 Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 0.00 kgf	Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

F L E T R A

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE
 diâmetro = 15.42 mm coef. dilat.i = 0.00001480 oC-1
 área secção = 141.89 mm² coef. dilat.f = 0.00001530 oC-1
 peso linear = 0.6570 kg/m mód. elast. i = 9773. kgf/mm²
 carga rupt. = 7857. kgf mód. elast. f = 10687. kgf/mm²

PARÂMETROS TENSÃO-DEFORMAÇÃO [psi]:

AO = 0.21700E-02 AM = 0.00000E+00 (6 meses)
 A1 = 0.70500E-05 AA = 0.00000E+00 (1 ano)
 A2 = -0.32100E-10 AF = 0.11960E+06 (10 anos)
 A3 = 0.11400E-15

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 75.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 1.3301 kgf/m	Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
 Comprimento = 0.00 m
 Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 0.00 kgf	Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO CALCULADOS!

PERÍODO: 10 ANOS

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 2

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 11.68 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 5.40 5.40	1368.9 1370.7 1372.4
	22.	0.00 5.90 5.90	1252.6 1254.6 1256.5
	40.	0.00 6.43 6.43	1149.9 1152.0 1154.2
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 7.23 7.23	2070.4 2075.2 2080.0
FINAIS	5.	0.00 5.74 5.74	1289.0 1290.9 1292.7
	10.	0.00 5.89 5.89	1254.7 1256.6 1258.6
	17.	0.00 6.11 6.11	1209.9 1211.9 1213.9
	22.	0.00 6.27 6.27	1180.0 1182.1 1184.1
	40.	0.00 6.82 6.82	1084.9 1087.1 1089.4
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 7.44 7.44	2013.8 2018.7 2023.6

VÃO = 400.00 m CREEP = 11.64 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 10.16 10.16	1294.7 1298.1 1301.4
	22.	0.00 10.74 10.74	1224.8 1228.4 1231.9
	40.	0.00 11.34 11.34	1160.2 1163.9 1167.6
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 12.31 12.31	2163.0 2171.1 2179.3
FINAIS	5.	0.00 10.55 10.55	1247.0 1250.4 1253.9
	10.	0.00 10.73 10.73	1226.3 1229.8 1233.3
	17.	0.00 10.97 10.97	1198.8 1202.3 1205.9
	22.	0.00 11.15 11.15	1180.0 1183.6 1187.3
	40.	0.00 11.76 11.76	1118.2 1122.0 1125.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 12.54 12.54	2124.4 2132.7 2141.0

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 3

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 11.63 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 16.37 16.37	1255.6 1261.0 1266.3
	22.	0.00 16.99 16.99	1210.0 1215.6 1221.1
	40.	0.00 17.63 17.63	1166.2 1172.0 1177.7
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 18.73 18.73	2223.3 2235.6 2248.0
FINAIS	5.	0.00 16.79 16.79	1224.6 1230.1 1235.6
	10.	0.00 16.98 16.98	1211.0 1216.6 1222.1
	17.	0.00 17.24 17.24	1192.7 1198.3 1203.9
	22.	0.00 17.43 17.43	1180.0 1185.7 1191.4
	40.	0.00 18.08 18.09	1137.2 1143.1 1149.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 18.97 18.97	2195.5 2208.0 2220.5

VÃO = 510.00 m CREEP = 11.63 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 17.08 17.08	1252.8 1258.4 1264.0
	22.	0.00 17.70 17.70	1209.0 1214.7 1220.5
	40.	0.00 18.34 18.34	1166.7 1172.7 1178.6
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 19.45 19.45	2228.1 2240.9 2253.7
FINAIS	5.	0.00 17.49 17.49	1223.0 1228.7 1234.4
	10.	0.00 17.68 17.68	1209.9 1215.7 1221.5
	17.	0.00 17.95 17.95	1192.2 1198.1 1203.9
	22.	0.00 18.13 18.13	1180.0 1185.9 1191.8
	40.	0.00 18.79 18.79	1138.7 1144.8 1150.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 19.68 19.68	2201.2 2214.2 2227.2

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 4

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 11.63 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 24.02 24.02	1233.3 1241.1 1249.0
	22.	0.00 24.66 24.66	1201.4 1209.4 1217.5
	40.	0.00 25.33 25.33	1170.0 1178.2 1186.5
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 26.51 26.51	2263.6 2281.1 2298.5
FINAIS	5.	0.00 24.45 24.45	1211.6 1219.6 1227.6
	10.	0.00 24.65 24.65	1202.1 1210.1 1218.1
	17.	0.00 24.92 24.92	1189.1 1197.2 1205.3
	22.	0.00 25.11 25.11	1180.0 1188.2 1196.3
	40.	0.00 25.80 25.80	1148.9 1157.3 1165.7
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 26.76 26.76	2242.8 2260.4 2278.0

VÃO = 700.00 m CREEP = 11.64 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 33.10 33.10	1219.5 1230.2 1241.0
	22.	0.00 33.75 33.75	1196.0 1206.9 1217.9
	40.	0.00 34.43 34.43	1172.4 1183.6 1194.8
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 35.67 35.68	2291.5 2314.9 2338.3
FINAIS	5.	0.00 33.54 33.54	1203.5 1214.4 1225.3
	10.	0.00 33.74 33.74	1196.5 1207.4 1218.4
	17.	0.00 34.01 34.01	1186.8 1197.8 1208.9
	22.	0.00 34.21 34.21	1180.0 1191.1 1202.2
	40.	0.00 34.91 34.91	1156.4 1167.8 1179.1
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 35.93 35.93	2275.4 2298.9 2322.5

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 5

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

 CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

 PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 11.66 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 43.59 43.59	1210.4 1224.5 1238.6
	22.	0.00 44.26 44.26	1192.4 1206.7 1221.0
	40.	0.00 44.95 44.95	1174.1 1188.6 1203.2
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 46.24 46.24	2311.3 2341.5 2371.7
FINAIS	5.	0.00 44.04 44.04	1198.2 1212.4 1226.7
	10.	0.00 44.24 44.25	1192.7 1207.0 1221.4
	17.	0.00 44.53 44.53	1185.3 1199.7 1214.0
	22.	0.00 44.73 44.73	1180.0 1194.5 1208.9
	40.	0.00 45.44 45.44	1161.6 1176.3 1190.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 46.50 46.50	2298.5 2328.9 2359.3

VÃO = 900.00 m CREEP = 11.68 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 55.52 55.52	1204.1 1222.0 1239.9
	22.	0.00 56.19 56.19	1189.9 1208.0 1226.1
	40.	0.00 56.90 56.90	1175.3 1193.6 1211.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 58.22 58.22	2325.8 2363.7 2401.6
FINAIS	5.	0.00 55.98 55.98	1194.5 1212.5 1230.5
	10.	0.00 56.18 56.18	1190.1 1208.2 1226.3
	17.	0.00 56.47 56.47	1184.2 1202.4 1220.5
	22.	0.00 56.67 56.67	1180.0 1198.2 1216.5
	40.	0.00 57.39 57.40	1165.2 1183.7 1202.2
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 58.49 58.49	2315.4 2353.5 2391.5

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

F L E T R A

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE

diâmetro = 9.14 mm	coef. dilat.i = 0.00001152 oC-1
área secção = 51.08 mm ²	coef. dilat.f = 0.00001152 oC-1
peso linear = 0.4070 kgf/m	mód. elast. i = 18600. kgf/mm ²
carga rupt. = 6985. kgf	mód. elast. f = 18200. kgf/mm ²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 75.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 0.7975 kgf/m	Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
Comprimento = 0.00 m
Área . . . = 0.00 m ²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 0.00 kgf	Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 2

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE

PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 5.87 5.87	780.8 782.0 783.2
	22.	0.00 6.27 6.27	731.0 732.3 733.6
	40.	0.00 6.68 6.68	685.5 686.8 688.2
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 7.39 7.39	1215.3 1218.2 1221.1
FINAIS	5.	0.00 5.87 5.87	780.5 781.7 782.9
	10.	0.00 5.99 5.99	765.2 766.4 767.6
	17.	0.00 6.15 6.15	744.8 746.1 747.3
	22.	0.00 6.27 6.27	731.0 732.3 733.5
	40.	0.00 6.68 6.68	685.7 687.1 688.4
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 7.41 7.41	1212.3 1215.2 1218.2

VÃO = 400.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 10.70 10.70	761.8 763.9 766.1
	22.	0.00 11.15 11.15	731.0 733.3 735.5
	40.	0.00 11.61 11.61	701.6 704.0 706.3
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 12.48 12.48	1280.1 1285.1 1290.0
FINAIS	5.	0.00 10.70 10.70	761.7 763.8 766.0
	10.	0.00 10.83 10.83	752.3 754.5 756.7
	17.	0.00 11.02 11.02	739.7 741.9 744.2
	22.	0.00 11.15 11.15	731.0 733.3 735.5
	40.	0.00 11.61 11.61	701.7 704.1 706.4
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 12.50 12.50	1277.6 1282.6 1287.6

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 3

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE

PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 16.95 16.95	751.6 755.0 758.4
	22.	0.00 17.43 17.43	731.0 734.5 738.1
	40.	0.00 17.92 17.92	710.8 714.4 718.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 18.89 18.89	1321.5 1328.9 1336.4
FINAIS	5.	0.00 16.95 16.95	751.5 755.0 758.4
	10.	0.00 17.09 17.09	745.3 748.8 752.2
	17.	0.00 17.29 17.29	736.9 740.4 743.9
	22.	0.00 17.43 17.43	731.0 734.5 738.0
	40.	0.00 17.92 17.92	710.8 714.5 718.1
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 18.92 18.92	1319.5 1327.0 1334.4

VÃO = 510.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 17.65 17.65	750.8 754.4 758.0
	22.	0.00 18.13 18.13	731.0 734.7 738.3
	40.	0.00 18.63 18.63	711.5 715.2 719.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 19.61 19.61	1324.7 1332.5 1340.2
FINAIS	5.	0.00 17.65 17.65	750.8 754.4 757.9
	10.	0.00 17.79 17.79	744.8 748.4 752.0
	17.	0.00 17.99 17.99	736.7 740.3 744.0
	22.	0.00 18.13 18.13	731.0 734.7 738.3
	40.	0.00 18.63 18.63	711.5 715.3 719.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 19.64 19.64	1322.8 1330.5 1338.3

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 4

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE

PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 24.62 24.62	745.6 750.6 755.6
	22.	0.00 25.11 25.11	731.0 736.1 741.1
	40.	0.00 25.63 25.63	716.3 721.5 726.7
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 26.68 26.68	1348.8 1359.3 1369.9
FINAIS	5.	0.00 24.62 24.62	745.6 750.6 755.6
	10.	0.00 24.76 24.76	741.2 746.2 751.2
	17.	0.00 24.97 24.97	735.2 740.3 745.3
	22.	0.00 25.11 25.11	731.0 736.1 741.1
	40.	0.00 25.63 25.63	716.4 721.5 726.7
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 26.71 26.71	1347.2 1357.7 1368.3

VÃO = 700.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 33.70 33.70	741.9 748.7 755.5
	22.	0.00 34.21 34.21	731.0 737.9 744.8
	40.	0.00 34.74 34.74	719.9 726.9 733.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 35.84 35.84	1367.5 1381.6 1395.7
FINAIS	5.	0.00 33.70 33.70	741.9 748.7 755.5
	10.	0.00 33.85 33.85	738.6 745.5 752.3
	17.	0.00 34.06 34.06	734.2 741.0 747.8
	22.	0.00 34.21 34.21	731.0 737.9 744.7
	40.	0.00 34.74 34.74	719.9 726.9 733.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 35.88 35.88	1366.2 1380.3 1394.5

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 5

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE

PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 44.21 44.21	739.4 748.3 757.1
	22.	0.00 44.73 44.73	731.0 740.0 748.9
	40.	0.00 45.27 45.27	722.4 731.4 740.5
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 46.41 46.41	1380.8 1399.0 1417.2
FINAIS	5.	0.00 44.21 44.21	739.4 748.3 757.1
	10.	0.00 44.36 44.36	736.9 745.8 754.7
	17.	0.00 44.57 44.58	733.5 742.4 751.3
	22.	0.00 44.73 44.73	731.0 740.0 748.9
	40.	0.00 45.26 45.26	722.4 731.4 740.5
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 46.45 46.45	1379.7 1397.9 1416.1

VÃO = 900.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 56.15 56.15	737.7 748.9 760.1
	22.	0.00 56.67 56.67	731.0 742.3 753.6
	40.	0.00 57.22 57.22	724.1 735.5 746.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 58.39 58.39	1390.5 1413.3 1436.1
FINAIS	5.	0.00 56.15 56.15	737.7 748.9 760.1
	10.	0.00 56.30 56.30	735.7 746.9 758.2
	17.	0.00 56.52 56.52	733.0 744.2 755.5
	22.	0.00 56.67 56.67	731.0 742.3 753.6
	40.	0.00 57.21 57.22	724.1 735.5 746.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 58.43 58.43	1389.6 1412.4 1435.2

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

OPGW 16,75

TRAÇÃO DE PARTIDA

1374 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

F L E T R A

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 10/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

CABO: OPGW1 1 POR FASE
 diâmetro = 16.75 mm coef. dilat.i = 0.00001550 oC-1
 área secção = 159.00 mm² coef. dilat.f = 0.00001550 oC-1
 peso linear = 0.7680 kgf/m mód. elast. i = 10009. kgf/mm²
 carga rupt. = 9888. kgf mód. elast. f = 11116. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 75.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 1.4724 kgf/m	Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
 Comprimento = 0.00 m
 Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 0.00 kgf	Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

OPGW 16,75

TRAÇÃO DE PARTIDA

1374 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 2

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

CABO: OPGW1

1 POR FASE

 PARTIDA: 1374.0 kgf = 13.90 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 5.68 5.68	1522.9 1525.1 1527.3
	22.	0.00 6.20 6.20	1394.8 1397.2 1399.6
	40.	0.00 6.74 6.74	1282.3 1284.9 1287.4
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 7.35 7.35	2254.4 2259.8 2265.2
FINAIS	5.	0.00 5.75 5.76	1502.0 1504.2 1506.4
	10.	0.00 5.91 5.91	1461.7 1464.0 1466.3
	17.	0.00 6.13 6.13	1409.1 1411.5 1413.8
	22.	0.00 6.29 6.29	1374.0 1376.4 1378.9
	40.	0.00 6.85 6.85	1262.6 1265.2 1267.8
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 7.34 7.34	2258.1 2263.5 2268.9

VÃO = 400.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 10.49 10.49	1466.0 1470.0 1474.0
	22.	0.00 11.08 11.08	1387.1 1391.4 1395.6
	40.	0.00 11.70 11.70	1314.1 1318.6 1323.1
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 12.46 12.46	2366.1 2375.2 2384.3
FINAIS	5.	0.00 10.58 10.58	1452.6 1456.6 1460.7
	10.	0.00 10.76 10.76	1428.3 1432.5 1436.6
	17.	0.00 11.01 11.01	1396.0 1400.2 1404.4
	22.	0.00 11.19 11.19	1374.0 1378.3 1382.6
	40.	0.00 11.81 11.81	1301.6 1306.1 1310.6
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 12.43 12.43	2371.5 2380.6 2389.7

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

OPGW 16,75

TRAÇÃO DE PARTIDA

1374 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 3

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

CABO: OPGW1 1 POR FASE

PARTIDA: 1374.0 kgf = 13.90 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 16.75 16.75	1435.4 1441.8 1448.1
	22.	0.00 17.38 17.38	1382.8 1389.5 1396.1
	40.	0.00 18.04 18.04	1332.4 1339.3 1346.2
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 18.91 18.91	2438.1 2451.9 2465.7
FINAIS	5.	0.00 16.85 16.85	1426.3 1432.7 1439.2
	10.	0.00 17.04 17.04	1410.3 1416.9 1423.4
	17.	0.00 17.31 17.31	1388.8 1395.4 1402.0
	22.	0.00 17.50 17.50	1374.0 1380.7 1387.3
	40.	0.00 18.16 18.16	1323.9 1330.8 1337.7
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 18.87 18.87	2443.4 2457.2 2471.0

VÃO = 510.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 17.45 17.45	1433.2 1439.8 1446.5
	22.	0.00 18.09 18.09	1382.5 1389.4 1396.3
	40.	0.00 18.75 18.75	1333.8 1341.0 1348.1
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 19.63 19.63	2443.8 2458.1 2472.5
FINAIS	5.	0.00 17.56 17.56	1424.4 1431.1 1437.8
	10.	0.00 17.75 17.75	1409.1 1415.9 1422.6
	17.	0.00 18.01 18.02	1388.3 1395.2 1402.1
	22.	0.00 18.20 18.20	1374.0 1381.0 1387.9
	40.	0.00 18.87 18.87	1325.6 1332.8 1340.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 19.59 19.59	2449.1 2463.4 2477.7

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

OPGW 16,75

TRAÇÃO DE PARTIDA

1374 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 4

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

 CABO: OPGW1 1 POR FASE

 PARTIDA: 1374.0 kgf = 13.90 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 24.43 24.43	1417.5 1426.8 1436.2
	22.	0.00 25.10 25.10	1380.3 1389.9 1399.4
	40.	0.00 25.78 25.78	1343.7 1353.5 1363.3
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 26.72 26.72	2486.0 2505.5 2525.0
FINAIS	5.	0.00 24.55 24.55	1411.1 1420.4 1429.8
	10.	0.00 24.74 24.74	1399.9 1409.3 1418.7
	17.	0.00 25.02 25.02	1384.6 1394.1 1403.7
	22.	0.00 25.21 25.21	1374.0 1383.6 1393.2
	40.	0.00 25.90 25.90	1337.6 1347.4 1357.3
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 26.67 26.67	2490.8 2510.2 2529.6

VÃO = 700.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 33.55 33.55	1406.4 1419.1 1431.9
	22.	0.00 34.23 34.23	1378.8 1391.7 1404.7
	40.	0.00 34.93 34.93	1351.1 1364.3 1377.6
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 35.93 35.93	2519.0 2545.1 2571.2
FINAIS	5.	0.00 33.66 33.67	1401.6 1414.4 1427.1
	10.	0.00 33.87 33.87	1393.3 1406.2 1419.0
	17.	0.00 34.15 34.15	1382.0 1394.9 1407.9
	22.	0.00 34.34 34.35	1374.0 1387.0 1400.0
	40.	0.00 35.05 35.05	1346.4 1359.7 1373.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 35.87 35.87	2523.1 2549.2 2575.2

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

OPGW 16,75

TRAÇÃO DE PARTIDA

1374 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 5

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

 CABO: OPGW1 1 POR FASE

 PARTIDA: 1374.0 kgf = 13.90 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 44.09 44.09	1399.0 1415.7 1432.4
	22.	0.00 44.78 44.78	1377.7 1394.6 1411.5
	40.	0.00 45.50 45.50	1356.1 1373.3 1390.4
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 46.54 46.54	2542.5 2576.2 2609.8
FINAIS	5.	0.00 44.21 44.21	1395.3 1412.0 1428.7
	10.	0.00 44.42 44.42	1388.9 1405.7 1422.5
	17.	0.00 44.70 44.70	1380.2 1397.1 1413.9
	22.	0.00 44.90 44.90	1374.0 1391.0 1407.9
	40.	0.00 45.62 45.62	1352.4 1369.7 1386.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 46.47 46.47	2546.0 2579.6 2613.2

VÃO = 900.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 56.07 56.07	1393.9 1415.0 1436.1
	22.	0.00 56.77 56.77	1376.9 1398.3 1419.7
	40.	0.00 57.50 57.50	1359.6 1381.2 1402.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 58.57 58.57	2559.7 2601.9 2644.0
FINAIS	5.	0.00 56.19 56.19	1390.9 1412.1 1433.2
	10.	0.00 56.40 56.40	1385.9 1407.1 1428.3
	17.	0.00 56.69 56.69	1378.9 1400.2 1421.6
	22.	0.00 56.89 56.89	1374.0 1395.4 1416.8
	40.	0.00 57.62 57.63	1356.7 1378.4 1400.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 58.50 58.50	2562.7 2604.8 2646.9

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

F L E T R A

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

CABO: OPGW2 1 POR FASE

diâmetro = 13.40 mm	coef. dilat.i = 0.00001320 oC-1
área secção = 103.00 mm ²	coef. dilat.f = 0.00001320 oC-1
peso linear = 0.6820 kgf/m	mód. elast. i = 13800. kgf/mm ²
carga rupt. = 9477. kgf	mód. elast. f = 13800. kgf/mm ²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 75.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 1.2146 kgf/m	Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
 Comprimento = 0.00 m
 Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 0.00 kgf	Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 2

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

CABO: OPGW2 1 POR FASE

PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 5.74 5.74	1336.4 1338.4 1340.3
	22.	0.00 6.19 6.19	1240.4 1242.5 1244.6
	40.	0.00 6.65 6.65	1153.8 1156.0 1158.3
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 7.20 7.20	1900.3 1904.6 1909.0
FINAIS	5.	0.00 5.82 5.82	1318.3 1320.3 1322.3
	10.	0.00 5.95 5.95	1289.4 1291.4 1293.4
	17.	0.00 6.14 6.14	1250.9 1253.0 1255.1
	22.	0.00 6.27 6.27	1225.0 1227.1 1229.3
	40.	0.00 6.73 6.73	1140.6 1142.9 1145.2
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 7.26 7.26	1883.3 1887.7 1892.1

VÃO = 400.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 10.55 10.55	1294.3 1297.9 1301.5
	22.	0.00 11.06 11.06	1234.8 1238.6 1242.3
	40.	0.00 11.58 11.59	1178.7 1182.6 1186.5
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 12.25 12.25	1985.0 1992.4 1999.8
FINAIS	5.	0.00 10.64 10.64	1283.3 1286.9 1290.5
	10.	0.00 10.79 10.79	1265.5 1269.1 1272.8
	17.	0.00 11.00 11.00	1241.4 1245.2 1248.9
	22.	0.00 11.15 11.15	1225.0 1228.8 1232.6
	40.	0.00 11.67 11.67	1169.9 1173.9 1177.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 12.33 12.33	1972.8 1980.3 1987.7

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 3

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

CABO: OPGW2 1 POR FASE

PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 16.79 16.79	1271.5 1277.1 1282.8
	22.	0.00 17.33 17.33	1231.7 1237.5 1243.4
	40.	0.00 17.90 17.90	1193.0 1199.0 1205.1
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 18.65 18.65	2038.9 2050.2 2061.4
FINAIS	5.	0.00 16.88 16.88	1264.2 1269.9 1275.6
	10.	0.00 17.04 17.04	1252.3 1258.1 1263.9
	17.	0.00 17.27 17.27	1236.2 1242.1 1247.9
	22.	0.00 17.43 17.43	1225.0 1230.9 1236.8
	40.	0.00 17.99 17.99	1186.8 1192.9 1199.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 18.73 18.73	2029.8 2041.1 2052.4

VÃO = 510.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 17.49 17.49	1269.8 1275.7 1281.7
	22.	0.00 18.04 18.04	1231.5 1237.6 1243.7
	40.	0.00 18.60 18.60	1194.0 1200.3 1206.6
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 19.36 19.36	2043.2 2054.8 2066.5
FINAIS	5.	0.00 17.59 17.59	1262.8 1268.7 1274.7
	10.	0.00 17.75 17.75	1251.4 1257.4 1263.4
	17.	0.00 17.97 17.97	1235.8 1241.9 1248.0
	22.	0.00 18.13 18.13	1225.0 1231.1 1237.3
	40.	0.00 18.70 18.70	1188.1 1194.4 1200.8
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 19.45 19.45	2034.3 2046.0 2057.7

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 4

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

CABO: OPGW2 1 POR FASE

PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 24.45 24.45	1258.1 1266.3 1274.6
	22.	0.00 25.01 25.01	1229.8 1238.3 1246.7
	40.	0.00 25.60 25.60	1201.7 1210.4 1219.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 26.41 26.41	2074.4 2090.3 2106.2
FINAIS	5.	0.00 24.55 24.55	1253.0 1261.3 1269.6
	10.	0.00 24.71 24.72	1244.5 1252.9 1261.3
	17.	0.00 24.95 24.95	1233.0 1241.5 1249.9
	22.	0.00 25.11 25.11	1225.0 1233.5 1242.0
	40.	0.00 25.70 25.70	1197.2 1205.9 1214.6
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 26.50 26.50	2067.4 2083.4 2099.3

VÃO = 700.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 33.53 33.53	1249.7 1261.0 1272.3
	22.	0.00 34.11 34.11	1228.6 1240.1 1251.6
	40.	0.00 34.71 34.71	1207.4 1219.1 1230.8
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 35.57 35.57	2098.6 2119.9 2141.2
FINAIS	5.	0.00 33.63 33.63	1245.9 1257.2 1268.5
	10.	0.00 33.80 33.80	1239.6 1251.0 1262.4
	17.	0.00 34.04 34.04	1231.0 1242.5 1254.0
	22.	0.00 34.21 34.21	1225.0 1236.5 1248.0
	40.	0.00 34.81 34.81	1203.9 1215.7 1227.4
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 35.66 35.66	2093.1 2114.5 2135.9

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 5

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

CABO: OPGW2 1 POR FASE

PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 44.03 44.03	1244.1 1258.8 1273.6
	22.	0.00 44.62 44.62	1227.8 1242.8 1257.7
	40.	0.00 45.24 45.24	1211.2 1226.4 1241.6
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 46.13 46.13	2115.7 2143.2 2170.8
FINAIS	5.	0.00 44.14 44.14	1241.2 1256.0 1270.8
	10.	0.00 44.31 44.31	1236.3 1251.2 1266.1
	17.	0.00 44.55 44.55	1229.7 1244.6 1259.6
	22.	0.00 44.72 44.72	1225.0 1240.0 1255.0
	40.	0.00 45.34 45.34	1208.5 1223.7 1238.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 46.22 46.22	2111.3 2138.9 2166.5

VÃO = 900.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 55.96 55.96	1240.2 1258.9 1277.6
	22.	0.00 56.56 56.56	1227.2 1246.1 1265.0
	40.	0.00 57.18 57.19	1214.0 1233.1 1252.2
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 58.10 58.10	2128.1 2162.7 2197.2
FINAIS	5.	0.00 56.07 56.07	1237.9 1256.6 1275.3
	10.	0.00 56.24 56.25	1234.0 1252.8 1271.6
	17.	0.00 56.49 56.49	1228.7 1247.6 1266.5
	22.	0.00 56.66 56.66	1225.0 1243.9 1262.9
	40.	0.00 57.29 57.29	1211.8 1230.9 1250.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 58.20 58.20	2124.5 2159.1 2193.7

ANEXO 2 – COMPARAÇÃO DAS FLECHAS CONDUTOR / PÁRA-RAIOS

FLECHAS DOS CONDUTORES E PÁRA-RAIOS

VÃO	AAAC 838 kcmil (A)	DOTTEREL (B)	3/8" EAR (C)	OPGW 16,75 (D)	OPGW 13,4 (E)
300	6,97	6,27	6,27	6,29	6,27
400	12,39	11,15	11,15	11,19	11,15
500	19,37	17,43	17,43	17,50	17,43
600	27,92	25,11	25,11	25,21	25,11
700	38,05	34,21	34,21	34,35	34,21
800	49,75	44,73	44,73	44,90	44,72
900	63,05	56,67	56,67	56,89	56,66

COMPARAÇÃO DAS FLECHAS

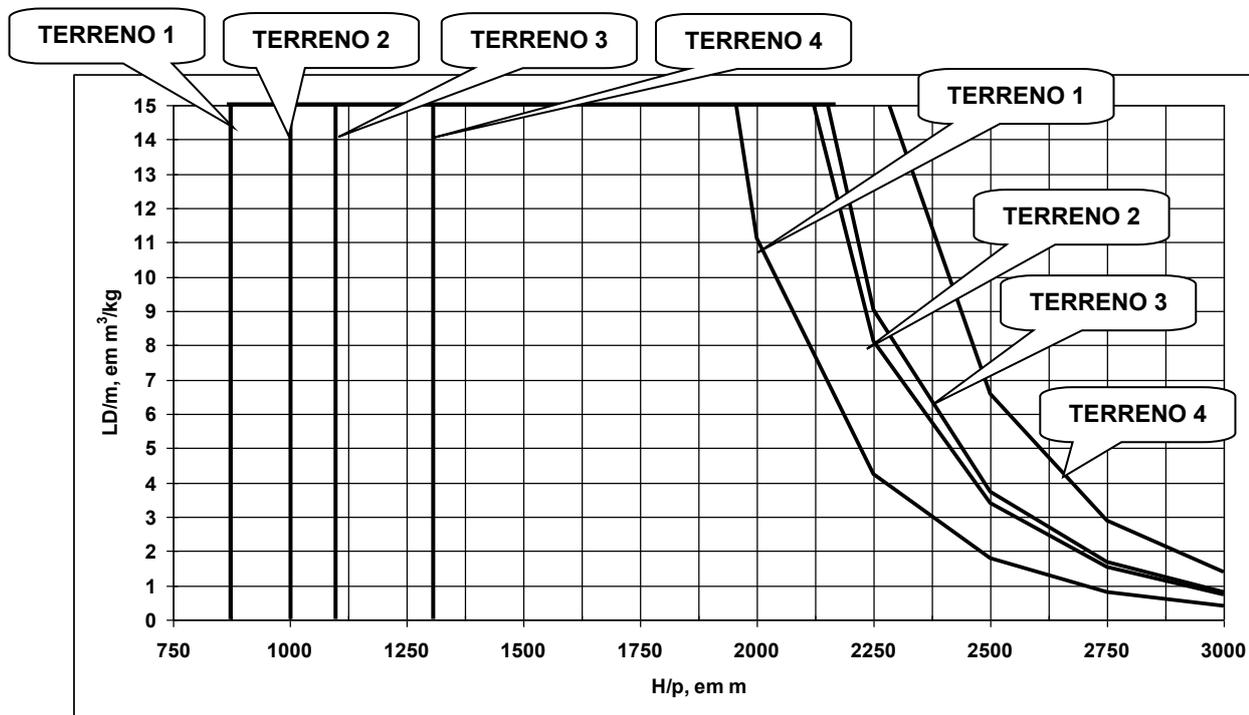
VÃO	DOTTEREL (B)/(A)	3/8" EAR (C)/(A)	OPGW 16,75 (D)/(A)	OPGW 13,4 (E)/(A)
300	0,90	0,90	0,90	0,90
400	0,90	0,90	0,90	0,90
500	0,90	0,90	0,90	0,90
600	0,90	0,90	0,90	0,90
700	0,90	0,90	0,90	0,90
800	0,90	0,90	0,90	0,90
900	0,90	0,90	0,90	0,90

Flechas a 22°C, sem vento, final

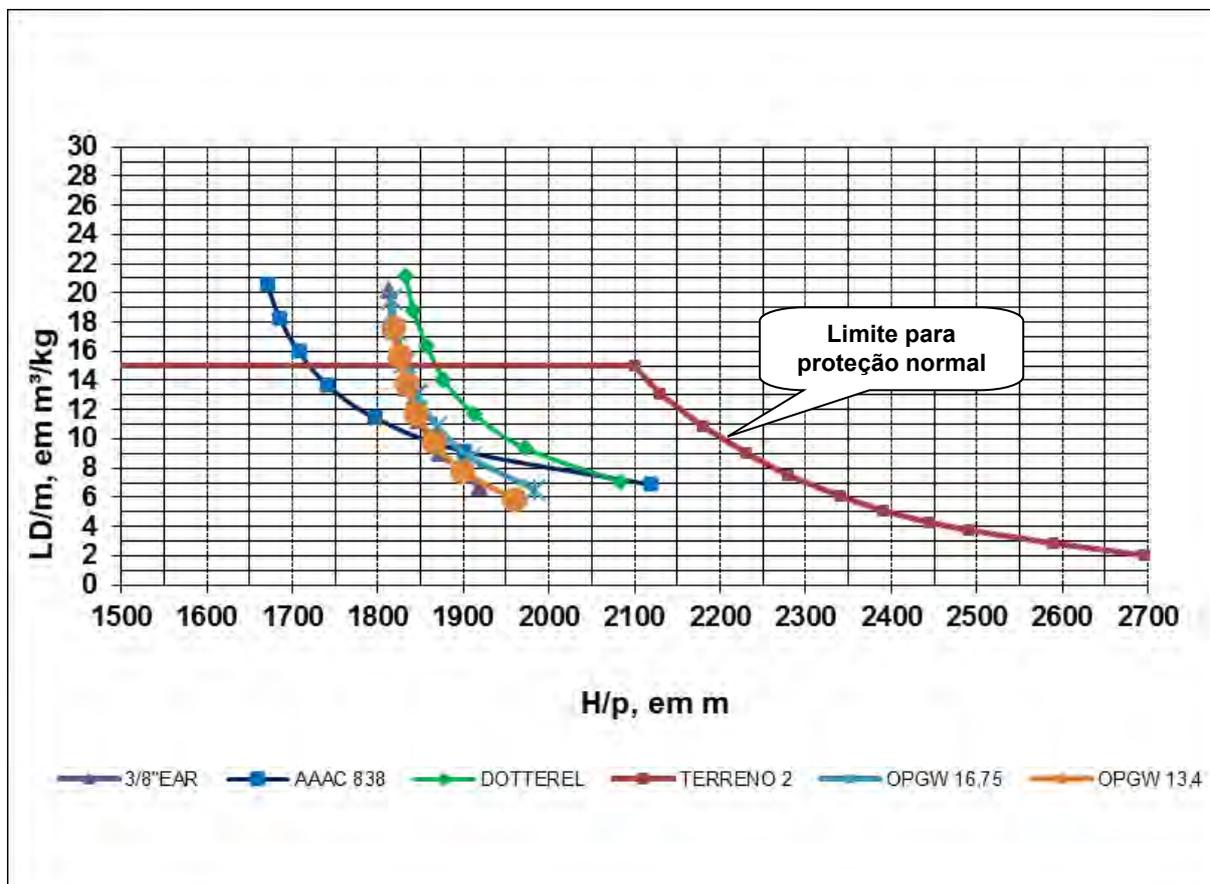
Valores em metro

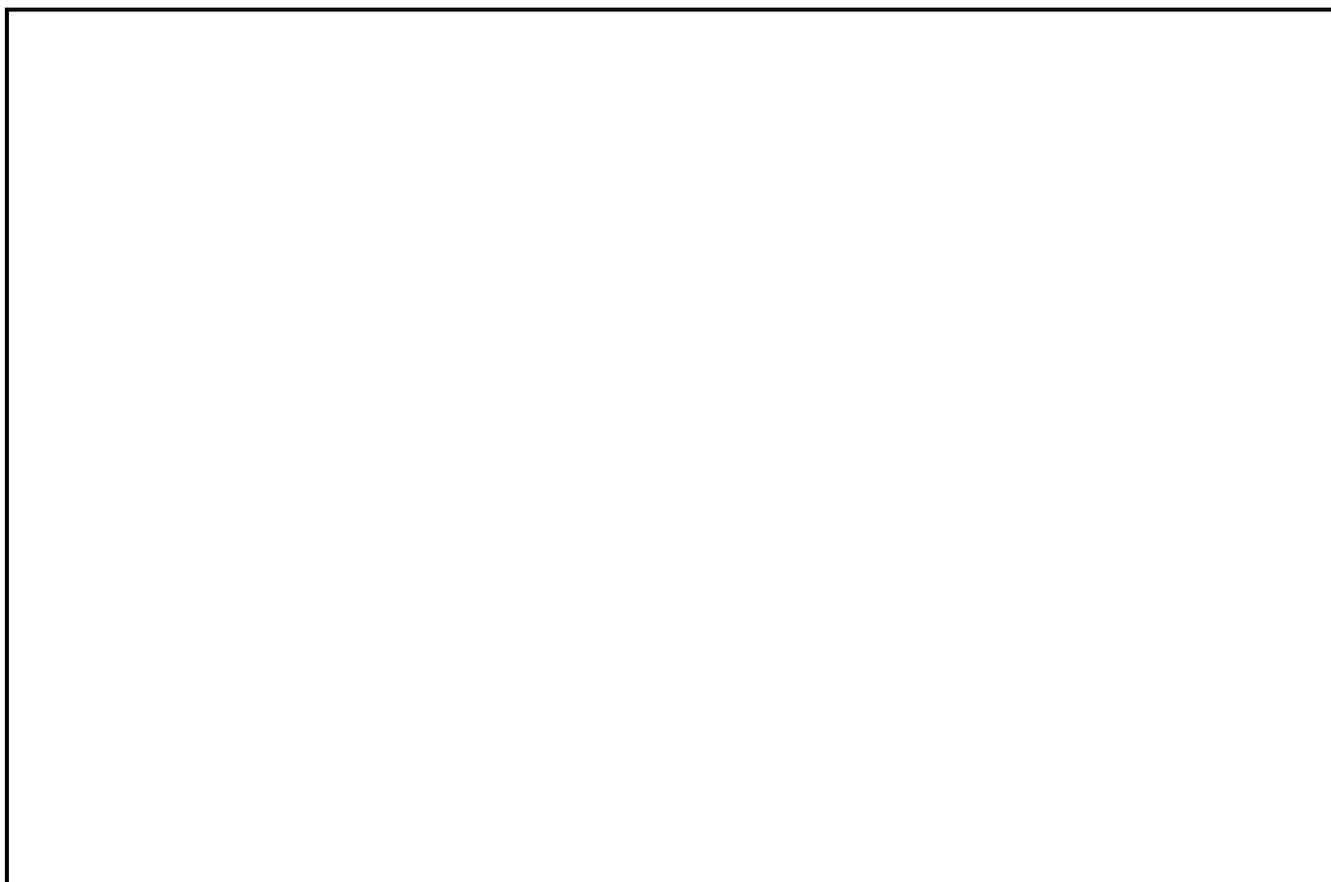
ANEXO 3 - GRAFICO DE PROTEÇÃO CONTRA VIBRAÇÕES EÓLICAS

Anexo 3A – Gráfico Geral para Avaliação de Necessidade de Amortecedores



Anexo 3B – Gráfico Específico para os Cabos Condutor e Para-Raios





00	31/03/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado

		
---	---	---

EQUATORIAL TRANSMISSORA 5 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	31/03/17

TÍTULO

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
Lote 15 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA PARA LOCAÇÃO
DAS ESTRUTURAS

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT5-L501-PB-ELM-0007-R00	1 de 71	00

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA – OPERAÇÃO DE LONGA DURAÇÃO	3
2.1.	Critério de Cálculo	3
2.2.	Distâncias de Segurança	3
2.3.	A seguir observações relativas às Distâncias de Segurança:.....	4
2.4.	Considerações Adicionais	4
2.5.	Critério Básico para Locação das Estruturas	5
3.	DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA – OPERAÇÃO DE CURTA DURAÇÃO	5
3.1.	Parâmetros Básicos.....	5
3.2.	Critério de Cálculo	5
3.3.	Distâncias de Segurança para a LT	5
4.	TRAVESSIAS.....	5
5.	REFERÊNCIAS.....	6

1. OBJETIVO

- 1.1 Definir as distâncias de segurança para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2 em circuito simples pertencentes ao Lote 15 do Leilão 013/2015 – 2º parte, devendo estas distâncias serem mantidas entre os condutores e o solo, obstáculos atravessados e obstáculos dos quais cada LT se aproxima.

2. DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA – OPERAÇÃO DE LONGA DURAÇÃO

2.1. Critério de Cálculo

As distâncias de segurança para as LT operando em regime de longa duração na tensão máxima de operação 550 kV foram calculadas conforme metodologia indicada no capítulo 10 da NBR 5422 (1).

2.2. Distâncias de Segurança

Item	Natureza da região ou obstáculo atravessado pela linha de transmissão ou que dela se aproxima	Distância (m)		Obs.
		Calculada (NBR 5422)	Adotadas	
1.	Locais acessíveis apenas a pedestres	8,7	12,5	8
2.	Locais onde circulam máquinas agrícolas	9,18	12,5	1,8
3.	Rodovias, ruas e avenidas	10,7	12,5	7,8
4.	Ferrovias não eletrificadas	11,7	12,5	8
5.	Ferrovias eletrificadas ou com previsão de eletrificação	14,7	14,7	
6.	Suporte de linha pertencente à ferrovia	6,7	6,7	
7.	Águas navegáveis	H + 4,7	H + 4,7	2
8.	Águas não navegáveis	8,7	12,5	
9.	Linhas de transmissão ou distribuição de energia elétrica	3,9	3,9	3
10.	Linhas de telecomunicações	4,5	4,5	
11.	Telhados e terraços	6,7	6,7	4
12.	Paredes	5,7	5,7	5
13.	Instalações transportadoras	5,7	5,7	
14.	Veículos rodoviários e ferroviários	5,7	5,7	
15.	Vegetação de preservação permanente	6,7	6,7	6

2.3. A seguir observações relativas às Distâncias de Segurança:

Nº (ver tabela constante do item 2.2 anterior)

- 1 Para locação das estruturas nos desenhos de planta e perfil, os locais atravessados devem ser sempre considerados como acessíveis a máquinas agrícolas, a não ser que existam indicações inequívocas de que esse tipo de acesso não é nem será possível.
- 2 O valor “H” corresponde à altura, em metros, do maior mastro e deve ser fixado pela autoridade responsável pela navegação na via considerada, para o nível máximo de cheia ocorrido nos últimos dez anos.
- 3 A distância de segurança indicada no item 9 da tabela é para travessias sobre os cabos para-raios de outras linhas ou sobre os condutores de linhas com tensão máxima de operação (D_u) igual ou inferior a 87kV.

Para travessias sobre condutores de outra LT com tensão máxima de operação (D_u) superior a 87 kV, ao valor indicado no item 9 da tabela deve ser acrescentada a seguinte parcela (referência: item 10.3.1.5 da NBR 5422):

$$0,01 \left(\frac{D_u}{\sqrt{3}} - 50 \right), \text{ resultando:}$$

Cruzamentos	Distância Calculada (m)	Distância Adotada (m)
138 kV	4,24	4,50
230 kV	4,80	4,80
345 kV	5,49	5,50
440 kV	6,06	6,10
500 kV	6,58	6,60

A verificação das distâncias de segurança deve ser feita com os cabos condutores e para-raios nas temperaturas que conduzam aos menores espaçamentos, a partir da mesma temperatura ambiente.

- 4 A distância de segurança indicada no item 11 da tabela é para telhados e terraços não acessíveis a pedestres. Para outras condições de uso, referir-se ao item 10.3.1.6 da NBR 5422.
- 5 A distância de segurança indicada no item 12 da tabela poderá ser reduzida, ressalvadas as disposições legais aplicáveis a cada caso, se houver acordo entre as partes para manter a parede cega, ou seja, sem portas ou janelas. Nesse caso, a distância de segurança será a indicada no item 13 da tabela.
- 6 A distância de segurança indicada no item 15 da tabela deve ser verificada em relação ao topo da vegetação.
- 7 A distância de segurança indicada no item 3 da tabela atende o critério definido no item 10.3.3 da NBR 5422 (1) (4).
- 8 O valor da distância de segurança indicada nos itens 1,2,3 e 4 foi definido em função da diferença de flecha para as temperaturas correspondentes a curta e longa duração, devido ao atendimento ao campo elétrico para curta duração (item 3) que estabelece o limite de 8,33 kv/m dentro da faixa conforme relatório de largura da faixa [4] com base nas resoluções normativas da ANEEL [6] e [7].

2.4. Considerações Adicionais

2.4.1 As distâncias de segurança, quando definidas para os cabos em repouso, devem ser

verificadas considerando o condutor na temperatura indicada no item 2.5.1, na condição final (creep de 10 anos).

2.4.2 As distâncias de segurança afetadas pelo deslocamento dos condutores e cadeias devem ser verificadas para ângulo de balanço calculado conforme NBR 5422, item 10.1.4.3, considerando velocidade do vento com período de retorno de 50 anos, 30 segundos de período de integração de temperatura coincidente (1) (3).

2.5. Critério Básico para Locação das Estruturas

2.5.1 Em função do exposto nos itens anteriores, a locação das estruturas nos desenhos de planta e perfil deve ser executada adotando-se o seguinte critério para a LT :

Operação de Longa Duração:

- ✓ Temperatura do condutor na condição final (creep de 10 anos) 55° C
- ✓ Espaçamento vertical mínimo para o solo 12,5 m

2.5.2 A locação assim executada deverá ser verificada para operação de curta duração (condição de emergência), devendo atender o estabelecido no item 3 a seguir.

3. DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA – OPERAÇÃO DE CURTA DURAÇÃO

3.1. Parâmetros Básicos

- ✓ Tensão máxima de operação da LT 550 kV
- ✓ Temperatura máxima do condutor (2) 60°C

3.2. Critério de Cálculo

As distâncias de segurança para operação de curta duração (condição de emergência) foram calculadas conforme metodologia indicada no NESC (5), regra 232D.

3.3. Distâncias de Segurança para a LT

Natureza da região ou obstáculo atravessado pela LT	Distância (m)
1. Locais acessíveis apenas a pedestres	12,20
2. Locais onde circulam máquinas agrícolas	12,20 (*)
3. Rodovias, ruas e avenidas	12,20
4. Ferrovias não eletrificadas	12,20

(*) Distância mínima definida em função do campo elétrico de acordo com resolução normativa da ANEEL nº 616 de 01 de Julho de 2014

4. TRAVESSIAS

4.1. A diretriz definitiva de cada LT será selecionada levando em conta a proximidade de aeródromos e as travessias sobre obstáculos de importância tais como linhas de transmissão, rodovias, ferrovias, grandes cursos d'água, etc.

- 4.2. No caso de travessias sobre linhas elétricas ou de telecomunicações, vias de transporte, edificações e vegetação considerada de preservação permanente, o projeto executivo incluirá a verificação do atendimento aos requisitos do capítulo 11 da NBR 5422.
- 4.3. Serão também verificadas as exigências específicas do proprietário ou concessionário do obstáculo atravessado, sempre que respaldadas pela legislação vigente.
- 4.4. A locação de torres nas proximidades de aeródromos será precedida do levantamento de dados topográficos detalhados das pistas de pouso e de sua posição relativa em relação à diretriz da LT.
- 4.5. De posse desses dados a projetista verificará o atendimento às exigências da Portaria do comando da Aeronáutica 256/GC5 de 13 de maio de 2011, a qual estabelece os procedimentos a serem seguidos na implantação de estruturas situadas nas proximidades de aeródromos.
- 4.6. Os desenhos e memórias de cálculo resultantes das verificações acima, tanto para travessias sobre obstáculos importantes como para aproximações de aeródromos, serão submetidos ao órgão responsável pela aprovação final da travessia, antes do início da construção do trecho da LT em questão.

5. REFERÊNCIAS

- 1 NBR 5422 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 2 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0005 CONDUTOR E PÁRA-RAIOS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 3 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0004 VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO, preparado para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 4 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0008 LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO, preparado para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 5 ANSI C2–2002 – National Electrical Safety Code.
- 6 A Resolução Normativa ANEEL nº 398 de 23/03/2010
- 7 A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014

01	15/05/17	Alterado Logotipo da AG	AQ	JCS	
00	31/03/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 5 SPE SA					
PROJETO BÁSICO					
ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	31/03/17
TÍTULO					
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2 Lote 15 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL RELATÓRIO DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA PARA LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS					
Nº DOCUMENTO				FOLHA	REVISÃO
RE-EQT5-L501-PB-ELM-0007-R01				1 de 6	01

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA – OPERAÇÃO DE LONGA DURAÇÃO	3
2.1.	Critério de Cálculo	3
2.2.	Distâncias de Segurança	3
2.3.	A seguir observações relativas às Distâncias de Segurança:.....	4
2.4.	Considerações Adicionais	4
2.5.	Critério Básico para Locação das Estruturas	5
3.	DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA – OPERAÇÃO DE CURTA DURAÇÃO	5
3.1.	Parâmetros Básicos	5
3.2.	Critério de Cálculo	5
3.3.	Distâncias de Segurança para a LT	5
4.	TRAVESSIAS	5
5.	REFERÊNCIAS	6

1. OBJETIVO

- 1.1 Definir as distâncias de segurança para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2 em circuito simples pertencentes ao Lote 15 do Leilão 013/2015 – 2º parte, devendo estas distâncias serem mantidas entre os condutores e o solo, obstáculos atravessados e obstáculos dos quais cada LT se aproxima.

2. DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA – OPERAÇÃO DE LONGA DURAÇÃO

2.1. Critério de Cálculo

As distâncias de segurança para as LT operando em regime de longa duração na tensão máxima de operação 550 kV foram calculadas conforme metodologia indicada no capítulo 10 da NBR 5422 (1).

2.2. Distâncias de Segurança

Item	Natureza da região ou obstáculo atravessado pela linha de transmissão ou que dela se aproxima	Distância (m)		Obs.
		Calculada (NBR 5422)	Adotadas	
1.	Locais acessíveis apenas a pedestres	8,7	12,5	8
2.	Locais onde circulam máquinas agrícolas	9,18	12,5	1,8
3.	Rodovias, ruas e avenidas	10,7	12,5	7,8
4.	Ferrovias não eletrificadas	11,7	12,5	8
5.	Ferrovias eletrificadas ou com previsão de eletrificação	14,7	14,7	
6.	Suporte de linha pertencente à ferrovia	6,7	6,7	
7.	Águas navegáveis	H + 4,7	H + 4,7	2
8.	Águas não navegáveis	8,7	12,5	
9.	Linhas de transmissão ou distribuição de energia elétrica	3,9	3,9	3
10.	Linhas de telecomunicações	4,5	4,5	
11.	Telhados e terraços	6,7	6,7	4
12.	Paredes	5,7	5,7	5
13.	Instalações transportadoras	5,7	5,7	
14.	Veículos rodoviários e ferroviários	5,7	5,7	
15.	Vegetação de preservação permanente	6,7	6,7	6

2.3. A seguir observações relativas às Distâncias de Segurança:

Nº (ver tabela constante do item 2.2 anterior)

- 1 Para locação das estruturas nos desenhos de planta e perfil, os locais atravessados devem ser sempre considerados como acessíveis a máquinas agrícolas, a não ser que existam indicações inequívocas de que esse tipo de acesso não é nem será possível.
- 2 O valor “H” corresponde à altura, em metros, do maior mastro e deve ser fixado pela autoridade responsável pela navegação na via considerada, para o nível máximo de cheia ocorrido nos últimos dez anos.
- 3 A distância de segurança indicada no item 9 da tabela é para travessias sobre os cabos para-raios de outras linhas ou sobre os condutores de linhas com tensão máxima de operação (D_u) igual ou inferior a 87kV.

Para travessias sobre condutores de outra LT com tensão máxima de operação (D_u) superior a 87 kV, ao valor indicado no item 9 da tabela deve ser acrescentada a seguinte parcela (referência: item 10.3.1.5 da NBR 5422):

$$0,01 \left(\frac{D_u}{\sqrt{3}} - 50 \right), \text{ resultando:}$$

Cruzamentos	Distância Calculada (m)	Distância Adotada (m)
138 kV	4,24	4,50
230 kV	4,80	4,80
345 kV	5,49	5,50
440 kV	6,06	6,10
500 kV	6,58	6,60

A verificação das distâncias de segurança deve ser feita com os cabos condutores e para-raios nas temperaturas que conduzam aos menores espaçamentos, a partir da mesma temperatura ambiente.

- 4 A distância de segurança indicada no item 11 da tabela é para telhados e terraços não acessíveis a pedestres. Para outras condições de uso, referir-se ao item 10.3.1.6 da NBR 5422.
- 5 A distância de segurança indicada no item 12 da tabela poderá ser reduzida, ressalvadas as disposições legais aplicáveis a cada caso, se houver acordo entre as partes para manter a parede cega, ou seja, sem portas ou janelas. Nesse caso, a distância de segurança será a indicada no item 13 da tabela.
- 6 A distância de segurança indicada no item 15 da tabela deve ser verificada em relação ao topo da vegetação.
- 7 A distância de segurança indicada no item 3 da tabela atende o critério definido no item 10.3.3 da NBR 5422 (1) (4).
- 8 O valor da distância de segurança indicada nos itens 1,2,3 e 4 foi definido em função da diferença de flecha para as temperaturas correspondentes a curta e longa duração, devido ao atendimento ao campo elétrico para curta duração (item 3) que estabelece o limite de 8,33 kv/m dentro da faixa conforme relatório de largura da faixa [4] com base nas resoluções normativas da ANEEL [6] e [7].

2.4. Considerações Adicionais

2.4.1 As distâncias de segurança, quando definidas para os cabos em repouso, devem ser

verificadas considerando o condutor na temperatura indicada no item 2.5.1, na condição final (creep de 10 anos).

2.4.2 As distâncias de segurança afetadas pelo deslocamento dos condutores e cadeias devem ser verificadas para ângulo de balanço calculado conforme NBR 5422, item 10.1.4.3, considerando velocidade do vento com período de retorno de 50 anos, 30 segundos de período de integração de temperatura coincidente (1) (3).

2.5. Critério Básico para Locação das Estruturas

2.5.1 Em função do exposto nos itens anteriores, a locação das estruturas nos desenhos de planta e perfil deve ser executada adotando-se o seguinte critério para a LT :

Operação de Longa Duração:

- ✓ Temperatura do condutor na condição final (creep de 10 anos) 55° C
- ✓ Espaçamento vertical mínimo para o solo 12,5 m

2.5.2 A locação assim executada deverá ser verificada para operação de curta duração (condição de emergência), devendo atender o estabelecido no item 3 a seguir.

3. DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA – OPERAÇÃO DE CURTA DURAÇÃO

3.1. Parâmetros Básicos

- ✓ Tensão máxima de operação da LT 550 kV
- ✓ Temperatura máxima do condutor (2) 60°C

3.2. Critério de Cálculo

As distâncias de segurança para operação de curta duração (condição de emergência) foram calculadas conforme metodologia indicada no NESC (5), regra 232D.

3.3. Distâncias de Segurança para a LT

Natureza da região ou obstáculo atravessado pela LT	Distância (m)
1. Locais acessíveis apenas a pedestres	12,20
2. Locais onde circulem máquinas agrícolas	12,20 (*)
3. Rodovias, ruas e avenidas	12,20
4. Ferrovias não eletrificadas	12,20

(*) Distância mínima definida em função do campo elétrico de acordo com resolução normativa da ANEEL nº 616 de 01 de Julho de 2014

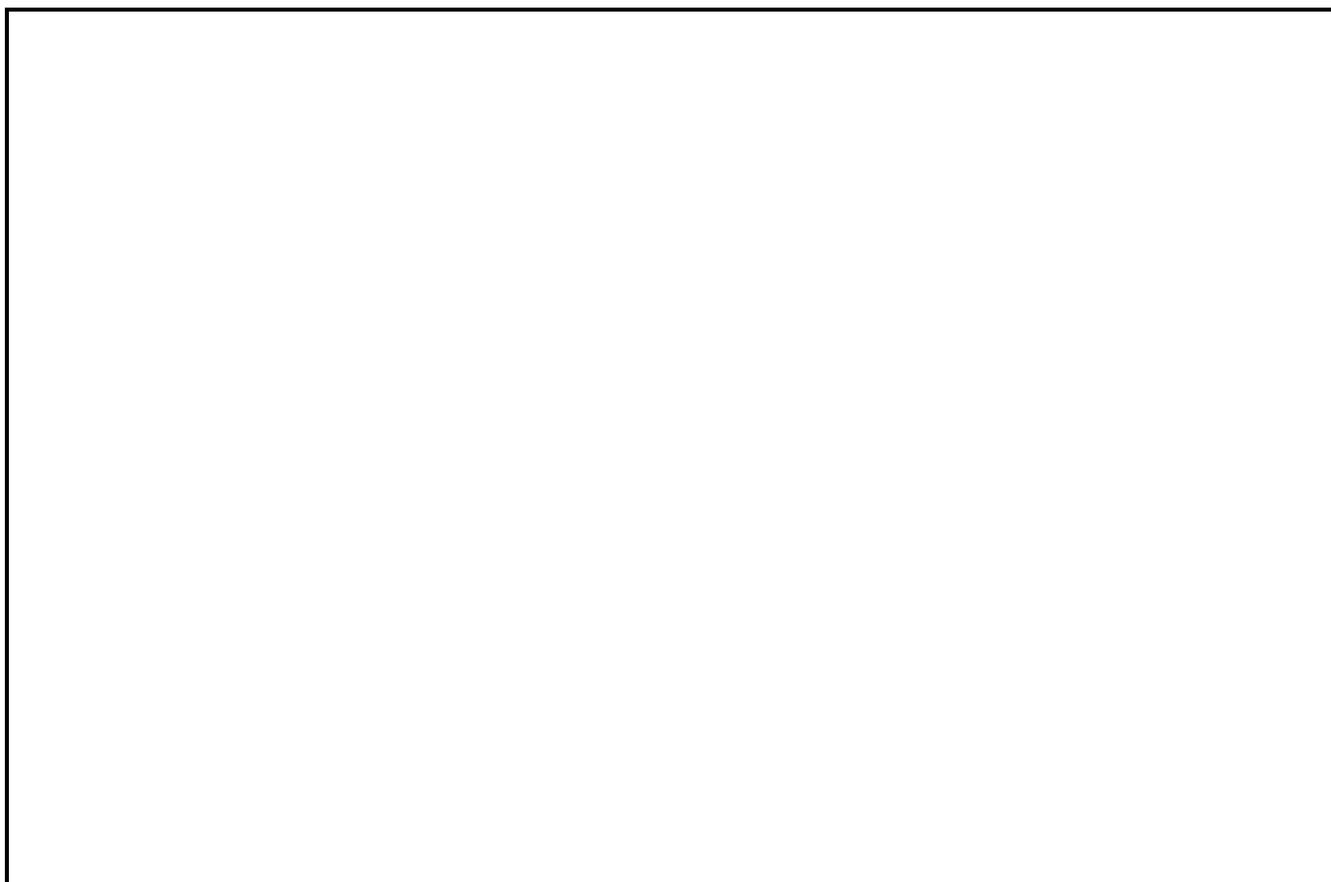
4. TRAVESSIAS

4.1. A diretriz definitiva de cada LT será selecionada levando em conta a proximidade de aeródromos e as travessias sobre obstáculos de importância tais como linhas de transmissão, rodovias, ferrovias, grandes cursos d'água, etc.

- 4.2. No caso de travessias sobre linhas elétricas ou de telecomunicações, vias de transporte, edificações e vegetação considerada de preservação permanente, o projeto executivo incluirá a verificação do atendimento aos requisitos do capítulo 11 da NBR 5422.
- 4.3. Serão também verificadas as exigências específicas do proprietário ou concessionário do obstáculo atravessado, sempre que respaldadas pela legislação vigente.
- 4.4. A locação de torres nas proximidades de aeródromos será precedida do levantamento de dados topográficos detalhados das pistas de pouso e de sua posição relativa em relação à diretriz da LT.
- 4.5. De posse desses dados a projetista verificará o atendimento às exigências da Portaria do comando da Aeronáutica 256/GC5 de 13 de maio de 2011, a qual estabelece os procedimentos a serem seguidos na implantação de estruturas situadas nas proximidades de aeródromos.
- 4.6. Os desenhos e memórias de cálculo resultantes das verificações acima, tanto para travessias sobre obstáculos importantes como para aproximações de aeródromos, serão submetidos ao órgão responsável pela aprovação final da travessia, antes do início da construção do trecho da LT em questão.

5. REFERÊNCIAS

- 1 NBR 5422 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 2 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0005 CONDUTOR E PÁRA-RAIOS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 3 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0004 VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO, preparado para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 4 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0008 LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO, preparado para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 5 ANSI C2–2002 – National Electrical Safety Code.
- 6 A Resolução Normativa ANEEL nº 398 de 23/03/2010
- 7 A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014



00	31/03/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado



EQUATORIAL TRANSMISSORA 5 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	31/03/17

TÍTULO

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
Lote 15 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT5-L501-PB-ELM-0008-R00	1 de 28	00

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	CRITÉRIO MECÂNICO	3
3.	EFEITO CORONA.....	4
4.	RÁDIO INTERFERÊNCIA	4
5.	RUÍDO AUDÍVEL	5
6.	CAMPO ELÉTRICO	6
7.	CAMPO MAGNÉTICO	7
8.	LARGURA ADOTADA PARA A FAIXA DE SERVIDÃO	7
9.	REFERÊNCIAS.....	8
	ANEXOS	9

1. OBJETIVO

1.1. Definir a faixa de servidão (faixa de segurança) a ser adotada no projeto da LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2 em circuito simples pertencentes ao Lote 15 do Leilão 013/2015 – 2º parte.

2. CRITÉRIO MECÂNICO

2.1. Ângulo de Balanço dos Condutores

2.1.1 O ângulo de balanço está sendo calculado para ventos com 50 anos de período de retorno, 30 segundos de período de integração e pressões correspondentes, fazendo uso dos valores definidos na referência [2].

2.1.2 A metodologia adotada para o cálculo do ângulo de balanço é a constante do item 10.1.4.3 da referência [1], conforme reproduzido a seguir:

$$tg\beta = k \frac{q_0 \cdot d}{p(V/H)} \quad \text{onde:}$$

- d diâmetro do condutor (9)
- p peso unitário do condutor (9)
- V/H relação (vão de peso)/(vão de vento) em alinhamento
- q₀ Pressão Dinâmica (3)
- k figura 7 da referência (2)

Parâmetros					Ângulo β	
d	p	V/H	q ₀	k	Calculado	Adotado
(mm)	(kgf/m)	(pu)	(kgf/m ²)	(pu)	(graus)	(graus)
26,78	1,172	0,70	57	0,32	30,8°	31°

2.2. Largura da Faixa de Servidão

2.2.1 Conhecido o ângulo de balanço dos condutores, a largura da faixa é determinada de acordo com a metodologia estabelecida no capítulo 12 da referência [1], ou seja:

$$L = 2[b + (f + l)\text{sen}\beta + d+p] \quad \text{onde:}$$

b=	distância da linha de centro da estrutura ao ponto de fixação da LT
F=	flecha do cabo condutor para vão médio de 510 m
l=	comprimento da cadeia de isoladores e ferragens
β=	ângulo de balanço do condutor e da cadeia
p=	Projeção do condutor mais afastado ao eixo do feixe ($2,10/2 \times \cos\beta$)
d=	$V_{MÁX} / 150$, expresso em metros LT 500 kV

Tendo como resultado:

Parâmetros							Distancia	
Vão (m)	b (m)	f (m)	l (m)	β (graus)	d (m)	p (m)	Calculado (m)	Adotado(*) (m)
510	6,505	21,82	7,43	31°	3,67	0,9001	52,28	72,00
600	6,505	29,63	7,43	31°	3,67	0,9001	60,32	

(*)Valor adotado para cálculo elétrico-magnético estabelecido em função dos níveis de rádio interferência.

3. EFEITO CORONA

3.1. Gradiente nas Fases

3.1.1 O ponto de partida para o cálculo dos valores de rádio interferência e ruído audível é o gradiente nas fases, que devem ser verificados para a tensão máxima de operação da LT, ou seja, 550 kV.

3.2. Gradiente Crítico

3.2.1 Para verificar se o de gradiente nas fases é adequado, o mesmo é comparado com o gradiente crítico determinado de acordo com a seguinte fórmula [4]:

$$G_{\text{crit}} = 21,2.m.\delta \left(1 + \frac{0,301}{\sqrt{\delta.r}} \right) \text{ kV/cm} \quad \text{Onde:}$$

G_{crit} gradiente crítico (início do corona), em kV/cm, valor eficaz

r raio do condutor, em cm

m coeficiente representativo da superfície do condutor envelhecido (m = 0,82)

δ densidade relativa do ar médio para 90% do tempo = 0,90

densidade relativa do ar 90% do tempo corrigido= 0,89

3.2.2 Critérios adotados:

- Nenhum subcondutor de um feixe pode apresentar gradiente superficial maior que o gradiente crítico (DRA 90% = 0,89);
- A média dos gradientes superficiais de cada subcondutor em cada fase não pode ser superior a 95% do gradiente crítico médio para 90% do tempo (DRA médio 90 %=0,90).

3.2.3 Resultados (valor eficaz):

limite		calculado	
Variável	valor	máximo - todos condutores	maior média dos feixes
Crítico (DRA 90% = 0,89)	19,9	19,4	--
95% Critico (DRA MÉDIO 90% = 0,90)	19,06	--	18,9

4. RÁDIO INTERFERÊNCIA

4.1 O submódulo 2.4 da ONS especifica que a relação sinal/ruído no limite da faixa de servidão, para a tensão máxima operativa, deve ser no mínimo 24 dB, para 50 % das condições climáticas ocorrendo no período de um ano. O sinal adotado para o cálculo deve ser o nível mínimo de sinal na região atravessada pela LT, conforme legislação pertinente.

4.2 Baseado no critério acima e adotando um sinal de 66 dB a 1 MHz obtém-se o nível máximo de rádio interferência admissível no limite da faixa de servidão em pelo menos 50 % de todos os tempos de um ano, ou seja:

$$RI_{\max} \leq (66 - 24) \text{ dB} \leq 42 \text{ dB} \quad (\text{no limite da faixa de servidão})$$

4.3 O valor de rádio interferência em um eixo transversal à LT foi calculado considerando a tensão máxima de operação da LT, ou seja, 550 kV. O correspondente relatório de saída consta do Anexo 2.

4.4 O programa do Anexo 2 considera internamente as seguintes premissas básicas:

Frequência de medição do ruído 1 MHz, medido conforme norma ANSI

Resistividade do solo 100 Ω .m

DRA 50% (PU) 0,91

4.5 O valor de rádio interferência com 50 % de probabilidade de não ser excedido, quando se consideram todos os tempos do ano, foi calculado partindo das seguintes premissas:

(a) a distribuição de rádio interferência, tanto para tempo bom como para tempo ruim, é gaussiana;

(b) o valor de rádio interferência com 1 % de probabilidade de ser excedido com tempo bom é igual ao valor de rádio interferência com 99 % de probabilidade de ser excedido com tempo ruim (Fair L1 = Foul L99);

4.6 As distribuições de tempo bom e tempo ruim assim definidas foram ponderadas em função da climatologia da região, dando origem à distribuição de todos os tempos apresentada na Figura do Anexo 2.

4.7 A partir dessa distribuição, obtém-se o nível de rádio interferência no limite da faixa com probabilidade de não ser excedido 50 % de todos os tempos do ano, o qual é indicado a seguir:

$$\checkmark RI_0 = 41,67 \text{ dB (L50 todos os tempos)}$$

4.9 Como pode ser constatado, o valor de rádio interferência no limite da faixa de servidão com 50 % de probabilidade de não ser excedido, considerando-se todos os tempos do ano, atende o critério estabelecido no Anexo técnico do Edital.

5. RUÍDO AUDÍVEL

5.1 O Anexo técnico do Edital especifica que o ruído audível no limite da faixa de servidão, para a tensão máxima operativa, deve ser no máximo igual a 58 dBA, para as seguintes condições climáticas:

- (a) durante chuva fina (< 0,00148 mm/min);
- (b) durante névoa de 4 horas de duração;
- (c) após chuva (primeiros 15 minutos).

5.2 O ruído audível será verificado para condições que correspondam ao condutor úmido, conforme item 5.1 anterior. Essas condições são usualmente associadas [4] ao nível de ruído com 50 % de probabilidade de ser excedido.

5.3 Os valores do ruído audível em um eixo transversal à linha de transmissão foram calculados para as condições Foul L50. O correspondente relatório de saída consta do Anexo 3.

Ruído Audível no limite da faixa (dBA)

55,88

5.4 Conforme os valores da tabela acima o valor obtido para o ruído audível no limite da faixa de servidão para a LT é inferior a 58 dBA, atendendo o critério estabelecido.

6. CAMPO ELÉTRICO

6.1 A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014 [7], especifica que o campo elétrico a um metro e meio do solo, no limite da faixa de servidão, deve ser inferior ou, no máximo, igual a 4,17 kV/m. Adicionalmente, o campo elétrico no interior da faixa de servidão não deve ser superior a 8,33 kV/m, conforme referência, levando-se em consideração a utilização que for dada a cada trecho.

6.2 O valor do campo elétrico a um metro e meio do solo em um eixo transversal à LT calculado são descritos abaixo:

Tabela 8 – Campo elétrico a 1,5 m do solo (kV/m)

	No interior da faixa		No limite da faixa	
	Longa duração	Curta duração	Longa duração	Curta duração
LT	Máquinas agrícolas e Rodovias	Máquinas agrícolas e Rodovias	Máquinas agrícolas e Rodovias	Máquinas agrícolas e Rodovias
	Altura condutor mais baixo – solo (m)			
	12,5	12,2	12,5	12,2
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	7,63	8,04	1,30	1,29

6.3 Os relatórios de saída constam do Anexo 4.

6.4 A tabela a seguir apresenta as correntes induzidas para os valores máximos de campo elétrico indicados no item anterior.

Tabela 9 – Corrente Induzida

Veículo	Referência Campo Elétrico	Corrente Induzida
Carreta de grande porte	8,04 kV/m	4,7 mA
Ônibus	8,04 kV/m	3,4 mA
Colheitadeira	8,04 kV/m	3,5 mA
Trator de fazenda puxando carroça	8,04 kV/m	2,6 mA
Trator de fazenda	8,04 kV/m	0,9 mA

6.5 Esses valores de corrente induzida situam-se em níveis compatíveis com a utilização da faixa de servidão e atendem o limite máximo de 5,0 mA especificados.

7. CAMPO MAGNÉTICO

7.1 A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014 [7], especifica que o campo magnético no limite da faixa de servidão a um metro e meio do solo deve ser inferior ou, no máximo, igual a 160,9 A/m, equivalente a uma indução magnética de 200 μ T, e no interior da faixa de servidão não deve ser superior a 804,5 A/m, equivalente a uma indução magnética de 1000 μ T.

7.2 Os valores do campo magnético em um eixo transversal à LT foram calculados para a corrente operativa longa duração e corrente máxima curta duração (5).

7.3 O campo magnético foi calculado na largura da faixa de servidão, em um eixo perpendicular à diretriz da LT localizado em um ponto do perfil com espaçamento mínimo condutor-solo, considerando terreno plano. Conservativamente, não foram consideradas no cálculo as correntes de retorno pela terra.

7.4 O relatório de saída consta do Anexo 5. São resumidos a seguir os valores calculados:

Tabela 10 – Campo Magnético (μ T)

No interior da faixa		No limite da faixa	
Longa duração	Curta duração	Longa duração	Curta duração
Altura feixe condutor – solo (m)			
12,5	12,2	12,5	12,2
28,87	30,12	4,60	4,63

7.5 Os valores acima mostram que para a LT em estudo, o valor do campo magnético no interior da faixa de servidão é inferior a 420 μ T, atendendo o critério estabelecido.

8. LARGURA ADOTADA PARA A FAIXA DE SERVIDÃO

8.1 A faixa de servidão da linha de transmissão em estudo terá a largura indicada a seguir, a qual atende tanto o critério mecânico de balanço dos condutores como os critérios elétricos definidos no Anexo técnico do Edital:

✓ **Largura da faixa de servidão para LT 500 kV = 72 m**

8.2 A faixa de servidão selecionada está representada na Figura 6.

9. REFERÊNCIAS

- 1 NBR 5422 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 2 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0004 VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO, preparado para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 3 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0003 DADOS CLIMATOLÓGICOS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 4 Transmission line reference book, 345 kV and above, second edition, 1982.
- 5 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0005 CONDUTOR E PÁRA-RAIOS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 6 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0007 DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA PARA LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 7 A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014
- 8 A Resolução Normativa ANEEL nº 398 de 23/03/2010

ANEXOS

Anexo 1 – Relatórios de Saída – Gradiente Superficial

GRADIENTE SUPERFICIAL PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 DO LOTE
15 LEILAO 013/2015 - 2ºPARTE

MÁXIMOS GRADIENTES SUPERFICIAIS :

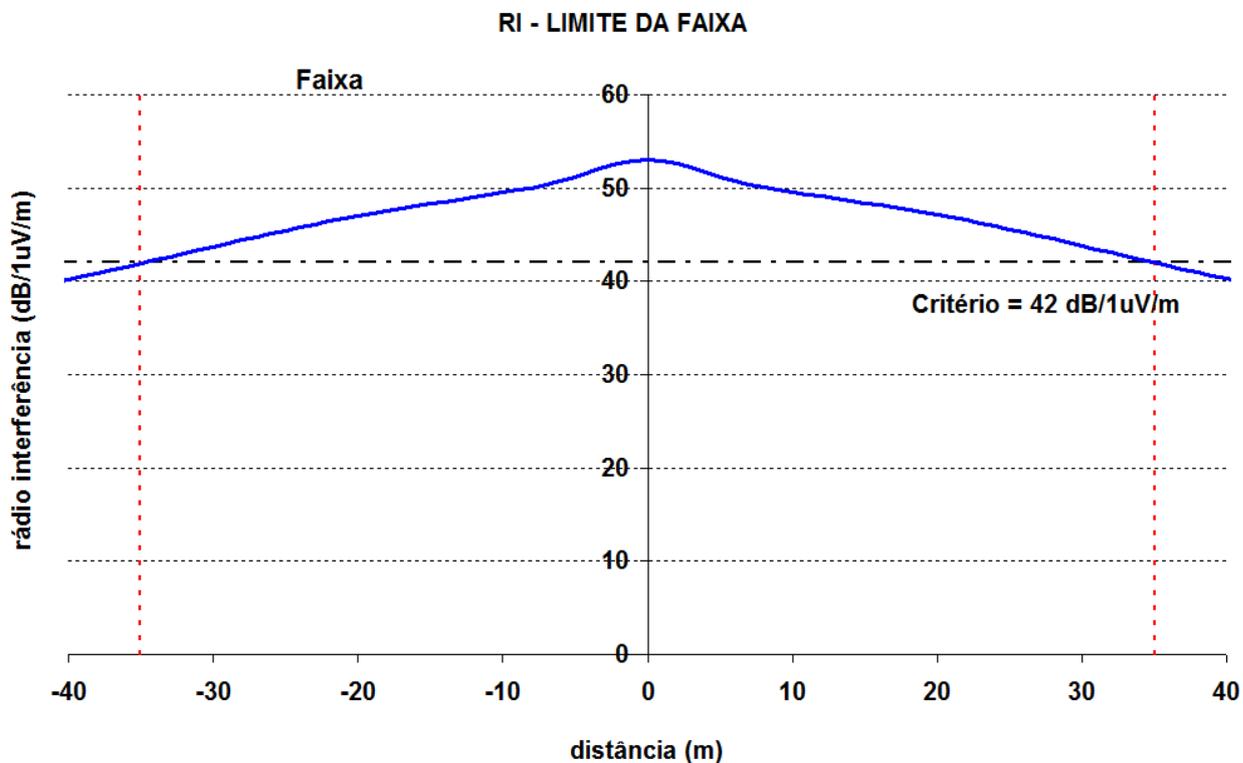
	Posição no feixe	CE (kV/cm)
Fase A	1	18,3
	2	19,1
	3	18,4
	4	16,0
	5	14,3
	6	15,9
Fase B	1	19,4
	2	17,9
	3	19,3
	4	19,3
	5	17,9
	6	19,4
Fase C	1	15,9
	2	14,3
	3	16,0
	4	18,4
	5	19,1
	6	18,3
MEDIA (MAIOR VALOR FASE CENTRAL)		18,9
MAXIMA (MAIOR VALOR FASE CENTRAL)		19,4

Anexo 2 – Relatórios de Saída – Rádio Interferência, RI -QP (dB), 1 MHz

PERFIL DE RADIO INTERFERENCIA PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2
DO LOTE 15 LEILAO 013/2015 - 2ºPARTE

Distância	RI limite	Distância	RI limite
	faixa		faixa
-36	41.57	1	52.95
-35	41.92	2	52.65
-34	42.28	3	52.20
-33	42.63	4	51.68
-32	42.99	5	51.16
-31	43.35	6	50.70
-30	43.71	7	50.33
-29	44.07	8	50.03
-28	44.42	9	49.79
-27	44.78	10	49.56
-26	45.12	11	49.33
-25	45.47	12	49.09
-24	45.80	13	48.86
-23	46.13	14	48.63
-22	46.44	15	48.40
-21	46.74	16	48.16
-20	47.03	17	47.93
-19	47.31	18	47.68
-18	47.57	19	47.42
-17	47.82	20	47.14
-16	48.07	21	46.86
-15	48.31	22	46.55
-14	48.54	23	46.24
-13	48.79	24	45.91
-12	49.03	25	45.58
-11	49.28	26	45.24
-10	49.52	27	44.89
-9	49.76	28	44.53
-8	50.02	29	44.18
-7	50.32	30	43.82
-6	50.70	31	43.46
-5	51.17	32	43.09
-4	51.69	33	42.73
-3	52.21	34	42.38
-2	52.66	35	42.02
-1	52.96	36	41.67
0	53.06		

FIGURA PERFIL DE RI PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 DO LOTE 15
LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE



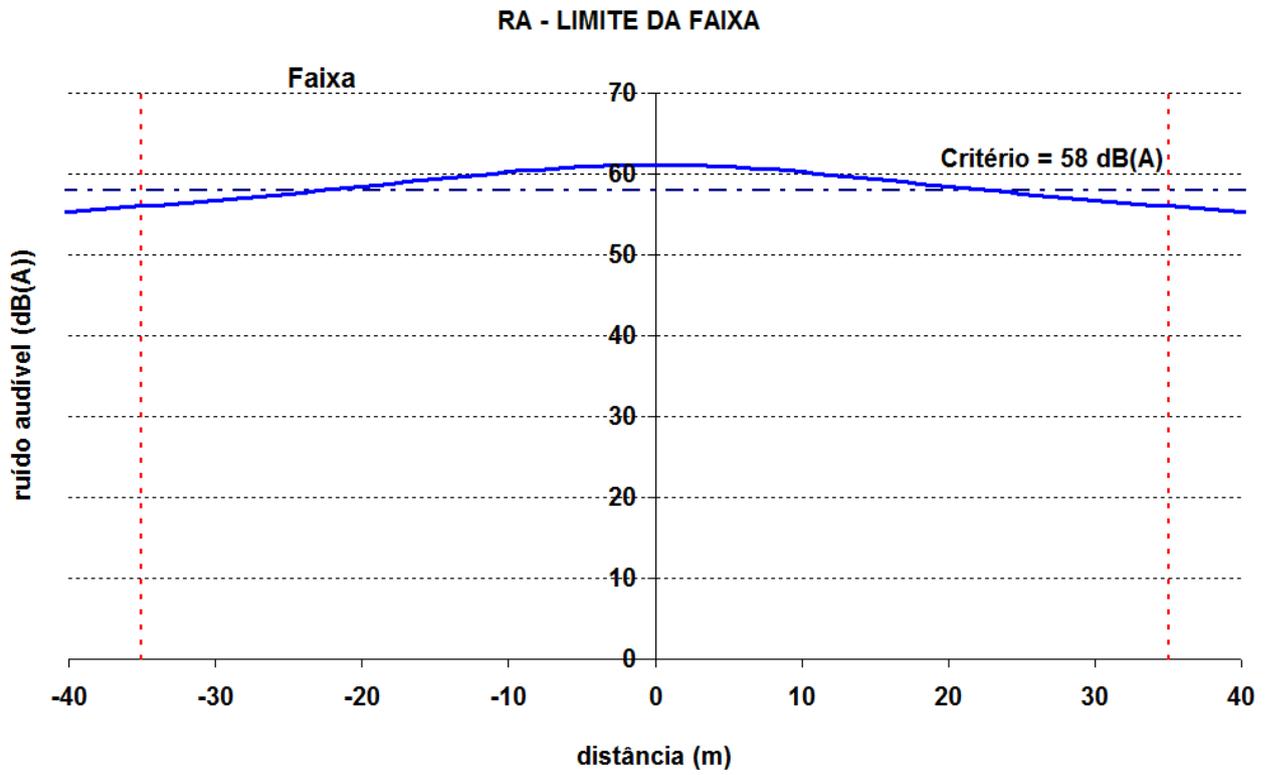
Anexo 3 – Relatórios de Saída – Ruído Audível, Tempo Ruim

PERFIL DE RUÍDO AUDÍVEL PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 DO LOTE
15 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

PERFIL DE RUÍDO AUDÍVEL:

Distância	RA limite		Distância	RA limite	
	faixa			faixa	
-36	55.88		1	61.15	
-35	56.02		2	61.12	
-34	56.16		3	61.07	
-33	56.31		4	61.00	
-32	56.46		5	60.91	
-31	56.61		6	60.80	
-30	56.76		7	60.68	
-29	56.91		8	60.55	
-28	57.07		9	60.40	
-27	57.23		10	60.24	
-26	57.40		11	60.08	
-25	57.56		12	59.90	
-24	57.73		13	59.73	
-23	57.90		14	59.54	
-22	58.08		15	59.36	
-21	58.26		16	59.18	
-20	58.44		17	58.99	
-19	58.62		18	58.81	
-18	58.80		19	58.62	
-17	58.99		20	58.44	
-16	59.17		21	58.26	
-15	59.36		22	58.08	
-14	59.54		23	57.91	
-13	59.72		24	57.74	
-12	59.90		25	57.57	
-11	60.07		26	57.40	
-10	60.24		27	57.24	
-9	60.40		28	57.08	
-8	60.54		29	56.92	
-7	60.68		30	56.76	
-6	60.80		31	56.61	
-5	60.91		32	56.46	
-4	60.99		33	56.31	
-3	61.06		34	56.17	
-2	61.12		35	56.02	
-1	61.15		36	55.88	
0	61.16				

FIGURA PERFIL DE RUIDO AUDÍVEL -FOUL L50 (dBA)



Anexo 4 – Relatórios de Saída – Campo Elétrico

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 DO
LOTE 15 LEILAO 013/2015 - 2ªPARTE

LONGA DURAÇÃO-12,50 M (MAQUINAS AGRICOLAS E RODOVIAS)

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO SOB A LT:

ALTURA AO SOLO = 1.50 m

Distância	CE limite		Distância	CE limite	
	faixa			faixa	
-36	1.31		1	1.71	
-35	1.41		2	2.66	
-34	1.51		3	3.68	
-33	1.63		4	4.66	
-32	1.76		5	5.53	
-31	1.90		6	6.28	
-30	2.05		7	6.86	
-29	2.21		8	7.28	
-28	2.40		9	7.54	
-27	2.60		10	7.63	
-26	2.82		11	7.59	
-25	3.05		12	7.43	
-24	3.31		13	7.18	
-23	3.60		14	6.86	
-22	3.90		15	6.50	
-21	4.23		16	6.11	
-20	4.58		17	5.71	
-19	4.95		18	5.32	
-18	5.33		19	4.93	
-17	5.72		20	4.56	
-16	6.12		21	4.21	
-15	6.50		22	3.88	
-14	6.86		23	3.58	
-13	7.18		24	3.30	
-12	7.43		25	3.04	
-11	7.58		26	2.80	
-10	7.62		27	2.58	
-9	7.53		28	2.38	
-8	7.27		29	2.20	
-7	6.85		30	2.03	
-6	6.26		31	1.88	
-5	5.52		32	1.74	
-4	4.64		33	1.62	
-3	3.67		34	1.50	
-2	2.65		35	1.39	
-1	1.70		36	1.30	
0	1.21				

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 DO
LOTE 15 LEILAO 013/2015 - 2ªPARTE

CURTA DURAÇÃO-12,20 M (MAQUINAS AGRICOLAS E RODOVIAS)

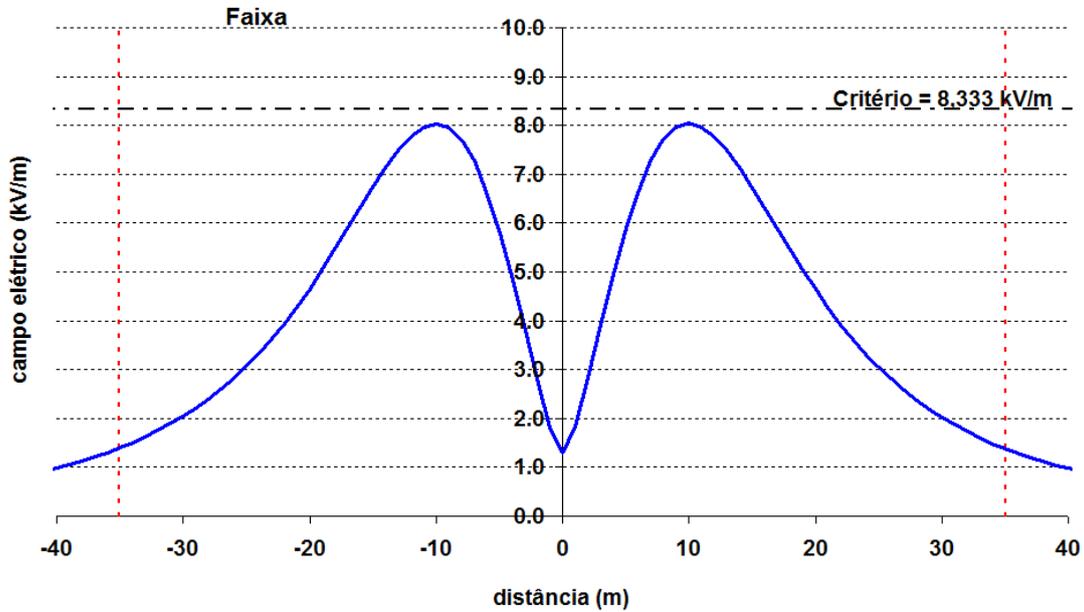
PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO SOB A LT:

ALTURA AO SOLO = 1.50 m

Distância	CE limite faixa	Distância	CE limite faixa
-36	1.30	1	1.83
-35	1.40	2	2.84
-34	1.51	3	3.93
-33	1.62	4	4.96
-32	1.75	5	5.89
-31	1.89	6	6.67
-30	2.04	7	7.29
-29	2.21	8	7.72
-28	2.40	9	7.97
-27	2.60	10	8.04
-26	2.83	11	7.97
-25	3.07	12	7.77
-24	3.34	13	7.48
-23	3.63	14	7.12
-22	3.95	15	6.72
-21	4.29	16	6.30
-20	4.66	17	5.87
-19	5.05	18	5.44
-18	5.46	19	5.03
-17	5.88	20	4.64
-16	6.31	21	4.27
-15	6.73	22	3.93
-14	7.13	23	3.61
-13	7.48	24	3.32
-12	7.77	25	3.05
-11	7.96	26	2.81
-10	8.03	27	2.58
-9	7.95	28	2.38
-8	7.70	29	2.19
-7	7.27	30	2.03
-6	6.65	31	1.87
-5	5.87	32	1.73
-4	4.94	33	1.60
-3	3.90	34	1.49
-2	2.82	35	1.38
-1	1.81	36	1.29
0	1.29		

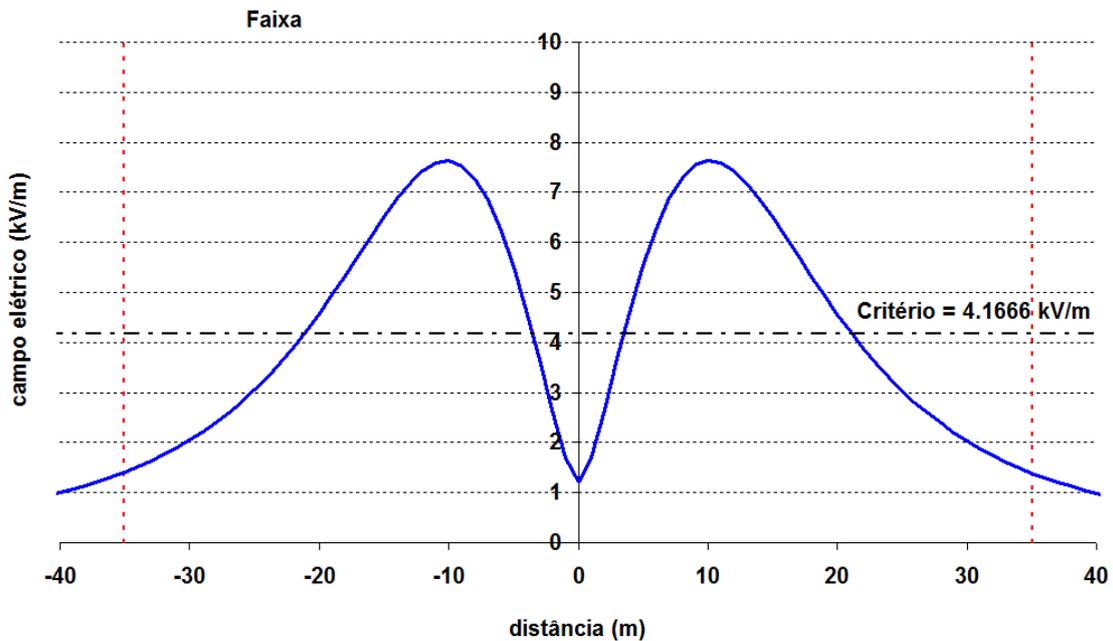
GRAFICO PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 -
C2 DO LOTE 15 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE
CAMPO ELETRICO AVALIADO PARA CONDIÇÃO DE LONGA E CURTA DURAÇÃO CONFORME
RESOLUÇÃO NORMATIVA [7] [8]

CE - INTERIOR DA FAIXA



CONDIÇÃO CURTA DURAÇÃO: MINIMA DISTANCIA CABO-SOLO DEFINIDO EM FUNÇÃO DO CAMPO ELETRICO LIMITE

CE - LIMITE DA FAIXA



CONDIÇÃO LONGA DURAÇÃO: DISTANCIA CABO-SOLO DEFINIDO EM FUNÇÃO DA DIFERENÇA DE FLECHAS ENTRE AS TEMPERATURAS DE CURTA E LONGA DURAÇÃO DE APROXIMADAMENTE 0,30 m

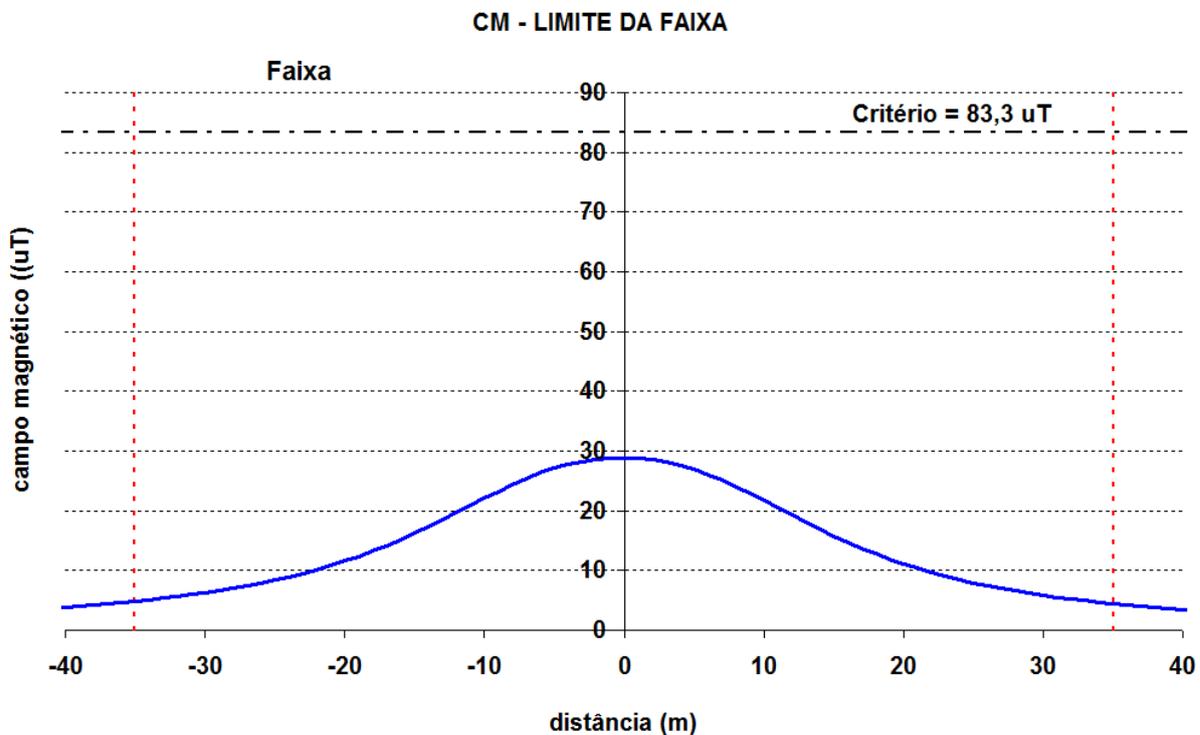
Anexo 5 – Relatórios de Saída – Campo Magnético

PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 DO
LOTE 15 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

LONGA DURAÇÃO - 12,5 M - 2950A

Distância	CM limite		Distância	CM limite	
	faixa	faixa		faixa	faixa
-36	4.60		1	28.78	
-35	4.83		2	28.53	
-34	5.08		3	28.13	
-33	5.34		4	27.58	
-32	5.63		5	26.89	
-31	5.94		6	26.05	
-30	6.27		7	25.10	
-29	6.63		8	24.03	
-28	7.02		9	22.89	
-27	7.45		10	21.70	
-26	7.90		11	20.47	
-25	8.40		12	19.25	
-24	8.94		13	18.05	
-23	9.52		14	16.88	
-22	10.15		15	15.77	
-21	10.84		16	14.71	
-20	11.58		17	13.72	
-19	12.38		18	12.79	
-18	13.24		19	11.92	
-17	14.17		20	11.12	
-16	15.16		21	10.38	
-15	16.21		22	9.70	
-14	17.32		23	9.07	
-13	18.47		24	8.49	
-12	19.66		25	7.95	
-11	20.87		26	7.46	
-10	22.07		27	7.01	
-9	23.24		28	6.59	
-8	24.36		29	6.20	
-7	25.39		30	5.85	
-6	26.31		31	5.52	
-5	27.11		32	5.22	
-4	27.76		33	4.93	
-3	28.27		34	4.67	
-2	28.62		35	4.43	
-1	28.82		36	4.21	
0	28.87				

PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 DO
LOTE 15 LEILAO 013/2015 - 2ªPARTE



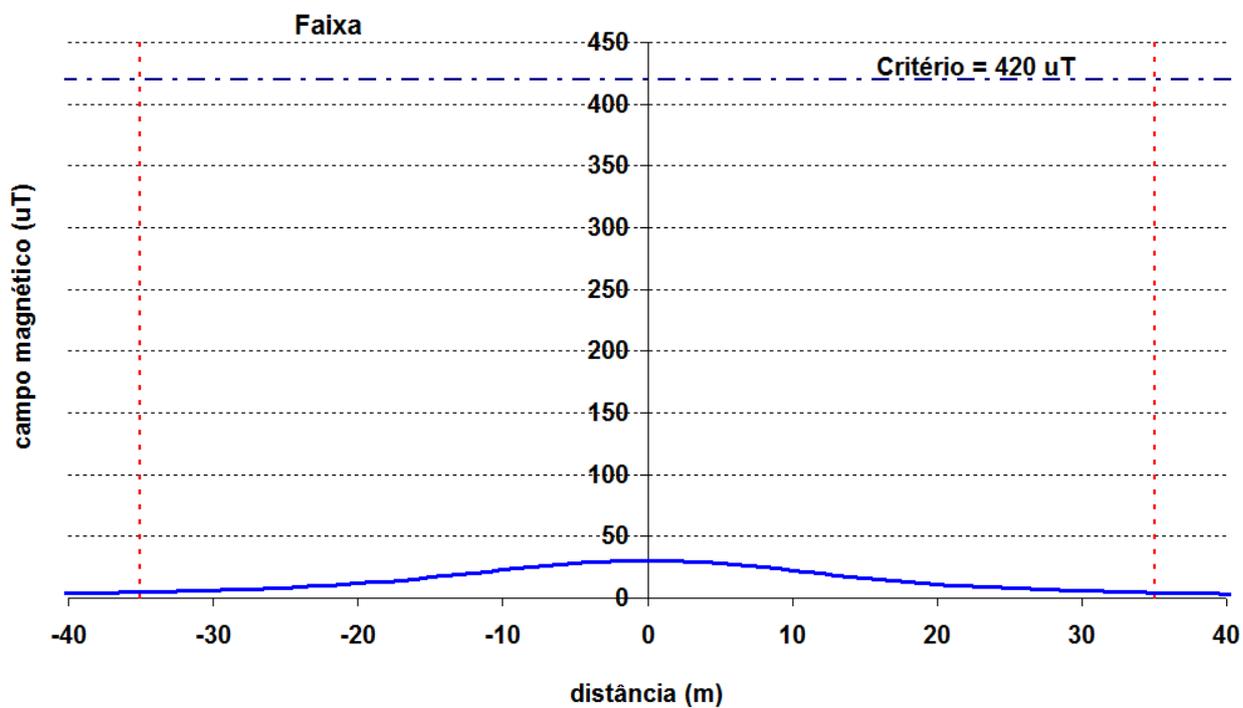
PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 DO
LOTE 15 LEILAO 013/2015 - 2ªPARTE

CURTA DURAÇÃO - 12,2 M - 4000 A

Distância	CM limite		Distância	CM limite	
	fixa			fixa	
-36	4.63		1	30.02	
-35	4.86		2	29.76	
-34	5.11		3	29.34	
-33	5.39		4	28.76	
-32	5.68		5	28.02	
-31	5.99		6	27.14	
-30	6.33		7	26.11	
-29	6.70		8	24.98	
-28	7.10		9	23.76	
-27	7.53		10	22.48	
-26	8.00		11	21.18	
-25	8.51		12	19.88	
-24	9.06		13	18.60	
-23	9.66		14	17.37	
-22	10.31		15	16.19	
-21	11.02		16	15.08	
-20	11.79		17	14.03	
-19	12.62		18	13.06	
-18	13.52		19	12.16	
-17	14.49		20	11.33	
-16	15.53		21	10.56	
-15	16.64		22	9.85	
-14	17.81		23	9.20	
-13	19.03		24	8.61	
-12	20.29		25	8.06	
-11	21.58		26	7.55	
-10	22.86		27	7.09	
-9	24.11		28	6.66	
-8	25.31		29	6.27	
-7	26.41		30	5.91	
-6	27.40		31	5.57	
-5	28.25		32	5.26	
-4	28.94		33	4.98	
-3	29.48		34	4.71	
-2	29.85		35	4.46	
-1	30.07		36	4.24	
0	30.12				

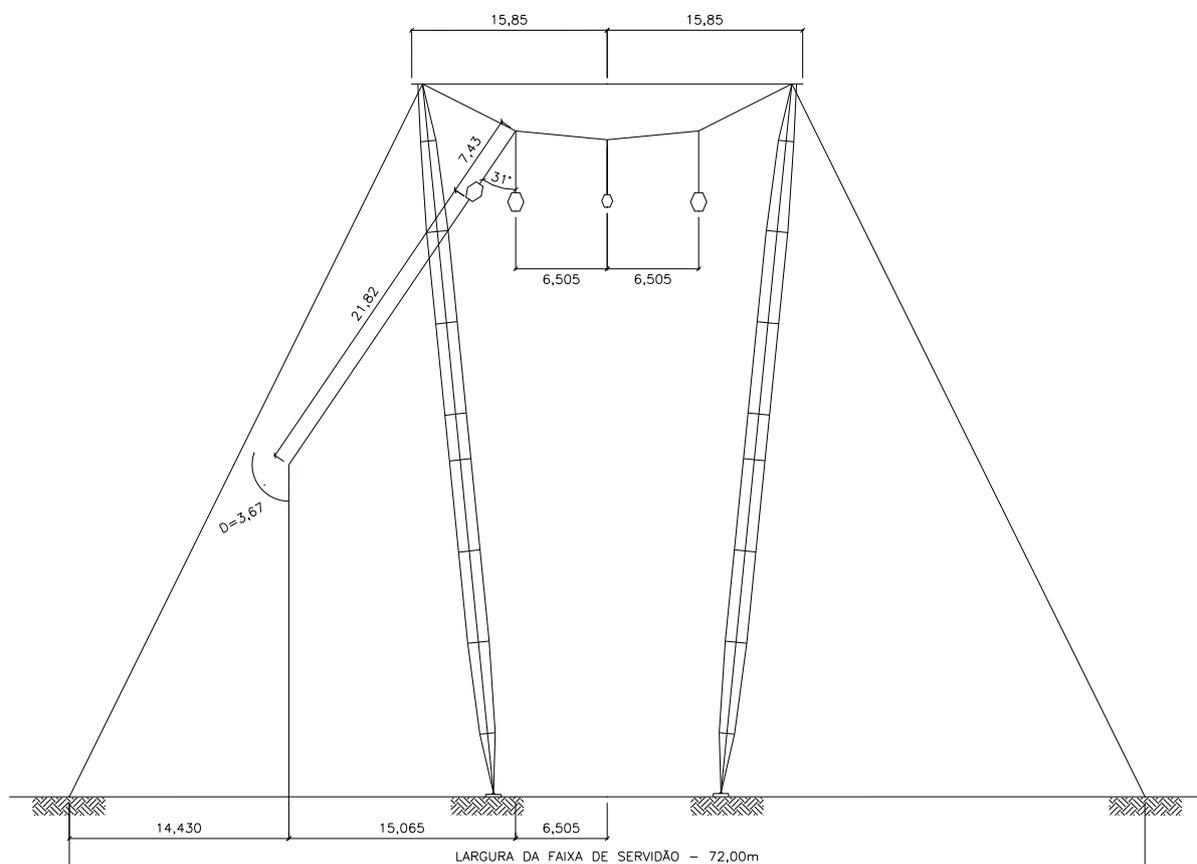
PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 DO
LOTE 15 LEILAO 013/2015 - 2ªPARTE

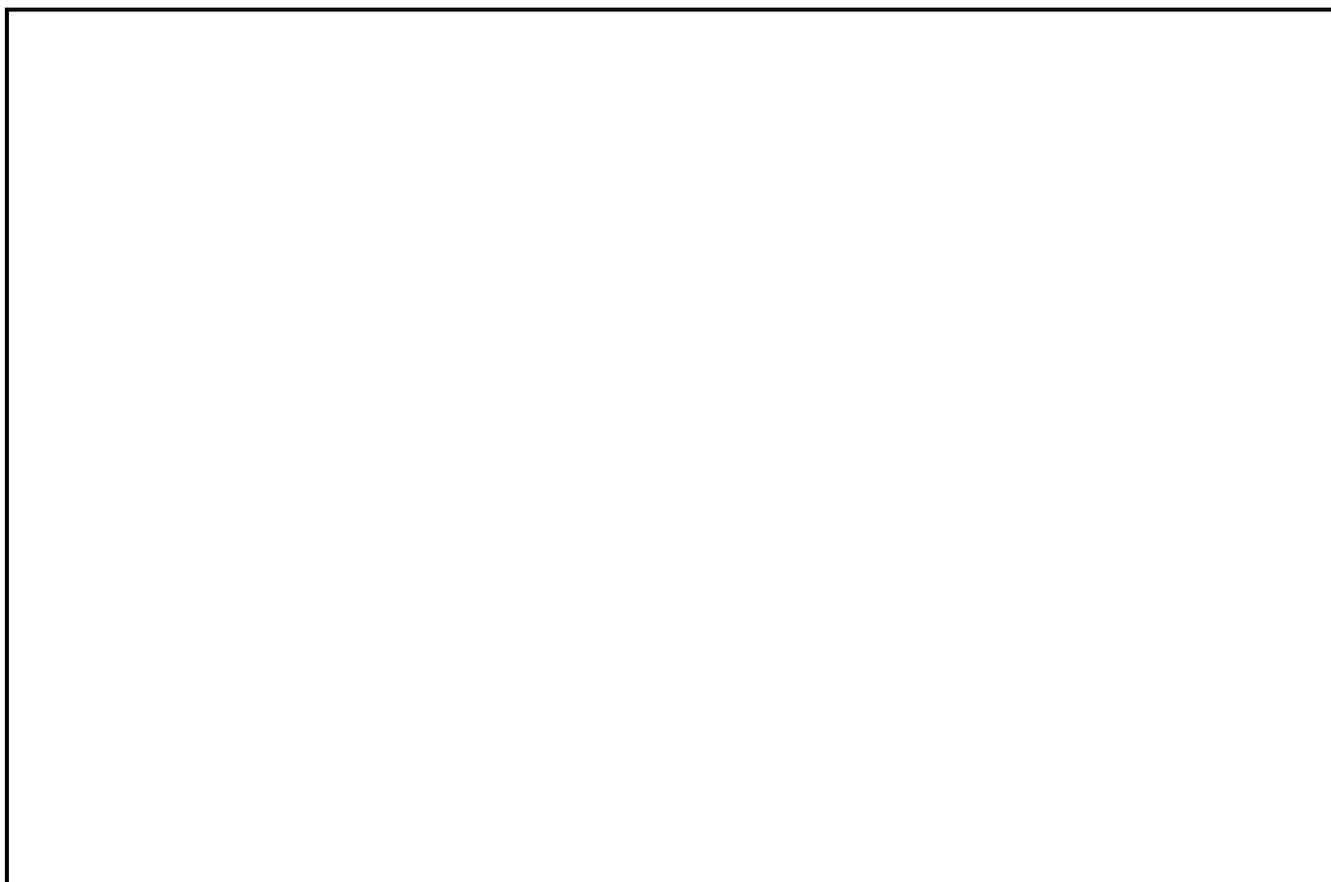
CM - INTERIOR DA FAIXA



Anexo 6 – Desenho Esquemático da Largura da Faixa

DESENHO ESQUEMATICO DA LARGURA DA FAIXA PARA LT 500 KV IGAPORÃ III -
JANAÚBA 3 - C2 DO LOTE 15 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE





Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
01	26/04/17	Revisado calculo eletromagnético	AQ	JCS	
00	31/03/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	



EQUATORIAL TRANSMISSORA 5 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	31/03/17

TÍTULO

**LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
Lote 15 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO**

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT5-L501-PB-ELM-0008-R01	1 de 28	01

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	CRITÉRIO MECÂNICO	3
3.	EFEITO CORONA.....	4
4.	RÁDIO INTERFERÊNCIA	4
5.	RUÍDO AUDÍVEL	5
6.	CAMPO ELÉTRICO	6
7.	CAMPO MAGNÉTICO	7
8.	LARGURA ADOTADA PARA A FAIXA DE SERVIDÃO	7
9.	REFERÊNCIAS.....	8
	ANEXOS	9

1. OBJETIVO

1.1. Definir a faixa de servidão (faixa de segurança) a ser adotada no projeto da LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2 em circuito simples pertencentes ao Lote 15 do Leilão 013/2015 – 2º parte.

2. CRITÉRIO MECÂNICO

2.1. Ângulo de Balanço dos Condutores

2.1.1 O ângulo de balanço está sendo calculado para ventos com 50 anos de período de retorno, 30 segundos de período de integração e pressões correspondentes, fazendo uso dos valores definidos na referência [2].

2.1.2 A metodologia adotada para o cálculo do ângulo de balanço é a constante do item 10.1.4.3 da referência [1], conforme reproduzido a seguir:

$$tg\beta = k \frac{q_0 \cdot d}{p(V/H)} \quad \text{onde:}$$

- d diâmetro do condutor (9)
- p peso unitário do condutor (9)
- V/H relação (vão de peso)/(vão de vento) em alinhamento
- q₀ Pressão Dinâmica (3)
- k figura 7 da referência (2)

Parâmetros					Ângulo β	
d	p	V/H	q ₀	k	Calculado	Adotado
(mm)	(kgf/m)	(pu)	(kgf/m ²)	(pu)	(graus)	(graus)
26,78	1,172	0,70	57	0,32	30,8°	31°

2.2. Largura da Faixa de Servidão

2.2.1 Conhecido o ângulo de balanço dos condutores, a largura da faixa é determinada de acordo com a metodologia estabelecida no capítulo 12 da referência [1], ou seja:

$$L = 2[b + (f + l)\text{sen}\beta + d+p] \quad \text{onde:}$$

b=	distância da linha de centro da estrutura ao ponto de fixação da LT
F=	flecha do cabo condutor para vão médio de 510 m
l=	comprimento da cadeia de isoladores e ferragens
β=	ângulo de balanço do condutor e da cadeia
p=	Projeção do condutor mais afastado ao eixo do feixe ($2,10/2 \times \cos\beta$)
d=	$V_{MAX} / 150$, expresso em metros LT 500 kV

Tendo como resultado:

Parâmetros							Distancia	
Vão (m)	b (m)	f (m)	l (m)	β (graus)	d (m)	p (m)	Calculado (m)	Adotado(*) (m)
510	6,505	21,82	7,43	31°	3,67	0,9001	52,28	62,0
600	6,505	29,63	7,43	31°	3,67	0,9001	60,32	

(*) A largura da faixa foi governada pelo calculo mecânico.

3. EFEITO CORONA

3.1. Gradiente nas Fases

3.1.1 O ponto de partida para o cálculo dos valores de rádio interferência e ruído audível é o gradiente nas fases, que devem ser verificados para a tensão máxima de operação da LT, ou seja, 550 kV.

3.2. Gradiente Crítico

3.2.1 Para verificar se o de gradiente nas fases é adequado, o mesmo é comparado com o gradiente crítico determinado de acordo com a seguinte fórmula [4]:

$$G_{\text{crit}} = 21,2.m.\delta \left(1 + \frac{0,301}{\sqrt{\delta.r}} \right) \text{ kV/cm} \quad \text{Onde:}$$

G_{crit} gradiente crítico (início do corona), em kV/cm, valor eficaz

r raio do condutor, em cm

m coeficiente representativo da superfície do condutor envelhecido (m = 0,82)

δ densidade relativa do ar médio para 90% do tempo = 0,90

densidade relativa do ar 90% do tempo corrigido= 0,89

3.2.2 Critérios adotados:

- Nenhum subcondutor de um feixe pode apresentar gradiente superficial maior que o gradiente crítico (DRA 90% = 0,89);
- A média dos gradientes superficiais de cada subcondutor em cada fase não pode ser superior a 95% do gradiente crítico médio para 90% do tempo (DRA médio 90 %=0,90).

3.2.3 Resultados (valor eficaz):

limite		calculado	
Variável	valor	máximo - todos condutores	maior média dos feixes
Crítico (DRA 90% = 0,89)	19,9	19,4	--
95% Critico (DRA MÉDIO 90% = 0,90)	19,06	--	18,9

4. RÁDIO INTERFERÊNCIA

4.1 O submódulo 2.4 da ONS especifica que a relação sinal/ruído no limite da faixa de servidão, para a tensão máxima operativa, deve ser no mínimo 24 dB, para 50 % das condições climáticas ocorrendo no período de um ano. O sinal adotado para o cálculo deve ser o nível mínimo de sinal na região atravessada pela LT, conforme legislação pertinente.

4.2 Baseado no critério acima e adotando um sinal de 66 dB a 1 MHz obtém-se o nível máximo de rádio interferência admissível no limite da faixa de servidão em pelo menos 50 % de todos os tempos de um ano, ou seja:

$$RI_{\max} \leq (66 - 24) \text{ dB} \leq 42 \text{ dB} \quad (\text{no limite da faixa de servidão})$$

4.3 O valor de rádio interferência em um eixo transversal à LT foi calculado considerando a tensão máxima de operação da LT, ou seja, 550 kV. O correspondente relatório de saída consta do Anexo 2.

4.4 O programa do Anexo 2 considera internamente as seguintes premissas básicas:

Frequência de medição do ruído 1 MHz, medido conforme norma ANSI

Resistividade do solo 100 Ω .m

DRA 50% (PU) 0,91

4.5 O valor de rádio interferência com 50 % de probabilidade de não ser excedido, quando se consideram todos os tempos do ano, foi calculado partindo das seguintes premissas:

(a) a distribuição de rádio interferência, tanto para tempo bom como para tempo ruim, é gaussiana;

(b) o valor de rádio interferência com 1 % de probabilidade de ser excedido com tempo bom é igual ao valor de rádio interferência com 99 % de probabilidade de ser excedido com tempo ruim (Fair L1 = Foul L99);

4.6 As distribuições de tempo bom e tempo ruim assim definidas foram ponderadas em função da climatologia da região, dando origem à distribuição de todos os tempos apresentada na Figura do Anexo 2.

4.7 A partir dessa distribuição, obtém-se o nível de rádio interferência no limite da faixa com probabilidade de não ser excedido 50 % de todos os tempos do ano, o qual é indicado a seguir:

$$\sqrt{RI_0} = 41,43 \text{ dB} \quad (\text{L50 todos os tempos})$$

4.9 Como pode ser constatado, o valor de rádio interferência no limite da faixa de servidão com 50 % de probabilidade de não ser excedido, considerando-se todos os tempos do ano, atende o critério estabelecido no Anexo técnico do Edital.

5. RUÍDO AUDÍVEL

5.1 O Anexo técnico do Edital especifica que o ruído audível no limite da faixa de servidão, para a tensão máxima operativa, deve ser no máximo igual a 58 dBA, para as seguintes condições climáticas:

- (a) durante chuva fina (< 0,00148 mm/min);
- (b) durante névoa de 4 horas de duração;
- (c) após chuva (primeiros 15 minutos).

5.2 O ruído audível será verificado para condições que correspondam ao condutor úmido, conforme item 5.1 anterior. Essas condições são usualmente associadas [4] ao nível de ruído com 50 % de probabilidade de ser excedido.

5.3 Os valores do ruído audível em um eixo transversal à linha de transmissão foram calculados para as condições Foul L50. O correspondente relatório de saída consta do Anexo 3.

Ruído Audível no limite da faixa (dBA)

55,89

5.4 Conforme os valores da tabela acima o valor obtido para o ruído audível no limite da faixa de servidão para a LT é inferior a 58 dBA, atendendo o critério estabelecido.

6. CAMPO ELÉTRICO

6.1 A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014 [7], especifica que o campo elétrico a um metro e meio do solo, no limite da faixa de servidão, deve ser inferior ou, no máximo, igual a 4,17 kV/m. Adicionalmente, o campo elétrico no interior da faixa de servidão não deve ser superior a 8,33 kV/m, conforme referência, levando-se em consideração a utilização que for dada a cada trecho.

6.2 O valor do campo elétrico a um metro e meio do solo em um eixo transversal à LT calculado são descritos abaixo:

Tabela 8 – Campo elétrico a 1,5 m do solo (kV/m)

	No interior da faixa		No limite da faixa	
	Longa duração	Curta duração	Longa duração	Curta duração
LT	Máquinas agrícolas e Rodovias	Máquinas agrícolas e Rodovias	Máquinas agrícolas e Rodovias	Máquinas agrícolas e Rodovias
	Altura condutor mais baixo – solo (m)			
	12,5	12,2	12,5	12,2
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	7,63	8,04	1,90	1,89

6.3 Os relatórios de saída constam do Anexo 4.

6.4 A tabela a seguir apresenta as correntes induzidas para os valores máximos de campo elétrico indicados no item anterior.

Tabela 9 – Corrente Induzida

Veículo	Referência Campo Elétrico	Corrente Induzida
Carreta de grande porte	8,04 kV/m	4,7 mA
Ônibus	8,04 kV/m	3,4 mA
Colheitadeira	8,04 kV/m	3,5 mA
Trator de fazenda puxando carroça	8,04 kV/m	2,6 mA
Trator de fazenda	8,04 kV/m	0,9 mA

6.5 Esses valores de corrente induzida situam-se em níveis compatíveis com a utilização da faixa de servidão e atendem o limite máximo de 5,0 mA especificados.

7. CAMPO MAGNÉTICO

7.1 A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014 [7], especifica que o campo magnético no limite da faixa de servidão a um metro e meio do solo deve ser inferior ou, no máximo, igual a 160,9 A/m, equivalente a uma indução magnética de 200 μ T, e no interior da faixa de servidão não deve ser superior a 804,5 A/m, equivalente a uma indução magnética de 1000 μ T.

7.2 Os valores do campo magnético em um eixo transversal à LT foram calculados para a corrente operativa longa duração e corrente máxima curta duração (5).

7.3 O campo magnético foi calculado na largura da faixa de servidão, em um eixo perpendicular à diretriz da LT localizado em um ponto do perfil com espaçamento mínimo condutor-solo, considerando terreno plano. Conservativamente, não foram consideradas no cálculo as correntes de retorno pela terra.

7.4 O relatório de saída consta do Anexo 5. São resumidos a seguir os valores calculados:

Tabela 10 – Campo Magnético (μ T)

No interior da faixa		No limite da faixa	
Longa duração	Curta duração	Longa duração	Curta duração
Altura feixe condutor – solo (m)			
12,5	12,2	12,5	12,2
28,87	30,12	5,94	5,99

7.5 Os valores acima mostram que para a LT em estudo, o valor do campo magnético no interior da faixa de servidão é inferior a 420 μ T, atendendo o critério estabelecido.

8. LARGURA ADOTADA PARA A FAIXA DE SERVIDÃO

8.1 A faixa de servidão da linha de transmissão em estudo terá a largura indicada a seguir, a qual atende tanto o critério mecânico de balanço dos condutores como os critérios elétricos definidos no Anexo técnico do Edital:

✓ **Largura da faixa de servidão para LT 500 kV = 62 m**

8.2 A faixa de servidão selecionada está representada na Figura 6.

9. REFERÊNCIAS

- 1 NBR 5422 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 2 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0004 VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO, preparado para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 3 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0003 DADOS CLIMATOLÓGICOS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 4 Transmission line reference book, 345 kV and above, second edition, 1982.
- 5 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0005 CONDUTOR E PÁRA-RAIOS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 6 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0007 DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA PARA LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 7 A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014
- 8 A Resolução Normativa ANEEL nº 398 de 23/03/2010

ANEXOS

Anexo 1 – Relatórios de Saída – Gradiente Superficial

GRADIENTE SUPERFICIAL PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 DO LOTE
15 LEILAO 013/2015 - 2º PARTE

MÁXIMOS GRADIENTES SUPERFICIAIS :

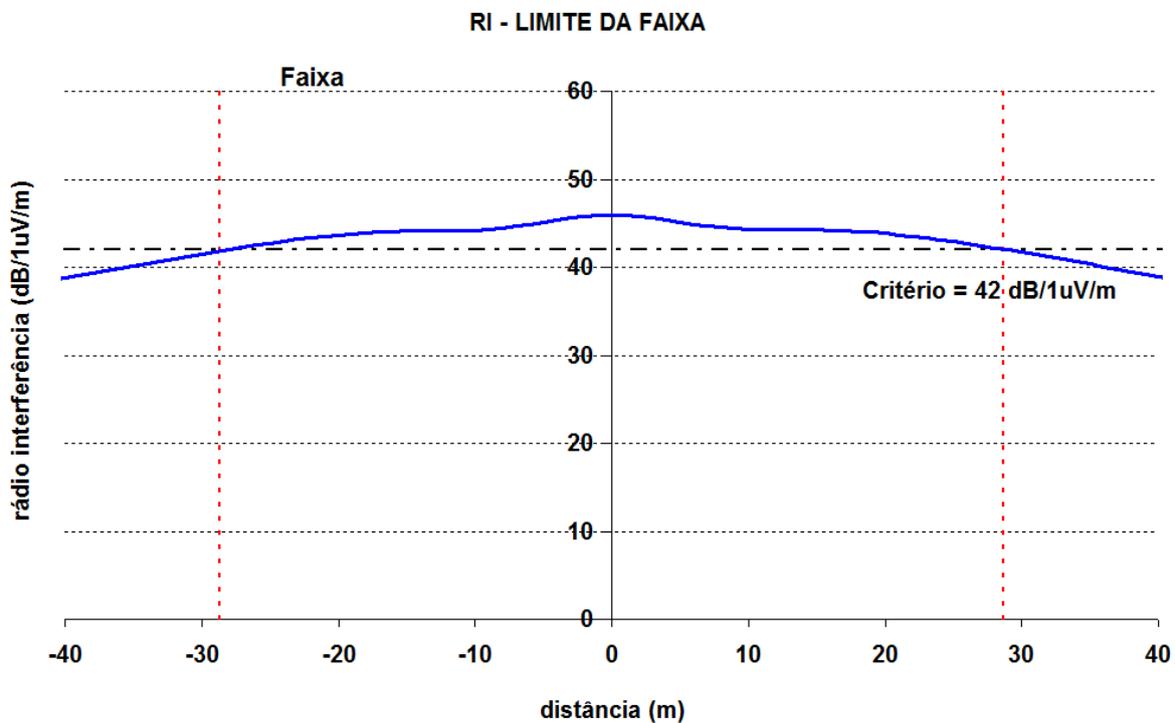
	Posição no feixe	CE (kV/cm)
Fase A	1	18,3
	2	19,1
	3	18,4
	4	16,0
	5	14,3
	6	15,9
Fase B	1	19,4
	2	17,9
	3	19,3
	4	19,3
	5	17,9
	6	19,4
Fase C	1	15,9
	2	14,3
	3	16,0
	4	18,4
	5	19,1
	6	18,3
MEDIA (MAIOR VALOR FASE CENTRAL)		18,9
MAXIMA (MAIOR VALOR FASE CENTRAL)		19,4

Anexo 2 – Relatórios de Saída – Rádio Interferência, RI-QP (dB), 1 MHz

PERFIL DE RADIO INTERFERENCIA PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2
DO LOTE 15 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

Distância	RI limite		Distância	RI limite	
		faixa			faixa
-31		41.26	1		45.90
-30		41.52	2		45.79
-29		41.78	3		45.61
-28		42.03	4		45.38
-27		42.28	5		45.14
-26		42.51	6		44.89
-25		42.74	7		44.68
-24		42.96	8		44.51
-23		43.16	9		44.38
-22		43.35	10		44.31
-21		43.52	11		44.28
-20		43.67	12		44.28
-19		43.80	13		44.28
-18		43.91	14		44.27
-17		44.00	15		44.26
-16		44.07	16		44.22
-15		44.11	17		44.16
-14		44.14	18		44.08
-13		44.15	19		43.97
-12		44.16	20		43.84
-11		44.18	21		43.69
-10		44.22	22		43.52
-9		44.31	23		43.33
-8		44.45	24		43.13
-7		44.63	25		42.92
-6		44.86	26		42.69
-5		45.11	27		42.45
-4		45.37	28		42.21
-3		45.60	29		41.95
-2		45.78	30		41.69
-1		45.90	31		41.43
0		45.94			

FIGURA PERFIL DE RI PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 DO LOTE 15
LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE



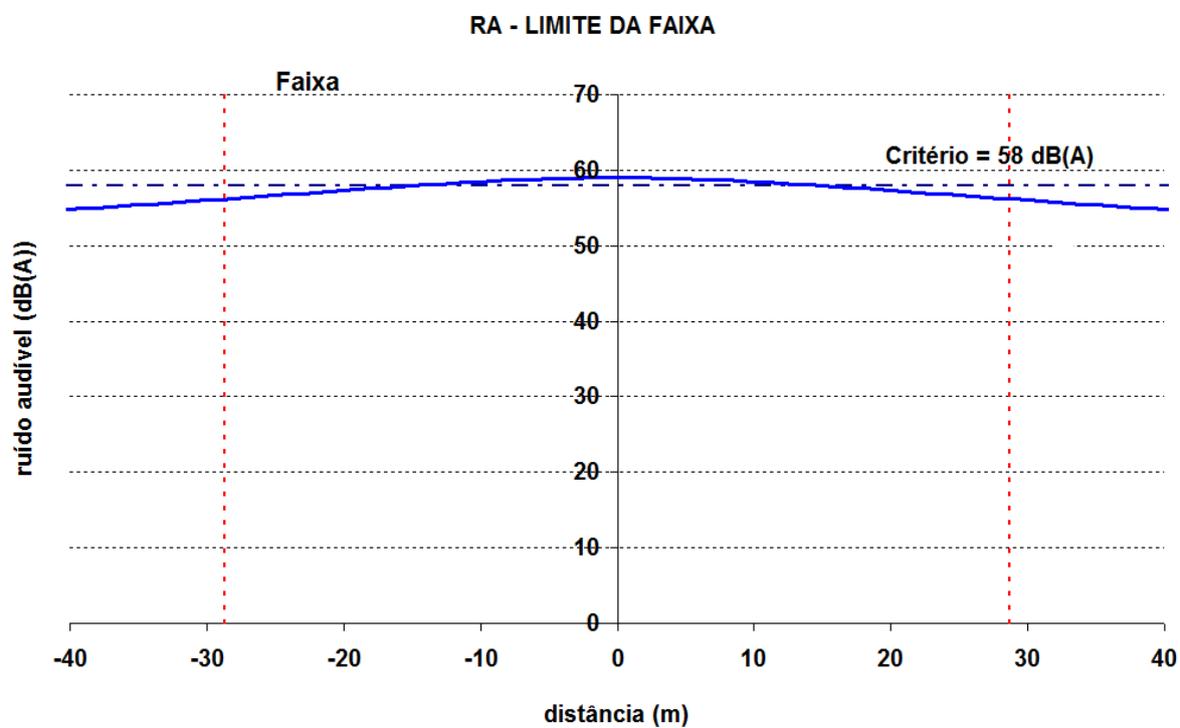
Anexo 3 – Relatórios de Saída – Ruído Audível, Tempo Ruim

PERFIL DE RUÍDO AUDÍVEL PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 DO LOTE
15 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

PERFIL DE RUÍDO AUDÍVEL:

Distância	RA limite faixa	Distância	RA limite faixa
-31	55.89	1	58.98
-30	56.01	2	58.96
-29	56.14	3	58.94
-28	56.27	4	58.90
-27	56.40	5	58.85
-26	56.53	6	58.79
-25	56.66	7	58.73
-24	56.79	8	58.65
-23	56.92	9	58.57
-22	57.05	10	58.48
-21	57.18	11	58.38
-20	57.31	12	58.28
-19	57.44	13	58.17
-18	57.57	14	58.06
-17	57.69	15	57.94
-16	57.82	16	57.82
-15	57.94	17	57.70
-14	58.05	18	57.57
-13	58.17	19	57.44
-12	58.27	20	57.31
-11	58.38	21	57.18
-10	58.47	22	57.05
-9	58.57	23	56.92
-8	58.65	24	56.79
-7	58.72	25	56.66
-6	58.79	26	56.53
-5	58.85	27	56.40
-4	58.90	28	56.27
-3	58.94	29	56.14
-2	58.96	30	56.02
-1	58.98	31	55.89
0	58.98		

FIGURA PERFIL DE RUÍDO AUDÍVEL -FOUL L50 (dBA)



Anexo 4 – Relatórios de Saída – Campo Elétrico

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 DO
LOTE 15 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

LONGA DURAÇÃO-12,50 M (MAQUINAS AGRICOLAS E RODOVIAS)

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO SOB A LT:

ALTURA AO SOLO = 1.50 m

Distância	CE limite		Distância	CE limite	
	faixa			faixa	
-31	1.90		1	1.71	
-30	2.05		2	2.66	
-29	2.21		3	3.68	
-28	2.40		4	4.66	
-27	2.60		5	5.53	
-26	2.82		6	6.28	
-25	3.05		7	6.86	
-24	3.31		8	7.28	
-23	3.60		9	7.54	
-22	3.90		10	7.63	
-21	4.23		11	7.59	
-20	4.58		12	7.43	
-19	4.95		13	7.18	
-18	5.33		14	6.86	
-17	5.72		15	6.50	
-16	6.12		16	6.11	
-15	6.50		17	5.71	
-14	6.86		18	5.32	
-13	7.18		19	4.93	
-12	7.43		20	4.56	
-11	7.58		21	4.21	
-10	7.62		22	3.88	
-9	7.53		23	3.58	
-8	7.27		24	3.30	
-7	6.85		25	3.04	
-6	6.26		26	2.80	
-5	5.52		27	2.58	
-4	4.64		28	2.38	
-3	3.67		29	2.20	
-2	2.65		30	2.03	
-1	1.70		31	1.88	
0	1.21				

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 DO
LOTE 15 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

CURTA DURAÇÃO-12,20 M (MAQUINAS AGRICOLAS E RODOVIAS)

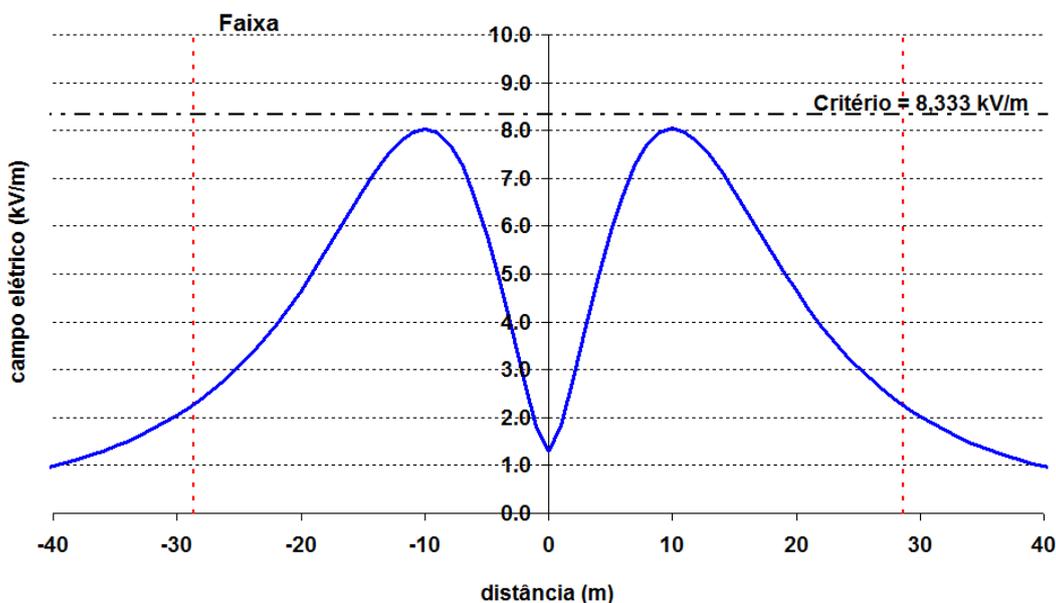
PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO SOB A LT:

ALTURA AO SOLO = 1.50 m

Distância	CE limite		Distância	CE limite	
	faixa			faixa	
-31	1.89		1	1.83	
-30	2.04		2	2.84	
-29	2.21		3	3.93	
-28	2.40		4	4.96	
-27	2.60		5	5.89	
-26	2.83		6	6.67	
-25	3.07		7	7.29	
-24	3.34		8	7.72	
-23	3.63		9	7.97	
-22	3.95		10	8.04	
-21	4.29		11	7.97	
-20	4.66		12	7.77	
-19	5.05		13	7.48	
-18	5.46		14	7.12	
-17	5.88		15	6.72	
-16	6.31		16	6.30	
-15	6.73		17	5.87	
-14	7.13		18	5.44	
-13	7.48		19	5.03	
-12	7.77		20	4.64	
-11	7.96		21	4.27	
-10	8.03		22	3.93	
-9	7.95		23	3.61	
-8	7.70		24	3.32	
-7	7.27		25	3.05	
-6	6.65		26	2.81	
-5	5.87		27	2.58	
-4	4.94		28	2.38	
-3	3.90		29	2.19	
-2	2.82		30	2.03	
-1	1.81		31	1.87	
0	1.29				

GRAFICO PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 -
C2 DO LOTE 15 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE
CAMPO ELETRICO AVALIADO PARA CONDIÇÃO DE LONGA E CURTA DURAÇÃO CONFORME
RESOLUÇÃO NORMATIVA [7] [8]

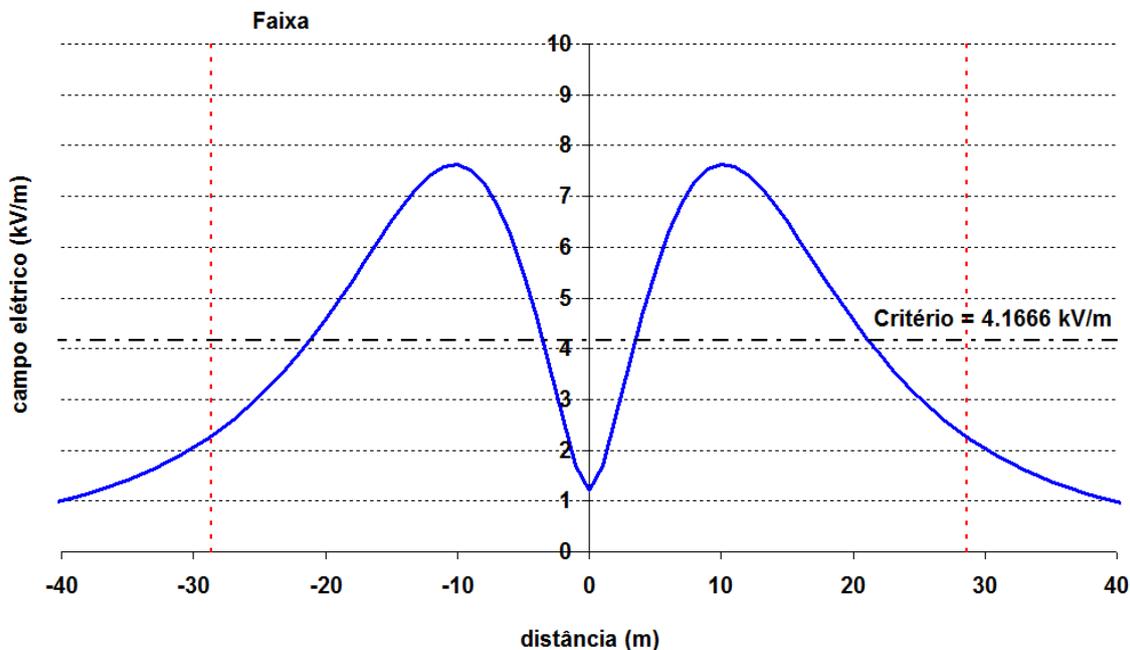
CE - INTERIOR DA FAIXA



CONDUTOR-SOLO = 12,20m

CONDIÇÃO CURTA DURAÇÃO: MINIMA DISTANCIA CABO-SOLO DEFINIDO EM FUNÇÃO DO CAMPO ELETRICO LIMITE

CE - LIMITE DA FAIXA



CONDUTOR-SOLO = 12,50m

CONDIÇÃO LONGA DURAÇÃO: DISTANCIA CABO-SOLO DEFINIDO EM FUNÇÃO DA DIFERENÇA DE FLECHAS ENTRE AS TEMPERATURAS DE CURTA E LONGA DURAÇÃO DE APROXIMADAMENTE 0,30 m

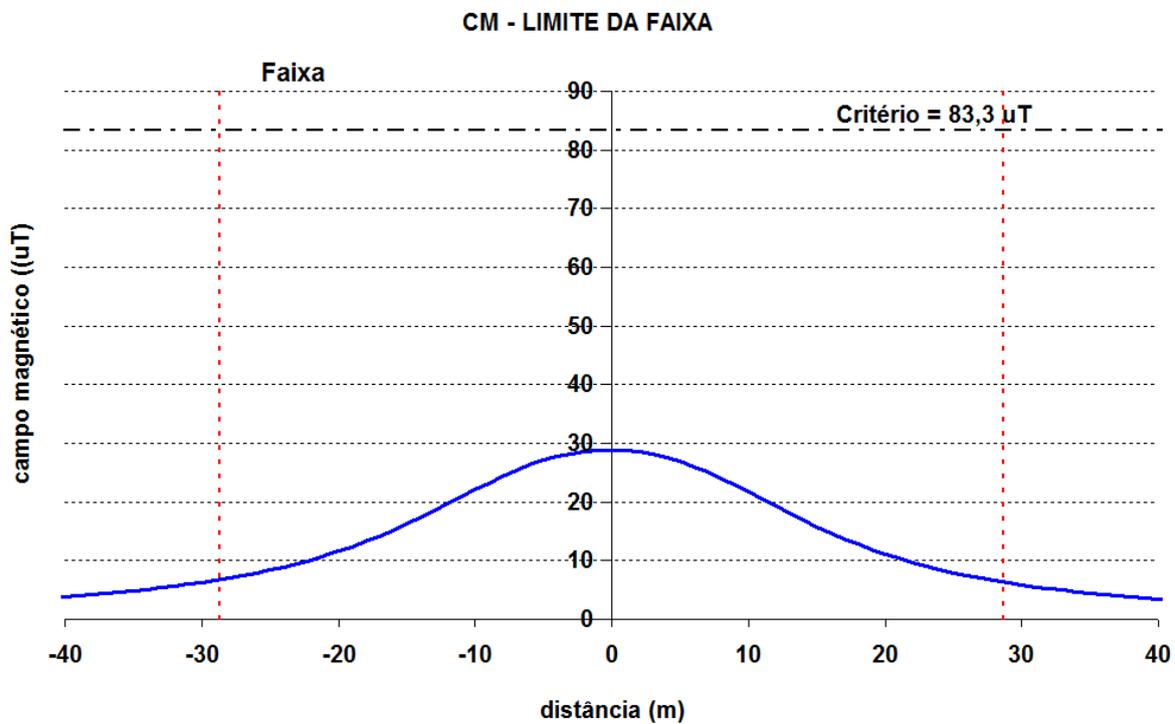
Anexo 5 – Relatórios de Saída – Campo Magnético

PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 DO
LOTE 15 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

LONGA DURAÇÃO - 12,5 M - 2950A

Distância	CM limite		Distância	CM limite	
	faixa			faixa	
-31	5.94		1	28.78	
-30	6.27		2	28.53	
-29	6.63		3	28.13	
-28	7.02		4	27.58	
-27	7.45		5	26.89	
-26	7.90		6	26.05	
-25	8.40		7	25.10	
-24	8.94		8	24.03	
-23	9.52		9	22.89	
-22	10.15		10	21.70	
-21	10.84		11	20.47	
-20	11.58		12	19.25	
-19	12.38		13	18.05	
-18	13.24		14	16.88	
-17	14.17		15	15.77	
-16	15.16		16	14.71	
-15	16.21		17	13.72	
-14	17.32		18	12.79	
-13	18.47		19	11.92	
-12	19.66		20	11.12	
-11	20.87		21	10.38	
-10	22.07		22	9.70	
-9	23.24		23	9.07	
-8	24.36		24	8.49	
-7	25.39		25	7.95	
-6	26.31		26	7.46	
-5	27.11		27	7.01	
-4	27.76		28	6.59	
-3	28.27		29	6.20	
-2	28.62		30	5.85	
-1	28.82		31	5.52	
0	28.87				

PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 DO
LOTE 15 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

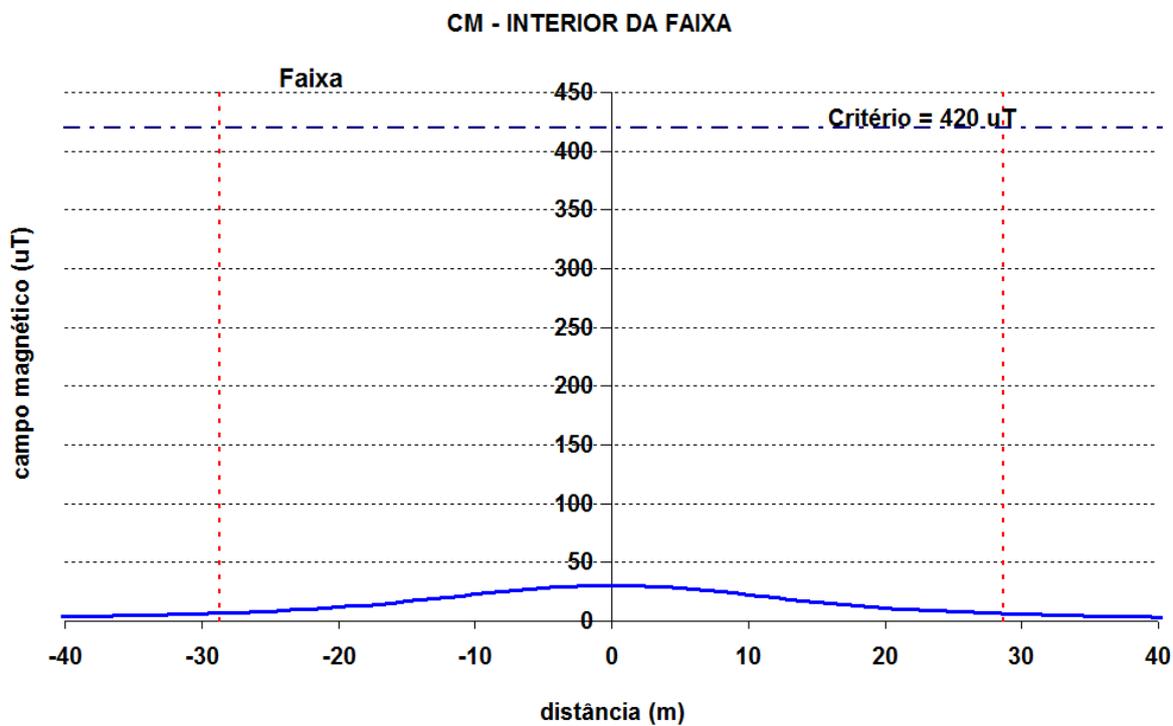


PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 DO
LOTE 15 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

CURTA DURAÇÃO - 12,2 M - 4000 A

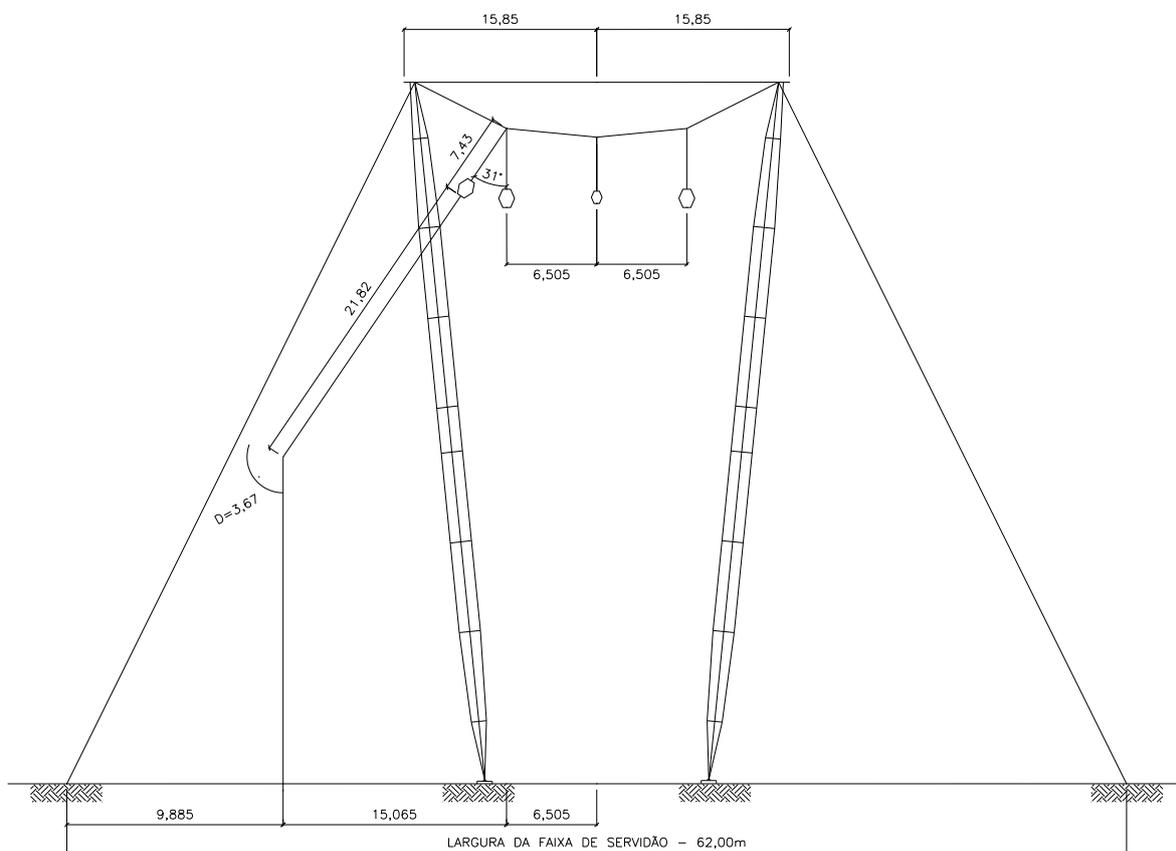
Distância	CM limite fixa	Distância	CM limite fixa
-31	5.99	1	30.02
-30	6.33	2	29.76
-29	6.70	3	29.34
-28	7.10	4	28.76
-27	7.53	5	28.02
-26	8.00	6	27.14
-25	8.51	7	26.11
-24	9.06	8	24.98
-23	9.66	9	23.76
-22	10.31	10	22.48
-21	11.02	11	21.18
-20	11.79	12	19.88
-19	12.62	13	18.60
-18	13.52	14	17.37
-17	14.49	15	16.19
-16	15.53	16	15.08
-15	16.64	17	14.03
-14	17.81	18	13.06
-13	19.03	19	12.16
-12	20.29	20	11.33
-11	21.58	21	10.56
-10	22.86	22	9.85
-9	24.11	23	9.20
-8	25.31	24	8.61
-7	26.41	25	8.06
-6	27.40	26	7.55
-5	28.25	27	7.09
-4	28.94	28	6.66
-3	29.48	29	6.27
-2	29.85	30	5.91
-1	30.07	31	5.57
0	30.12		

PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 DO
LOTE 15 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE



Anexo 6 – Desenho Esquemático da Largura da Faixa

DESENHO ESQUEMATICO DA LARGURA DA FAIXA PARA LT 500 KV IGAPORÃ III -
JANAÚBA 3 - C2 DO LOTE 15 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE



02	15/05/17	Atendimento aos comentários da EP	AQ	JCS	
01	26/04/17	Revisado cálculo eletromagnético	AQ	JCS	
00	31/03/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 5 SPE SA					
PROJETO BÁSICO					
ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	31/03/17
TÍTULO					
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2 Lote 15 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL RELATÓRIO LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO					
Nº DOCUMENTO			FOLHA	REVISÃO	
RE-EQT5-L501-PB-ELM-0008-R02			1 de 28	02	

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	CRITÉRIO MECÂNICO	3
3.	EFEITO CORONA.....	4
4.	RÁDIO INTERFERÊNCIA	4
5.	RUÍDO AUDÍVEL	5
6.	CAMPO ELÉTRICO	6
7.	CAMPO MAGNÉTICO	7
8.	LARGURA ADOTADA PARA A FAIXA DE SERVIDÃO	7
9.	REFERÊNCIAS.....	8
	ANEXOS	9

1. OBJETIVO

1.1. Definir a faixa de servidão (faixa de segurança) a ser adotada no projeto da LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2 em circuito simples pertencentes ao Lote 15 do Leilão 013/2015 – 2º parte.

2. CRITÉRIO MECÂNICO

2.1. Ângulo de Balanço dos Condutores

2.1.1 O ângulo de balanço está sendo calculado para ventos com 50 anos de período de retorno, 30 segundos de período de integração e pressões correspondentes, fazendo uso dos valores definidos na referência [2].

2.1.2 A metodologia adotada para o cálculo do ângulo de balanço é a constante do item 10.1.4.3 da referência [1], conforme reproduzido a seguir:

$$tg\beta = k \frac{q_0 \cdot d}{p(V/H)} \quad \text{onde:}$$

- d diâmetro do condutor (9)
- p peso unitário do condutor (9)
- V/H relação (vão de peso)/(vão de vento) em alinhamento
- q₀ Pressão Dinâmica (3)
- k figura 7 da referência (2)

Parâmetros					Ângulo β	
d	p	V/H	q ₀	k	Calculado	Adotado
(mm)	(kgf/m)	(pu)	(kgf/m ²)	(pu)	(graus)	(graus)
26,78	1,172	0,70	57	0,32	30,8°	31°

2.2. Largura da Faixa de Servidão

2.2.1 Conhecido o ângulo de balanço dos condutores, a largura da faixa é determinada de acordo com a metodologia estabelecida no capítulo 12 da referência [1], ou seja:

$$L = 2[b + (f + l)\text{sen}\beta + d+p] \quad \text{onde:}$$

b=	distância da linha de centro da estrutura ao ponto de fixação da LT
F=	flecha do cabo condutor para vão médio de 510 m
l=	comprimento da cadeia de isoladores e ferragens
β=	ângulo de balanço do condutor e da cadeia
p=	Projeção do condutor mais afastado ao eixo do feixe ($2,10/2 \times \cos\beta$)
d=	$V_{MÁX} / 150$, expresso em metros LT 500 kV

Tendo como resultado:

Parâmetros							Distancia	
Vão (m)	b (m)	f (m)	l (m)	β (graus)	d (m)	p (m)	Calculado (m)	Adotado(*) (m)
510	6,505	21,82	7,43	31°	3,67	0,9001	52,28	66,0
600	6,505	29,63	7,43	31°	3,67	0,9001	60,32	

(*) A largura da faixa foi governada pelo calculo mecânico.

3. EFEITO CORONA

3.1. Gradiente nas Fases

3.1.1 O ponto de partida para o cálculo dos valores de rádio interferência e ruído audível é o gradiente nas fases, que devem ser verificados para a tensão máxima de operação da LT, ou seja, 550 kV.

3.2. Gradiente Crítico

3.2.1 Para verificar se o de gradiente nas fases é adequado, o mesmo é comparado com o gradiente crítico determinado de acordo com a seguinte fórmula [4]:

$$G_{\text{crit}} = 21,2 \cdot m \cdot \delta \left(1 + \frac{0,301}{\sqrt{\delta \cdot r}} \right) \text{ kV/cm} \quad \text{Onde:}$$

G_{crit} gradiente crítico (início do corona), em kV/cm, valor eficaz

r raio do condutor, em cm

m coeficiente representativo da superfície do condutor envelhecido (m = 0,82)

δ densidade relativa do ar médio para 90% do tempo = 0,90

densidade relativa do ar 90% do tempo corrigido= 0,89

3.2.2 Critérios adotados:

- Nenhum subcondutor de um feixe pode apresentar gradiente superficial maior que o gradiente crítico (DRA 90% = 0,89);
- A média dos gradientes superficiais de cada subcondutor em cada fase não pode ser superior a 95% do gradiente crítico médio para 90% do tempo (DRA médio 90 % = 0,90).

3.2.3 Resultados (valor eficaz):

limite		calculado	
Variável	valor	máximo - todos condutores	maior média dos feixes
Crítico (DRA 90% = 0,89)	19,9	19,4	--
95% Critico (DRA MÉDIO 90% = 0,90)	19,06	--	18,9

4. RÁDIO INTERFERÊNCIA

4.1 O submódulo 2.4 da ONS especifica que a relação sinal/ruído no limite da faixa de servidão, para a tensão máxima operativa, deve ser no mínimo 24 dB, para 50 % das condições climáticas ocorrendo no período de um ano. O sinal adotado para o cálculo deve ser o nível mínimo de sinal na região atravessada pela LT, conforme legislação pertinente.

4.2 Baseado no critério acima e adotando um sinal de 66 dB a 1 MHz obtém-se o nível máximo de rádio interferência admissível no limite da faixa de servidão em pelo menos 50 % de todos os tempos de um ano, ou seja:

$$RI_{\max} \leq (66 - 24) \text{ dB} \leq 42 \text{ dB} \quad (\text{no limite da faixa de servidão})$$

4.3 O valor de rádio interferência em um eixo transversal à LT foi calculado considerando a tensão máxima de operação da LT, ou seja, 550 kV. O correspondente relatório de saída consta do Anexo 2.

4.4 O programa do Anexo 2 considera internamente as seguintes premissas básicas:

Frequência de medição do ruído 1 MHz, medido conforme norma ANSI

Resistividade do solo 100 Ω .m

DRA 50% (PU) 0,91

4.5 O valor de rádio interferência com 50 % de probabilidade de não ser excedido, quando se consideram todos os tempos do ano, foi calculado partindo das seguintes premissas:

(a) a distribuição de rádio interferência, tanto para tempo bom como para tempo ruim, é gaussiana;

(b) o valor de rádio interferência com 1 % de probabilidade de ser excedido com tempo bom é igual ao valor de rádio interferência com 99 % de probabilidade de ser excedido com tempo ruim (Fair L1 = Foul L99);

4.6 As distribuições de tempo bom e tempo ruim assim definidas foram ponderadas em função da climatologia da região, dando origem à distribuição de todos os tempos apresentada na Figura do Anexo 2.

4.7 A partir dessa distribuição, obtém-se o nível de rádio interferência no limite da faixa com probabilidade de não ser excedido 50 % de todos os tempos do ano, o qual é indicado a seguir:

$$\checkmark RI_0 = 40,89 \text{ dB (L50 todos os tempos)}$$

4.9 Como pode ser constatado, o valor de rádio interferência no limite da faixa de servidão com 50 % de probabilidade de não ser excedido, considerando-se todos os tempos do ano, atende o critério estabelecido no Anexo técnico do Edital.

5. RUÍDO AUDÍVEL

5.1 O Anexos técnico do Edital especifica que o ruído audível no limite da faixa de servidão, para a tensão máxima operativa, deve ser no máximo igual a 58 dBA, para as seguintes condições climáticas:

- (a) durante chuva fina (< 0,00148 mm/min);
- (b) durante névoa de 4 horas de duração;
- (c) após chuva (primeiros 15 minutos).

5.2 O ruído audível será verificado para condições que correspondam ao condutor úmido, conforme item 5.1 anterior. Essas condições são usualmente associadas [4] ao nível de ruído com 50 % de probabilidade de ser excedido.

5.3 Os valores do ruído audível em um eixo transversal à linha de transmissão foram calculados para as condições Foul L50. O correspondente relatório de saída consta do Anexo 3.

Ruído Audível no limite da faixa (dBA)

55,64

5.4 Conforme os valores da tabela acima o valor obtido para o ruído audível no limite da faixa de servidão para a LT é inferior a 58 dBA, atendendo o critério estabelecido.

6. CAMPO ELÉTRICO

6.1 A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014 [7], especifica que o campo elétrico a um metro e meio do solo, no limite da faixa de servidão, deve ser inferior ou, no máximo, igual a 4,17 kV/m. Adicionalmente, o campo elétrico no interior da faixa de servidão não deve ser superior a 8,33 kV/m, conforme referência, levando-se em consideração a utilização que for dada a cada trecho.

6.2 O valor do campo elétrico a um metro e meio do solo em um eixo transversal à LT calculado são descritos abaixo:

Tabela 8 – Campo elétrico a 1,5 m do solo (kV/m)

	No interior da faixa		No limite da faixa	
	Longa duração	Curta duração	Longa duração	Curta duração
LT	Máquinas agrícolas e Rodovias	Máquinas agrícolas e Rodovias	Máquinas agrícolas e Rodovias	Máquinas agrícolas e Rodovias
	Altura condutor mais baixo – solo (m)			
	12,5	12,2	12,5	12,2
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	7,63	8,04	1,63	1,62

6.3 Os relatórios de saída constam do Anexo 4.

6.4 A tabela a seguir apresenta as correntes induzidas para os valores máximos de campo elétrico indicados no item anterior.

Tabela 9 – Corrente Induzida

Veículo	Referência Campo Elétrico	Corrente Induzida
Carreta de grande porte	8,04 kV/m	4,7 mA
Ônibus	8,04 kV/m	3,4 mA
Colheitadeira	8,04 kV/m	3,5 mA
Trator de fazenda puxando carroça	8,04 kV/m	2,6 mA
Trator de fazenda	8,04 kV/m	0,9 mA

6.5 Esses valores de corrente induzida situam-se em níveis compatíveis com a utilização da faixa de servidão e atendem o limite máximo de 5,0 mA especificados.

7. CAMPO MAGNÉTICO

7.1 A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014 [7], especifica que o campo magnético no limite da faixa de servidão a um metro e meio do solo deve ser inferior ou, no máximo, igual a 160,9 A/m, equivalente a uma indução magnética de 200 μ T, e no interior da faixa de servidão não deve ser superior a 804,5 A/m, equivalente a uma indução magnética de 1000 μ T.

7.2 Os valores do campo magnético em um eixo transversal à LT foram calculados para a corrente operativa longa duração e corrente máxima curta duração (5).

7.3 O campo magnético foi calculado na largura da faixa de servidão, em um eixo perpendicular à diretriz da LT localizado em um ponto do perfil com espaçamento mínimo condutor-solo, considerando terreno plano. Conservativamente, não foram consideradas no cálculo as correntes de retorno pela terra.

7.4 O relatório de saída consta do Anexo 5. São resumidos a seguir os valores calculados:

Tabela 10 – Campo Magnético (μ T)			
No interior da faixa		No limite da faixa	
Longa duração	Curta duração	Longa duração	Curta duração
Altura feixe condutor – solo (m)			
12,5	12,2	12,5	12,2
28,87	30,12	5,34	5,39

7.5 Os valores acima mostram que para a LT em estudo, o valor do campo magnético no interior da faixa de servidão é inferior a 420 μ T, atendendo o critério estabelecido.

8. LARGURA ADOTADA PARA A FAIXA DE SERVIDÃO

8.1 A faixa de servidão da linha de transmissão em estudo terá a largura indicada a seguir, a qual atende tanto o critério mecânico de balanço dos condutores como os critérios elétricos definidos no Anexo técnico do Edital:

✓ **Largura da faixa de servidão para LT 500 kV = 66 m**

8.2 A faixa de servidão selecionada está representada na Figura 6.

9. REFERÊNCIAS

- 1 NBR 5422 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 2 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0004 VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO, preparado para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 3 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0003 DADOS CLIMATOLÓGICOS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 4 Transmission line reference book, 345 kV and above, second edition, 1982.
- 5 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0005 CONDUTOR E PÁRA-RAIOS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 6 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0007 DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA PARA LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 7 A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014
- 8 A Resolução Normativa ANEEL nº 398 de 23/03/2010

ANEXOS

Anexo 1 – Relatórios de Saída – Gradiente Superficial

GRADIENTE SUPERFICIAL PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 DO LOTE
15 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

MÁXIMOS GRADIENTES SUPERFICIAIS :

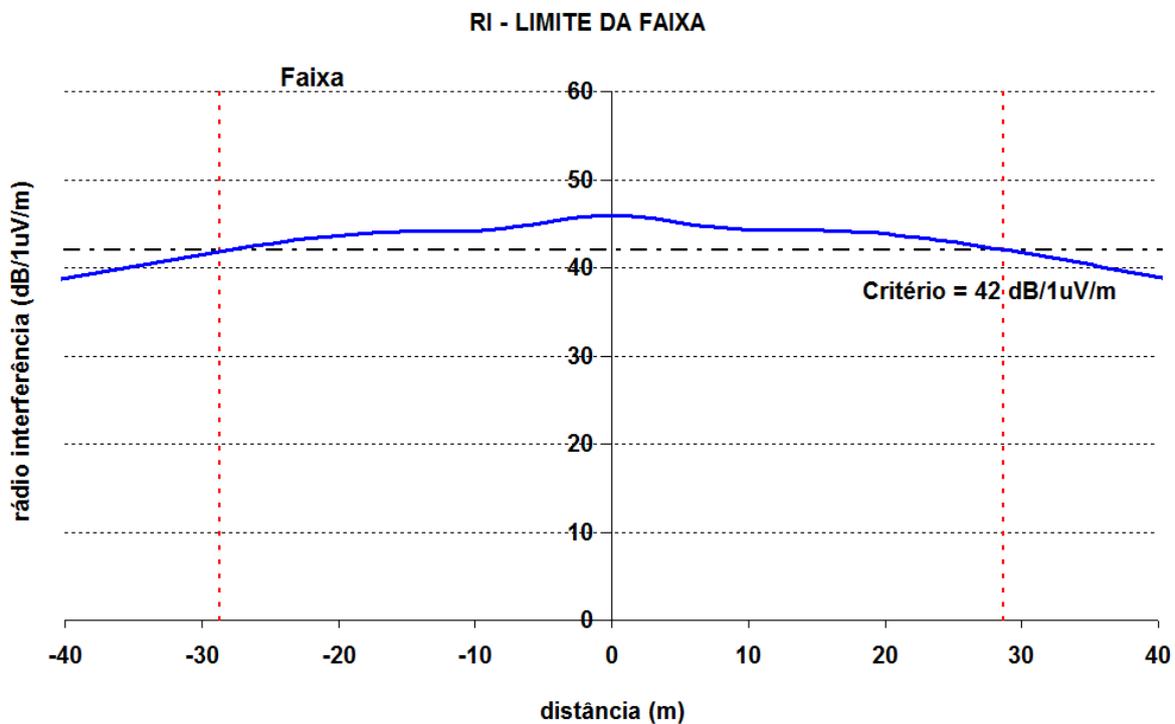
	Posição no feixe	CE (kV/cm)
Fase A	1	18,3
	2	19,1
	3	18,4
	4	16,0
	5	14,3
	6	15,9
Fase B	1	19,4
	2	17,9
	3	19,3
	4	19,3
	5	17,9
	6	19,4
Fase C	1	15,9
	2	14,3
	3	16,0
	4	18,4
	5	19,1
	6	18,3
MÉDIA (MAIOR VALOR FASE CENTRAL)		18,9
MÁXIMA (MAIOR VALOR FASE CENTRAL)		19,4

Anexo 2 – Relatórios de Saída – Rádio Interferência, RI -QP (dB), 1 MHz

PERFIL DE RADIO INTERFERENCIA PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2
DO LOTE 15 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

Distância	RI limite	Distância	RI limite
	faixa		faixa
-33	40.72	1	45.90
-32	40.99	2	45.79
-31	41.26	3	45.61
-30	41.52	4	45.38
-29	41.78	5	45.14
-28	42.03	6	44.89
-27	42.28	7	44.68
-26	42.51	8	44.51
-25	42.74	9	44.38
-24	42.96	10	44.31
-23	43.16	11	44.28
-22	43.35	12	44.28
-21	43.52	13	44.28
-20	43.67	14	44.27
-19	43.80	15	44.26
-18	43.91	16	44.22
-17	44.00	17	44.16
-16	44.07	18	44.08
-15	44.11	19	43.97
-14	44.14	20	43.84
-13	44.15	21	43.69
-12	44.16	22	43.52
-11	44.18	23	43.33
-10	44.22	24	43.13
-9	44.31	25	42.92
-8	44.45	26	42.69
-7	44.63	27	42.45
-6	44.86	28	42.21
-5	45.11	29	41.95
-4	45.37	30	41.69
-3	45.60	31	41.43
-2	45.78	32	41.16
-1	45.90	33	40.89
0	45.94		

FIGURA PERFIL DE RI PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 DO LOTE 15
LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE



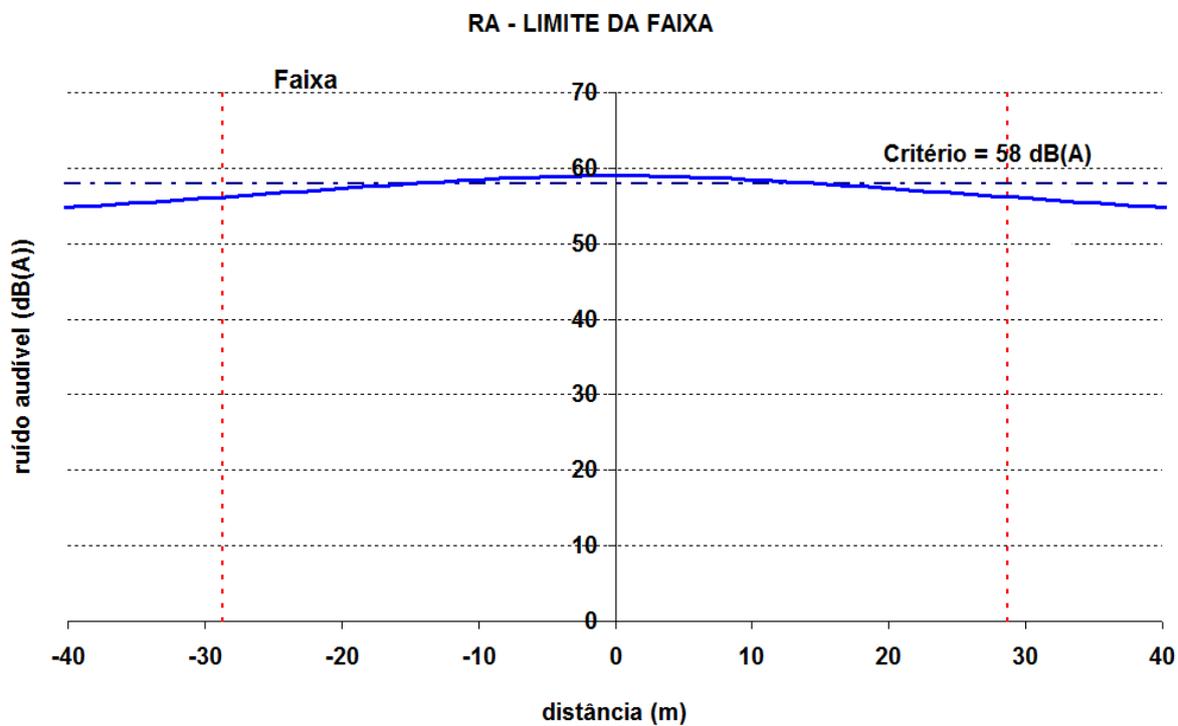
Anexo 3 – Relatórios de Saída – Ruído Audível, Tempo Ruim

PERFIL DE RUÍDO AUDÍVEL PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 DO LOTE
15 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

PERFIL DE RUÍDO AUDÍVEL:

Distância	RA limite		Distância	RA limite	
	faixa			faixa	
-33	55.63		1	58.98	
-32	55.76		2	58.96	
-31	55.89		3	58.94	
-30	56.01		4	58.90	
-29	56.14		5	58.85	
-28	56.27		6	58.79	
-27	56.40		7	58.73	
-26	56.53		8	58.65	
-25	56.66		9	58.57	
-24	56.79		10	58.48	
-23	56.92		11	58.38	
-22	57.05		12	58.28	
-21	57.18		13	58.17	
-20	57.31		14	58.06	
-19	57.44		15	57.94	
-18	57.57		16	57.82	
-17	57.69		17	57.70	
-16	57.82		18	57.57	
-15	57.94		19	57.44	
-14	58.05		20	57.31	
-13	58.17		21	57.18	
-12	58.27		22	57.05	
-11	58.38		23	56.92	
-10	58.47		24	56.79	
-9	58.57		25	56.66	
-8	58.65		26	56.53	
-7	58.72		27	56.40	
-6	58.79		28	56.27	
-5	58.85		29	56.14	
-4	58.90		30	56.02	
-3	58.94		31	55.89	
-2	58.96		32	55.76	
-1	58.98		33	55.64	
0	58.98				

FIGURA PERFIL DE RUÍDO AUDÍVEL -FOUL L50 (dBA)



Anexo 4 – Relatórios de Saída – Campo Elétrico

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 DO
 LOTE 15 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

LONGA DURAÇÃO-12,50 M (MAQUINAS AGRICOLAS E RODOVIAS)

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO SOB A LT:

ALTURA AO SOLO = 1.50 m

Distância	CE limite		Distância	CE limite	
	faixa			faixa	
-33	1.63		1	1.71	
-32	1.76		2	2.66	
-31	1.90		3	3.68	
-30	2.05		4	4.66	
-29	2.21		5	5.53	
-28	2.40		6	6.28	
-27	2.60		7	6.86	
-26	2.82		8	7.28	
-25	3.05		9	7.54	
-24	3.31		10	7.63	
-23	3.60		11	7.59	
-22	3.90		12	7.43	
-21	4.23		13	7.18	
-20	4.58		14	6.86	
-19	4.95		15	6.50	
-18	5.33		16	6.11	
-17	5.72		17	5.71	
-16	6.12		18	5.32	
-15	6.50		19	4.93	
-14	6.86		20	4.56	
-13	7.18		21	4.21	
-12	7.43		22	3.88	
-11	7.58		23	3.58	
-10	7.62		24	3.30	
-9	7.53		25	3.04	
-8	7.27		26	2.80	
-7	6.85		27	2.58	
-6	6.26		28	2.38	
-5	5.52		29	2.20	
-4	4.64		30	2.03	
-3	3.67		31	1.88	
-2	2.65		32	1.74	
-1	1.70		33	1.62	
0	1.21				

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 DO
LOTE 15 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

CURTA DURAÇÃO-12,20 M (MAQUINAS AGRICOLAS E RODOVIAS)

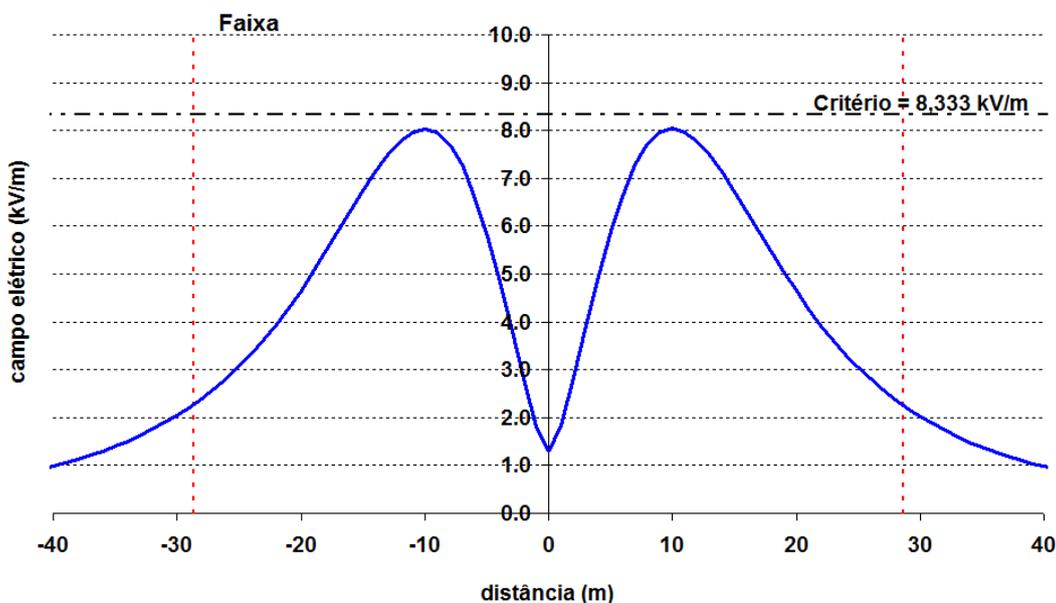
PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO SOB A LT:

ALTURA AO SOLO = 1.50 m

Distância	CE limite faixa	Distância	CE limite faixa
-33	1.62	1	1.83
-32	1.75	2	2.84
-31	1.89	3	3.93
-30	2.04	4	4.96
-29	2.21	5	5.89
-28	2.40	6	6.67
-27	2.60	7	7.29
-26	2.83	8	7.72
-25	3.07	9	7.97
-24	3.34	10	8.04
-23	3.63	11	7.97
-22	3.95	12	7.77
-21	4.29	13	7.48
-20	4.66	14	7.12
-19	5.05	15	6.72
-18	5.46	16	6.30
-17	5.88	17	5.87
-16	6.31	18	5.44
-15	6.73	19	5.03
-14	7.13	20	4.64
-13	7.48	21	4.27
-12	7.77	22	3.93
-11	7.96	23	3.61
-10	8.03	24	3.32
-9	7.95	25	3.05
-8	7.70	26	2.81
-7	7.27	27	2.58
-6	6.65	28	2.38
-5	5.87	29	2.19
-4	4.94	30	2.03
-3	3.90	31	1.87
-2	2.82	32	1.73
-1	1.81	33	1.60
0	1.29		

GRAFICO PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 -
C2 DO LOTE 15 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE
CAMPO ELETRICO AVALIADO PARA CONDIÇÃO DE LONGA E CURTA DURAÇÃO CONFORME
RESOLUÇÃO NORMATIVA [7] [8]

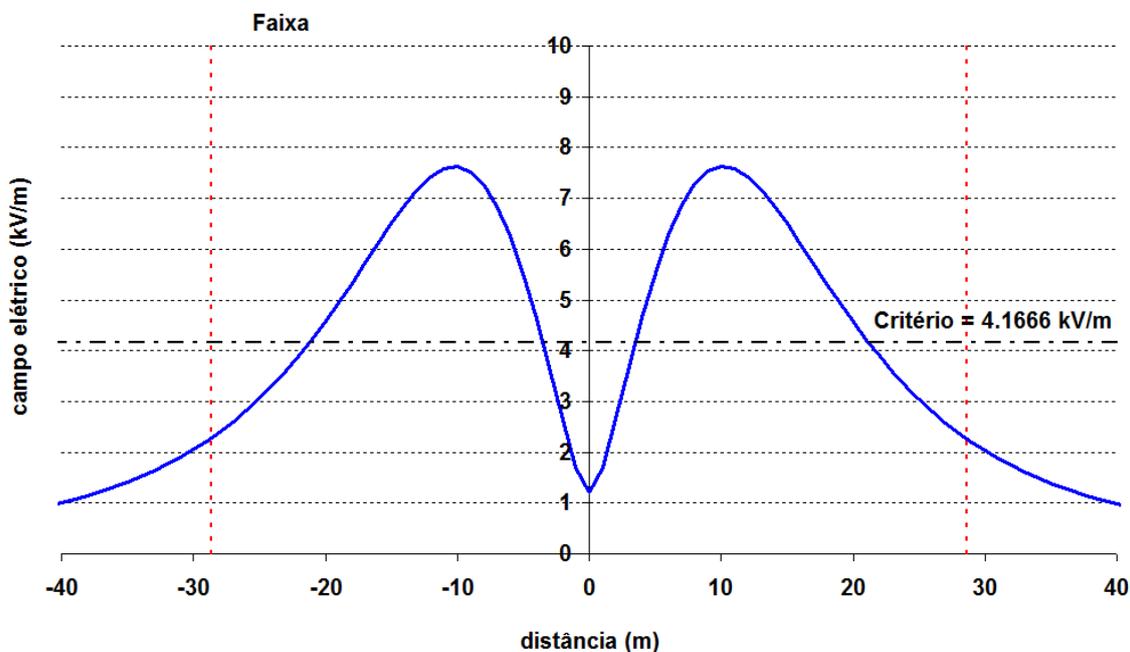
CE - INTERIOR DA FAIXA



CONDUTOR-SOLO = 12,20m

CONDIÇÃO CURTA DURAÇÃO: MINIMA DISTANCIA CABO-SOLO DEFINIDO EM FUNÇÃO DO CAMPO ELETRICO LIMITE

CE - LIMITE DA FAIXA



CONDUTOR-SOLO = 12,50m

CONDIÇÃO LONGA DURAÇÃO: DISTANCIA CABO-SOLO DEFINIDO EM FUNÇÃO DA DIFERENÇA DE FLECHAS ENTRE AS TEMPERATURAS DE CURTA E LONGA DURAÇÃO DE APROXIMADAMENTE 0,30 m

Anexo 5 – Relatórios de Saída – Campo Magnético

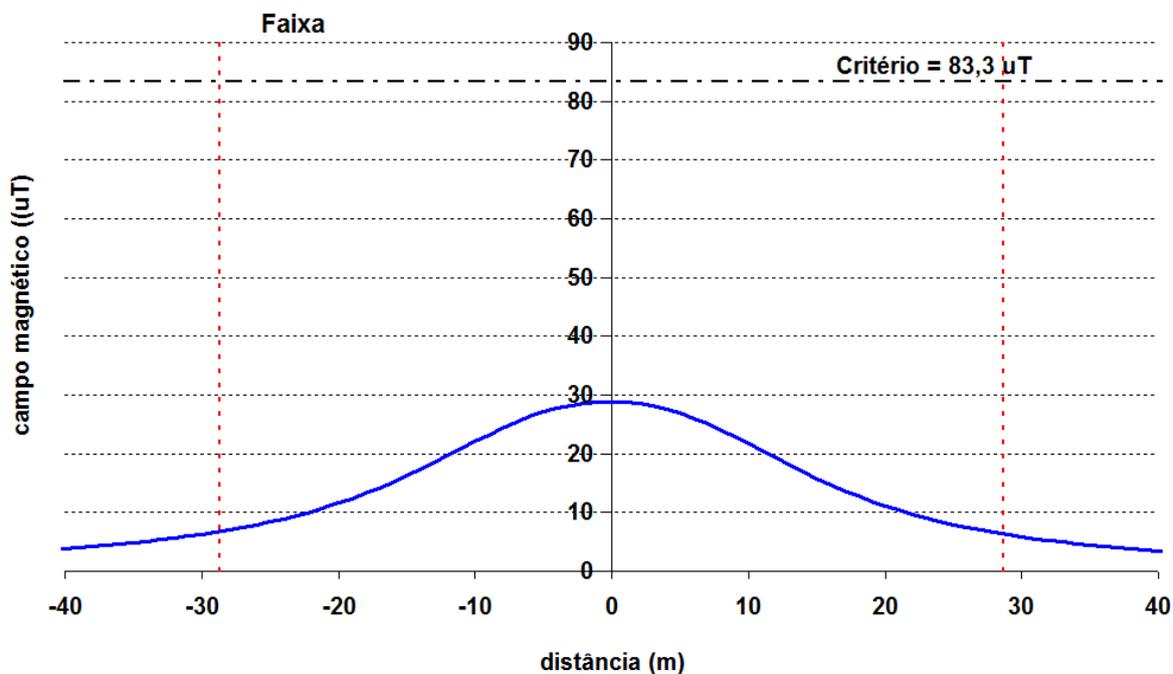
PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 DO
LOTE 15 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

LONGA DURAÇÃO - 12,5 M - 2950A

Distância	CM limite		Distância	CM limite	
	faixa			faixa	
-33	5.34		1	28.78	
-32	5.63		2	28.53	
-31	5.94		3	28.13	
-30	6.27		4	27.58	
-29	6.63		5	26.89	
-28	7.02		6	26.05	
-27	7.45		7	25.10	
-26	7.90		8	24.03	
-25	8.40		9	22.89	
-24	8.94		10	21.70	
-23	9.52		11	20.47	
-22	10.15		12	19.25	
-21	10.84		13	18.05	
-20	11.58		14	16.88	
-19	12.38		15	15.77	
-18	13.24		16	14.71	
-17	14.17		17	13.72	
-16	15.16		18	12.79	
-15	16.21		19	11.92	
-14	17.32		20	11.12	
-13	18.47		21	10.38	
-12	19.66		22	9.70	
-11	20.87		23	9.07	
-10	22.07		24	8.49	
-9	23.24		25	7.95	
-8	24.36		26	7.46	
-7	25.39		27	7.01	
-6	26.31		28	6.59	
-5	27.11		29	6.20	
-4	27.76		30	5.85	
-3	28.27		31	5.52	
-2	28.62		32	5.22	
-1	28.82		33	4.93	
0	28.87				

PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 DO
LOTE 15 LEILAO 013/2015 - 2ªPARTE

CM - LIMITE DA FAIXA



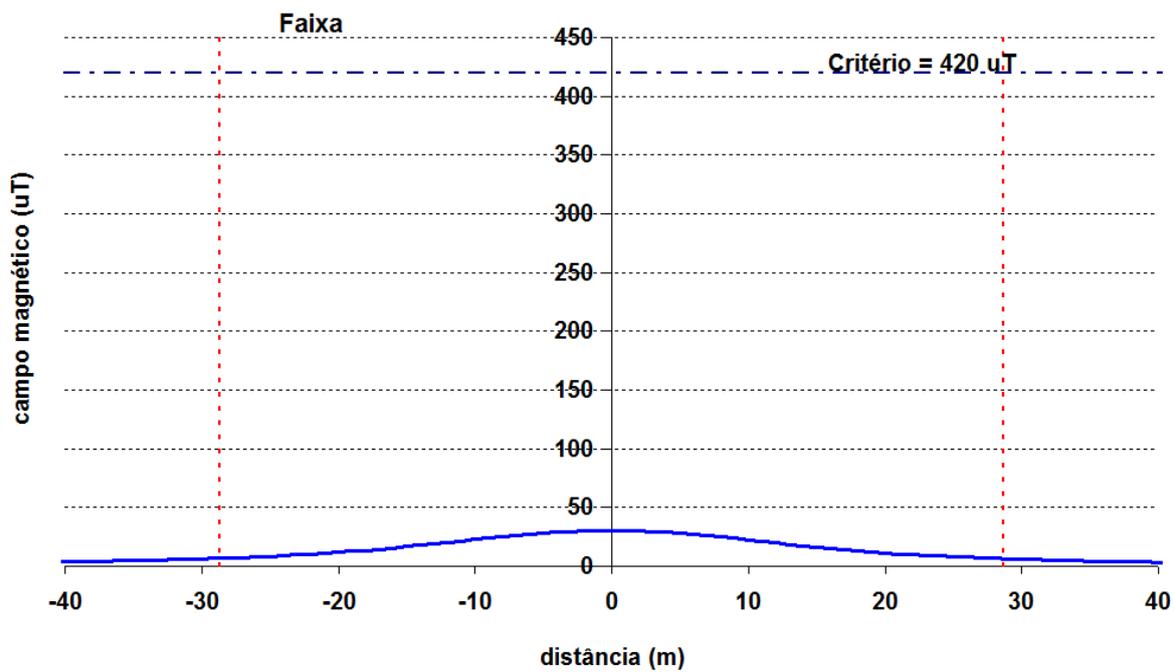
PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 DO
LOTE 15 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

CURTA DURAÇÃO - 12,2 M - 4000 A

Distância	CM limite fixa	Distância	CM limite fixa
-33	5.39	1	30.02
-32	5.68	2	29.76
-31	5.99	3	29.34
-30	6.33	4	28.76
-29	6.70	5	28.02
-28	7.10	6	27.14
-27	7.53	7	26.11
-26	8.00	8	24.98
-25	8.51	9	23.76
-24	9.06	10	22.48
-23	9.66	11	21.18
-22	10.31	12	19.88
-21	11.02	13	18.60
-20	11.79	14	17.37
-19	12.62	15	16.19
-18	13.52	16	15.08
-17	14.49	17	14.03
-16	15.53	18	13.06
-15	16.64	19	12.16
-14	17.81	20	11.33
-13	19.03	21	10.56
-12	20.29	22	9.85
-11	21.58	23	9.20
-10	22.86	24	8.61
-9	24.11	25	8.06
-8	25.31	26	7.55
-7	26.41	27	7.09
-6	27.40	28	6.66
-5	28.25	29	6.27
-4	28.94	30	5.91
-3	29.48	31	5.57
-2	29.85	32	5.26
-1	30.07	33	4.98
0	30.12		

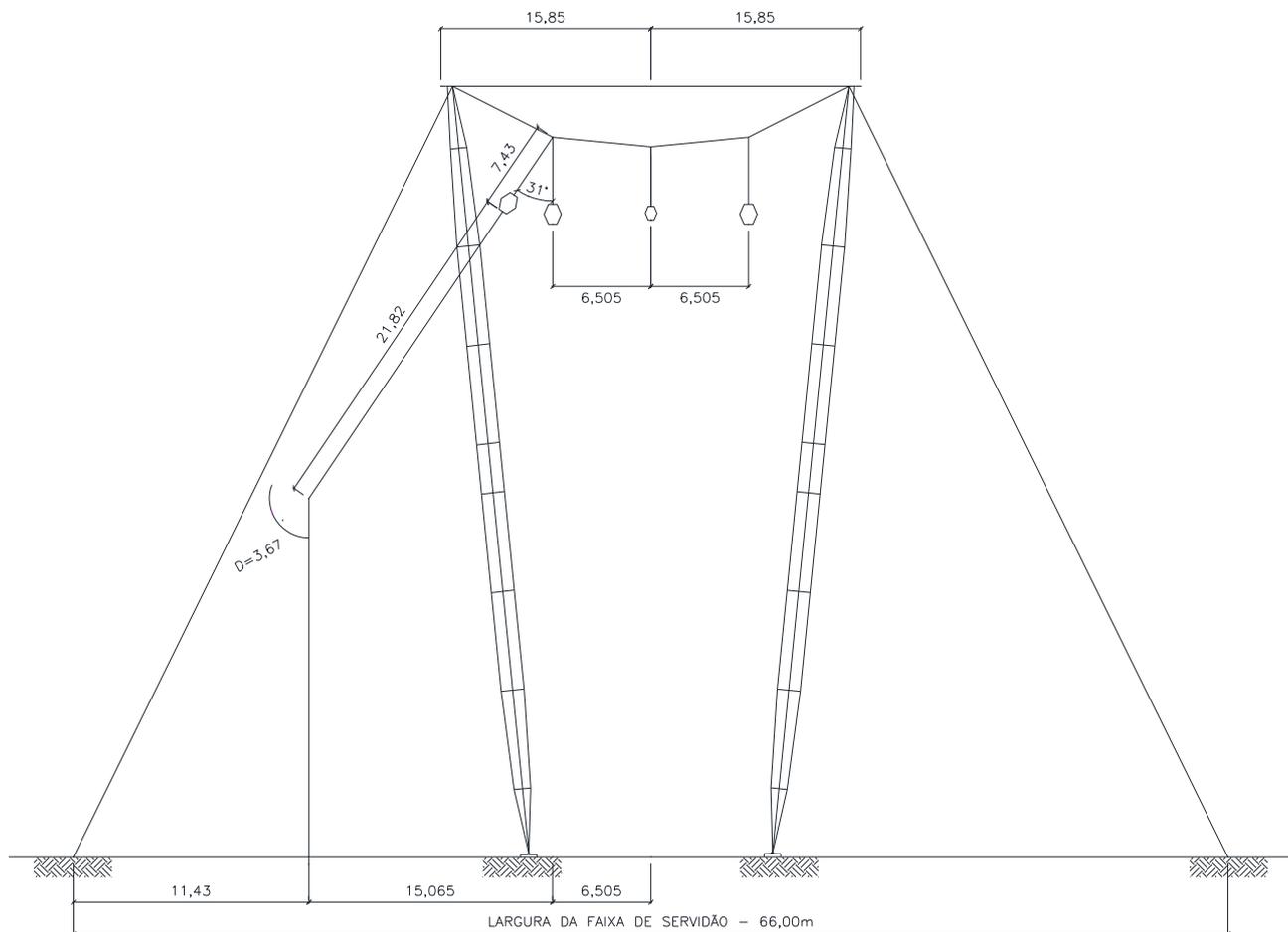
PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 DO
LOTE 15 LEILAO 013/2015 - 2ªPARTE

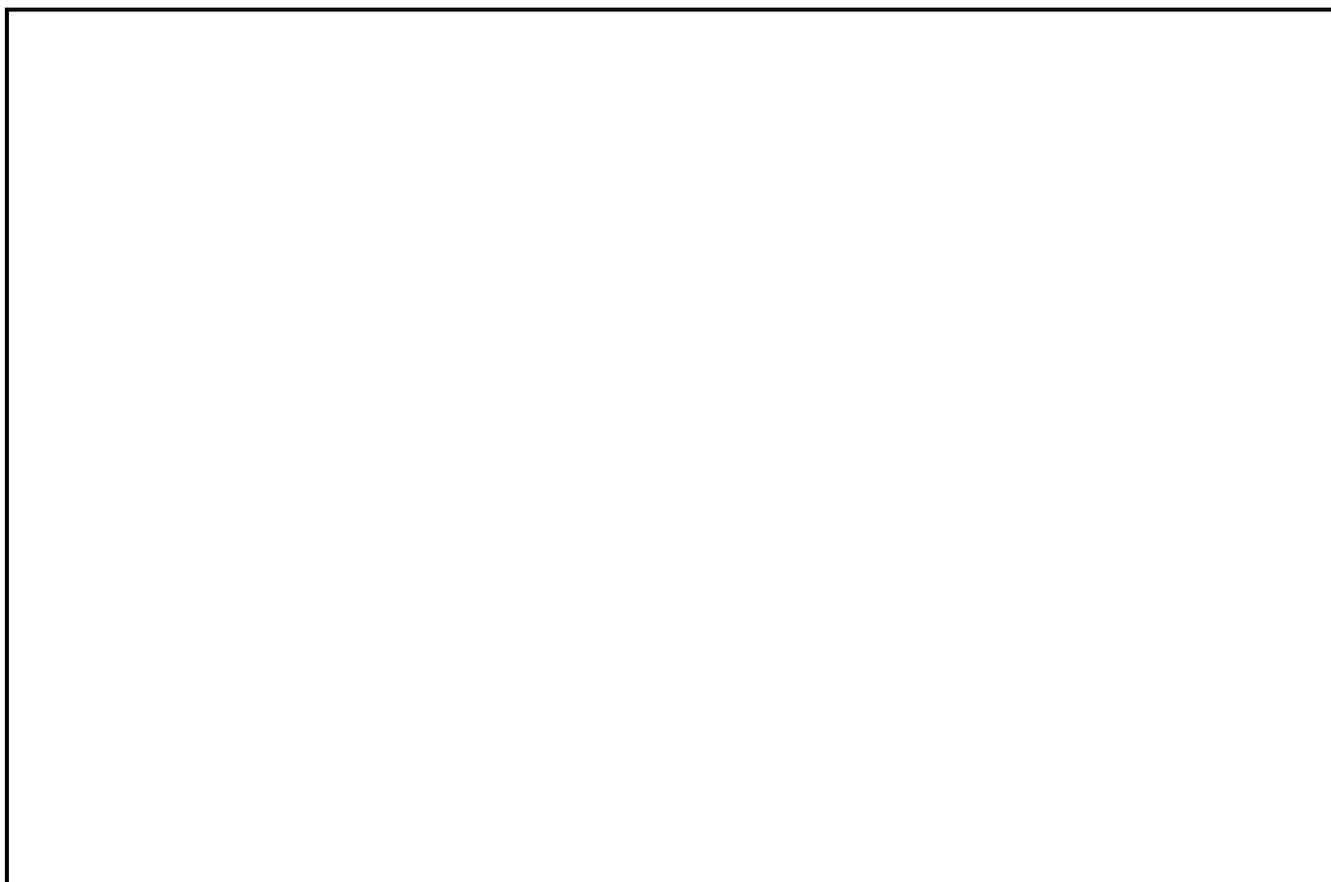
CM - INTERIOR DA FAIXA



Anexo 6 – Desenho Esquemático da Largura da Faixa

DESENHO ESQUEMATICO DA LARGURA DA FAIXA PARA LT 500 KV IGAPORÃ III -
JANAÚBA 3 - C2 DO LOTE 15 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE





00	31/03/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado

		
---	---	---

EQUATORIAL TRANSMISSORA 5 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	31/03/17

TÍTULO

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
Lote 15 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT5-L501-PB-ELM-0009-R00	1 de 24	00

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	ISOLADORES	3
3.	ISOLAMENTO PARA TENSÃO OPERATIVA	4
4.	ISOLAMENTO PARA SOBRETENSÕES DE MANOBRA	6
5.	ISOLAMENTO PARA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	9
6.	ISOLAMENTO PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA	9
7.	DESLOCAMENTO ADMITIDO PARA A CADEIA DE ISOLADORES EM REPOUSO ..	10
8.	CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA DE SUSPENSÃO PREDOMINANTE	10
9.	REFERÊNCIAS.....	11
	ANEXO 1 – RISCO – LT – RISCO FALHA FASE-TERRA.....	12
	ANEXO 2 – RISCO FALHA FASE-FASE.....	14
	ANEXO 3 - FLASH	16
	ANEXO 4 – ESPAÇAMENTOS MÍNIMOS PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA	21
	ANEXO 5 – CONFIGURAÇÃO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE	23

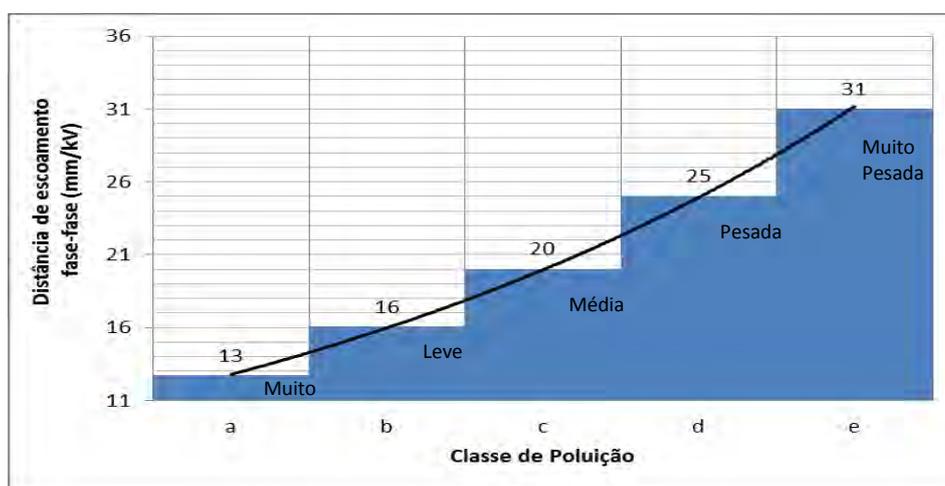
1. OBJETIVO

- 1.1. Definir os parâmetros básicos para o dimensionamento do isolamento da LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2, em circuito simples pertencentes ao Lote 15 do Leilão 0013/2015 – 2º parte.

2. ISOLADORES

2.1. Características Principais e Quantidade Mínima por Cadeia

- 2.1.1 A distância de escoamento específica das cadeias deve atender os requisitos do Edital, tendo como base a IEC 60815.
- 2.1.2 O valor mínimo remete ao nível de poluição “leve” (nível b) da publicação IEC 60815 [1], para o qual é recomendada uma distância de escoamento específica de 16 mm/kV fase-fase.



- 2.1.3 Para as cadeias de suspensão, passagem e ancoragem dos condutores está sendo considerada a utilização de isoladores com as características descritas na tabela 2 que tem os cálculos das cargas mecânicas apresentados na referencia [10]. A quantidade de isoladores é calculada a seguir :

$$N = \frac{V_{\text{máx}} \cdot D_e}{D_i} \text{ onde:}$$

N		número mínimo de isoladores da cadeia
$V_{\text{máx}}$	550 kV	tensão máxima de operação, fase-fase
D_e	16 mm/kV	distância de escoamento específica fase-fase
$D_{i\ 160\ e\ 210}$	380 mm	distância de escoamento, isolador de 160 e 210

Tabela 2 - Isoladores

Característica		
Carga de ruptura	160 kN	210 kN
Engate concha-bola	IEC 60120 - 20	IEC 60120 - 20
Diâmetro do disco	280 mm	280 mm
Diâmetro do pino	21 mm	21 mm
Passo	170 mm	170 mm
Distância de escoamento (Di)	380 mm	380 mm
N - Núm. Mín. Isoladores Cad. Suspensão	23	23
N - Núm. Mín. Isoladores Cad. Ancoragem	24	

2.1.4 A configuração final adotada para as cadeias é indicada a seguir.

Tabela 3 – Cadeia de Isoladores					
Suspensão				Ancoragem	
Leve	Pesada		Jumper	Dupla	
I	I	v		Meio de linha	Terminal
1x23(210 kN)	1x23(210 kN)	2x23(210 kN)	1x23(160 kN)	4x24(160 kN)	4x24(160 kN)

3. ISOLAMENTO PARA TENSÃO OPERATIVA

3.1 Ângulo de Balanço das Cadeias

3.1.1 O Edital especifica que o isolamento à tensão máxima operativa deve ser dimensionado considerando o balanço da cadeia de isoladores sob ação de vento com período de retorno de, no mínimo, 30 anos.

3.1.2 Para o cálculo do ângulo de balanço está sendo adotada a metodologia indicada no item 10.1.4.3 da referência [2] e, velocidade do vento com período de retorno de 50 anos.

3.1.3 Com base no critério indicado no item 3.1.2 anterior é definido a seguir o ângulo de balanço das cadeias de suspensão em alinhamento.

$$tg\beta = k \frac{q_o \cdot d}{p(V/H)} \quad \text{onde:}$$

- d diâmetro do condutor (m) [9]
- p peso unitário do condutor(kgf/m) [9]
- V/H relação (vão de peso)/(vão de vento) em alinhamento
- q_o Pressão Dinâmica(kgf/m²) [3]
- K figura 7 da referência (pu) [2]

Parâmetros					Ângulo β	
d	p	V/H	q_0	k	Calculado	Adotado
(mm)	(kgf/m)	(pu)	(kgf/m ²)	(pu)	(graus)	(graus)
26,78	1,172	0,70	57	0,32	30,8°	31°

3.1.4 Considerando a ação do ventos nas cadeias, o ângulo de aplicação das estruturas e a tração horizontal de incidência no cabo temos a seguinte expressão:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{N_c \cdot 2 \cdot H_{\max} \cdot \sin(\alpha/2) + N_c \cdot k \cdot q_0 \cdot d \cdot V_v + F_{v_{\text{cad}}}/2}{N_c \cdot p \cdot V_p + P_{\text{cad}}/2}; \text{ onde:}$$

N_c	número de Condutores
H_{\max}	tração máxima no balanço do condutor
d	diâmetro do condutor [9]
p	peso unitário do condutor [9]
q_0	Pressão dinâmica [3]
k	figura 7 da referência [2]
P_{cad}	peso da cadeia de isoladores
$F_{v_{\text{cad}}}$	peso da cadeia de isoladores
V_v	vão de vento para ângulo máximo
V_p	vão de peso mínimo da estrutura
α	ângulo máximo da estrutura

Parâmetros					Ângulo β	
N_c	H_{\max}	α	V_v (V_p)	P_{cad} ($F_{v_{\text{cad}}}$)	Calculado	Adotado
(quant)	(kgf)	(graus)	(m)	(kgf)	(graus)	(graus)
6	3100	2°	472 (401)	200 (71,15)	35,30°	36°

3.2 Espaçamento Fase - Terra

3.2.1 A solicitação elétrica máxima fase-terra a 60 Hz, valor de pico, é dada pela expressão:

$$V_s = V_{\text{máx}} \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$$

3.2.2 Usualmente as curvas ou equações aplicáveis aos valores de suportabilidade elétrica dos espaçamentos fase-terra fornecem a tensão com 50% de probabilidade de descarga, referida a condições atmosféricas padronizadas.

3.2.3 Torna-se necessário, portanto, calcular V50% a partir de V_s conforme indicado a seguir:

$$V_{50\%} = V_s \cdot \frac{k_1}{k_2} \quad \text{onde:}$$

- $V_{50\%}$ tensão fase-terra, valor de pico, a 60 Hz, com 50% de probabilidade de ocorrência de descarga
- V_s conforme item 3.2.1 acima
- k_1 fator de correção para reduzir a probabilidade de ocorrência de descargas a nível compatível com a confiabilidade desejada para a LT
- k_2 fator de correção para as condições atmosféricas da região atravessada pela LT ($FCA_{60Hz}^{99\%}$)

3.2.4 Para a linha de transmissão em estudo está sendo adotado para k_1 valor que situe $V_{50\%}$ três desvios padrão acima de V_s .

3.2.5 Considerando que a distribuição de tensões disruptivas a 60 Hz é normal e que seu desvio padrão é 3%, tem-se:

$$k_1 = \frac{1}{1 - 3 \times 0,03} = 1,10$$

$V_{máx}$	V_s	k_2	$V_{50\%}$	$V_{50\%}$ Adotado	L_{60Hz} (*)
(kV)	(kV)	(pu)	(kV)	(kV)	(m)
550	449,07	0,91	542,84	550	1,10

(*) Espaçamento fase-terra corresponde a tensão $V_{50\%}$ [6] [7] associado ao ângulo de balanço das cadeias (β) das respectivas LT, conforme Tabela 5

4. ISOLAMENTO PARA SOBRETENSÕES DE MANOBRA

4.1 Ângulo de Balanço das Cadeias

4.1.1 Para cálculo do ângulo de balanço está sendo adotada a mesma metodologia apresentada no item 3.1 anterior, associada a velocidade do vento com período de retorno de 2 anos (vento frequente).

4.1.2 São indicados a seguir os parâmetros e resultados:

Parâmetros					Ângulo β	
d	p	V/H	q_0	k	Calculado	Adotado
(mm)	(kgf/m)	(pu)	(kgf/m ²)	(pu)	(graus)	(graus)
26,78	1,172	0,70	22	0,46	17,86°	18°

4.1.3 Considerando a ação do ventos nas cadeias, o ângulo de aplicação das estruturas e a tração horizontal de incidência está sendo adotada a mesma metodologia apresentada no item 3.1.4:

Tabela 8 - Ângulo de Balanço das Estruturas Predominantes em ângulo						
Parâmetros					Ângulo β	
Nc	H _{Max}	α	V _v (V _p)	P _{cad} (F _{v_{cad}})	Calculado	Adotado
(quant)	(kgf)	(graus)	(m)	(kgf)	(graus)	(graus)
6	2180	2°	472 (401)	200 (27,46)	22,96°	23°

4.2 Espaçamentos Fase - Terra

4.2.1 Para tensão do surto ocorrendo na LT em estudo está sendo adotado o seguinte valor:

$$V_s = V_n \times F_{surto} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}, \text{ onde:}$$

V_s tensão de surto fase-terra da LT

V_N tensão fase-fase nominal da LT

F_{surto} fator de surto (máxima sobretensão conforme estudos do R2) [12] [13] [14] [15]

Tabela 9 – Tensão de Surto		
V _N	F _{surto}	V _s
(kV)		(kV)
500	2,1	857,32

4.2.2 De modo análogo ao mostrado no item 3.2 anterior o espaçamento para surtos de manobra está sendo calculado de modo que V_{50%} fique situado 3 desvios padrão acima de V_s (σ=0,05), devidamente corrigido para as condições atmosféricas características da região atravessada pela LT [4] [5], ou seja:

$$V_{50\%} = V_s \frac{1}{1 - 3\sigma} \frac{1}{k}$$

Tabela 10 - V _{50%}	
k	V _{50%} Adotado
(pu)	(kV)
0,94	1073

4.2.3 Essa tensão corresponde aos seguintes espaçamentos fase-terra [6] [7]:

$$L_{SM} = \frac{8 V_{50\%}}{3400k - V_{50\%}} \text{ onde:}$$

- k = 1,35 para espaçamento condutor-estrutura, disposição lateral das fases
- k = 1,20 para espaçamento condutor-estrutura, disposição fase central
- k = 1,40 para espaçamento condutor-estai

Resultando nos seguintes espaçamentos fase-terra:

Tabela 11 – Espaçamento Fase-Terra –Surto Manobra		
Espaçamento Fase-Terra (L_{SM})		
Condutor-Estrutura (*)		Condutor-Estai
Fases Laterais	Fase Central	
(m)	(m)	(m)
2,44	2,85	2,33
(*) Espaçamento condutor – estrutura está associado ao ângulo de balanço das cadeias β para cada LT.		

4.3 Risco de Falha Fase – Terra

- 4.3.1 O Edital especifica os riscos máximos para falhas fase-terra devido a manobras de religamento e manobras de energização.
- 4.3.2 A Tabela 12 a seguir apresenta os riscos de falha calculados utilizando o programa RISCO-LT (Anexo 1):

Tabela 12 – Risco da Falha	
Risco de Falha calculado	Risco de Falha Edital
$0,102 \times 10^{-7}$	1×10^{-3}

- 4.3.3 Conforme pode ser observado o risco total de falha obtido atende ao valor máximo especificado no Edital.

4.4 Risco de Falha Fase – Fase

- 4.4.1 A LT em estudo utilizam estruturas convencionais autoportantes e/ou estaiadas, com distâncias entre fases suficientemente grandes para tornar altamente improvável uma descarga provocada por surtos fase-fase.
- 4.4.2 Utilizando a metodologia constante da referência [6] e adotando valores conservativos para as variáveis consideradas foram calculados os espaçamentos fase-fase que seriam necessários para o menor risco de falha para um circuito (10^{-4}) especificado no Edital.
- 4.4.3 Conforme Anexo 2 tem-se os seguintes resultados:

Tabela 13 – Espaçamento entre Fases para Risco 10^{-4} (Estabelecido no Edital)	
Espaçamento entre Fases (m)	
Estrutura	Espaçamento mínimo para Risco máximo de 10^{-4}
6,5	4,95

4.4.4 Os espaçamentos entre fases atendem aos limites de risco de falha fase-fase especificados no Edital.

5. ISOLAMENTO PARA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

5.1 Dados de Entrada

5.1.1 Para avaliação do desempenho da LT quando submetida a surtos atmosféricos foi utilizado o programa FLASH versão. 1.6 .Os dados de entrada adotados para o cálculo são indicados a seguir:

Tabela 14 – Dados de Entrada					
Nível Cerâmico	Estrutura de Referência	Dist. Isolam. (m)	Vão Médio (m)	Flecha (m)	
				Condutor	Para-Raios
60	Anexo 4	3,7	510	21,82	18,79

5.2 Desempenho Calculado

5.2.1 A partir dos parâmetros acima foi calculado o desempenho da LT utilizando o programa FLASH 1.6. O relatório de saída consta do Anexo 3 e é resumido a seguir, considerando que o aterramento da LT apresente resistência de aterramento com valor médio menor ou igual a 20Ω . Quando forem feitas as medições de resistividade poderá ser feita uma nova avaliação com redistribuição das resistências conforme resultados obtidos.

Tabela 15 – Taxa de Desligamentos		
Taxa de desligamentos por 100 km por ano		
Descargas Diretas	Descargas Indiretas	Total
0,00	0,72	0,72

5.2.2 O total de desligamentos por descargas atmosféricas para a LT é inferior a um desligamento por 100 km por ano, conforme Edital [11].

6. ISOLAMENTO PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA

- 6.1. O Anexo 4 reproduz a tabela 441-2 do NESC/2002 [8] contendo os espaçamentos mínimos recomendados para operações de manutenção em linha viva.
- 6.2. Para os trabalhos em linha viva, são bloqueados os circuitos de religamento, de forma a não haver surtos de manobra para essa condição.
- 6.3. Para efeito das distâncias para manutenção em linha viva adotou-se o fator de surto de 2,0 p.u conforme referencia [12] e, considerando uma parcela de 0,8 m para movimentos inadvertidos do técnico da manutenção, tem-se a seguinte distância fase-terra mínima para as LT:

Tabela 16 – Distâncias de Manutenção	
LT	$L_{manut} (*)$ (m)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	3,7
(*) Distâncias associadas as cadeias em repouso, sem vento	

7. DESLOCAMENTO ADMITIDO PARA A CADEIA DE ISOLADORES EM REPOUSO

7.1. Para o cálculo do ângulo de deslocamento da cadeia em repouso, está sendo considerado o ângulo máximo de aplicação da torre de suspensão predominante, sem vento, associado a um vão de peso indicados abaixo.

7.2. Com base nesse critério, o ângulo de balanço (β) é calculado pela seguinte expressão:

$$tg\beta = \frac{2xHxsen(\alpha/2)}{p \times VP}, \text{ onde:}$$

- H Tração EDS
- α Ângulo máximo da torre de suspensão
- p Peso unitário do condutor
- VP Vão de peso adotado no cálculo

Tabela 17 – Ângulos de Balanço sem Vento	
α (graus)	Balanço sem vento
2°	11°
(*) Distâncias associadas as cadeias em repouso, sem vento	

8. CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA DE SUSPENSÃO PREDOMINANTE

8.1. Configuração Geométrica:

A configuração geométrica do topo da estrutura de suspensão predominante da LT é apresentada no Anexo 5.

9. REFERÊNCIAS

- 1 IEC 60815 – Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions.
- 2 NBR 5422 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 3 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0004 VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO , preparado para a LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 4 IEC 60060.1 – High-voltage test techniques.
- 5 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0003 DADOS CLIMATOLÓGICOS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 6 Transmission line reference book, 345 kV and above, second edition, 1982.
- 7 Lignes aériennes à haute et très haute tension — règles d'isolation.
- 8 ANSI C2/2002 - National Electrical Safety Code
- 9 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0005 CONDUTOR E PÁRA-RAIOS, preparado para a LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 10 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0010 ISOLADORES E FERRAGENS, preparado para a LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 11 Anexo 6-14 a 6-19 – Edital – Leilão 13/2015 - 2ª parte da ANEEL
- 12 R2 - Estudos para definição das características básicas da LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

ANEXO 1 – RISCO – LT – RISCO FALHA FASE-TERRA

 * PROGRAMA RISCO-LT VERSÃO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PÁGINA - 1*
 LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 10-03-2017

DIÂMETRO DO CABO CONDUTOR (cm): 2.6780
 PESO LINEAR DO CABO CONDUTOR (kg/m): 1.1720
 ESP. HORIZ. ENTRE OS CONDUTORES DO FEIXE (m): 1.0500
 ESP. VERT. ENTRE OS CONDUTORES DO FEIXE (m): 1.2900
 DIST. ESTRUT. SUPER./FIXAÇÃO ISOL. (m): 0.1000
 COMPRIMENTO DE BALANÇO CADEIA ISOL+FERR (m): 7.4300
 ÂNGULO ESTRUTURA SUPERIOR/HORIZONTAL (Graus): 0.0000
 ÂNGULO ESTRUTURA LATERAL/VERTICAL (Graus): -10.0000
 BRAÇO MÍNIMO DA ESTRUTURA (m) : 8.8000
 PASSO DO BRAÇO DA ESTRUTURA (m) : 0.1000
 BRAÇO MÁXIMO DA ESTRUTURA (m) : 8.8000
 ESPESSURA DA ESTRUTURA (m) : 1.2000
 FATOR MULTPL. CURVA SUPORTABILIDADE (p.u.) : 1.0000
 RIS MÍNIMO (p.u.) : 0.9400
 PASSO DE RIS (p.u.) : 0.1000
 RIS MÁXIMO (p.u.) : 0.9400
 DESVIO PADRÃO SUPORTABILIDADE (p.u.) : 0.0500
 DESVIO PADRÃO SOLICITAÇÃO (p.u.) : 0.0500

SOLICITAÇÃO (kV) X No. DE GAPS SUJEITOS À SOLICITAÇÃO:

857.32	168
816.50	168
775.67	168

RELAÇÃO VÃO PESO/VÃO VENTO (p.u.) : 0.7000
³
 DENSIDADE ABSOLUTA DO AR (kg/m) : 1.1210

HISTOGRAMA DE VELOCIDADES HORÁRIA DO VENTO :

FREQUÊNCIA ABSOLUTA	VELOCIDADE VENTO (m/s)	FATOR EFETIVIDADE (p.u.)	ÂNGULO BALANÇO (Graus)
1.	19.40	0.460	17.89

NÚMERO DE PONTOS DO HISTOGRAMA : 1.

RESULTADOS PARA RIS IGUAL A : 0.9400

BRAÇO (m)	RISCO LATERAL (p.u.)	RISCO TOTAL (p.u.)
8.8000	0.102D-07	0.102D-07

ANEXO 2 – RISCO FALHA FASE-FASE

RISCO DE FALHA FASE - FASE

METODOLOGIA:

TRANSMISSION LINE REFERENCE BOOK 345 KV AND ABOVE, 2ND EDITION, 1982

TENSÃO DE REFERÊNCIA $V = 500 \cdot \sqrt{2} / \sqrt{3}$ $V = 408 \text{ KV}$

SOBRETENSÃO FASE-FASE $V_{FF50\%} = 2,50 \text{ P.U.}$

DESVIO PADRÃO SOBRETENSÕES FASE-FASE $\sigma_s = 0,15$

CORREÇÃO PARA CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS PADRÃO $= 0,94$
 $FCA_{man}^{90\%}$

SOBRETENSÃO MÁXIMA FASE-FASE $S_2 = 3,46 \text{ P.U.}$

$S_2 = (V_{FF50\%} + 2 \times \sigma_s \times V_{FF50\%}) / FCA_{man}^{90\%}$

DESVIO PADRÃO SUPORTABILIDADE $\sigma = 0,05$

ESPAÇAMENTOS SUBMETIDOS AO SURTO $N = 1000$

RISCO DE FALHA $= 1 \times 10^{-4}$

FATOR $R = 1,45$

SUPPORTABILIDADE ($V_{50\%}$), EM PU $CFO(PU) = 5,01 \text{ P.U.}$
 $CFO(PU) = R \times S_2$

SUPPORTABILIDADE ($V_{50\%}$), EM KV $CFO(KV) = 2047 \text{ KV}$
 $CFO(KV) = V \times CFO(PU)$

SUPPORTABILIDADE, VALOR ADOTADO, EM KV $CFO(KV) = 2055 \text{ KV}$

ESPAÇAMENTO FASE-FASE MÍNIMO, PARA $\alpha = 0,5$ $E_{FF \text{ MIN}} = 4,95 \text{ M}$

ANEXO 3 - FLASH

----- S H I E L D I N G C A L C U L A T I O N -----

Value of BETA used = .8999999761581421
 THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 1 IS 21.68 DEGREES
 THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 1 IS -41.68 DEGREES

 THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 2 IS 22.20 DEGREES
 THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 2 IS -55.00 DEGREES

----- B A C K F L A S H C A L C U L A T I O N -----

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

----- F I N A L R E S U L T S -----

THE BACKFLASHOVER RATE = 0.7200 FLASHOVERS/100 KM
= 1.1500 FLASHOVERS/100 MI

THE SHIELDING FAILURE
FLASHOVER RATE = 0.0000 FLASHOVERS/100 KM
= 0.0000 FLASHOVERS/100 MI

TOTAL FLASHOVER RATE = 0.7200 FLASHOVERS/100 KM
= 1.1500 FLASHOVERS/100 MI

*****v

ANEXO 4 – ESPAÇAMENTOS MÍNIMOS PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA

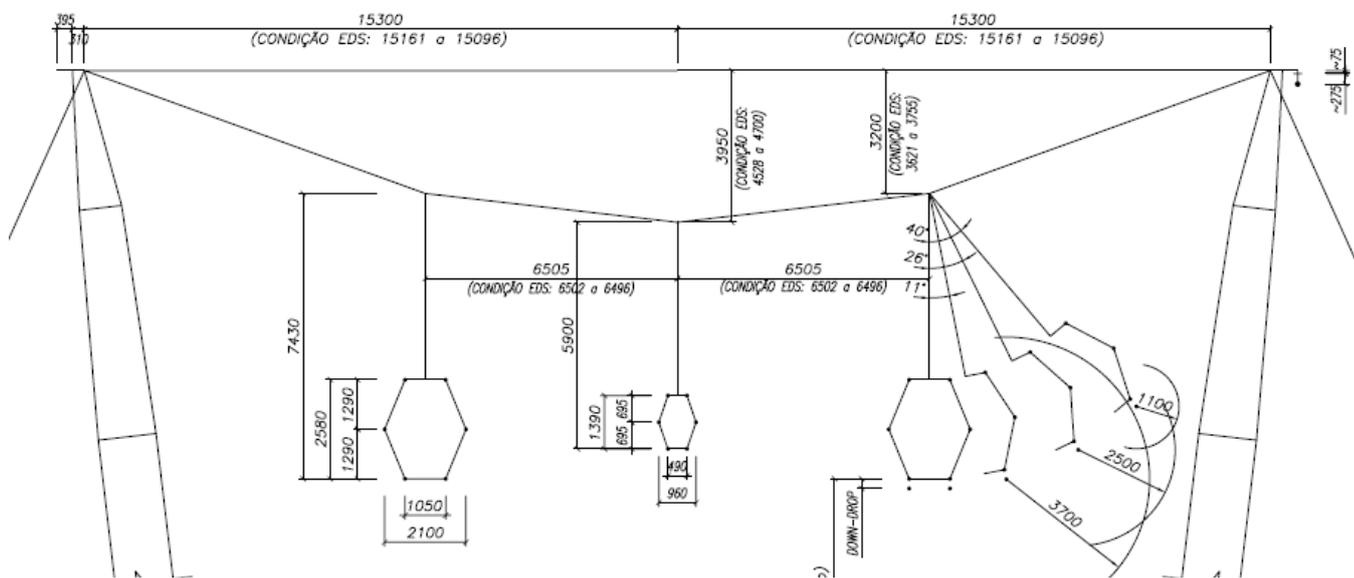
Table 441-2

AC Live Work Minimum Approach Distance With Transient Overvoltage Factor

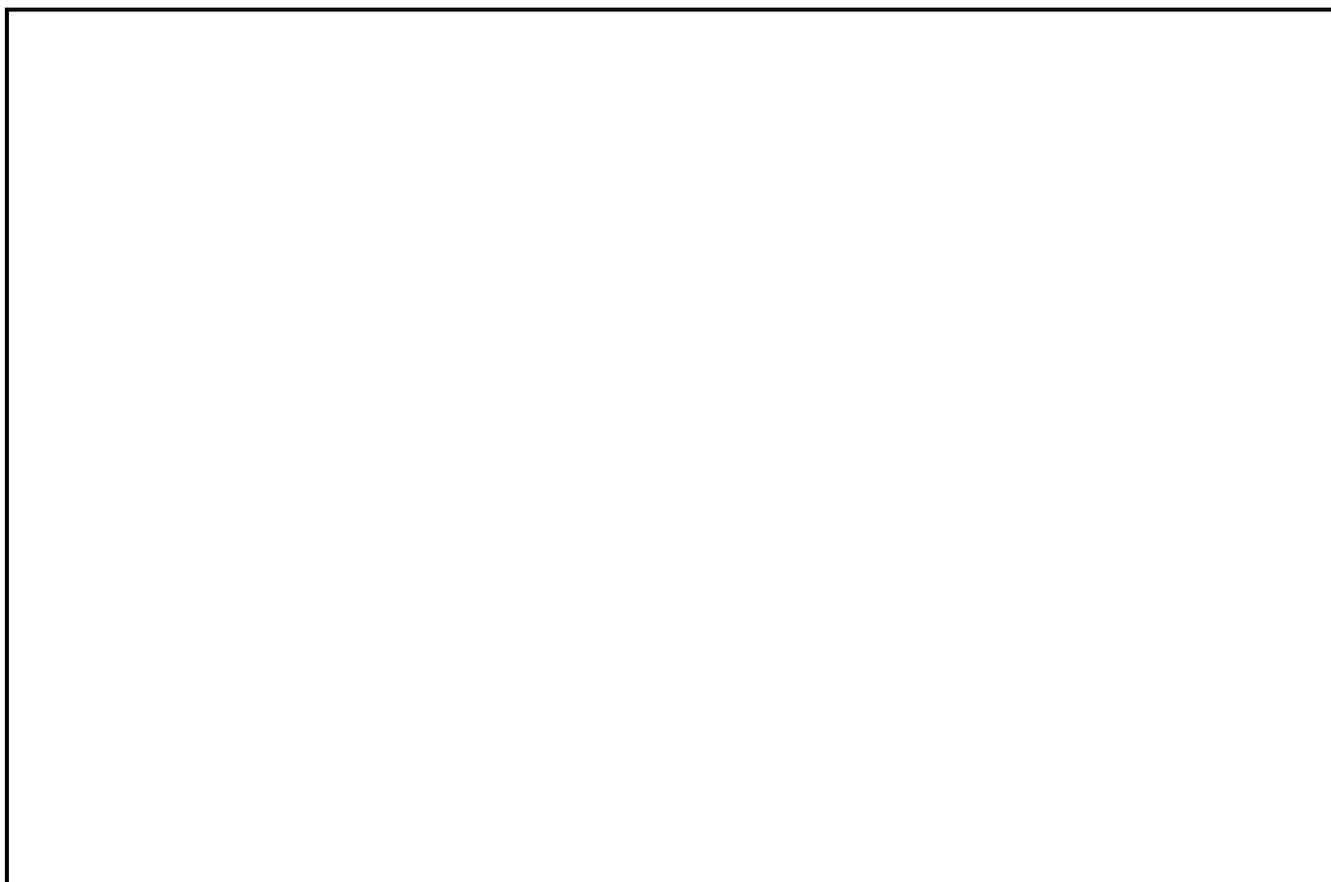
Distance to employee in meters, phase-to-ground work in Air, barehand, and clear live-line tool							
Maximum anticipated per-unit transient overvoltage factor T	Maximum phase-to-phase voltage in kV						
	72.5 to 121.0	121.1 to 145.0	145.1 to 169.0	196.1 to 242.0	242.1 to 362.0	362.1 to 550.0	550.1 to 800
1,5	0,72	0,73	0,80	1,01	1,36	1,96	3,16
1,6	0,79	0,76	0,83	1,05	1,43	2,12	3,46
1,7	0,86	0,78	0,86	1,10	1,50	2,28	3,78
1,8	0,93	0,81	0,90	1,15	1,57	2,45	4,11
1,9	1,01	0,84	0,93	1,20	1,64	2,62	4,45
2,0	1,07	0,87	0,96	1,24	1,71	2,82	4,84
2,1	1,10	0,90	0,99	1,29	1,78	3,01	5,22
2,2	1,12	0,92	1,03	1,34	1,88	3,20	5,60
2,3	1,14	0,95	1,06	1,38	1,98	3,40	6,00
2,4	1,16	0,98	1,09	1,43	2,08	3,61	6,46
2,5	1,18	1,01	1,12	1,48	2,19	3,84	6,89
2,6	1,20	1,04	1,16	1,52	2,30	4,06	
2,7	1,23	1,06	1,19	1,57	2,41	4,30	
2,8	1,25	1,09	1,22	1,62	2,54	4,56	
2,9	1,27	1,12	1,26	1,66	2,65	4,80	
3,0	1,29	1,15	1,29	1,71	2,77	5,07	

Fonte: Referência [8]

ANEXO 5 – CONFIGURAÇÃO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE



Estrutura Estaiada Leve Tipo V2CRL



Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
01	03/05/17	Resposta aos comentários da EP	AQ	JCS	
00	31/03/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	



EQUATORIAL TRANSMISSORA 5 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	31/03/17

TÍTULO

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
Lote 15 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT5-L501-PB-ELM-0009-R01	1 de 24	01

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	ISOLADORES	3
3.	ISOLAMENTO PARA TENSÃO OPERATIVA	4
4.	ISOLAMENTO PARA SOBRETENSÕES DE MANOBRA	6
5.	ISOLAMENTO PARA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	9
6.	ISOLAMENTO PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA	9
7.	DESLOCAMENTO ADMITIDO PARA A CADEIA DE ISOLADORES EM REPOUSO ..	10
8.	CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA DE SUSPENSÃO PREDOMINANTE	10
9.	REFERÊNCIAS.....	11
	ANEXO 1 – RISCO – LT – RISCO FALHA FASE-TERRA.....	12
	ANEXO 2 – RISCO FALHA FASE-FASE.....	14
	ANEXO 3 - FLASH	16
	ANEXO 4 – ESPAÇAMENTOS MÍNIMOS PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA	21
	ANEXO 5 – CONFIGURAÇÃO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE	23

1. OBJETIVO

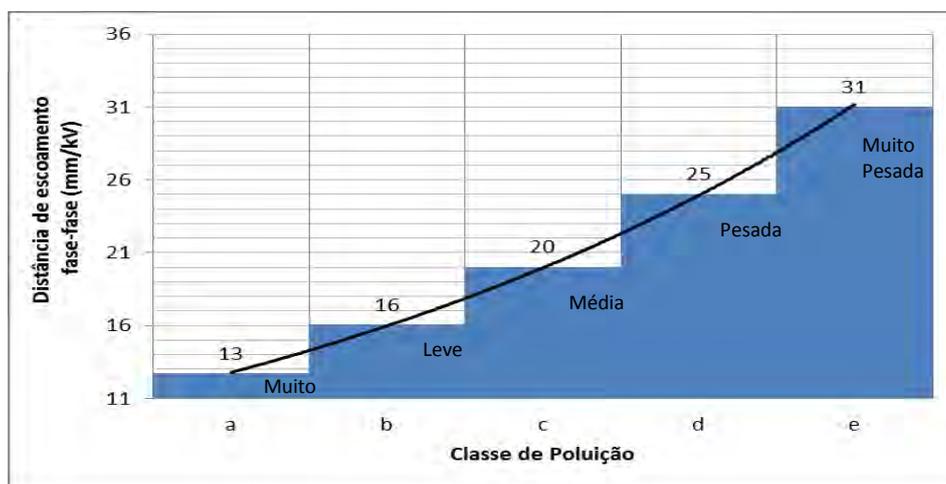
1.1. Definir os parâmetros básicos para o dimensionamento do isolamento da LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2, em circuito simples pertencentes ao Lote 15 do Leilão 0013/2015 – 2º parte.

2. ISOLADORES

2.1. Características Principais e Quantidade Mínima por Cadeia

2.1.1 A distância de escoamento específica das cadeias deve atender os requisitos do Edital, tendo como base a IEC 60815.

2.1.2 O valor mínimo remete ao nível de poluição “leve” (nível b) da publicação IEC 60815 [1], para o qual é recomendada uma distância de escoamento específica de 16 mm/kV fase-fase.



2.1.3 Para as cadeias de suspensão, passagem e ancoragem dos condutores está sendo considerada a utilização de isoladores com as características descritas na tabela 2 que tem os cálculos das cargas mecânicas apresentados na referencia [10]. A quantidade de isoladores é calculada a seguir :

$$N = \frac{V_{\text{máx}} \cdot D_e}{D_i} \text{ onde:}$$

N	número mínimo de isoladores da cadeia
$V_{\text{máx}}$	550 kV tensão máxima de operação, fase-fase
D_e	16 mm/kV distância de escoamento específica fase-fase
$D_{i\ 160\ e\ 210}$	380 mm distância de escoamento, isolador de 160 e 210

Tabela 2 - Isoladores

Característica		
Carga de ruptura	160 kN	210 kN
Engate concha-bola	IEC 60120 - 20	IEC 60120 - 20
Diâmetro do disco	280 mm	280 mm
Diâmetro do pino	21 mm	21 mm
Passo	170 mm	170 mm
Distância de escoamento (Di)	380 mm	380 mm
N - Núm. Mín. Isoladores Cad. Suspensão	23	23
N - Núm. Mín. Isoladores Cad. Ancoragem	24	

2.1.4 A configuração final adotada para as cadeias é indicada a seguir.

Tabela 3 – Cadeia de Isoladores					
Suspensão				Ancoragem	
Leve	Pesada		Jumper	Dupla	
I	I	v		Meio de linha	Terminal
1x23(210 kN)	1x23(210 kN)	2x23(210 kN)	1x23(160 kN)	4x24(160 kN)	4x24(160 kN)

3. ISOLAMENTO PARA TENSÃO OPERATIVA

3.1 Ângulo de Balanço das Cadeias

3.1.1 O Edital especifica que o isolamento à tensão máxima operativa deve ser dimensionado considerando o balanço da cadeia de isoladores sob ação de vento com período de retorno de, no mínimo, 30 anos.

3.1.2 Para o cálculo do ângulo de balanço está sendo adotada a metodologia indicada no item 10.1.4.3 da referência [2] e, velocidade do vento com período de retorno de 50 anos.

3.1.3 Para trecho de paralelismo entre as LT's 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1 e C2 o cálculo do ângulo de balanço está adotando velocidade do vento com período de retorno de 75 anos conforme calculado no relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0018-R00 - RELATORIOS DE CONFIABILIDADE TRECHO PARALELISMO.

3.1.4 Com base no critério indicado no item 3.1.2 anterior é definido a seguir o ângulo de balanço das cadeias de suspensão em alinhamento.

$$tg\beta = k \frac{q_0 \cdot d}{p(V/H)} \quad \text{onde:}$$

- d diâmetro do condutor (m) [9]
- p peso unitário do condutor(kgf/m) [9]
- V/H relação (vão de peso)/(vão de vento) em alinhamento
- q₀ Pressão Dinâmica(kgf/m²) [3]

Parâmetros					Ângulo β	
d	p	V/H	q ₀	k	Calculado	Adotado
(mm)	(kgf/m)	(pu)	(kgf/m ²)	(pu)	(graus)	(graus)
26,78	1,172	0,70	57	0,32	30,8°	31°

3.1.5 Considerando a ação do ventos nas cadeias, o ângulo de aplicação das estruturas e a tração horizontal de incidência no cabo temos a seguinte expressão:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{N_c \cdot 2 \cdot H_{\max} \cdot \sin(\alpha/2) + N_c \cdot k \cdot q_0 \cdot d \cdot V_v + F_{v_{\text{cad}}}/2}{N_c \cdot p \cdot V_p + P_{\text{cad}}/2} ; \text{ onde:}$$

- N_c número de Condutores
- H_{max} tração máxima no balanço do condutor
- d diâmetro do condutor [9]
- p peso unitário do condutor [9]
- q₀ Pressão dinâmica [3]
- k figura 7 da referência [2]
- P_{cad} peso da cadeia de isoladores
- F_{v_{cad}} peso da cadeia de isoladores
- V_v vão de vento para ângulo máximo
- V_p vão de peso mínimo da estrutura
- α ângulo máximo da estrutura

Parâmetros					Ângulo β	
N _c	H _{Max}	α	V _v (V _p)	P _{cad} (F _{v_{cad}})	Calculado	Adotado
(quant)	(kgf)	(graus)	(m)	(kgf)	(graus)	(graus)
6	3100	2°	472 (401)	200 (71,15)	35,30°	36°

3.2 Espaçamento Fase - Terra

3.2.1 A solicitação elétrica máxima fase-terra a 60 Hz, valor de pico, é dada pela expressão:

$$V_s = V_{m\acute{a}x} \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$$

3.2.2 Usualmente as curvas ou equações aplicáveis aos valores de suportabilidade elétrica dos espaçamentos fase-terra fornecem a tensão com 50% de probabilidade de descarga, referida a condições atmosféricas padronizadas.

3.2.3 Torna-se necessário, portanto, calcular V50% a partir de V_s conforme indicado a seguir:

$$V_{50\%} = V_s \cdot \frac{k_1}{k_2} \quad \text{onde:}$$

- $V_{50\%}$ tensão fase-terra, valor de pico, a 60 Hz, com 50% de probabilidade de ocorrência de descarga
- V_s conforme item 3.2.1 acima
- k_1 fator de correção para reduzir a probabilidade de ocorrência de descargas a nível compatível com a confiabilidade desejada para a LT
- k_2 fator de correção para as condições atmosféricas da região atravessada pela LT ($FCA_{60Hz}^{99\%}$)

3.2.4 Para a linha de transmissão em estudo está sendo adotado para k_1 valor que situe $V_{50\%}$ três desvios padrão acima de V_s .

3.2.5 Considerando que a distribuição de tensões disruptivas a 60 Hz é normal e que seu desvio padrão é 3%, tem-se:

$$k_1 = \frac{1}{1 - 3 \times 0,03} = 1,10$$

$V_{m\acute{a}x}$	V_s	k_2	$V_{50\%}$	$V_{50\%}$ Adotado	L_{60Hz} (*)
(kV)	(kV)	(pu)	(kV)	(kV)	(m)
550	449,07	0,91	542,84	550	1,10

(*) Espaçamento fase-terra corresponde a tensão $V_{50\%}$ [6] [7] associado ao ângulo de balanço das cadeias (β) das respectivas LT, conforme Tabela 5

4. ISOLAMENTO PARA SOBRETENSÕES DE MANOBRA

4.1 Ângulo de Balanço das Cadeias

4.1.1 Para cálculo do ângulo de balanço está sendo adotada a mesma metodologia apresentada no item 3.1.4 anterior, associada a velocidade do vento com período de retorno de 2 anos (vento frequente).

4.1.2 São indicados a seguir os parâmetros e resultados:

Parâmetros					Ângulo β	
d	p	V/H	q_0	k	Calculado	Adotado
(mm)	(kgf/m)	(pu)	(kgf/m ²)	(pu)	(graus)	(graus)
26,78	1,172	0,70	22	0,46	17,86°	18°

4.1.3 Considerando a ação do ventos nas cadeias, o ângulo de aplicação das estruturas e a tração horizontal de incidência está sendo adotada a mesma metodologia apresentada no item 3.1.5:

Tabela 8 - Ângulo de Balanço das Estruturas Predominantes em ângulo						
Parâmetros					Ângulo β	
Nc	H _{Max}	α	V _v (V _p)	P _{cad} (F _{v_{cad}})	Calculado	Adotado
(quant)	(kgf)	(graus)	(m)	(kgf)	(graus)	(graus)
6	2180	2°	472 (401)	200 (27,46)	22,96°	23°

4.2 Espaçamentos Fase - Terra

4.2.1 Para tensão do surto ocorrendo na LT em estudo está sendo adotado o seguinte valor:

$$V_s = V_n \times F_{surto} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}, \text{ onde:}$$

V_s tensão de surto fase-terra da LT

V_N tensão fase-fase nominal da LT

F_{surto} fator de surto (máxima sobretensão conforme estudos do R2) [12] [13] [14] [15]

Tabela 9 – Tensão de Surto		
V _N	F _{surto}	V _s
(kV)		(kV)
500	2,1	857,32

4.2.2 De modo análogo ao mostrado no item 3.2 anterior o espaçamento para surtos de manobra está sendo calculado de modo que V_{50%} fique situado 3 desvios padrão acima de V_s (σ=0,05), devidamente corrigido para as condições atmosféricas características da região atravessada pela LT [4] [5], ou seja:

$$V_{50\%} = V_s \frac{1}{1 - 3\sigma} \frac{1}{k}$$

Tabela 10 - V _{50%}	
k	V _{50%} Adotado
(pu)	(kV)
0,94	1073

4.2.3 Essa tensão corresponde aos seguintes espaçamentos fase-terra [6] [7]:

$$L_{SM} = \frac{8 V_{50\%}}{3400k - V_{50\%}} \text{ onde:}$$

- k = 1,35 para espaçamento condutor-estrutura, disposição lateral das fases
- k = 1,20 para espaçamento condutor-estrutura, disposição fase central
- k = 1,40 para espaçamento condutor-estai

Resultando nos seguintes espaçamentos fase-terra:

Tabela 11 – Espaçamento Fase-Terra –Surto Manobra		
Espaçamento Fase-Terra (L_{SM})		
Condutor-Estrutura (*)		Condutor-Estai
Fases Laterais	Fase Central	
(m)	(m)	(m)
2,44	2,85	2,33
(*) Espaçamento condutor – estrutura está associado ao ângulo de balanço das cadeias β para cada LT.		

4.3 Risco de Falha Fase – Terra

- 4.3.1 O Edital especifica os riscos máximos para falhas fase-terra devido a manobras de religamento e manobras de energização.
- 4.3.2 A Tabela 12 a seguir apresenta os riscos de falha calculados utilizando o programa RISCO-LT (Anexo 1):

Tabela 12 – Risco da Falha	
Risco de Falha calculado	Risco de Falha Edital
$0,102 \times 10^{-7}$	1×10^{-3}

- 4.3.3 Conforme pode ser observado o risco total de falha obtido atende ao valor máximo especificado no Edital.

4.4 Risco de Falha Fase – Fase

- 4.4.1 A LT em estudo utilizam estruturas convencionais autoportantes e/ou estaiadas, com distâncias entre fases suficientemente grandes para tornar altamente improvável uma descarga provocada por surtos fase-fase.
- 4.4.2 Utilizando a metodologia constante da referência [6] e adotando valores conservativos para as variáveis consideradas foram calculados os espaçamentos fase-fase que seriam necessários para o menor risco de falha para um circuito (10^{-4}) especificado no Edital.
- 4.4.3 Conforme Anexo 2 tem-se os seguintes resultados:

Tabela 13 – Espaçamento entre Fases para Risco 10^{-4} (Estabelecido no Edital)	
Espaçamento entre Fases (m)	
Estrutura	Espaçamento mínimo para Risco máximo de 10^{-4}
6,5	4,95

4.4.4 Os espaçamentos entre fases atendem aos limites de risco de falha fase-fase especificados no Edital.

5. ISOLAMENTO PARA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

5.1 Dados de Entrada

5.1.1 Para avaliação do desempenho da LT quando submetida a surtos atmosféricos foi utilizado o programa FLASH versão. 1.6 .Os dados de entrada adotados para o cálculo são indicados a seguir:

Tabela 14 – Dados de Entrada					
Nível Cerâmico	Estrutura de Referência	Dist. Isolam. (m)	Vão Médio (m)	Flecha (m)	
				Condutor	Para-Raios
50	Anexo 4	3,7	510	21,82	18,79

5.2 Desempenho Calculado

5.2.1 A partir dos parâmetros acima foi calculado o desempenho da LT utilizando o programa FLASH 1.6. O relatório de saída consta do Anexo 3 e é resumido a seguir, considerando que o aterramento da LT apresente resistência de aterramento com valor médio menor ou igual a 20 Ω . Quando forem feitas as medições de resistividade poderá ser feita uma nova avaliação com redistribuição das resistências conforme resultados obtidos.

Tabela 15 – Taxa de Desligamentos (*)		
Taxa de desligamentos por 100 km por ano		
Descargas Diretas	Descargas Indiretas	Total
0,00	0,52	0,52

(*) O calculo do desempenho do trecho de paralelismo da LT 500 kV Igarorã III – Janaúba 3 C1 e C2 é calculado no relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0018-R00 - RELATORIOS DE CONFIABILIDADE TRECHO PARALELISMO, pertencente a este projeto básico.

5.2.2 O total de desligamentos por descargas atmosféricas para a LT é inferior a um desligamento por 100 km por ano, conforme Edital [11].

6. ISOLAMENTO PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA

6.1. O Anexo 4 reproduz a tabela 441-2 do NESC/2002 [8] contendo os espaçamentos mínimos recomendados para operações de manutenção em linha viva.

6.2. Para os trabalhos em linha viva, são bloqueados os circuitos de religamento, de forma a não haver surtos de manobra para essa condição.

6.3. Para efeito das distâncias para manutenção em linha viva adotou-se o fator de surto de 2,0 p.u conforme referencia [12] e, considerando uma parcela de 0,8 m para movimentos inadvertidos do técnico da manutenção, tem-se a seguinte distância fase-terra mínima para as LT:

Tabela 16 – Distâncias de Manutenção	
LT	L _{manut} (*) (m)
LT 500 kV Igarorã III - Janaúba 3 - C2	3,7
(*) Distâncias associadas as cadeias em repouso, sem vento	

7. DESLOCAMENTO ADMITIDO PARA A CADEIA DE ISOLADORES EM REPOUSO

7.1. Para o cálculo do ângulo de deslocamento da cadeia em repouso, está sendo considerado o ângulo máximo de aplicação da torre de suspensão predominante, sem vento, associado a um vão de peso indicados abaixo.

7.2. Com base nesse critério, o ângulo de balanço (β) é calculado pela seguinte expressão:

$$tg\beta = \frac{2xHxsen(\alpha/2)}{pxVP} , \text{ onde:}$$

- H Tração EDS
- α Ângulo máximo da torre de suspensão
- p Peso unitário do condutor
- VP Vão de peso adotado no cálculo

Tabela 17 – Ângulos de Balanço sem Vento	
α (graus)	Balanço sem vento
2°	11°
(*) Distâncias associadas as cadeias em repouso, sem vento	

8. CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA DE SUSPENSÃO PREDOMINANTE

8.1. Configuração Geométrica:

A configuração geométrica do topo da estrutura de suspensão predominante da LT é apresentada no Anexo 5.

9. REFERÊNCIAS

- 1 IEC 60815 – Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions.
- 2 NBR 5422 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 3 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0004 VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO , preparado para a LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 4 IEC 60060.1 – High-voltage test techniques.
- 5 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0003 DADOS CLIMATOLÓGICOS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 6 Transmission line reference book, 345 kV and above, second edition, 1982.
- 7 Lignes aériennes à haute et très haute tension — règles d'isolation.
- 8 ANSI C2/2002 - National Electrical Safety Code
- 9 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0005 CONDUTOR E PÁRA-RAIOS, preparado para a LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 10 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0010 ISOLADORES E FERRAGENS, preparado para a LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 11 Anexo 6-14 a 6-19 – Edital – Leilão 13/2015 - 2ª parte da ANEEL
- 12 R2 - Estudos para definição das características básicas da LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

ANEXO 1 – RISCO – LT – RISCO FALHA FASE-TERRA

 * PROGRAMA RISCO-LT VERSÃO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PÁGINA - 1*
 LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 10-03-2017

DIÂMETRO DO CABO CONDUTOR (cm): 2.6780
 PESO LINEAR DO CABO CONDUTOR (kg/m): 1.1720
 ESP. HORIZ. ENTRE OS CONDUTORES DO FEIXE (m): 1.0500
 ESP. VERT. ENTRE OS CONDUTORES DO FEIXE (m): 1.2900
 DIST. ESTRUT. SUPER./FIXAÇÃO ISOL. (m): 0.1000
 COMPRIMENTO DE BALANÇO CADEIA ISOL+FERR (m): 7.4300
 ÂNGULO ESTRUTURA SUPERIOR/HORIZONTAL (Graus): 0.0000
 ÂNGULO ESTRUTURA LATERAL/VERTICAL (Graus): -10.0000
 BRAÇO MÍNIMO DA ESTRUTURA (m) : 8.8000
 PASSO DO BRAÇO DA ESTRUTURA (m) : 0.1000
 BRAÇO MÁXIMO DA ESTRUTURA (m) : 8.8000
 ESPESSURA DA ESTRUTURA (m) : 1.2000
 FATOR MULTPL. CURVA SUPORTABILIDADE (p.u.) : 1.0000
 RIS MÍNIMO (p.u.) : 0.9400
 PASSO DE RIS (p.u.) : 0.1000
 RIS MÁXIMO (p.u.) : 0.9400
 DESVIO PADRÃO SUPORTABILIDADE (p.u.) : 0.0500
 DESVIO PADRÃO SOLICITAÇÃO (p.u.) : 0.0500

SOLICITAÇÃO (kV) X No. DE GAPS SUJEITOS À SOLICITAÇÃO:

857.32	168
816.50	168
775.67	168

RELAÇÃO VÃO PESO/VÃO VENTO (p.u.) : 0.7000
³
 DENSIDADE ABSOLUTA DO AR (kg/m) : 1.1210

HISTOGRAMA DE VELOCIDADES HORÁRIA DO VENTO :

FREQUÊNCIA ABSOLUTA	VELOCIDADE VENTO (m/s)	FATOR EFETIVIDADE (p.u.)	ÂNGULO BALANÇO (Graus)
1.	19.40	0.460	17.89

NÚMERO DE PONTOS DO HISTOGRAMA : 1.

RESULTADOS PARA RIS IGUAL A : 0.9400

BRAÇO (m)	RISCO LATERAL (p.u.)	RISCO TOTAL (p.u.)
8.8000	0.102D-07	0.102D-07

ANEXO 2 – RISCO FALHA FASE-FASE

RISCO DE FALHA FASE - FASE

METODOLOGIA:

TRANSMISSION LINE REFERENCE BOOK 345 KV AND ABOVE, 2ND EDITION, 1982

TENSÃO DE REFERÊNCIA $V = 500 \cdot \sqrt{2} / \sqrt{3}$ $V = 408 \text{ KV}$

SOBRETENSÃO FASE-FASE $V_{FF50\%} = 2,50 \text{ P.U.}$

DESVIO PADRÃO SOBRETENSÕES FASE-FASE $\sigma_s = 0,15$

CORREÇÃO PARA CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS PADRÃO $= 0,94$
 $FCA_{man}^{90\%}$

SOBRETENSÃO MÁXIMA FASE-FASE $S_2 = 3,46 \text{ P.U.}$

$S_2 = (V_{FF50\%} + 2 \times \sigma_s \times V_{FF50\%}) / FCA_{man}^{90\%}$

DESVIO PADRÃO SUPORTABILIDADE $\sigma = 0,05$

ESPAÇAMENTOS SUBMETIDOS AO SURTO $N = 1000$

RISCO DE FALHA $= 1 \times 10^{-4}$

FATOR $R = 1,45$

SUPORTABILIDADE ($V_{50\%}$), EM PU $CFO(PU) = 5,01 \text{ P.U.}$
 $CFO(PU) = R \times S_2$

SUPORTABILIDADE ($V_{50\%}$), EM KV $CFO(KV) = 2047 \text{ KV}$
 $CFO(KV) = V \times CFO(PU)$

SUPORTABILIDADE, VALOR ADOTADO, EM KV $CFO(KV) = 2055 \text{ KV}$

ESPAÇAMENTO FASE-FASE MÍNIMO, PARA $\alpha = 0,5$ $E_{FF \text{ MIN}} = 4,95 \text{ M}$

ANEXO 3 - FLASH

----- S H I E L D I N G C A L C U L A T I O N -----

Value of BETA used = .8999999761581421
 THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 1 IS 21.68 DEGREES
 THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 1 IS -41.68 DEGREES

 THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 2 IS 22.20 DEGREES
 THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 2 IS -55.00 DEGREES

----- B A C K F L A S H C A L C U L A T I O N -----

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

----- F I N A L R E S U L T S -----

THE BACKFLASHOVER RATE = 0.7200 FLASHOVERS/100 KM
= 1.1500 FLASHOVERS/100 MI

THE SHIELDING FAILURE
FLASHOVER RATE = 0.0000 FLASHOVERS/100 KM
= 0.0000 FLASHOVERS/100 MI

TOTAL FLASHOVER RATE = 0.7200 FLASHOVERS/100 KM
= 1.1500 FLASHOVERS/100 MI

*****v

ANEXO 4 – ESPAÇAMENTOS MÍNIMOS PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA

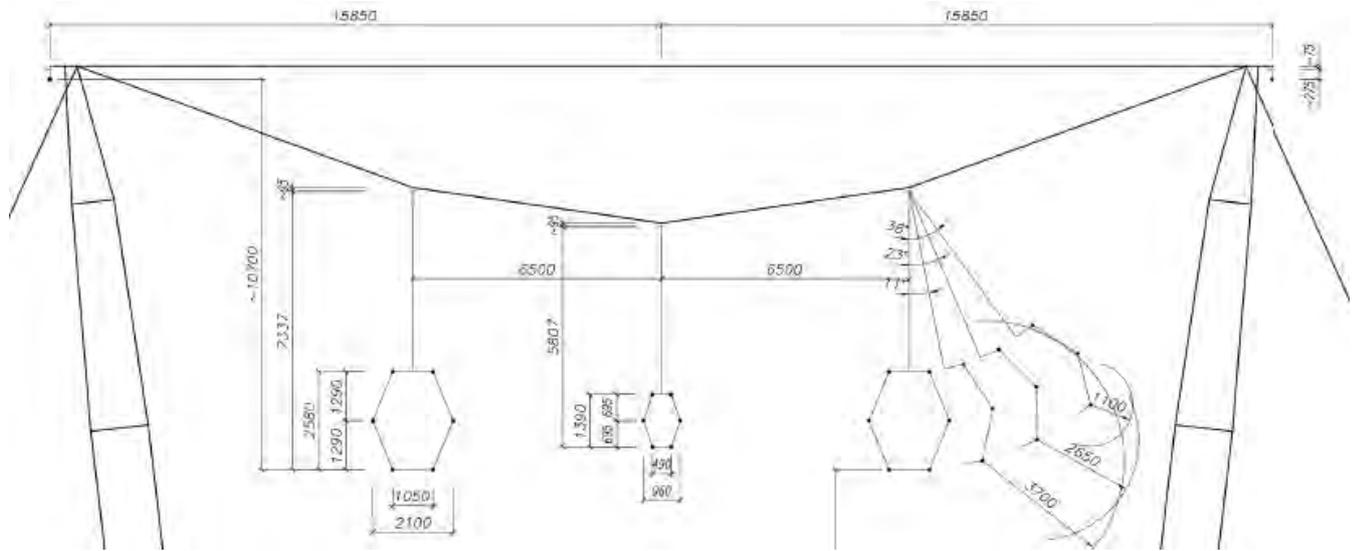
Table 441-2

AC Live Work Minimum Approach Distance With Transient Overvoltage Factor

Distance to employee in meters, phase-to-ground work in Air, barehand, and clear live-line tool							
Maximum anticipated per-unit transient overvoltage factor T	Maximum phase-to-phase voltage in kV						
	72.5 to 121.0	121.1 to 145.0	145.1 to 169.0	196.1 to 242.0	242.1 to 362.0	362.1 to 550.0	550.1 to 800
1,5	0,72	0,73	0,80	1,01	1,36	1,96	3,16
1,6	0,79	0,76	0,83	1,05	1,43	2,12	3,46
1,7	0,86	0,78	0,86	1,10	1,50	2,28	3,78
1,8	0,93	0,81	0,90	1,15	1,57	2,45	4,11
1,9	1,01	0,84	0,93	1,20	1,64	2,62	4,45
2,0	1,07	0,87	0,96	1,24	1,71	2,82	4,84
2,1	1,10	0,90	0,99	1,29	1,78	3,01	5,22
2,2	1,12	0,92	1,03	1,34	1,88	3,20	5,60
2,3	1,14	0,95	1,06	1,38	1,98	3,40	6,00
2,4	1,16	0,98	1,09	1,43	2,08	3,61	6,46
2,5	1,18	1,01	1,12	1,48	2,19	3,84	6,89
2,6	1,20	1,04	1,16	1,52	2,30	4,06	
2,7	1,23	1,06	1,19	1,57	2,41	4,30	
2,8	1,25	1,09	1,22	1,62	2,54	4,56	
2,9	1,27	1,12	1,26	1,66	2,65	4,80	
3,0	1,29	1,15	1,29	1,71	2,77	5,07	

Fonte: Referência [8]

ANEXO 5 – CONFIGURAÇÃO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE



Estrutura Estaiada Leve Tipo V2CRL

02	15/05/17	Alterado Logotipo da AG	AQ	JCS	
01	03/05/17	Resposta aos comentários da EP	AQ	JCS	
00	31/03/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 5 SPE SA					
PROJETO BÁSICO					
ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	31/03/17
TÍTULO					
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2 Lote 15 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL RELATÓRIO COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO					
Nº DOCUMENTO			FOLHA	REVISÃO	
RE-EQT5-L501-PB-ELM-0009-R02			1 de 24	02	

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	ISOLADORES	3
3.	ISOLAMENTO PARA TENSÃO OPERATIVA	4
4.	ISOLAMENTO PARA SOBRETENSÕES DE MANOBRA	6
5.	ISOLAMENTO PARA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	9
6.	ISOLAMENTO PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA	9
7.	DESLOCAMENTO ADMITIDO PARA A CADEIA DE ISOLADORES EM REPOUSO ..	10
8.	CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA DE SUSPENSÃO PREDOMINANTE	10
9.	REFERÊNCIAS.....	11
	ANEXO 1 – RISCO – LT – RISCO FALHA FASE-TERRA.....	12
	ANEXO 2 – RISCO FALHA FASE-FASE.....	14
	ANEXO 3 - FLASH	16
	ANEXO 4 – ESPAÇAMENTOS MÍNIMOS PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA	21
	ANEXO 5 – CONFIGURAÇÃO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE	23

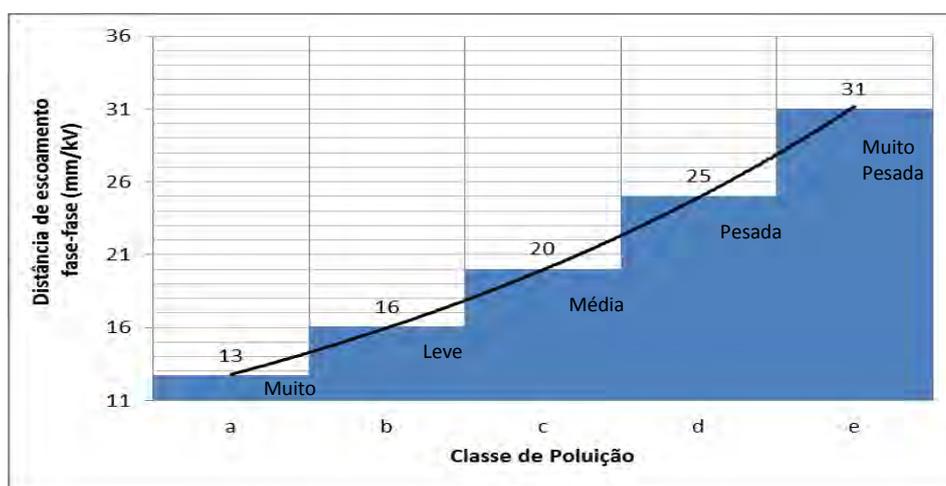
1. OBJETIVO

- 1.1. Definir os parâmetros básicos para o dimensionamento do isolamento da LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2, em circuito simples pertencentes ao Lote 15 do Leilão 0013/2015 – 2º parte.

2. ISOLADORES

2.1. Características Principais e Quantidade Mínima por Cadeia

- 2.1.1 A distância de escoamento específica das cadeias deve atender os requisitos do Edital, tendo como base a IEC 60815.
- 2.1.2 O valor mínimo remete ao nível de poluição “leve” (nível b) da publicação IEC 60815 [1], para o qual é recomendada uma distância de escoamento específica de 16 mm/kV fase-fase.



- 2.1.3 Para as cadeias de suspensão, passagem e ancoragem dos condutores está sendo considerada a utilização de isoladores com as características descritas na tabela 2 que tem os cálculos das cargas mecânicas apresentados na referencia [10]. A quantidade de isoladores é calculada a seguir :

$$N = \frac{V_{\text{máx}} \cdot D_e}{D_i} \text{ onde:}$$

N		número mínimo de isoladores da cadeia
$V_{\text{máx}}$	550 kV	tensão máxima de operação, fase-fase
D_e	16 mm/kV	distância de escoamento específica fase-fase
D_i 160 e 210	380 mm	distância de escoamento, isolador de 160 e 210

Tabela 2 - Isoladores

Característica		
Carga de ruptura	160 kN	210 kN
Engate concha-bola	IEC 60120 - 20	IEC 60120 - 20
Diâmetro do disco	280 mm	280 mm
Diâmetro do pino	21 mm	21 mm
Passo	170 mm	170 mm
Distância de escoamento (Di)	380 mm	380 mm
N - Núm. Mín. Isoladores Cad. Suspensão	23	23
N - Núm. Mín. Isoladores Cad. Ancoragem	24	

2.1.4 A configuração final adotada para as cadeias é indicada a seguir.

Tabela 3 – Cadeia de Isoladores					
Suspensão				Ancoragem	
Leve	Pesada		Jumper	Dupla	
I	I	v		Meio de linha	Terminal
1x23(210 kN)	1x23(210 kN)	2x23(210 kN)	1x23(160 kN)	4x24(160 kN)	4x24(160 kN)

3. ISOLAMENTO PARA TENSÃO OPERATIVA

3.1 Ângulo de Balanço das Cadeias

3.1.1 O Edital especifica que o isolamento à tensão máxima operativa deve ser dimensionado considerando o balanço da cadeia de isoladores sob ação de vento com período de retorno de, no mínimo, 30 anos.

3.1.2 Para o cálculo do ângulo de balanço está sendo adotada a metodologia indicada no item 10.1.4.3 da referência [2] e, velocidade do vento com período de retorno de 50 anos.

3.1.3 Para trecho de paralelismo entre as LT's 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1 e C2 o cálculo do ângulo de balanço está adotando velocidade do vento com período de retorno de 75 anos conforme calculado no relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0018-R00 - RELATORIOS DE CONFIABILIDADE TRECHO PARALELISMO.

3.1.4 Com base no critério indicado no item 3.1.2 anterior é definido a seguir o ângulo de balanço das cadeias de suspensão em alinhamento.

$$tg\beta = k \frac{q_0 \cdot d}{p(V/H)} \quad \text{onde:}$$

- d diâmetro do condutor (m) [9]
- p peso unitário do condutor(kgf/m) [9]
- V/H relação (vão de peso)/(vão de vento) em alinhamento
- q₀ Pressão Dinâmica(kgf/m²) [3]

Parâmetros					Ângulo β	
d	p	V/H	q ₀	k	Calculado	Adotado
(mm)	(kgf/m)	(pu)	(kgf/m ²)	(pu)	(graus)	(graus)
26,78	1,172	0,70	57	0,32	30,8°	31°

3.1.5 Considerando a ação do ventos nas cadeias, o ângulo de aplicação das estruturas e a tração horizontal de incidência no cabo temos a seguinte expressão:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{N_c \cdot 2 \cdot H_{\max} \cdot \sin(\alpha/2) + N_c \cdot k \cdot q_0 \cdot d \cdot V_v + F_{v_{\text{cad}}}/2}{N_c \cdot p \cdot V_p + P_{\text{cad}}/2}; \text{ onde:}$$

N _c	número de Condutores
H _{max}	tração máxima no balanço do condutor
d	diâmetro do condutor [9]
p	peso unitário do condutor [9]
q ₀	Pressão dinâmica [3]
k	figura 7 da referência [2]
P _{cad}	peso da cadeia de isoladores
F _{v_{cad}}	peso da cadeia de isoladores
V _v	vão de vento para ângulo máximo
V _p	vão de peso mínimo da estrutura
α	ângulo máximo da estrutura

Parâmetros					Ângulo β	
N _c	H _{Max}	α	V _v (V _p)	P _{cad} (F _{V_{cad}})	Calculado	Adotado
(quant)	(kgf)	(graus)	(m)	(kgf)	(graus)	(graus)
6	3100	2°	472 (401)	200 (71,15)	35,30°	36°

3.2 Espaçamento Fase - Terra

3.2.1 A solicitação elétrica máxima fase-terra a 60 Hz, valor de pico, é dada pela expressão:

$$V_s = V_{m\acute{a}x} \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$$

3.2.2 Usualmente as curvas ou equações aplicáveis aos valores de suportabilidade elétrica dos espaçamentos fase-terra fornecem a tensão com 50% de probabilidade de descarga, referida a condições atmosféricas padronizadas.

3.2.3 Torna-se necessário, portanto, calcular V50% a partir de V_s conforme indicado a seguir:

$$V_{50\%} = V_s \cdot \frac{k_1}{k_2} \quad \text{onde:}$$

- $V_{50\%}$ tensão fase-terra, valor de pico, a 60 Hz, com 50% de probabilidade de ocorrência de descarga
- V_s conforme item 3.2.1 acima
- k_1 fator de correção para reduzir a probabilidade de ocorrência de descargas a nível compatível com a confiabilidade desejada para a LT
- k_2 fator de correção para as condições atmosféricas da região atravessada pela LT ($FCA_{60Hz}^{99\%}$)

3.2.4 Para a linha de transmissão em estudo está sendo adotado para k_1 valor que situe $V_{50\%}$ três desvios padrão acima de V_s .

3.2.5 Considerando que a distribuição de tensões disruptivas a 60 Hz é normal e que seu desvio padrão é 3%, tem-se:

$$k_1 = \frac{1}{1 - 3 \times 0,03} = 1,10$$

$V_{m\acute{a}x}$	V_s	k_2	$V_{50\%}$	$V_{50\%}$ Adotado	L_{60Hz} (*)
(kV)	(kV)	(pu)	(kV)	(kV)	(m)
550	449,07	0,91	542,84	550	1,10

(*) Espaçamento fase-terra corresponde a tensão $V_{50\%}$ [6] [7] associado ao ângulo de balanço das cadeias (β) das respectivas LT, conforme Tabela 5

4. ISOLAMENTO PARA SOBRETENSÕES DE MANOBRA

4.1 Ângulo de Balanço das Cadeias

4.1.1 Para cálculo do ângulo de balanço está sendo adotada a mesma metodologia apresentada no item 3.1.4 anterior, associada a velocidade do vento com período de retorno de 2 anos (vento frequente).

4.1.2 São indicados a seguir os parâmetros e resultados:

Parâmetros					Ângulo β	
d	p	V/H	q_0	k	Calculado	Adotado
(mm)	(kgf/m)	(pu)	(kgf/m ²)	(pu)	(graus)	(graus)
26,78	1,172	0,70	22	0,46	17,86°	18°

4.1.3 Considerando a ação do ventos nas cadeias, o ângulo de aplicação das estruturas e a tração horizontal de incidência está sendo adotada a mesma metodologia apresentada no item 3.1.5:

Tabela 8 - Ângulo de Balanço das Estruturas Predominantes em ângulo						
Parâmetros					Ângulo β	
Nc	H _{Max}	α	V _v (V _p)	P _{cad} (F _{v_{cad}})	Calculado	Adotado
(quant)	(kgf)	(graus)	(m)	(kgf)	(graus)	(graus)
6	2180	2°	472 (401)	200 (27,46)	22,96°	23°

4.2 Espaçamentos Fase - Terra

4.2.1 Para tensão do surto ocorrendo na LT em estudo está sendo adotado o seguinte valor:

$$V_s = V_n \times F_{surto} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}, \text{ onde:}$$

V_s tensão de surto fase-terra da LT

V_n tensão fase-fase nominal da LT

F_{surto} fator de surto (máxima sobretensão conforme estudos do R2) [12] [13] [14] [15]

Tabela 9 – Tensão de Surto		
V_n	F_{surto}	V_s
(kV)		(kV)
500	2,1	857,32

4.2.2 De modo análogo ao mostrado no item 3.2 anterior o espaçamento para surtos de manobra está sendo calculado de modo que $V_{50\%}$ fique situado 3 desvios padrão acima de V_s ($\sigma=0,05$), devidamente corrigido para as condições atmosféricas características da região atravessada pela LT [4] [5], ou seja:

$$V_{50\%} = V_s \frac{1}{1 - 3\sigma k}$$

Tabela 10 - $V_{50\%}$	
k	$V_{50\%}$ Adotado
(pu)	(kV)
0,94	1073

4.2.3 Essa tensão corresponde aos seguintes espaçamentos fase-terra [6] [7]:

$$L_{SM} = \frac{8 V_{50\%}}{3400k - V_{50\%}} \text{ onde:}$$

- k = 1,35 para espaçamento condutor-estrutura, disposição lateral das fases
- k = 1,20 para espaçamento condutor-estrutura, disposição fase central
- k = 1,40 para espaçamento condutor-estai

Resultando nos seguintes espaçamentos fase-terra:

Tabela 11 – Espaçamento Fase-Terra –Surto Manobra		
Espaçamento Fase-Terra (L _{SM})		
Condutor-Estrutura (*)		Condutor-Estai
Fases Laterais	Fase Central	
(m)	(m)	(m)
2,44	2,85	2,33
(*) Espaçamento condutor – estrutura está associado ao ângulo de balanço das cadeias β para cada LT.		

4.3 Risco de Falha Fase – Terra

4.3.1 O Edital especifica os riscos máximos para falhas fase-terra devido a manobras de religamento e manobras de energização.

4.3.2 A Tabela 12 a seguir apresenta os riscos de falha calculados utilizando o programa RISCO-LT (Anexo 1):

Tabela 12 – Risco da Falha	
Risco de Falha calculado	Risco de Falha Edital
0,102 x 10 ⁻⁷	1 x 10 ⁻³

4.3.3 Conforme pode ser observado o risco total de falha obtido atende ao valor máximo especificado no Edital.

4.4 Risco de Falha Fase – Fase

4.4.1 A LT em estudo utilizam estruturas convencionais autoportantes e/ou estaiadas, com distâncias entre fases suficientemente grandes para tornar altamente improvável uma descarga provocada por surtos fase-fase.

4.4.2 Utilizando a metodologia constante da referência [6] e adotando valores conservativos para as variáveis consideradas foram calculados os espaçamentos fase-fase que seriam necessários para o menor risco de falha para um circuito (10⁻⁴) especificado no Edital.

4.4.3 Conforme Anexo 2 tem-se os seguintes resultados:

Tabela 13 – Espaçamento entre Fases para Risco 10 ⁻⁴ (Estabelecido no Edital)	
Espaçamento entre Fases (m)	
Estrutura	Espaçamento mínimo para Risco máximo de 10 ⁻⁴
6,5	4,95

4.4.4 Os espaçamentos entre fases atendem aos limites de risco de falha fase-fase especificados no Edital.

5. ISOLAMENTO PARA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

5.1 Dados de Entrada

5.1.1 Para avaliação do desempenho da LT quando submetida a surtos atmosféricos foi utilizado o programa FLASH versão. 1.6 .Os dados de entrada adotados para o cálculo são indicados a seguir:

Nível Cerâmico	Estrutura de Referência	Dist. Isolam. (m)	Vão Médio (m)	Flecha (m)	
				Condutor	Para-Raios
50	Anexo 4	3,7	510	21,82	18,79

5.2 Desempenho Calculado

5.2.1 A partir dos parâmetros acima foi calculado o desempenho da LT utilizando o programa FLASH 1.6. O relatório de saída consta do Anexo 3 e é resumido a seguir, considerando que o aterramento da LT apresente resistência de aterramento com valor médio menor ou igual a 20Ω . Quando forem feitas as medições de resistividade poderá ser feita uma nova avaliação com redistribuição das resistências conforme resultados obtidos.

Taxa de desligamentos por 100 km por ano		
Descargas Diretas	Descargas Indiretas	Total
0,00	0,52	0,52

(*) O calculo do desempenho do trecho de paralelismo da LT 500 kV Igarorã III – Janaúba 3 C1 e C2 é calculado no relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0018-R00 - RELATORIOS DE CONFIABILIDADE TRECHO PARALELISMO, pertencente a este projeto básico.

5.2.2 O total de desligamentos por descargas atmosféricas para a LT é inferior a um desligamento por 100 km por ano, conforme Edital [11].

6. ISOLAMENTO PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA

6.1. O Anexo 4 reproduz a tabela 441-2 do NESC/2002 [8] contendo os espaçamentos mínimos recomendados para operações de manutenção em linha viva.

6.2. Para os trabalhos em linha viva, são bloqueados os circuitos de religamento, de forma a não haver surtos de manobra para essa condição.

6.3. Para efeito das distâncias para manutenção em linha viva adotou-se o fator de surto de 2,0 p.u conforme referencia [12] e, considerando uma parcela de 0,8 m para movimentos inadvertidos do técnico da manutenção, tem-se a seguinte distância fase-terra mínima para as LT:

Tabela 16 – Distâncias de Manutenção	
LT	L _{manut} (*) (m)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2	3,7
(*) Distâncias associadas as cadeias em repouso, sem vento	

7. DESLOCAMENTO ADMITIDO PARA A CADEIA DE ISOLADORES EM REPOUSO

7.1. Para o cálculo do ângulo de deslocamento da cadeia em repouso, está sendo considerado o ângulo máximo de aplicação da torre de suspensão predominante, sem vento, associado a um vão de peso indicados abaixo.

7.2. Com base nesse critério, o ângulo de balanço (β) é calculado pela seguinte expressão:

$$tg\beta = \frac{2xHxsen(\alpha/2)}{pxVP} , \text{ onde:}$$

- H Tração EDS
- α Ângulo máximo da torre de suspensão
- p Peso unitário do condutor
- VP Vão de peso adotado no cálculo

Tabela 17 – Ângulos de Balanço sem Vento	
α (graus)	Balanço sem vento
2°	11°
(*) Distâncias associadas as cadeias em repouso, sem vento	

8. CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA DE SUSPENSÃO PREDOMINANTE

8.1. Configuração Geométrica:

A configuração geométrica do topo da estrutura de suspensão predominante da LT é apresentada no Anexo 5.

9. REFERÊNCIAS

- 1 IEC 60815 – Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions.
- 2 NBR 5422 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 3 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0004 VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO , preparado para a LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 4 IEC 60060.1 – High-voltage test techniques.
- 5 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0003 DADOS CLIMATOLÓGICOS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 6 Transmission line reference book, 345 kV and above, second edition, 1982.
- 7 Lignes aériennes à haute et très haute tension — règles d'isolation.
- 8 ANSI C2/2002 - National Electrical Safety Code
- 9 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0005 CONDUTOR E PÁRA-RAIOS, preparado para a LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 10 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0010 ISOLADORES E FERRAGENS, preparado para a LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 11 Anexo 6-14 a 6-19 – Edital – Leilão 13/2015 - 2ª parte da ANEEL
- 12 R2 - Estudos para definição das características básicas da LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

ANEXO 1 – RISCO – LT – RISCO FALHA FASE-TERRA

 * PROGRAMA RISCO-LT VERSÃO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PÁGINA - 1*
 LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C2 10-03-2017

DIÂMETRO DO CABO CONDUTOR (cm): 2.6780
 PESO LINEAR DO CABO CONDUTOR (kg/m): 1.1720
 ESP. HORIZ. ENTRE OS CONDUTORES DO FEIXE (m): 1.0500
 ESP. VERT. ENTRE OS CONDUTORES DO FEIXE (m): 1.2900
 DIST. ESTRUT. SUPER./FIXAÇÃO ISOL. (m): 0.1000
 COMPRIMENTO DE BALANÇO CADEIA ISOL+FERR (m): 7.4300
 ÂNGULO ESTRUTURA SUPERIOR/HORIZONTAL (Graus): 0.0000
 ÂNGULO ESTRUTURA LATERAL/VERTICAL (Graus): -10.0000
 BRAÇO MÍNIMO DA ESTRUTURA (m) : 8.8000
 PASSO DO BRAÇO DA ESTRUTURA (m) : 0.1000
 BRAÇO MÁXIMO DA ESTRUTURA (m) : 8.8000
 ESPESSURA DA ESTRUTURA (m) : 1.2000
 FATOR MULTPL. CURVA SUPORTABILIDADE (p.u.) : 1.0000
 RIS MÍNIMO (p.u.) : 0.9400
 PASSO DE RIS (p.u.) : 0.1000
 RIS MÁXIMO (p.u.) : 0.9400
 DESVIO PADRÃO SUPORTABILIDADE (p.u.) : 0.0500
 DESVIO PADRÃO SOLICITAÇÃO (p.u.) : 0.0500

SOLICITAÇÃO(kV) X No.DE GAPS SUJEITOS À SOLICITAÇÃO:
 857.32 168
 816.50 168
 775.67 168

RELAÇÃO VÃO PESO/VÃO VENTO (p.u.) : 0.7000
 3
 DENSIDADE ABSOLUTA DO AR (kg/m) : 1.1210

HISTOGRAMA DE VELOCIDADES HORÁRIA DO VENTO :

FREQUÊNCIA ABSOLUTA	VELOCIDADE VENTO (m/s)	FATOR EFETIVIDADE (p.u.)	ÂNGULO BALANÇO (Graus)
1.	19.40	0.460	17.89

NÚMERO DE PONTOS DO HISTOGRAMA : 1.

RESULTADOS PARA RIS IGUAL A : 0.9400

BRAÇO (m)	RISCO LATERAL (p.u.)	RISCO TOTAL (p.u.)
8.8000	0.102D-07	0.102D-07

ANEXO 2 – RISCO FALHA FASE-FASE

RISCO DE FALHA FASE - FASE

METODOLOGIA:

TRANSMISSION LINE REFERENCE BOOK 345 KV AND ABOVE, 2ND EDITION, 1982

TENSÃO DE REFERÊNCIA $V = 500 \cdot \sqrt{2} / \sqrt{3}$ $V = 408 \text{ KV}$

SOBRETENSÃO FASE-FASE $V_{FF50\%} = 2,50 \text{ P.U.}$

DESVIO PADRÃO SOBRETENSÕES FASE-FASE $\sigma_S = 0,15$

CORREÇÃO PARA CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS PADRÃO $= 0,94$
 $FCA_{man}^{90\%}$

SOBRETENSÃO MÁXIMA FASE-FASE $S_2 = 3,46 \text{ P.U.}$

$S_2 = (V_{FF50\%} + 2 \times \sigma_S \times V_{FF50\%}) / FCA_{man}^{90\%}$

DESVIO PADRÃO SUPORTABILIDADE $\sigma = 0,05$

ESPAÇAMENTOS SUBMETIDOS AO SURTO $N = 1000$

RISCO DE FALHA $= 1 \times 10^{-4}$

FATOR $R = 1,45$

SUPPORTABILIDADE ($V_{50\%}$), EM PU $CFO(PU) = 5,01 \text{ P.U.}$
 $CFO(PU) = R \times S_2$

SUPPORTABILIDADE ($V_{50\%}$), EM KV $CFO(KV) = 2047 \text{ KV}$
 $CFO(KV) = V \times CFO(PU)$

SUPPORTABILIDADE, VALOR ADOTADO, EM KV $CFO(KV) = 2055 \text{ KV}$

ESPAÇAMENTO FASE-FASE MÍNIMO, PARA $\alpha = 0,5$ $E_{FF \text{ MIN}} = 4,95 \text{ M}$

ANEXO 3 - FLASH

----- S H I E L D I N G C A L C U L A T I O N -----

Value of BETA used = .8999999761581421
 THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 1 IS 21.68 DEGREES
 THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 1 IS -41.68 DEGREES

 THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 2 IS 22.20 DEGREES
 THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 2 IS -55.00 DEGREES

----- B A C K F L A S H C A L C U L A T I O N -----

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current(kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current(kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current(kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current(kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

----- F I N A L R E S U L T S -----

THE BACKFLASHOVER RATE = 0.7200 FLASHOVERS/100 KM
= 1.1500 FLASHOVERS/100 MI

THE SHIELDING FAILURE
FLASHOVER RATE = 0.0000 FLASHOVERS/100 KM
= 0.0000 FLASHOVERS/100 MI

TOTAL FLASHOVER RATE = 0.7200 FLASHOVERS/100 KM
= 1.1500 FLASHOVERS/100 MI

*****v

ANEXO 4 – ESPAÇAMENTOS MÍNIMOS PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA

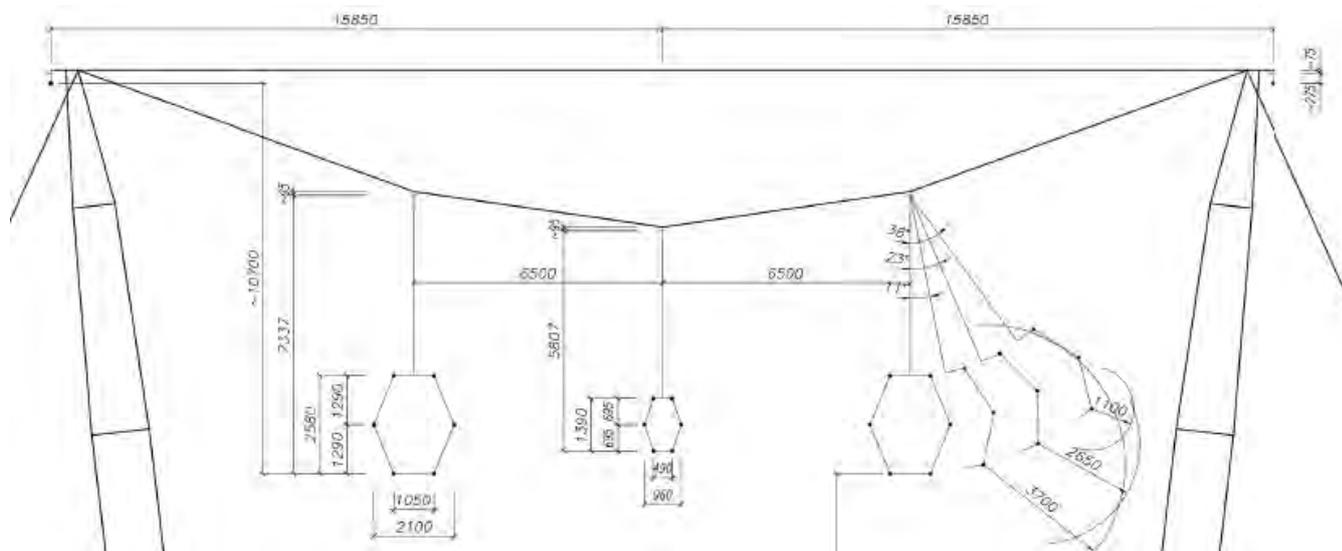
Table 441-2

AC Live Work Minimum Approach Distance With Transient Overvoltage Factor

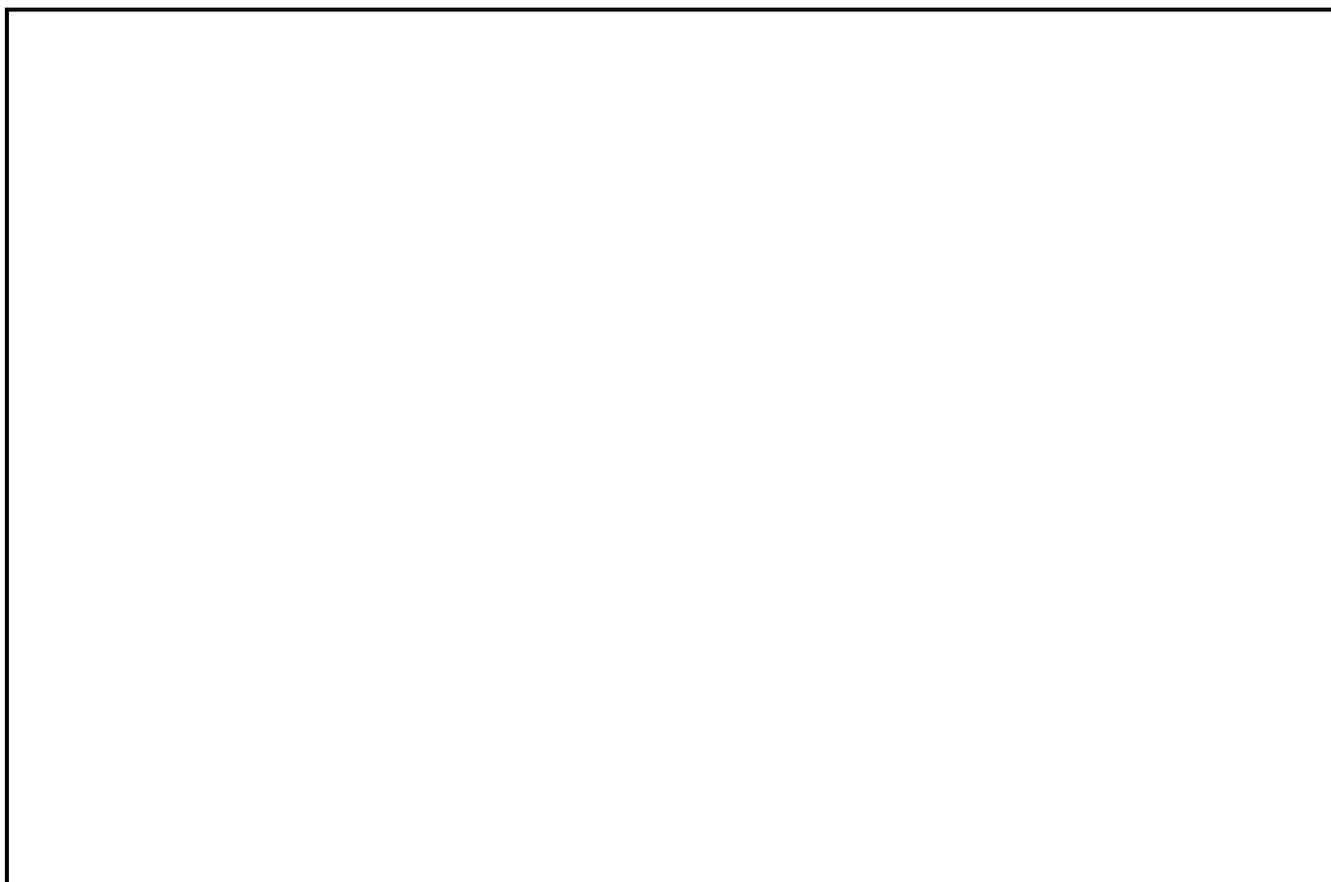
Distance to employee in meters, phase-to-ground work in Air, barehand, and clear live-line tool							
Maximum anticipated per-unit transient overvoltage factor T	Maximum phase-to-phase voltage in kV						
	72.5 to 121.0	121.1 to 145.0	145.1 to 169.0	196.1 to 242.0	242.1 to 362.0	362.1 to 550.0	550.1 to 800
1,5	0,72	0,73	0,80	1,01	1,36	1,96	3,16
1,6	0,79	0,76	0,83	1,05	1,43	2,12	3,46
1,7	0,86	0,78	0,86	1,10	1,50	2,28	3,78
1,8	0,93	0,81	0,90	1,15	1,57	2,45	4,11
1,9	1,01	0,84	0,93	1,20	1,64	2,62	4,45
2,0	1,07	0,87	0,96	1,24	1,71	2,82	4,84
2,1	1,10	0,90	0,99	1,29	1,78	3,01	5,22
2,2	1,12	0,92	1,03	1,34	1,88	3,20	5,60
2,3	1,14	0,95	1,06	1,38	1,98	3,40	6,00
2,4	1,16	0,98	1,09	1,43	2,08	3,61	6,46
2,5	1,18	1,01	1,12	1,48	2,19	3,84	6,89
2,6	1,20	1,04	1,16	1,52	2,30	4,06	
2,7	1,23	1,06	1,19	1,57	2,41	4,30	
2,8	1,25	1,09	1,22	1,62	2,54	4,56	
2,9	1,27	1,12	1,26	1,66	2,65	4,80	
3,0	1,29	1,15	1,29	1,71	2,77	5,07	

Fonte: Referência [8]

ANEXO 5 – CONFIGURAÇÃO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE



Estrutura Estaiada Leve Tipo V2CRL



Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
01	15/05/17	Atendimento aos comentários da EP	AQ	JCS	
00	24/04/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	



EQUATORIAL TRANSMISSORA 5 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	24/04/17

TÍTULO

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
Lote 15 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO ISOLADORES E FERRAGENS

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT5-L501-PB-ELM-0010-R01	1 de 24	01

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	Condutor e Cabos Para-Raios	3
2.1.	Configuração das Fases	3
2.2.	Característica dos Condutores e Para-raios	3
3.	ISOLADORES	4
3.1.	Tipos	4
3.2.	Calculo Mecânico das Cadeias	4
3.3.	Quantidade por Cadeia	4
3.4.	Materiais	4
3.5.	Ensaio de Tipo	4
3.6.	Ensaio de Rotina	5
3.7.	Ensaio de Aceitação	5
4.	FERRAGENS	5
4.1.	Cadeias de Suspensão e Ancoragem	5
4.2.	Emendas	7
4.3.	Espaçadores Amortecedores	7
4.4.	Amortecedores de Vibração	7
4.5.	Esferas de Sinalização	8
4.6.	Reparos	8
4.7.	Ferragens para Aterramento dos Cabos Para-raios	8
4.8.	Ferragens para Aterramento das Estruturas	8
5.	Ensaio De Tipo Para Ferragens	8
5.1.	Ensaio de RIV e Corona	8
5.2.	Ensaio de Arco de Potência	9
5.3.	Ensaio de Ciclo Térmico	9
5.4.	Ensaio de Escorregamento	9
5.5.	Ensaio de Resistência a Ruptura	9
5.6.	Ensaio dos Espaçadores Amortecedores	9
5.7.	Ensaio dos Amortecedores de Vibração	10
6.	Ensaio de Rotina Para Ferragens	10
6.1.	Peças Forjadas	10
6.2.	Peças Fundidas	10
6.3.	Chapas Trabalhadas	10
6.4.	Partes Não Metálicas	11
6.5.	Inspeção por Partículas Magnéticas	11
6.6.	Inspeção Radiográfica	11
7.	Ensaio de Aceitação para Ferragens	11
7.1.	Todas as Ferragens	11
7.2.	Cupilhas dos Engates Concha-Bola	11
7.3.	Espaçadores amortecedores	12
7.4.	Amortecedores de Vibração	12
7.5.	Esferas de Sinalização	12
8.	referências	12
	Anexo 1 – Desenhos das Cadeias	13
	Anexo 2 – Calculo de Cargas nos Isoladores	22

1. OBJETIVO

- 1.1 Definir as características principais para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2, em circuito simples pertencentes ao Lote 15 do Leilão 0013/2015 – 2º parte.
- 1.2 Este relatório procura definir os itens relacionados abaixo:
- Cadeias de isoladores e ferragens para suspensão e ancoragem dos condutores.
 - Cadeias de ferragens para suspensão e ancoragem dos cabos para-raios.
 - Acessórios para o condutor: espaçadores, amortecedores, emendas e reparos.
 - Acessórios para os cabos para-raios: amortecedores, emendas, reparos (cabos CAA), cordoalhas para aterramento e esferas de sinalização.
 - Acessórios para o fio contrapeso: conectores para emenda e para fixação às cantoneiras de ancoragem e às hastes de aterramento.

2. CONDUTOR E CABOS PARA-RAIOS

2.1. Configuração das Fases.

2.1.1 Cada fase da LT é formada por 6 condutores dispostos em feixe elíptico

2.1.2 A LT utiliza estruturas em circuito simples com dois cabos para-raios.

2.2. Característica dos Condutores e Para-raios.

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS DOS CABOS CONDUTORES							
Nome	TIPO (Norma)	BITOLA (kcmil)	FORMAÇÃO	Seção (mm ²)	Diâmetro (mm)	Peso (kgf/m)	Carga de Ruptura (kgf)
AAAC 1120 838 kcmil	AAAC Liga 1120 (AS 1531)	838	37 fios	425,16	26,78	1,172	9.471
Lupine (*)	AAC (AL 1350)	2500	91 fios	1266,76	46,31	3,542	18.900

(*) O cabo Lupine será utilizado apenas na cadeia de Jumper

TABELA 2 – CARACTERÍSTICAS DOS CABOS PARA-RAIOS							
TIPO	BITOLA	FORMAÇÃO	Classe Galvan.	Seção (mm ²)	Diâm. (mm)	Peso (kgf/m)	Carga de Ruptura (kgf)
CAA DOTTEREL	176,9 kcmil	12/7	A Engraxado	141,89	15,42	0,657	7.857
Aço zinc. EHS	3/8"	7 fios	B	51,08	9,14	0,407	6.985
OPGW 1 (Loose)	16,75 mm	12 fios aço-alumínio Tubo óptico metálico	-	159,00	16,75	0,768	9.888
OPGW 2 (Loose)	13,4 mm	9 fios aço-galvanizado Tubo óptico metálico	B	103,00	13,4	0,682	9.477

3. ISOLADORES

3.1. Tipos

3.1.1 Abaixo definido os tipos de isoladores a ser empregado na LT:

	Valor	
Carga de ruptura	160 kN	210 kN
Engate concha-bola	IEC 60120 - 20	IEC 60120 - 20
Diâmetro do disco	280 mm	280 mm
Diâmetro do pino	21 mm	21 mm
Passo	170 mm	170 mm
Distância de escoamento	380 mm	380 mm

3.2. Cálculo Mecânico das Cadeias

3.2.1 O cálculo das cargas mecânicas das ferragens e isoladores para a série de estruturas da LT constam do anexo 2.

3.3. Quantidade por Cadeia

$N_{SUSP} = 23$ isoladores de 210 kN	ISC-21 (cadeia de suspensão fase central)
$N_{SUSP} = 23$ isoladores de 210 kN	ISL-21 (cadeia de suspensão simples fase lateral)
$N_{SUSP} = 23$ isoladores de 210 kN	VSC-21 (cadeia de suspensão em "V" fase central)
$N_{SUSP} = 23$ isoladores de 160 kN	IP-16 (cadeia de passagem (3 x lupine))
$N_{ANCO} = 4 \times 24$ isoladores de 160 kN	AQC-16 (cadeia quadrupla de ancoragem fase central)
$N_{ANCO} = 4 \times 24$ isoladores de 160 kN	AQL-16 (cadeia quadrupla de ancoragem fase lateral)

3.4. Materiais

Dielétrico	– vidro temperado ou porcelana obtida por via úmida.
Campânulas	– ferro fundido maleável ou nodular, zincado por imersão a quente.
Pinos	– aço forjado, zincado por imersão a quente.
Cupilhas	– aço inoxidável AISI 301, 302 ou 304.

3.5. Ensaio de Tipo

3.5.1 Os isoladores, individualmente, devem ser submetidos aos seguintes ensaios de acordo com as normas técnicas aplicáveis. :

- Tensão disruptiva à frequência industrial, a seco e sob chuva.
- Tensão crítica de descarga sob impulso atmosférico, positiva e negativa.
- Perfuração Elétrica sob Impulso de Ar
- Tensão de rádio interferência.
- Carga mantida de 24 horas.
- Resistência ao impacto.
- Resistência residual.
- Desempenho termomecânico.

- i) Verificação dimensional.

3.6. Ensaios de Rotina

3.6.1 Todos os isoladores, individualmente, devem ser submetidos aos seguintes ensaios de rotina de acordo com as normas técnicas aplicáveis:

- a) Inspeção visual.
- b) Ensaio mecânico de rotina.
- c) Ensaio elétrico de rotina (somente para isoladores de porcelana).
- d) Choque térmico (somente para peças de vidro temperado, antes da montagem).

3.7. Ensaios de Aceitação

3.7.1 Os isoladores e as cupilhas devem ser submetidos aos ensaios de aceitação relacionados a seguir, por amostragem, de acordo com as normas técnicas aplicáveis.

3.6.1.1 Ensaios de Aceitação dos Isoladores

- a) Verificação dimensional.
- b) Verificação dos deslocamentos axial e radial.
- c) Ciclo de temperatura (somente para isoladores de porcelana).
- d) Carga de ruptura eletromecânica (somente para isoladores de porcelana).
- e) Carga de ruptura mecânica (somente para isoladores de vidro temperado).
- f) Choque térmico (somente para isoladores de vidro temperado).
- g) Perfuração sob impulso.
- h) Porosidade (somente para isoladores de porcelana).
- i) Zincagem (peso e uniformidade da camada de zinco).

3.6.1.2 Ensaios de Aceitação das Cupilhas

- a) Inspeção visual
- b) Verificação dimensional.
- c) Resistência ao dobramento.
- d) Dureza.
- e) Operação.

4. FERRAGENS

4.1. Cadeias de Suspensão e Ancoragem

4.1.1 Todos os componentes das cadeias de fixação do condutor e dos cabos pára-raios, exceto grampos de suspensão e ancoragem, devem ser fabricados em aço forjado ou, alternativamente, em ferro fundido maleável ou nodular, e zincados por imersão a quente. Todos os componentes das cadeias de isoladores deverão ser produzidos e ensaiados conforme normas técnicas constantes neste projeto básico. Os componentes e acessórios deverão atender aos limites térmicos de operação das linhas.

4.1.2 As cupilhas das conexões tipo concha-bola e os contrapinos utilizados nos pinos e parafusos devem ser de aço inoxidável AISI 301, 302 ou 304.

4.1.3 Os grampos de suspensão do condutor e dos cabos para-raios CAA devem ser constituídos por berço e calha fabricados em liga de alumínio. O grampo de suspensão para o cabo 3/8" EAR poderá ser fabricado em liga de alumínio ou aço forjado.

- 4.1.4 As cadeias de suspensão dos condutores e dos cabos para-raios devem utilizar armaduras de vergalhões pré-formados ou, alternativamente, grampos de suspensão tipo AGS (armor-grip suspension). Os vergalhões utilizados nas cadeias dos cabos CAA devem ser fabricados em liga de alumínio, com hélice à direita; os utilizados nas cadeias do cabo 3/8" EAR devem ser fabricadas em aço zincado a quente, classe A, com hélice à esquerda. As cadeias de passagem não utilizam armaduras pré-formadas.
- 4.1.5 Os grampos de ancoragem do condutor e cabos para-raios devem ser do tipo à compressão.
- 4.1.6 Todas as ferragens com engates tipo concha-bola devem ser compatíveis com os correspondentes isoladores e cadeias especificados no capítulo 3.
- 4.1.7 As cadeias de suspensão e ancoragem do condutor devem ser projetadas de modo a permitir o uso de ferramentas para manutenção em linha viva.
- 4.1.8 Os componentes das cadeias do condutor situados no lado energizado devem ser projetados de modo a:
- reduzir ao mínimo o efeito corona;
 - suportar, sem perda de suas características elétricas e mecânicas, as temperaturas de longa e curta duração previstas para o condutor (2).
- 4.1.9 As cadeias de suspensão e ancoragem do condutor devem ser submetidas aos ensaios de RIV/Corona e Arco de Potência descritos nos itens 5.1 e 5.2 deste relatório.
- 4.1.10 As cadeias de suspensão "1" devem atender o desempenho especificado nos itens 5.1 e 5.2, preferencialmente, sem utilizar anéis. Os anéis, caso utilizados, devem ter formato e fixação aos balancins que permitam sua colocação e retirada utilizando ferramentas de manutenção em linha viva.
- 4.1.11 As cadeias de ancoragem devem ser providas de anéis anticorona no lado energizado para permitir uma melhor distribuição do campo elétrico. O formato dos anéis e os detalhes de fixação aos balancins deverão ser compatibilizados com as distâncias fase-terra previstas no projeto das linhas de transmissão e sua fixação aos balancins devem permitir sua colocação e retirada utilizando ferramentas de manutenção em linha viva.
- 4.1.12 São indicadas a seguir as cargas mínimas de ruptura dos componentes das cadeias de fixação do condutor e dos cabos para-raios:

Componente	Carga de Ruptura
Cadeias de suspensão e ancoragem dos para-raios	120 kN
Cadeia de suspensão ISC-21, ISL-21 e VSC-21	210 kN
Cadeia de passagem IP-16	160 kN

Cadeia de ancoragem quádrupla ADC-16 e ADL-16 (aplicada na torre de ancoragem meio de linha)

peças em linha com uma penca de isoladores	160 kN
peças em linha com um condutor	120 kN

Componente	Carga de Ruptura
peças suportando as quatro pencas de isoladores ou os dois subcondutores	640 kN
Grampos de ancoragem do condutor e para-raios	A carga de ruptura (e/ou a carga de escorregamento) deve ser, no mínimo, 95% da carga de ruptura do cabo ao qual se destinam.
Grampos de suspensão do condutor e para-raios	A carga de ruptura deve ser, no mínimo, 60% da carga de ruptura do cabo ao qual se destinam.

4.1.13 Os grampos de suspensão, com os parafusos de fixação da calha apertados com o torque recomendado pelo fabricante, devem ter uma resistência ao escorregamento igual a, no mínimo, 25% da carga de ruptura do cabo ao qual se destinam.

4.1.14 Os grampos de suspensão devem ser projetados de modo que o ângulo de saída dos cabos, em ambos os lados, seja $\geq 15^\circ$.

4.1.15 As características dimensionais básicas das cadeias de suspensão e ancoragem do condutor e cabos para-raios são apresentadas nos desenhos constantes do Anexo 1.

4.2. Emendas

4.2.1 As emendas do condutor e cabos para-raios podem ser do tipo a compressão ou constituídas por varetas pré-formadas externas e de enchimento (caso necessário) em liga de alumínio, com hélice à direita (cabos CAA) e varetas pré-formadas em aço zincado a quente, com hélice à esquerda (alma de aço dos cabos CAA e cabo 3/8" EAR).

4.2.2 As emendas devem ter uma resistência, tanto a ruptura como ao escorregamento, igual a, no mínimo, 95% da carga de ruptura do cabo ao qual se destinam.

4.3. Espaçadores Amortecedores

4.3.1 A LT utiliza espaçadores amortecedores dispostos nos condutores conforme item 2.1.1. Os espaçadores amortecedores devem ser instalados no ponto médio dos vãos superiores a 300 m ou a cada terço do vão, em vãos superiores a 700 m.

4.3.2 Os espaçadores amortecedores devem permitir sua instalação ou retirada utilizando ferramentas de manutenção em linha viva, sem a completa separação de seus componentes. Deve ser possível retirar e reinstalar os grampos sem danificar os parafusos de fixação ou os condutores.

4.3.3 O sistema de grampeamento deve ser projetado de forma a garantir que a tampa não deslize quando for apertada e que o torque dado na instalação será mantido ao longo de toda a vida útil da LT, mesmo após a deformação plástica do condutor decorrente de ciclos térmicos, envelhecimento, etc. Com esse objetivo o sistema de grampeamento deve incluir um mecanismo de armazenamento de energia que compense a deformação plástica dos fios de alumínio.

4.4. Amortecedores de Vibração

4.4.1 Os amortecedores de vibração utilizados nos condutores e cabos para-raios CAA e 3/8 "EAR devem ser do tipo Stockbridge.

- 4.4.2 Os amortecedores de vibração utilizados nos cabos para-raios OPGW devem ser do tipo preformado SVD.
- 4.4.3 Os amortecedores devem ser capazes de amortecer efetivamente as vibrações eólicas, sem o auxílio de outros acessórios. Essa capacidade de amortecimento deve ser comprovada através dos ensaios de tipo relacionados no item 5.7 deste relatório.
- 4.4.4 Os grampos de fixação do amortecedor nos cabos CAA devem ser de liga de alumínio. Os amortecedores destinados ao cabo 3/8" EAR poderão utilizar grampos de aço zincado a quente.
- 4.4.5 Cada peso do amortecedor deve possuir um orifício de drenagem posicionado na parte inferior do mesmo, quando instalado. O cabo mensageiro deve ser do tipo EAR, zincado a quente, classe A, com limite de fadiga não inferior a 15 kgf/mm².

4.5. Esferas de Sinalização

- 4.5.1 As esferas a serem instaladas nos cabos para-raios devem ter 60 cm de diâmetro, espessura não inferior a 2,5 mm e atender os requisitos da norma NBR 15237 no que se refere aos materiais utilizados e ao detalhamento do projeto. Devem ser fabricadas na cor laranja internacional (Munsell 2.5 YR 6/14).
- 4.5.2 As esferas devem ser projetadas para instalação nos cabos para-raios de tal forma que não se movimentem ao longo do cabo durante a vida útil da LT.

4.6. Reparos

- 4.6.1 Os reparos utilizados no condutor e nos cabos para-raios CAA devem ser constituídos por varetas pré-formadas em liga de alumínio, com hélice à direita.
- 4.6.2 O conjunto de varetas aplicáveis ao condutor deve ser projetado com pontas chanfradas de modo a reduzir o efeito corona.

4.7. Ferragens para Aterramento dos Cabos Para-raios

- 4.7.1 Os cabos para-raios devem ser solidamente aterrados em todas as estruturas utilizando cordoalha de cobre estanhado fixada aos grampos de suspensão ou ancoragem dos cabos e à estrutura.
- 4.7.2 O comprimento da cordoalha e as dimensões de seus terminais devem ser definidos em função da configuração definitiva dos conjuntos de suspensão e ancoragem dos cabos para-raios.

4.8. Ferragens para Aterramento das Estruturas

- 4.8.1 Serão utilizadas as seguintes hastes de aterramento conforme o tipo de contrapeso a ser utilizado:
- a) Cabo contrapeso de aço zincado 3/8" SM: haste de aterramento L40X40X5 mm, de comprimento 2400 mm, com conector de aterramento Ø M12;

5. ENSAIOS DE TIPO PARA FERRAGENS

5.1. Ensaio de RIV e Corona

- 5.1.1 As cadeias de suspensão e ancoragem do condutor devem ser submetidas a ensaios de RIV e Corona conforme indicado a seguir. Devem também ser submetidos a esses ensaios os acessórios do condutor, ou seja, espaçadores amortecedores, amortecedores, emendas e reparos pré-formados.
- 5.1.2 As cadeias devem ser montadas no laboratório em estruturas que reproduzam a configuração das torres utilizadas na linha de transmissão de modo a simular as

condições reais de operação e os correspondentes gradientes elétricos nos condutores.

- 5.1.3 As cadeias de suspensão e ancoragem, os espaçadores amortecedores, os amortecedores, as emendas e os reparos pré-formados não deverão apresentar corona visível quando submetidos a uma tensão fase-terra de 335 kV, 60 Hz, valor eficaz.
- 5.1.4 Para as cadeias de suspensão e ancoragem do condutor as tensões de RIV, medidas conforme norma NEMA 107, deverão ser inferiores a 500 μ V estando as cadeias submetidas a uma tensão fase-terra de 320 kV, 60 Hz, valor eficaz.
- 5.1.5 Para os espaçadores amortecedores, amortecedores, emendas e reparos pré-formados do condutor, ensaiados nas mesmas condições e submetidos à mesma tensão fase-terra indicada no item 5.1.4 acima, as tensões de RIV, medidas conforme norma NEMA 107, devem ser inferiores a 200 μ V.

5.2. Ensaio de Arco de Potência

- 5.2.1 Devem ser realizados ensaios de arco de potência em protótipos dos conjuntos de suspensão e ancoragem aplicáveis ao condutor. O arranjo do laboratório e dos conjuntos sendo ensaiados deve reproduzir as condições de utilização das cadeias na LT, principalmente no que se refere às distâncias entre partes vivas e aterradas e ao circuito de retorno da corrente.
- 5.2.2 Um protótipo de cada conjunto deve ser submetido a três correntes de arco de 50 kA, valor eficaz, alimentação desbalanceada e duração de 0,10 s, 0,10 s e 0,30 s.
- 5.2.3 Um segundo protótipo de cada conjunto deve ser submetido a três correntes de arco de 10 kA, valor eficaz, alimentação balanceada e duração de 0,20 s, 0,20 s e 0,50 s.
- 5.2.4 Os conjuntos de suspensão e ancoragem do condutor serão considerados aprovados se, após os ensaios:
- a) Não ocorrer a separação de nenhum componente ou isolador das cadeias;
 - b) As cargas de ruptura dos componentes afetados pelos arcos forem superiores a 80% do valor mínimo garantido pelo Fornecedor.

5.3. Ensaio de Ciclo Térmico

- 5.3.1 Devem ser submetidos ao ensaio os grampos de ancoragem à compressão e terminais de passagem e os conjuntos de emenda do condutor. O ensaio deve ser realizado de acordo com a norma NEMA C119.4, método CCT, classe C (125 ciclos).

5.4. Ensaio de Escorregamento

- 5.4.1 Os grampos de suspensão devem ser submetidos a ensaios que permitam relacionar a carga de escorregamento com o torque aplicado aos parafusos de fixação da calha.

5.5. Ensaio de Resistência a Ruptura

- 5.5.1 Os componentes das cadeias de suspensão e ancoragem do condutor e cabos para-raios e os conjuntos de emenda do condutor e cabos para-raios devem ser submetidos a ensaios de ruptura para comprovar seu atendimento às cargas de projeto. As cargas devem ser aplicadas aos componentes de modo a reproduzir as condições de operação, quando instalados na linha de transmissão.

5.6. Ensaios dos Espaçadores Amortecedores

- 5.6.1 Protótipos dos espaçadores amortecedores devem ser submetidos aos ensaios relacionados a seguir conforme especificado nas normas técnicas aplicáveis. O projeto

do espaçador amortecedor deverá atender os parâmetros definidos na Norma IEC 61854::

- a) Exame visual.
- b) Verificação dimensional.
- c) Escorregamento do grampo.
- d) Aperto dos parafusos de fixação dos grampos nos cabos.
- e) Simulação de corrente de curto-circuito e ensaios de tração e compressão.
- f) Flexibilidade.
- g) Fadiga (vibração eólica, duração 10^8 ciclos).
- h) Resistência elétrica.

5.7. Ensaios dos Amortecedores de Vibração

5.7.1 Protótipos dos amortecedores a serem utilizados nos condutores e cabos pára-raios devem ser submetidos aos ensaios relacionados a seguir conforme especificado nas normas técnicas aplicáveis:

- a) Exame visual.
- b) Verificação dimensional.
- c) Escorregamento do grampo.
- d) Aperto do parafuso de fixação do grampo nos cabos.
- e) Fixação dos pesos no cabo mensageiro.
- f) Fixação do grampo no cabo mensageiro.
- g) Capacidade de amortecimento.
- h) Resistência à fadiga.

6. ENSAIOS DE ROTINA PARA FERRAGENS

6.1. Peças Forjadas

- | | |
|----------------------------|--|
| a) Matéria prima | exame visual e ensaios mecânicos e químicos. |
| b) Após forjadas | exame visual e dimensional, ensaios metalográficos. |
| c) Após tratamento térmico | ensaios mecânicos e metalográficos. |
| d) Após zincagem | espessura, acabamento e aderência da camada de zinco. |
| e) Peças acabadas | exame visual e dimensional, ensaios mecânicos, compatibilidade com outras peças. |

6.2. Peças Fundidas

- | | |
|----------------------------|--|
| a) Matéria prima | exame visual e análise química. |
| b) Após fundidas | exame visual e dimensional. |
| c) Após tratamento térmico | ensaios mecânicos e metalográficos. |
| d) Após zincagem | espessura, acabamento e aderência da camada de zinco. |
| e) Peças acabadas | exame visual e dimensional, ensaios mecânicos, compatibilidade com outras peças. |

6.3. Chapas Trabalhadas

- | | |
|------------------|--|
| a) Matéria prima | exame visual e dimensional, ensaios mecânicos e análise química. |
|------------------|--|

- b) Após operações de corte, furação e dobramento exame visual e dimensional
- c) Após tratamento térmico e soldagem (se aplicável) exame visual e dimensional, exame das soldas.
- d) Após zincagem espessura, acabamento e aderência da camada de zinco.
- e) Peças acabadas exame visual e dimensional, ensaios mecânicos, compatibilidade com outras peças.

6.4. Partes Não Metálicas

- a) Matéria prima análise química.
- b) Durante a fabricação propriedades elétricas e mecânicas.
- c) Peças acabadas *exame visual e dimensional, compatibilidade com outras peças.*

6.5. Inspeção por Partículas Magnéticas

- 6.5.1 Antes da zincagem amostras das peças fundidas e forjadas de material ferroso devem ser submetidas à inspeção magnética de acordo com a norma ASTM E709 utilizando a magnetização circular e longitudinal pelo método contínuo.
- 6.5.2 Todas as seções de uma peça devem ser inspecionadas, inclusive parafusos e pinos. Devem ser utilizadas partículas magnéticas fluorescentes como meio de inspeção.

6.6. Inspeção Radiográfica

O ensaio deve ser efetuado em amostras dos grampos de suspensão fabricados em liga de alumínio. As condições internas dos grampos devem ser verificadas com base nos padrões definidos na norma ASTM E155.

7. ENSAIOS DE ACEITAÇÃO PARA FERRAGENS

Os materiais acabados devem ser submetidos aos ensaios de aceitação especificados nos itens 7.1 a 7.5 de acordo com as normas técnicas aplicáveis.

7.1. Todas as Ferragens

- 7.1.1 Todos os tipos de ferragens devem ser submetidos aos seguintes ensaios, por amostragem:
 - a) Exame visual.
 - b) Verificação dimensional (acabamento, encaixe e dimensões).
 - c) Resistência mecânica à ruptura.
 - d) Zincagem (espessura, acabamento e aderência da camada de zinco).
- 7.1.2 Adicionalmente cada tipo específico de material deve ser submetido, por amostragem, aos ensaios relacionados nos itens 7.2 a 7.5 a seguir.

7.2. Cupilhas dos Engates Concha–Bola

- a) Dobramento.
- b) Dureza.
- c) Operação.

7.3. Espaçadores amortecedores

- a) Escorregamento do grampo.
- b) Aperto dos parafusos de fixação dos grampos nos condutores.

7.4. Amortecedores de Vibração

- a) Escorregamento do grampo.
- b) Aperto dos parafusos de fixação do grampo nos cabos.
- c) Fixação dos pesos no cabo mensageiro.
- d) Fixação do grampo no cabo mensageiro.

7.5. Esferas de Sinalização

- a) Resistência ao impacto.
- b) Aderência da pintura.
- c) Escorregamento.
- d) Torque nos parafusos.

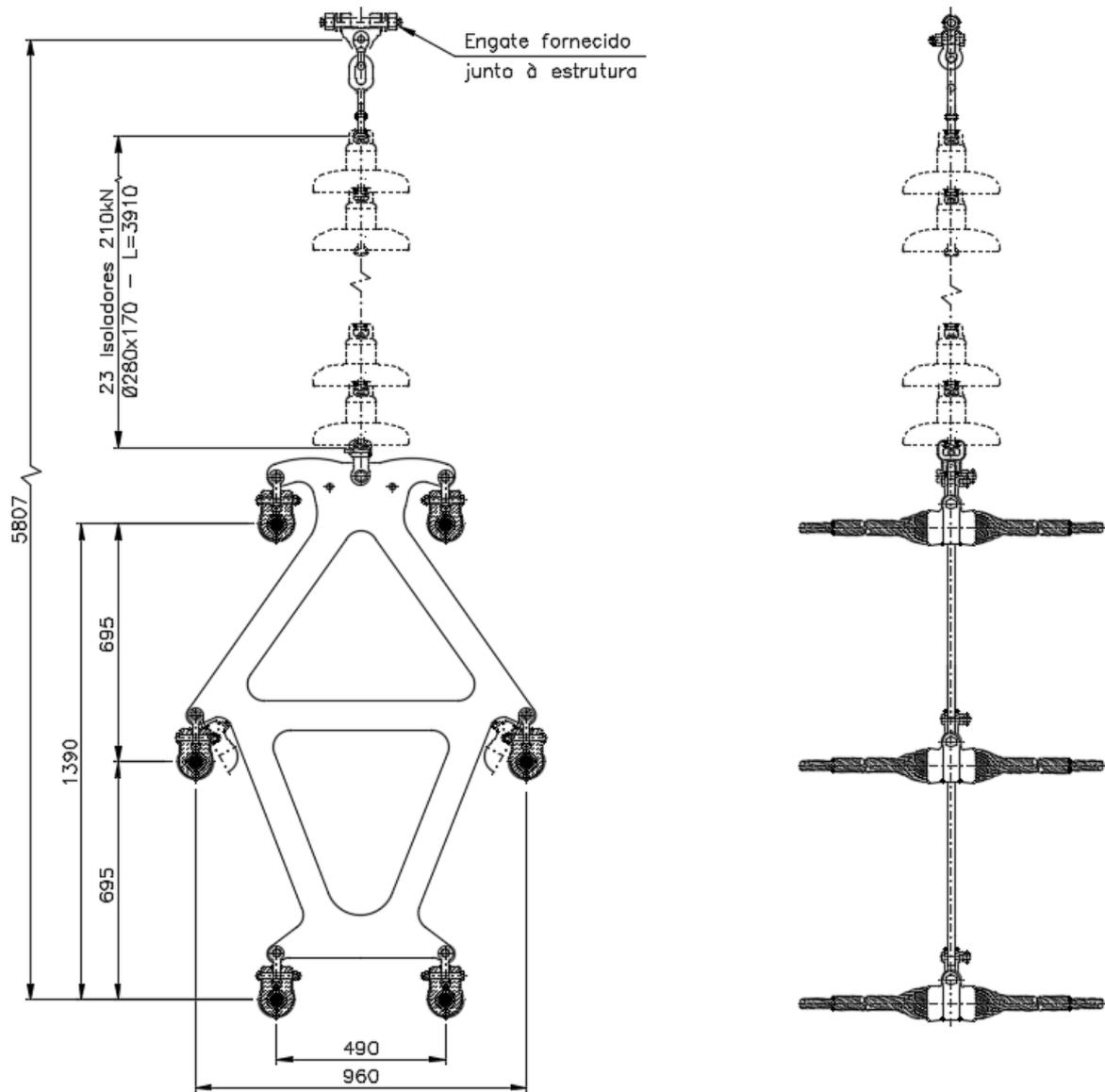
8. REFERÊNCIAS

- 1 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0002 NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS, preparado para a LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 2 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0005 CONDUTOR E PÁRA-RAIOS, preparado para a LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 3 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0009 COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO, preparado para a LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 4 Relatório, RE-EQT5-L501-PB-ELM-0012 SISTEMA DE ATERRAMENTO, preparado para a LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

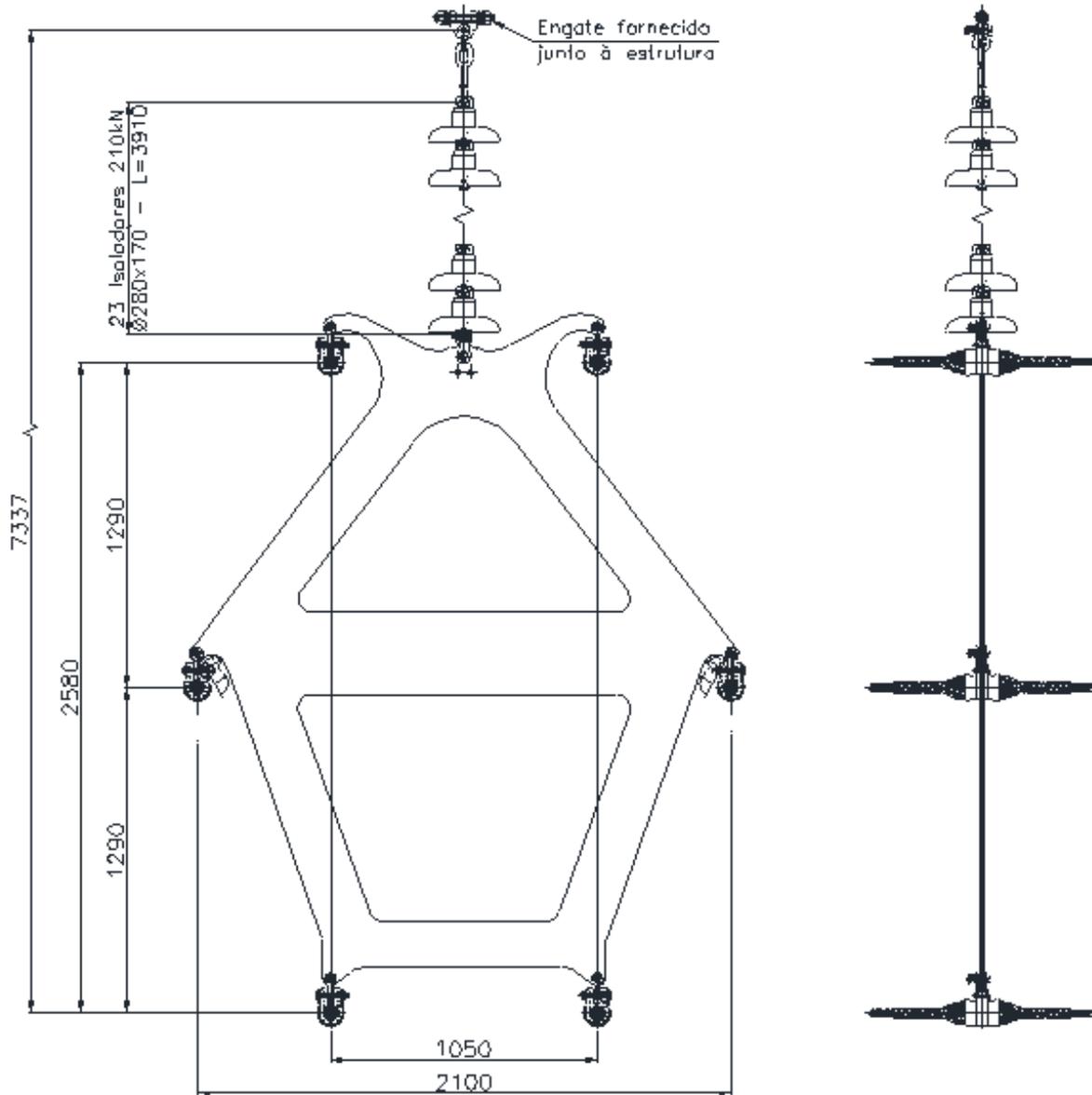
Anexo 1 – Desenhos das Cadeias

NOTAS GERAIS APLICÁVEIS A TODOS OS DESENHOS

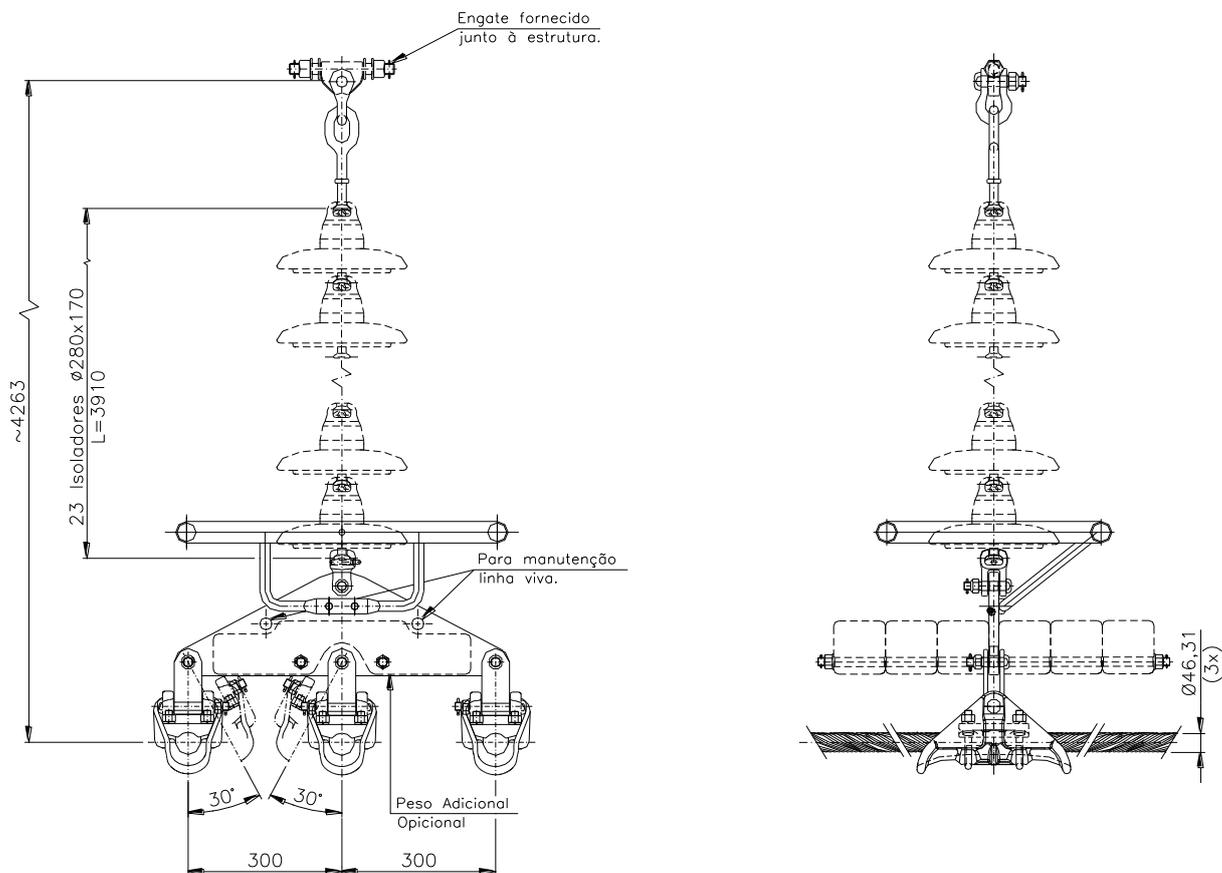
1. Para características dos condutores e cabos para-raios referir-se ao item 2.3 deste relatório.
2. Para características dos isoladores utilizados nas cadeias de suspensão e ancoragem dos condutores referir-se ao item 3 deste relatório.
3. Todas as dimensões estão em milímetro.



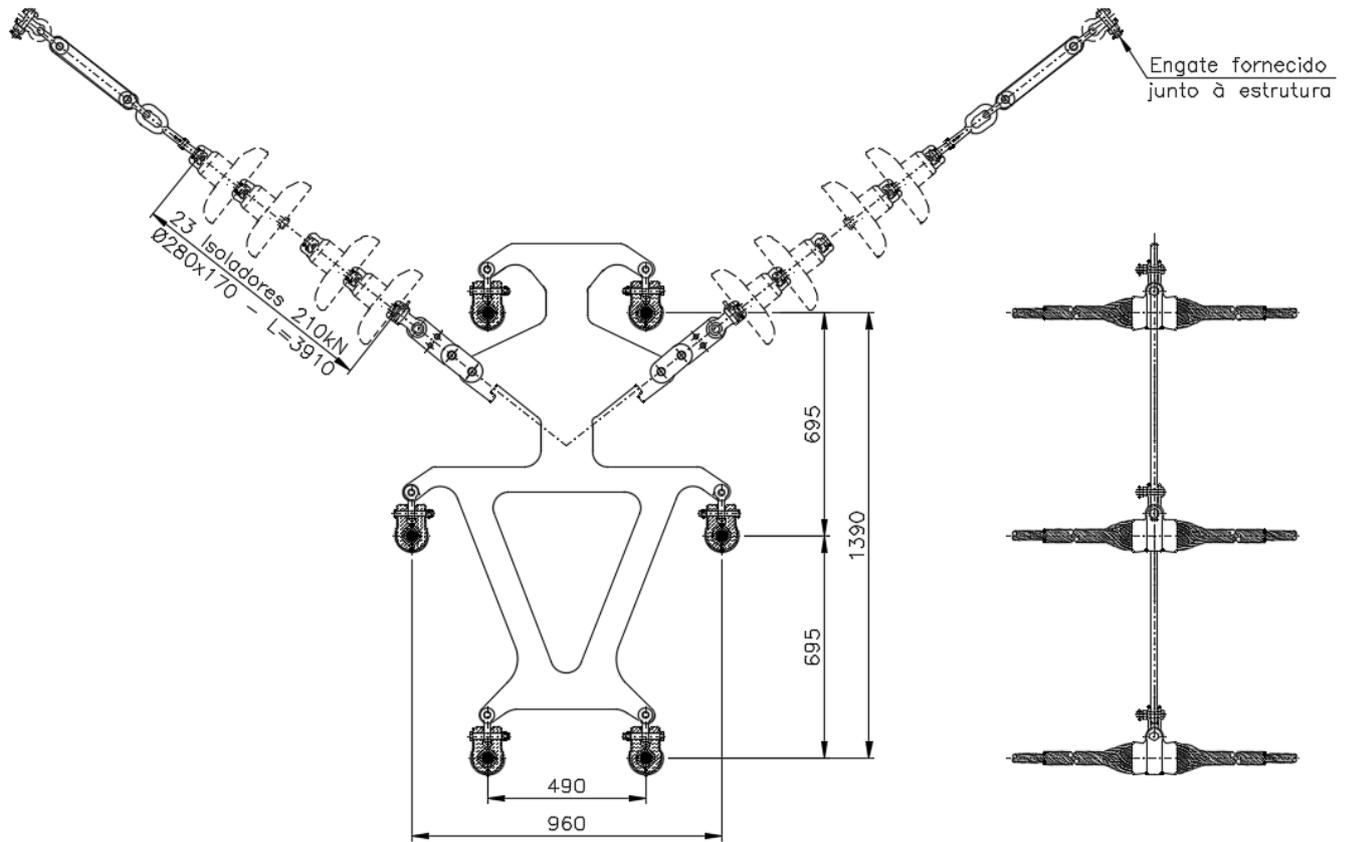
CADEIA DE SUSPENSÃO SIMPLES FASE CENTRAL ISC-21



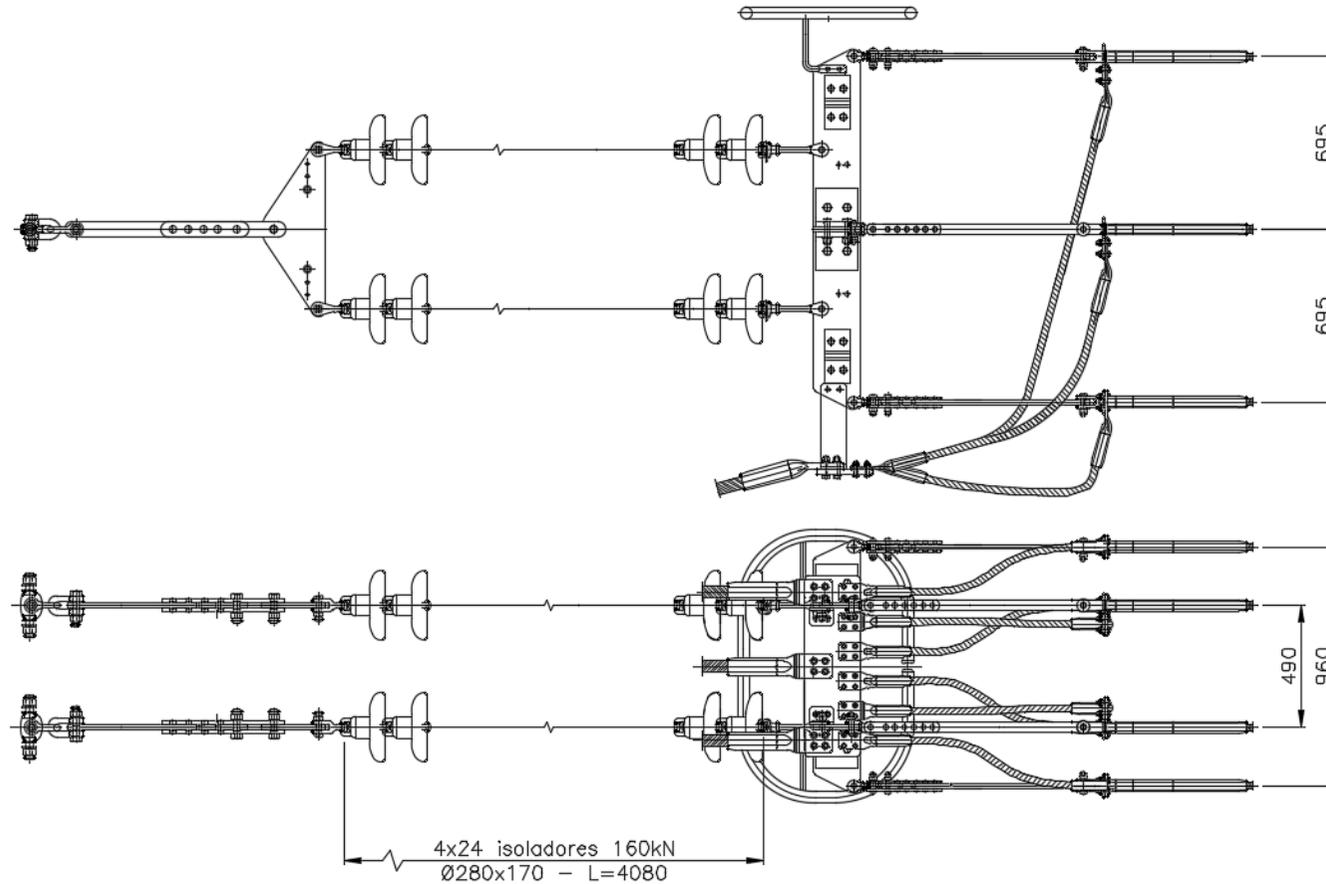
CADEIA DE SUSPENSÃO SIMPLES FASE LATERAL ISL-21



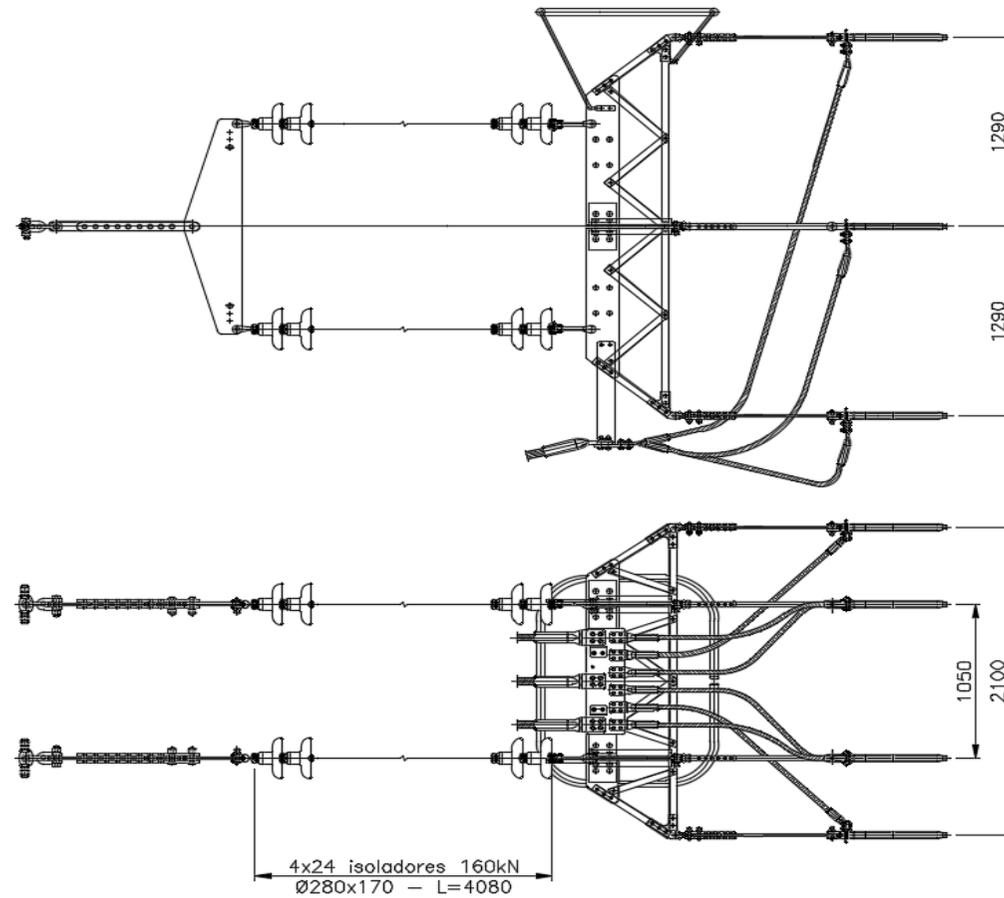
CADEIA DE JUMPER IP-16 (3 X CA LUPINE)



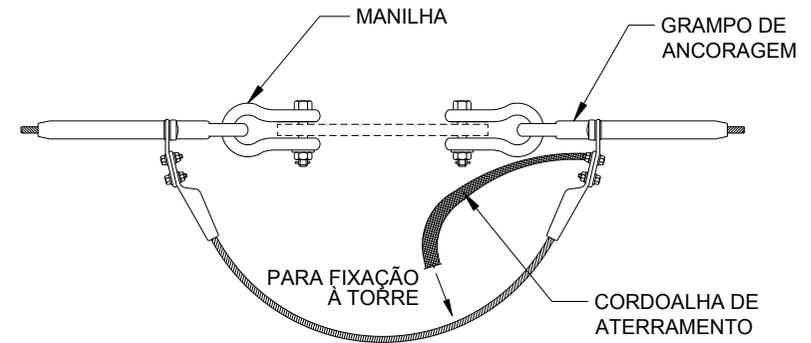
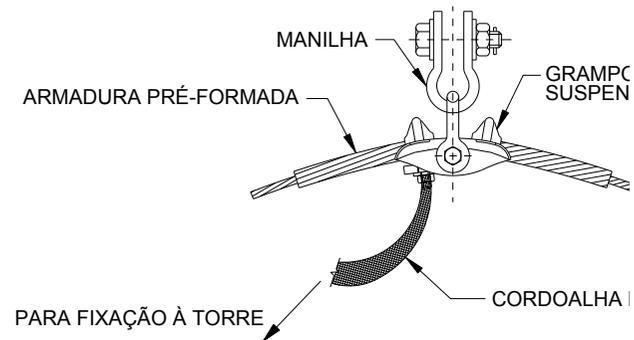
CADEIA DE SUSPENSÃO EM "V" FASE CENTRAL VSC-21



CADEIA DE ANCORAGEM QUÁDRUPLA FASE CENTRAL AQC-16

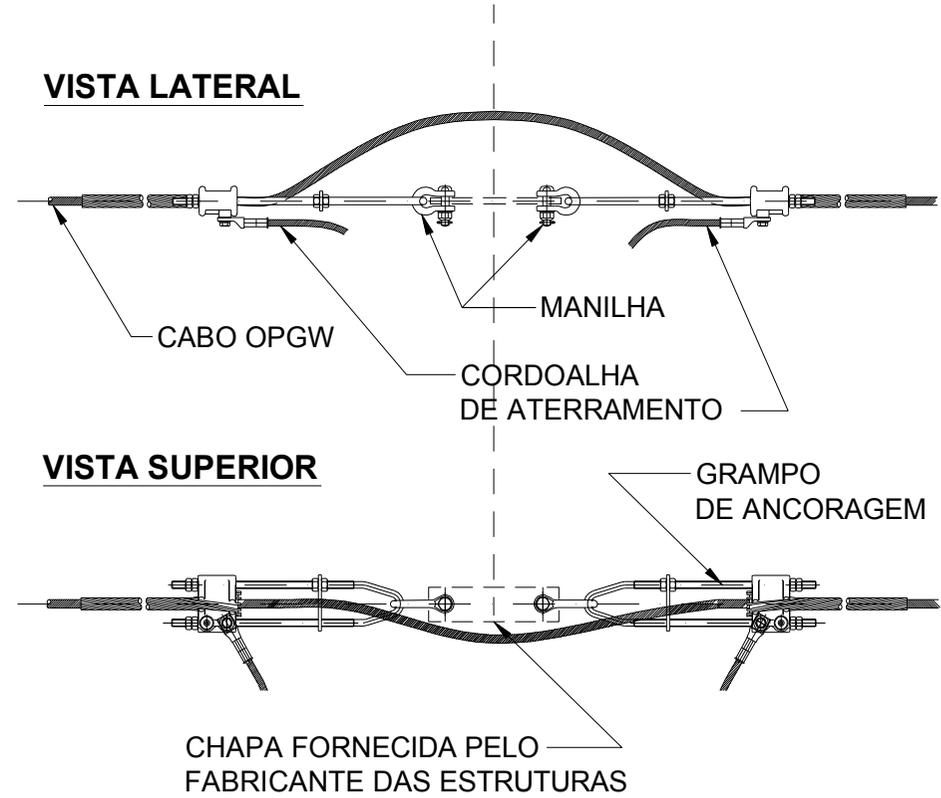
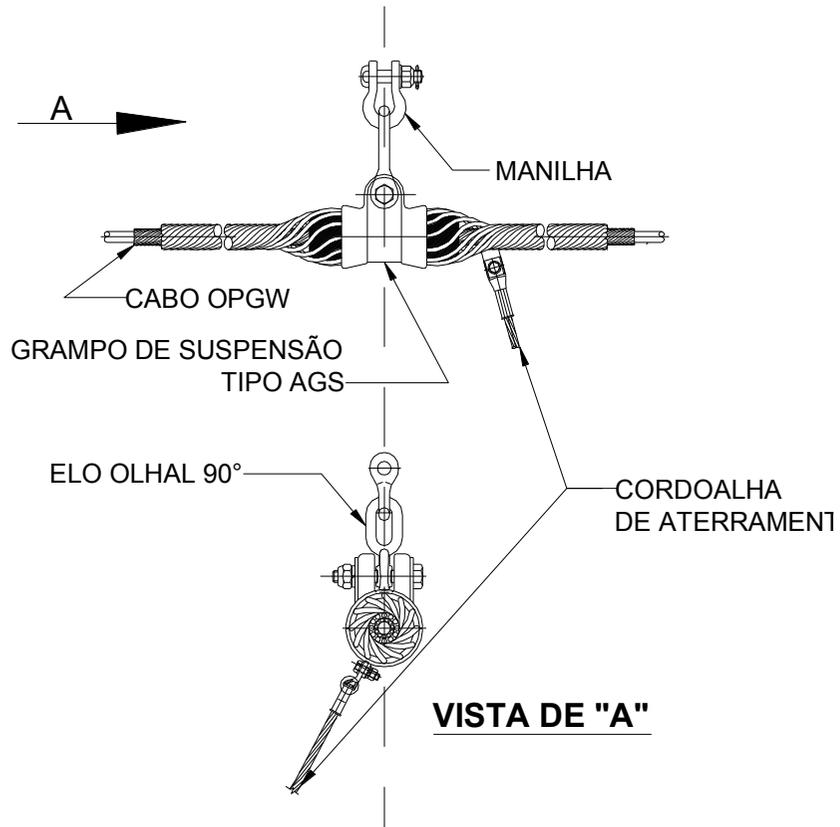


CADEIA DE ANCORAGEM QUÁDRUPLA FASE LATERAL AQL-16



Para notas gerais, ver folha 15

CADEIAS DE SUSPENSÃO E ANCORAGEM DOS CABOS PARA-RAIOS CAA DOTTEREL E 3/8" EAR



Para Notas Gerais, ver folha 15

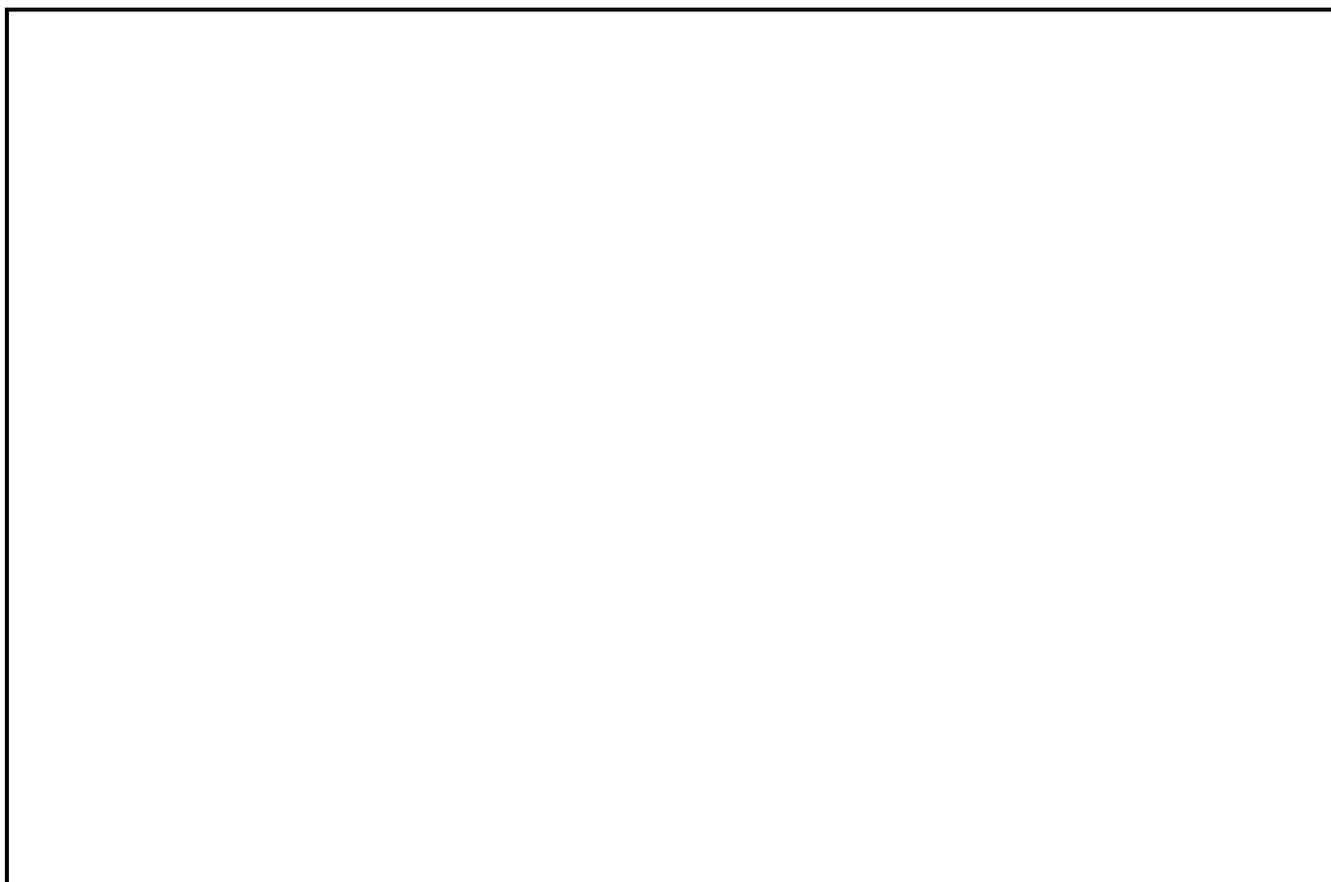
CONJUNTOS DE SUSPENSÃO E ANCORAGEM DOS CABOS PARA-RAIOS OPGW

Anexo 2 – Calculo de Cargas nos Isoladores

ESTRUTURA ESTAIADA LEVE V1CRL E V1SL											
Hipótese de Carga	Carregamentos						ISOLADOR (kN)				
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Penca	Calculado	FINAL	Adotado
					Fator	Crítério					
VENTO EXTREMO	6079	6086	0	8602	0,6	Limite Escoamento	III	1	141	160	210
RUPTURA DO CONDUTOR	397	6086	381	6111	0,6	Limite Escoamento	III	1	100	120	
CONSTRUÇÃO	570	11134	1066	11199	0,6	Limite Escoamento	III	1	183	210	
ESTRUTURA DE SUSPENSÃO AUTOPORTANTE V1SP											
Hipótese de Carga	Carregamentos						ISOLADOR (kN)				
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Penca	Calculado	FINAL	Adotado
					Fator	Crítério					
VENTO EXTREMO	8444	7704	0	11430	0,6	Limite Escoamento	IVI	1	187	210	210
RUPTURA DO CONDUTOR	1190	7704	381	7804	0,6	Limite Escoamento	IVI	1	128	160	
CONSTRUÇÃO	1711	12104	1066	12271	0,6	Limite Escoamento	IVI	1	201	210	
ESTRUTURA DE SUSPENSÃO AUTOPORTANTE V1TR											
Hipótese de Carga	Carregamentos						ISOLADOR (kN)				
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Penca	Calculado	FINAL	Adotado
					Fator	Crítério					
VENTO EXTREMO	6868	6895	0	9732	0,6	Limite Escoamento	IVI	1	159	160	210
RUPTURA DO CONDUTOR	794	6895	381	6951	0,6	Limite Escoamento	IVI	1	114	120	
CONSTRUÇÃO	1141	11619	1066	11723	0,6	Limite Escoamento	IVI	1	192	210	

Nota: Nos cálculos das cargas para dimensionamento dos isoladores foram considerados vento máximo e ruptura para cargas transversais e longitudinais com fator de sobrecarga 1,0 e cargas verticais com fator de sobrecarga de 1,15. Para hipótese de construção foram considerados para cargas transversais e longitudinais fator de sobrecarga de 1,5 e cargas verticais fator de sobrecarga de 1,15.

ESTRUTURA DE ANCORAGEM V1AA											
Hipótese de Carga	Carregamentos						ISOLADOR (kN)				
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Penca	Calculado	FINAL	Adotado
					Fator	Crítério					
VENTO EXTREMO	15485	9237	3150	18304	0,6	Limite Escoamento	Quadruplo Anco	4	75	120	160
RUPTURA DO CONDUTOR	8460	10161	13076	18596	0,6	Limite Escoamento	Quadruplo Anco	4	76	120	
CONSTRUÇÃO	8460	2997	1066	9039	0,6	Limite Escoamento	Quadruplo Anco	4	37	120	
ESTRUTURA DE ANCORAGEM V1AT											
Hipótese de Carga	Carregamentos						ISOLADOR (kN)				
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Penca	Calculado	FINAL	Adotado
					Fator	Crítério					
VENTO EXTREMO	25615	9237	3150	27411	0,6	Limite Escoamento	Quadruplo Anco	4	112	120	160
RUPTURA DO CONDUTOR	16344	10161	13076	23267	0,6	Limite Escoamento	Quadruplo Anco	4	95	120	
CONSTRUÇÃO	16344	2997	1066	16651	0,6	Limite Escoamento	Quadruplo Anco	4	68	120	
VENTO EXTREMO TERMINAL	15115	9237	21000	27473	0,6	Limite Escoamento	Quadruplo Anco	4	112	120	



00	28/04/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado

		
---	---	---

EQUATORIAL TRANSMISSORA 5 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	28/04/17

TÍTULO

**LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
Lote 15 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO SISTEMA DE ATERRAMENTO**

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT5-L501-PB-ELM-0012-R00	1 de 71	00

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO DO PROJETO	3
3.	CAMPANHA DE MEDIÇÃO DE RESISTIVIDADE DO SOLO.....	3
4.	CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE ATERRAMENTO	3
5.	DETALHAMENTO DO SISTEMA DE ATERRAMENTO	4
6.	MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO	6
7.	REFERÊNCIAS.....	7

1. OBJETIVO

1.1 Definir o Sistema de Aterramento a ser utilizado nas estruturas da LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2 em circuito simples pertencentes ao Lote 15 do Leilão 013/2015 – 2º parte.

2. RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO DO PROJETO

2.1 Conforme mostrado na referência (1), para que seja alcançado o desempenho a descargas atmosféricas especificado no Edital a resistência de aterramento das estruturas está sendo limitada a 20 Ω .

2.2 Serão aceitas estruturas esparsas com resistências de aterramento superiores ao valor acima desde que no trecho situado em torno das estruturas em questão a média das resistências de aterramento atenda o limite especificado.

3. CAMPANHA DE MEDIÇÃO DE RESISTIVIDADE DO SOLO

3.1 Para que possam ser selecionados os tipos de fundações a serem instalados em cada estrutura, está prevista a realização de uma campanha de investigação dos solos (2) a ser empreendida tão logo tenha sido concluído o projeto de plotação inicial.

3.2 Simultaneamente com a investigação geotécnica acima mencionada deve ser realizada uma campanha de medição de resistividade dos solos da região atravessada pela linha de transmissão.

3.3 A resistividade do solo deve ser medida tão próximo quanto possível do marco central das estruturas usando preferencialmente instrumentos com cinco terminais, sendo dois de potencial, dois de corrente e um de guarda.

3.4 Deve ser medida a resistividade nos seguintes pontos:

- a) locais extremamente secos;
- b) locais com indícios de rocha a baixa profundidade;
- c) local de uma a cada cinco estruturas, pelo menos.

3.5 Além dos valores medidos os relatórios devem fornecer as condições climatológicas na ocasião em que foram realizadas as medições de resistividade, indicar se o solo estava seco ou úmido, se havia chovido recentemente, se a época do ano correspondia à estação chuvosa ou seca, etc.

3.6 Deverá ser apresentado certificado de calibração do instrumento de medição válido na data em que as medições forem executadas.

3.7 Indicar a existência de cercas e linhas de transmissão paralelas ou próximas aos pontos de medição. Neste caso devem ser adotados cuidados especiais de segurança.

4. CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE ATERRAMENTO

4.1. Configuração Geométrica

4.1.1 Para reduzir a resistência ao valor especificado no capítulo 2 acima está sendo proposto um sistema de aterramento constituído por quatro ramais de fio contrapeso conectados às cantoneiras de ancoragem dos pés das estruturas autoportantes e aos mastros e estais das estruturas estaiadas.

4.1.2 Os quatro ramais afastam-se das estruturas em formação radial até o limite da faixa de servidão, passando em seguida a correr paralelo aos limites da faixa.

4.1.3 Em locais de resistividade elevada e desde que a consistência do solo permita os quatro ramais de fio contrapeso serão complementados por quatro hastes de aterramento. As hastes

deverão ser enterradas a uma profundidade em torno de 3,0 m e conectadas às estruturas utilizando ramais curtos de fio contrapeso.

4.2. Efetividade do Contrapeso e das Hastes de Aterramento

4.2.1 O uso de contrapeso e de hastes de aterramento e sua efetividade na proteção de LTs contra surtos atmosféricos são temas que vêm sendo estudados há várias décadas, havendo um volume substancial de literatura sobre o assunto (3) (4) (5) (6).

4.2.2 São indicados a seguir alguns pontos do conhecimento acumulado sobre o uso de contrapeso e hastes de aterramento, relevantes para o projeto do sistema de aterramento a ser adotado:

- a) O contrapeso é efetivo na redução do número de descargas devidas a surtos atmosféricos, tanto instalado no sentido perpendicular aos condutores como no sentido paralelo. O contrapeso é marginalmente mais efetivo (5 a 10%) quando instalado paralelamente aos condutores.
- b) Contrapesos muito longos são menos efetivos do que o mesmo comprimento subdividido em vários ramais menores adequadamente afastados entre si.
- c) A eficácia do contrapeso depende do comprimento dos ramais instalados; contudo, a partir de comprimentos da ordem de 120 metros as melhoras no desempenho passam a ser pouco significativas.
- d) Ramais excessivamente curtos não devem ser usados pois causam reflexões da onda do surto, prejudicando o desempenho do sistema de aterramento. Respeitados os limites da faixa de servidão o espaçamento entre ramais deve ser o maior possível.
- e) O material e bitola do contrapeso têm pouca influência na sua eficácia como redutor da resistência de aterramento das estruturas, devendo ser selecionados visando a facilidade de manuseio e instalação e sua resistência à corrosão, assim como sua capacidade de transportar a parcela das correntes de curto-circuito que descem pelas estruturas e escoam para o solo.
- f) A profundidade de enterramento do contrapeso tem pouca influência sobre seu desempenho e deve ser escolhida visando protegê-lo contra atos de vandalismo.
- g) Hastes de aterramento enterradas verticalmente também são efetivas na redução do número de descargas devidas a surtos atmosféricos.
- h) O desempenho das hastes depende principalmente de seu comprimento enterrado, porém essa relação não é linear, havendo melhoras apenas marginais a partir de comprimentos enterrados elevados. Na maior parte dos solos uma profundidade enterrada em torno de 3,0 m tem-se mostrado satisfatória.
- i) O desempenho do sistema de aterramento pode ser melhorado conectando-se várias hastes em paralelo.
- j) Se a distância entre as hastes for suficientemente grande quando comparada com o comprimento individual de cada haste, a resistência tenderá a ser reduzida na mesma proporção do número de hastes. Caso contrário haverá interferência entre os campos elétricos das várias hastes e a conseqüente redução de sua eficácia.

5. DETALHAMENTO DO SISTEMA DE ATERRAMENTO

5.1. Especificação do Contrapeso e Conectores Associados

5.1.1 Será utilizado como contrapeso o cabo de aço zincado por imersão a quente (classe B) 3/8"

SM, com 9,144 mm de diâmetro. Esse material tem sido extensivamente usado com sucesso como contrapeso em linhas de transmissão de todas as classes de tensão.

5.1.2 São indicadas a seguir as principais características do cabo contrapeso selecionado:

Características Gerais do Cabo Contrapeso

Tipo	Aço Zincado, 3/8", SM
Diâmetro do cabo	9,144 mm
Diâmetro dos fios individuais	3,05 mm
Seção transversal do cabo	51,08 mm ²
Número de fios	7
Massa unitária	0,407 kg/m
Carga de ruptura mínima	3.151 kgf
Alongamento mínimo em 610 mm	8%
Classe da zincagem	B
Peso mínimo da camada de zinco	520 g/m ²
Sentido do encordoamento da camada externa	A esquerda

5.1.3 Os ramais de contrapeso serão solidamente ligados às cantoneiras de ancoragem das pernas das estruturas autoportantes e aos mastros das estruturas estaiadas por meio de conectores aparafusados, fabricado de aço, zincados por imersão a quente, ou de bronze estanhado ou alumínio estanhado, conforme o tipo de contrapeso.

5.1.4 Nas estruturas estaiadas os ramais de contrapeso serão estendidos até os estais e conectados aos mesmos por meio de grampos paralelos fabricados de aço, zincados por imersão a quente, ou aparafusados de bronze estanhado ou alumínio estanhado, conforme tipo do contrapeso.

5.1.5 Os ramais serão enterrados em valetas com 80 cm de profundidade e comprimento correspondente à fase de aterramento selecionada para a estrutura. Se necessário serão acrescentados comprimentos adicionais de fio contrapeso utilizando grampos paralelos aparafusados, fabricados em aço e zincados por imersão a quente, ou de bronze estanhado ou alumínio estanhado, conforme o tipo do contrapeso.

5.1.6 Os parafusos, porcas e arruelas utilizados nos conectores mencionados nos itens acima poderão ser de aço zincado por imersão a quente.

5.2. Especificação das Hastes de Aterramento e Conectores Associados

5.2.1 Serão utilizadas as seguintes hastes de aterramento conforme o tipo de contrapeso a ser utilizado:

- a) Cabo contrapeso de aço zincado 3/8" SM: haste de aterramento L40X40X5 mm, de comprimento 2400 mm, com conector de aterramento Ø M12;

5.3. Arranjo Físico do Sistema de Aterramento

5.3.1 O sistema de aterramento será formado por quatro ramais de contrapeso ligados às estruturas conforme indicado nos itens 5.1.3 e 5.1.4 anteriores. Hastes de aterramento

poderão ser acrescentadas aos ramais de contrapeso conforme definido nas fases especificadas no item 5.4 a seguir.

- 5.3.2 Os quatro ramais devem se afastar dos pontos de fixação às estruturas em direções radialmente opostas, formando ângulos de 45° com o eixo da linha de transmissão (torres autoportantes) ou orientados na direção das fundações dos estais (torres estaiadas).
- 5.3.3 Ao atingir pontos situados a 0,5 metros do limite da faixa de servidão os ramais devem passar a se deslocar paralelamente à faixa, em sentidos opostos, até terem sido instalados comprimentos de contrapeso por ramais correspondentes à fase de aterramento selecionada para a estrutura em questão.

5.4. Definição das Fases do Sistema de Aterramento

- 5.4.1 O sistema de aterramento proposto compreende cinco fases normais e uma especial, como indicado a seguir:

Fase	Configuração
I	Quatro ramais com 50 metros de contrapeso por ramal.
II	Quatro ramais com 75 metros de contrapeso por ramal.
III	Quatro ramais com 100 metros de contrapeso por ramal.
IV	Quatro ramais com 125 metros de contrapeso por ramal.
V (especial)	Fase especial para trechos com resistividade extremamente elevada consistindo na instalação de ramais de contrapeso associados a hastes de aterramento, em configuração a ser definida pelo projetista da LT.

- 5.4.2 A fase inicial do sistema de aterramento a ser instalada em cada estrutura será definida no decorrer do projeto executivo da LT em função dos valores medidos da resistividade, conforme campanha de investigação dos solos descrita no capítulo 3.
- 5.4.3 Tendo em vista que as resistividades do solo medidas serão valores aproximados e que a fase de aterramento a ser indicada nas listas de construção será escolhida utilizando uma correlação também aproximada, é provável que, em algumas estruturas, a fase de aterramento selecionada não seja suficiente para reduzir a resistência de aterramento ao valor de projeto.
- 5.4.4 Nesses casos o comprimento inicialmente instalado de contrapeso deverá ser ampliado e/ou instaladas hastes de aterramento adicionais, conforme procedimento detalhado no item 6.4 a seguir.

6. MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO

- 6.1 Após a concretagem e cura das fundações e pelo menos três dias após a instalação da fase de aterramento especificada no projeto executivo, deve ser medida a resistência de aterramento da estrutura em dia de tempo bom e com solo seco.
- 6.2 Se na ocasião em que for medida a resistência de aterramento a estrutura ainda não estiver montada, as cantoneiras de ancoragem devem ser eletricamente interligadas com um pedaço de fio contrapeso.
- 6.3 As medições da resistência de aterramento das estruturas devem ser realizadas antes da instalação dos cabos para-raios ou, se já instalados, com os mesmos isolados das estruturas.
- 6.4 Caso a resistência medida seja superior ao valor de projeto (ver item 2) a fiscalização deve ser

consultada sobre como proceder, podendo ser adotada uma das seguintes medidas:

- a) estender os ramais de fio contrapeso até o comprimento da fase imediatamente acima daquela inicialmente instalada e repetir a medição, e assim sucessivamente até atingir a resistência de projeto ou a Fase V do Sistema de Aterramento;
- b) deixar a estrutura com a resistência de aterramento correspondente à fase instalada se a média das resistências das estruturas do trecho for inferior à resistência de projeto;
- c) solicitar ao projetista da LT o detalhamento de fase de aterramento especial para a estrutura ou trecho em questão.

7. REFERÊNCIAS

- 1** Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0009 COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO, preparado para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 2** Relatório RE-EQT5-L501-PB-CIV-0011 FUNDAÇÕES TÍPICAS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 3** The counterpoise – L. V. Bewley.
- 4** The protection of transmission lines against lightning – W. W. Lewis.
- 5** Electrical transmission and distribution reference book – Westinghouse Electric Corporation.
- 6** Earth conductor effects in transmission systems – E. O. Sunde.

01	15/05/17	Alterado Logotipo da AG	AQ	JCS	
00	28/04/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 5 SPE SA					
PROJETO BÁSICO					
ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	28/04/17
TÍTULO					
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2 Lote 15 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL RELATÓRIO SISTEMA DE ATERRAMENTO					
Nº DOCUMENTO				FOLHA	REVISÃO
RE-EQT5-L501-PB-ELM-0012-R01				1 de 7	01

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO DO PROJETO	3
3.	CAMPANHA DE MEDIÇÃO DE RESISTIVIDADE DO SOLO.....	3
4.	CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE ATERRAMENTO	3
5.	DETALHAMENTO DO SISTEMA DE ATERRAMENTO	4
6.	MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO	6
7.	REFERÊNCIAS.....	7

1. OBJETIVO

1.1 Definir o Sistema de Aterramento a ser utilizado nas estruturas da LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2 em circuito simples pertencentes ao Lote 15 do Leilão 013/2015 – 2º parte.

2. RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO DO PROJETO

2.1 Conforme mostrado na referência (1), para que seja alcançado o desempenho a descargas atmosféricas especificado no Edital a resistência de aterramento das estruturas está sendo limitada a 20 Ω .

2.2 Serão aceitas estruturas esparsas com resistências de aterramento superiores ao valor acima desde que no trecho situado em torno das estruturas em questão a média das resistências de aterramento atenda o limite especificado.

3. CAMPANHA DE MEDIÇÃO DE RESISTIVIDADE DO SOLO

3.1 Para que possam ser selecionados os tipos de fundações a serem instalados em cada estrutura, está prevista a realização de uma campanha de investigação dos solos (2) a ser empreendida tão logo tenha sido concluído o projeto de plotação inicial.

3.2 Simultaneamente com a investigação geotécnica acima mencionada deve ser realizada uma campanha de medição de resistividade dos solos da região atravessada pela linha de transmissão.

3.3 A resistividade do solo deve ser medida tão próximo quanto possível do marco central das estruturas usando preferencialmente instrumentos com cinco terminais, sendo dois de potencial, dois de corrente e um de guarda.

3.4 Deve ser medida a resistividade nos seguintes pontos:

- a) locais extremamente secos;
- b) locais com indícios de rocha a baixa profundidade;
- c) local de uma a cada cinco estruturas, pelo menos.

3.5 Além dos valores medidos os relatórios devem fornecer as condições climatológicas na ocasião em que foram realizadas as medições de resistividade, indicar se o solo estava seco ou úmido, se havia chovido recentemente, se a época do ano correspondia à estação chuvosa ou seca, etc.

3.6 Deverá ser apresentado certificado de calibração do instrumento de medição válido na data em que as medições forem executadas.

3.7 Indicar a existência de cercas e linhas de transmissão paralelas ou próximas aos pontos de medição. Neste caso devem ser adotados cuidados especiais de segurança.

4. CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE ATERRAMENTO

4.1. Configuração Geométrica

4.1.1 Para reduzir a resistência ao valor especificado no capítulo 2 acima está sendo proposto um sistema de aterramento constituído por quatro ramais de fio contrapeso conectados às cantoneiras de ancoragem dos pés das estruturas autoportantes e aos mastros e estais das estruturas estaiadas.

4.1.2 Os quatro ramais afastam-se das estruturas em formação radial até o limite da faixa de servidão, passando em seguida a correr paralelo aos limites da faixa.

4.1.3 Em locais de resistividade elevada e desde que a consistência do solo permita os quatro ramais de fio contrapeso serão complementados por quatro hastes de aterramento. As hastes

deverão ser enterradas a uma profundidade em torno de 3,0 m e conectadas às estruturas utilizando ramais curtos de fio contrapeso.

4.2. Efetividade do Contrapeso e das Hastes de Aterramento

4.2.1 O uso de contrapeso e de hastes de aterramento e sua efetividade na proteção de LTs contra surtos atmosféricos são temas que vêm sendo estudados há várias décadas, havendo um volume substancial de literatura sobre o assunto (3) (4) (5) (6).

4.2.2 São indicados a seguir alguns pontos do conhecimento acumulado sobre o uso de contrapeso e hastes de aterramento, relevantes para o projeto do sistema de aterramento a ser adotado:

- a) O contrapeso é efetivo na redução do número de descargas devidas a surtos atmosféricos, tanto instalado no sentido perpendicular aos condutores como no sentido paralelo. O contrapeso é marginalmente mais efetivo (5 a 10%) quando instalado paralelamente aos condutores.
- b) Contrapesos muito longos são menos efetivos do que o mesmo comprimento subdividido em vários ramais menores adequadamente afastados entre si.
- c) A eficácia do contrapeso depende do comprimento dos ramais instalados; contudo, a partir de comprimentos da ordem de 120 metros as melhoras no desempenho passam a ser pouco significativas.
- d) Ramais excessivamente curtos não devem ser usados pois causam reflexões da onda do surto, prejudicando o desempenho do sistema de aterramento. Respeitados os limites da faixa de servidão o espaçamento entre ramais deve ser o maior possível.
- e) O material e bitola do contrapeso têm pouca influência na sua eficácia como redutor da resistência de aterramento das estruturas, devendo ser selecionados visando a facilidade de manuseio e instalação e sua resistência à corrosão, assim como sua capacidade de transportar a parcela das correntes de curto-circuito que descem pelas estruturas e escoam para o solo.
- f) A profundidade de enterramento do contrapeso tem pouca influência sobre seu desempenho e deve ser escolhida visando protegê-lo contra atos de vandalismo.
- g) Hastes de aterramento enterradas verticalmente também são efetivas na redução do número de descargas devidas a surtos atmosféricos.
- h) O desempenho das hastes depende principalmente de seu comprimento enterrado, porém essa relação não é linear, havendo melhoras apenas marginais a partir de comprimentos enterrados elevados. Na maior parte dos solos uma profundidade enterrada em torno de 3,0 m tem-se mostrado satisfatória.
- i) O desempenho do sistema de aterramento pode ser melhorado conectando-se várias hastes em paralelo.
- j) Se a distância entre as hastes for suficientemente grande quando comparada com o comprimento individual de cada haste, a resistência tenderá a ser reduzida na mesma proporção do número de hastes. Caso contrário haverá interferência entre os campos elétricos das várias hastes e a conseqüente redução de sua eficácia.

5. DETALHAMENTO DO SISTEMA DE ATERRAMENTO

5.1. Especificação do Contrapeso e Conectores Associados

5.1.1 Será utilizado como contrapeso o cabo de aço zincado por imersão a quente (classe B) 3/8"

SM, com 9,144 mm de diâmetro. Esse material tem sido extensivamente usado com sucesso como contrapeso em linhas de transmissão de todas as classes de tensão.

5.1.2 São indicadas a seguir as principais características do cabo contrapeso selecionado:

Características Gerais do Cabo Contrapeso

Tipo	Aço Zincado, 3/8", SM
Diâmetro do cabo	9,144 mm
Diâmetro dos fios individuais	3,05 mm
Seção transversal do cabo	51,08 mm ²
Número de fios	7
Massa unitária	0,407 kg/m
Carga de ruptura mínima	3.151 kgf
Alongamento mínimo em 610 mm	8%
Classe da zincagem	B
Peso mínimo da camada de zinco	520 g/m ²
Sentido do encordoamento da camada externa	A esquerda

5.1.3 Os ramais de contrapeso serão solidamente ligados às cantoneiras de ancoragem das pernas das estruturas autoportantes e aos mastros das estruturas estaiadas por meio de conectores aparafusados, fabricado de aço, zincados por imersão a quente, ou de bronze estanhado ou alumínio estanhado, conforme o tipo de contrapeso.

5.1.4 Nas estruturas estaiadas os ramais de contrapeso serão estendidos até os estais e conectados aos mesmos por meio de grampos paralelos fabricados de aço, zincados por imersão a quente, ou aparafusados de bronze estanhado ou alumínio estanhado, conforme tipo do contrapeso.

5.1.5 Os ramais serão enterrados em valetas com 80 cm de profundidade e comprimento correspondente à fase de aterramento selecionada para a estrutura. Se necessário serão acrescentados comprimentos adicionais de fio contrapeso utilizando grampos paralelos aparafusados, fabricados em aço e zincados por imersão a quente, ou de bronze estanhado ou alumínio estanhado, conforme o tipo do contrapeso.

5.1.6 Os parafusos, porcas e arruelas utilizados nos conectores mencionados nos itens acima poderão ser de aço zincado por imersão a quente.

5.2. Especificação das Hastes de Aterramento e Conectores Associados

5.2.1 Serão utilizadas as seguintes hastes de aterramento conforme o tipo de contrapeso a ser utilizado:

- a) Cabo contrapeso de aço zincado 3/8" SM: haste de aterramento L40X40X5 mm, de comprimento 2400 mm, com conector de aterramento Ø M12;

5.3. Arranjo Físico do Sistema de Aterramento

5.3.1 O sistema de aterramento será formado por quatro ramais de contrapeso ligados às estruturas conforme indicado nos itens 5.1.3 e 5.1.4 anteriores. Hastes de aterramento

poderão ser acrescentadas aos ramais de contrapeso conforme definido nas fases especificadas no item 5.4 a seguir.

5.3.2 Os quatro ramais devem se afastar dos pontos de fixação às estruturas em direções radialmente opostas, formando ângulos de 45° com o eixo da linha de transmissão (torres autoportantes) ou orientados na direção das fundações dos estais (torres estaiadas).

5.3.3 Ao atingir pontos situados a 0,5 metros do limite da faixa de servidão os ramais devem passar a se deslocar paralelamente à faixa, em sentidos opostos, até terem sido instalados comprimentos de contrapeso por ramais correspondentes à fase de aterramento selecionada para a estrutura em questão.

5.4. Definição das Fases do Sistema de Aterramento

5.4.1 O sistema de aterramento proposto compreende cinco fases normais e uma especial, como indicado a seguir:

Fase	Configuração
I	Quatro ramais com 50 metros de contrapeso por ramal.
II	Quatro ramais com 75 metros de contrapeso por ramal.
III	Quatro ramais com 100 metros de contrapeso por ramal.
IV	Quatro ramais com 125 metros de contrapeso por ramal.
V (especial)	Fase especial para trechos com resistividade extremamente elevada consistindo na instalação de ramais de contrapeso associados a hastes de aterramento, em configuração a ser definida pelo projetista da LT.

5.4.2 A fase inicial do sistema de aterramento a ser instalada em cada estrutura será definida no decorrer do projeto executivo da LT em função dos valores medidos da resistividade, conforme campanha de investigação dos solos descrita no capítulo 3.

5.4.3 Tendo em vista que as resistividades do solo medidas serão valores aproximados e que a fase de aterramento a ser indicada nas listas de construção será escolhida utilizando uma correlação também aproximada, é provável que, em algumas estruturas, a fase de aterramento selecionada não seja suficiente para reduzir a resistência de aterramento ao valor de projeto.

5.4.4 Nesses casos o comprimento inicialmente instalado de contrapeso deverá ser ampliado e/ou instaladas hastes de aterramento adicionais, conforme procedimento detalhado no item 6.4 a seguir.

6. MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO

6.1 Após a concretagem e cura das fundações e pelo menos três dias após a instalação da fase de aterramento especificada no projeto executivo, deve ser medida a resistência de aterramento da estrutura em dia de tempo bom e com solo seco.

6.2 Se na ocasião em que for medida a resistência de aterramento a estrutura ainda não estiver montada, as cantoneiras de ancoragem devem ser eletricamente interligadas com um pedaço de fio contrapeso.

6.3 As medições da resistência de aterramento das estruturas devem ser realizadas antes da instalação dos cabos para-raios ou, se já instalados, com os mesmos isolados das estruturas.

6.4 Caso a resistência medida seja superior ao valor de projeto (ver item 2) a fiscalização deve ser

consultada sobre como proceder, podendo ser adotada uma das seguintes medidas:

- a) estender os ramais de fio contrapeso até o comprimento da fase imediatamente acima daquela inicialmente instalada e repetir a medição, e assim sucessivamente até atingir a resistência de projeto ou a Fase V do Sistema de Aterramento;
- b) deixar a estrutura com a resistência de aterramento correspondente à fase instalada se a média das resistências das estruturas do trecho for inferior à resistência de projeto;
- c) solicitar ao projetista da LT o detalhamento de fase de aterramento especial para a estrutura ou trecho em questão.

7. REFERÊNCIAS

- 1 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0009 COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO, preparado para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 2 Relatório RE-EQT5-L501-PB-CIV-0011 FUNDAÇÕES TÍPICAS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
- 3 The counterpoise – L. V. Bewley.
- 4 The protection of transmission lines against lightning – W. W. Lewis.
- 5 Electrical transmission and distribution reference book – Westinghouse Electric Corporation.
- 6 Earth conductor effects in transmission systems – E. O. Sunde.

00	03/05/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 5 SPE SA					
PROJETO BÁSICO					
ELAB. AQ	VERIF. JCS	APROV. JCS	RESP. TÉCNICO JCS	CREA 200158892-5	DATA 31/03/17
TÍTULO					
LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 – C2 Lote 15 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL RELATÓRIO CONFIABILIDADE DO TRECHO EM PARALELISMO DAS LT'S 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - CIRCUITO 1 E 2					
Nº DOCUMENTO RE-EQT5-L501-PB-ELM-0018-R00				FOLHA 1 de 81	REVISÃO 00

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	DADOS CLIMÁTICOS.....	3
3.	VELOCIDADES DE VENTO EXTREMO E ALTA INTENSIDADE	3
4.	CARREGAMENTOS DEVIDO A VENTO EXTREMO.....	4
5.	PRESSÃO DE VENTO DE TORMENTAS ELÉTRICAS	6
6.	ESTUDO MECÂNICO	7
7.	ISOLADORES E FERRAGENS.....	9
8.	VERIFICAÇÃO DAS ESTRUTURAS PARA T = 500 ANOS	10
9.	DESEMPENHO FRENTE ÀS DESCARGAS ATMOSFERIAS	10
10.	CONCLUSÃO	10
11.	REFERÊNCIAS.....	11
ANEXO 1 – ISOTACAS DAS VELOCIDADES DE VENTO CALCULADAS PARA T=500 ANOS		12
ANEXO 2 – FLECHAS E TRAÇÕES.....		16
ANEXO 3 – SAÍDAS DO PROGRAMA FLASH		42
ANEXO 4 – MEMÓRIA DE CALCULO DA ESTRUTURA V2CRL QUE SERÁ APLICADA NOS TRECHOS COM T = 500 ANOS		47

1. OBJETIVO

1.1 Apresentar os estudos de aumento da confiabilidade mecânica e análise de desempenho frente às descargas atmosféricas dos circuitos C1 e C2, em 500 kV, que interliga as Subestações Igaporã III e Janaúba 3, pertencentes a EQUATORIAL Transmissora de Energia, onde os eixos de traçado destes circuitos apresentam paralelismo entre si.

2. DADOS CLIMÁTICOS

2.1. **Temperaturas** (referencia relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0003_DADOS CLIMATOLÓGICOS)

Temperaturas		
média (EDS) (°C)	mínima anual (°C)	mínima absoluta (°C)
22	17	5

3. VELOCIDADES DE VENTO EXTREMO E ALTA INTENSIDADE

3.1 Para aumento da confiabilidade mecânica do trecho de paralelismo dos dois circuitos, tomou-se como base a IEC 60826 e a necessidade requerida pelo ONS de uma maior segurança operacional das LTs frente a importância das mesmas no sistema interligado. Deste modo, aumentou-se o período de retorno de vento extremo de T = 250 anos para T = 500 anos, considerando que o trecho de paralelismo deverá ter a mesma confiabilidade requerida nos projetos de grandes travessias por linhas de transmissão. A velocidade de vento extremo considera os estudos de ventos apresentados no relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0004 _VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTO DEVIDO AO VENTO

3.2 Com base na no estudo de vento da referencia [5] através da mesma metodologia de calculo, foram prospectados ventos para 500 anos de período de retorno onde se obteve as velocidades de vento constantes da Tabela 3.1, para terreno tipo B (conforme tabela 1 da NBR 5422). As isotacas dos ventos abaixo tabelados são apresentados no anexo 1.

Tabela 3.1 – Velocidades de projeto (km/h), terrenos tipo B, medições feitas a 10 m de altura

período de retorno/ tempo de média	<i>Trecho de Paralelismo</i>
500 anos, 10 minutos	95
500 anos, 3 segundos	165
75 anos, 30 segundos	110

3.3 Adicionalmente, as estruturas do trecho paralelo serão dimensionadas para suportar ação de ventos de alta intensidade decorrentes de tormentas elétricas, para o mesmo período de retorno.

3.4 A altura média dos cabos condutores é dada pela expressão abaixo:

a) Altura media do Conductor:

Flecha para temperatura mínima para vão de 500 m: 19,3 m

Flecha na temperatura máxima para vão de 500 m: 21,82 m

Distancia Vertical do condutor inferior e o centro de gravidade das fases: 1,3 m

Altura mínima cabo solo: 12,5 m

$h = 12,5 + 21,82 + 31,3 - 2/3 \times 19,3 = 22,75$ Adotado = 23 m

4. CARREGAMENTOS DEVIDO A VENTO EXTREMO

4.1 Pressão Dinâmica de Referência

A partir do item 6.2.5 da norma IEC 60826, obtém-se:

$$q_0 = \frac{1}{2 \times 9,81} \mu V_R^2 \quad \text{onde:}$$

q_0 Pressão dinâmica de referência, em kgf/m²

μ Massa específica do ar em kg/m³

V_R Velocidade do vento extremo (500 anos, 10 min) em m/s (tabela 3.1)

Tendo como resultado:

Linha de transmissão	μ (kg/m ³)	VR (m/s)	q0 (kgf/m)
Trechos de paralelismo	1,121	26,39	39,8

4.2 Pressão do Vento Extremo nos Cabos

A partir do item 6.2.6.1 e figuras 3 e 4 da norma IEC 60826, obtém-se:

$$P_{\text{cabos}} = q_0 C_{XC} G_C G_L \text{sen}^2 \Omega \quad \text{onde:}$$

q_0 Pressão dinâmica de referência, em kgf/m²

C_{XC} 1,00

G_C Fator de vento combinado para cabos obtido em função da altura média do condutor ou da altura média (h_m cond) do cabo para-raios (h_m P-raios) .

G_L Fator de vão obtido em função do vão adotado para cálculo (510 m)

Ω Ângulo formado pela direção do vento com a direção dos cabos

Para ventos atuando no sentido transversal ($\Omega = 90^\circ$), foram calculadas as seguintes pressões:

Linha de transmissão	q0 (kgf/m ²)	h _m cond (m)	G _C Cond	h _m P-raios (m)	G _C P-raio	G _L	P cabos (kgf/m ²) (*)	
							Cond	P raios
Trechos de paralelismo	39,8	23	2,1467	34	2,292	0,9123	78	84

(*) As pressões de vento calculadas são inferiores as das utilizadas na serie da LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino C1 e C2, deste modo serão utilizadas no trecho de paralelismo as mesmas estruturas destas LT's.

4.3 Pressão do Vento Extremo nas Cadeias de Isoladores

A partir do item 6.2.6.3 e figura 5 da norma IEC 60826, obtém-se:

$$P_{isol} = q_0 C_{xi} G_T \quad \text{onde:}$$

q_0 (Ver item 4.1)

C_{xi} 1,20

G_T Fator de vento combinado obtido em função da altura média (h_m Isol) dos isoladores

Resultando em:

Linha de transmissão	h_m isol (m)	G_t	P isol(kgf/m ²)
Trechos de paralelismo	39	2,4344	117

4.4 Carga do Vento Extremo nas Estruturas Atuando na Direção do Vento

A partir do item 6.2.6.4.1 e figuras 5, 6 e 7 da norma IEC 60826, obtém-se:

$$F_{estrut} = q_0 G_T (1 + 0,2 \sin^2 2\Theta) (S_{T1} C_{XT1} \cos^2 \Theta + S_{T2} C_{XT2} \sin^2 \Theta) \quad \text{kgf} \quad \text{onde:}$$

q_0 (Ver item 4.1)

G_T Fator de vento combinado, obtido da figura 5 da norma IEC 60826 em função da altura em relação ao solo do centro de gravidade do painel em consideração

S_{T1} e S_{T2} Área líquida das faces 1 e 2 do painel em consideração, em m²

C_{XT1} e C_{XT2} Coeficiente de arrasto das faces 1 e 2 do painel em consideração, obtido da figura 7 da norma IEC 60826

Θ Ângulo formado pela direção do vento com a perpendicular à face 1, conforme figura 6 da norma IEC 60826

Para $\Theta = 0^\circ$ (vento transversal), obtém-se:

$$F_{estrutura \text{ LT } 500KV} = q_0 \cdot G_T \cdot S_{T1} \cdot C_{XT1} \quad \text{kgf}$$

Para $\Theta = 15^\circ$, obtém-se:

$$F_{estrutura \text{ LT } 500KV} = q_0 \cdot 1,05 \cdot G_T \cdot (0,933 S_{T1} C_{XT1} + 0,067 S_{T2} C_{XT2}) \quad \text{kgf}$$

Para $\Theta = 30^\circ$, obtém-se:

$$F_{estrutura \text{ LT } 500KV} = q_0 \cdot 1,15 \cdot G_T \cdot (0,75 S_{T1} C_{XT1} + 0,25 S_{T2} C_{XT2}) \quad \text{kgf}$$

Para $\Theta = 45^\circ$, obtém-se:

$$F_{estrutura \text{ LT } 500KV} = q_0 \cdot 0,6 \cdot G_T \cdot (S_{T1} C_{XT1} + S_{T2} C_{XT2}) \quad \text{kgf}$$

4.5 Comparação da Ação de Vento Extremo com período de Retorno T= 250 anos /T= 500 anos.

Material	Pressão de Vento Extremo nos Cabos e Cadeias	
	250 anos (kgf/m ²)	500 anos (kgf/m ²)
Cabo Condutor	70	78
Cabos Para-raios /OPGW	75	84
Cadeia de Isoladores	105	117

5. PRESSÃO DE VENTO DE TORMENTAS ELÉTRICAS

5.1 Introdução

5.1.1 Os ventos decorrentes de tormentas elétricas apresentam as seguintes características:

- a) Alta intensidade;
- b) Pouca variação em relação à altura de atuação;
- c) Frente estreita, não superior a 100 metros.

5.1.2 As velocidades de vento assinaladas como de 3 segundos já retratam a real relação entre as séries históricas de 10 minutos e de 3 segundos. Os seus valores numéricos incorporam um fator de rajada realista e não requer correção adicional.

5.1.3 Como esse tipo de vento tem frente estreita, se o mesmo atingir uma estrutura da linha de transmissão (caso mais desfavorável), atuará simultaneamente sobre um trecho significativamente reduzido dos cabos situados nos vãos adjacentes à estrutura afetada.

5.1.4 De modo a levar em conta essa característica a pressão resultante desse vento atuando sobre os cabos será multiplicada por um fator redutor igual a 0,25. O vento de tormentas não será corrigido para variações da altura de atuação.

5.2 Pressão Dinâmica de Referência

5.2.1 Considerando a fórmula da pressão dinâmica de referência indicada no item 4.1 e sendo a velocidade do vento de tormentas (500 anos , 3 segundos) indicada no item 3.1, tem-se:

Linha de transmissão	μ (kg/m ³)	VR (m/s)	q0 (kgf/m ²)
Trechos de paralelismo	1,1213	45,83	121

5.3 Pressões Atuando nos Cabos

Conforme item 5.1.4, tem-se:

$$P_{\text{cabos}} = q_0 \times 0,25 \text{ kgf/m}^2$$

Linha de transmissão	P_{cabos} (kgf/m ²)
Trechos de paralelismo	30

5.4 Pressão Atuando nas Cadeias de Isoladores

$$P_{\text{isol}} = q_0 \times 1,2 \text{ kgf/m}^2$$

Linha de transmissão	P_{isol} (kgf/m ²)
Trechos de paralelismo	145

5.5 Carga de Vento de Tormenta nas Estruturas Atuando na Direção do Vento

Para $\Theta = 0^\circ$ (vento transversal), obtém-se:

$$F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot S_{T1} \cdot C_{XT1} \text{ kgf}$$

Para $\Theta = 15^\circ$, obtém-se: $F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot 1,05 \cdot S_{T1} \cdot C_{XT1} \text{ kgf}$

Para $\Theta = 30^\circ$, obtém-se: $F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot 1,15 \cdot S_{T1} \cdot C_{XT1} \text{ kgf}$

Para $\Theta = 45^\circ$, obtém-se: $F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot 0,6 \cdot S_{T1} \cdot C_{XT1} \text{ kgf}$

5.6 Comparação da Ação do Vento de Tormentas para período de Retorno T= 250 anos / T= 500 anos.

Material	Pressão de Vento Tormentas nos Cabos e Cadeias	
	250 anos (kgf/m ²)	500 anos (kgf/m ²)
Cabo Condutor	28	30
Cabos Para-raios /OPGW	28	30
Cadeia de Isoladores	136	145

6. ESTUDO MECÂNICO

Com base no relatórios do RE-EQT5-L501-PB-ELM-0006 utilizou-se como critério de confiabilidade, o trecho de paralelismo submetido a ação do vento com período de retorno de 500 anos.

6.1. Velocidades do Vento

LT	Velocidade extrema (500 anos, 10 min, 10 m, cat. B) (m/s)
Trechos de paralelismo	26,39

*Estão sendo consideradas as velocidades de vento mais desfavoráveis

6.2. Pressões Decorrentes da Ação do Vento Extremo (T = 500 anos)

LT	Condutores (kgf/m ²)	Para-raios (kgf/m ²)
Trechos de paralelismo	78	84

6.3. Condições De Governo (T = 500 anos)

Condições de Governo	Trações Limites				
	AAAC 838 kcmil	Dotterel	3/8 EAR	OPGW 15,6	OPGW 13,6
70% CR : Final, Vento extremo; Tração suporte (Pressão de Vento ver Item 6.2)	6629 kgf	5499 kgf	4889 kgf	8836 kgf	6633kgf

6.4. Abaixo segue o resumo dos resultados obtidos no programa de flechas e trações conforme Anexo 2

a) LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (Trechos de paralelismo)

Trações - Final, Vento Extremo (kgf)							
Cabos	Vãos Básicos (m)						
	300	400	500	600	700	800	900
Condutor CAL 838	3417	3582	3692	3771	3834	3889	3939
Para-raios CAA DOTTEREL	2155	2295	2391	2461	2515	2559	2597
Para-raios 3/8 EAR	1296	1378	1435	1476	1508	1534	1556
Para-raios OPGW 15,6	2362	2491	2578	2640	2689	2730	2766
Para-raios OPGW 13,8	2002	2117	2196	2253	2297	2333	2365

6.5. Comparação de Trações para Período de Retorno T= 250 anos / T= 500 anos.

Trações - Final, Vento Extremo (kgf)								
Cabos	Período de Retorno	Vãos Básicos (m)						
		300	400	500	600	700	800	900
Condutor CAL 838	250 anos	3216	3352	3441	3506	3559	3605	3648
	500 anos	3417	3582	3692	3771	3834	3889	3939
Para-raios CAA DOTTEREL	250 anos	2038	2158	2240	2298	2344	2381	2414
	500 anos	2155	2295	2391	2461	2515	2559	2597
Para-raios 3/8 EAR	250 anos	1227	1298	1346	1380	1407	1429	1449
	500 anos	1296	1378	1435	1476	1508	1534	1556
Para-raios OPGW 15,6	250 anos	2245	2354	2427	2480	2521	2556	2587
	500 anos	2362	2491	2578	2640	2689	2730	2766
Para-raios OPGW 13,8	250 anos	1904	2002	2068	2116	2154	2185	2213
	500 anos	2002	2117	2196	2253	2297	2333	2365

7. ISOLADORES E FERRAGENS

7.1. Foram calculadas as cargas nos isoladores para $T = 500$ anos, os resultados são apresentados na tabela abaixo, Conforme pode ser constatado as novas cargas resultam na manutenção do mesmo dimensionamento das cadeias consideradas para a LT conforme relatórios RE-EQT5-L501-PB-ELM-0010.

ESTRUTURA ESTAIADA LEVE V2CRL E V2SL											
Hipótese de Carga	Carregamentos					ISOLADOR (kN)					
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Pêncas	Calculado	FINAL	Adotado
					Fator	Critério					
VENTO EXTREMO	6677	6086	0	9035	0,6	Limite Escoramento	III	1	148	160	210
RUPTURA DO CONDUTOR	397	6086	381	6111	0,6	Limite Escoramento	III	1	100	120	
CONSTRUÇÃO	570	11134	1066	11199	0,6	Limite Escoramento	III	1	183	210	
ESTRUTURA DE SUSPENSÃO AUTOPORTANTE V2SP											
Hipótese de Carga	Carregamentos					ISOLADOR (kN)					
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Pêncas	Calculado	FINAL	Adotado
					Fator	Critério					
VENTO EXTREMO	9145	7704	0	11957	0,6	Limite Escoramento	IVI	1	195	210	210
RUPTURA DO CONDUTOR	1190	7704	381	7804	0,6	Limite Escoramento	IVI	1	128	160	
CONSTRUÇÃO	1711	12104	1066	12271	0,6	Limite Escoramento	IVI	1	201	210	
ESTRUTURA DE SUSPENSÃO AUTOPORTANTE V2TR											
Hipótese de Carga	Carregamentos					ISOLADOR (kN)					
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Pêncas	Calculado	FINAL	Adotado
					Fator	Critério					
VENTO EXTREMO	7472	6895	0	10167	0,6	Limite Escoramento	IVI	1	166	210	210
RUPTURA DO CONDUTOR	794	6895	381	6951	0,6	Limite Escoramento	IVI	1	114	120	
CONSTRUÇÃO	1141	11619	1066	11723	0,6	Limite Escoramento	IVI	1	192	210	
ESTRUTURA DE ANCORAGEM V2AA											
Hipótese de Carga	Carregamentos					ISOLADOR (kN)					
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Pêncas	Calculado (critério N-1)	FINAL	Adotado
					Fator	Critério					
VENTO EXTREMO	16000	9237	0	18475	0,6	Limite Escoramento	Quadruplo Anco	4	101	120	160
RUPTURA DO CONDUTOR	8460	10161	13076	18596	0,6	Limite Escoramento	Quadruplo Anco	4	101	120	
CONSTRUÇÃO	8460	2997	1066	9039	0,6	Limite Escoramento	Quadruplo Anco	4	49	120	
ESTRUTURA DE ANCORAGEM V2AT											
Hipótese de Carga	Carregamentos					ISOLADOR (kN)					
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Pêncas	Calculado (critério N-1)	FINAL	Adotado
					Fator	Critério					
VENTO EXTREMO	26129	9237	0	27714	0,6	Limite Escoramento	Quadruplo Anco	4	151	160	160
RUPTURA DO CONDUTOR	16344	10161	13076	23267	0,6	Limite Escoramento	Quadruplo Anco	4	127	160	
CONSTRUÇÃO	16344	2997	1066	16651	0,6	Limite Escoramento	Quadruplo Anco	4	91	120	
VENTO EXTREMO TERMINAL	15629	9237	21000	27760	0,6	Limite Escoramento	Quadruplo Anco	4	151	160	

7.2 As cadeias de isoladores estão assim mantidas para o trecho de paralelismo:

$N_{SUSP} = 23$ isoladores de 210 kN	ISC-21 (cadeia de suspensão fase central)
$N_{SUSP} = 23$ isoladores de 210 kN	ISL-21(cadeia de suspensão simples fase lateral)
$N_{SUSP} = 23$ isoladores de 210 kN	VSC-21(cadeia de suspensão em "V" fase central)
$N_{SUSP} = 23$ isoladores de 160 kN	IP-16 (cadeia de passagem (3 x lupine))
$N_{ANCO} = 4 \times 24$ isoladores de 160 kN	AQC-16 (cadeia quadrupla de ancoragem fase central)
$N_{ANCO} = 4 \times 24$ isoladores de 160 kN	AQL-16 (cadeia quadrupla de ancoragem fase lateral)

8. VERIFICAÇÃO DAS ESTRUTURAS PARA T = 500 ANOS

- 8.1. Objetivando o aproveitamento das estruturas já projetadas para o empreendimento, verificou-se a aplicação das estruturas da série da LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino na situação de vento extremo T=500 anos.
- 8.2. No Anexo 4 tem-se a memória de cálculo da torre predominante V2CRL pertencente a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino, que apresenta cargas superiores as calculadas para as velocidades de vento para 500 anos para a LT 500 kV Igarorã III – Janaúba 3, de modo a validarem a utilização dessa torre no trecho de paralelismo.

9. DESEMPENHO FRENTE ÀS DESCARGAS ATMOSFERIAS

- 9.1. A localização aproximada da LT, indica um nível cerâmico de 50 dias de tempestade/ano, para garantir o bom desempenho das LT's no trecho de paralelismo serão considerados 75 dias de tempestade/ano, ou seja 50% maior que o nível cerâmico da região.
- 9.2. Para o trecho de paralelismo verificou-se por meio do programa flash para 75 dias de tempestade/ano, e 20 Ω médio para resistência de pé de torre, que a taxa de desligamento é de aproximadamente 0,95 por 100 km por ano, ou seja menos 1 desligamento por 100 km por ano conforme estabelecido no edital. A saída do programa flash consta do anexo 3.
- 9.3. Apesar deste bom desempenho estimado, os aterramentos das estruturas serão especiais, independentemente das resistências de pé de torre que serão alcançadas, serão adicionados cabos contrapesos interligando todos os ramais, cabos de estais ou pernas das torres e lançados eventualmente hastes de aterramento nas pontas dos contrapesos longitudinais e transversais, também instalados, de forma a melhorar a impedância impulsiva das torres (abaixo aterramento típico).

10. CONCLUSÃO

Os estudos apresentaram os resultados das medidas mitigadoras que permitem minimizar os riscos de desligamento simultâneo dos dois circuitos simples C1 e C2, referentes à interligação entre as subestações 500 kV Igarorã III e Janaúba 3.

Quanto ao aspecto mecânico, adotou-se como solução o aumento da confiabilidade mecânica destes circuitos nos trechos em que as faixas de servidão estão contíguas.

O aumento da confiabilidade mecânica foi obtido com o aumento do período de retorno do vento, originalmente de 250 anos, conforme Edital da ANEEL, para um período de retorno de 500 anos.

Serão utilizadas as estruturas da LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino. Os ventos calculados para 500 anos se mostraram inferiores aos ventos considerados nesta LT. No entanto serão utilizadas as estruturas desta serie de forma a aumentar a confiabilidade da linha, resultando efetivamente em um período de retorno superior a 500 anos.

Ainda como medida mitigadora quanto a possibilidade da perda simultânea das linhas de transmissão, adotou-se as seguintes medidas para melhorar o desempenho dos circuitos frente às descargas atmosféricas, tendo em vista as experiências de desligamentos por este fenômeno constatadas pelo setor elétrico brasileiro:

- a) Verificação primeiramente do bom desempenho de cada circuito:
- Aumento o nível cerâmico das LT's para 75 dias de tempestade/ano

b) Ações adicionais mitigadoras:

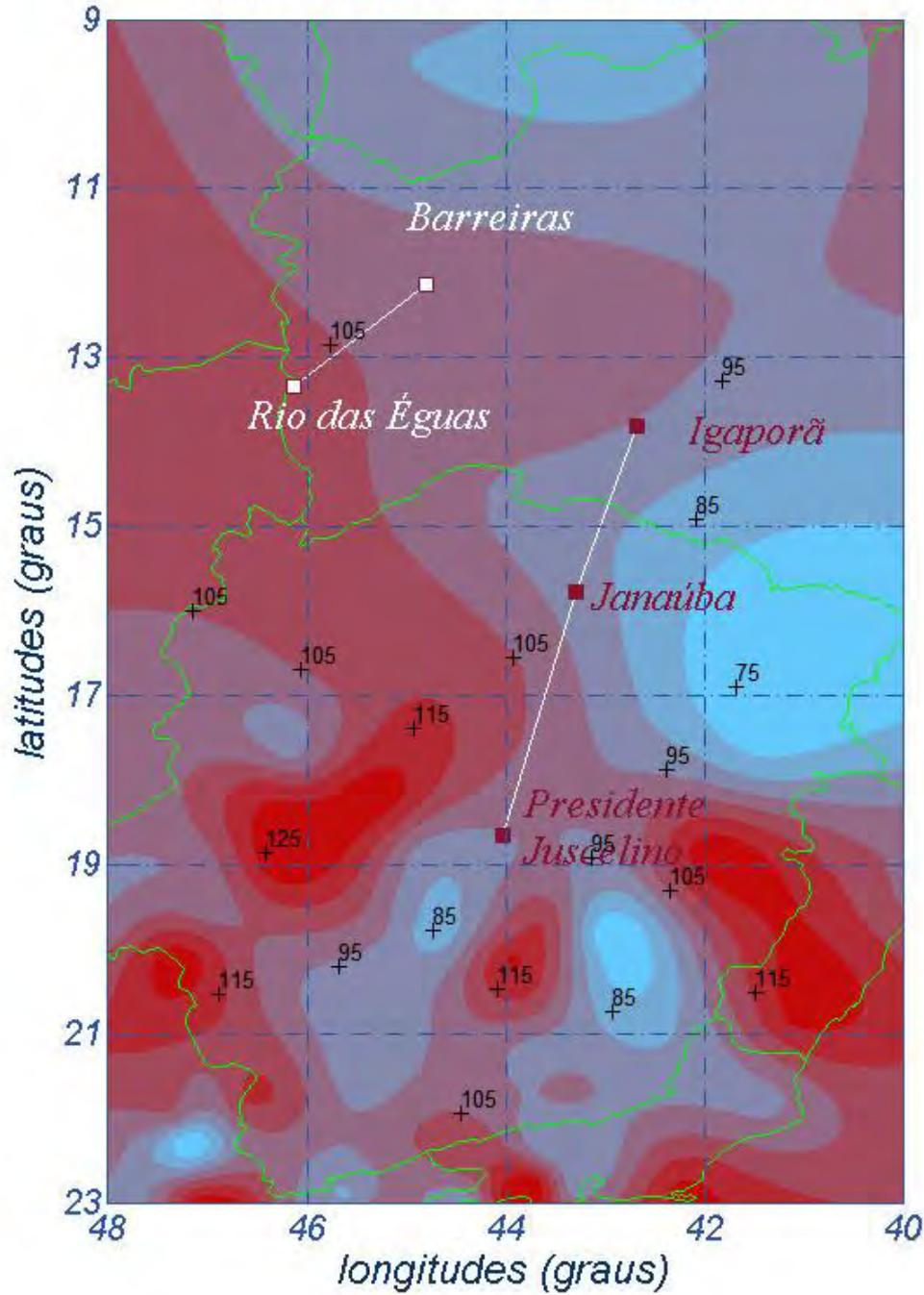
- Adotou-se aplicar um sistema de aterramento especial cuja finalidade é melhorar o desempenho transitório dos aterramentos, não aumentando necessariamente o comprimento total dos cabos contrapeso instalados, mas sim aumentando as ramificações do sistema de aterramento, aplicando hastes de aterramento nos terminais de ramais, e fechando em anel os pés ou estais e mastros das torres. Os sistemas de aterramento quando excitados por correntes impulsivas diferem em comportamento quando excitados por correntes de baixa frequência (60 Hz por exemplo). Apesar das baixas taxas de desligamento estimadas, este tipo de aterramento especial visa reduzir a permanência das tensões transferidas para o topo das cadeias de isoladores que podem promover desligamentos por backflashover.

11. REFERÊNCIAS

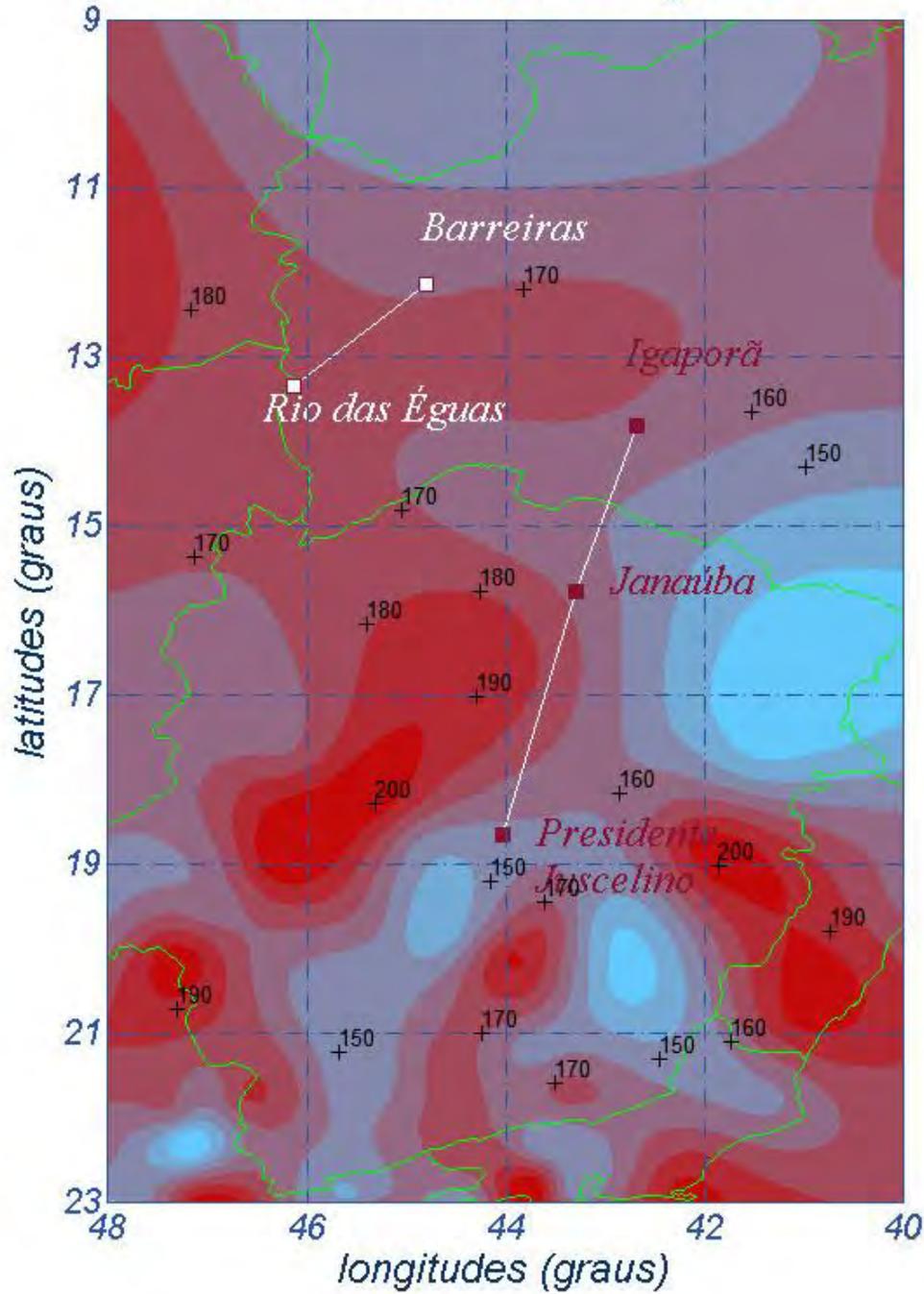
- 1 NBR 5422 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 2 Norma IEC 60826 – Design criteria of overhead transmission lines.
- 3 Relatório R3 – Caracterização e Análise Socioambiental - Linha de Transmissão Lote A
- 4 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0003 _DADOS CLIMATOLÓGICOS
- 5 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0004 _VELOCIDADES DE VENTOS
- 6 Relatório RE-EQT5-L501-PB-ELM-0009 _COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO
- 7 Kendall, G. R. – Statistical Analysis of Extreme Values – First Canadian Hydrology Conference, July 1959.
- 8 Cigré Working Group 22.06, “Probabilistic Design of Overhead Transmission (CIGRÉ Brochure 109 - 22-00 (WG-06)01, 1996
- 9 Silva Filho, J. I., Menezes Jr, A. A. – Mapeamento de Isótopos do Brasil, Relatório Técnico Cepel 851/82.

ANEXO 1 – ISOTACAS DAS VELOCIDADES DE VENTO CALCULADAS PARA T=500 ANOS

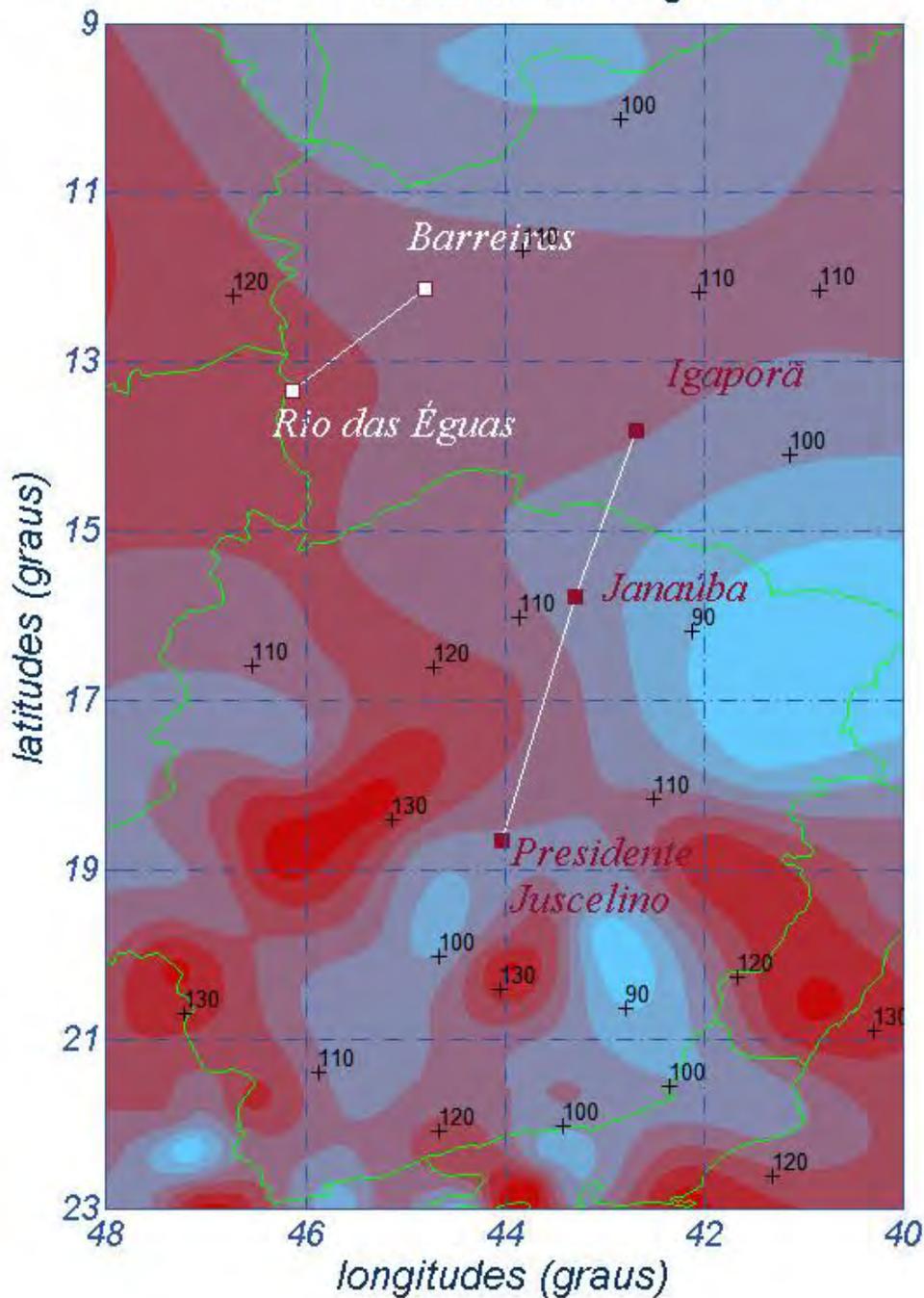
km/h - 500 anos / 10 minutos



km/h - 500 anos / 3 segundos



km/h - 75 anos / 30 segundos



ANEXO 2 – FLECHAS E TRAÇÕES

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

78 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

 ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: PROJETO BASICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C1 e C2

TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

CABO: CAA 1120N 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE
 diâmetro = 26.78 mm coef. dilat.i =0.00002300 oC-1
 área secção = 425.16 mm² coef. dilat.f =0.00002300 oC-1
 peso linear = 1.1720 kg/m mód. elast. i = 4829. kgf/mm²
 carga rupt. = 9471. kgf mód. elast. f = 6526. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
 Pressão = 78.00 kgf/m²
 Carga = 2.3952 kgf/m

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
 Pressão = 0.00 kgf/m²
 Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
 Comprimento = 0.00 m
 Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
 Pressão = 0.00 kgf/m²
 Carga = 0.00 kgf

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
 Pressão = 0.00 kgf/m²
 Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

78 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 2

 PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

CABO: CAA 1120N 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 5.31 5.31	2483.9 2487.0 2490.1
	22.	0.00 6.04 6.04	2184.0 2187.5 2191.1
	55.	0.00 7.44 7.44	1772.9 1777.3 1781.6
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 7.48 7.48	3603.8 3612.7 3621.6
FINAIS	5.	0.00 6.18 6.18	2134.3 2137.9 2141.5
	10.	0.00 6.41 6.42	2056.6 2060.3 2064.1
	17.	0.00 6.74 6.74	1958.1 1962.0 1965.9
	22.	0.00 6.97 6.97	1894.3 1898.3 1902.4
	55.	0.00 8.39 8.39	1573.9 1578.8 1583.7
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 7.94 7.94	3398.3 3407.8 3417.3

VÃO = 400.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 10.52 10.52	2229.4 2235.6 2241.7
	22.	0.00 11.38 11.38	2062.6 2069.3 2075.9
	55.	0.00 12.96 12.96	1811.8 1819.3 1826.9
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 13.04 13.04	3679.2 3694.7 3710.3
FINAIS	5.	0.00 11.53 11.53	2034.9 2041.7 2048.4
	10.	0.00 11.79 11.79	1990.8 1997.7 2004.5
	17.	0.00 12.14 12.14	1933.0 1940.0 1947.1
	22.	0.00 12.39 12.39	1894.3 1901.5 1908.7
	55.	0.00 13.95 13.96	1682.4 1690.5 1698.6
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 13.51 13.51	3550.2 3566.3 3582.4

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

78 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 3

 PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

CABO: CAA 1120N 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 17.42 17.42	2106.3 2116.4 2126.6
	22.	0.00 18.32 18.32	2003.0 2013.7 2024.3
	55.	0.00 19.99 19.99	1836.0 1847.6 1859.2
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 20.11 20.11	3730.6 3754.5 3778.4
FINAIS	5.	0.00 18.48 18.48	1985.7 1996.4 2007.2
	10.	0.00 18.74 18.74	1957.5 1968.4 1979.3
	17.	0.00 19.11 19.11	1919.9 1931.0 1942.1
	22.	0.00 19.37 19.37	1894.2 1905.5 1916.8
	55.	0.00 21.03 21.03	1745.9 1758.1 1770.3
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 20.59 20.59	3642.7 3667.1 3691.6

VÃO = 510.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 18.19 18.19	2097.8 2108.4 2119.0
	22.	0.00 19.10 19.10	1998.8 2009.9 2021.0
	55.	0.00 20.78 20.78	1837.8 1849.9 1862.0
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 20.90 20.90	3734.8 3759.6 3784.4
FINAIS	5.	0.00 19.26 19.26	1982.2 1993.4 2004.6
	10.	0.00 19.53 19.53	1955.2 1966.5 1977.9
	17.	0.00 19.90 19.90	1919.0 1930.5 1942.1
	22.	0.00 20.16 20.16	1894.2 1906.0 1917.7
	55.	0.00 21.82 21.82	1750.7 1763.3 1776.0
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 21.39 21.39	3649.8 3675.1 3700.5

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

78 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 4

 PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

CABO: CAA 1120N 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 25.92 25.92	2040.0 2055.0 2070.1
	22.	0.00 26.84 26.84	1970.0 1985.6 2001.2
	55.	0.00 28.57 28.57	1851.3 1867.9 1884.4
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 28.71 28.71	3765.3 3799.3 3833.3
FINAIS	5.	0.00 27.01 27.01	1958.2 1973.8 1989.5
	10.	0.00 27.28 27.28	1938.7 1954.5 1970.4
	17.	0.00 27.66 27.66	1912.4 1928.4 1944.5
	22.	0.00 27.92 27.92	1894.2 1910.4 1926.6
	55.	0.00 29.63 29.64	1785.4 1802.6 1819.7
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 29.21 29.21	3701.7 3736.3 3770.8

VÃO = 700.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 36.01 36.01	2000.5 2021.4 2042.2
	22.	0.00 36.95 36.95	1950.0 1971.4 1992.7
	55.	0.00 38.72 38.72	1861.5 1883.9 1906.2
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 38.87 38.87	3789.2 3835.0 3880.8
FINAIS	5.	0.00 37.11 37.11	1941.4 1962.8 1984.3
	10.	0.00 37.39 37.39	1927.2 1948.8 1970.3
	17.	0.00 37.77 37.77	1907.7 1929.5 1951.3
	22.	0.00 38.04 38.05	1894.2 1916.2 1938.1
	55.	0.00 39.80 39.80	1811.4 1834.3 1857.2
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 39.38 39.38	3741.2 3787.6 3834.0

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

78 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 5

 PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

CABO: CAA 1120N 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 47.69 47.69	1975.2 2002.7 2030.1
	22.	0.00 48.64 48.64	1937.0 1965.0 1992.9
	55.	0.00 50.44 50.44	1868.6 1897.5 1926.5
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 50.61 50.61	3806.1 3865.4 3924.8
FINAIS	5.	0.00 48.81 48.81	1930.4 1958.5 1986.5
	10.	0.00 49.09 49.09	1919.6 1947.8 1976.0
	17.	0.00 49.48 49.48	1904.7 1933.1 1961.5
	22.	0.00 49.75 49.75	1894.2 1922.8 1951.4
	55.	0.00 51.54 51.54	1829.2 1858.8 1888.3
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 51.12 51.12	3768.7 3828.6 3888.5

VÃO = 900.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 60.97 60.97	1958.0 1992.9 2027.8
	22.	0.00 61.93 61.93	1928.1 1963.5 1998.9
	55.	0.00 63.75 63.75	1873.6 1910.0 1946.4
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 63.93 63.93	3818.4 3893.0 3967.6
FINAIS	5.	0.00 62.10 62.10	1922.9 1958.4 1993.9
	10.	0.00 62.38 62.38	1914.3 1950.0 1985.6
	17.	0.00 62.77 62.77	1902.5 1938.4 1974.3
	22.	0.00 63.05 63.05	1894.2 1930.2 1966.3
	55.	0.00 64.86 64.87	1841.9 1878.9 1916.0
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 64.45 64.45	3788.4 3863.6 3938.7

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE
diâmetro = 15.42 mm coef. dilat.i = 0.00001480 oC-1
área secção = 141.89 mm² coef. dilat.f = 0.00001530 oC-1
peso linear = 0.6570 kgf/m mód. elast. i = 9773. kgf/mm²
carga rupt. = 7857. kgf mód. elast. f = 10687. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 84.00 kgf/m²
Carga = 1.4524 kgf/m

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
Comprimento = 0.00 m
Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 2

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 5.77 5.77	1282.2 1284.1 1286.0
	22.	0.00 6.27 6.27	1180.0 1182.0 1184.1
	40.	0.00 6.79 6.79	1089.5 1091.7 1093.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 7.72 7.72	2117.3 2122.8 2128.4
FINAIS	5.	0.00 5.74 5.74	1289.0 1290.9 1292.7
	10.	0.00 5.89 5.89	1254.7 1256.6 1258.6
	17.	0.00 6.11 6.11	1209.9 1211.9 1213.9
	22.	0.00 6.27 6.27	1180.0 1182.1 1184.1
	40.	0.00 6.82 6.82	1084.9 1087.1 1089.3
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 7.63 7.63	2143.6 2149.1 2154.6

VÃO = 400.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 10.58 10.58	1243.6 1247.0 1250.5
	22.	0.00 11.15 11.15	1180.0 1183.6 1187.3
	40.	0.00 11.74 11.74	1120.8 1124.7 1128.5
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 12.90 12.90	2254.1 2263.4 2272.7
FINAIS	5.	0.00 10.55 10.55	1247.0 1250.4 1253.9
	10.	0.00 10.73 10.73	1226.3 1229.8 1233.3
	17.	0.00 10.97 10.97	1198.7 1202.3 1205.9
	22.	0.00 11.15 11.15	1180.0 1183.7 1187.3
	40.	0.00 11.76 11.76	1118.2 1122.0 1125.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 12.78 12.78	2276.5 2285.7 2294.9

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 3

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 16.82 16.82	1222.6 1228.1 1233.6
	22.	0.00 17.43 17.43	1180.0 1185.7 1191.4
	40.	0.00 18.06 18.06	1138.9 1144.8 1150.7
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.39 19.39	2344.9 2358.9 2372.9
FINAIS	5.	0.00 16.79 16.79	1224.6 1230.1 1235.6
	10.	0.00 16.98 16.98	1211.0 1216.6 1222.1
	17.	0.00 17.24 17.24	1192.7 1198.3 1203.9
	22.	0.00 17.43 17.43	1180.0 1185.7 1191.4
	40.	0.00 18.08 18.09	1137.2 1143.1 1149.0
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.24 19.24	2363.4 2377.2 2391.1

VÃO = 510.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 17.52 17.52	1221.1 1226.8 1232.5
	22.	0.00 18.13 18.13	1180.0 1185.9 1191.8
	40.	0.00 18.77 18.77	1140.3 1146.4 1152.5
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 20.12 20.12	2352.2 2366.7 2381.2
FINAIS	5.	0.00 17.49 17.49	1223.0 1228.7 1234.4
	10.	0.00 17.68 17.68	1209.9 1215.7 1221.5
	17.	0.00 17.95 17.95	1192.2 1198.1 1203.9
	22.	0.00 18.13 18.13	1180.0 1185.9 1191.8
	40.	0.00 18.79 18.79	1138.6 1144.8 1150.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.96 19.96	2370.3 2384.7 2399.1

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 4

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 24.48 24.48	1210.3 1218.3 1226.3
	22.	0.00 25.11 25.11	1180.0 1188.2 1196.4
	40.	0.00 25.77 25.77	1150.1 1158.4 1166.8
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 27.23 27.23	2406.8 2426.4 2446.0
FINAIS	5.	0.00 24.45 24.45	1211.6 1219.6 1227.6
	10.	0.00 24.65 24.65	1202.1 1210.1 1218.1
	17.	0.00 24.92 24.92	1189.1 1197.2 1205.3
	22.	0.00 25.11 25.11	1180.0 1188.2 1196.3
	40.	0.00 25.80 25.80	1148.9 1157.3 1165.7
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 27.06 27.06	2422.0 2441.5 2460.9

VÃO = 700.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 33.56 33.56	1202.6 1213.5 1224.4
	22.	0.00 34.21 34.21	1180.0 1191.1 1202.2
	40.	0.00 34.89 34.89	1157.3 1168.6 1179.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 36.44 36.44	2450.3 2476.4 2502.5
FINAIS	5.	0.00 33.54 33.54	1203.5 1214.4 1225.3
	10.	0.00 33.74 33.74	1196.5 1207.4 1218.4
	17.	0.00 34.01 34.01	1186.8 1197.8 1208.9
	22.	0.00 34.21 34.21	1180.0 1191.1 1202.2
	40.	0.00 34.91 34.91	1156.4 1167.8 1179.1
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 36.25 36.25	2462.8 2488.8 2514.7

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 5

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 44.07 44.07	1197.5 1211.7 1226.0
	22.	0.00 44.73 44.73	1180.0 1194.4 1208.9
	40.	0.00 45.42 45.42	1162.2 1176.9 1191.6
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 47.03 47.04	2481.6 2515.1 2548.7
FINAIS	5.	0.00 44.04 44.04	1198.2 1212.4 1226.7
	10.	0.00 44.24 44.24	1192.7 1207.0 1221.4
	17.	0.00 44.53 44.53	1185.3 1199.7 1214.0
	22.	0.00 44.73 44.73	1180.0 1194.5 1208.9
	40.	0.00 45.44 45.44	1161.6 1176.3 1190.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 46.84 46.84	2492.0 2525.4 2558.8

VÃO = 900.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 56.00 56.00	1193.9 1212.0 1230.0
	22.	0.00 56.67 56.67	1180.0 1198.2 1216.5
	40.	0.00 57.37 57.37	1165.8 1184.2 1202.7
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 59.04 59.04	2504.8 2546.7 2588.6
FINAIS	5.	0.00 55.98 55.98	1194.5 1212.5 1230.5
	10.	0.00 56.18 56.18	1190.2 1208.2 1226.3
	17.	0.00 56.47 56.47	1184.2 1202.4 1220.5
	22.	0.00 56.67 56.67	1180.0 1198.2 1216.5
	40.	0.00 57.39 57.40	1165.2 1183.7 1202.2
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 58.84 58.84	2513.5 2555.3 2597.1

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO	3/8" EAR
TRAÇÃO DE PARTIDA	731 kgf, a 22° C, sem vento, final
PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)	84 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

 ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO
 LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
 CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

CABO: CAA 3/8" 1 POR FASE
 diâmetro = 9.14 mm coef. dilat.i = 0.00001152 oC-1
 área secção = 51.08 mm² coef. dilat.f = 0.00001152 oC-1
 peso linear = 0.4070 kgf/m mód. elast. i = 18600. kgf/mm²
 carga rupt. = 6985. kgf mód. elast. f = 18200. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 84.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 0.8693 kgf/m	Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
 Comprimento = 0.00 m
 Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 0.00 kgf	Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 2

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

 CABO: CAA 3/8" 1 POR FASE

 PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 °C - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 0.00 °C

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [°C]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 5.87 5.87	780.8 782.0 783.2
	22.	0.00 6.27 6.27	731.0 732.3 733.6
	40.	0.00 6.68 6.68	685.5 686.8 688.2
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 7.57 7.57	1292.5 1295.8 1299.1
FINAIS	5.	0.00 5.87 5.87	780.5 781.7 782.9
	10.	0.00 5.99 5.99	765.2 766.4 767.6
	17.	0.00 6.15 6.15	744.8 746.1 747.3
	22.	0.00 6.27 6.27	731.0 732.3 733.5
	40.	0.00 6.68 6.68	685.7 687.0 688.4
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 7.59 7.59	1289.0 1292.3 1295.6

VÃO = 400.00 m CREEP = 0.00 °C

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [°C]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 10.70 10.70	761.8 763.9 766.1
	22.	0.00 11.15 11.15	731.0 733.3 735.5
	40.	0.00 11.61 11.61	701.6 704.0 706.3
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 12.70 12.70	1370.4 1375.9 1381.4
FINAIS	5.	0.00 10.70 10.70	761.7 763.8 766.0
	10.	0.00 10.83 10.83	752.3 754.5 756.7
	17.	0.00 11.02 11.02	739.7 741.9 744.2
	22.	0.00 11.15 11.15	731.0 733.3 735.5
	40.	0.00 11.61 11.61	701.7 704.1 706.4
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 12.73 12.73	1367.4 1372.9 1378.4

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 3

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

CABO: CAA 3/8"

1 POR FASE

PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 16.95 16.95	751.6 755.0 758.4
	22.	0.00 17.43 17.43	731.0 734.5 738.1
	40.	0.00 17.92 17.92	710.8 714.4 718.0
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.15 19.15	1420.9 1429.2 1437.5
FINAIS	5.	0.00 16.95 16.95	751.5 755.0 758.4
	10.	0.00 17.09 17.09	745.3 748.8 752.2
	17.	0.00 17.29 17.29	736.9 740.4 743.9
	22.	0.00 17.43 17.43	731.0 734.5 738.0
	40.	0.00 17.92 17.92	710.8 714.5 718.1
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.19 19.19	1418.5 1426.8 1435.1

VÃO = 510.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 17.65 17.65	750.8 754.4 758.0
	22.	0.00 18.13 18.13	731.0 734.7 738.3
	40.	0.00 18.63 18.63	711.5 715.2 719.0
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.87 19.87	1424.9 1433.5 1442.1
FINAIS	5.	0.00 17.65 17.65	750.8 754.4 757.9
	10.	0.00 17.79 17.79	744.8 748.4 752.0
	17.	0.00 17.99 17.99	736.7 740.3 743.9
	22.	0.00 18.13 18.13	731.0 734.7 738.3
	40.	0.00 18.63 18.63	711.5 715.3 719.0
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.91 19.91	1422.6 1431.1 1439.7

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 4

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

CABO: CAA 3/8"

1 POR FASE

PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 24.62 24.62	745.6 750.6 755.6
	22.	0.00 25.11 25.11	731.0 736.1 741.1
	40.	0.00 25.63 25.63	716.3 721.5 726.7
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 26.96 26.96	1454.8 1466.4 1478.0
FINAIS	5.	0.00 24.62 24.62	745.6 750.6 755.5
	10.	0.00 24.76 24.76	741.2 746.2 751.2
	17.	0.00 24.97 24.97	735.2 740.3 745.3
	22.	0.00 25.11 25.11	731.0 736.1 741.1
	40.	0.00 25.63 25.63	716.4 721.5 726.7
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 27.00 27.00	1452.8 1464.4 1476.1

VÃO = 700.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 33.70 33.70	741.9 748.7 755.5
	22.	0.00 34.21 34.21	731.0 737.9 744.8
	40.	0.00 34.74 34.74	719.9 726.9 733.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 36.14 36.14	1478.3 1493.8 1509.3
FINAIS	5.	0.00 33.70 33.70	741.9 748.7 755.5
	10.	0.00 33.85 33.85	738.6 745.5 752.3
	17.	0.00 34.06 34.06	734.2 741.0 747.8
	22.	0.00 34.21 34.21	731.0 737.9 744.7
	40.	0.00 34.74 34.74	719.9 726.9 733.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 36.18 36.18	1476.6 1492.1 1507.7

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 5

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

CABO: CAA 3/8" 1 POR FASE

PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 44.21 44.21	739.4 748.3 757.1
	22.	0.00 44.73 44.73	731.0 740.0 748.9
	40.	0.00 45.27 45.27	722.4 731.4 740.5
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 46.72 46.73	1495.0 1515.0 1534.9
FINAIS	5.	0.00 44.21 44.21	739.4 748.3 757.1
	10.	0.00 44.36 44.36	736.9 745.8 754.7
	17.	0.00 44.58 44.58	733.4 742.4 751.3
	22.	0.00 44.73 44.73	731.0 740.0 748.9
	40.	0.00 45.26 45.27	722.4 731.4 740.5
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 46.77 46.77	1493.7 1513.6 1533.6

VÃO = 900.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 56.15 56.15	737.7 748.9 760.1
	22.	0.00 56.67 56.67	731.0 742.3 753.6
	40.	0.00 57.22 57.22	724.1 735.5 746.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 58.72 58.72	1507.3 1532.3 1557.2
FINAIS	5.	0.00 56.15 56.15	737.7 748.9 760.1
	10.	0.00 56.30 56.30	735.7 746.9 758.2
	17.	0.00 56.52 56.52	733.0 744.2 755.5
	22.	0.00 56.67 56.67	731.0 742.3 753.6
	40.	0.00 57.22 57.22	724.1 735.5 746.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 58.76 58.76	1506.2 1531.2 1556.1

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

OPGW 15,6

TRAÇÃO DE PARTIDA

1436 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

CABO: CAA OPGW1 1 POR FASE
 diâmetro = 15.60 mm coef. dilat.i = 0.00001433 oC-1
 área secção = 145.00 mm² coef. dilat.f = 0.00001433 oC-1
 peso linear = 0.8000 kg/m mód. elast. i = 14300. kgf/mm²
 carga rupt. = 12623. kgf mód. elast. f = 12430. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
 Pressão = 84.00 kgf/m²
 Carga = 1.5353 kgf/m

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
 Pressão = 0.00 kgf/m²
 Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
 Comprimento = 0.00 m
 Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
 Pressão = 0.00 kgf/m²
 Carga = 0.00 kgf

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
 Pressão = 0.00 kgf/m²
 Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

OPGW 15,6

TRAÇÃO DE PARTIDA

1436 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 2

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

 CABO: CAA OPGW1 1 POR FASE

 PARTIDA: 1436.0 kgf = 11.38 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 5.67 5.67	1587.9 1590.1 1592.4
	22.	0.00 6.18 6.18	1456.1 1458.5 1461.0
	40.	0.00 6.72 6.72	1341.1 1343.7 1346.4
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 7.17 7.17	2410.7 2416.2 2421.7
FINAIS	5.	0.00 5.78 5.78	1558.5 1560.8 1563.1
	10.	0.00 5.92 5.92	1520.2 1522.5 1524.9
	17.	0.00 6.13 6.13	1469.8 1472.3 1474.7
	22.	0.00 6.27 6.27	1436.0 1438.5 1441.0
	40.	0.00 6.78 6.78	1327.6 1330.3 1333.0
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 7.35 7.35	2350.6 2356.2 2361.8

VÃO = 400.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 10.48 10.48	1527.9 1532.1 1536.3
	22.	0.00 11.06 11.06	1448.6 1453.0 1457.4
	40.	0.00 11.65 11.65	1375.3 1379.9 1384.5
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 12.21 12.21	2518.4 2527.7 2537.0
FINAIS	5.	0.00 10.59 10.59	1511.6 1515.8 1520.0
	10.	0.00 10.76 10.76	1488.4 1492.6 1496.9
	17.	0.00 10.99 10.99	1457.2 1461.6 1466.0
	22.	0.00 11.15 11.15	1436.0 1440.4 1444.9
	40.	0.00 11.73 11.73	1365.5 1370.2 1374.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 12.44 12.44	2471.6 2481.1 2490.6

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

OPGW 15,6

TRAÇÃO DE PARTIDA

1436 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 3

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

CABO: CAA OPGW1

1 POR FASE

PARTIDA: 1436.0 kgf = 11.38 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 16.73 16.73	1496.7 1503.4 1510.0
	22.	0.00 17.33 17.33	1444.6 1451.5 1458.3
	40.	0.00 17.96 17.96	1394.4 1401.5 1408.7
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 18.59 18.59	2585.3 2599.4 2613.6
FINAIS	5.	0.00 16.84 16.84	1486.5 1493.2 1499.9
	10.	0.00 17.02 17.02	1471.2 1477.9 1484.7
	17.	0.00 17.26 17.26	1450.4 1457.2 1464.1
	22.	0.00 17.44 17.44	1436.0 1442.9 1449.9
	40.	0.00 18.05 18.05	1387.2 1394.4 1401.6
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 18.86 18.86	2548.8 2563.2 2577.6

VÃO = 510.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 17.43 17.43	1494.5 1501.4 1508.3
	22.	0.00 18.04 18.04	1444.3 1451.5 1458.6
	40.	0.00 18.67 18.67	1395.8 1403.2 1410.6
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.31 19.31	2590.5 2605.2 2619.9
FINAIS	5.	0.00 17.55 17.55	1484.7 1491.6 1498.6
	10.	0.00 17.72 17.72	1469.9 1476.9 1484.0
	17.	0.00 17.97 17.97	1449.8 1457.0 1464.1
	22.	0.00 18.14 18.14	1436.0 1443.2 1450.4
	40.	0.00 18.76 18.76	1388.9 1396.3 1403.8
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.58 19.58	2554.9 2569.8 2584.7

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

OPGW 15,6

TRAÇÃO DE PARTIDA

1436 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 4

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

CABO: CAA OPGW1 1 POR FASE

PARTIDA: 1436.0 kgf = 11.38 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 24.40 24.40	1478.9 1488.5 1498.2
	22.	0.00 25.02 25.02	1442.1 1452.1 1462.0
	40.	0.00 25.67 25.67	1405.9 1416.1 1426.3
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 26.35 26.35	2628.6 2648.6 2668.7
FINAIS	5.	0.00 24.51 24.51	1471.9 1481.6 1491.3
	10.	0.00 24.69 24.69	1461.1 1470.9 1480.6
	17.	0.00 24.95 24.95	1446.3 1456.2 1466.1
	22.	0.00 25.13 25.13	1436.0 1446.0 1455.9
	40.	0.00 25.77 25.77	1400.5 1410.8 1421.0
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 26.64 26.64	2599.9 2620.2 2640.4

VÃO = 700.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 33.48 33.48	1467.8 1481.0 1494.3
	22.	0.00 34.12 34.12	1440.6 1454.1 1467.6
	40.	0.00 34.78 34.78	1413.3 1427.1 1440.8
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 35.50 35.50	2657.9 2684.7 2711.6
FINAIS	5.	0.00 33.60 33.60	1462.7 1476.0 1489.3
	10.	0.00 33.79 33.79	1454.7 1468.1 1481.4
	17.	0.00 34.05 34.05	1443.7 1457.2 1470.6
	22.	0.00 34.23 34.23	1436.0 1449.5 1463.0
	40.	0.00 34.89 34.89	1409.2 1422.9 1436.7
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 35.81 35.81	2634.9 2662.1 2689.2

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

OPGW 15,6

TRAÇÃO DE PARTIDA

1436 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 5

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

 CABO: CAA OPGW1 1 POR FASE

 PARTIDA: 1436.0 kgf = 11.38 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 44.00 44.00	1460.5 1477.8 1495.2
	22.	0.00 44.64 44.64	1439.6 1457.2 1474.7
	40.	0.00 45.31 45.31	1418.3 1436.2 1454.0
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 46.06 46.06	2678.3 2713.1 2747.8
FINAIS	5.	0.00 44.11 44.11	1456.6 1474.0 1491.4
	10.	0.00 44.30 44.30	1450.5 1467.9 1485.4
	17.	0.00 44.57 44.57	1442.0 1459.5 1477.1
	22.	0.00 44.75 44.75	1436.0 1453.6 1471.2
	40.	0.00 45.42 45.42	1415.0 1432.9 1450.8
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 46.38 46.39	2659.7 2694.7 2729.7

VÃO = 900.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 55.94 55.94	1455.5 1477.4 1499.3
	22.	0.00 56.59 56.59	1438.9 1461.0 1483.2
	40.	0.00 57.27 57.27	1421.9 1444.3 1466.7
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 58.04 58.04	2693.1 2736.7 2780.3
FINAIS	5.	0.00 56.05 56.06	1452.4 1474.4 1496.4
	10.	0.00 56.25 56.25	1447.5 1469.6 1491.6
	17.	0.00 56.51 56.51	1440.8 1462.9 1485.1
	22.	0.00 56.70 56.70	1436.0 1458.2 1480.4
	40.	0.00 57.38 57.38	1419.2 1441.7 1464.1
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 58.37 58.37	2677.8 2721.6 2765.5

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

 ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

CABO: CAA OPGW2 1 POR FASE
 diâmetro = 13.40 mm coef. dilat.i = 0.00001320 oC-1
 área secção = 103.00 mm² coef. dilat.f = 0.00001320 oC-1
 peso linear = 0.6820 kgf/m mód. elast. i = 13800. kgf/mm²
 carga rupt. = 9477. kgf mód. elast. f = 13800. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 84.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 1.3161 kgf/m	Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
 Comprimento = 0.00 m
 Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 0.00 kgf	Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 2

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

CABO: CAA OPGW2

1 POR FASE

PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 5.74 5.74	1336.4 1338.4 1340.3
	22.	0.00 6.19 6.19	1240.4 1242.5 1244.6
	40.	0.00 6.65 6.65	1153.8 1156.0 1158.3
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 7.37 7.37	2009.4 2014.2 2019.1
FINAIS	5.	0.00 5.82 5.82	1318.3 1320.3 1322.3
	10.	0.00 5.95 5.95	1289.4 1291.4 1293.4
	17.	0.00 6.14 6.14	1251.0 1253.1 1255.2
	22.	0.00 6.27 6.27	1225.0 1227.1 1229.3
	40.	0.00 6.73 6.73	1140.6 1142.9 1145.2
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 7.44 7.44	1992.4 1997.3 2002.1

VÃO = 400.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 10.55 10.55	1294.3 1297.9 1301.5
	22.	0.00 11.06 11.06	1234.8 1238.6 1242.3
	40.	0.00 11.58 11.59	1178.7 1182.6 1186.5
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 12.47 12.47	2113.1 2121.3 2129.5
FINAIS	5.	0.00 10.64 10.64	1283.3 1286.9 1290.5
	10.	0.00 10.79 10.79	1265.4 1269.1 1272.8
	17.	0.00 11.00 11.00	1241.5 1245.2 1248.9
	22.	0.00 11.15 11.15	1225.0 1228.8 1232.6
	40.	0.00 11.67 11.67	1170.0 1173.9 1177.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 12.55 12.55	2100.7 2108.9 2117.1

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 3

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

CABO: CAA OPGW2

1 POR FASE

PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 16.79 16.79	1271.5 1277.1 1282.8
	22.	0.00 17.33 17.33	1231.7 1237.5 1243.4
	40.	0.00 17.90 17.90	1193.0 1199.0 1205.1
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 18.90 18.90	2180.2 2192.6 2204.9
FINAIS	5.	0.00 16.88 16.88	1264.2 1269.9 1275.6
	10.	0.00 17.04 17.04	1252.3 1258.1 1263.9
	17.	0.00 17.27 17.27	1236.2 1242.0 1247.9
	22.	0.00 17.43 17.43	1225.0 1230.9 1236.8
	40.	0.00 17.99 17.99	1186.8 1192.9 1199.0
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 18.98 18.98	2170.8 2183.2 2195.6

VÃO = 510.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 17.49 17.49	1269.8 1275.7 1281.7
	22.	0.00 18.04 18.04	1231.5 1237.6 1243.7
	40.	0.00 18.60 18.60	1194.0 1200.3 1206.6
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.62 19.62	2185.6 2198.4 2211.2
FINAIS	5.	0.00 17.59 17.59	1262.8 1268.7 1274.7
	10.	0.00 17.75 17.75	1251.4 1257.4 1263.4
	17.	0.00 17.97 17.97	1235.8 1241.9 1248.0
	22.	0.00 18.13 18.13	1225.0 1231.1 1237.3
	40.	0.00 18.70 18.70	1188.1 1194.4 1200.8
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.70 19.70	2176.3 2189.2 2202.1

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 4

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

CABO: CAA OPGW2

1 POR FASE

PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 24.45 24.45	1258.1 1266.3 1274.6
	22.	0.00 25.01 25.01	1229.8 1238.3 1246.7
	40.	0.00 25.60 25.60	1201.7 1210.4 1219.0
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 26.69 26.69	2225.0 2242.4 2259.7
FINAIS	5.	0.00 24.55 24.55	1253.0 1261.3 1269.6
	10.	0.00 24.71 24.72	1244.5 1252.9 1261.3
	17.	0.00 24.95 24.95	1233.0 1241.5 1249.9
	22.	0.00 25.11 25.11	1225.0 1233.5 1242.0
	40.	0.00 25.70 25.70	1197.2 1205.9 1214.6
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 26.78 26.78	2217.7 2235.2 2252.6

VÃO = 700.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 33.53 33.53	1249.7 1261.0 1272.3
	22.	0.00 34.11 34.11	1228.6 1240.1 1251.6
	40.	0.00 34.71 34.71	1207.4 1219.1 1230.8
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 35.86 35.86	2255.9 2279.1 2302.4
FINAIS	5.	0.00 33.63 33.63	1245.9 1257.2 1268.5
	10.	0.00 33.80 33.80	1239.6 1251.0 1262.4
	17.	0.00 34.04 34.04	1231.0 1242.5 1254.0
	22.	0.00 34.21 34.21	1225.0 1236.5 1248.0
	40.	0.00 34.81 34.81	1203.9 1215.7 1227.4
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 35.95 35.95	2250.1 2273.4 2296.7

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 5

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

CABO: CAA OPGW2

1 POR FASE

PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 44.03 44.03	1244.1 1258.8 1273.6
	22.	0.00 44.62 44.62	1227.8 1242.8 1257.7
	40.	0.00 45.24 45.24	1211.2 1226.4 1241.6
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 46.43 46.43	2277.8 2307.8 2337.8
FINAIS	5.	0.00 44.14 44.14	1241.2 1256.0 1270.8
	10.	0.00 44.31 44.31	1236.3 1251.2 1266.1
	17.	0.00 44.55 44.55	1229.7 1244.6 1259.6
	22.	0.00 44.72 44.72	1225.0 1240.0 1255.0
	40.	0.00 45.34 45.34	1208.5 1223.7 1238.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 46.52 46.53	2273.2 2303.2 2333.3

VÃO = 900.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 55.96 55.96	1240.2 1258.9 1277.6
	22.	0.00 56.56 56.56	1227.2 1246.1 1265.0
	40.	0.00 57.18 57.19	1214.0 1233.1 1252.2
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 58.41 58.42	2293.9 2331.5 2369.1
FINAIS	5.	0.00 56.07 56.07	1237.9 1256.6 1275.3
	10.	0.00 56.24 56.25	1234.0 1252.8 1271.6
	17.	0.00 56.49 56.49	1228.7 1247.6 1266.5
	22.	0.00 56.66 56.66	1225.0 1243.9 1262.9
	40.	0.00 57.29 57.29	1211.8 1230.9 1250.1
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 58.51 58.51	2290.0 2327.7 2365.4

ANEXO 3 – SAÍDAS DO PROGRAMA FLASH

----- S H I E L D I N G C A L C U L A T I O N -----

Value of BETA used = .8999999761581421
 THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 1 IS 21.68 DEGREES
 THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 1 IS -41.68 DEGREES

 THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 2 IS 22.20 DEGREES
 THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 2 IS -55.00 DEGREES

----- B A C K F L A S H C A L C U L A T I O N -----

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

----- F I N A L R E S U L T S -----

THE BACKFLASHOVER RATE = 0.9500 FLASHOVERS/100 KM
= 1.5200 FLASHOVERS/100 MI

THE SHIELDING FAILURE
FLASHOVER RATE = 0.0000 FLASHOVERS/100 KM
= 0.0000 FLASHOVERS/100 MI

TOTAL FLASHOVER RATE = 0.9500 FLASHOVERS/100 KM
= 1.5200 FLASHOVERS/100 MI

**ANEXO 4 – MEMÓRIA DE CALCULO DA ESTRUTURA V2CRL QUE SERÁ APLICADA
NOS TRECHOS COM T = 500 ANOS**

Relatório - RE-EQT4-L402-PB-EST-0022-R00

OBSERVAÇÃO:

Esta estrutura será utilizada no trecho com paralelismo das LT's 500 kV C.S. Igaporã III / Janaúba 3 C1 e C2 (Lotes 14B e 15), com velocidade de referência do vento correspondente a um período de retorno $T = 500$ anos.

Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
00	18/04/17	Emissão inicial	FGS	RCM	PRRLS

**EQUATORIAL TRANSMISSORA 4 SPE S.A.****PROJETO BÁSICO**

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
FGS	RCM	PRRLS	PRRLS	19042-D	18/04/17

TÍTULO

Leilão ANEEL 013/2015 2ª Etapa - Lote 14A
LT 500 kV C.S. Janaúba 3 / Presidente Juscelino C1
TORRE TIPO V2CRL
Cálculo Estrutural

Nº ENGETOWER	Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
20.10-C4001	RE-EQT4-L402-PB-EST-0022	1 de 34	00

ÍNDICE

1 NOTAS GERAIS DE CÁLCULO	Pág.	3		
2 ESQUEMA ESTRUTURAL	Pág.	4		
3 HIPÓTESES DE CARGA	Pág.	5	a	19
4 CARGAS DEVIDAS AO VENTO SOBRE A TORRE	Pág.	20	a	21
5 DIMENSIONAMENTO DE BARRAS E CONEXÕES	Pág.	22	a	27
6 CARGAS ÚLTIMAS SOBRE FUNDAÇÕES DOS MASTROS	Pág.	28	a	30
7 DIMENSIONAMENTO DOS CABOS E DE SUAS CONEXÕES À TORRE	Pág.	31	a	33
8 CÁLCULO DO APOIO DA BASE DOS MASTROS	Pág.	34		

1 NOTAS GERAIS DE CÁLCULO

1.1 PARÂMETROS BÁSICOS DA TORRE

Tensão	500 kV	
Circuito	SIMPLES, COM 2 PÁRA-RAIOS	
Aplicação	SUSPENSÃO	
Vão básico (m)	500	
Ângulo de deflexão	0°	2°
Vão médio (m)	535	465
Vão gravante (m)	300 a 700 (condutor) e 300 a 750 (pára-raios)	
Cabo pára-raios	cabo OPGW Ø16.75mm ou cabo OPGW Ø13.4mm ou CAA "DOTTEREL" 176.9 kcmil ou cabo de aço galvanizado Ø3/8" EHS	
Cabo condutor (6 cabos/fase)	CAL 838 kcmil (Al 1120)	

1.2 MATERIAIS EMPREGADOS

Aço estrutural:

ASTM A36	Fy = 2531 kgf/cm ² (Tensão de fluência)
	Fu = 4077 kgf/cm ² (Tensão de ruptura)
ASTM A572 GRAU 50	Fy = 3515 kgf/cm ² (Tensão de fluência)
	Fu = 4570 kgf/cm ² (Tensão de ruptura)
ASTM A572 GRAU 60	Fy = 4218 kgf/cm ² (Tensão de fluência)
	Fu = 5273 kgf/cm ² (Tensão de ruptura)

Parafusos (rosca excluída da seção de corte):

ASTM A394 TIPO "0" Fv = 2620 kgf/cm² (Tensão admissível ao corte)

Estais:

Ø1 1/16" (37 fios) CR = 58000 kgf (Carga mínima de ruptura)

Cabo de Interligação dos Mastros:

Ø5/8" (19 fios) CR = 21000 kgf (Carga mínima de ruptura)

Cabo de Suspensão das Fases:

Ø1 1/8" (37 fios) CR = 68000 kgf (Carga mínima de ruptura)

1.3 NORMAS E ESPECIFICAÇÕES PARA DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento da torre (barras e ligações) foi feito de acordo com a Norma ASCE 10-15 ("Design of Latticed Steel Transmission Structures"), adotando-se um coeficiente de minoração de resistências igual a 0.93. Isto significa que as tensões admissíveis utilizadas no dimensionamento estrutural foram obtidas multiplicando-se as tensões limites recomendadas pela ASCE pelo fator 0.93.

1.4 SOFTWARE USADO NO CÁLCULO

O cálculo estrutural foi feito com a utilização de programas de computador desenvolvidos por ENGETOWER, baseados no método dos elementos finitos e que fazem a análise estática não-linear de estruturas reticuladas. O modelo estrutural empregado foi o de treliça espacial.

2 ESQUEMA ESTRUTURAL

O desenho ENGETOWER nº 20.10-D4000/1 apresenta a silhueta da torre. Nesse desenho estão indicadas as barras carregadas (traço cheio) e respectivas denominações de cálculo, as barras redundantes (traço interrompido) e os painéis/níveis de aplicação das cargas devidas ao vento sobre a estrutura.

OBS.: As verificações dos espaçamentos elétricos nas silhuetas deslocadas da torre, para as hipóteses de carga definidoras de sua geometria (indicadas no item 3.2), estão apresentadas no desenho ENGETOWER nº 20.10-D4000/2.

3 HIPÓTESES DE CARGA

3.1 DEFINIÇÕES BÁSICAS

3.1.1 CARACTERÍSTICAS DOS CABOS

- CABO CONDUTOR (6 cabos / fase):
 - CAL 838 kcmil (Al 1120)
 - A = área da seção transversal = 4.2516 cm^2
 - \varnothing = diâmetro = 2.6780 cm
 - ρ = peso = 1.1722 kgf/m
 - CR = carga de ruptura = 9471 kgf
 - E_i = módulo de elasticidade inicial = $0.6520 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
 - E_f = módulo de elasticidade final = $0.6520 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
 - α_i = coeficiente de dilatação térmica linear inicial = $2.3000 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$
 - α_f = coeficiente de dilatação térmica linear final = $2.3000 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$
- Obs.: Informações acima para 1 cabo
- CABO PÁRA-RAIOS 1:
 - cabo OPGW $\varnothing 16.75\text{mm}$
 - A = área da seção transversal = 1.5900 cm^2
 - \varnothing = diâmetro = 1.6750 cm
 - ρ = peso = 0.7680 kgf/m
 - CR = carga de ruptura = 9888 kgf
 - E_i = módulo de elasticidade inicial = $1.1111 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
 - E_f = módulo de elasticidade final = $1.1111 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
 - α_i = coeficiente de dilatação térmica linear inicial = $1.5500 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$
 - α_f = coeficiente de dilatação térmica linear final = $1.5500 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$
- CABO PÁRA-RAIOS 2:
 - cabo OPGW $\varnothing 13.4\text{mm}$
 - A = área da seção transversal = 1.0300 cm^2
 - \varnothing = diâmetro = 1.3400 cm
 - ρ = peso = 0.6820 kgf/m
 - CR = carga de ruptura = 9477 kgf
 - E_i = módulo de elasticidade inicial = $1.3800 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
 - E_f = módulo de elasticidade final = $1.3800 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
 - α_i = coeficiente de dilatação térmica linear inicial = $1.3200 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$
 - α_f = coeficiente de dilatação térmica linear final = $1.3200 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$
- CABO PÁRA-RAIOS 3:
 - CAA "DOTTEREL", 176.9 kcmil
 - A = área da seção transversal = 1.4193 cm^2
 - \varnothing = diâmetro = 1.5420 cm
 - ρ = peso = 0.6570 kgf/m
 - CR = carga de ruptura = 7865 kgf
 - E_i = módulo de elasticidade inicial = $0.8965 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
 - E_f = módulo de elasticidade final = $1.0600 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
 - α_i = coeficiente de dilatação térmica linear inicial = $1.4800 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$
 - α_f = coeficiente de dilatação térmica linear final = $1.5400 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$
- CABO PÁRA-RAIOS 4:
 - cabo de aço galvanizado $\varnothing 3/8$ " EHS
 - A = área da seção transversal = 0.5114 cm^2
 - \varnothing = diâmetro = 0.9520 cm
 - ρ = peso = 0.4060 kgf/m
 - CR = carga de ruptura = 6990 kgf
 - E_i = módulo de elasticidade inicial = $1.8500 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
 - E_f = módulo de elasticidade final = $1.8500 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
 - α_i = coeficiente de dilatação térmica linear inicial = $1.1500 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$
 - α_f = coeficiente de dilatação térmica linear final = $1.1500 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$

3.1.2 CADEIAS DE ISOLADORES

- CADEIA DE SUSPENSÃO I:
 - peso = 300 kgf
 - A_e = área exposta ao vento $\cong 23 \times 0.170 \times 0.280 = 1.095 \text{ m}^2$

3.1.3 AÇÃO DO VENTO

3.1.3.1 VENTO MÁXIMO

- De acordo com IEC/TR 60826, considerando-se período de integração igual a 2-3 segundos para a ação do vento sobre cabos, cadeia de isoladores e estrutura.
- T = período de retorno = 250 anos
- VR(50) = velocidade de referência do vento para T igual a 50 anos = 23.61 m/s (85 km/h)
- VR(250) = velocidade de referência do vento para T igual a 250 anos = 27.78 m/s (100 km/h)
- Terreno categoria "B" ($K_r = 1.00$)
- q_0 = pressão dinâmica de referência = $1/2 \times \rho \times [K_r \times VR(250)]^2/g$
 - ρ = massa específica do ar = 1.121 kg/m^3
 - g = aceleração da gravidade = 9.81 m/s^2
 - $\Rightarrow q_0 = 44.1 \text{ kgf/m}^2$
- Obs.: A pressão dinâmica reduzida será tomada igual a 36% do valor acima calculado

3.1.3.2 VENTO DE ALTA INTENSIDADE

- Será considerado vento com velocidade $V_i = 47.22 \text{ m/s}$ (170 km/h), constante com a altura, atuando integralmente sobre a estrutura e sobre 25% do vão médio.
- q_i = pressão dinâmica associada a $V_i = 1/2 \times \rho \times V_i^2/g$
 - ρ = massa específica do ar = 1.121 kg/m^3
 - g = aceleração da gravidade = 9.81 m/s^2
 - $\Rightarrow q_i = 127.4 \text{ kgf/m}^2$

3.1.4 TRAÇÕES NOS CABOS

- ESTADOS DE CARGA:
 - 1 EDS: 21°C, sem vento
 - 2 Temperatura mínima: 4°C
 - 3 Temperatura máxima: 55°C no condutor e 39°C no pára-raios
 - 4 Vento máximo 90° (transversal), temperatura = 17°C
 - 5 Vento máximo 75°, temperatura = 17°C
 - 6 Vento máximo 60°, temperatura = 17°C
 - 7 Vento máximo 45°, temperatura = 17°C
 - 8 Vento máximo 30°, temperatura = 17°C
 - 9 Vento máximo 15°, temperatura = 17°C
 - 10 Vento máximo 0°, temperatura = 17°C
 - 11 Vento reduzido 90°, temperatura = 17°C

- Resultados, na condição final, para vãos básicos máximos da LT:

ESTADO DE CARGA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
CONDUTOR (*)	1894	1982	1747	3917	3735	3244	2615	2117	1929	1914	2311
PÁRA-RAIOS 1	1374	1425	1326	2810	2683	2339	1893	1534	1397	1386	1675
PÁRA-RAIOS 2	1223	1260	1186	2312	2213	1945	1605	1338	1239	1231	1441
PÁRA-RAIOS 3	1180	1223	1138	2532	2415	2097	1679	1335	1201	1190	1471
PÁRA-RAIOS 4	727	747	708	1560	1488	1291	1033	821	738	731	905

(*) Trações para 1 cabo

- Notas: a) Trações para vão básico de:
- \Rightarrow cabo CONDUTOR: 510.0 m
 - \Rightarrow cabo PÁRA-RAIOS 1: 510.0 m
 - \Rightarrow cabo PÁRA-RAIOS 2: 510.0 m
 - \Rightarrow cabo PÁRA-RAIOS 3: 510.0 m

- ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 4: 510.0 m
- b) Trações para condição final, considerando-se:
- ⇒ cabo CONDUTOR: Tração final EDS = 20.0% de CR
(flecha final condição EDS = 20.162 m)
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 1: Tração final EDS = 13.9% de CR
(flecha final condição EDS = 18.198 m -> 90% CONDUTOR)
(flecha final temperatura mínima = 17.552 m -> 91% CONDUTOR)
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 2: Tração final EDS = 12.9% de CR
(flecha final condição EDS = 18.168 m -> 90% CONDUTOR)
(flecha final temperatura mínima = 17.624 m -> 91% CONDUTOR)
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 3: Tração final EDS = 15.0% de CR
(flecha final condição EDS = 18.137 m -> 90% CONDUTOR)
(flecha final temperatura mínima = 17.494 m -> 91% CONDUTOR)
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 4: Tração final EDS = 10.4% de CR
(flecha final condição EDS = 18.189 m -> 90% CONDUTOR)
(flecha final temperatura mínima = 17.710 m -> 92% CONDUTOR)
- c) Pressões máximas de vento sobre cabos:
- ⇒ cabo CONDUTOR : 86.82 kgf/m² (H = 23.0m G_C = 2.14 G_L = 0.92)
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 1 : 92.91 kgf/m² (H = 34.0m G_C = 2.29 G_L = 0.92)
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 2 : 92.91 kgf/m² (H = 34.0m G_C = 2.29 G_L = 0.92)
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 3 : 92.91 kgf/m² (H = 34.0m G_C = 2.29 G_L = 0.92)
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 4 : 92.91 kgf/m² (H = 34.0m G_C = 2.29 G_L = 0.92)
- d) Flechas na temperatura mínima para vão básico:
- ⇒ cabo CONDUTOR : 19.3 m
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 1 : 17.6 m
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 2 : 17.6 m
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 3 : 17.5 m
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 4 : 17.7 m
- e) Flechas na temperatura máxima para vão básico:
- ⇒ cabo CONDUTOR : 21.9 m
- f) Alturas médias dos cabos para vão básico:
- ⇒ cabo CONDUTOR: H = 12.5 + 21.9 + 1.3 - 2/3 x 19.3 =
= 22.8 m (adotada: 23.0 m)
Obs.: 12.5 m = distância mínima fase/solo
1.3 m = distância típica fase inferior ao c.g. das fases
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 1: H = 12.5 + 21.9 + 10.7 - 2/3 x 17.6 =
= 33.4 m (adotada: 34.0 m)
Obs.: 10.7 m = altura típica pára-raios em relação à fase inferior
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 2: H = 12.5 + 21.9 + 10.7 - 2/3 x 17.6 =
= 33.4 m (adotada: 34.0 m)
Obs.: 10.7 m = altura típica pára-raios em relação à fase inferior
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 3: H = 12.5 + 21.9 + 10.7 - 2/3 x 17.5 =
= 33.4 m (adotada: 34.0 m)
Obs.: 10.7 m = altura típica pára-raios em relação à fase inferior
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 4: H = 12.5 + 21.9 + 10.7 - 2/3 x 17.7 =
= 33.3 m (adotada: 34.0 m)
Obs.: 10.7 m = altura típica pára-raios em relação à fase inferior

3.1.5 CARGAS LONGITUDINAIS DECORRENTES DE RUPTURA DE CABO

- PÁRA-RAIOS: 1.25 x Tração EDS
- FASES: 0.70 x Tração EDS

3.1.6 CARGAS LONGITUDINAIS PARA CONTENÇÃO DE QUEDA EM CASCATA

- PÁRA-RAIOS: 0.50 x Tração EDS
- FASES: 0.25 x Tração EDS

3.1.7 HIPÓTESES DE CARGA E FATORES DE SOBRECARGA - SUSPENSÃO

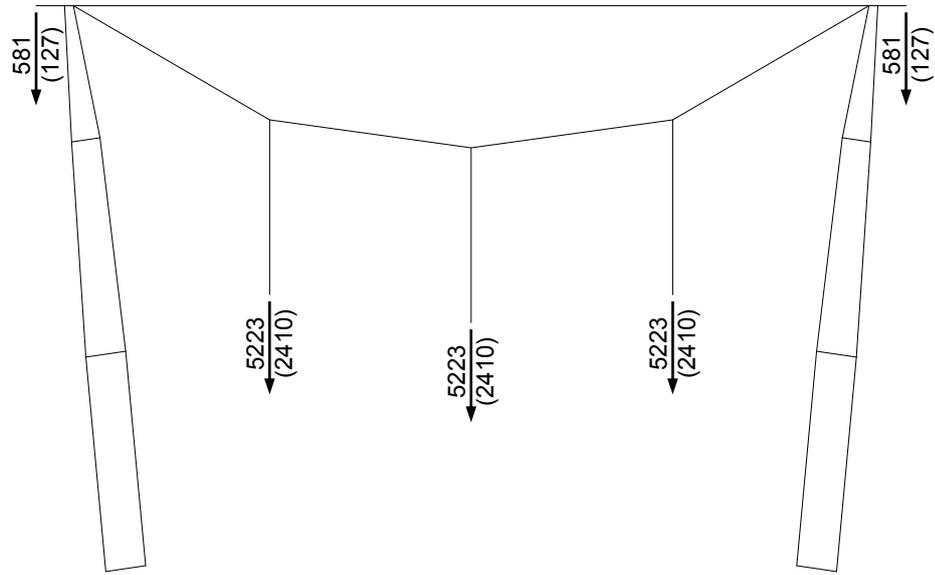
- HIP. 1: Cabos intactos, com vento transversal máximo (90°)
- HIP. 2: Cabos intactos, com vento longitudinal máximo
- HIP. 3: Cabos intactos, com vento máximo a 45°, 60° ou 75°
- HIP. 4: Ruptura de 1 fase, sem vento
- HIP. 5: Ruptura de 1 pára-raios, sem vento
- HIP. 6: Construção/Manutenção, sem vento
- HIP. 7: Cabos intactos, com vento transversal de alta intensidade
- HIP. 8: Cabos intactos, com vento longitudinal de alta intensidade
- HIP. 9: Cabos intactos, com vento de alta intensidade a 45°, 60° ou 75°
- HIP. 10: Contenção de queda em cascata, sem vento
- HIP. 11: Grampeamento, sem vento
- Fatores de sobrecarga:
 - ⇒ Cargas transversais:
 - HIP. 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 e 10 : 1.00
 - HIP. 6 : 1.50 (em construção)
ou 1.15 (já construído)
 - HIP. 11 : 1.50
 - ⇒ Cargas verticais:
 - HIP. 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 e 10 : 1.15 (normais)
ou 0.87 (reduzidas)
 - HIP. 6 : 1.50 (em construção)
ou 1.15 (já construído)
 - HIP. 11 : 1.50
 - Para hipóteses com cargas verticais reduzidas, fator de sobrecarga considerado para o peso próprio da estrutura: 0.87
 - ⇒ Cargas longitudinais:
 - HIP. 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 e 10 : 1.00
 - HIP. 6 : 1.50 (em construção)
ou 1.15 (já construído)
 - HIP. 11 : 1.50

3.1.8 CARGAS POR HIPÓTESE

Notas:

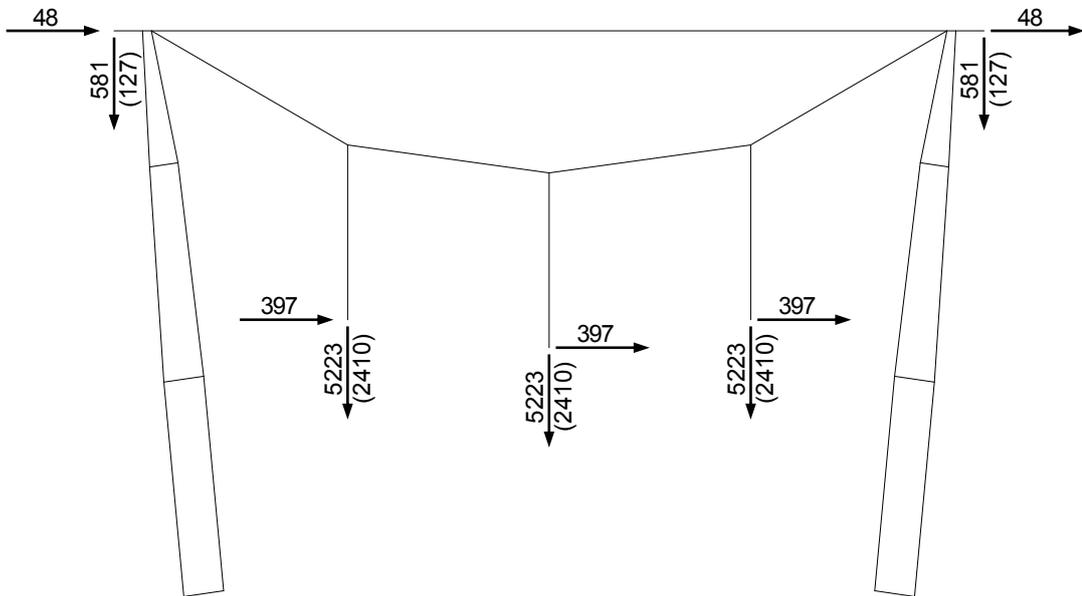
1. Para as hipóteses com vento de alta intensidade (hip. 7, 8 e 9), considerou-se trações atuantes iguais às obtidas para Vento Reduzido (90°)

3.2 PARA VERIFICAÇÕES ELÉTRICAS E DE GEOMETRIA



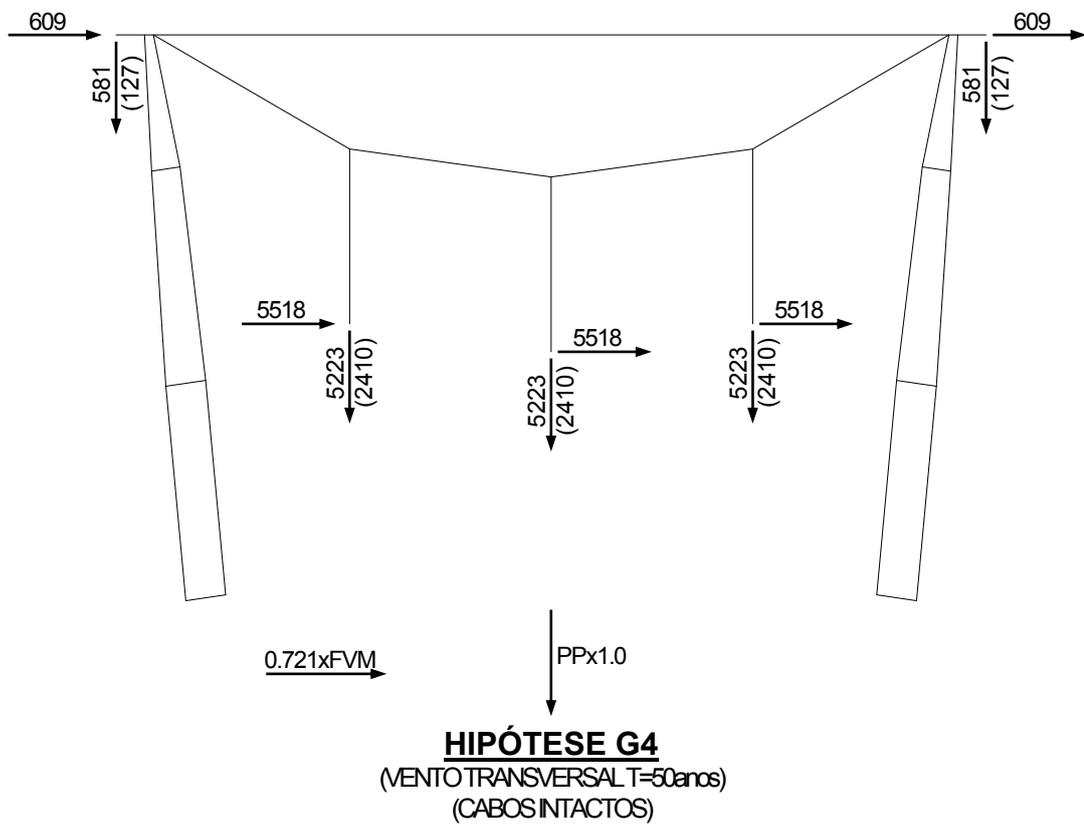
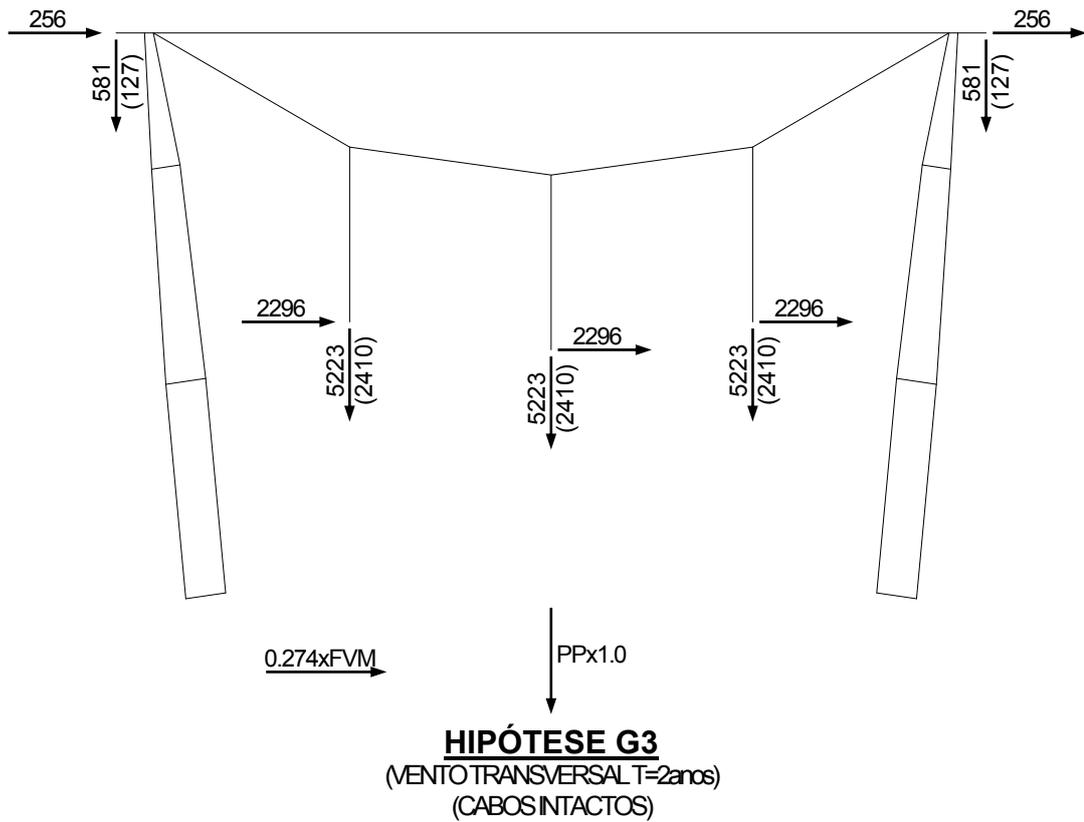
PPx1.0

HIPÓTESE G1
(SEM VENTO)
(EDS-ALINHAMENTO)

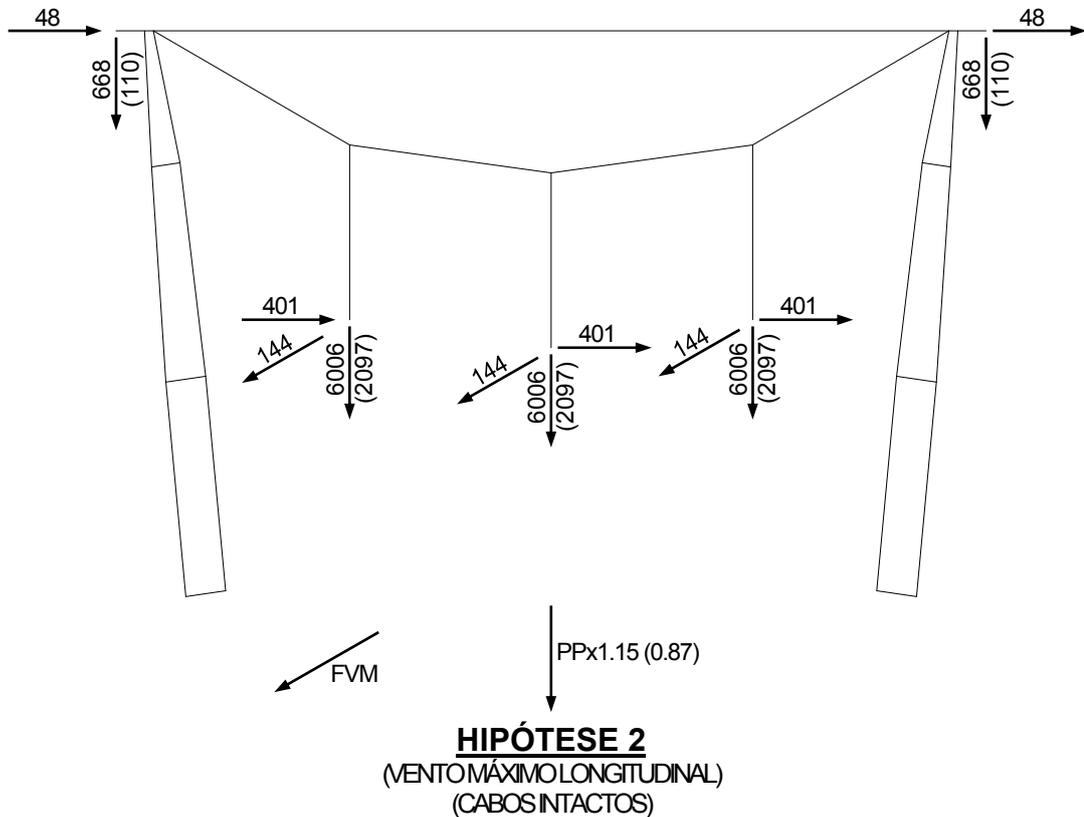
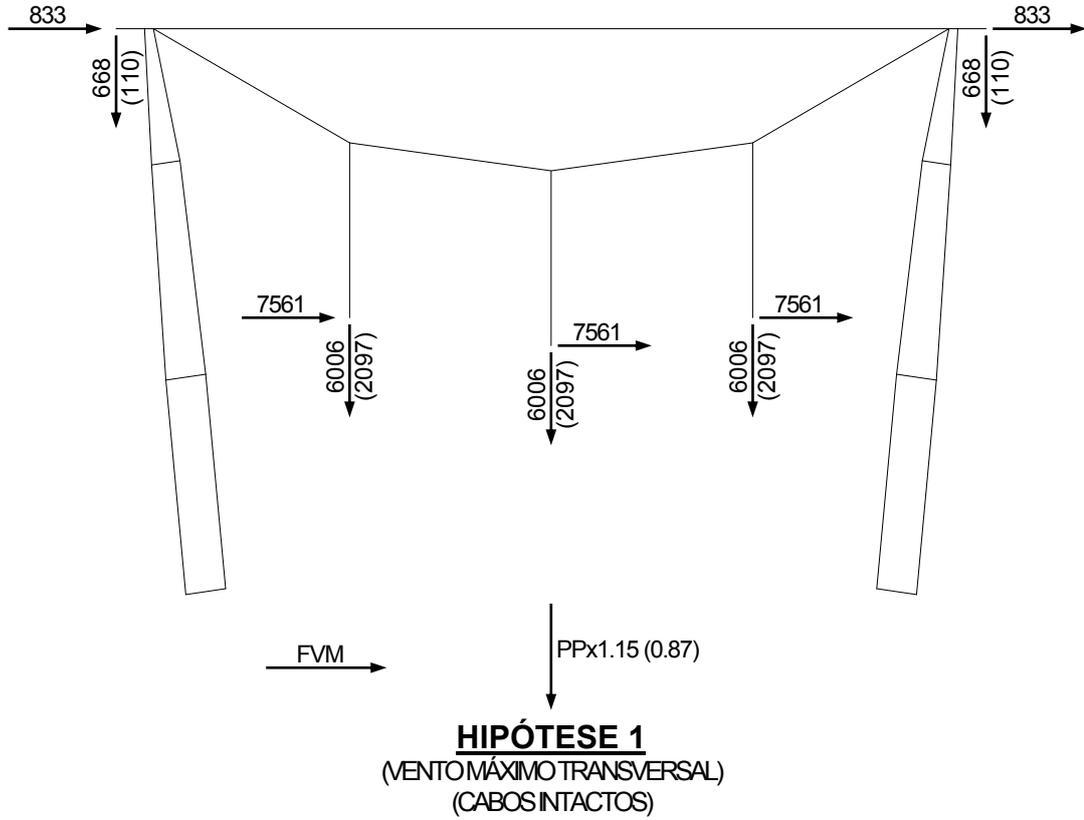


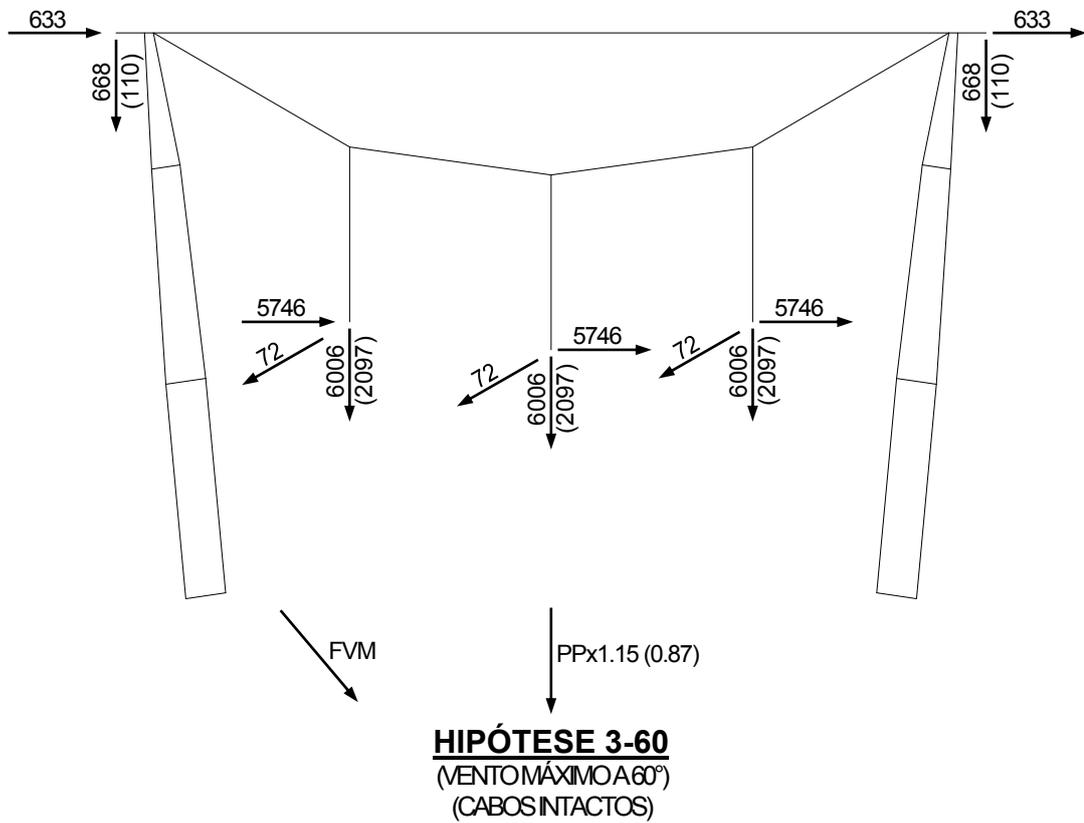
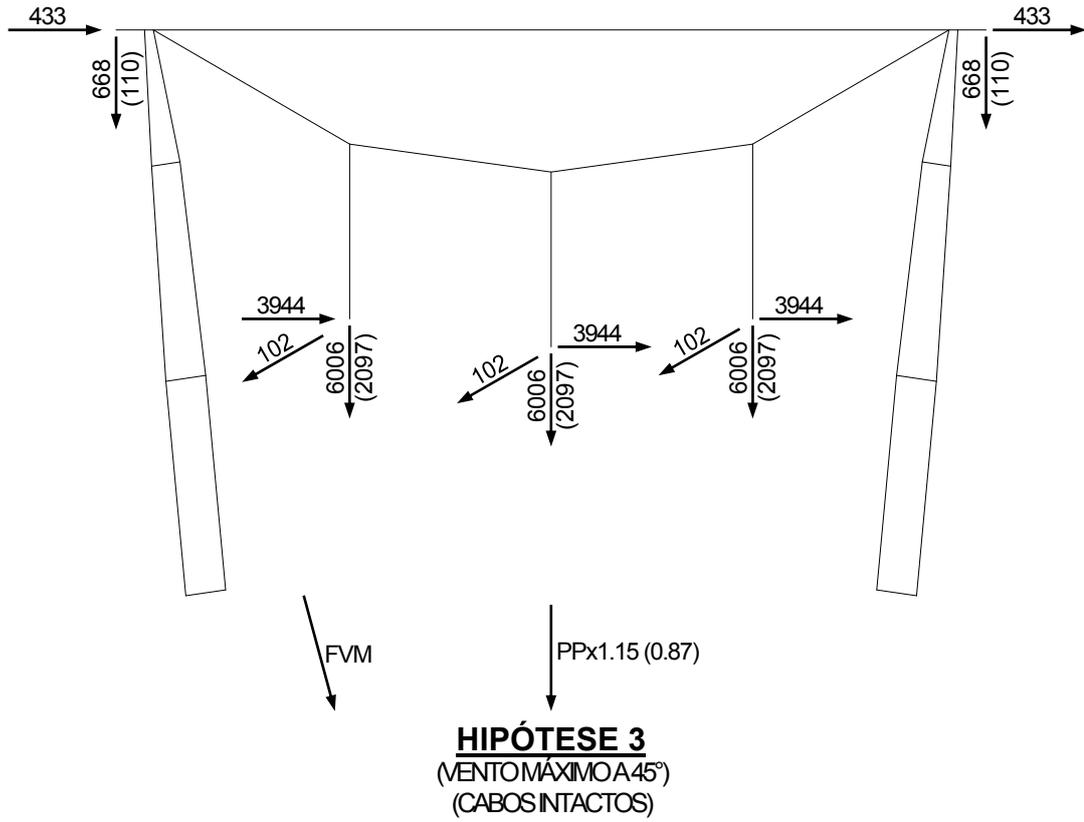
PPx1.0

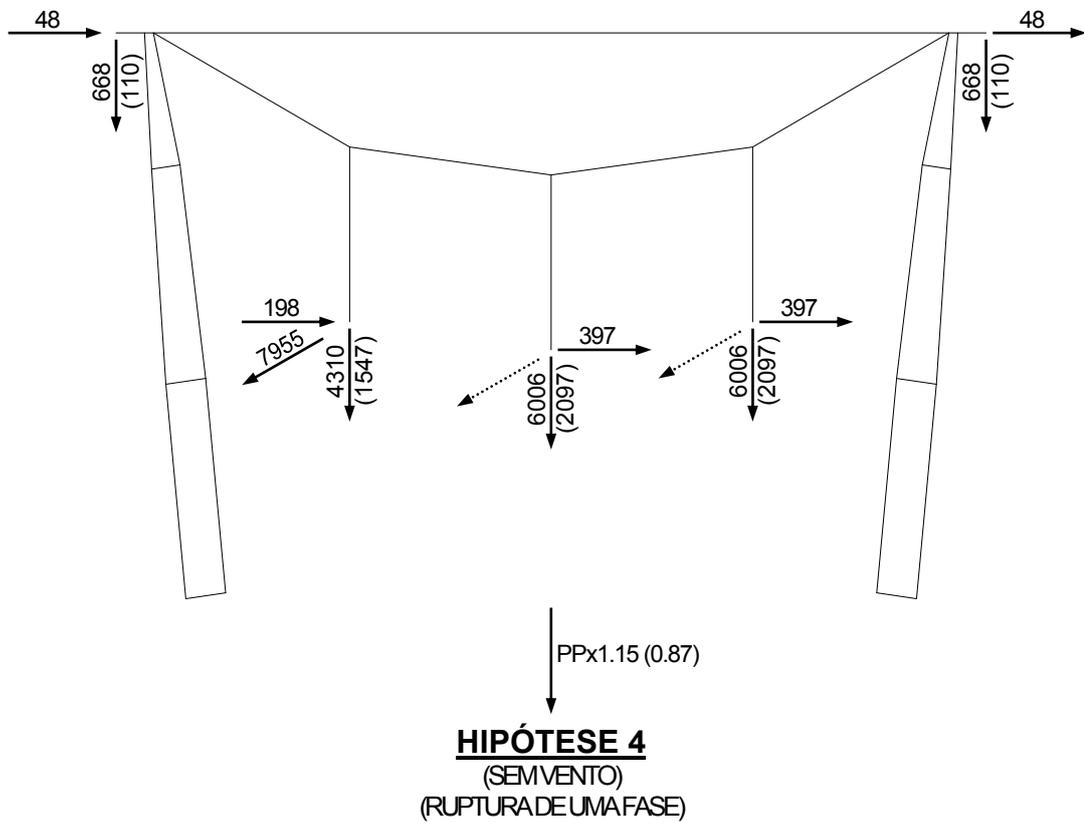
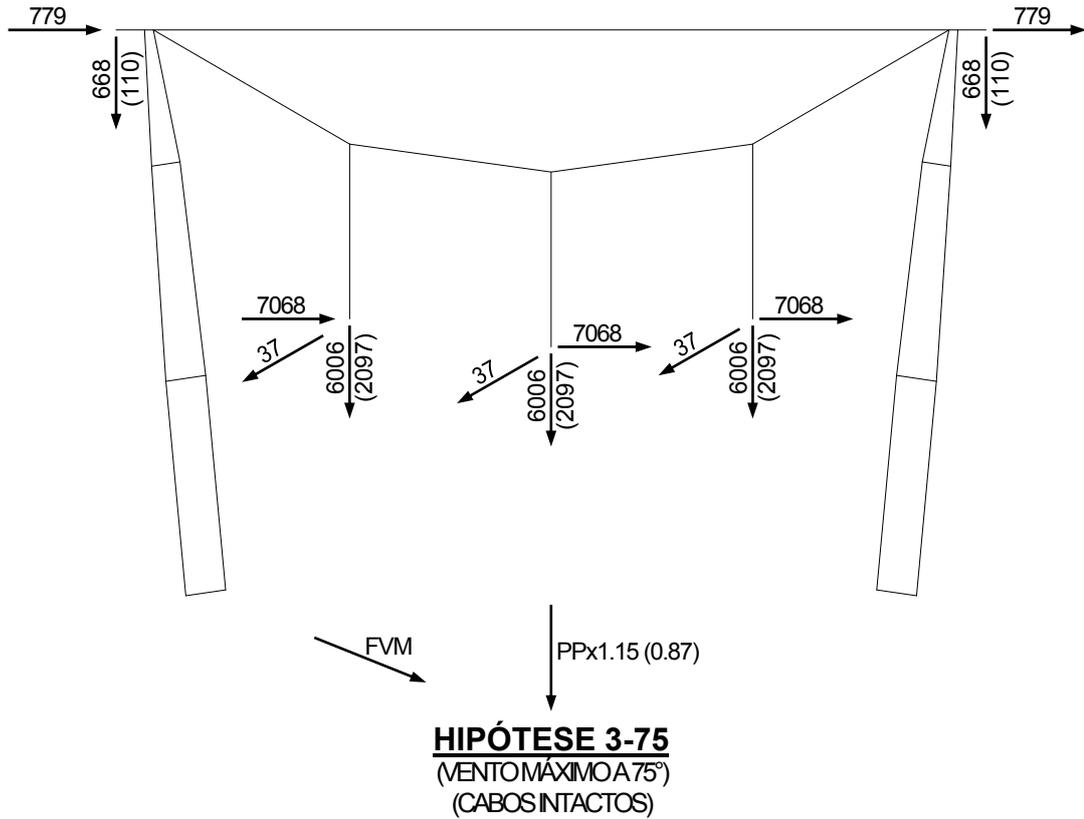
HIPÓTESE G2
(SEM VENTO)
(EDS-ÂNGULO MÁXIMO)

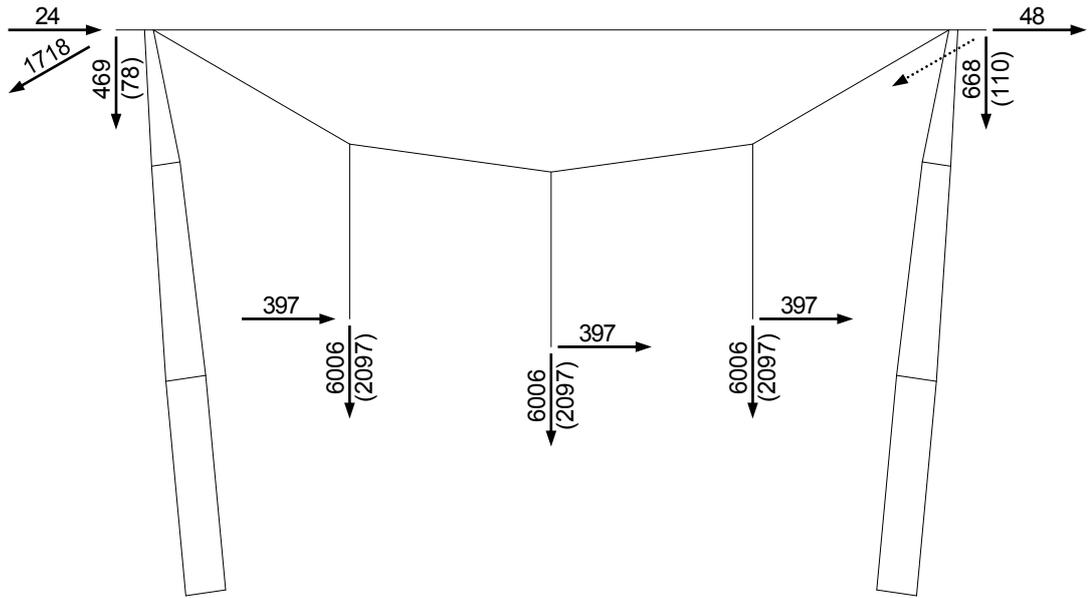


3.3 PARA DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL



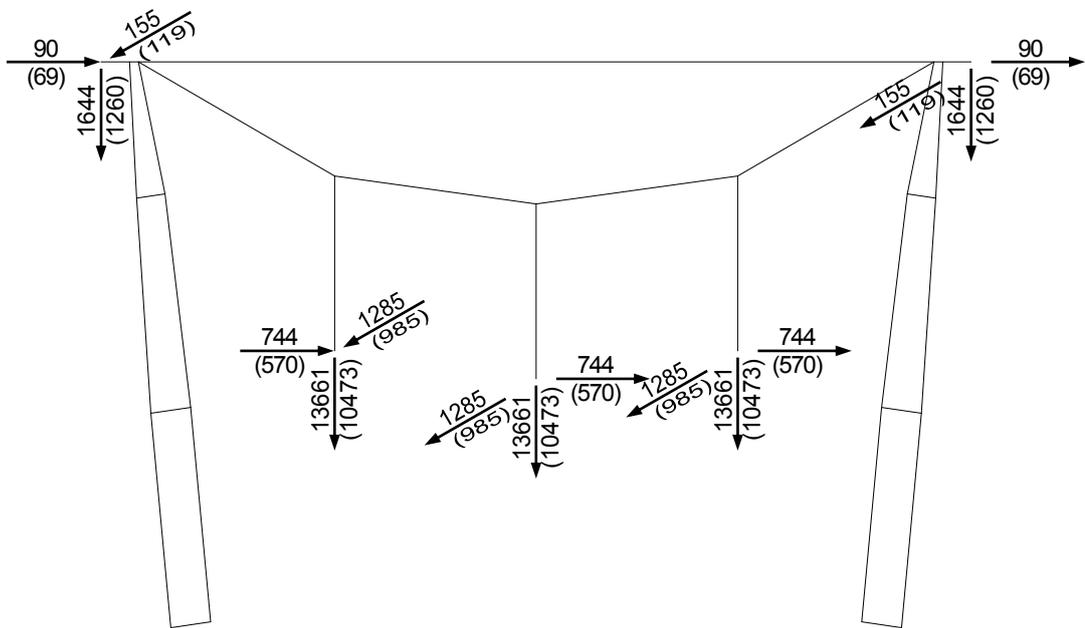






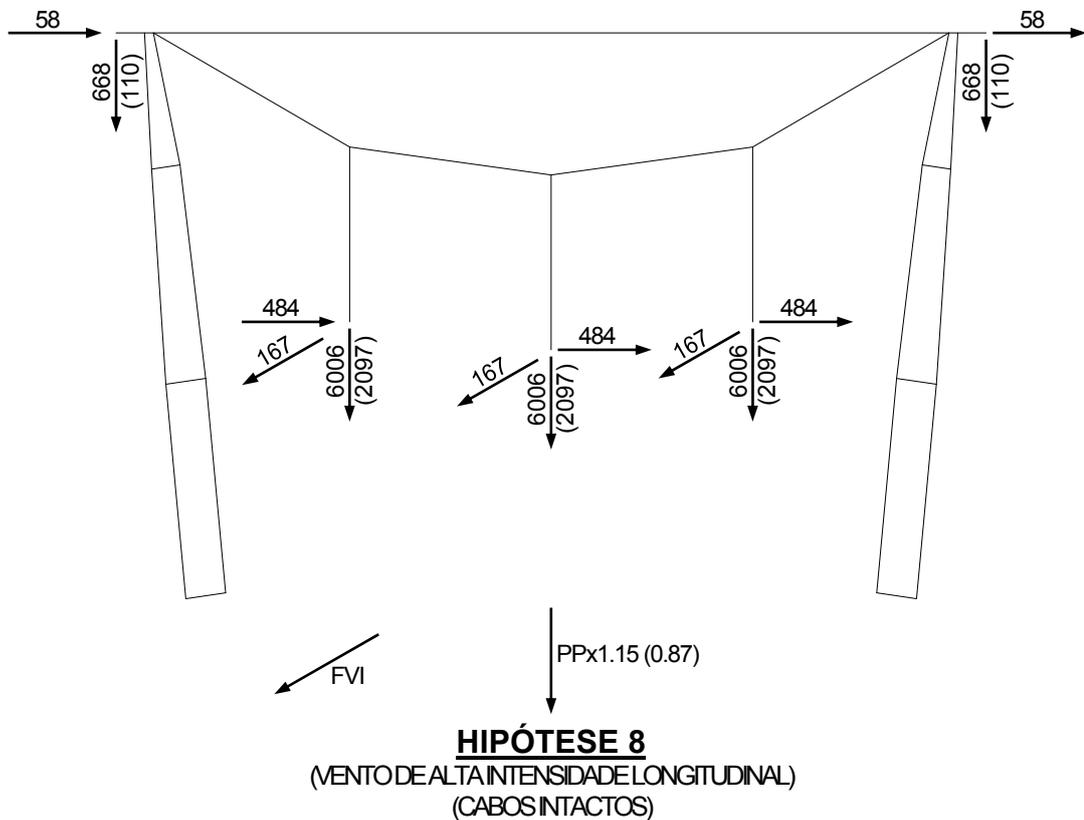
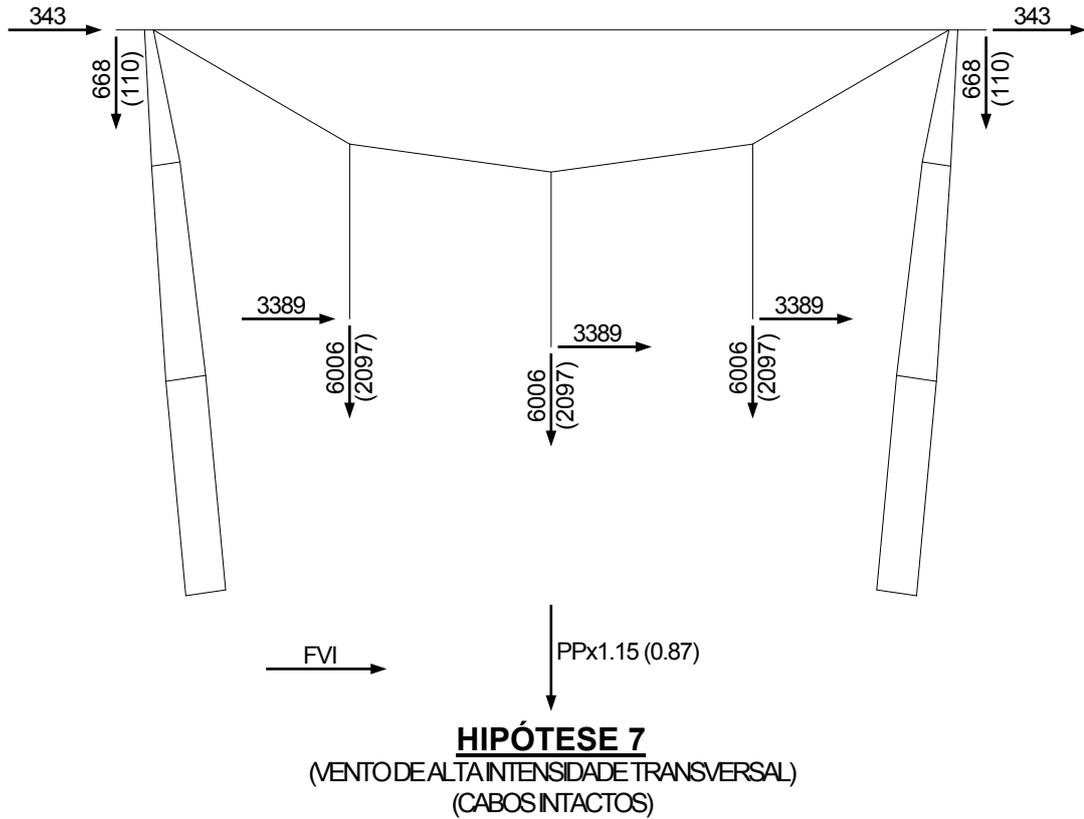
PPx1.15 (0.87)

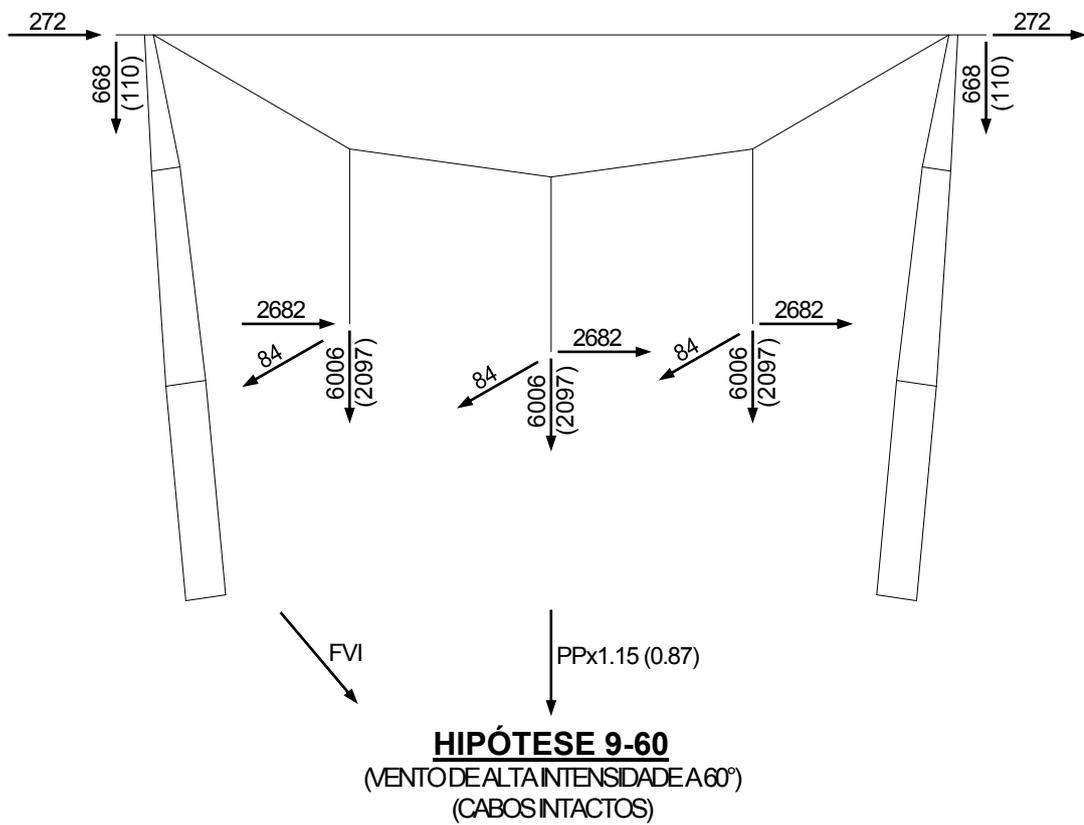
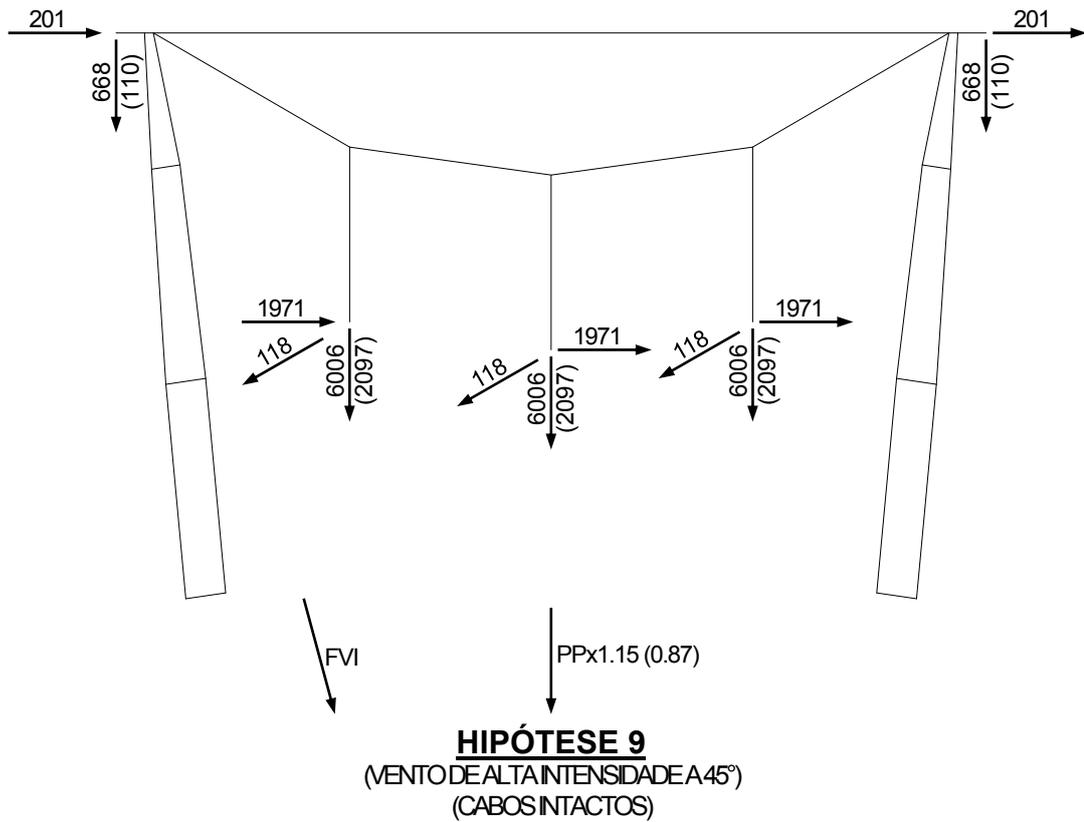
HIPÓTESE 5
(SEM VENTO)
(RUPTURA DE UM PÁRA-RAIOS)

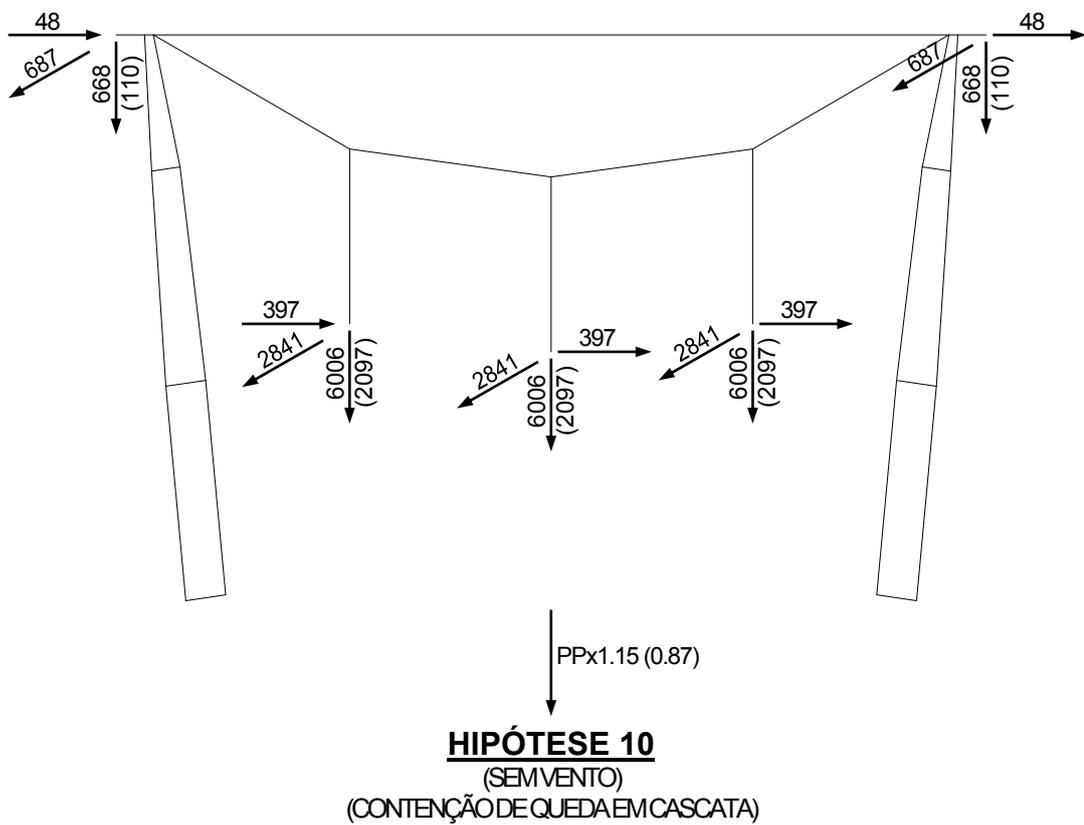
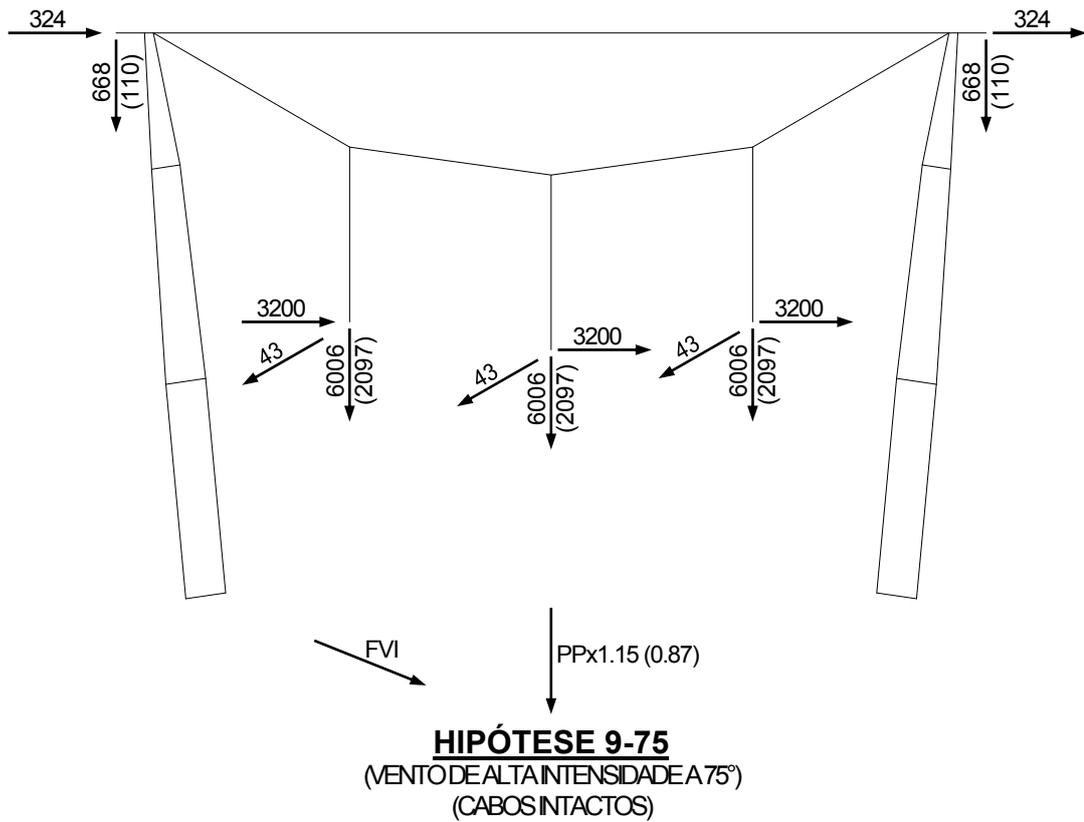


PPx1.15

HIPÓTESE 6
(SEM VENTO)
(CONSTRUÇÃO/MANUTENÇÃO)







3.4 NOTAS PARA ÁRVORES DE CARGA

- a) As árvores de carga apresentadas no item 3.2 são utilizadas somente para verificações dos espaçamentos elétricos nas silhuetas deslocadas da torre. Tais verificações estão apresentadas no desenho ENGETOWER nº 20.10-D4000/2.
- b) As árvores de carga apresentadas no item 3.3 representam as hipóteses de carga básicas consideradas no cálculo. Algumas destas hipóteses foram desdobradas para a análise estrutural, conforme se esclarece em notas subseqüentes.
- c) Cargas são últimas (incluem os respectivos fatores de sobrecarga) e estão em kgf.
- d) **FVM** indica a força devida à ação do vento máximo sobre a própria torre e **FVI** indica a força devida à ação do vento de alta intensidade. Para cálculo de **FVM** e **FVI**, ver páginas seguintes.
- e) **PP** indica o peso próprio da torre.
- f) **Hipóteses 4** (ruptura de uma fase): **e** na denominação da hipótese de carga indica carga longitudinal na fase da esquerda, **d** indica carga longitudinal na fase da direita e **m** indica carga longitudinal na fase central.
- g) **Hipóteses 5** (ruptura de um pára-raios): **e** na denominação da hipótese de carga indica carga longitudinal no PR da esquerda e **d** indica carga longitudinal no PR da direita.
- h) **Hipótese 6** (construção/manutenção):
OBS.: 1) Para cabos em lançamento, considerar cargas fora de parênteses na árvore de carga;
2) Para cabos lançados, considerar cargas entre parênteses na árvore de carga;
Ae : cargas de lançamento no PR esquerdo;
Ad : cargas de lançamento no PR direito;
Be : cargas de lançamento no PR esquerdo e PR direito lançado;
Bd : cargas de lançamento no PR direito e PR esquerdo lançado;
C : 2 PR's lançados;
De : 2 PR's lançados e lançamento da fase da esquerda;
Dd : 2 PR's lançados e lançamento da fase da direita;
Dm : 2 PR's lançados e lançamento da fase da central;
Eem : 2 PR's lançados, lançamento da fase da esquerda e fase central lançada;
Eed : 2 PR's lançados, lançamento da fase da esquerda e fase da direita lançada;
Eme : 2 PR's lançados, lançamento da fase central e fase da esquerda lançada;
Emd : 2 PR's lançados, lançamento da fase central e fase da direita lançada;
Ede : 2 PR's lançados, lançamento da fase da direita e fase da esquerda lançada;
Edm : 2 PR's lançados, lançamento da fase da direita e fase central lançada;
Fe : 2 PR's lançados, lançamento da fase da esquerda e demais fases lançadas;
Fm : 2 PR's lançados, lançamento da fase central e demais fases lançadas;
Fd : 2 PR's lançados, lançamento da fase da direita e demais fases lançadas;
G : 2 PR's e todas as fases lançados;
- i) **Hipóteses 11** (grampeamento):
OBS.: 1) Para cabos em grampeamento, considerar cargas fora de parênteses na árvore de carga;
2) Para cabos só lançados ou já grampeados, considerar cargas entre parênteses na árvore de carga;
Nos desdobramentos abaixo especificados, considerar cargas de cabos só lançados/já grampeados nos pontos onde não houver cabos em grampeamento:
Ae: cargas de grampeamento somente no PR esquerdo;
Ad: cargas de grampeamento somente no PR direito;
B : cargas de grampeamento somente nos 2 PR's;
Ce: cargas de grampeamento somente nos 2 PR's e na fase da esquerda;
Cd: cargas de grampeamento somente nos 2 PR's e na fase da direita;
Cm: cargas de grampeamento somente nos 2 PR's e na fase central;
De: sem as cargas de grampeamento da fase da esquerda;
Dd: sem as cargas de grampeamento da fase da direita;
Dm: sem as cargas de grampeamento da fase central;
E : todas as cargas de grampeamento aplicadas.
- i) **R** na denominação da hipótese de carga indica cargas verticais mínimas (valores entre parênteses nas árvores de carga).

4 CARGAS DEVIDAS AO VENTO SOBRE A TORRE

4.1 CARGAS DEVIDAS AO VENTO MÁXIMO SOBRE A TORRE

As cargas devidas à ação do vento máximo sobre a torre foram calculadas conforme metodologia da Publicação IEC/IR 60826, considerando-se a seguinte pressão dinâmica de referência:

- vento máximo: $q_0 = 44.1 \text{ kgf/m}^2$.

4.2 CARGAS DEVIDAS AO VENTO DE ALTA INTENSIDADE SOBRE A TORRE

As cargas devidas à ação do vento de alta intensidade sobre a torre foram calculadas com base na seguinte pressão dinâmica, constante ao longo da altura:

- vento de alta intensidade: $q_i = 127.4 \text{ kgf/m}^2$.

4.3 CARGAS DEVIDAS AO VENTO, POR MASTRO e POR PAINEL

Painel	H (m)	Ae (m ²)	Ab (m ²)	Ae/Ab	Ca	Gt	FW (kgf)	FWi (kgf)
1	54.884	0.85	2.00	0.42	2.16	2.53	205	234
		0.96	2.54	0.38	2.27		243	278
2	51.308	1.70	7.80	0.22	2.83	2.50	530	613
		1.70	7.80	0.22	2.83		530	613
3	45.347	1.95	9.00	0.22	2.83	2.46	599	703
		1.95	9.00	0.22	2.83		599	703
4	39.387	1.95	9.00	0.22	2.83	2.40	584	703
		1.95	9.00	0.22	2.83		584	703
5	33.427	1.95	9.00	0.22	2.83	2.35	572	703
		1.95	9.00	0.22	2.83		572	703
6	27.467	1.95	9.00	0.22	2.83	2.28	555	703
		1.95	9.00	0.22	2.83		555	703
7	21.507	1.95	9.00	0.22	2.83	2.20	535	703
		1.95	9.00	0.22	2.83		535	703
8	15.546	1.95	9.00	0.22	2.83	2.09	509	703
		1.95	9.00	0.22	2.83		509	703
9	9.586	1.68	8.00	0.21	2.87	1.95	415	614
		1.68	8.00	0.21	2.87		415	614
10	3.626	0.76	2.00	0.38	2.27	1.69	129	220
		0.76	2.00	0.38	2.27		129	220
11	37.003	0.85	2.00	0.42	2.16	2.38	193	234
		0.96	2.54	0.38	2.27		229	278
12	33.427	1.70	7.80	0.22	2.83	2.35	499	613
		1.70	7.80	0.22	2.83		499	613
13	27.467	1.95	9.00	0.22	2.83	2.28	555	703
		1.95	9.00	0.22	2.83		555	703
14	21.507	1.95	9.00	0.22	2.83	2.20	535	703
		1.95	9.00	0.22	2.83		535	703
15	15.546	1.95	9.00	0.22	2.83	2.09	509	703
		1.95	9.00	0.22	2.83		509	703
16	9.586	1.68	8.00	0.21	2.87	1.95	415	614
		1.68	8.00	0.21	2.87		415	614
17	3.626	0.76	2.00	0.38	2.27	1.69	129	220
		0.76	2.00	0.38	2.27		129	220

NOTAS:

- Para indicação dos painéis de vento, ver desenho ENGETOWER n° 20.10-D4000/1.
- A linha superior refere-se à face longitudinal da torre (vento transversal) e a linha inferior refere-se à face transversal da torre (vento longitudinal).
- H = altura sobre o solo.
- Gt = fator de rajada (para terreno com rugosidade B).
- Ae = área exposta ao vento para 1 mastro.
- Ab = área de contorno associada a Ae.
- Ca = coeficiente de arrasto (calculado com base na relação Ae/Ab).
- FW e FWi = componente transversal (FWT) ou longitudinal (FWL) das forças de vento FVM e FVI sobre 1 mastro
- $FW = q_0 \times Gt \times Ca \times Ae$, onde $q_0 = 44.1 \text{ kgf/m}^2$.
- $FWi = q_i \times Ca \times Ae$, onde $q_i = 127.4 \text{ kgf/m}^2$.
- As forças devidas à ação do vento sobre os estais não estão incluídas na tabela acima. Para o valor considerado para esta força, ver nota seguinte.
- FWe = força devida ao vento máximo sobre 1 estai:
144 kgf (torre H=43.5m) ou 92 kgf (torre H=25.5m)
FWei = força devida ao vento de alta intensidade sobre 1 estai:
176 kgf (torre H=43.5m) ou 118 kgf (torre H=25.5m).
- Forças devidas à ação do vento sobre cabos de suspensão das fases:
FWT = 0, FWL = 102.8 kgf; FWTi = 0, FWLi = 117.2 kgf
- Forças devidas à ação do vento sobre cabo de interligação dos mastros:
FWT = 0, FWL = 54.6 kgf; FWTi = 0, FWLi = 62.4 kgf

4.4 CARGAS DEVIDAS AO VENTO, POR MASTRO e POR NÍVEL

VENIO MÁXIMO (kgf)					
NÍVEL	VENIO a 90° (TRANSVERSAL)	VENIO a 0° (LONGITUDINAL)	VENIO a 45°	VENIO a 60°	VENIO a 75°
	FWT (FWL = 0)	(FWT = 0) FWL	FWT = FWL	FWT/FWL	FWT/FWL
1	103+144	122+144	95+100	107+125/62+72	105+139/28+37
2	368	387	320	371/214	374/100
3	565	565	479	562/325	573/153
4	592	592	502	589/340	600/161
5	578	578	490	576/332	586/157
6	564	564	478	561/324	572/153
7	545	545	462	543/313	553/148
8	522	522	443	520/300	529/142
9	462	462	392	460/266	469/126
10	272	272	231	271/156	276/74
11	65+144	65+144	55+100	64+125/37+72	65+139/18+37
12	97+92	115+92	90+66	101+80/58+46	99+89/27+24
13	346	364	301	349/202	352/94
14	527	527	447	525/303	534/143
15	545	545	462	543/313	553/148
16	522	522	443	520/300	529/142
17	462	462	392	460/266	469/126
18	272	272	231	271/156	276/74
19	65+92	65+92	55+66	64+80/37+46	65+89/18+24

VENIO DE ALTA INTENSIDADE (kgf)					
NÍVEL	VENIO a 90° (TRANSVERSAL)	VENIO a 0° (LONGITUDINAL)	VENIO a 45°	VENIO a 60°	VENIO a 75°
	FWT (FWL = 0)	(FWT = 0) FWL	FWT = FWL	FWT/FWL	FWT/FWL
1	117+176	139+176	109+124	122+152/70+88	120+170/32+46
2	424	446	369	427/247	431/115
3	658	658	558	655/378	667/179
4	703	703	597	700/404	713/191
5	703	703	597	700/404	713/191
6	703	703	597	700/404	713/191
7	703	703	597	700/404	713/191
8	703	703	597	700/404	713/191
9	659	659	559	656/379	668/179
10	417	417	354	415/240	423/113
11	110+176	110+176	93+124	110+152/63+88	112+170/30+46
12	117+118	139+118	109+84	122+102/70+59	120+114/32+31
13	424	446	369	427/247	431/115
14	658	658	558	655/378	667/179
15	703	703	597	700/404	713/191
16	703	703	597	700/404	713/191
17	659	659	559	656/379	668/179
18	417	417	354	415/240	423/113
19	110+118	110+118	93+84	110+102/63+59	112+114/30+31

NOTAS:

1. Para indicação dos níveis de vento, ver desenho ENGETOWER n° 20.10-D4000/1.
2. FWT = componente transversal das forças de vento FVM ou FVI.
FWL = componente longitudinal das forças de vento FVM ou FVI.

$$FWT = [1 + 0.2\text{sen}^2(2\theta)] \times (FW(V.TRANSV)\text{sen}^2\theta + FW(V.LONGIT)\text{cos}^2\theta) \times \text{sen}\theta$$

$$FWL = [1 + 0.2\text{sen}^2(2\theta)] \times (FW(V.TRANSV)\text{sen}^2\theta + FW(V.LONGIT)\text{cos}^2\theta) \times \text{cos}\theta$$
3. As forças indicadas referem-se a 1 mastro.
4. As forças indicadas nos níveis 1 e 11 (segunda parcela) correspondem à metade da carga devida à ação do vento sobre os estais na torre H=43.5m.
5. As forças indicadas nos níveis 12 e 19 (segunda parcela) correspondem à metade da carga devida à ação do vento sobre os estais na torre H=25.5m.

5 DIMENSIONAMENTO DE BARRAS E CONEXÕES

NOTAS:

- 1 - As forças máximas indicadas são últimas, ou seja, incluem os fatores de sobrecarga especificados.
- 2 - Aços estruturais: ASTM/A36.
ASTM/A572, grau 50 (indicado por ASTM A572).
ASTM/A572, grau 60 (indicado por ASTM A572*).
- 3 - Parafusos: ASTM/A394, tipo 0.
- 4 - Estais e cabos:
 - Estais: $\varnothing 1 \frac{1}{16}$ " (37 fios), com carga mínima de ruptura = 58000 kgf.
 - Cabo de Interligação dos Mastros: $\varnothing 5/8$ " (19 fios), com carga mínima de ruptura = 21000 kgf.
 - Cabo de Suspensão das Fases: $\varnothing 1 \frac{1}{8}$ " (37 fios), com carga mínima de ruptura = 68000 kgf.
- 5 - Módulo de elasticidade longitudinal:
 - Perfis e chapas: 2038894 kgf/cm².
 - Estais e cabos : 1500000 kgf/cm².
- 6 - Tensão de cisalhamento máxima nos parafusos: 2620 kgf/cm².
 - O valor acima foi estabelecido considerando-se que os parafusos estão permanentemente submetidos a uma carga de tração de cerca de 40% de sua carga de ruptura, tração esta produzida pelo torque com que são instalados.
 - Para a determinação da resistência ao cisalhamento dos parafusos, considerou-se rosca excluída da seção de corte.
- 7 - Tensão de esmagamento considerando bordas padrões ($F_p = 1.0833 \times F_u$):
 - Aço ASTM/A36: 4417 kgf/cm².
 - Aço ASTM/A572, grau 50: 4950 kgf/cm².
 - Aço ASTM/A572, grau 60: 5712 kgf/cm².
- 8 - Curvas de flambagem (dimensionamento à compressão): conforme "Design of Latticed Steel Transmission Structures" (Norma ASCE 10-15), itens 3.6 e 3.7.
- 9 - Área líquida (A_n) para o dimensionamento à tração:
 - Cantoneiras presas em uma só aba: $A_n = 0.90 \times (A_b - A_a)$.
 - Cantoneiras presas em ambas as abas: $A_n = A_b - A_a$.
 - onde:
 - A_b = Área bruta.
 - A_a = Área dos furos.
- 10 - Na análise estrutural, considerou-se que os estais estavam pré-tensionados com uma carga igual a 8% de sua carga mínima de ruptura (0.08 x de 58000 = 4640 kgf).
- 11 - No dimensionamento das barras e conexões, e também dos cabos (item 7) e do apoio da base dos mastros (item 8), adotou-se um coeficiente de minoração de resistências igual a 0.93, ou seja, as tensões e cargas admissíveis utilizadas foram obtidas multiplicando-se os valores limites pelo fator 0.93.

VERIFICACAO DOS PERFILADOS E LIGACOES

EQT4/EQT6 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO V2CRL

CONVENCOES ADOTADAS

NB = DENOMINACAO DA BARRA
HIP = HIPOTESE DE CARREGAMENTO GOVERNANTE
FMAX= ESFORCO MAXIMO (KGF)
L = COMPRIMENTO DE FLAMBAGEM CRITICO (CM)
R = RAO DE GIRACAO CRITICO (CM)
A = AREA DA SECAO TRANSVERSAL (CM²)
ESB = ESBELITEZ CRITICA EFETIVA
C = CURVA DO ASCE P/ CORRECAO DA ESBELITEZ
TA = TENSAO ADMISSIVEL NA BARRA (KGF/CM²)
FA = ESFORCO ADMISSIVEL NA BARRA (KGF)
NP = NUMERO DE PARAFUSOS
D = DIAMETRO DO PARAFUSO (MM)
SD = CISCALHAMENTO DUPLO NO CORPO DO PARAFUSO (SECAO DUPLA)
FCA = FORCA DE CISCALHAMENTO ADMISSIVEL NA LIGACAO (KGF)
FEA = FORCA DE ESMAGAMENTO ADMISSIVEL NA LIGACAO (KGF)
EC = ESPESSURA DA CHAPA ADOTADA P/ CALCULO DE FEA (MM)
% = TAXAS MAXIMAS DE TRABALHO (%) - BARRA/LIGACAO

DVPL

EQT4/EQT6 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO V2CRL

PAG. 1

VERIFICACAO DOS PERFILADOS E LIGACOES

NB	* HIP *	FMAX	* L *	BITOLA	* R *	A	*ESB*	C	* TA *	FA	*NP	D	SD*	FCA	* FEA/EC*	%
MlEa	5d	-10336	63	1L75x75x6	1.48	8.72	81	3	2565	-22364	3	15.9		14514	15204	.46
	5d	7978		ASTIM-A572*		5.79			3923	22707					6.0	.71
MlEb	5e	-14778	76	1L75x75x6	1.48	8.72	69	2	2958	-25794						.57
	5dR	3806		ASTIM-A572*		5.79			3923	22707						
MlEc	3-75	-20258	76	1L75x75x6	1.48	8.72	51	1	3381	-29482						.69
	9R	4764		ASTIM-A572*		6.43			3923	25230						
MlEd	3-75	-23765	76	1L75x75x6	1.48	8.72	51	1	3381	-29482						.81
	9R	5609		ASTIM-A572*		6.43			3923	25230						
MlEe	3-75	-26002	76	1L75x75x6	1.48	8.72	51	1	3381	-29482						.88
	9R	6152		ASTIM-A572*		6.43			3923	25230						
MlIa	6Fm	-32730	46	1L75x75x8	1.45	11.40	54	2	3328	-37941	8	15.9		38704	54059	.86
	8R	1945		ASTIM-A572*		7.51			3923	29475					8.0	.85
MlIb	6Fm	-27742	92	1L75x75x8	1.45	11.40	63	1	3095	-35288						.79
	8R	1408		ASTIM-A572*		8.35			3923	32750						
MlIc	6Fm	-24318	92	1L75x75x8	1.45	11.40	63	1	3095	-35288						.69
	8R	1114		ASTIM-A572*		8.35			3923	32750						
MlId	6Fm	-22241	92	1L75x75x8	1.45	11.40	63	1	3095	-35288						.63
	8R	926		ASTIM-A572*		8.35			3923	32750						
BP	1	-874	31	2L90x90x7	2.75	24.40	66	3	3037	-74112	2	15.9		9676	11825	.02
	5dR	1142		ASTIM-A572*		17.15			3923	67294					7.0	.12
Dlas	6Fm	28616	70	2L90x90x7	2.75	17.15	73	3	3923	67294	8	15.9		38704	47301	.43
				ASTIM-A572*											7.0	.74
Dlai	3-75	-9238	70	2L90x90x7	2.75	24.40	73	3	2836	-69190	3	15.9		14514	17738	.13
	9-60R	2234		ASTIM-A572*		17.15			3923	67294					7.0	.64
Dlb	9R	-1532	58	1L40x40x4	0.78	3.08	97	3	1921	-5916	3	12.7		9260	7017	.86
	3-60	6154		ASTIM-A572		2.20			3269	7194					4.0	.88
Dlc	3-60	-5500	70	1L45x45x4	0.88	3.49	100	3	1848	-6449	2	12.7		6173	5613	.85
	9R	1347		ASTIM-A572		2.57			3269	8400	Fp=1.30Fu				4.0	.98
Dld	9R	-1134	82	1L40x40x4	0.78	3.08	113	3	1476	-4546	2	12.7		6173	5398	.65
	3-60	4656		ASTIM-A572		2.20			3269	7194	Fp=1.25Fu				4.0	.86
Dle	3-60	-3521	78	1L45x45x3	0.88	2.66	104	3	1711	-4552	2	12.7		6173	4048	.77
	9R	854		ASTIM-A572		1.97			3269	6425	Fp=1.25Fu				3.0	.87
Dlf	9R	-900	106	1L40x40x3	0.78	2.35	136	4	1013	-2380	2	12.7		6173	4048	.68
	3-60	3735		ASTIM-A572		1.69			3269	5513	Fp=1.25Fu				3.0	.92

DVPL

EQT4/EQT6 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO V2CRL

PAG. 2

VERIFICACAO DOS PERFILADOS E LIGACOES																
NB	* HIP	* FMAX	* L	* BITOLA	* R	* A	*ESB*	C	* TA	* FA	*NP	D	SD*	FCA	* FEA/EC*	%
D1g	3-60	-2692	92	11A0x40x3	0.78	2.35	119	3	1321	-3105	2	12.7		6173	3508	.87
	9R	648		ASTIM-A572		1.69			3269	5513					3.0	.77
D1h	9R	-747	130	11A0x40x3	0.78	2.35	167	4	673	-1582	2	12.7		6173	3508	.56
	3-60	3084		ASTIM-A572		1.69			3269	5513					3.0	.88
Q1	9-60	-1014	110	11L50x50x3	0.99	2.96	116	3	1400	-4145	2	12.7		6173	3508	.44
	3-60	2578		ASTIM-A572		1.81			3269	5907					3.0	.73
DQ1	5eR	-82	156	11A0x40x3	1.21	2.35	129	4	1125	-2644	1	12.7		3087	1754	.15
	6Fm	837		ASTIM-A572		1.69			3269	5513					3.0	.48
M2a	3-75	-25833	150	11L75x75x6	2.30	8.72	65	1	3049	-26584	6	12.7SD		37039	28026	.97
	9R	7083		ASTIM-A572*		6.82			3923	26736		Fp=1.25Fu			6.0	.92
M2	3-60	-31965	150	11L90x90x7	2.75	12.20	55	1	3311	-40399	8	12.7SD		49386	37782	.79
	9R	12139		ASTIM-A572*		9.98			3923	39143					7.0	.85
D2a	9-75	-1398	135	11A5x45x3	0.88	2.66	153	4	795	-2114	1	12.7		3087	1754	.66
	9-75	1421		ASTIM-A572		1.97			3269	6425					3.0	.81
D2b	9-75	-1339	139	11A5x45x3	0.88	2.66	158	4	750	-1994	1	12.7		3087	1754	.67
	9-75	1313		ASTIM-A572		1.97			3269	6425					3.0	.76
D2c	9-75	-1246	144	11A5x45x3	0.88	2.66	164	4	698	-1858	1	12.7		3087	1754	.67
	9-75	1254		ASTIM-A572		1.97			3269	6425					3.0	.71
D2d	9-75	-1191	148	11A5x45x3	0.88	2.66	168	4	661	-1759	1	12.7		3087	1754	.68
	9-75	1173		ASTIM-A572		1.97			3269	6425					3.0	.68
D2e	9-75	-1121	152	11A5x45x3	0.88	2.66	173	4	627	-1667	1	12.7		3087	1754	.67
	9-75	1119		ASTIM-A572		1.97			3269	6425					3.0	.64
D2f	9-75	-1068	157	11A5x45x3	0.88	2.66	178	4	588	-1563	1	12.7		3087	1754	.68
	9-75	1059		ASTIM-A572		1.97			3269	6425					3.0	.61
D2g	9-75	-1018	161	11A5x45x3	0.88	2.66	183	4	559	-1486	1	12.7		3087	1754	.69
	9-75	1006		ASTIM-A572		1.97			3269	6425					3.0	.58
D2h	9-75	-964	165	11A5x45x3	0.88	2.66	188	4	532	-1415	1	12.7		3087	1754	.68
	9-75	967		ASTIM-A572		1.97			3269	6425					3.0	.55
Q2	7R	-281	150	11L50x50x3	0.99	2.96	152	4	815	-2411	1	12.7		3087	1754	.13
	9-60	775		ASTIM-A572		1.81			3269	5907					3.0	.44
DQ2	6Fm	357	212	11A0x40x3	1.21	1.69	175	4	3269	5513	1	12.7		3087	1754	.06
				ASTIM-A572											3.0	.20
M3	9	-39738	150	11L100x100x7	3.06	13.70	49	1	3187	-43660	8	12.7SD		49386	43596	.91
	9R	18492		ASTIM-A572*		11.48			3923	45028		Fp=1.25Fu			7.0	.91

DVPL

EQT4/EQT6 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO V2CRL

PAG. 3

VERIFICACAO DOS PERFILADOS E LIGACOES																								
NB	*	HIP	*	FMAX	*	L	*	BITOLA	*	R	*	A	*ESB*	C	*TA	*	FA	*NP	D	SD*	FCA	*	FEA/EC*	%
D3		9-75		-1365		168		1L50x50x3		0.99		2.96	170	4	649		-1922	1	12.7		3087		1754	.71
		9-75		1366				ASTIM-A572				2.24			3269		7308						3.0	.78
Q3		9-60		-219		150		1L50x50x3		0.99		2.96	152	4	815		-2411	1	12.7		3087		1754	.09
		7		200				ASTIM-A572				1.81			3269		5907						3.0	.12
DQ3		9		-74		212		1L40x40x3		1.21		2.35	175	4	609		-1432	1	12.7		3087		1754	.05
		9		91				ASTIM-A572				1.69			3269		5513						3.0	.05
M4		9		-44799		150		1L100x100x8		3.06		15.50	49	1	3429		-53151	8	12.7SD		49386		49824	.84
		9R		22737				ASTIM-A572*				12.96			3923		50844		Fp=1.25Fu				8.0	.91
D4		9-75		-879		168		1L50x50x3		0.99		2.96	170	4	649		-1922	1	12.7		3087		1754	.46
		9-75		864				ASTIM-A572				2.24			3269		7308						3.0	.50
Q4		9-60		-228		150		1L50x50x3		0.99		2.96	152	4	815		-2411	1	12.7		3087		1754	.09
		7		197				ASTIM-A572				1.81			3269		5907						3.0	.13
DQ4		9		-113		212		1L40x40x3		1.21		2.35	175	4	609		-1432	1	12.7		3087		1754	.08
		9		95				ASTIM-A572				1.69			3269		5513						3.0	.06
M5		9		-40928		150		1L100x100x7		3.06		13.70	49	1	3187		-43660	8	12.7SD		49386		43596	.94
		9R		18072				ASTIM-A572*				11.48			3923		45028		Fp=1.25Fu				7.0	.94
D5		9-75		-1353		168		1L50x50x3		0.99		2.96	170	4	649		-1922	1	12.7		3087		1754	.70
		9-75		1355				ASTIM-A572				2.24			3269		7308						3.0	.77
M6a		3-75		-26707		150		1L75x75x7		2.28		10.10	66	1	3033		-30636	8	12.7SD		49386		37782	.87
		9R		6481				ASTIM-A572*				7.88			3923		30904						7.0	.71
M6		9		-33352		150		1L90x90x7		2.75		12.20	55	1	3311		-40399	8	12.7SD		49386		37782	.83
		9R		11533				ASTIM-A572*				9.98			3923		39143						7.0	.88
D6a		9-75		-1416		135		1L45x45x3		0.88		2.66	153	4	795		-2114	1	12.7		3087		1754	.67
		9-75		1420				ASTIM-A572				1.97			3269		6425						3.0	.81
D6b		9-75		-1332		139		1L45x45x3		0.88		2.66	158	4	750		-1994	1	12.7		3087		1754	.67
		9-75		1325				ASTIM-A572				1.97			3269		6425						3.0	.76
D6c		9-75		-1247		144		1L45x45x3		0.88		2.66	164	4	698		-1858	1	12.7		3087		1754	.67
		9-75		1241				ASTIM-A572				1.97			3269		6425						3.0	.71
D6d		9-75		-1174		148		1L45x45x3		0.88		2.66	168	4	661		-1759	1	12.7		3087		1754	.67
		9-75		1160				ASTIM-A572				1.97			3269		6425						3.0	.67
D6e		8		-1101		152		1L45x45x3		0.88		2.66	173	4	627		-1667	1	12.7		3087		1754	.66
		9-75		1098				ASTIM-A572				1.97			3269		6425						3.0	.63
D6f		9-75		-1045		157		1L45x45x3		0.88		2.66	178	4	588		-1563	1	12.7		3087		1754	.67
		9-75		1035				ASTIM-A572				1.97			3269		6425						3.0	.60

VERIFICACAO DOS PERFILADOS E LIGACOES																								
NB	*	HIP	*	FMAX	*	L	*	BITOLA	*	R	*	A	*ESB*	C	*TA	*	FA	*NP	D	SD*	FCA	*	FEA/EC*	%
D6g		9-75		-995		161		1L45x45x3		0.88		2.66	183	4	559		-1486	1	12.7		3087		1754	.67
		9-75		978				ASTIM-A572				1.97			3269		6425						3.0	.57
D6h		9-75		-935		165		1L45x45x3		0.88		2.66	188	4	532		-1415	1	12.7		3087		1754	.66
		9-75		944				ASTIM-A572				1.97			3269		6425						3.0	.54
Q6		7R		-268		150		1L50x50x3		0.99		2.96	152	4	815		-2411	1	12.7		3087		1754	.14
		9-60		811				ASTIM-A572				1.81			3269		5907						3.0	.46
DQ6		6Fm		360		212		1L40x40x3		1.21		1.69	175	4	3269		5513	1	12.7		3087		1754	.07
								ASTIM-A572															3.0	.21
M7		3-75		-27304		107		1L75x75x7		2.28		10.10	47	1	3470		-35050	10	12.7		30866		47227	.78
		9-60R		5493				ASTIM-A572*				7.88			3923		30904						7.0	.88
Q7		7R		-475		110		1L50x50x3		0.99		2.96	116	3	1400		-4145	2	12.7		6173		3508	.38
		3-60		2272				ASTIM-A572				1.81			3269		5907						3.0	.65
DQ7		6Fm		1272		156		1L40x40x3		1.21		1.69	129	4	3269		5513	1	12.7		3087		1754	.23
								ASTIM-A572															3.0	.73
ME		9		-46838		150		1L100x100x8		3.06		15.50	49	1	3429		-53151	8	12.7SD		49386		49824	.88
		9R		24342				ASTIM-A572*				12.96			3923		50844		Fp=1.25Fu				8.0	.95
DE		9-75		-853		168		1L50x50x3		0.99		2.96	170	4	649		-1922	1	12.7		3087		1754	.44
		9-75		838				ASTIM-A572				2.24			3269		7308						3.0	.49
QE		9-60		-233		150		1L50x50x3		0.99		2.96	152	4	815		-2411	1	12.7		3087		1754	.10
		9-60		199				ASTIM-A572				1.81			3269		5907						3.0	.13
DQE		9		-125		212		1L40x40x3		1.21		2.35	175	4	609		-1432	1	12.7		3087		1754	.09
		9		107				ASTIM-A572				1.69			3269		5513						3.0	.07

Verificação à flexão da barra de fixação do cabo pára-raios (Barra BP):

- * Perfil: 2L90x90x7 - ASTM A572*
 $A = \text{área} = 2 \times 12.20 = 24.40 \text{ cm}^2$
 $W = \text{módulo de rigidez à flexão} = 2 \times 14.10 = 28.20 \text{ cm}^3$
- * Verificação para a hipótese 5:
 $f_b < 24 / 24.40 + (469 + 1718) \times 39.5 / 28.20 = 3064 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times 4218 = 3923 \text{ kgf/cm}^2$
- * Verificação para a hipótese 6:
 $f_b < 90 / 24.40 + (1644 + 155) \times 39.5 / 28.20 = 2524 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times 4218 = 3923 \text{ kgf/cm}^2$

6 CARGAS ÚLTIMAS SOBRE FUNDAÇÕES DOS MASTROS

-1-

EQT4/EQT6 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO V2CRL

CARGAS SOBRE FUNDACAO

FORMACAO DAS ALTURAS DE TORRE

1 = H=43.5m

2 = H=25.5m

AS CARGAS A SEGUIR APRESENTADAS NAO INCLUEM QUALQUER FATOR ADICIONAL DE SOBRECARGA ESPECIFICO PARA FUNDACOES

-2-

EQT4/EQT6 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO V2CRL

RESUMO DAS CARGAS ULTIMAS MAXIMAS SOBRE FUNDACOES - SISTEMA OBLIQUO

NOTAS :

- 1 - Cargas em (kgf).
- 2 - Sistema de referencia :
 - * VM - indica forza na direcao do eixo do mastro.
 - * TM - indica forza horizontal transversal que atua com VM.
 - * LM - indica forza horizontal longitudinal que atua com VM.
- 3 - Para a forza VM, o sinal "-" indica forza de compressao.
- 4 - As cargas sao ultimas (incluem os fatores de sobrecarga especificados para o calculo da estrutura, mas nao incluem qualquer fator adicional de sobrecarga especifico para fundacoes).

CARGAS COM VERTICAL DE COMPRESSAO

Hip.= 6Fm	TM=	-1087	VM=	-83787	LM=	-135	COMB.=	2
Hip.= 9-75	TM=	3286	VM=	-32833	LM=	770	COMB.=	1
Hip.= 8R	TM=	209	VM=	-19942	LM=	2874	COMB.=	1
Hip.= 9	TM=	2843	VM=	-37226	LM=	2395	COMB.=	1
Hip.= 6Fe	TM=	-1054	VM=	-83130	LM=	-139	COMB.=	2
Hip.= 6Fd	TM=	-1047	VM=	-81999	LM=	-127	COMB.=	2
Hip.= 1	TM=	966	VM=	-81313	LM=	0	COMB.=	1
Hip.= 6Fm	TM=	-1085	VM=	-81040	LM=	-129	COMB.=	1
Hip.= 3-75	TM=	1053	VM=	-79288	LM=	539	COMB.=	1
Hip.= 9	TM=	1778	VM=	-59555	LM=	2327	COMB.=	1
Hip.= 9-60	TM=	2138	VM=	-62920	LM=	1569	COMB.=	1
Hip.= 3-60	TM=	1161	VM=	-73743	LM=	1148	COMB.=	1
Hip.= 9-75	TM=	2150	VM=	-64945	LM=	739	COMB.=	1

-3-

EQT4/EQT6 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO V2CRL

RESUMO DAS CARGAS ULTIMAS MAXIMAS SOBRE FUNDACOES - SISTEMA RETANGULAR

NOTAS :

- 1 - Cargas em (kgf).
- 2 - Sistema de referencia :
 - * V - indica forza vertical.
 - * T - indica forza horizontal transversal que atua com V.
 - * L - indica forza horizontal longitudinal que atua com V.
- 3 - Para a forza V, o sinal "-" indica forza de compressao.
- 4 - As cargas sao ultimas (incluem os fatores de sobrecarga especificados para o calculo da estrutura, mas nao incluem qualquer fator adicional de sobrecarga especifico para fundacoes).

CARGAS COM VERTICAL DE COMPRESSAO

Hip.= 6Fm	T =	8543	V =	-83232	L =	-135	COMB.=	2
Hip.= 1	T =	10311	V =	-80774	L =	0	COMB.=	1
Hip.= 8R	T =	-2083	V =	-19810	L =	2874	COMB.=	1
Hip.= 9	T =	8623	V =	-59161	L =	2327	COMB.=	1
Hip.= 6Fe	T =	8501	V =	-82579	L =	-139	COMB.=	2
Hip.= 6Fd	T =	8378	V =	-81456	L =	-127	COMB.=	2
Hip.= 3-75	T =	10166	V =	-78762	L =	539	COMB.=	1
Hip.= 1	T =	9410	V =	-79015	L =	1	COMB.=	2
Hip.= 3-60	T =	9636	V =	-73254	L =	1148	COMB.=	1
Hip.= 3-75	T =	9252	V =	-77000	L =	333	COMB.=	2
Hip.= 9-60	T =	9369	V =	-62503	L =	1569	COMB.=	1

7 DIMENSIONAMENTO DOS CABOS E DE SUAS CONEXÕES À TORRE

7.1 ESTAIS

1 - CARACTERÍSTICAS DOS ESTAIS

Cordoalha galvanizada de aço, com pré-esticamento.

- Diâmetro : 1 $\frac{1}{16}$ "
- Formação : 37 fios
- Carga de ruptura mínima: 58000 kgf

2 - VERIFICAÇÃO DOS ESTAIS

E = força máxima de tração nos estais

- torre H=43.5m: E-2 = 36300 kgf (Hip. 3-75)

- torre H=25.5m: E-3 = 37928 kgf (Hip. 6Fm)

% = taxa de trabalho = $37928 / [0.93 \times (0.75 \times 58000)] = 0.938 \leq 1.000$

3 - VERIFICAÇÃO DAS CONEXÕES DOS ESTAIS À TORRE

Chapa 25.0 mm - ASTM A572 grau 50 (Borda mínima para $F_p = 1.25 \times F_u$)

Manilha com pino Ø31.8 mm - Carga mínima de ruptura = 58000 kgf

a) Esmagamento na chapa de fixação da manilha

$$f_p = 37928 / (3.18 \times 2.50) = 4771 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times (1.25 \times 4570) = 5313 \text{ kgf/cm}^2$$

b) Tração na chapa

borda lateral mínima da chapa: 50 mm

$$f_t < 37928 / [(2 \times 5.0 - 3.5) \times 2.50] = 2334 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times 3515 = 3269 \text{ kgf/cm}^2$$

4 - RESISTÊNCIAS MÍNIMAS DAS FERRAGENS DOS ESTAIS E DAS HASTES DE ÂNCORA

- Carga de ruptura mínima : 58000 kgf
- Carga mínima sem deformação permanente: 37928 kgf

7.2 CABO DE INTERLIGAÇÃO DOS MASTROS

1 - CARACTERÍSTICAS DO CABO

Cordoalha galvanizada de aço, com pré-esticamento.

- Diâmetro : 5/8"
- Formação : 19 fios
- Carga de ruptura mínima: 21000 kgf

2 - VERIFICAÇÃO DO CABO

$E1$ = força máxima de tração no cabo = 4884 (Hip. 6Bd)

% = taxa de trabalho = $4884 / [0.93 \times (0.65 \times 21000)] = 0.385 \leq 1.000$

3 - VERIFICAÇÃO DAS CONEXÕES DO CABO À TORRE

2 esp. 12.7 mm - ASTM A572, grau 50 (Borda mínima para $F_p = 1.0833 \times F_u$)

Ferragem com pino $\varnothing 19.1$ mm - Carga mínima de ruptura = 21000 kgf

a) Esmagamento na chapa de fixação da ferragem

$$f_p = 4884 / (1.91 \times 2.54) = 1007 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times (1.0833 \times 4570) = 4604 \text{ kgf/cm}^2$$

b) Tração na chapa

borda lateral mínima da chapa: 30 mm

$$f_t < 4884 / [(2 \times 3.0 - 2.22) \times 2.54] = 509 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times 3515 = 3269 \text{ kgf/cm}^2$$

4 - RESISTÊNCIAS MÍNIMAS DAS FERRAGENS ASSOCIADAS A ESTE CABO

- Carga de ruptura mínima : 21000 kgf
- Carga mínima sem deformação permanente: 4884 kgf

7.3 CABO DO CONJUNTO DE SUSPENSÃO DAS FASES

1 - CARACTERÍSTICAS DO CABO

Cordoalha galvanizada de aço, com pré-esticamento.

- Diâmetro : 1 1/8"
- Formação : 37 fios
- Carga de ruptura mínima: 68000 kgf

2 - VERIFICAÇÃO DO CABO

E4 = força máxima de tração no trecho central = 36246 (Hip. 6Fm)

E5 = força máxima de tração no trecho lateral = 40212 (Hip. 6Fm)

% = taxa de trabalho = $40212 / [0.93 \times (0.75 \times 68000)] = 0.978 \leq 1.000$

3 - VERIFICAÇÃO DAS CONEXÕES DO CABO À TORRE

2 esp. 12.7 mm - ASTM A572, grau 50 (Borda mínima para $F_p = 1.25 \times F_u$)

Ferragem com pino Ø31.8 mm - Carga mínima de ruptura = 68000 kgf

a) Esmagamento na chapa de fixação da ferragem

$$f_p = 40212 / (3.18 \times 2.54) = 4978 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times (1.25 \times 4570) = 5313 \text{ kgf/cm}^2$$

b) Tração na chapa

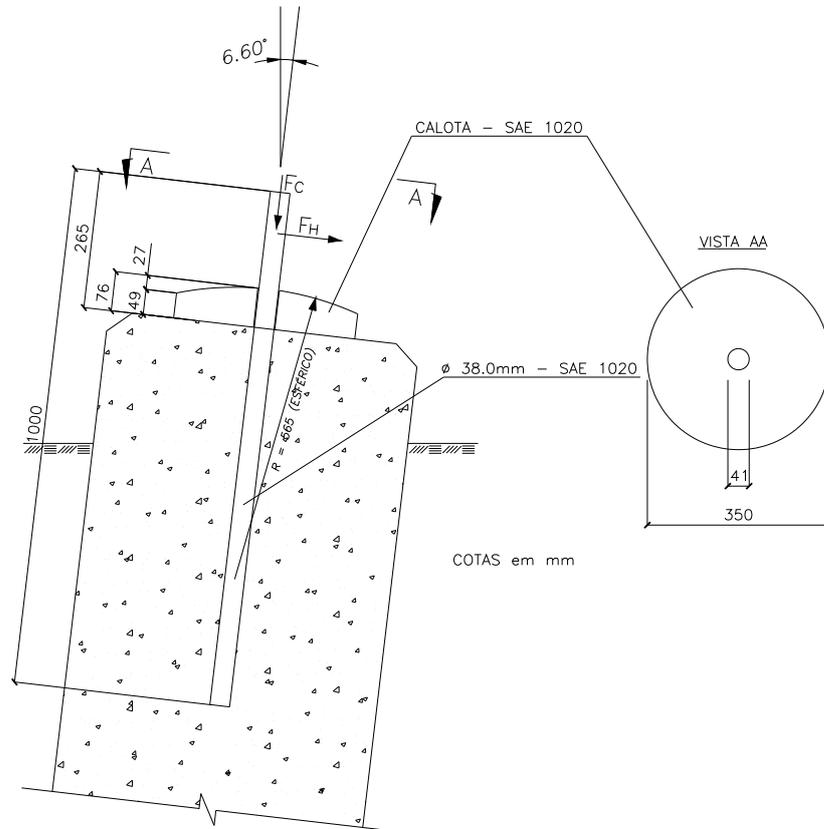
borda lateral mínima da chapa: 50 mm

$$f_t < 40212 / [(2 \times 5.0 - 3.49) \times 2.54] = 2432 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times 3515 = 3269 \text{ kgf/cm}^2$$

4 - RESISTÊNCIAS MÍNIMAS DAS FERRAGENS ASSOCIADAS A ESTE CABO

- Carga de ruptura mínima : 68000 kgf
- Carga mínima sem deformação permanente: 40212 kgf

8 CÁLCULO DO APOIO DA BASE DOS MASTROS



1 - FORÇAS MÁXIMAS

HIPÓTESE 6Fm

$$FC = 83787 \text{ kgf}$$

$$FH = (1087^2 + 135^2)^{1/2} = 1095 \text{ kgf}$$

HIPÓTESE 9

$$FC = 37226 \text{ kgf}$$

$$FH = (2843^2 + 2395^2)^{1/2} = 3717 \text{ kgf}$$

OBS.: FC = Força de Compressão na Direção do Eixo do Mastro

FH = Resultante das Forças Perpendiculares ao Eixo do Mastro que atuam com FC

2 - VERIFICAÇÕES

2.1 Chumbador

chumbador : 1 Ø 38 mm - SAE 1020 - Leng = 73.5 cm

base do mastro: chapa 25 mm - ASIM A36

$$fv = 1.1 \times 3717 / 11.34 = 361 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times (0.6 \times 2100) = 1172 \text{ kgf/cm}^2$$

$$fp = 1.1 \times 3717 / (3.80 \times 2.50) = 430 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times 4417 = 4107 \text{ kgf/cm}^2$$

2.2 Pressão no Concreto

$$\text{Calota } \varnothing 350\text{mm} - \text{Área de apoio} = \pi \times (35.0^2 - 4.1^2) / 4 = 948.9 \text{ cm}^2$$

$$\text{Concreto: } fck = 180 \text{ kgf/cm}^2 \Rightarrow fcd = 180 / 1.4 = 128.6 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\text{Pressão} = 1.1 \times 83787 / 948.9 = 97.1 \text{ kgf/cm}^2 < 128.6 \text{ kgf/cm}^2$$

00	18/04/17	Emissão inicial	FGS	RCM	PRRLS
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 5 SPE S.A.					
PROJETO BÁSICO					
ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
FGS	RCM	PRRLS	PRRLS	19042-D	18/04/17
TÍTULO					
<p>Leilão ANEEL 013/2015 2ª Etapa - Lote 15 LT 500 kV C.S. Igaporã III / Janaúba 3 C2 Série de Estruturas</p>					
Nº ENGETOWER	Nº DOCUMENTO			FOLHA	REVISÃO
20.10-B3001	RE-EQT5-L501-PB-EST-0014			1 de 81	00

ÍNDICE

1 OBJETIVO	Pág.	3		
2 DADOS BÁSICOS	Pág.	4	a	8
3 SÉRIE DE ESTRUTURAS	Pág.	9	a	11
4 SILHUETAS TÍPICAS	Pág.	12	a	18
5 HIPÓTESES DE CARGA	Pág.	19	a	79
6 DIRETRIZES PARA O DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL	Pág.	80	a	81

1 OBJETIVO

Definir a série de estruturas a ser utilizada na LT 500 kV C.S. Igaporã III / Janaúba 3 C2, o que inclui as silhuetas típicas de cada tipo estrutural empregado, as hipóteses de carga para o respectivo cálculo estrutural e as diretrizes a serem observadas no dimensionamento estrutural.

2 DADOS BÁSICOS

2.1 CONDUTOR E PÁRA-RAIOS

Característica	Unid.	Condutor (6 cabos/fase)	Pára-raios			
			OPGW	OPGW	CAA	aço galvanizado EHS
Tipo		CAL (Al 1120)	OPGW	OPGW	CAA	aço galvanizado EHS
Código			16.75	13.4	DOTTEREL	
Bitola		838 kcmil	16.75 mm	13.4 mm	176.9 kcmil	Ø3/8"
Formação		37 fios			12/7 fios	7 fios
Área total	cm ²	4.2516	1.5900	1.0300	1.4193	0.5114
Diâmetro	cm	2.6780	1.6750	1.3400	1.5420	0.9520
Peso unitário	kgf/m	1.1722	0.7680	0.6820	0.6570	0.4060
Carga de ruptura	kgf	9471	9888	9477	7865	6990
Mód. de Elast. final	kgf/cm ²	0.6520×10^6	1.1111×10^6	1.3800×10^6	1.0600×10^6	1.8500×10^6
Coef. Dilat. Térm. final	°C ⁻¹	2.3000×10^{-5}	1.5500×10^{-5}	1.3200×10^{-5}	1.5400×10^{-5}	1.1500×10^{-5}

2.2 CADEIAS DE ISOLADORES

TIPO	Nº DE ISOLADORES			ÁREA EXPOSTA (m ²)	PESO (kgf)
	QUANTIDADE	DIMENSÃO (mm)	CARGA RUPTURA (t)		
SUSPENSÃO I	23	170x280	21	1.095	300
SUSPENSÃO V	2 x 23	170x280	21	2.190	450
ANCORAGEM (QUÁDRUPLA)	4 x 24	170x280	64	4.568	1350
SUSPENSÃO JUMPER	23	170x280	16	1.095	280

2.3 AÇÃO DO VENTO

2.3.1 As velocidades de vento a serem utilizadas no projeto da LT e as respectivas pressões e cargas atuantes nos cabos, isoladores e estruturas serão calculadas de acordo com a metodologia da Publicação IEC 60826 Edição 3.0 de março/2002 - "International Electrotechnical Commission: Design Criteria of Overhead Transmission Lines", considerando-se:

- Terreno com rugosidade categoria "B"
- Velocidade de Vento de Referência $V_{R(50)} = 22.22$ m/s (80 km/h)
- Período de Retorno $T = 250$ anos
- Velocidade de Vento de Referência $V_{R(250)} = 25.00$ m/s (90 km/h)

2.3.2 Pressão dinâmica de referência (q_0)

- $q_0 =$ pressão dinâmica de referência = $1/2 \times \rho \times V_{R(250)}^2 / g$
 - $\rho =$ massa específica do ar = 1.121 kg/m³ (temperatura = 17°C, altitude = 700 m)
 - $g =$ aceleração da gravidade = 9.81 m/s² $\Rightarrow q_0 = 35.7$ kgf/m²

2.3.3 Vento de Alta Intensidade

Será considerado vento com velocidade V_i igual a 44.44 m/s (160 km/h), constante com a altura, atuando integralmente sobre a estrutura e sobre 25% do vão médio.

- $q_i =$ pressão dinâmica associada a $V_i = 1/2 \times \rho \times V_i^2 / g$
 - $\rho =$ massa específica do ar = 1.121 kg/m³ (temperatura = 17°C, altitude = 700 m)
 - $g =$ aceleração da gravidade = 9.81 m/s² $\Rightarrow q_i = 112.8$ kgf/m²

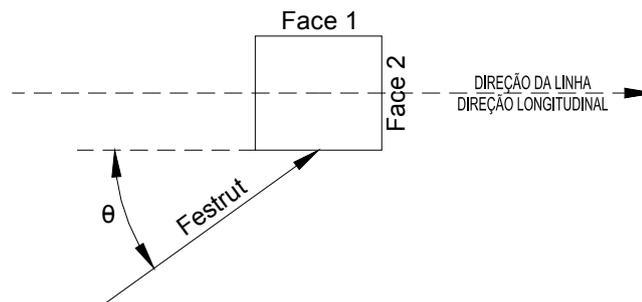
2.3.4 Ação do vento na estrutura

2.3.4.1 Vento Máximo:

A carga de vento máximo atuante na estrutura será determinada de acordo com o prescrito na Publicação IEC 60826, utilizando-se a expressão abaixo:

$$F_{\text{estrut}} = q_0 G_T (1 + 0.2\text{sen}^2\theta) (S_{T1}C_{XT1}\text{sen}^2\theta + S_{T2}C_{XT2}\text{cos}^2\theta), \text{ onde:}$$

F_{estrut}	carga de vento, atuante na direção do vento, em kgf
q_0	= 35.7 kgf/m ²
G_T	Fator de rajada, obtido da figura 5 da Publicação IEC 60826 em função da altura em relação ao solo do centro de gravidade do painel em consideração
S_{T1}	Área líquida da face 1 do painel em consideração, em m ²
S_{T2}	Área líquida da face 2 do painel em consideração, em m ²
C_{XT1}	Coefficiente de arrasto da face 1 do painel em consideração, obtido da figura 7 da Publicação IEC 60826
C_{XT2}	Coefficiente de arrasto da face 2 do painel em consideração, obtido da figura 7 da Publicação IEC 60826
θ	Ângulo de incidência do vento em relação à direção da linha (direção longitudinal), conforme figura abaixo (vento transversal → $\theta = 90^\circ$; vento longitudinal → $\theta = 0^\circ$):



2.3.4.2 Vento de Alta Intensidade:

A carga de vento de alta intensidade atuante na estrutura será determinada de modo similar ao indicado no item 2.3.4.1, utilizando-se a expressão abaixo:

$$F_{\text{estrut}} = 112.8 (1 + 0.2\text{sen}^2\theta) (S_{T1}C_{XT1}\text{sen}^2\theta + S_{T2}C_{XT2}\text{cos}^2\theta) \quad (\text{carga em kgf})$$

2.3.4.3 As cargas calculadas conforme indicado nos itens 2.3.4.1 e 2.3.4.2 atuam na direção do vento e devem ser aplicadas no centro de gravidade de cada um dos painéis em que a estrutura for dividida.

2.3.5 Ação do Vento nas Cadeias de Isoladores

2.3.5.1 Vento Máximo:

$$F_i = q_0 G_i C_{xi} A_i, \text{ onde:}$$

F_i	carga de vento, atuante na direção do vento, em kgf
q_0	= 35.7 kgf/m ²
G_i	Fator de rajada, obtido da figura 5 da Publicação IEC 60826 em função da altura em relação ao solo da cadeia de isoladores
C_{xi}	Coefficiente de arrasto = 1.2
A_i	Área exposta ao vento (em m ²) da cadeia de isoladores

2.3.5.2 Vento de Alta Intensidade:

$$F_i = q_i C_{xi} A_i, \text{ onde:}$$

- F_i carga de vento, atuante na direção do vento, em kgf
 $q_i = 112.8 \text{ kgf/m}^2$
 C_{xi} Coeficiente de arrasto = 1.2
 A_i Área exposta ao vento (em m^2) da cadeia de isoladores

2.3.6 Ação do Vento nos Cabos

2.3.6.1 Vento Máximo:

$$F_c = q_0 G_c G_L C_{xc} \varnothing L \text{ sen}^2 \Omega, \text{ onde:}$$

- F_c carga de vento, atuante na direção perpendicular ao cabo, em kgf
 $q_0 = 35.7 \text{ kgf/m}^2$
 G_c Fator de rajada, obtido da figura 3 da Publicação IEC 60826 em função da altura média do cabo em relação ao solo
 G_L Fator de vão, obtido da figura 4 da Publicação IEC 60826 em função do vão médio da estrutura
 C_{xc} Coeficiente de arrasto = 1.0
 \varnothing Diâmetro (em m) do cabo
 L Vão médio (em m) da estrutura
 Ω Ângulo entre a direção de incidência do vento e o cabo, conforme figura 6 da Publicação IEC 60826

2.3.6.2 Vento de Alta Intensidade:

$$F_c = q_i C_{xc} \varnothing (0.25 L) \text{ sen}^2 \Omega, \text{ onde:}$$

- F_c carga de vento, atuante na direção perpendicular ao cabo, em kgf
 $q_i = 112.8 \text{ kgf/m}^2$
 C_{xc} Coeficiente de arrasto = 1.0
 \varnothing Diâmetro (em m) do cabo
 L Vão médio (em m) da estrutura
 Ω Ângulo entre a direção de incidência do vento e o cabo, conforme figura 6 da Publicação IEC 60826

2.4 TRAÇÕES NOS CABOS

2.4.1 Estados de Carga:

- 1 → EDS: 22°C, sem vento
- 2 → Temperatura mínima: 5°C
- 3 → Temperatura máxima: 55°C no condutor e 39°C no pára-raios
- 4 → Vento máximo 90° (transversal), temperatura = 17°C
- 5 → Vento máximo 75°, temperatura = 17°C
- 6 → Vento máximo 60°, temperatura = 17°C
- 7 → Vento máximo 45°, temperatura = 17°C
- 8 → Vento máximo 30°, temperatura = 17°C
- 9 → Vento máximo 15°, temperatura = 17°C
- 10 → Vento máximo 0°, temperatura = 17°C
- 11 → Vento reduzido 90° (60% de $V_{R(250)}$), temperatura = 17°C

2.4.2 Condições básicas para cálculo das trações:

- Vão básico de referência: 510 m
- Condições de tracionamento dos cabos:

CABO	TRAÇÃO final EDS
CONDUTOR	20.0% CR
PÁRA-RAIOS OPGW 16.75 mm	13.9% CR
PÁRA-RAIOS OPGW 13.4 mm	12.9% CR
PÁRA-RAIOS DOTTEREL	15.0% CR
PÁRA-RAIOS Ø3/8" EHS	10.4% CR

Nota: Para os cabos pára-raios, flecha final na condição EDS < 90% da flecha final do condutor na condição EDS.

- Altura mínima cabo/solo: 12.5 m

2.4.3 Pressão de vento atuante nos cabos condutores (q_C):

- Flecha para temperatura mínima: 19.3 m
- Flecha para temperatura máxima: 21.8 m
- Distância vertical entre condutor inferior e c.g. das fases: 1.3 m
- $H_C = 12.5 + 21.8 + 1.3 - 2/3 \times 19.3 =$ 22.7 m
- Altura adotada : 23.0 m
- $G_C:$ 2.14
- $G_L:$ 0.92
- $C_{XC}:$ 1.0
- $q_C = G_C G_L C_{XC} q_0:$ 70.29 kgf/m²

2.4.4 Pressão de vento atuante nos cabos pára-raios (q_{PR}):

- Flecha para temperatura mínima: 17.5 m
- Distância vertical entre fase inferior e pára-raios: 10.7 m
- $H_{PR} = 12.5 + 21.8 + 10.7 - 2/3 \times 17.5 =$ 33.3 m
- Altura adotada : 34.0 m
- $G_C:$ 2.29
- $G_L:$ 0.92
- $C_{XPR}:$ 1.0
- $q_{PR} = G_C G_L C_{XPR} q_0:$ 75.21 kgf/m²

2.4.5 Trações nos Cabos:

ESTADOS DE CARGA	CONDUTOR	PÁRA-RAIOS			
		OPGW 16.75 mm	OPGW 13.4 mm	DOTTEREL	Ø3/8" EHS
1	1894	1374	1223	1180	727
2	1982	1425	1260	1223	747
3	1751	1329	1188	1140	709
4	3410	2454	2034	2204	1357
5	3266	2352	1956	2109	1299
6	2882	2082	1748	1857	1143
7	2409	1744	1493	1537	945
8	2055	1488	1305	1290	793
9	1929	1396	1239	1199	737
10	1919	1389	1233	1192	733
11	2190	1586	1376	1386	852

2.4.6 As trações nos cabos para a condição de vento de alta intensidade serão simplificada obtidas com base em pressão de vento agindo uniformemente ao longo de todo o vão básico de referência, com valor igual a 36% da respectiva pressão devida ao vento máximo (Estado de Carga 11).

2.4.7 A tração máxima por cabo condutor para o lado da subestação não deve ultrapassar o valor de 1500 kgf.

3 SÉRIE DE ESTRUTURAS

3.1 TIPOS ESTRUTURAIS

- Torre estaiada cross-ropo de suspensão leve tipo V1CRL;
- Torre autoportante cross-ropo de suspensão leve tipo V1SL;
- Torre autoportante delta de suspensão pesada tipo V1SP;
- Torre autoportante delta de ancoragem meio de linha tipo V1AA;
- Torre autoportante delta de ancoragem meio de linha e ancoragem fim de linha tipo V1AT.
- Torre autoportante delta de suspensão para transposição tipo V1TR;

3.2 APLICAÇÕES DAS ESTRUTURAS

CARACTERÍSTICA	V1CRL (Estaiada Cross-ropo de Suspensão Leve)	
Ângulo de deflexão	0°	2°
Vão médio	535 m	460 m
Vão gravante	Condutor: 300 a 700 m Pára-raios: 300 a 750 m	
Alturas úteis	25.5 a 43.5 m (variação de 1.5 m)	

CARACTERÍSTICA	V1SL (Autoportante Cross-ropo de Suspensão Leve)	
Ângulo de deflexão	0°	2°
Vão médio	535 m	460 m
Vão gravante	Condutor: 300 a 700 m Pára-raios: 300 a 750 m	
Alturas úteis	25.5 a 52.5 m (variação de 1.5 m)	
Extensões	6.0, 12.0 e 18.0 m	
Pés	1.5, 3.0, 4.5, 6.0, 7.5, 9.0 e 10.5 m	

CARACTERÍSTICA	V1SP (Autoportante Delta de Suspensão Pesada)	
Ângulo de deflexão	0°	6°
Vão médio	750 m	535 m
Vão gravante	Condutor: 290 a 900 m Pára-raios: 290 a 950 m	
Alturas úteis	22.5 a 55.5 m (variação de 1.5 m)	
Extensões	6.0, 12.0, 18.0 e 24.0 m	
Pés	1.5, 3.0, 4.5, 6.0, 7.5, 9.0 e 10.5 m	

CARACTERÍSTICA	V1AA (Autoportante Delta de Ancoragem Meio de Linha)	
	Ângulo de deflexão	30°
Vão médio	400 m	
Vão gravante	Condutor: -500 a 1000 m Pára-raios: -550 a 1100 m	
Alturas úteis	22.5 a 40.5 m (variação de 1.5 m)	
Extensões	6.0 e 12.0 m	
Pés	3.0, 4.5, 6.0, 7.5 e 9.0 m	

CARACTERÍSTICA	V1AT (Autoportante Delta de Ancoragem Meio de Linha e Ancoragem Fim de Linha)		
	Meio de Linha	Fim de Linha	
Ângulo de deflexão	60°	10° (LT)	30° (SE)
Vão médio	400 m		
Vão gravante	Condutor: -500 a 1000 m Pára-raios: -550 a 1100 m		
Alturas úteis	22.5 a 34.5 m (variação de 1.5 m)		
Extensões	6.0 m		
Pés	3.0, 4.5, 6.0, 7.5 e 9.0 m		

CARACTERÍSTICA	V1TR (Autoportante Delta de Suspensão para Transposição)	
	Ângulo de deflexão	0°
Vão médio	600 m	465 m
Vão gravante	Condutor: 235 a 800 m Pára-raios: 235 a 850 m	
Alturas úteis	24.5 a 45.5 m (variação de 1.5 m)	
Extensões	6.0 e 12.0 m	
Pés	1.5, 3.0, 4.5, 6.0, 7.5, 9.0 e 10.5 m	

3.3 PRESSÕES DEVIDAS AO VENTO MÁXIMO POR TIPO ESTRUTURAL

3.3.1 Apresentam-se a seguir as pressões devidas ao vento máximo atuante nos cabos e nas cadeias de isoladores, considerando-se os vãos médios e alturas úteis específicos para cada tipo estrutural.

3.3.2 Cadeias de isoladores

3.3.2.1 Altura em relação ao solo

ESTRUTURA	SUSPENSÃO I	SUSPENSÃO V	ANCORAGEM
V1CRL	H= 49.0 m; $G_i= 2.49$	-	-
V1SL	H= 58.0 m; $G_i= 2.55$	-	-
V1SP	H= 61.0 m; $G_i= 2.57$	H= 59.0 m; $G_i= 2.56$	-
V1AA	H= 40.5 m; $G_i= 2.42$	-	H= 40.5 m; $G_i= 2.42$
V1AT	H= 34.5 m; $G_i= 2.36$	-	H= 34.5 m; $G_i= 2.36$
V1TR	H= 59.0 m; $G_i= 2.56$	H= 65.0 m; $G_i= 2.60$	-

3.3.2.2 Pressão devida ao Vento Máximo ($q_0 G_i C_{xi}$, em kgf/m^2)

ESTRUTURA	SUSPENSÃO I	SUSPENSÃO V	ANCORAGEM
V1CRL	106.67	-	-
V1SL	109.24	-	-
V1SP	110.10	109.67	-
V1AA	103.67	-	103.67
V1AT	101.10	-	101.10
V1TR	109.67	111.38	-

3.3.3 Cabos condutores e pára-raios

3.3.3.1 Vão Médio e altura dos cabos

ESTRUTURA	VÃO MÉDIO	CONDUTOR	PÁRA-RAIOS
V1CRL	L=535m; $G_L=0.91$	$H_C=24\text{m}; G_C=2.15$	$H_{PR}=35\text{m}; G_C=2.30$
V1SL	L=535m; $G_L=0.91$	$H_C=24\text{m}; G_C=2.15$	$H_{PR}=34\text{m}; G_C=2.29$
V1SP	L=750m; $G_L=0.87$	$H_C=34\text{m}; G_C=2.29$	$H_{PR}=47\text{m}; G_C=2.42$
V1AA	L=400m; $G_L=0.95$	$H_C=18\text{m}; G_C=2.05$	$H_{PR}=27\text{m}; G_C=2.20$
V1AT	L=400m; $G_L=0.95$	$H_C=18\text{m}; G_C=2.05$	$H_{PR}=27\text{m}; G_C=2.20$
V1TR	L=600m; $G_L=0.90$	$H_C=38\text{m}; G_C=2.33$	$H_{PR}=55\text{m}; G_C=2.48$

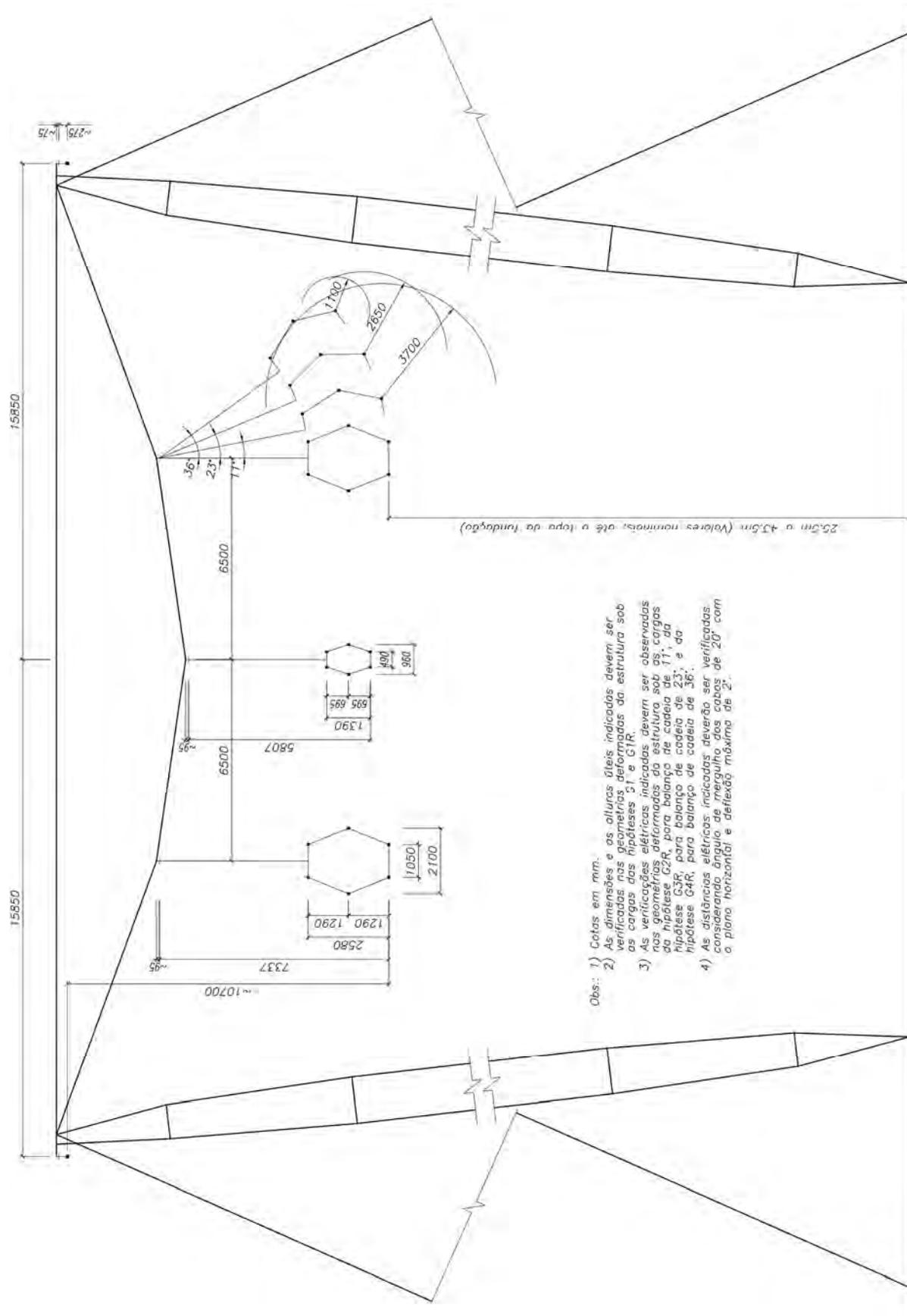
3.3.3.2 Pressão devida ao Vento Máximo ($q_0 G_C G_L C_{xc}$, em kgf/m^2)

ESTRUTURA	CONDUTOR	PÁRA-RAIOS
V1CRL	69.85	74.72
V1SL	69.85	74.40
V1SP	71.13	75.16
V1AA	69.53	74.61
V1AT	69.53	74.61
V1TR	74.86	79.68

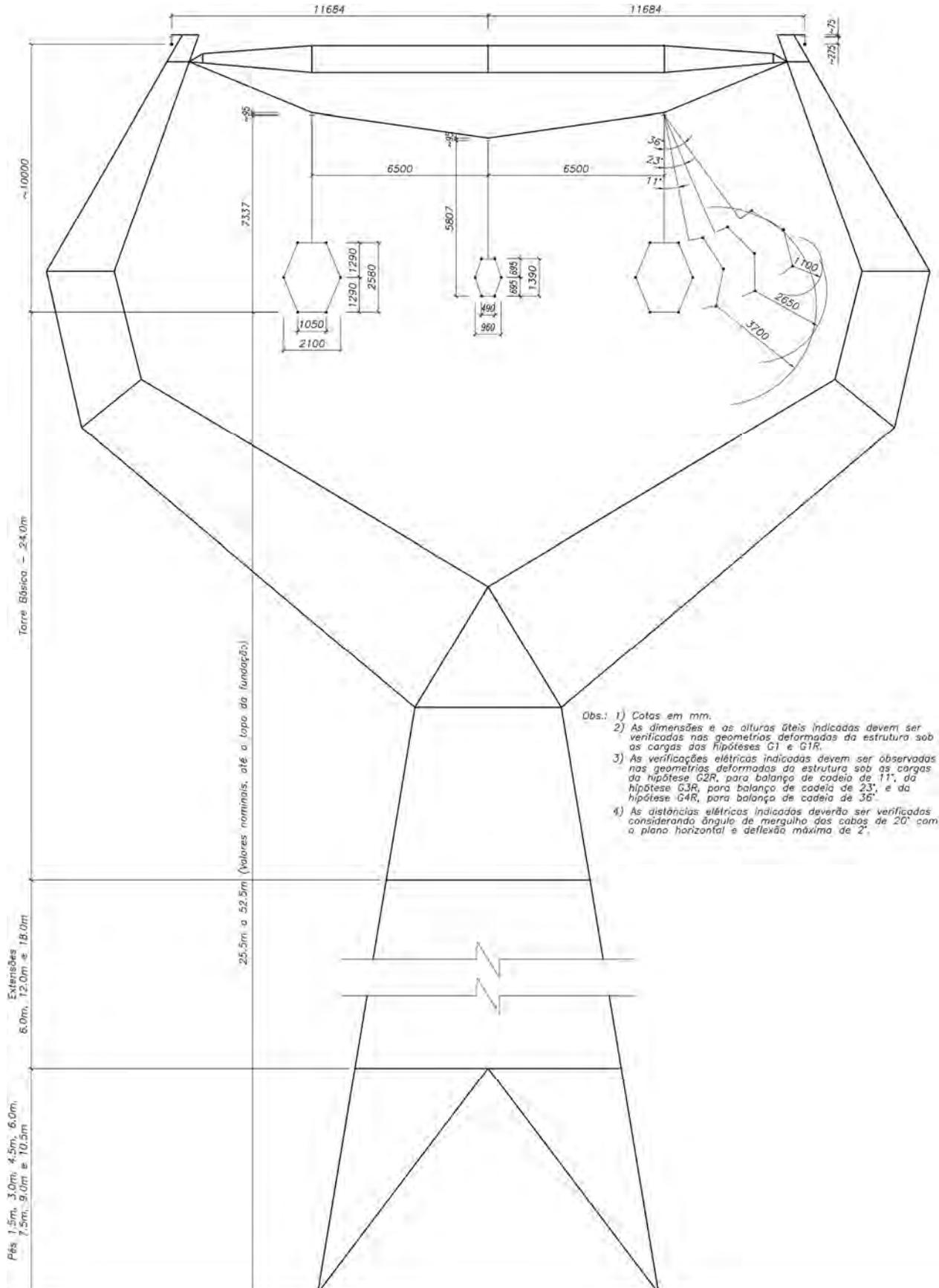
4 SILHUETAS TÍPICAS

- 4.1 O projeto definitivo das estruturas deverá obedecer às dimensões indicadas nos desenhos de silhuetas no que se refere aos seguintes itens:
- a) Distâncias elétricas e respectivos ângulos de balanço das cadeias de isoladores;
 - b) Ângulo de blindagem dos cabos pára-raios;
 - c) Espaçamentos entre fases;
 - d) Altura da torre básica, do mastro, das extensões de corpo e dos pés.
- 4.2 O espaçamento entre fases indicado nos desenhos de silhueta das torres V1CRL e V1SL, itens 4.8.1 e 4.8.2, deverá ser respeitado na geometria deformada obtida para as hipóteses de carga G1 e G1R. (Ver itens 5.1.1, 5.6.11.1.1 e 5.6.11.2.1.)
- 4.3 As verificações dos espaçamentos elétricos nas torres V1CRL e V1SL, esquematicamente representadas nos desenhos de silhueta dos itens 4.8.1 e 4.8.2, deverão ser feitas nas geometrias deformadas obtidas para as hipóteses de carga G2R (balanço de cadeia de 11°), G3R (balanço de cadeia de 23°) e G4R (balanço de cadeia de 36°). (Ver itens 5.1.1, 5.6.11.1.1 e 5.6.11.2.1.)
- 4.4 Os espaçamentos elétricos indicados deverão ser mantidos em relação a qualquer ponto das estruturas e dos estais, conforme aplicável, considerando o ângulo de linha máximo em que a estrutura pode ser aplicada e os condutores formando os seguintes ângulos com o plano horizontal, na saída dos grampos:
- estruturas V1CRL, V1SL, V1SP e V1TR : 20°
 - estruturas V1AA e V1AT : 25°
- 4.5 As mísulas dos condutores das estruturas de ancoragem tipos V1AA e V1AT devem ser projetadas com detalhes para fixações da cadeia de passagem do “Jumper” no ponto central da mísula e nas duas extremidades, junto às faces transversais da estrutura.
- 4.6 As estruturas de ancoragem deverão ter base quadrada e as estruturas de suspensão autoportantes poderão ter base retangular, desde que o menor lado da base não seja inferior a 2/3 do maior lado.
- 4.7 Todas as estruturas, exceto as que possuam cabo cross-ropo, devem ser projetadas com furações adequadamente posicionadas de modo a permitir pontos auxiliares de fixação para a execução segura das operações de montagem, de lançamento e grampeamento de cabos e de manutenção.
- 4.8 As silhuetas típicas que compõem a série de estruturas são apresentadas a seguir:

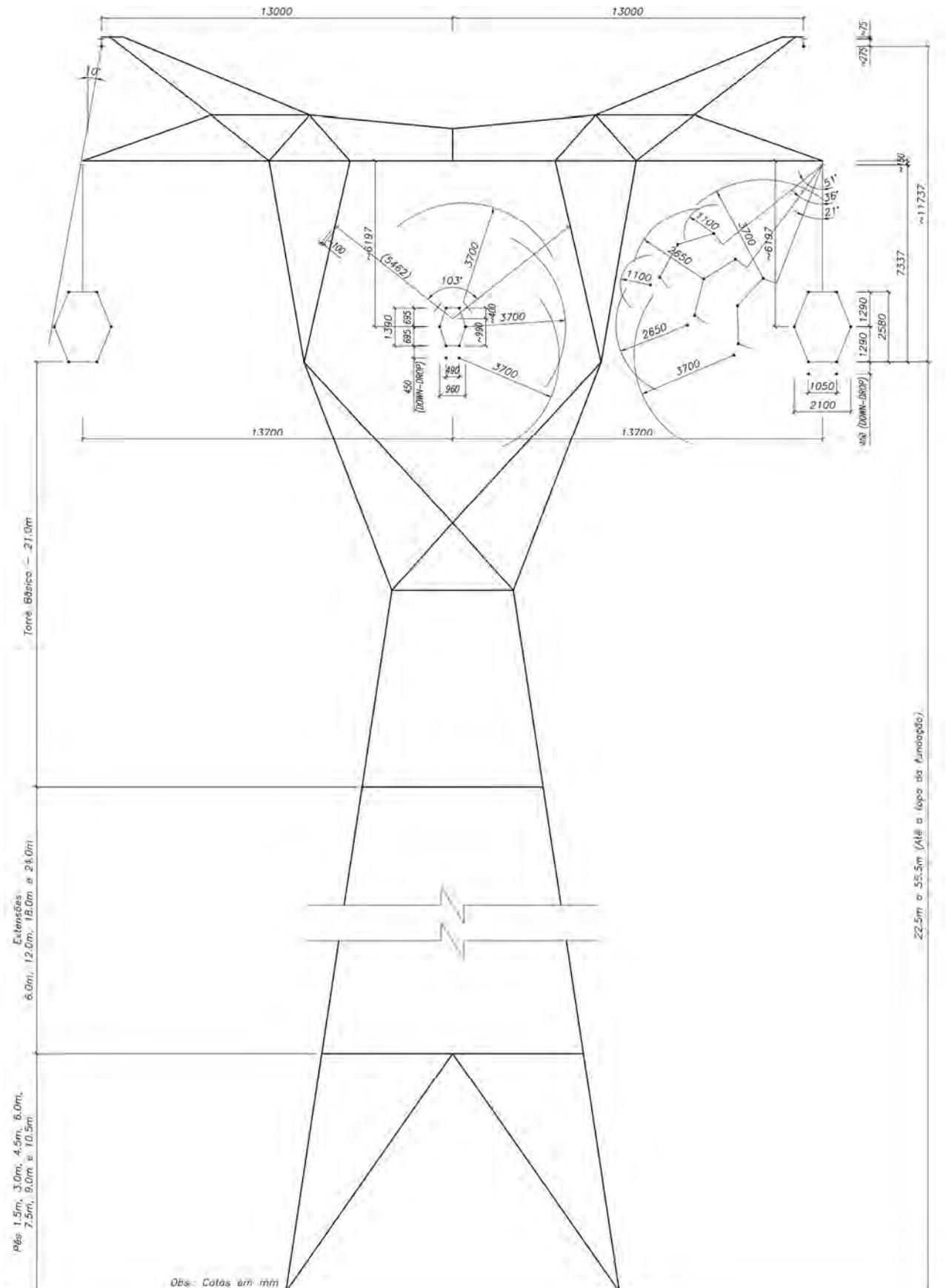
4.8.1 ESTRUTURA DE SUSPENSÃO TIPO V1CRL



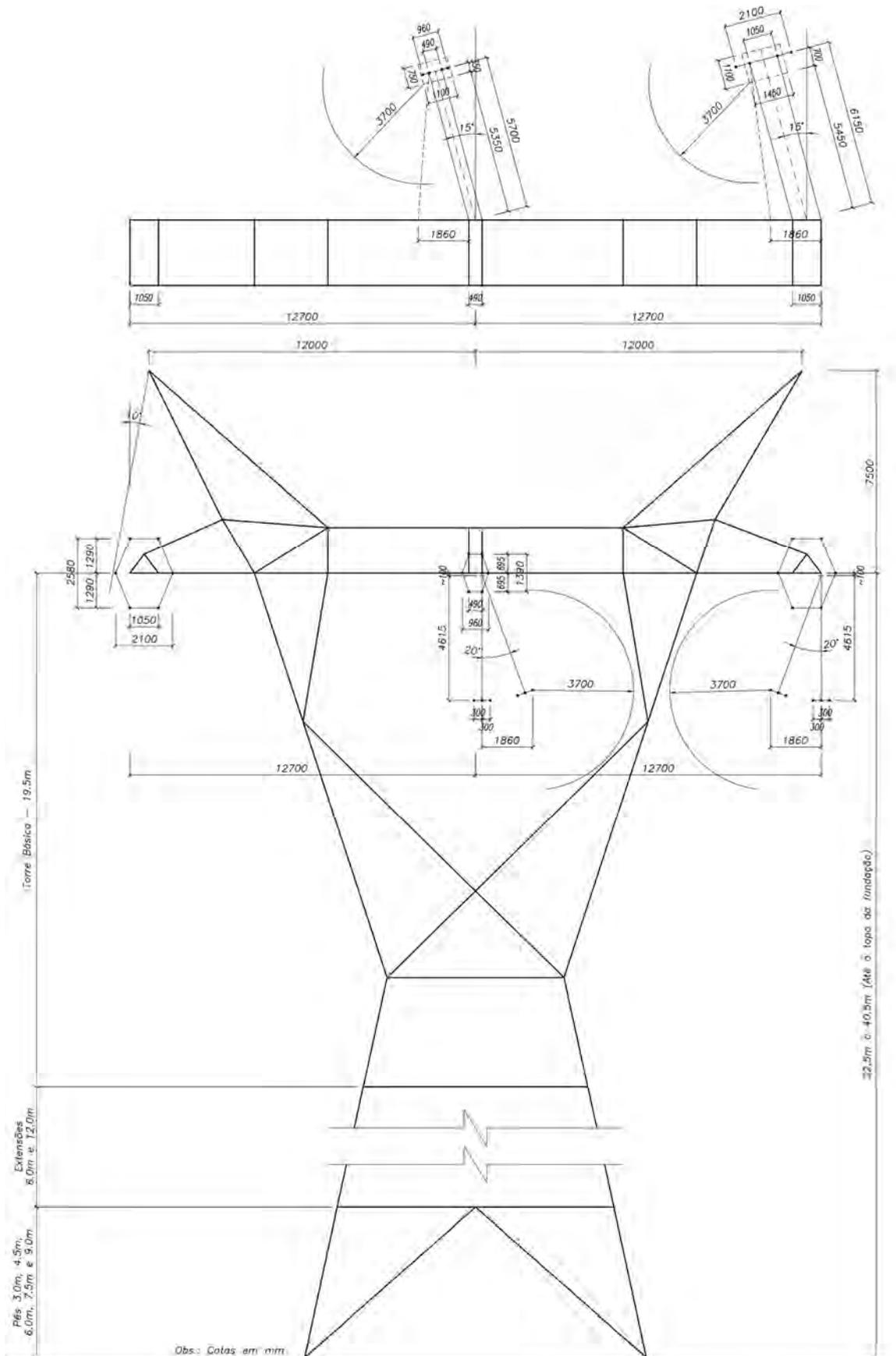
4.8.2 ESTRUTURA DE SUSPENSÃO TIPO V1SL



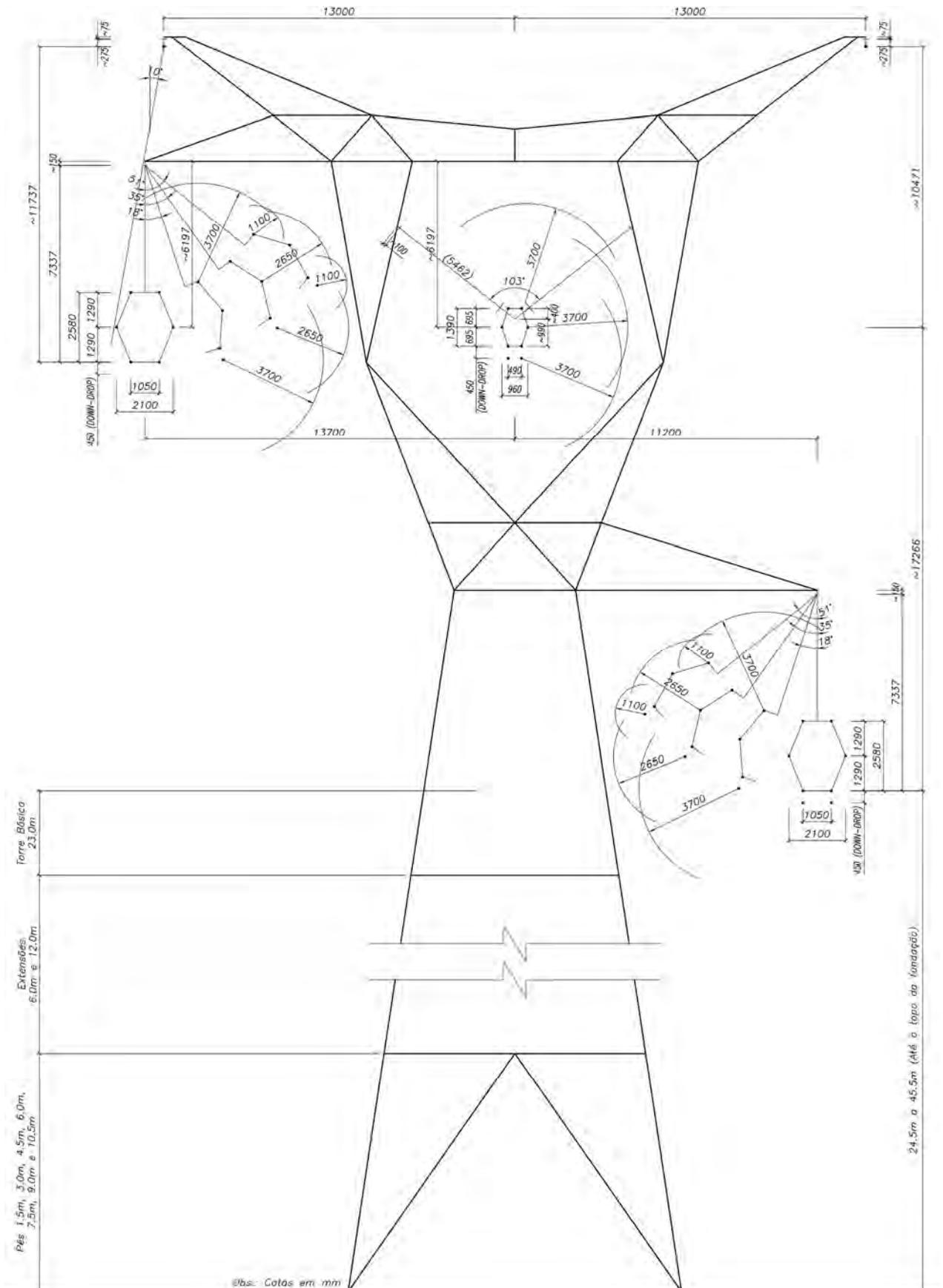
4.8.3 ESTRUTURA DE SUSPENSÃO TIPO V1SP



4.8.4 ESTRUTURA DE ANCORAGEM MEIO DE LINHA TIPO V1AA



4.8.6 ESTRUTURA DE SUSPENSÃO PARA TRANSPOSIÇÃO TIPO V1TR



5 HIPÓTESES DE CARGA

5.1 ESTRUTURAS DE SUSPENSÃO TIPOS V1CRL e V1SL

5.1.1 HIPÓTESES PARA VERIFICAÇÕES ELÉTRICAS E DE GEOMETRIA

HIP.	DESCRIÇÃO
G1	<p>EDS – ALINHAMENTO</p> <p>Somente cargas verticais normais devidas ao peso de cabos, cadeias de isoladores e estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).</p> <p>Nota: A geometria deformada obtida com esta hipótese de carga deverá ser utilizada para o cálculo dos parâmetros elétricos associados à estrutura.</p>
G2	<p>EDS – DEFLEXÃO MÁXIMA</p> <p>Igual à anterior, mas também com as cargas transversais devidas à deflexão máxima da estrutura, considerando-se todos os cabos com tração EDS. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).</p> <p>Nota: A geometria deformada obtida com esta hipótese de carga deverá ser utilizada para as verificações elétricas associadas a descargas atmosféricas.</p>
G3	<p>VENTO TRANSVERSAL PARA T = 2 ANOS</p> <p>Cargas decorrentes da ação do vento para T = 2 anos, com direção transversal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).</p> <p>Nota: A geometria deformada obtida com esta hipótese de carga deverá ser utilizada para as verificações elétricas associadas a surtos de manobra.</p>
G4	<p>VENTO TRANSVERSAL PARA T = 50 ANOS</p> <p>Cargas decorrentes da ação do vento para T = 50 anos, com direção transversal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).</p> <p>Nota: A geometria deformada obtida com esta hipótese de carga deverá ser utilizada para as verificações elétricas associadas à frequência industrial.</p>

5.1.2 HIPÓTESES PARA DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

HIP.	DESCRIÇÃO
1	<p>VENTO MÁXIMO TRANSVERSAL</p> <p>Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, com direção transversal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).</p>
2	<p>VENTO MÁXIMO LONGITUDINAL</p> <p>Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, com direção longitudinal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).</p>
3	<p>VENTO MÁXIMO ATUANDO A 45°</p> <p>Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, a 45° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).</p>

- 3-60 VENTO MÁXIMO ATUANDO A 60°
Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, a 60° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 3-75 VENTO MÁXIMO ATUANDO A 75°
Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, a 75° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 4 RUPTURA DE 1 FASE QUALQUER
Carga longitudinal correspondente a 70% da tração EDS atuando em qualquer uma das fases; verticais normais e peso próprio da estrutura; sem vento. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 5 RUPTURA DE 1 PÁRA-RAIOS QUALQUER
Carga longitudinal correspondente a 125% da tração EDS atuando em qualquer um dos pára-raios; verticais normais e peso próprio da estrutura; sem vento. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 6 CONSTRUÇÃO/MANUTENÇÃO
Cargas de construção/manutenção atuando simultaneamente em qualquer combinação possível de pára-raios ou em qualquer combinação possível de fases, com apenas um dos cabos em lançamento e os demais já lançados; peso próprio da estrutura; sem vento.
A carga vertical máxima deverá ser determinada considerando-se carga vertical proveniente de cabo ancorado ao solo, com ângulo de 70° e tração de 125% da tração EDS.
- 7 VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL
Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, com direção transversal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 8 VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL
Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, com direção longitudinal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 9 VENTO DE ALTA INTENSIDADE ATUANDO A 45°
Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, a 45° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 9-60 VENTO DE ALTA INTENSIDADE ATUANDO A 60°
Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, a 60° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 9-75 VENTO DE ALTA INTENSIDADE ATUANDO A 75°
Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, a 75° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais

- reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 10 **CONTENÇÃO CASCATA**
Cargas longitudinais nos pára-raios correspondentes a 50% das trações EDS e cargas longitudinais nas fases correspondentes a 25% das trações EDS atuando simultaneamente em todos os cabos; verticais normais e peso próprio da estrutura; sem vento. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 11 **GRAMPEAMENTO**
Cargas de grampeamento atuando simultaneamente em qualquer combinação possível de pára-raios ou em qualquer combinação possível de fases, estando os pára-raios já montados; peso próprio da estrutura; sem vento.
Considerar tração atuante nos cabos igual a 125% da tração EDS, peso de homens e ferramentas em cada pára-raios e em cada fase e sustentação de cabo com ângulo máximo de 15° em relação à vertical.

5.2 ESTRUTURAS DE SUSPENSÃO TIPOS V1SP e V1TR

HIP.	DESCRIÇÃO
1	VENTO MÁXIMO TRANSVERSAL Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, com direção transversal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
2	VENTO MÁXIMO LONGITUDINAL Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, com direção longitudinal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
3	VENTO MÁXIMO ATUANDO A 45° Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, a 45° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
3-60	VENTO MÁXIMO ATUANDO A 60° Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, a 60° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
3-75	VENTO MÁXIMO ATUANDO A 75° Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, a 75° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
4	RUPTURA DE 1 FASE QUALQUER Carga longitudinal correspondente a 70% da tração EDS atuando em qualquer uma das fases; verticais normais e peso próprio da estrutura; sem vento. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
5	RUPTURA DE 1 PÁRA-RAIOS QUALQUER Carga longitudinal correspondente a 125% da tração EDS atuando em qualquer um

dos pára-raios; verticais normais e peso próprio da estrutura; sem vento. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

6 CONSTRUÇÃO/MANUTENÇÃO

Cargas de construção/manutenção atuando simultaneamente em qualquer combinação possível de pára-raios ou em qualquer combinação possível de fases, estando os pára-raios já montados; peso próprio da estrutura; sem vento.

A carga vertical máxima deverá ser determinada considerando-se carga vertical proveniente de cabo ancorado ao solo, com ângulo de 70° e tração de 125% da tração EDS.

7 VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL

Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, com direção transversal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

8 VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL

Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, com direção longitudinal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

9 VENTO DE ALTA INTENSIDADE ATUANDO A 45°

Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, a 45° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

9-60 VENTO DE ALTA INTENSIDADE ATUANDO A 60°

Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, a 60° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

9-75 VENTO DE ALTA INTENSIDADE ATUANDO A 75°

Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, a 75° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

10 CONTENÇÃO CASCATA

Cargas longitudinais nos pára-raios correspondentes a 70% das trações EDS e cargas longitudinais nas fases correspondentes a 35% das trações EDS atuando simultaneamente em todos os cabos; verticais normais e peso próprio da estrutura; sem vento. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

11 GRAMPEAMENTO

Cargas de grampeamento atuando simultaneamente em qualquer combinação possível de pára-raios ou em qualquer combinação possível de fases, estando os pára-raios já montados; peso próprio da estrutura; sem vento.

Considerar tração atuante nos cabos igual a 125% da tração EDS, peso de homens e ferramentas em cada pára-raios e em cada fase e sustentação de cabo com ângulo máximo de 15° em relação à vertical.

As cargas de grampeamento devem ser consideradas como aplicadas nos pontos auxiliares de fixação previstos para a execução das operações de grampeamento de cabos, da forma localmente mais desequilibrada possível.

5.3 ESTRUTURAS DE ANCORAGEM MEIO DE LINHA TIPOS V1AA e V1AT

HIP.	DESCRIÇÃO
1	VENTO MÁXIMO TRANSVERSAL Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, com direção transversal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; cargas longitudinais decorrentes de desbalanceamento iguais a 15% da tração máxima nos cabos; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
2	VENTO MÁXIMO LONGITUDINAL Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, com direção longitudinal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; cargas longitudinais decorrentes de desbalanceamento iguais a 15% da tração máxima nos cabos; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
3	VENTO MÁXIMO ATUANDO A 45° Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, a 45° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; cargas longitudinais decorrentes de desbalanceamento iguais a 15% da tração máxima nos cabos; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
4	RUPTURA DE 1 FASE QUALQUER Carga longitudinal correspondente a 150% da tração EDS atuando em qualquer uma das fases; verticais normais e peso próprio da estrutura; sem vento. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
5	RUPTURA DE 1 PÁRA-RAIOS QUALQUER Carga longitudinal correspondente a 150% da tração EDS atuando em qualquer um dos pára-raios; verticais normais e peso próprio da estrutura; sem vento. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
6	CONSTRUÇÃO/MANUTENÇÃO Cargas de construção/manutenção atuando simultaneamente em qualquer combinação possível de pára-raios ou em qualquer combinação possível de fases, estando os pára-raios já montados; peso próprio da estrutura; sem vento. A carga vertical máxima deverá ser determinada considerando-se carga vertical proveniente de cabo ancorado ao solo, com ângulo de 70° e tração de 125% da tração EDS.
7	VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, com direção transversal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; cargas longitudinais decorrentes de desbalanceamento iguais a 15% da tração com vento reduzido nos cabos; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
8	VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, com direção longitudinal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; cargas longitudinais decorrentes de desbalanceamento iguais a 15% da tração com vento reduzido nos cabos; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

- 9 VENTO DE ALTA INTENSIDADE ATUANDO A 45°
Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, a 45° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; cargas longitudinais decorrentes de desbalanceamento iguais a 15% da tração com vento reduzido nos cabos; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 10 CONTENÇÃO CASCATA
Cargas longitudinais correspondentes a 100% das trações EDS atuando simultaneamente em qualquer combinação possível de fases e pára-raios; verticais normais e peso próprio da estrutura; sem vento. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

5.4 ESTRUTURA DE ANCORAGEM FIM DE LINHA TIPO V1AT

HIP.	DESCRIÇÃO
1T	VENTO MÁXIMO TRANSVERSAL Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, com direção transversal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
2T	VENTO MÁXIMO LONGITUDINAL Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, com direção longitudinal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
3T	VENTO MÁXIMO ATUANDO A 45° Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, a 45° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
4T	RUPTURA DE 1 FASE QUALQUER Carga longitudinal nula na fase rompida e cargas longitudinais correspondentes a 150% da tração EDS atuando simultaneamente em todos os demais cabos; verticais normais e peso próprio da estrutura; sem vento. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
5T	RUPTURA DE 1 PÁRA-RAIOS QUALQUER Carga longitudinal nula no pára-raios rompido e cargas longitudinais correspondentes a 150% da tração EDS atuando simultaneamente em todos os demais cabos; verticais normais e peso próprio da estrutura; sem vento. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
6T	CONSTRUÇÃO/MANUTENÇÃO Cargas de construção/manutenção atuando simultaneamente em qualquer combinação possível de pára-raios ou em qualquer combinação possível de fases, estando os pára-raios já montados; peso próprio da estrutura; sem vento. A carga longitudinal máxima será igual a 125% da tração EDS. A carga vertical máxima deverá ser determinada considerando-se carga vertical proveniente de cabo ancorado ao solo, com ângulo de 70° e tração de 125% da tração EDS.
7T	VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, com direção transversal,

sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

8T VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL
Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, com direção longitudinal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

9T VENTO DE ALTA INTENSIDADE ATUANDO A 45°
Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, a 45° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

Nota: Para a Hipótese 1T devem ser consideradas duas condições de carregamento independentes:

- apenas vão da LT montado (Hip. 1Ta);
- vãos da LT e da SE montados (Hip. 1Tb).

Para todas as demais hipóteses, considerar uma condição de carregamento única, com as maiores cargas obtidas dentre as duas situações acima mencionadas.

5.5 FATORES DE SOBRECARGA

5.5.1 As cargas atuantes em cada uma das hipóteses de carga indicadas nos itens anteriores devem ser majoradas pelos seguintes fatores de sobrecarga:

Hipótese	Fator de Sobrecarga
Hipóteses para Verificações Elétricas e de Geometria:	
- Todas as cargas:	1.00
Vento Máximo, Vento de Alta Intensidade, Ruptura de Cabo e Contenção Cascata:	
- Cargas Transversais:	1.00
- Cargas Longitudinais:	1.00
- Cargas Verticais normais (inclusive peso próprio da estrutura):	1.15
- Cargas Verticais reduzidas (inclusive peso próprio da estrutura):	0.87 (*)
Construção/Manutenção:	
- Cargas Transversais (cabos em lançamento/lançados):	1.50/1.15
- Cargas Longitudinais (cabos em lançamento/lançados):	1.50/1.15
- Cargas Verticais (cabos em lançamento/lançados):	1.50/1.15
- Cargas Verticais (peso próprio das estruturas delta/cross-rope):	1.50/1.15
- Cargas Verticais reduzidas (inclusive peso próprio das estruturas delta/cross-rope):	0.67/0.87 (**)
Grampeamento:	
- Cargas Transversais:	1.50
- Cargas Longitudinais:	1.50
- Cargas Verticais (inclusive peso próprio da estrutura):	1.50

- Cargas Verticais reduzidas (inclusive peso próprio da estrutura):	0.67 (**)
(*) Cargas verticais reduzidas de arrancamento (vão gravante negativo):	1.15
(**) Cargas verticais reduzidas de arrancamento (vão gravante negativo):	1.50

5.6 ÁRVORES DE CARGAS

5.6.1 Todas as cargas indicadas nas árvores de carga estão em kgf e já incluem os fatores de sobrecarga indicados no item 5.5.

5.6.2 As cargas atuantes nas fases e nos pára-raios devem ser aplicadas nos pontos de fixação dos cabos e estão representadas, conforme a hipótese de carga, por suas projeções na vertical e nos eixos transversal e longitudinal da estrutura. Especificamente para a Hipótese 11 das torres V1SP e V1TR, as cargas indicadas nas árvores de carga devem ser aplicadas nos pontos auxiliares de fixação previstos para execução das operações de grampeamento.

5.6.3 As cargas devidas ao vento máximo (FVM) e ao vento de alta intensidade (FVI) na estrutura atuam na direção do vento e devem ser aplicadas no centro de gravidade de cada um dos painéis em que a estrutura for subdividida.

5.6.4 O comprimento máximo de cada painel para efeito de cálculo das cargas de vento na estrutura não deve ultrapassar 10.0m.

5.6.5 Independente da direção mostrada nas árvores de carga, o vento sobre a estrutura e as cargas transversais devem ser aplicadas na direção mais desfavorável no que se refere ao dimensionamento das barras e ligações.

5.6.6 As cargas entre parêntesis referem-se às cargas verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo) e PP indica o peso próprio da estrutura.

5.6.7 Considerar a seguinte distribuição de cargas por face nas estruturas de ancoragem meio de linha (V1AA e V1AT):

- Cargas transversais e verticais:
⇒ 70% na face anterior e 30% na face posterior
- Cargas longitudinais:
⇒ 100% na face anterior

5.6.8 Considerar a seguinte distribuição de cargas por face na estrutura de ancoragem fim de linha (V1AT):

- Cargas verticais:
 - Hipótese 1Ta: 100% lado LT
 - Demais hipóteses: 70% lado LT e 30% lado SE
- Cargas longitudinais: 100% lado LT
- Cargas transversais:

HIPÓTESE	lado LT (%)	lado SE (%)
1Ta	100	0
1Tb	56	44
2T	42	58
3T	45	55
4T e 5T	44	56
6T	44	56
7T	51	49

8T	44	56
9T	48	52

5.6.9 As árvores de carga apresentadas são representações esquemáticas das hipóteses de carga e algumas delas deverão ser desdobradas para a análise estrutural das torres. Os seguintes desdobramentos de hipóteses deverão ser obrigatoriamente considerados:

- Hipóteses 4 e 4T (ruptura de uma fase):
 - Ruptura da fase central;
 - Ruptura da fase da esquerda;
 - Ruptura da fase da direita.
- Hipóteses 5 e 5T (ruptura de um pára-raios):
 - Ruptura do pára-raios da esquerda;
 - Ruptura do pára-raios da direita.
- Hipótese 6 (construção/manutenção - V1CRL e V1SL):
obs.: para esta hipótese as cargas entre parênteses referem-se a cabos já lançados, enquanto as cargas fora de parênteses referem-se a cabos em lançamento.
 - lançamento de 1 pára-raios;
 - lançamento de 1 pára-raios com o outro lançado;
 - 2 pára-raios lançados;
 - 2 pára-raios lançados e lançamento de uma fase;
 - 2 pára-raios e 1 fase lançados e lançamento de outra fase;
 - 2 pára-raios e 2 fases lançados e lançamento de outra fase;
 - 2 pára-raios e 3 fases lançados;
- Hipóteses 6 e 6T (construção/manutenção - V1SP, V1AA, V1AT e V1TR):
 - cargas somente no pára-raios esquerdo;
 - cargas somente no pára-raios direito;
 - cargas somente nos 2 pára-raios;
 - cargas somente nos 2 pára-raios e na fase central;
 - cargas somente nos 2 pára-raios e na fase da esquerda;
 - cargas somente nos 2 pára-raios e na fase da direita;
 - sem as cargas da fase central;
 - sem as cargas da fase da esquerda;
 - sem as cargas da fase da direita;
 - todas as cargas aplicadas.
- Hipótese 10 (contenção de queda em cascata), somente nas torres de ancoragem V1AA e V1AT:
 - sem as cargas do pára-raios esquerdo e da fase da esquerda;
 - todas as cargas aplicadas.
- Hipóteses 11 (grampeamento):
obs.: 1) Para cabos em grampeamento, considerar cargas fora de parênteses nas árvores de carga;
2) Para cabos só lançados ou já grampeados, considerar cargas entre parênteses nas árvores de carga;
3) Fase central em grampeamento: aplicar cargas no ponto auxiliar para içamento/grampeamento dessa fase (V1SP e V1TR).
Nos desdobramentos abaixo especificados, considerar cargas de cabos só lançados/já grampeados nos pontos onde não houver cabos em grampeamento:
 - cargas de grampeamento somente no PR esquerdo;
 - cargas de grampeamento somente no PR direito;
 - cargas de grampeamento somente nos 2 PR's;
 - cargas de grampeamento somente nos 2 PR's e na fase da esquerda;
 - cargas de grampeamento somente nos 2 PR's e na fase da direita;
 - cargas de grampeamento somente nos 2 PR's e na fase central;
 - sem as cargas de grampeamento da fase da esquerda;

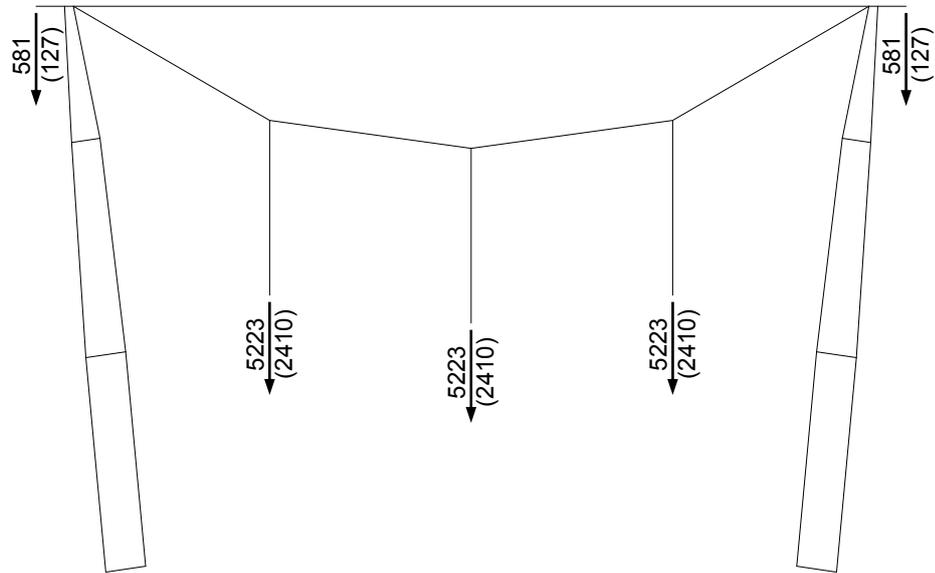
- sem as cargas de grampeamento da fase da direita;
- sem as cargas de grampeamento da fase central;
- todas as cargas de grampeamento aplicadas.

5.6.10 A mísula para fixação da cadeia de passagem do “jumper”, bem como as barras de fixação destas cadeias, deverão ser dimensionadas para suportar uma carga vertical de 600 kgf.

5.6.11 A seguir são apresentadas as árvores de carga para cada tipo estrutural:

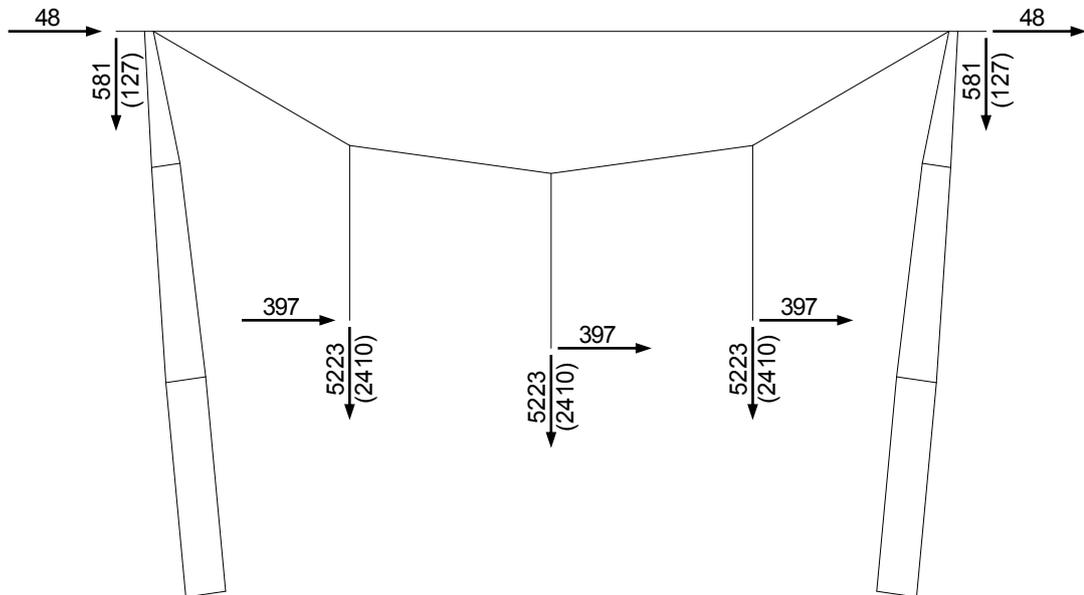
5.6.11.1 ESTRUTURA DE SUSPENSÃO TIPO V1CRL

5.6.11.1.1 HIPÓTESES PARA VERIFICAÇÕES ELÉTRICAS E DE GEOMETRIA



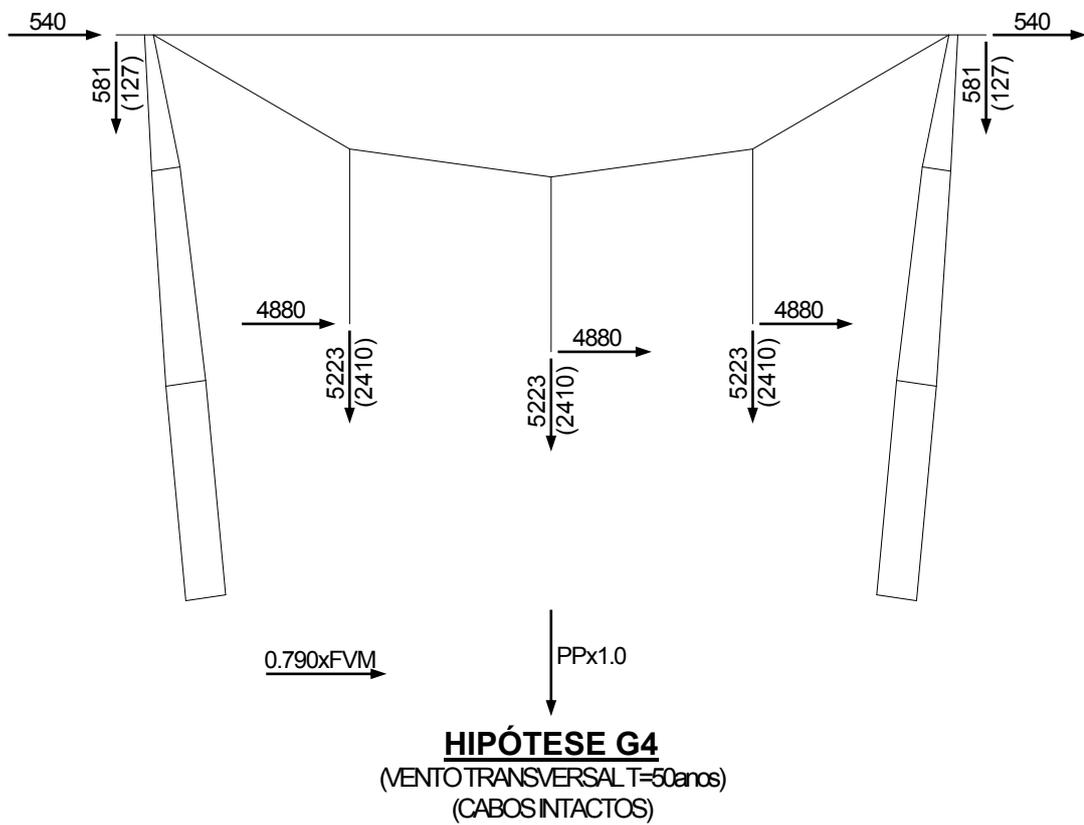
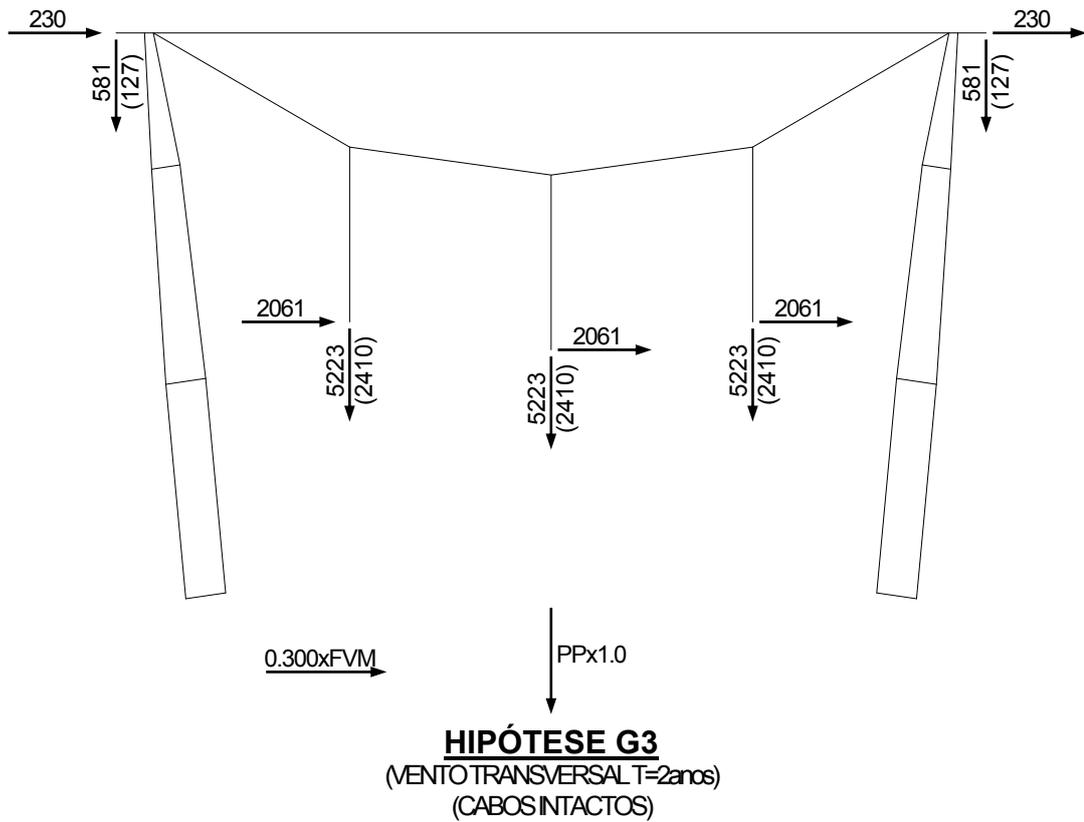
PPx1.0

HIPÓTESE G1
(SEM VENTO)
(EDS ALINHAMENTO)

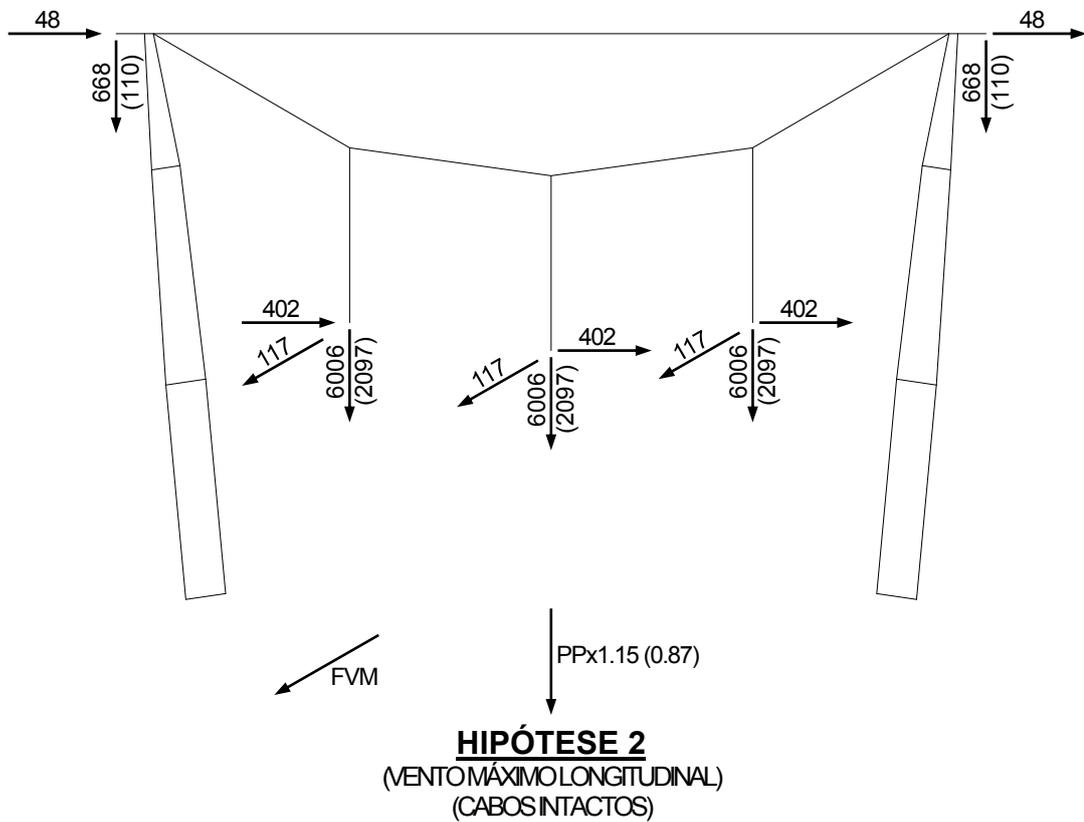
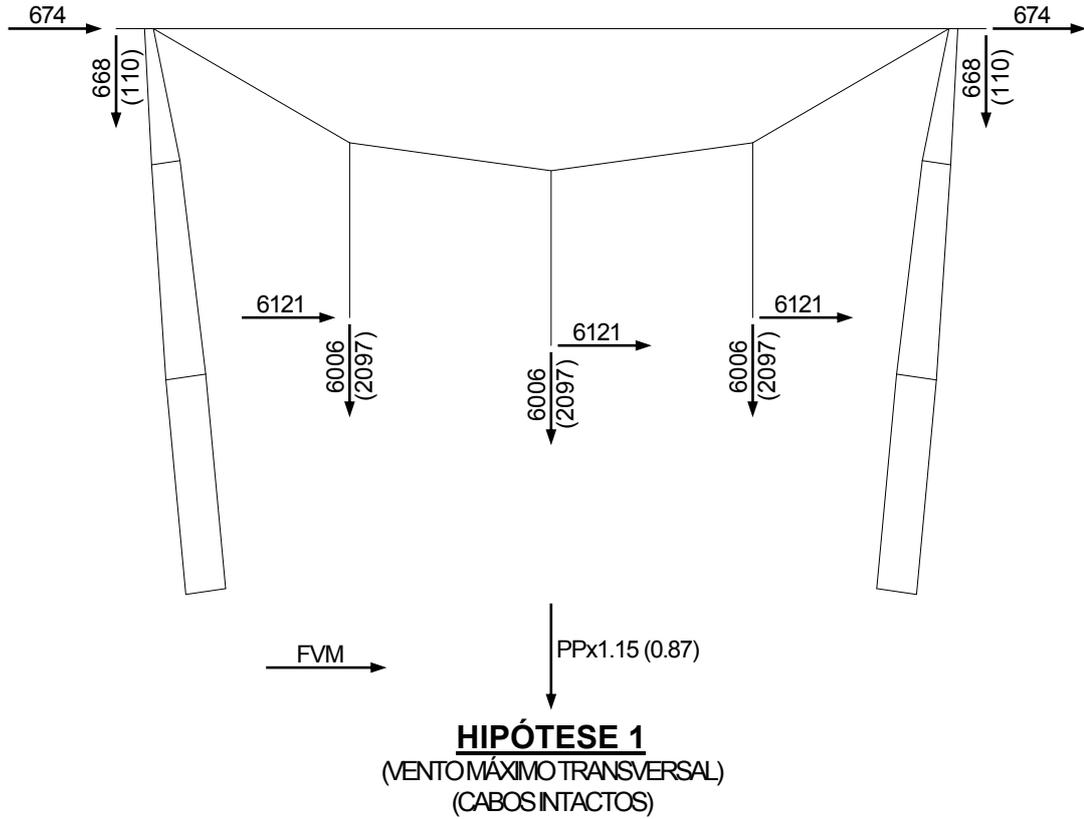


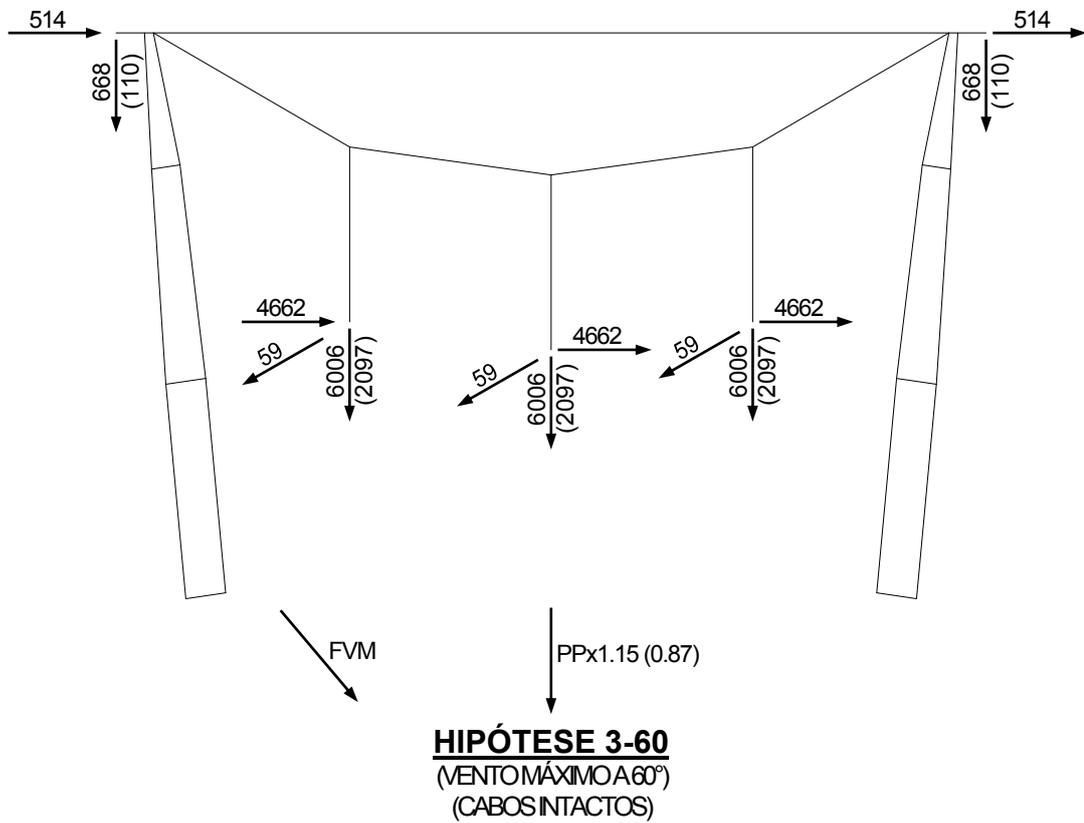
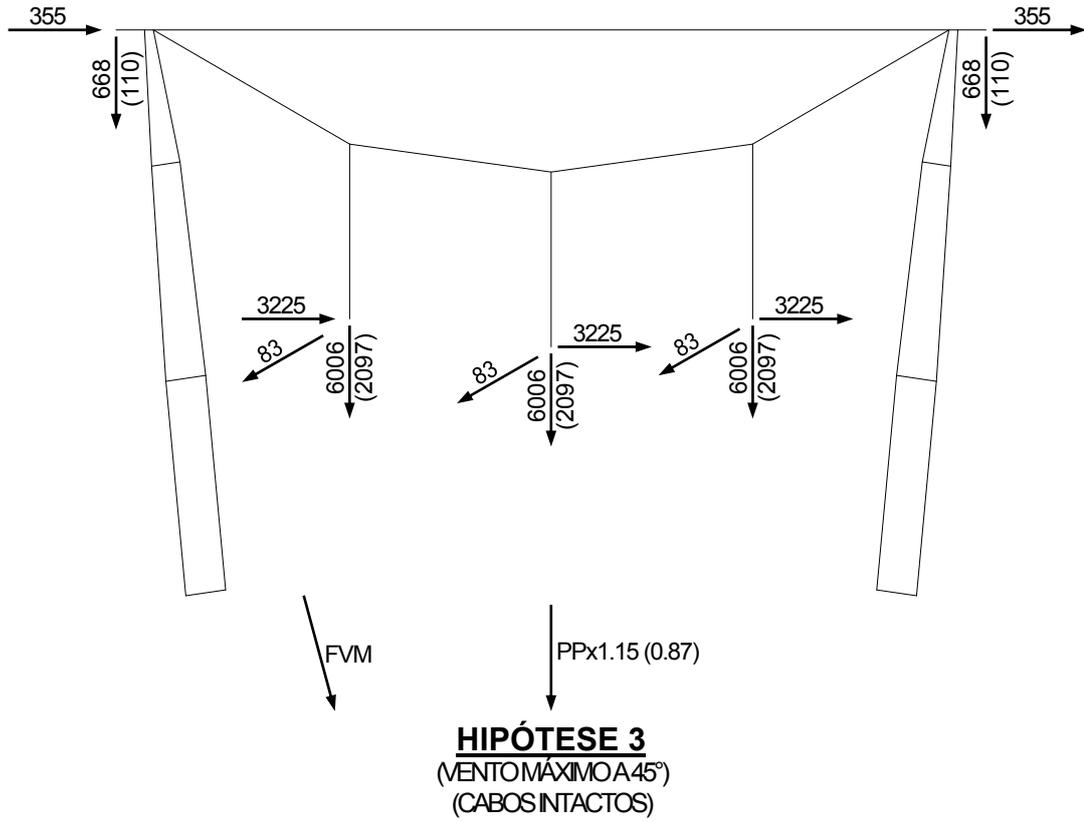
PPx1.0

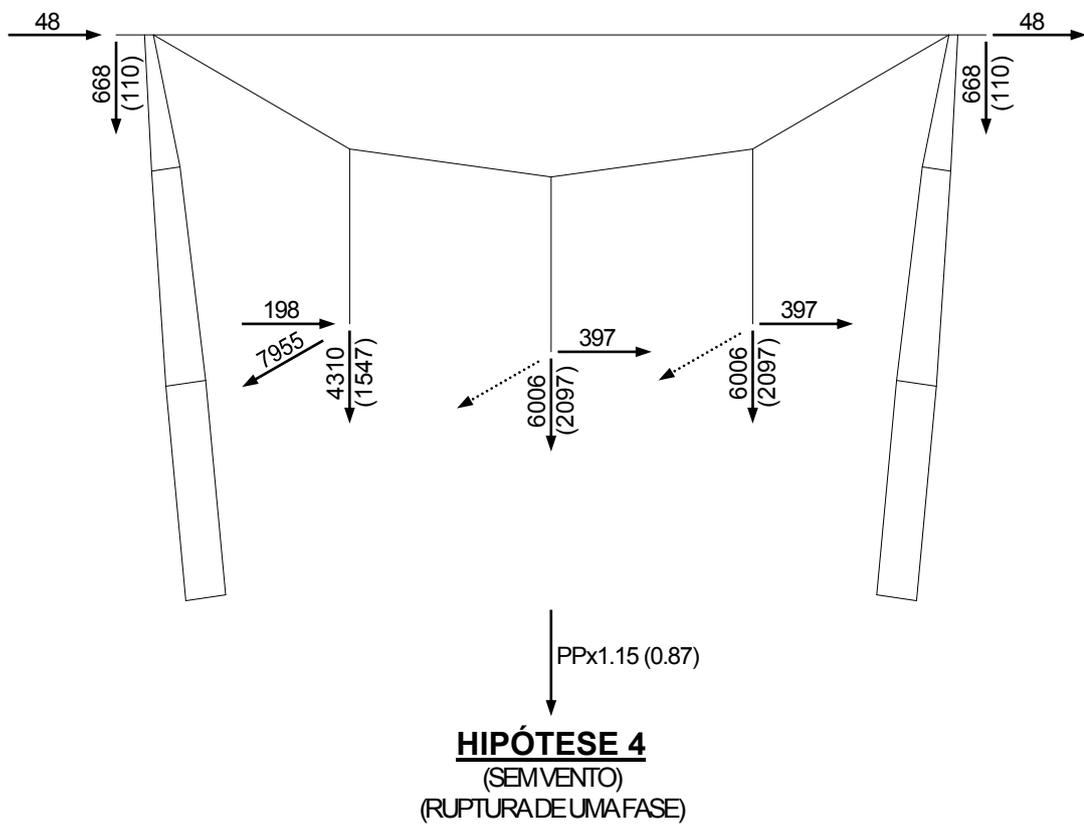
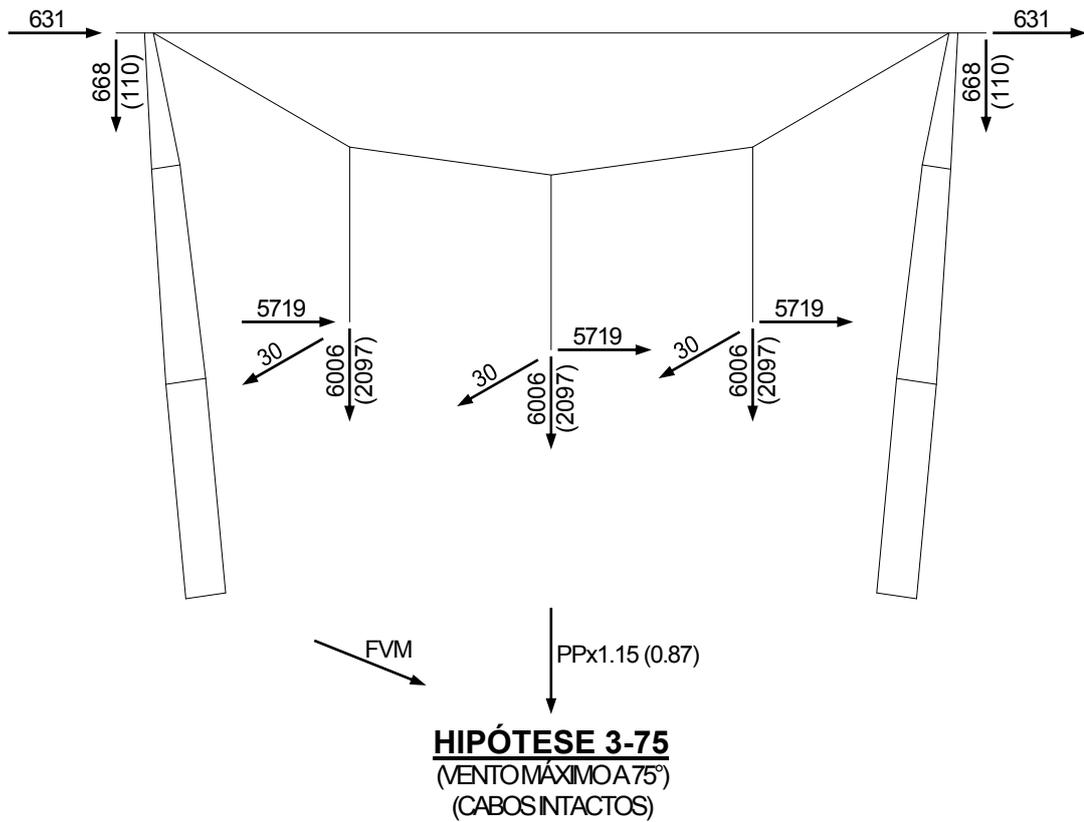
HIPÓTESE G2
(SEM VENTO)
(EDS ÂNGULO MÁXIMO)

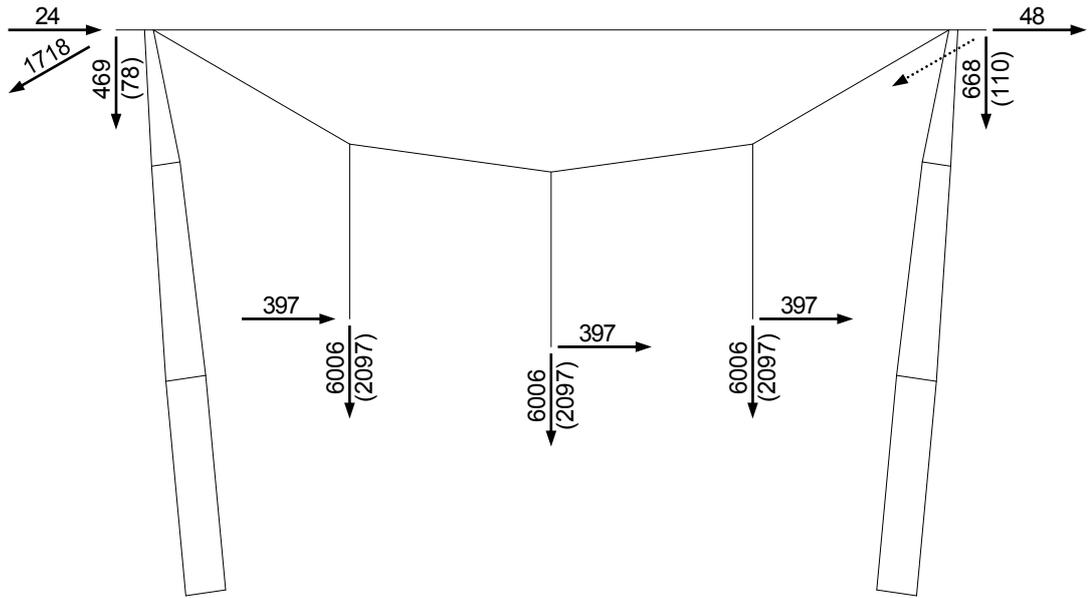


5.6.11.1.2 HIPÓTESES PARA DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL



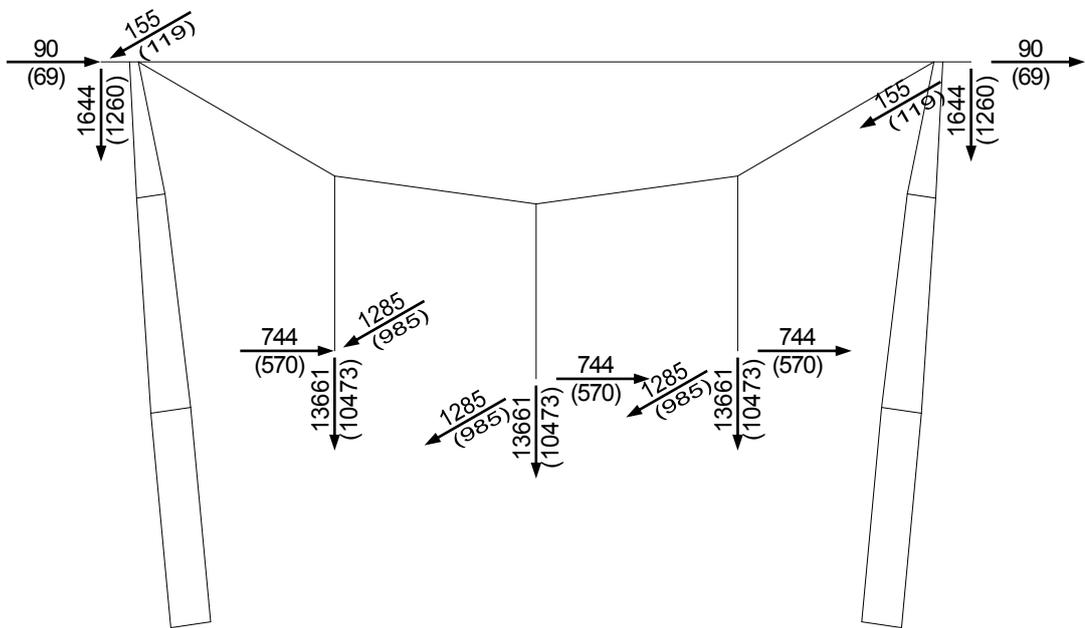






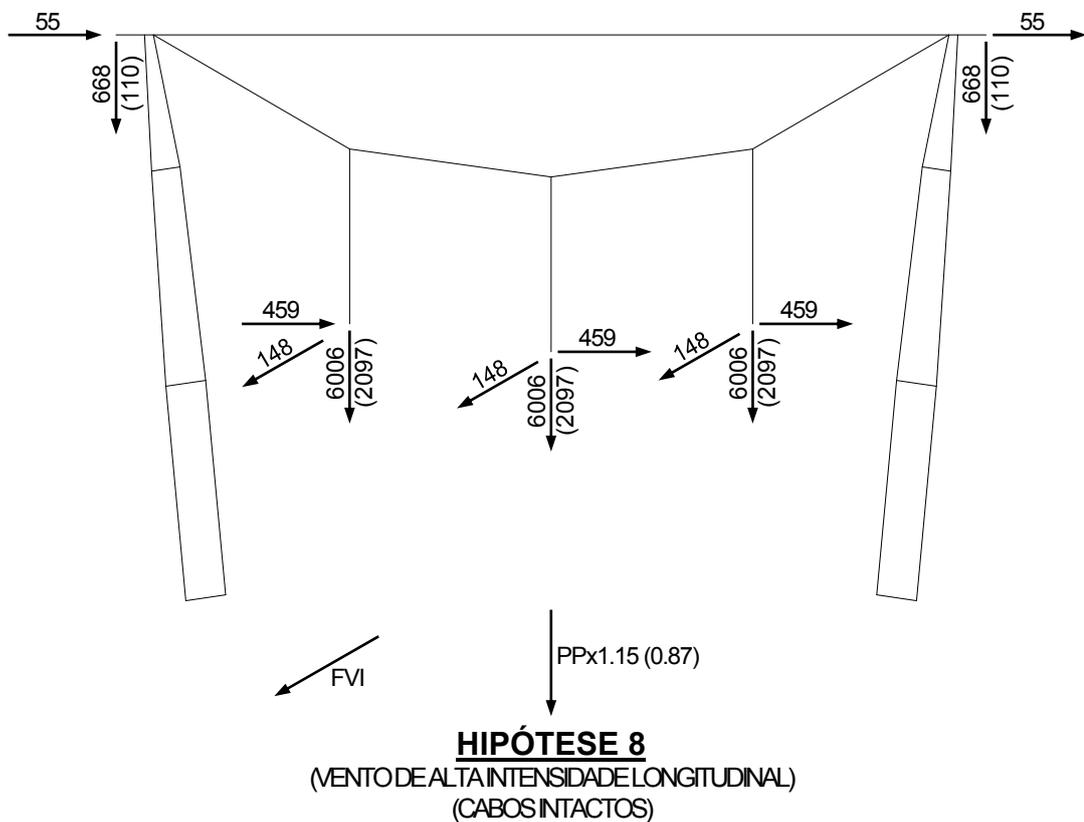
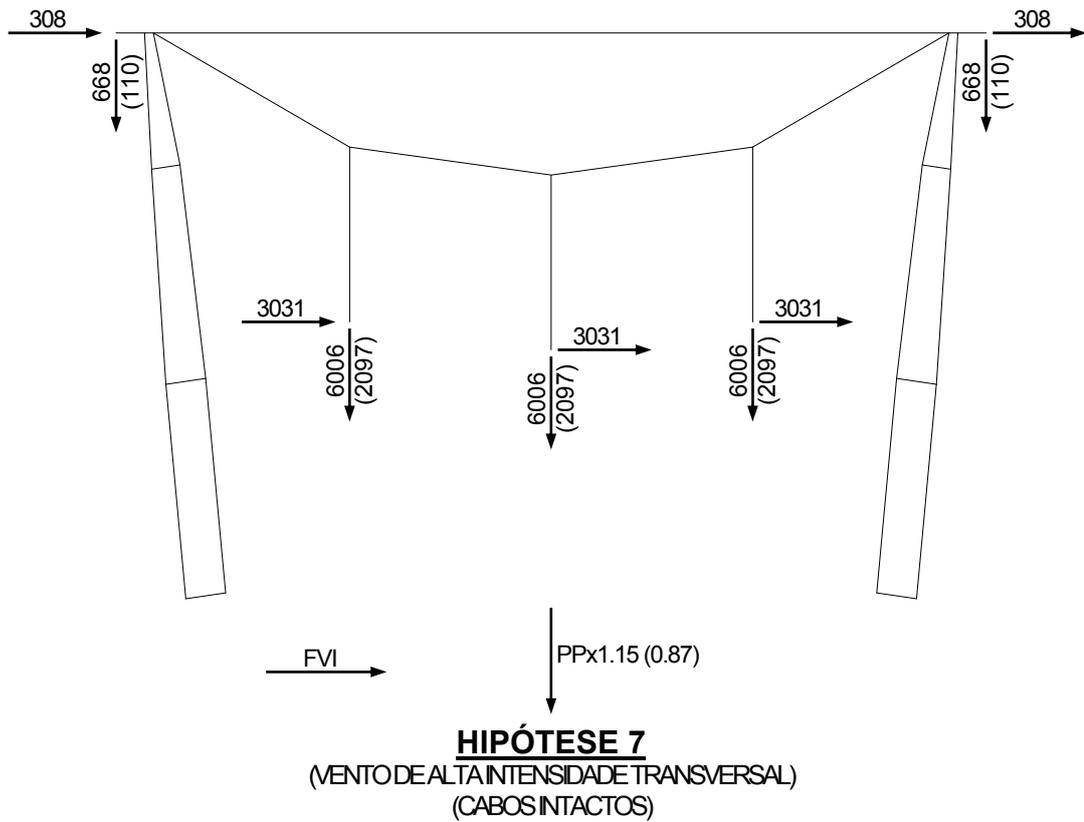
PPx1.15 (0.87)

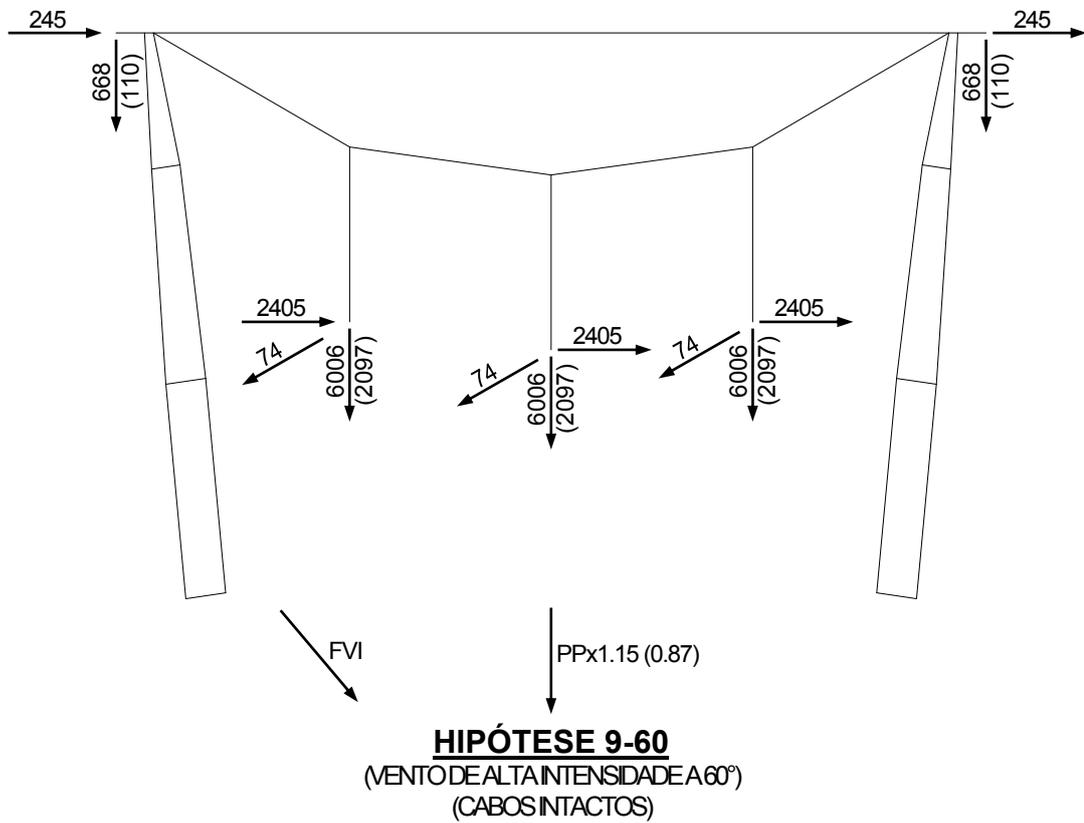
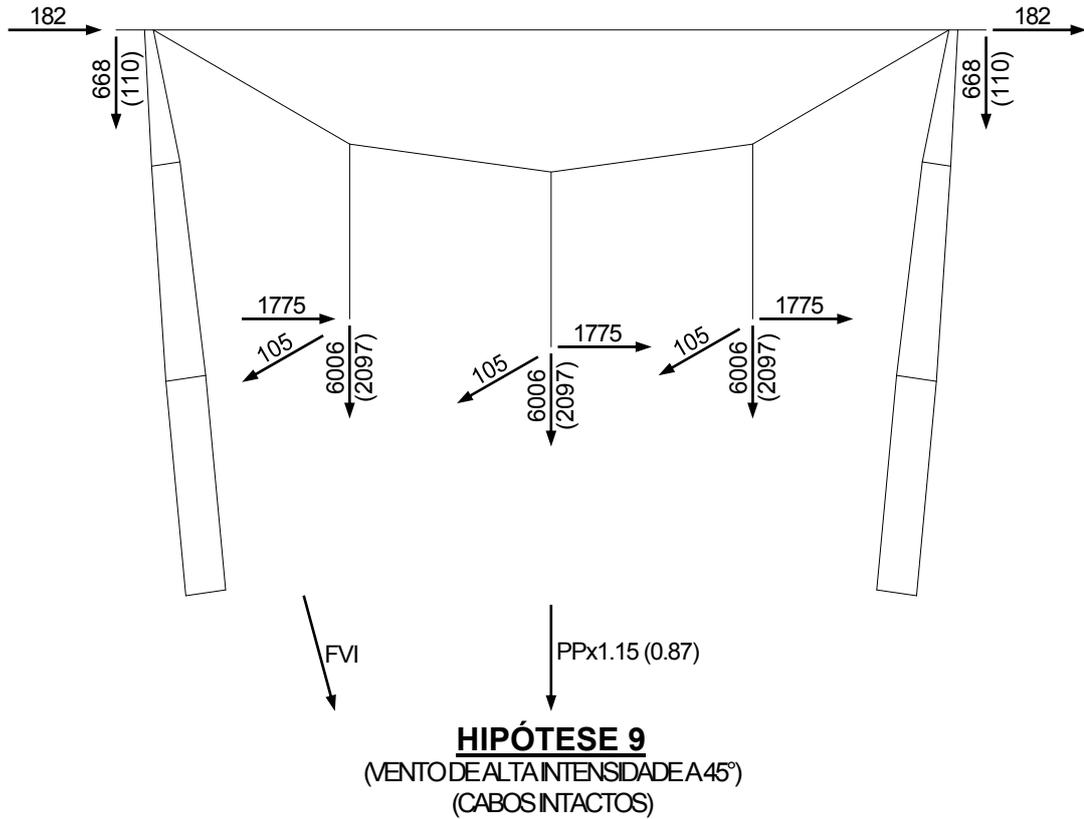
HIPÓTESE 5
(SEM VENTO)
(RUPTURA DE UM PÁRA-RAIOS)

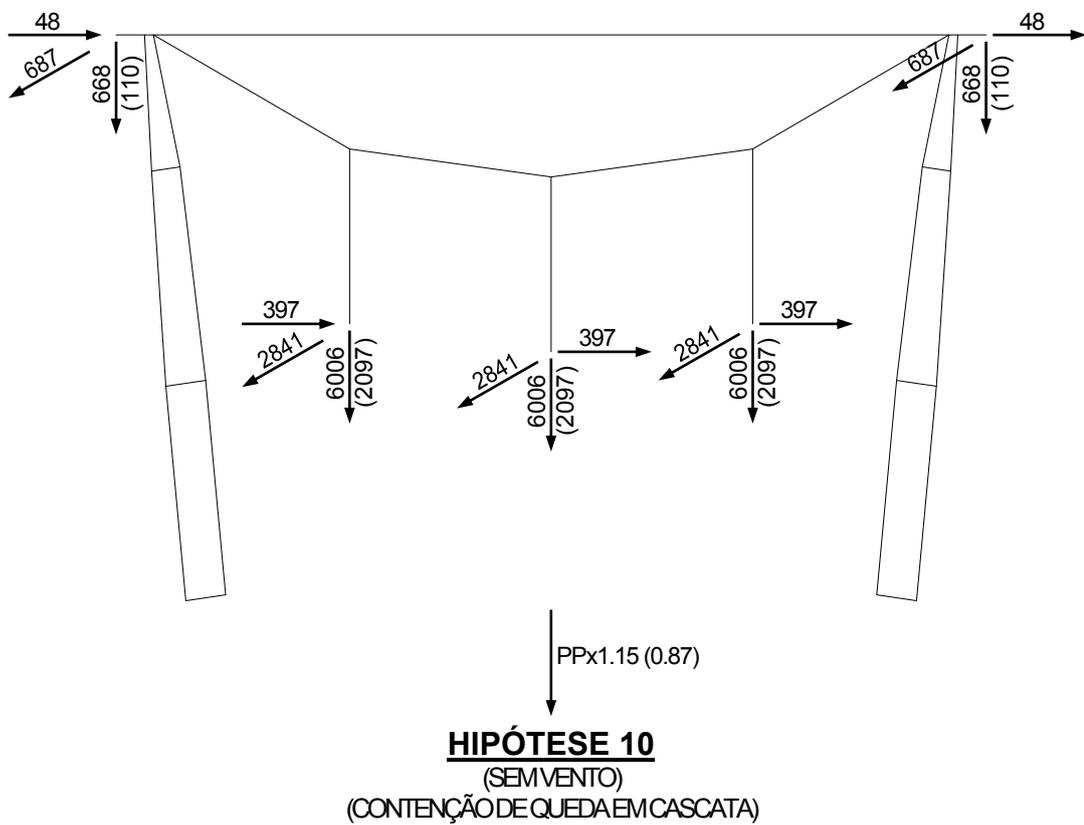
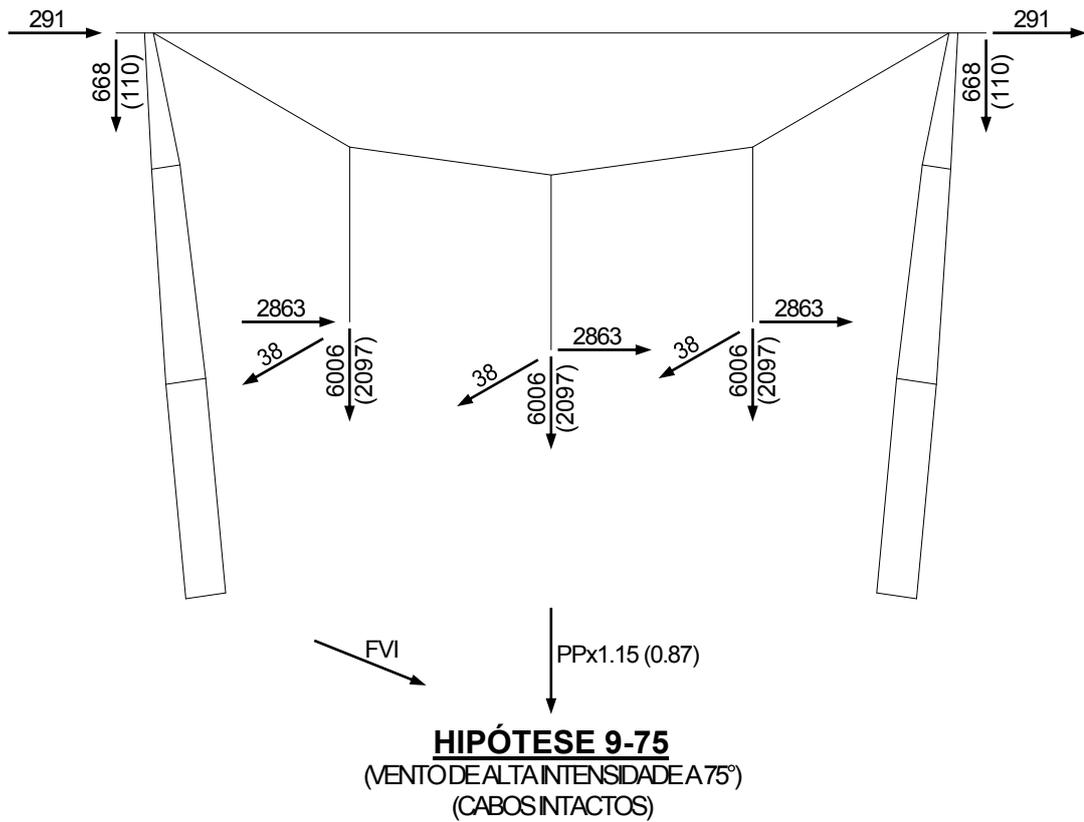


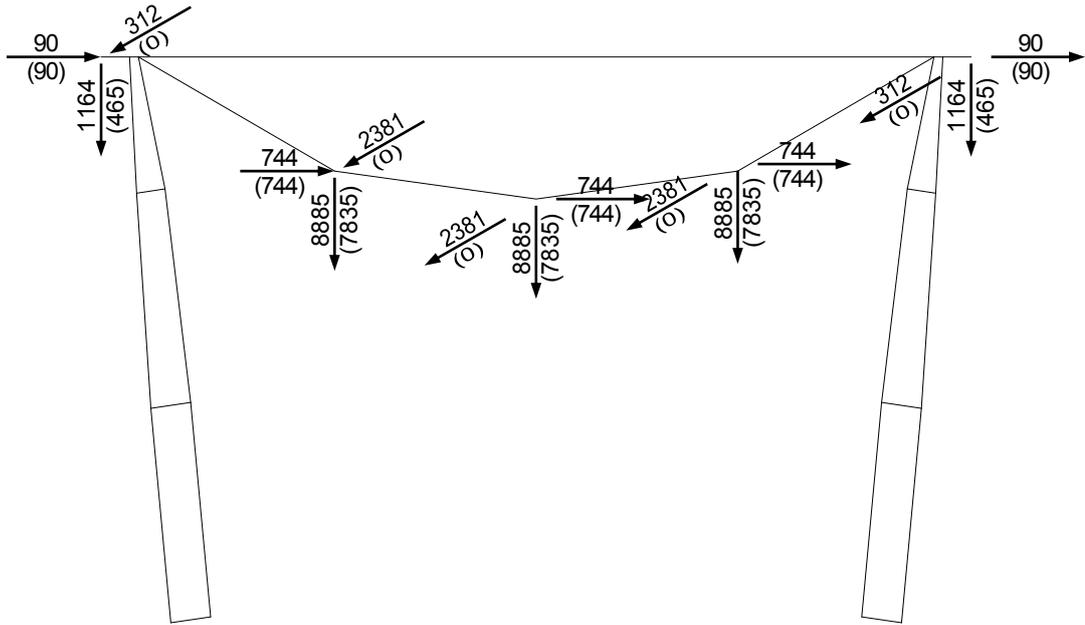
PPx1.15

HIPÓTESE 6
(SEM VENTO)
(CONSTRUÇÃO/MANUTENÇÃO)







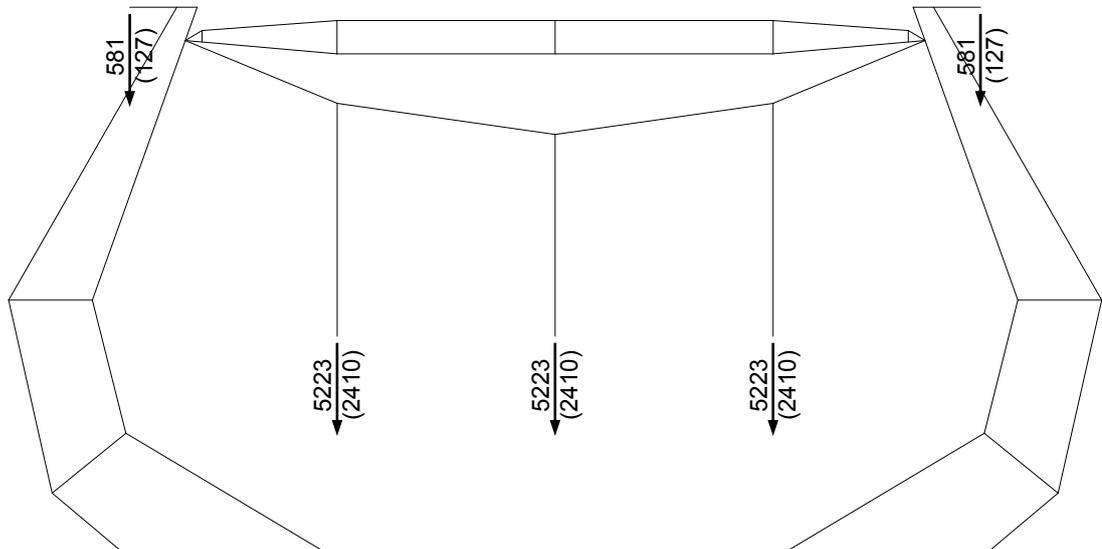


PPx1.5

HIPÓTESE 11
(SEM VENTO)
(GRAMPEAMENTO)

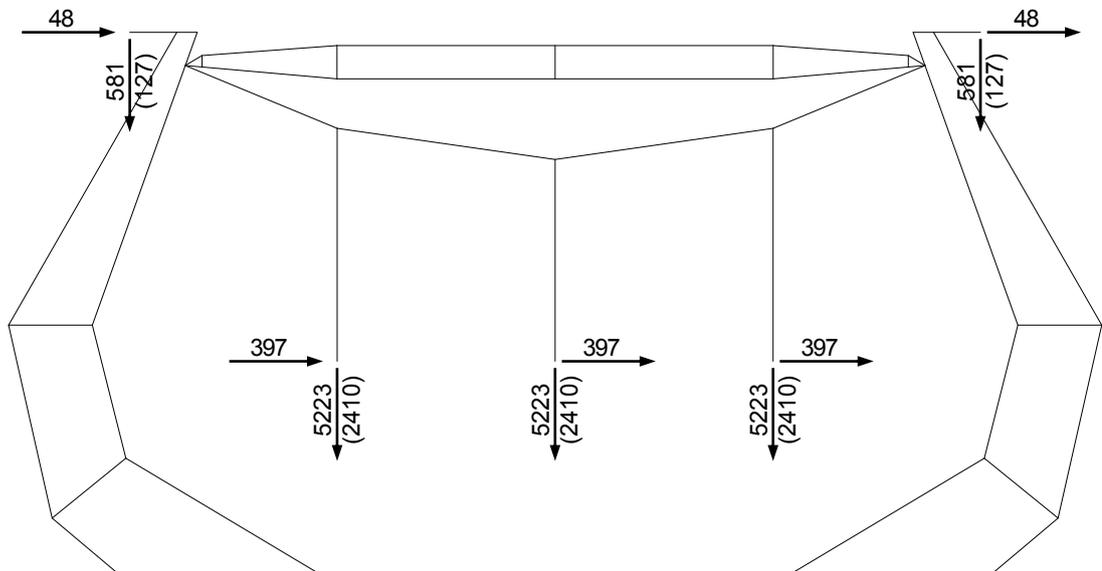
5.6.11.2 ESTRUTURA DE SUSPENSÃO TIPO V1SL

5.6.11.2.1 HIPÓTESES PARA VERIFICAÇÕES ELÉTRICAS E DE GEOMETRIA



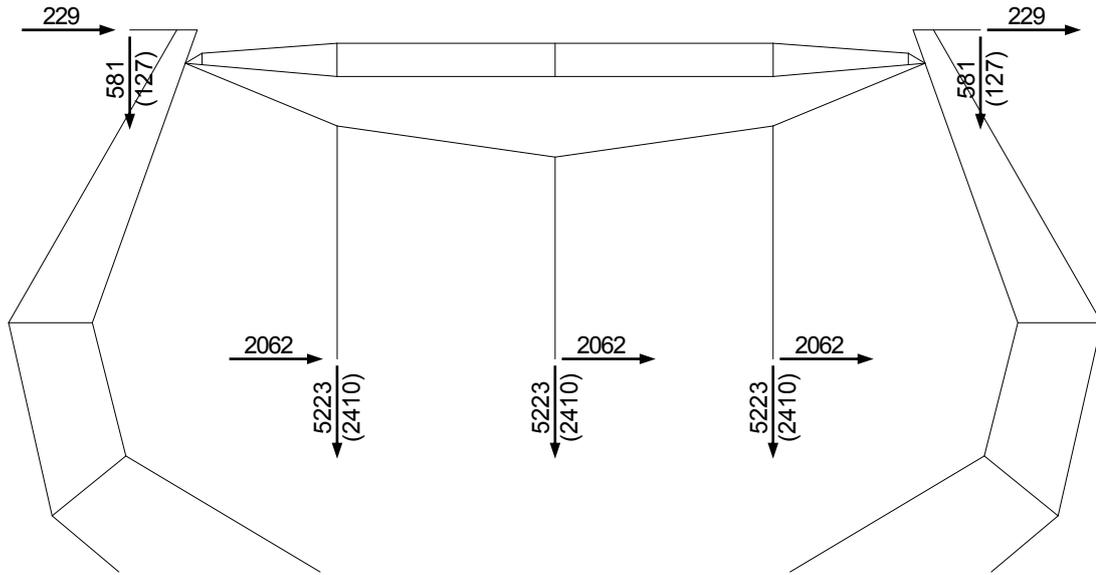
PPx1.0

HIPÓTESE G1
(SEM VENTO)
(EDS ALINHAMENTO)



PPx1.0

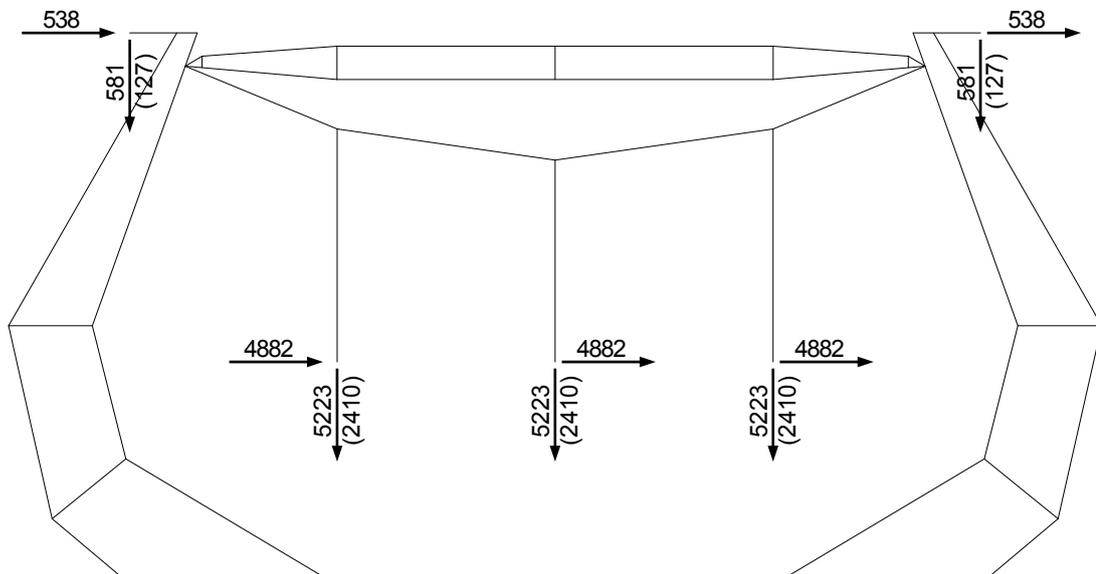
HIPÓTESE G2
(SEM VENTO)
(EDS ÂNGULO MÁXIMO)



0.300xFVM

PPx1.0

HIPÓTESE G3
(VENTO TRANSVERSAL T=2anos)
(CABOS INTACTOS)

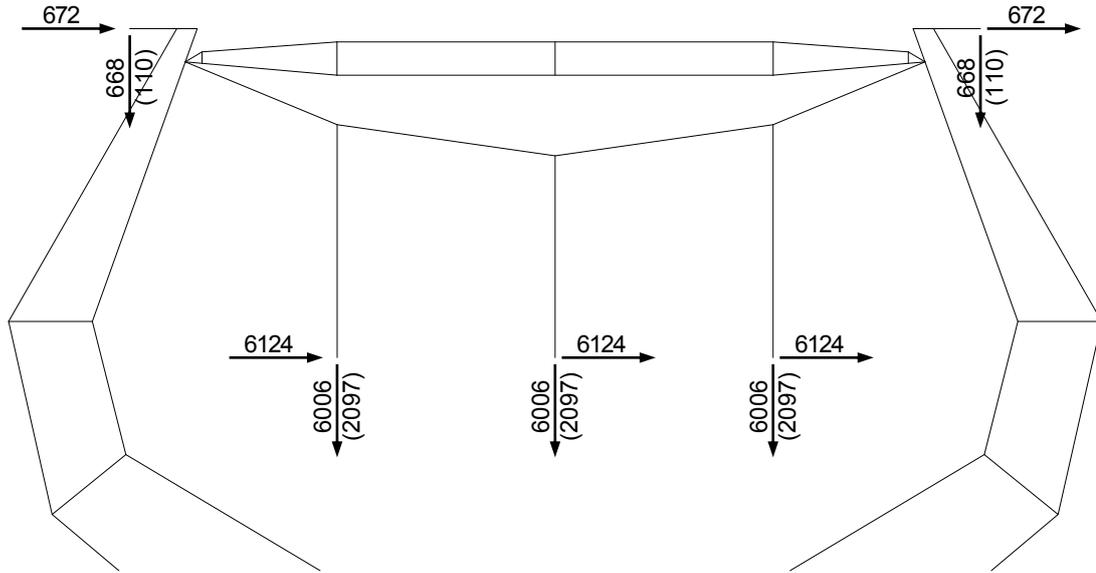


0.790xFVM

PPx1.0

HIPÓTESE G4
(VENTO TRANSVERSAL T=50anos)
(CABOS INTACTOS)

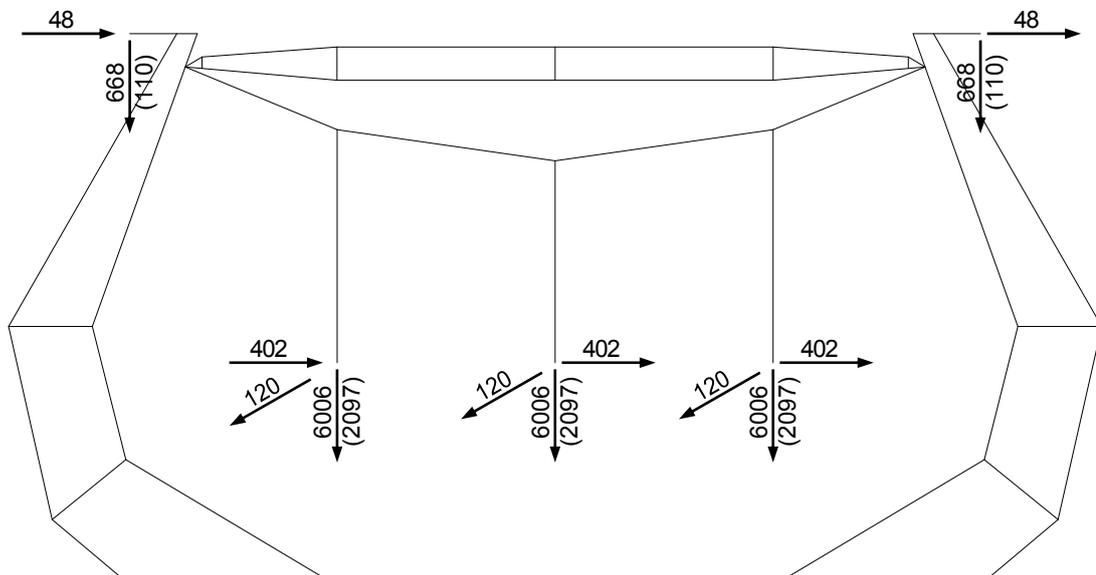
5.6.11.2.2 HIPÓTESES PARA DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL



FVM

PPx1.15 (0.87)

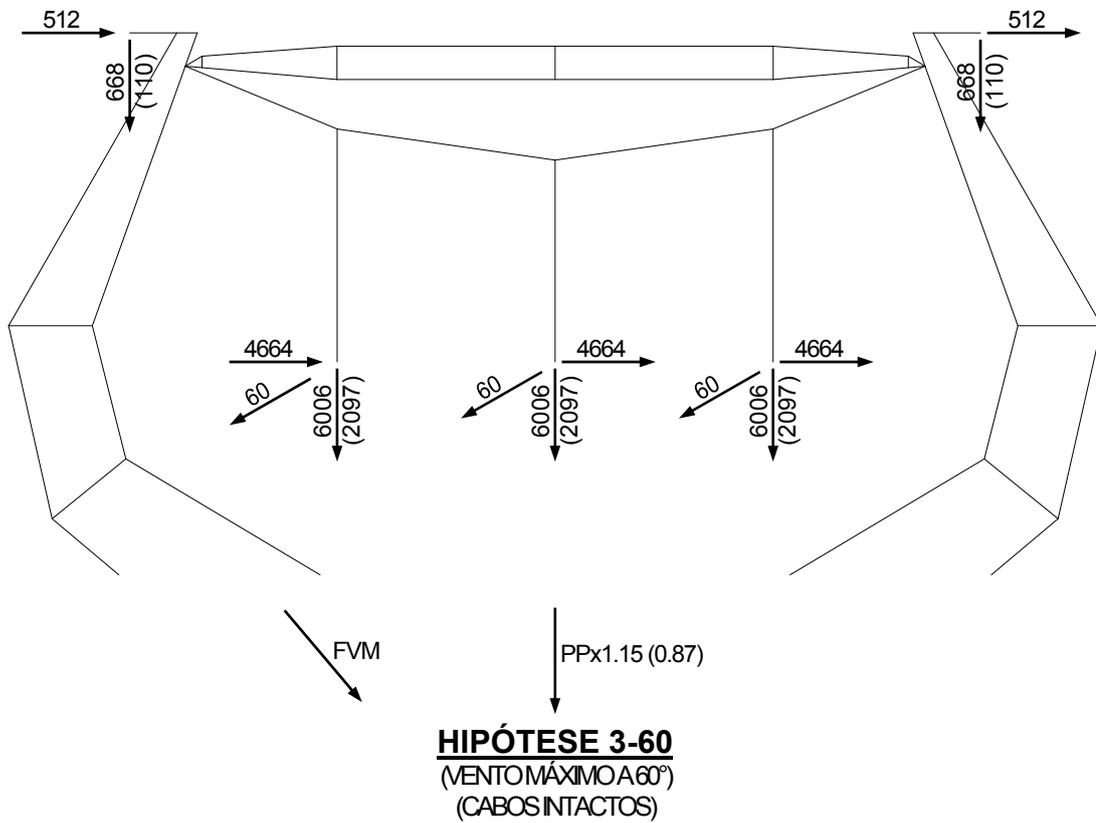
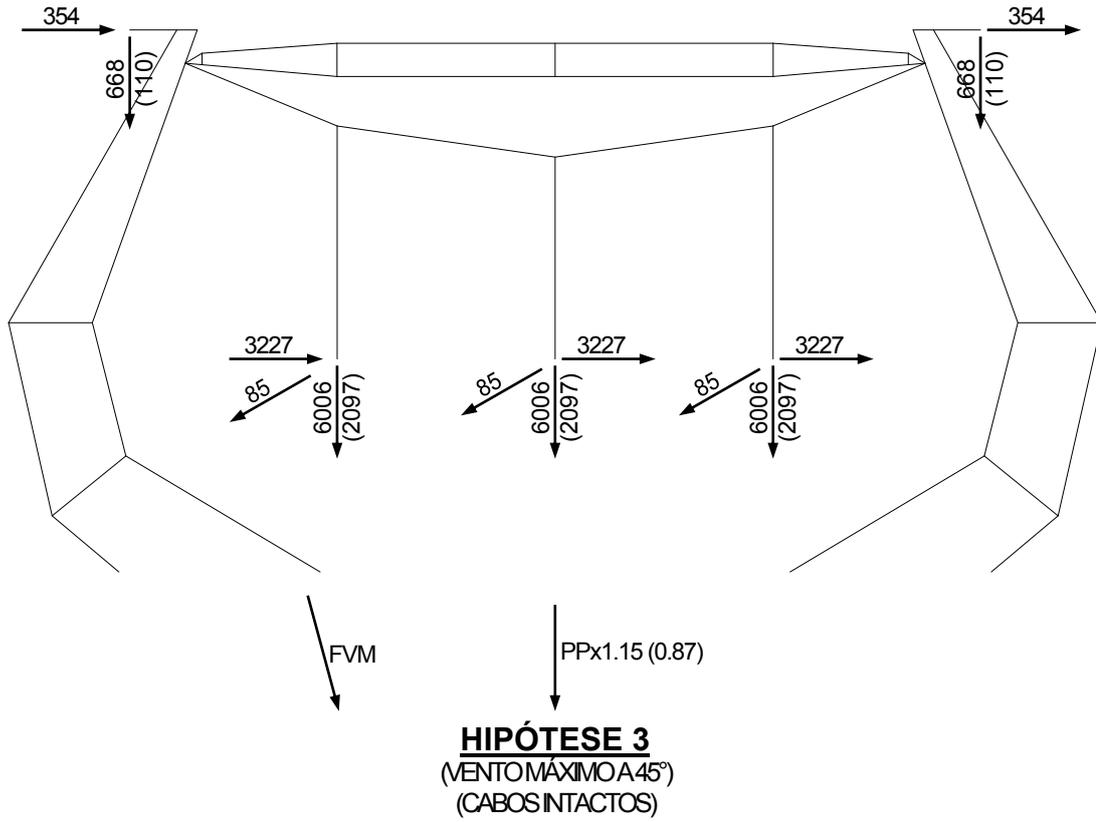
HIPÓTESE 1
(VENTO MÁXIMO TRANSVERSAL)
(CABOS INTACTOS)

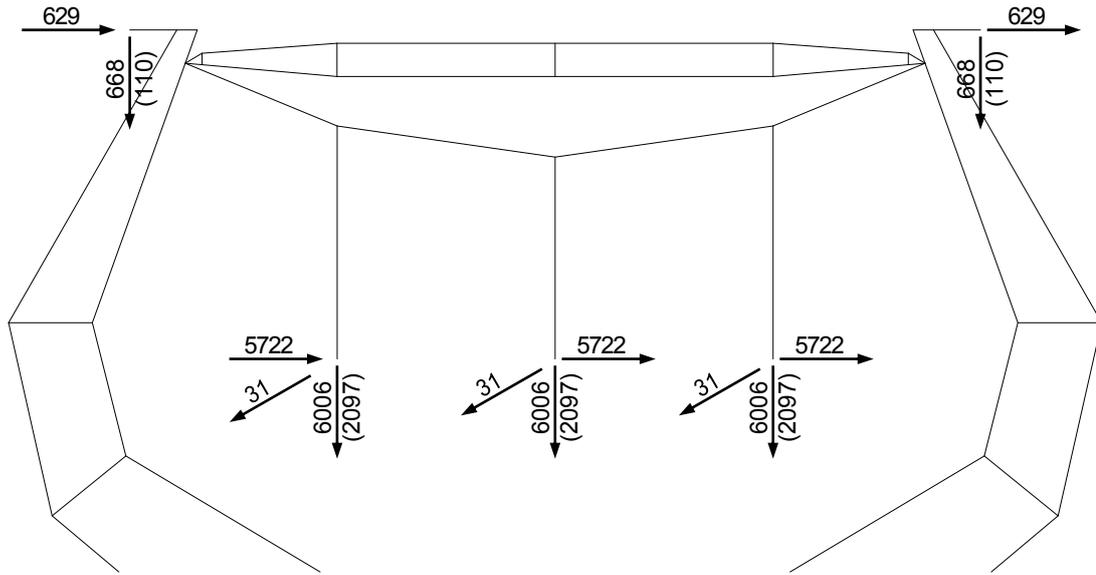


FVM

PPx1.15 (0.87)

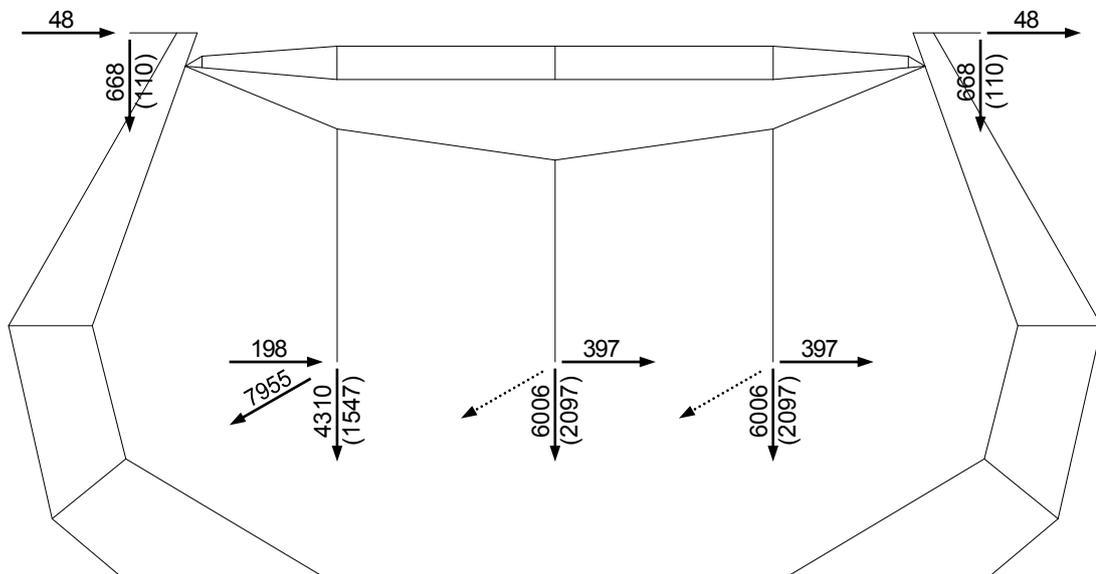
HIPÓTESE 2
(VENTO MÁXIMO LONGITUDINAL)
(CABOS INTACTOS)





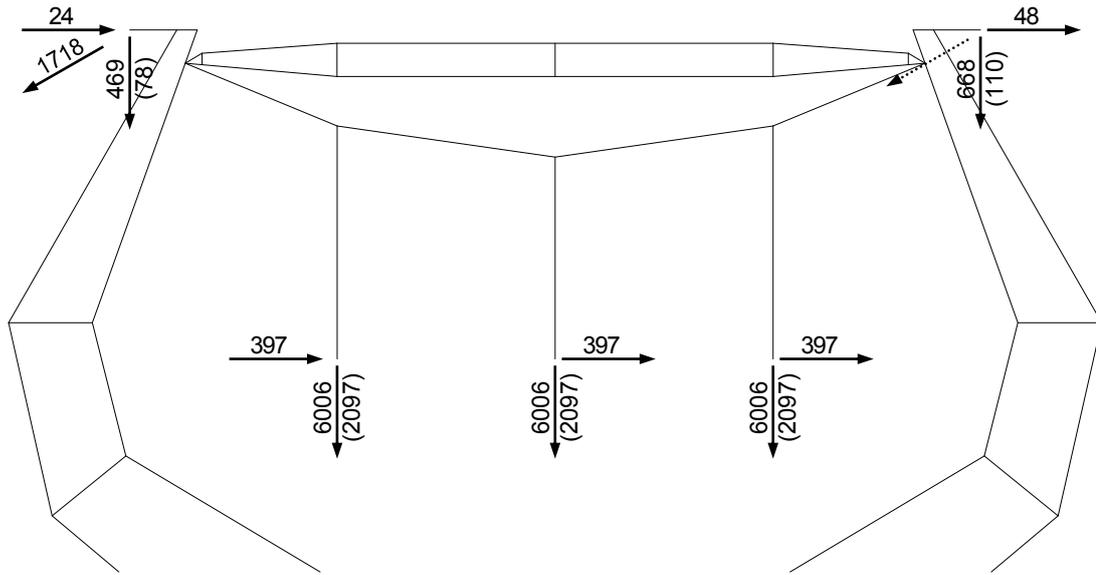
FVM
PPx1.15 (0.87)

HIPÓTESE 3-75
(VENTO MÁXIMO A 75°)
(CABOS INTACTOS)



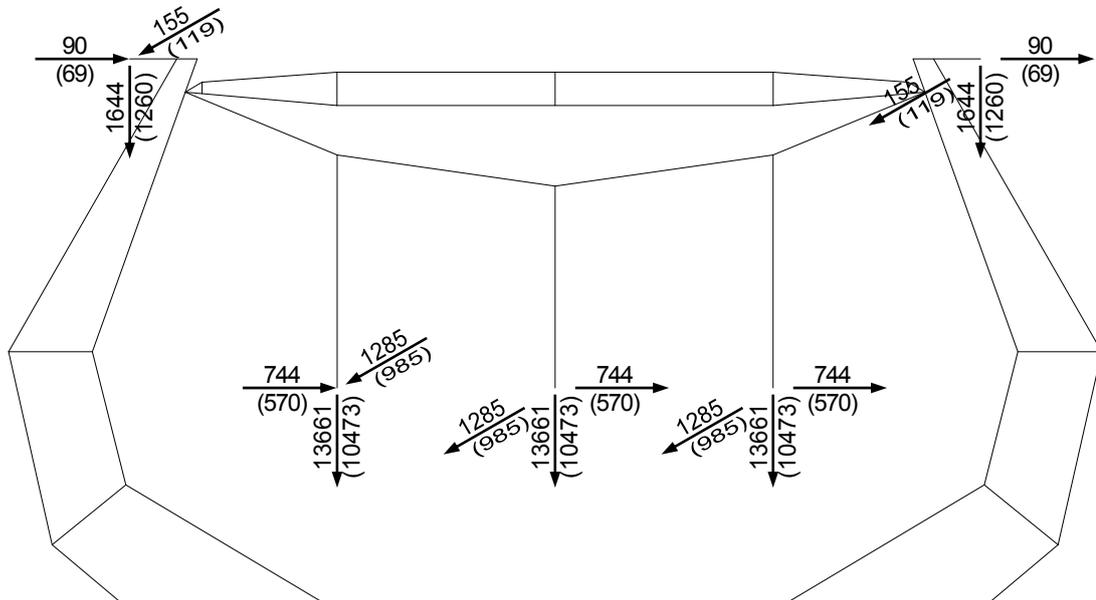
PPx1.15 (0.87)

HIPÓTESE 4
(SEM VENTO)
(RUPTURA DE UMA FASE)



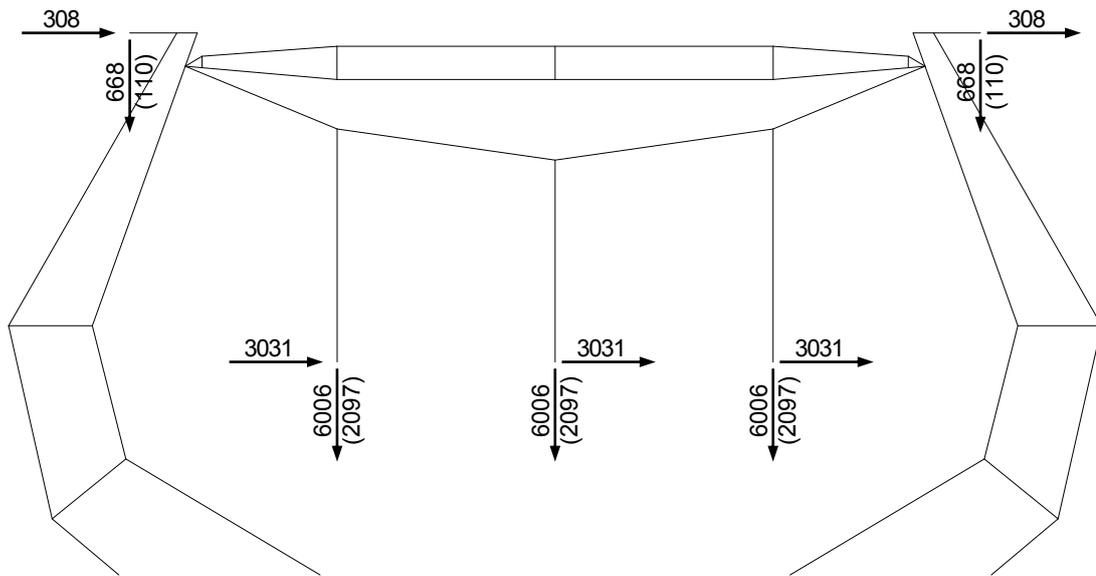
PPx1.15 (0.87)

HIPÓTESE 5
(SEM VENTO)
(RUPTURA DE UM PÁRA-RAIOS)

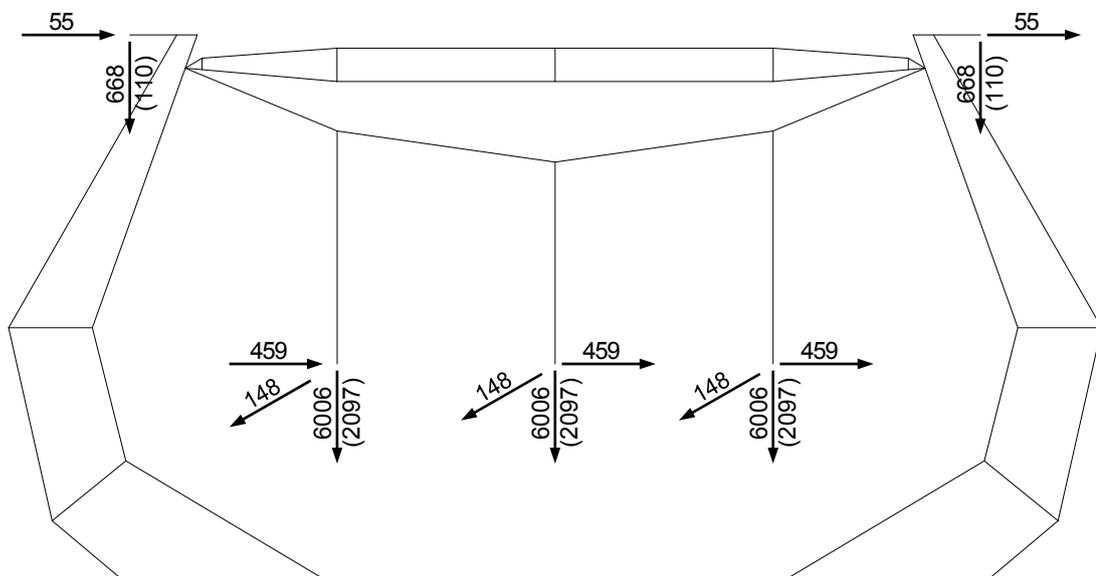


PPx1.15

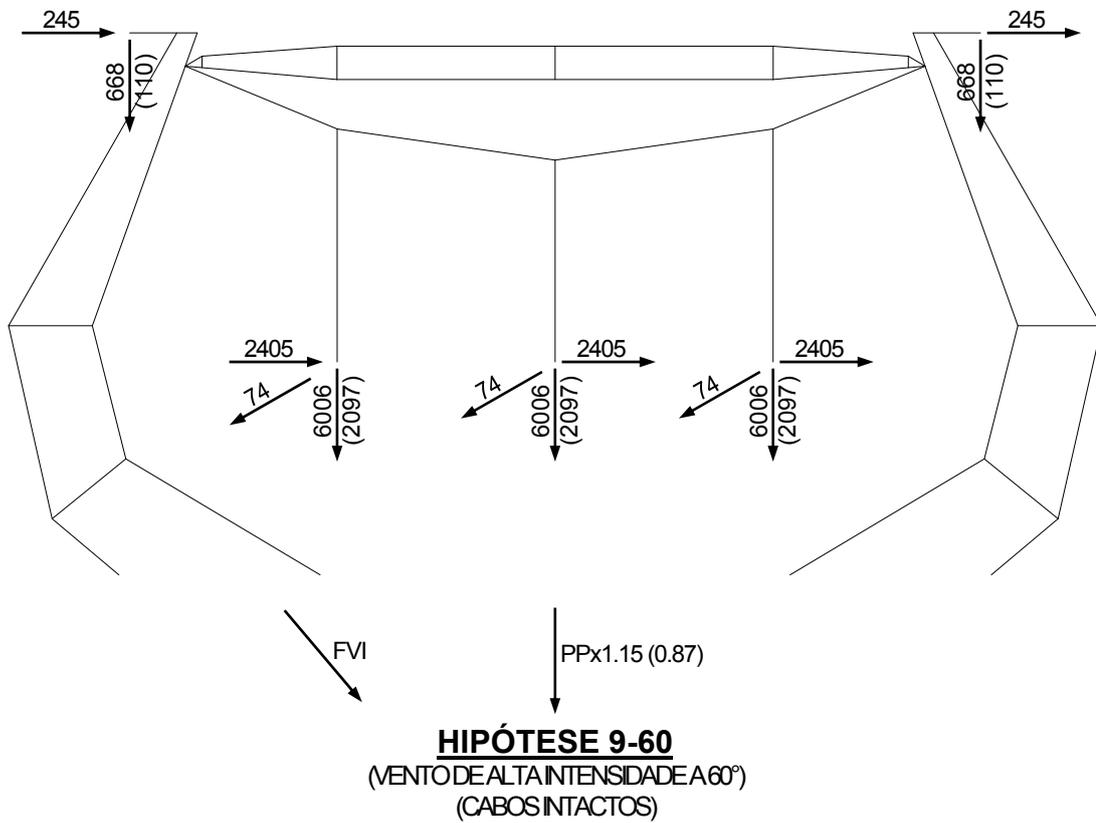
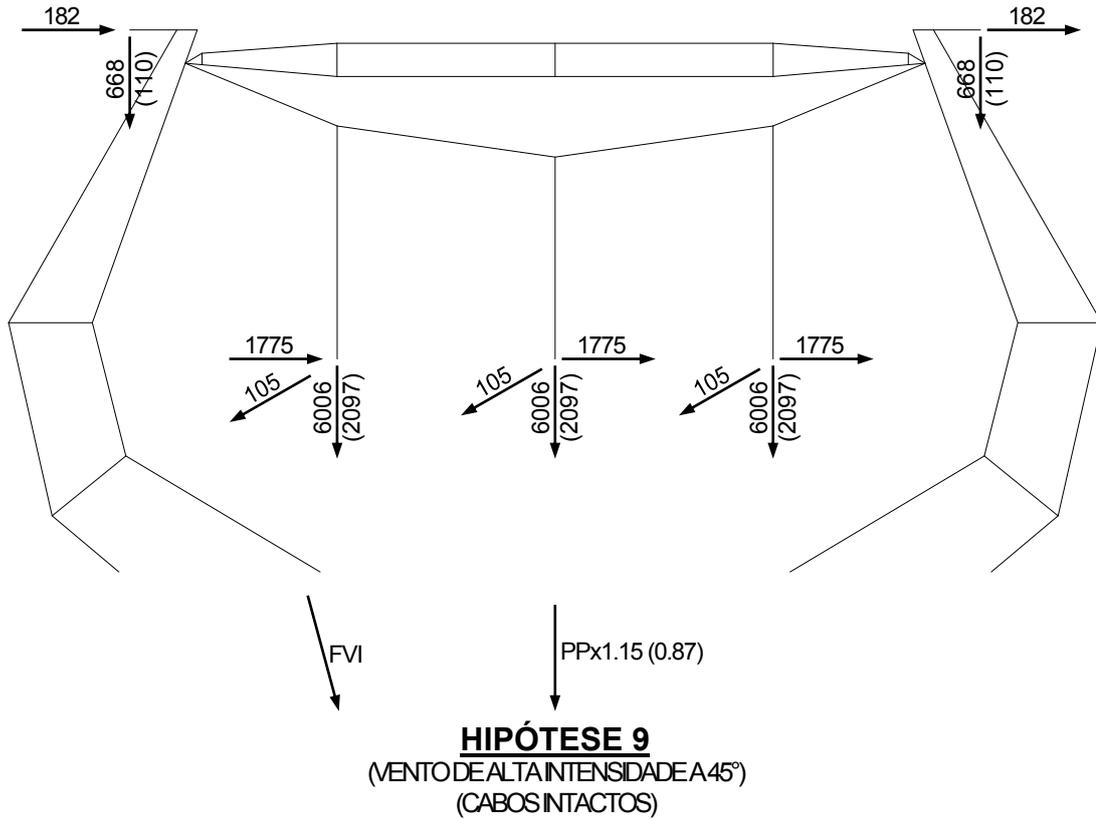
HIPÓTESE 6
(SEM VENTO)
(CONSTRUÇÃO MANUTENÇÃO)

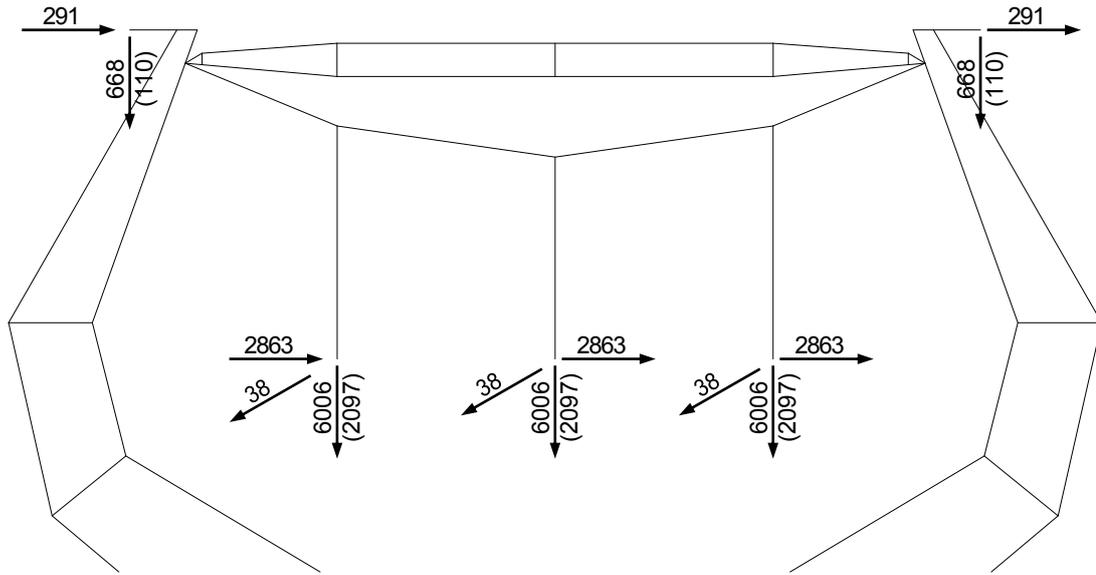


HIPÓTESE 7
(VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL)
(CABOS INTACTOS)



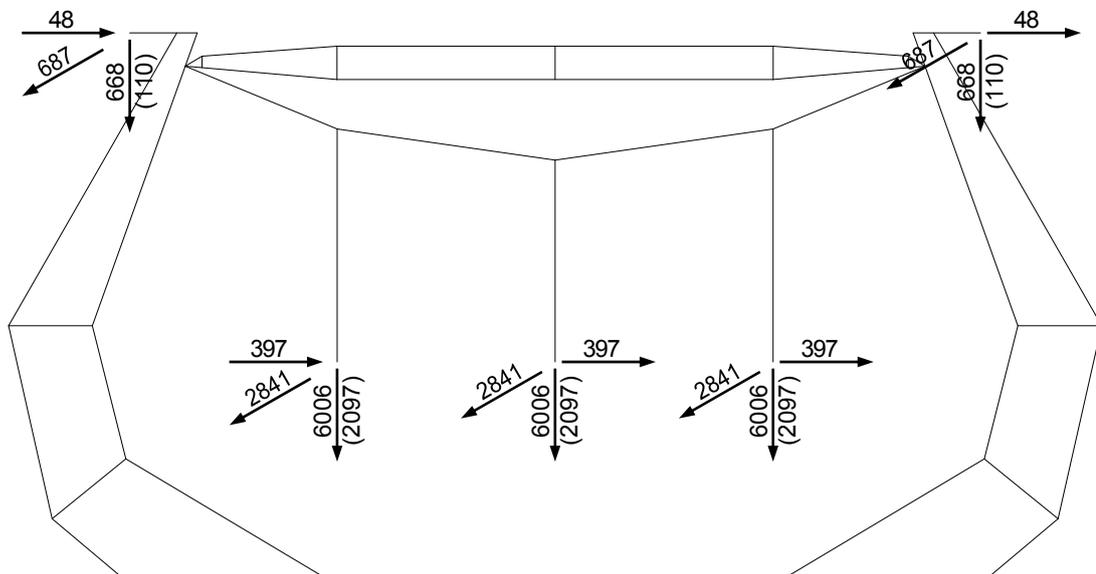
HIPÓTESE 8
(VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL)
(CABOS INTACTOS)





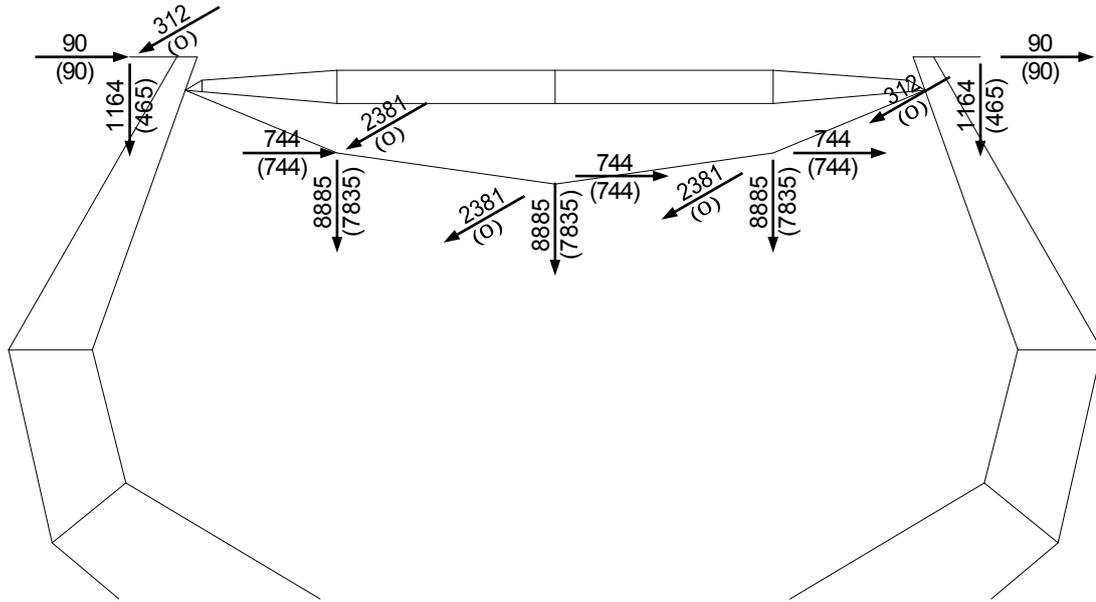
FVI
PPx1.15 (0.87)

HIPÓTESE 9-75
(VENTO DE ALTA INTENSIDADE A 75°)
(CABOS INTACTOS)



PPx1.15 (0.87)

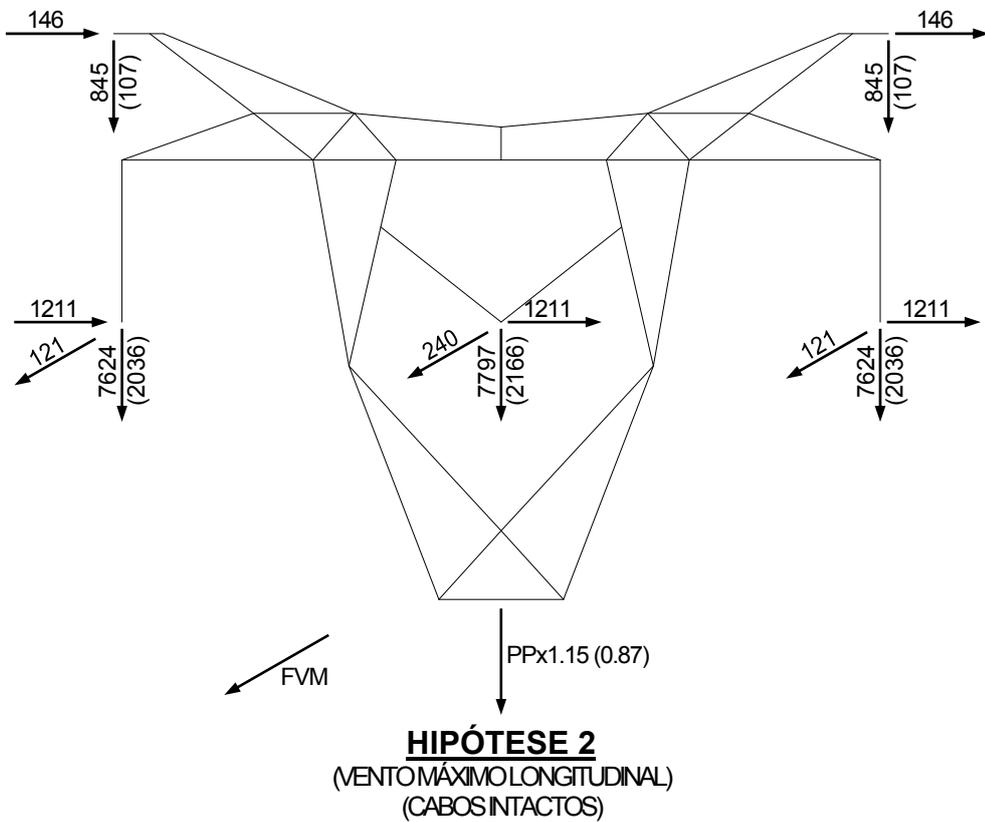
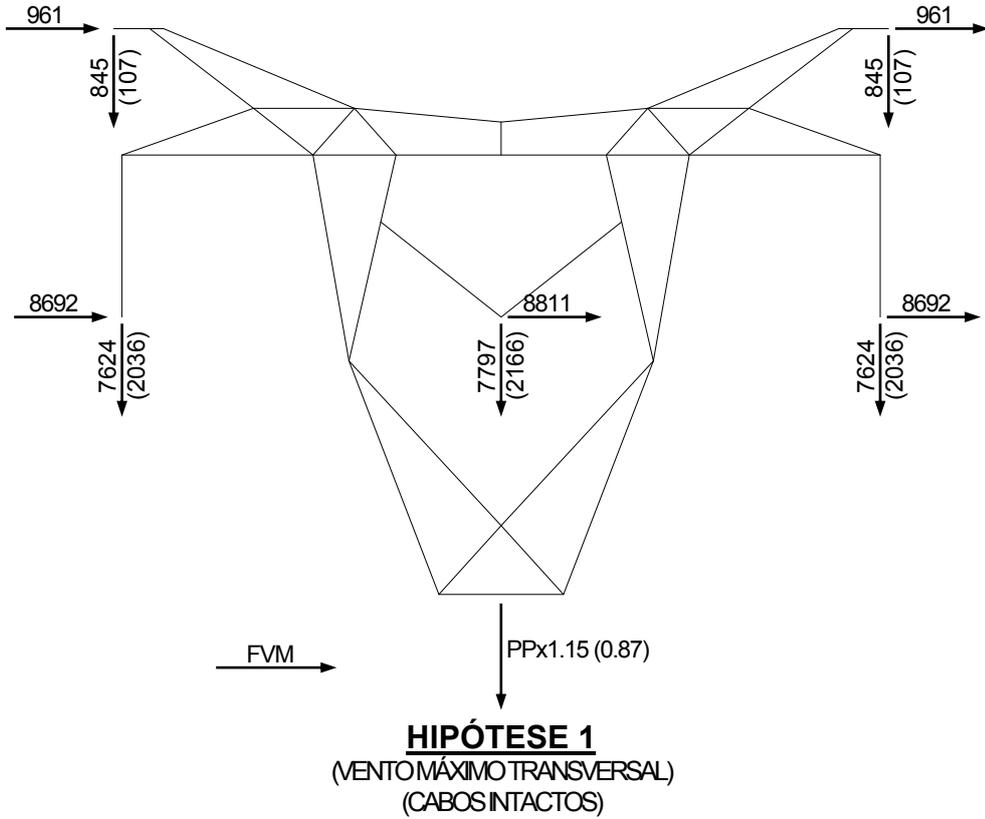
HIPÓTESE 10
(SEM VENTO)
(CONTENÇÃO DE QUEDA EM CASCATA)

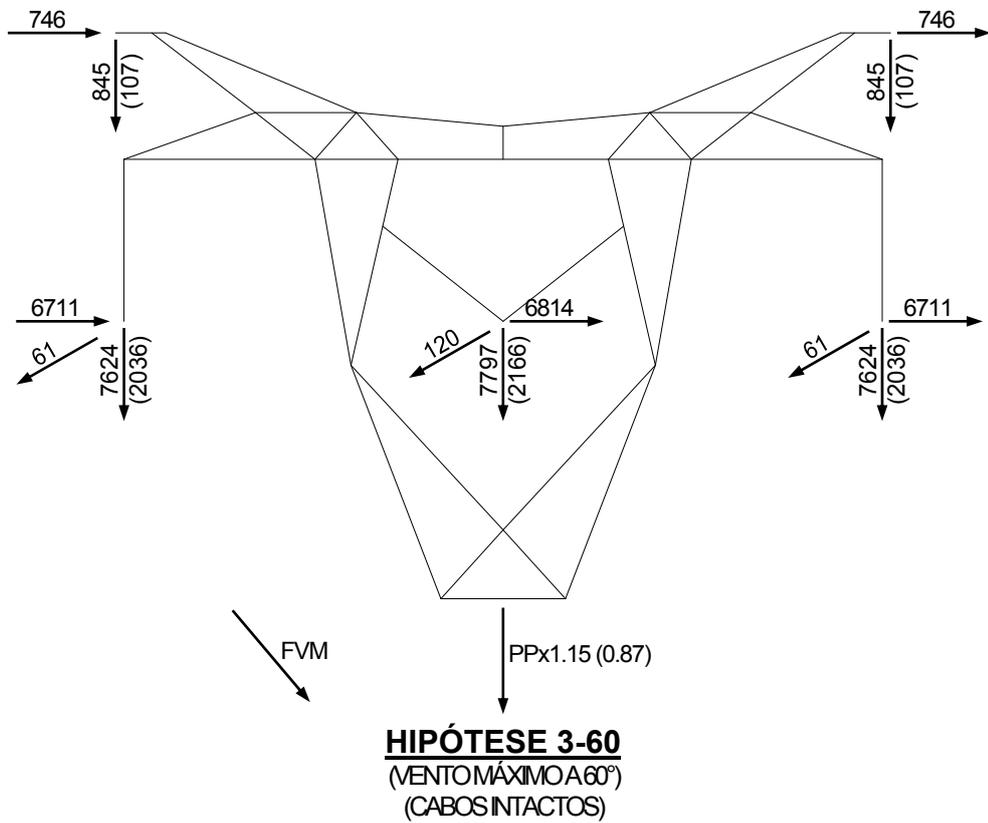
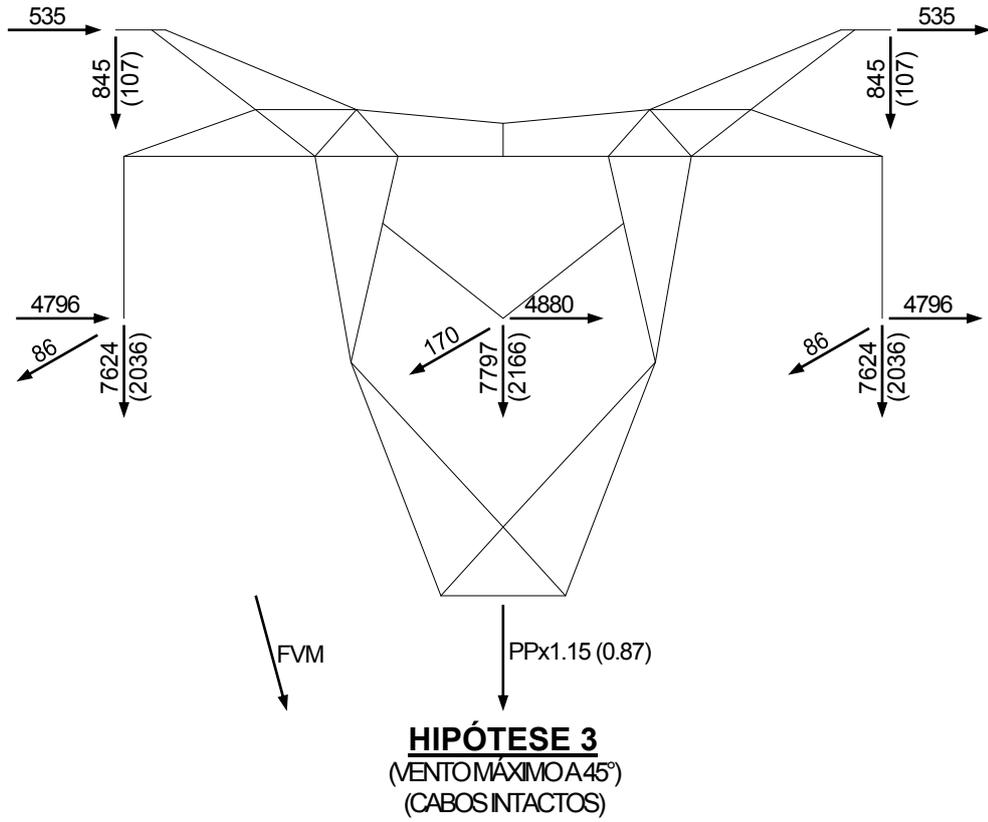


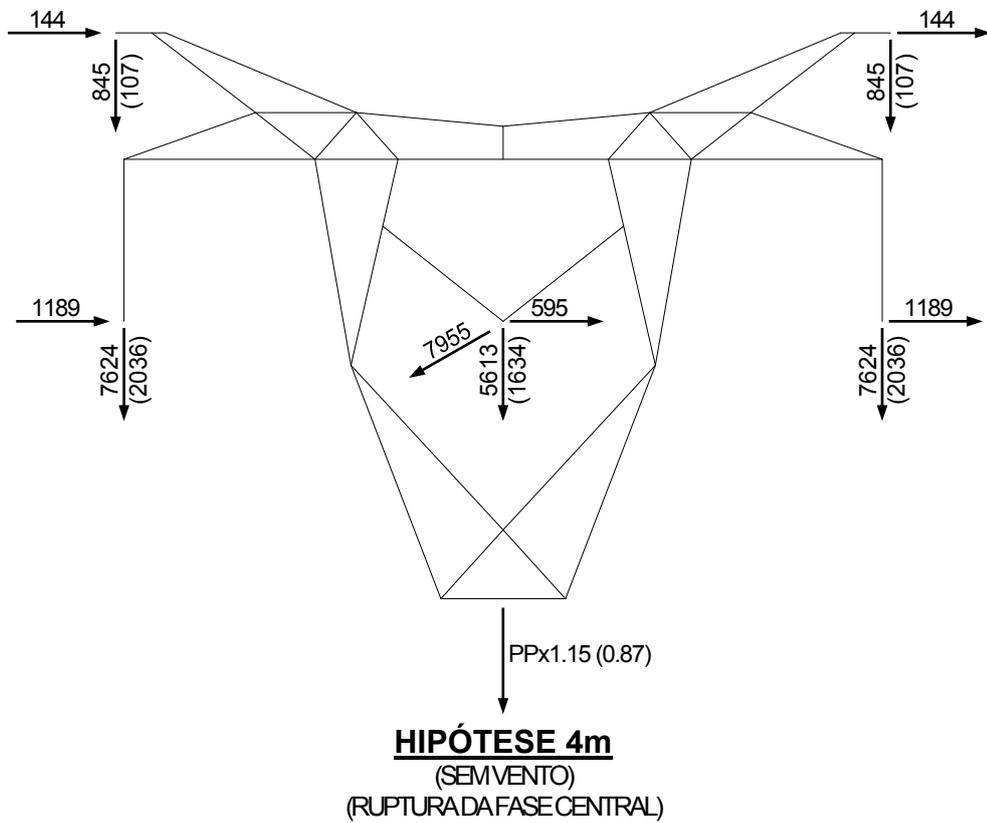
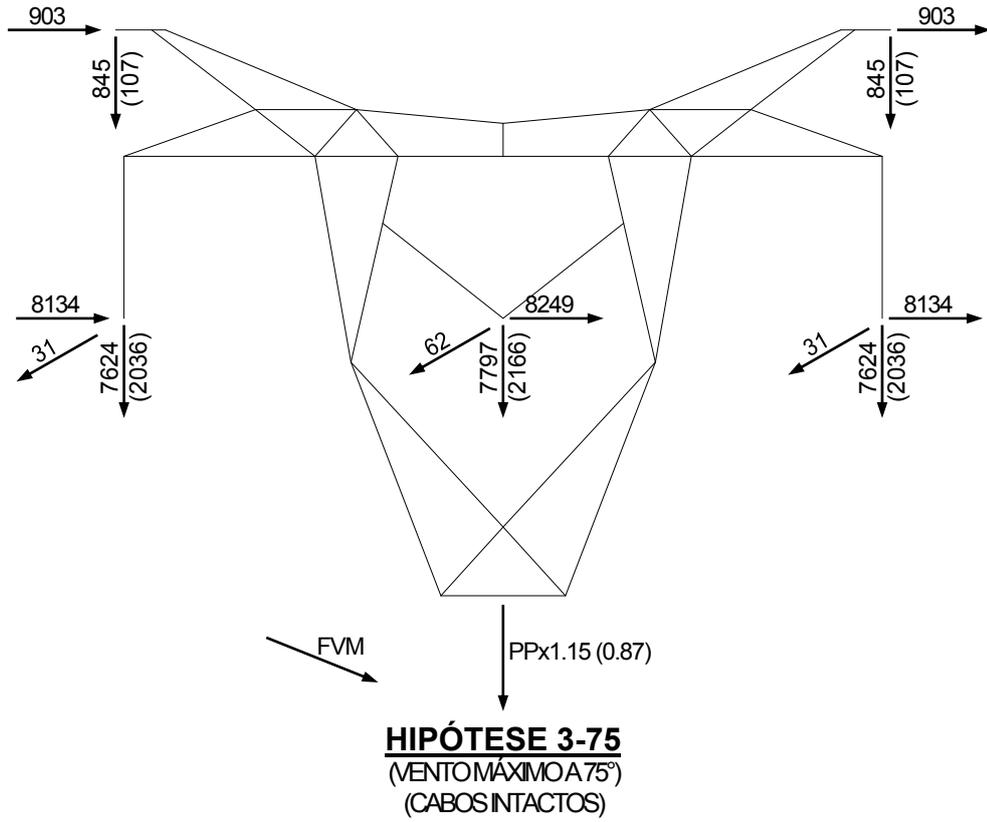
PPx1.5

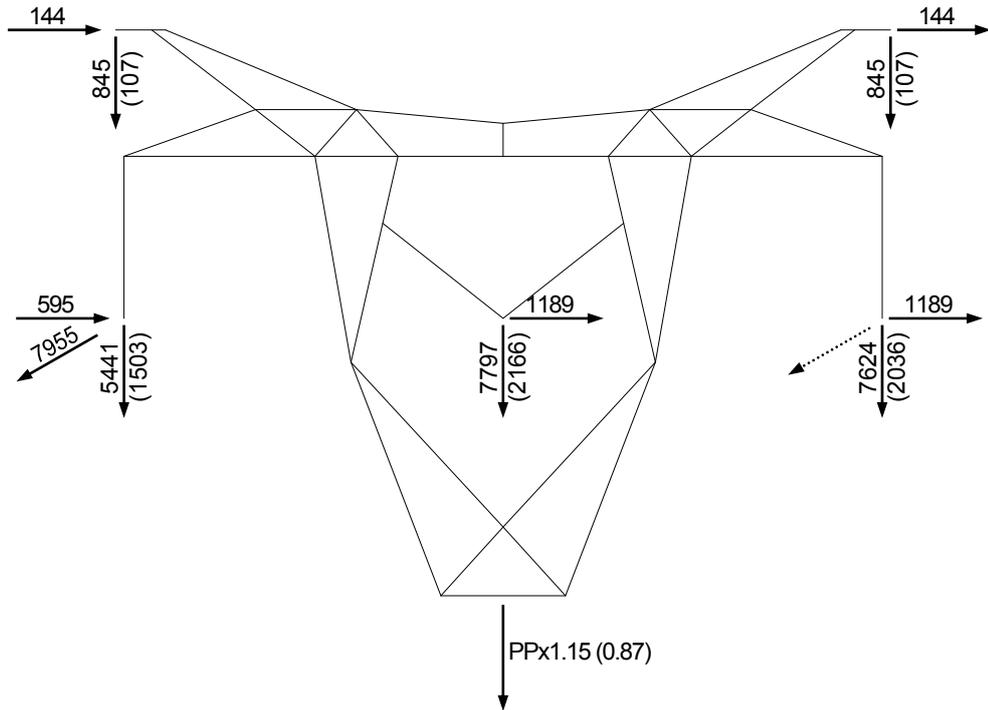
HIPÓTESE 11
(SEM VENTO)
(GRAMPEAMENTO)

5.6.11.3 ESTRUTURA DE SUSPENSÃO TIPO V1SP

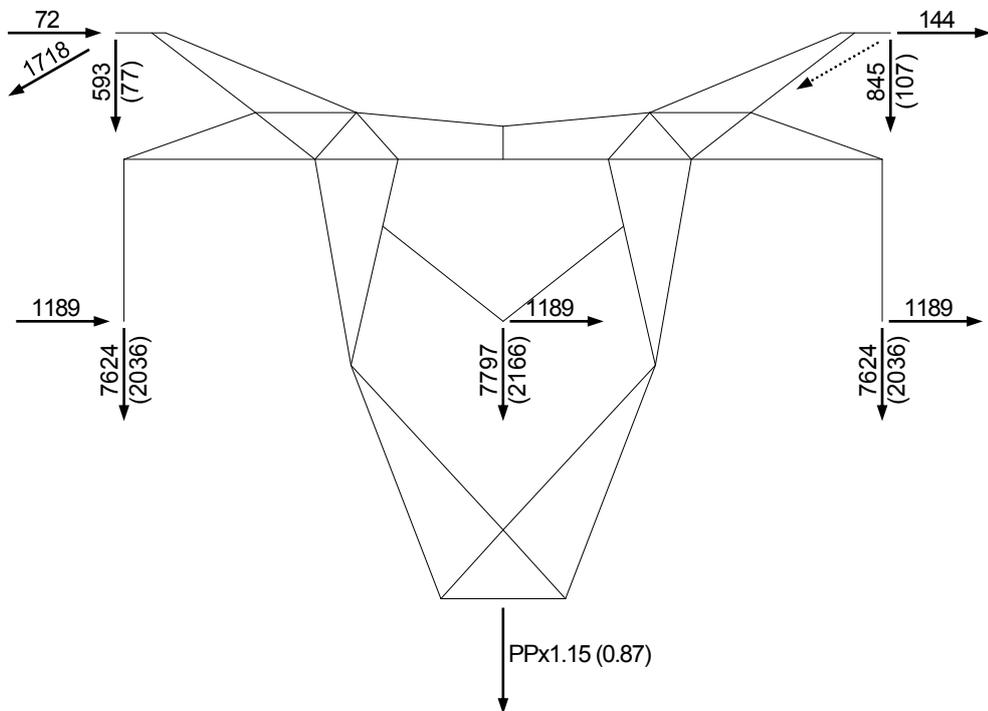




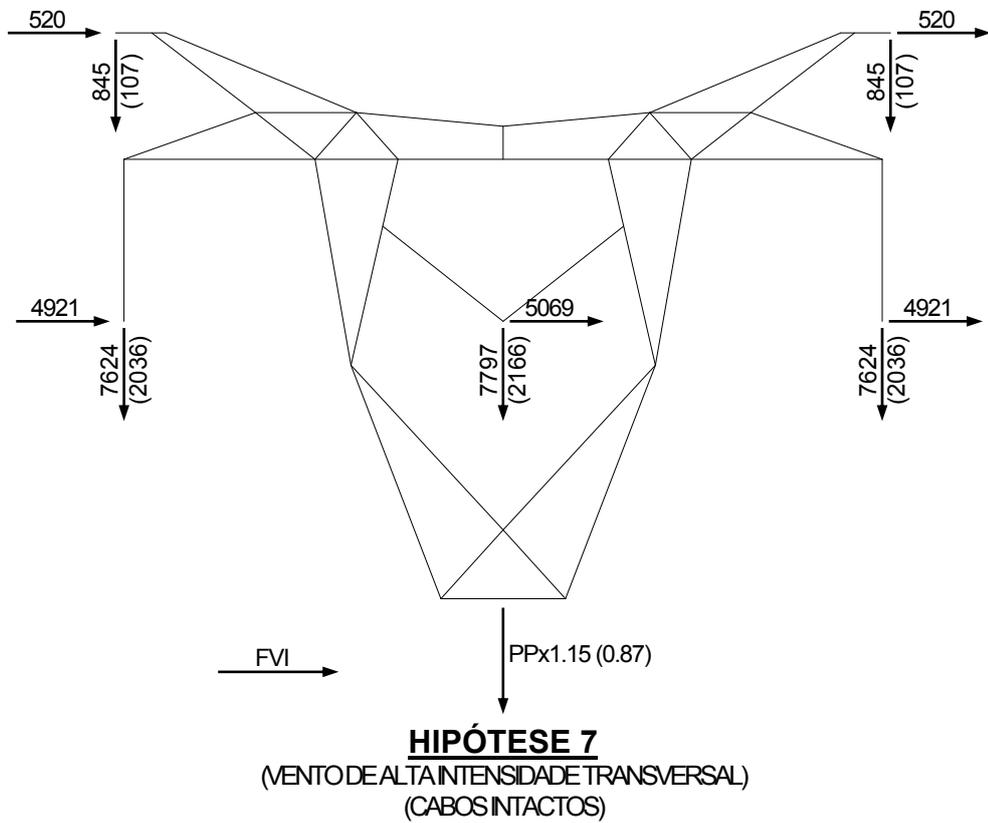
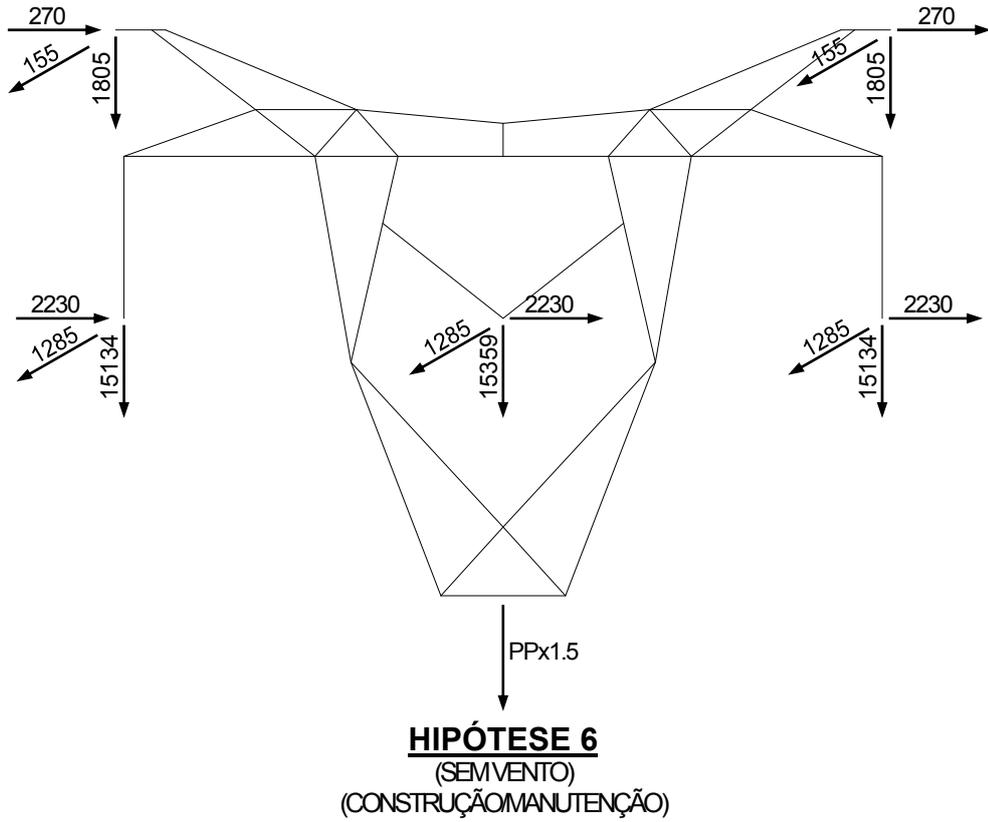


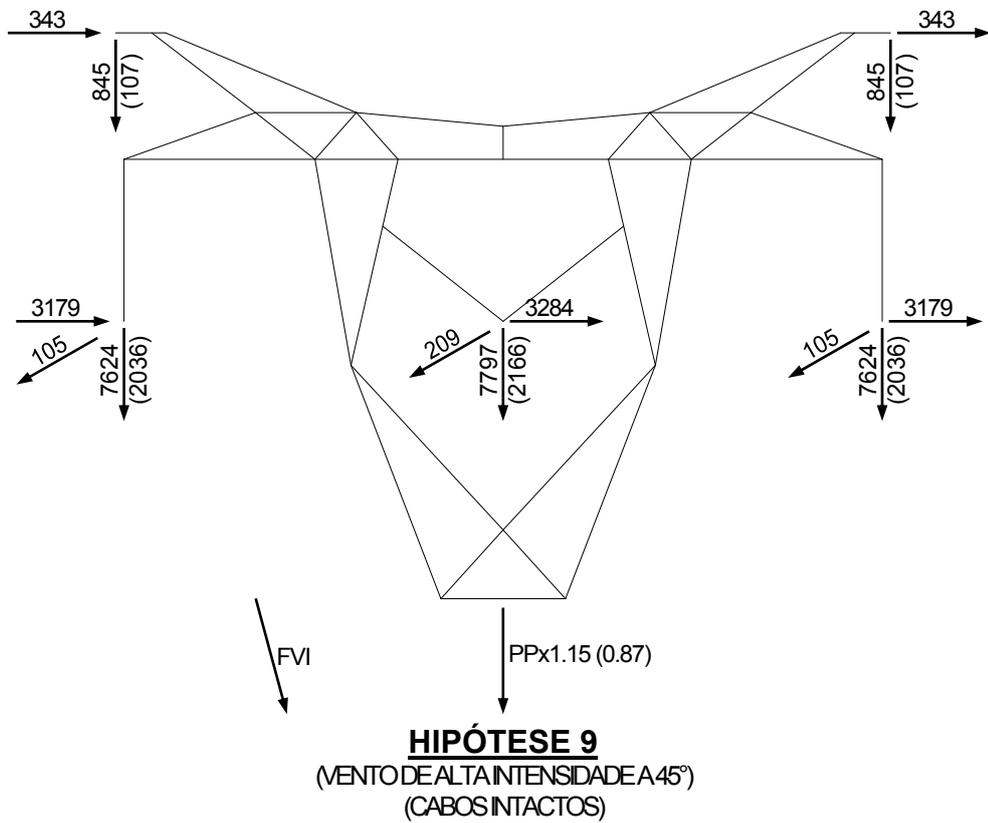
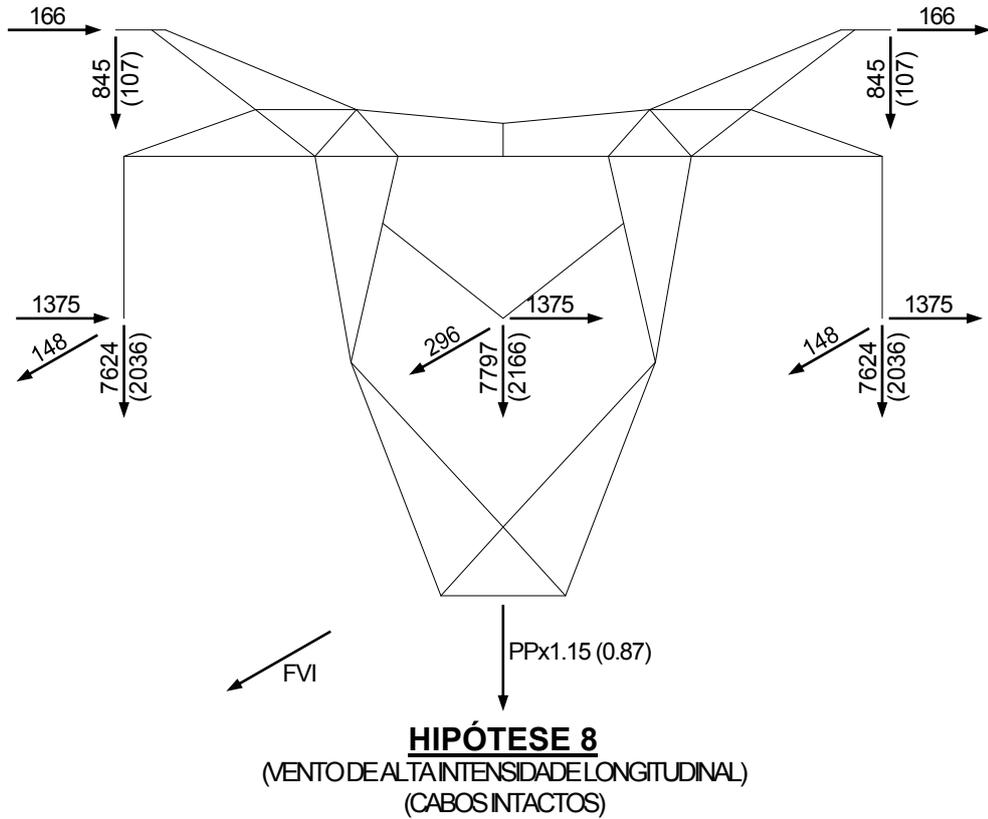


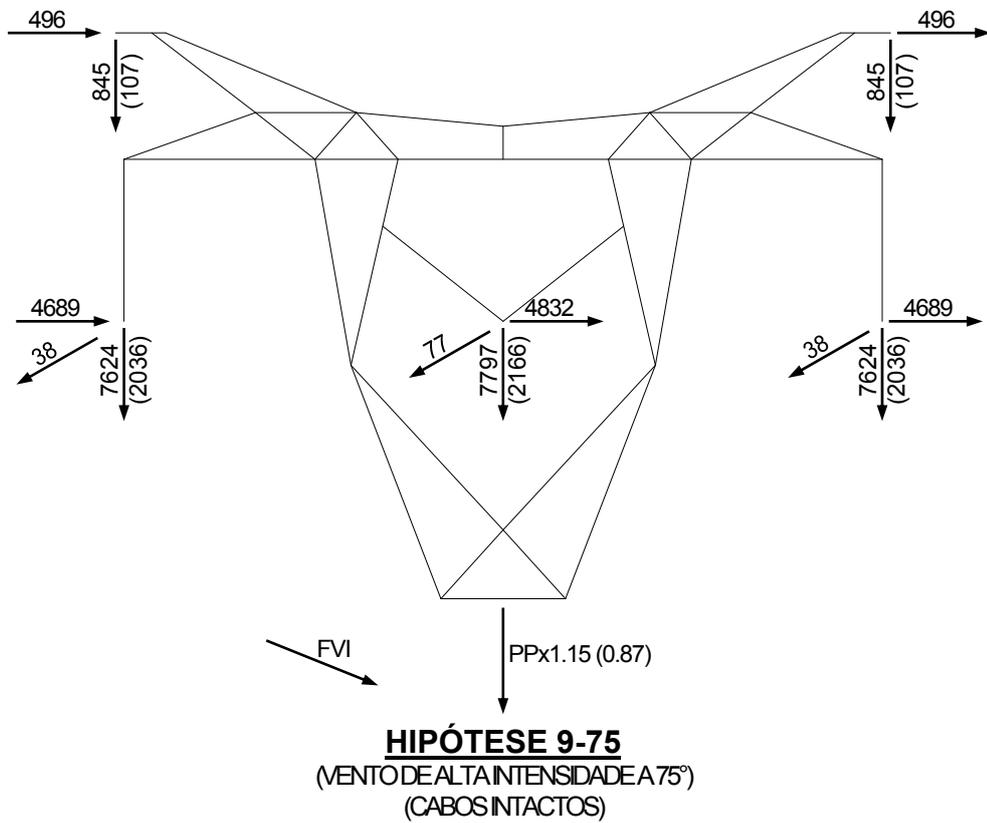
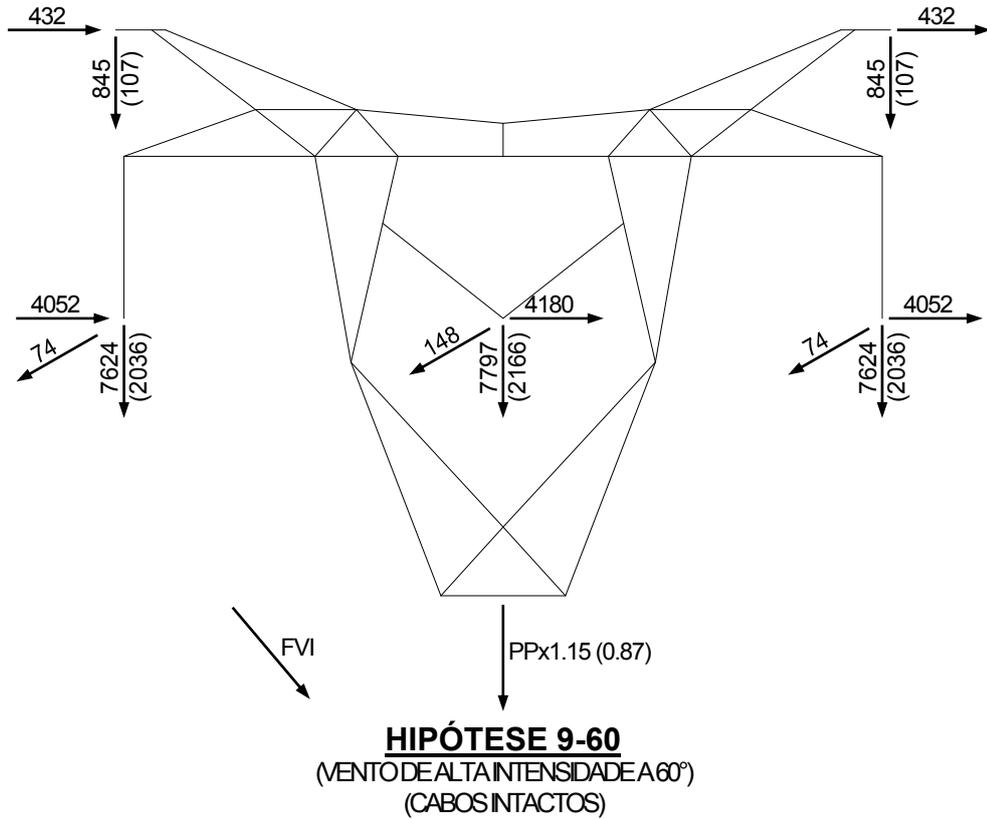
HIPÓTESE 4e e 4d
(SEM VENTO)
(RUPTURA DE UMA FASE LATERAL)

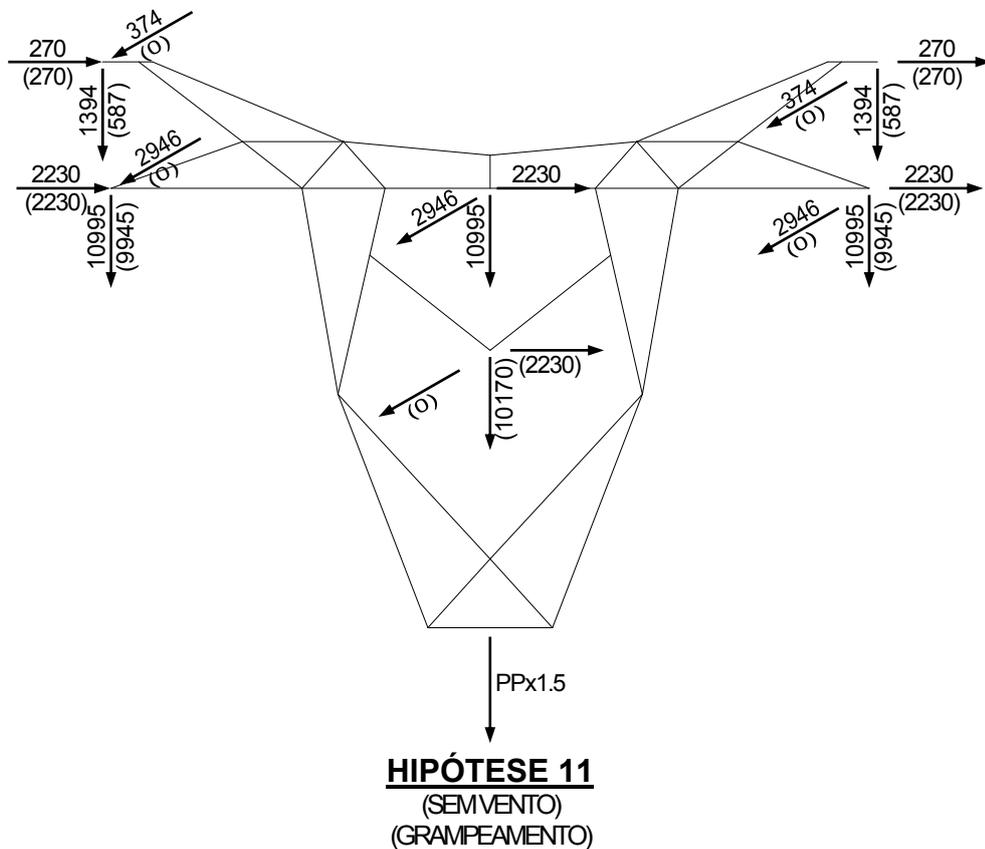
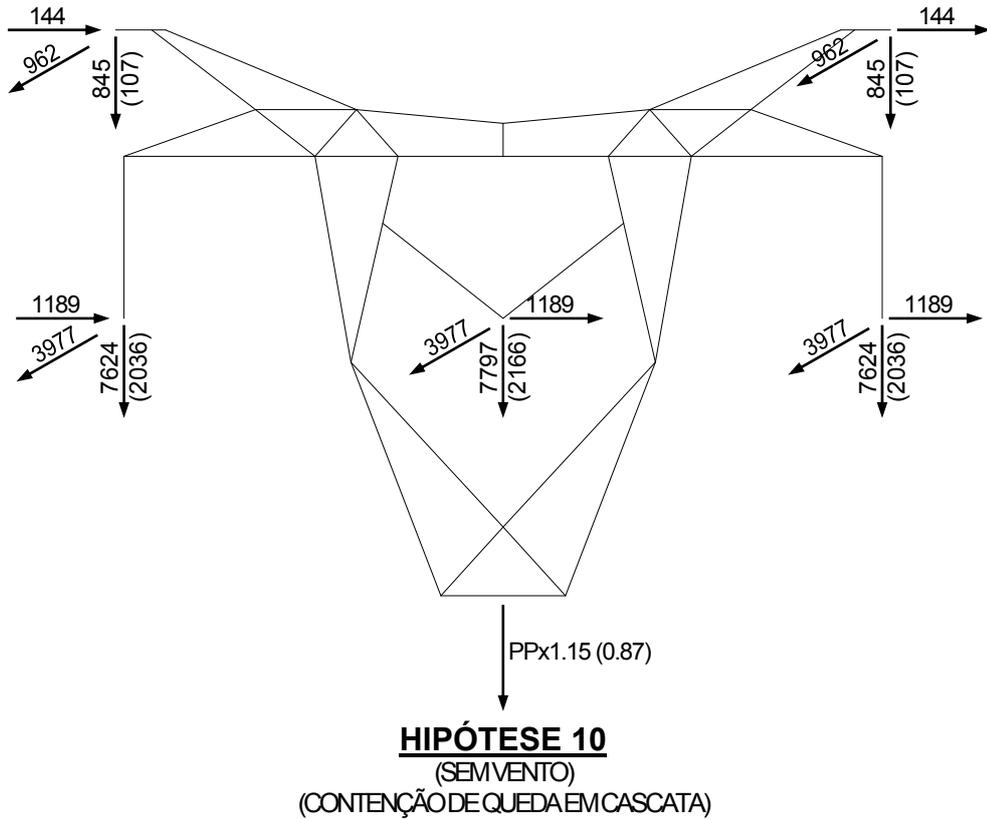


HIPÓTESE 5
(SEM VENTO)
(RUPTURA DE UM PÁRA-RAIOS)

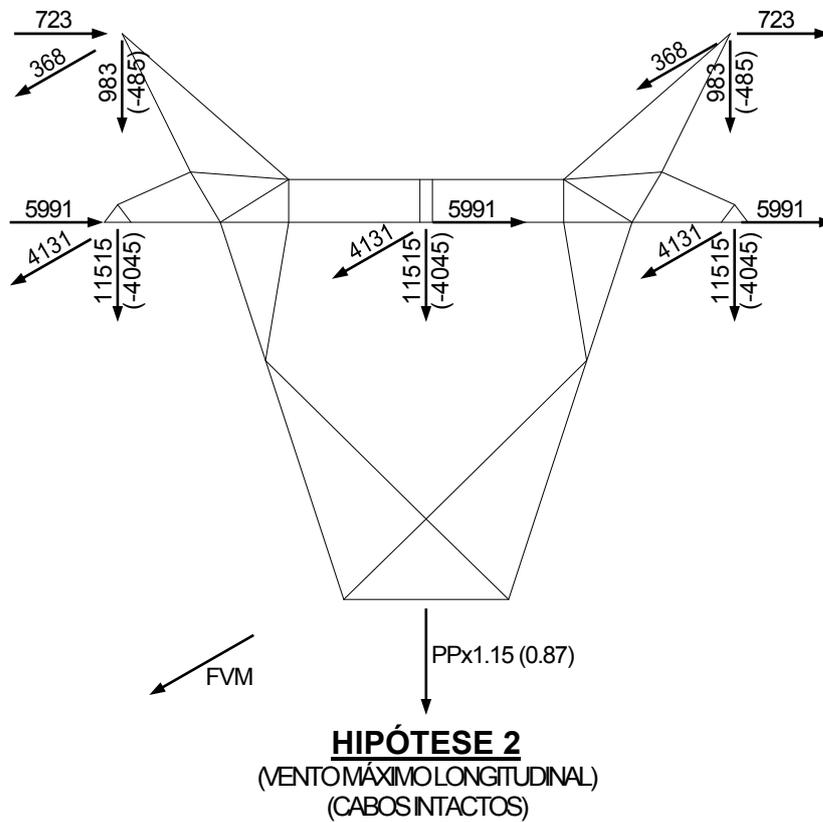
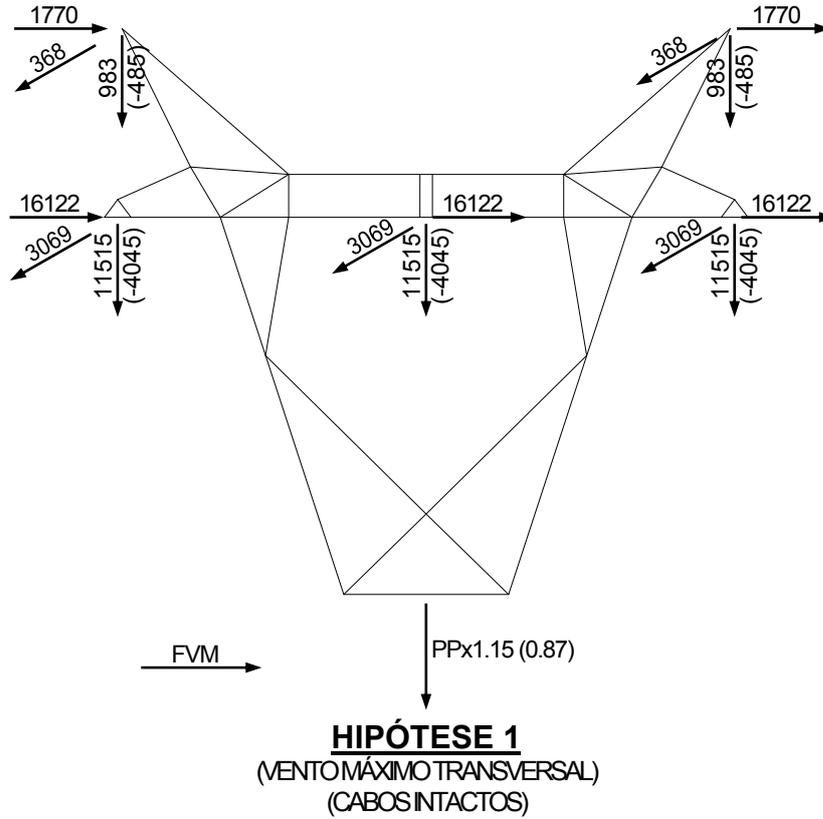


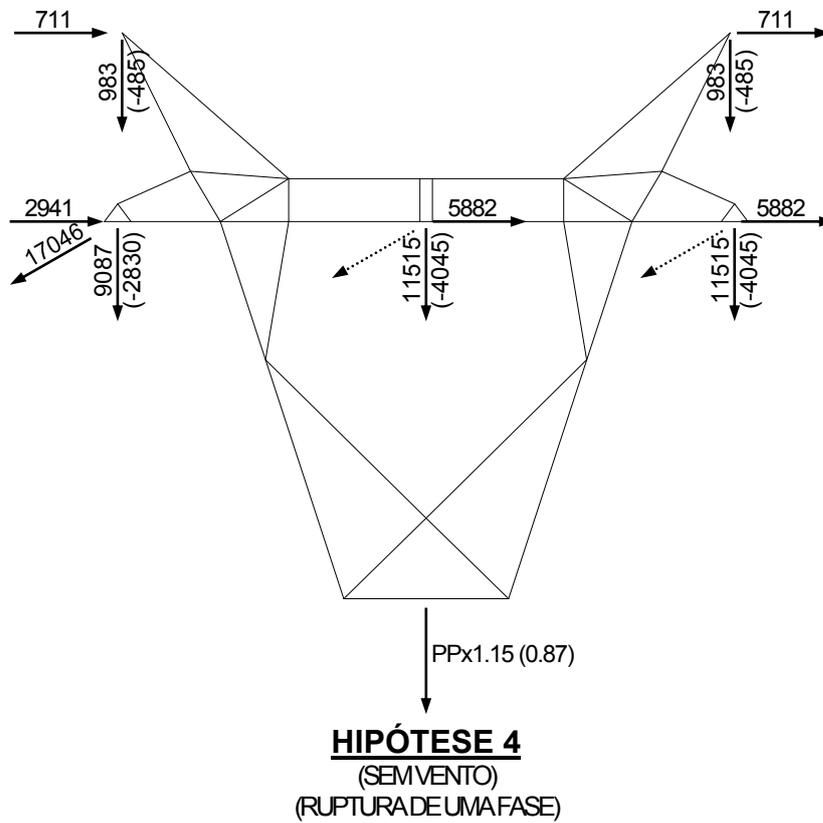
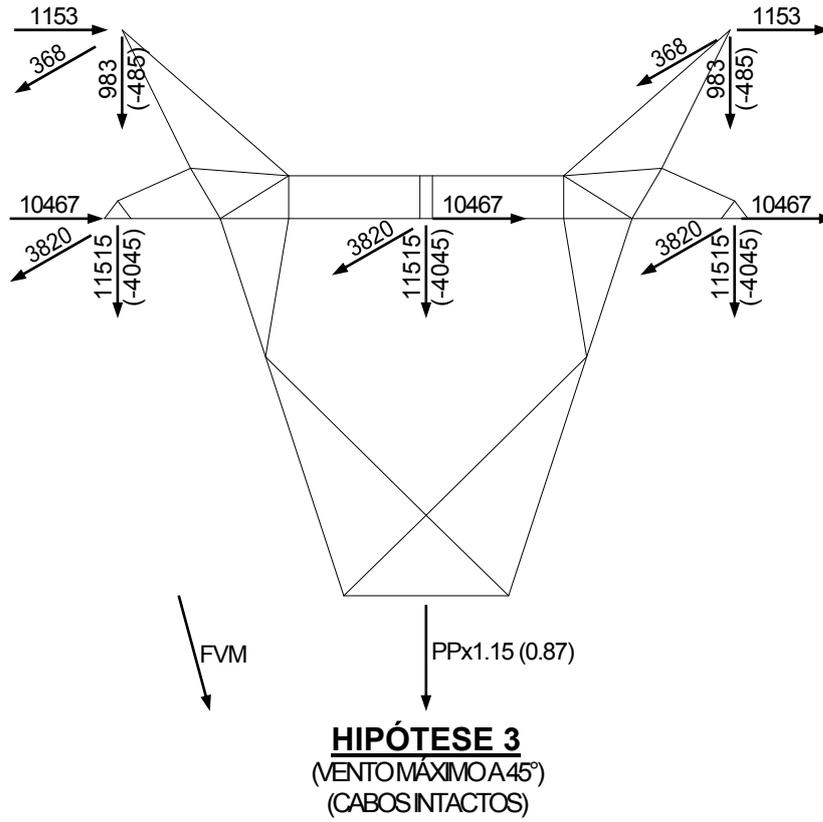


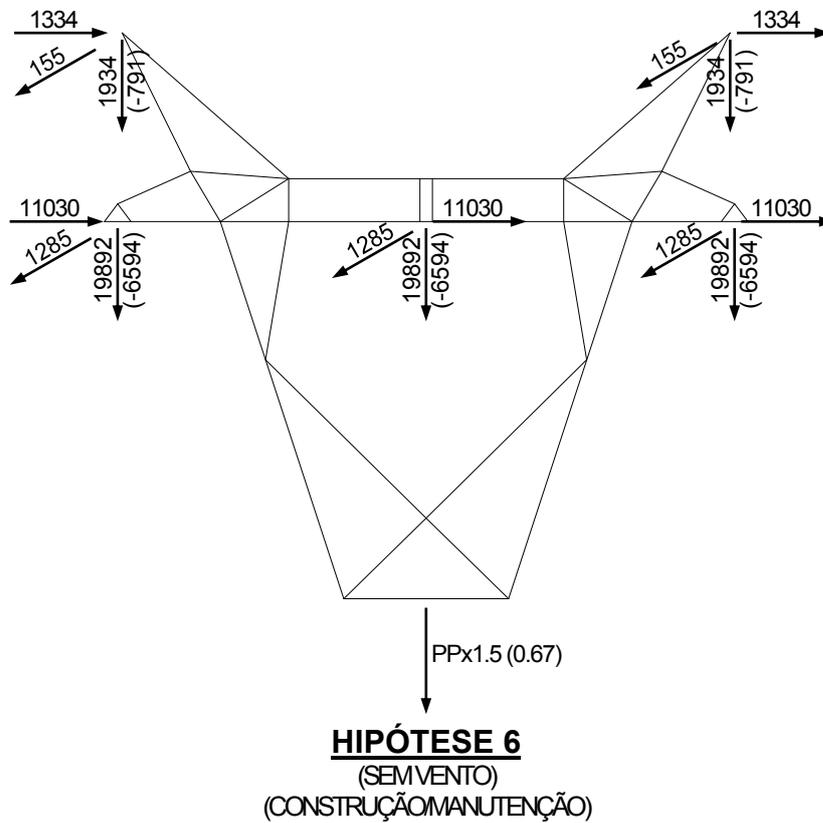
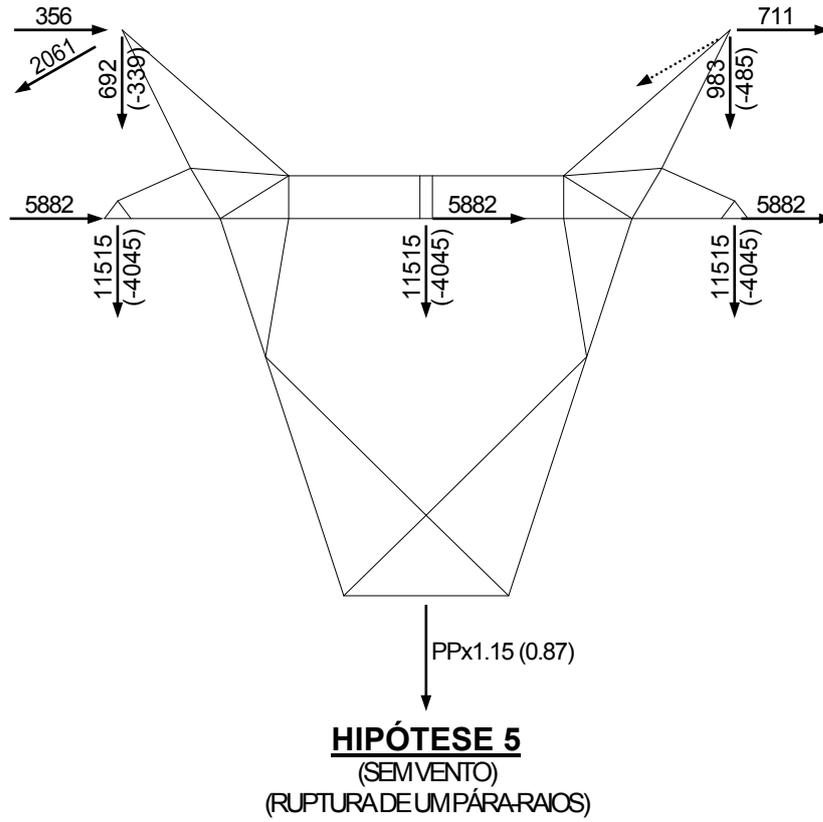


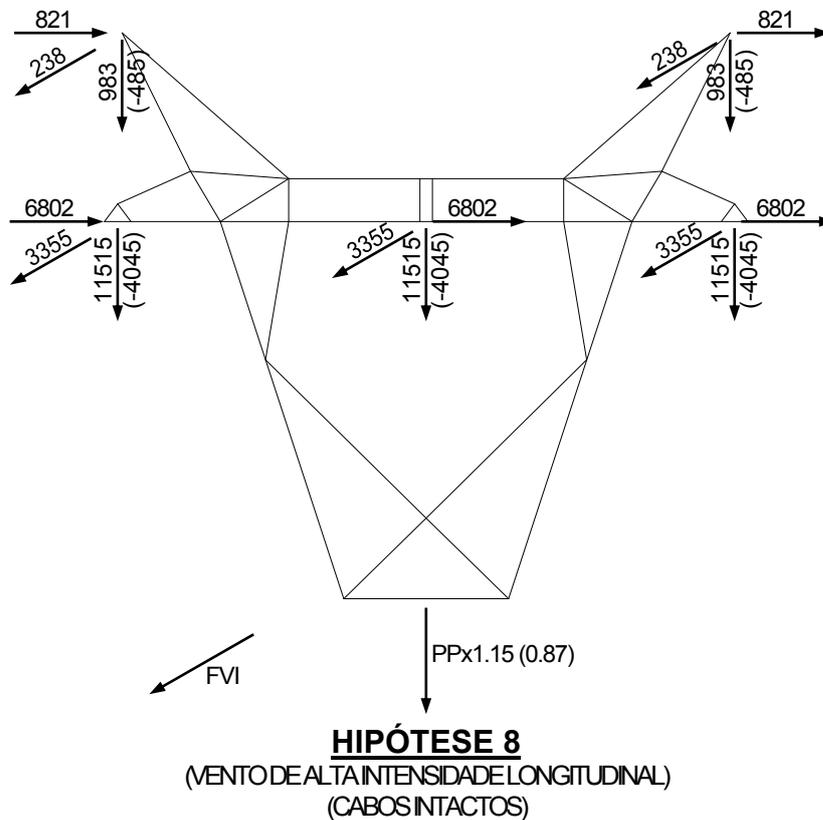
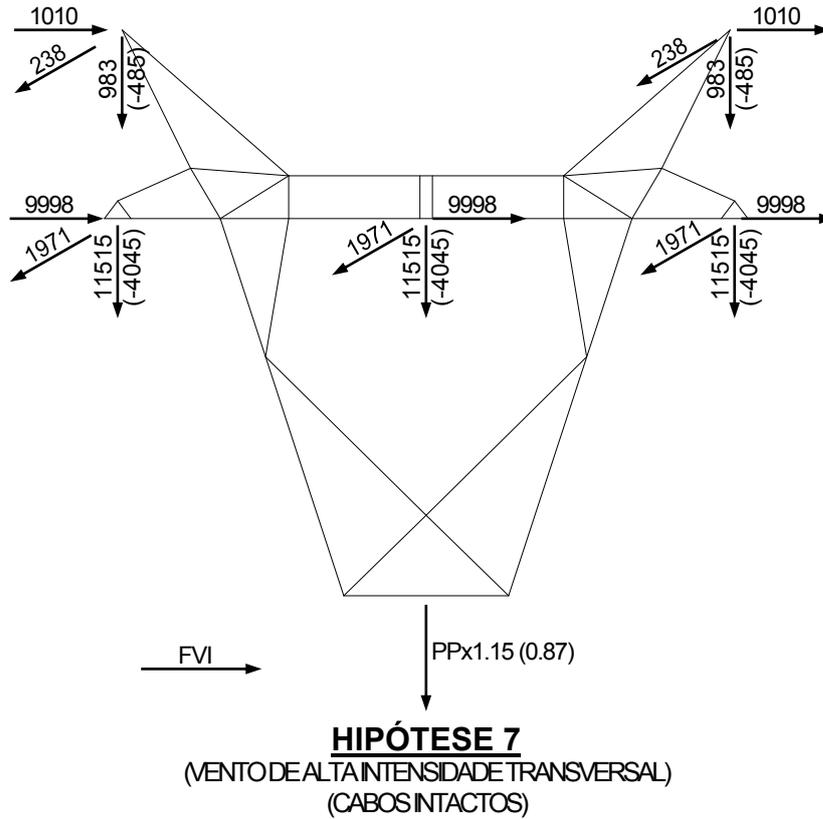


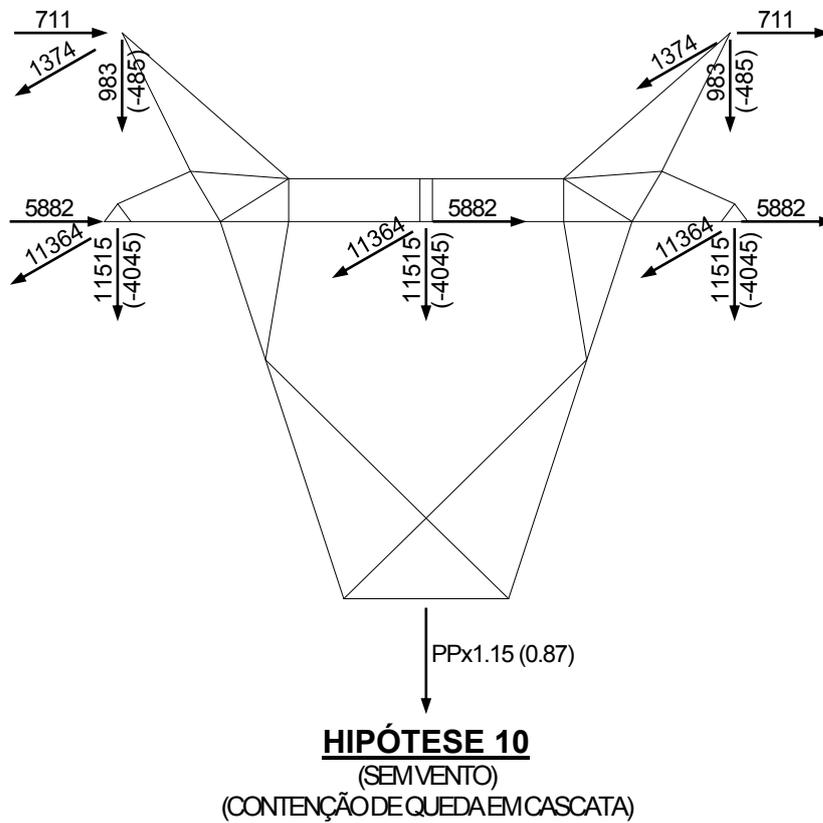
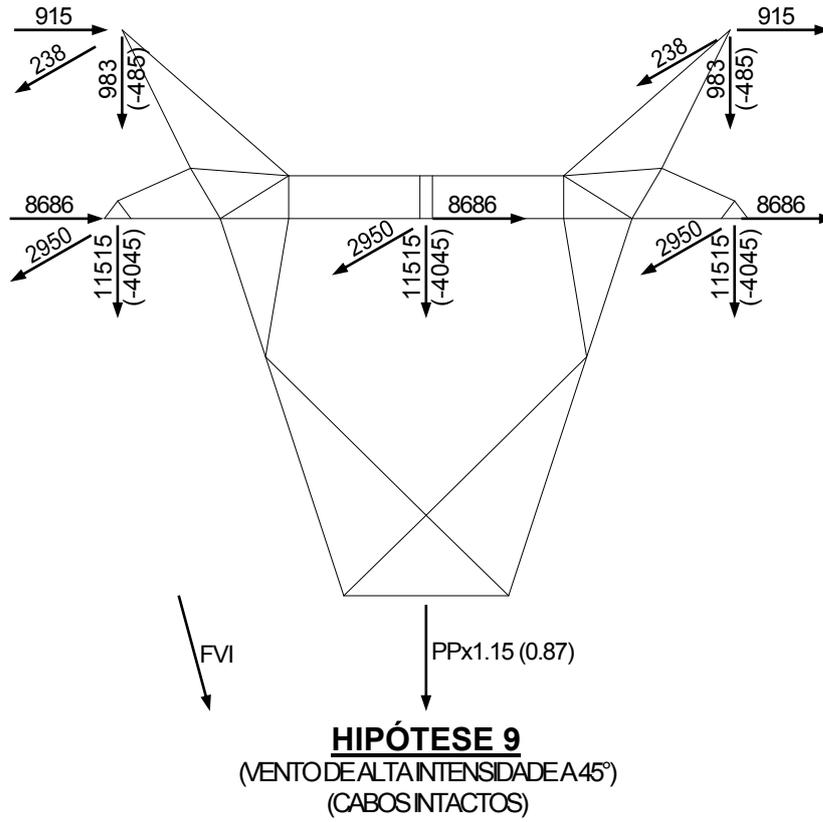
5.6.11.4 ESTRUTURA DE ANCORAGEM MEIO DE LINHA MÉDIA TIPO V1AA

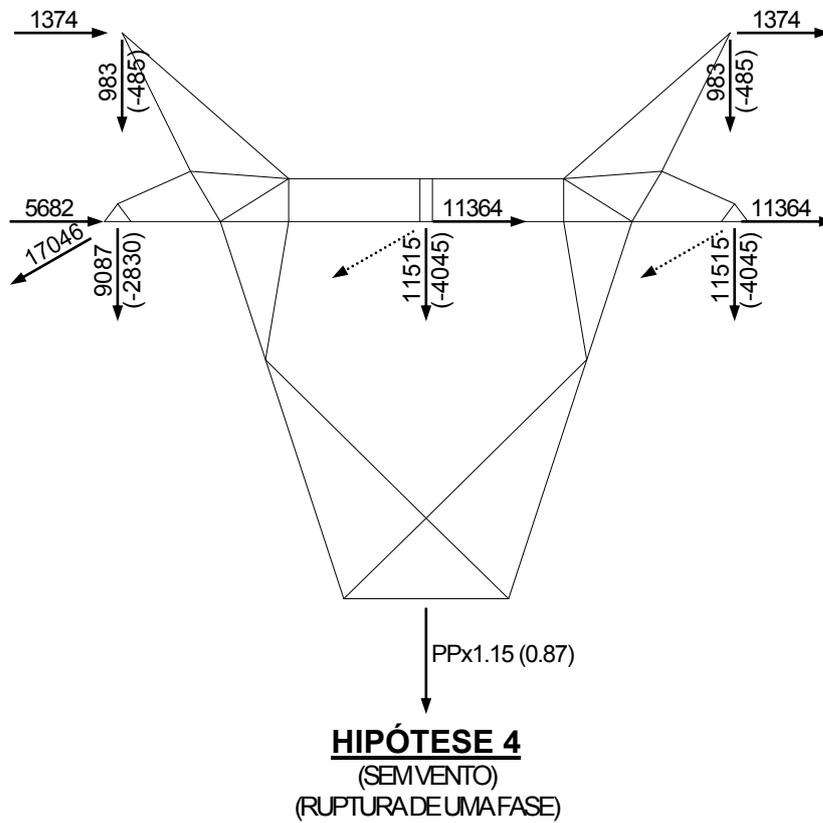
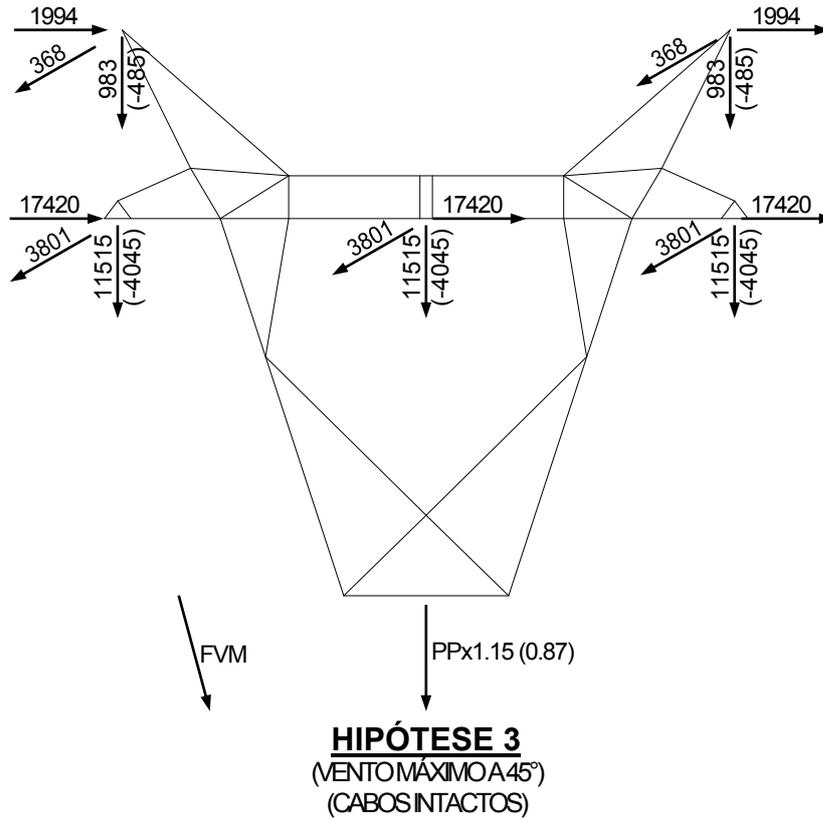


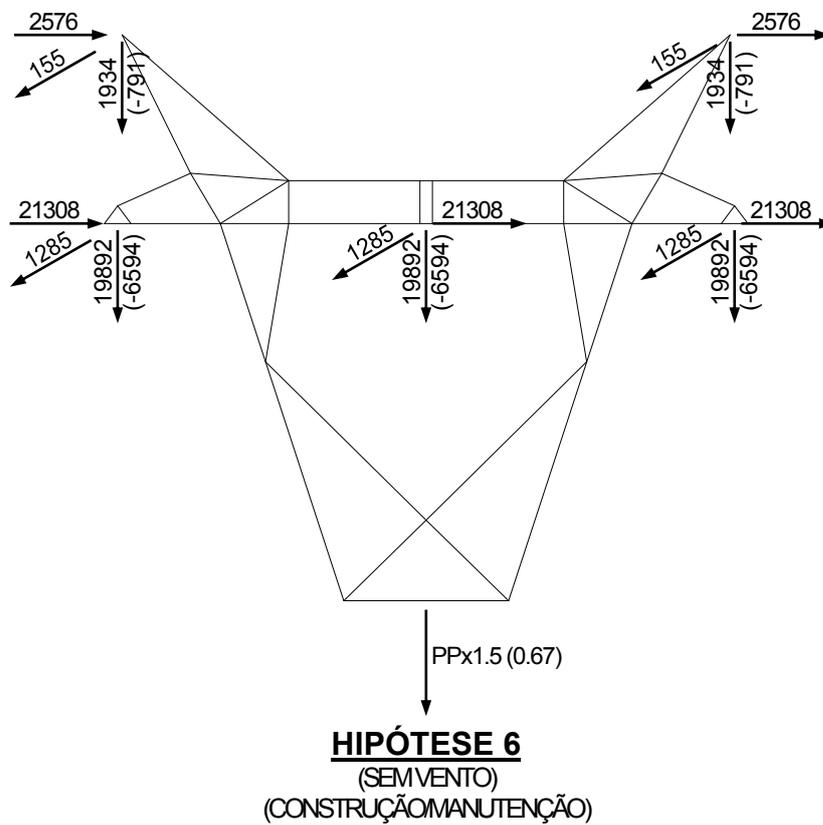
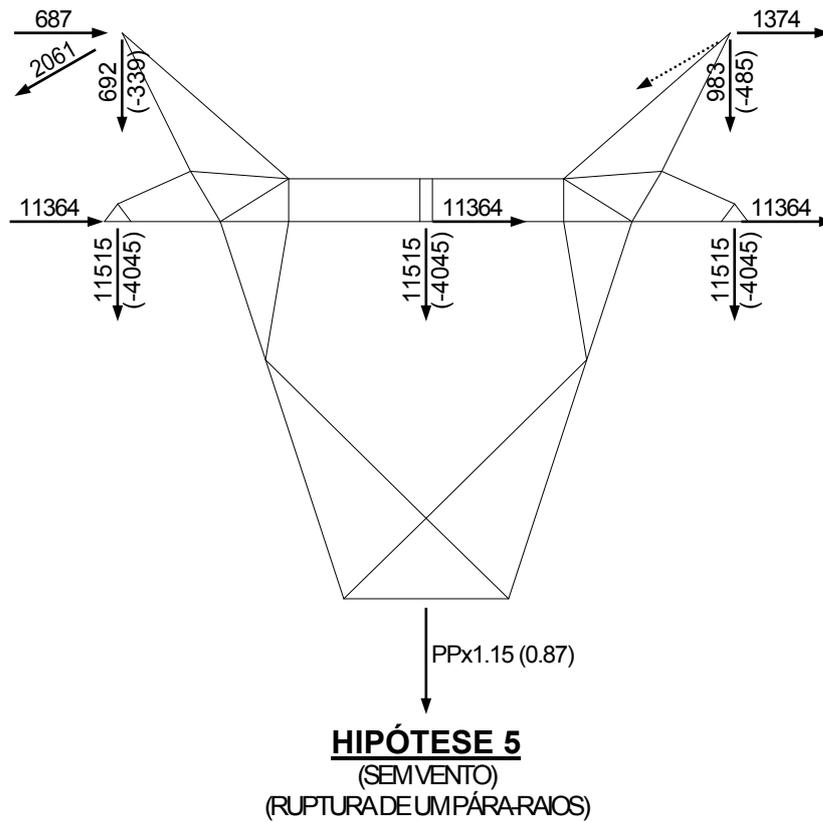


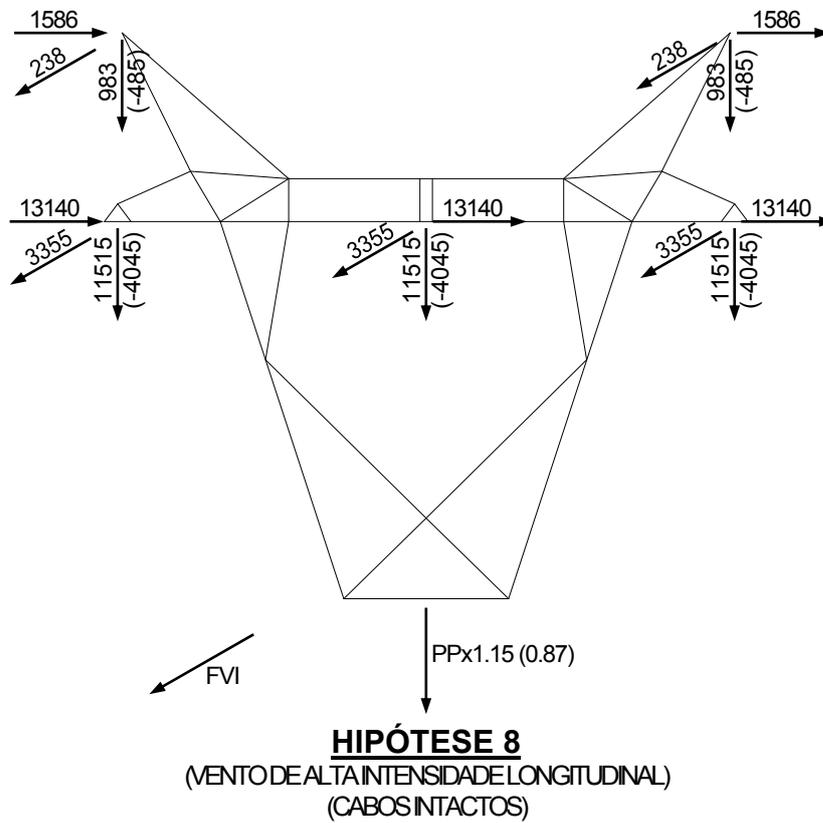
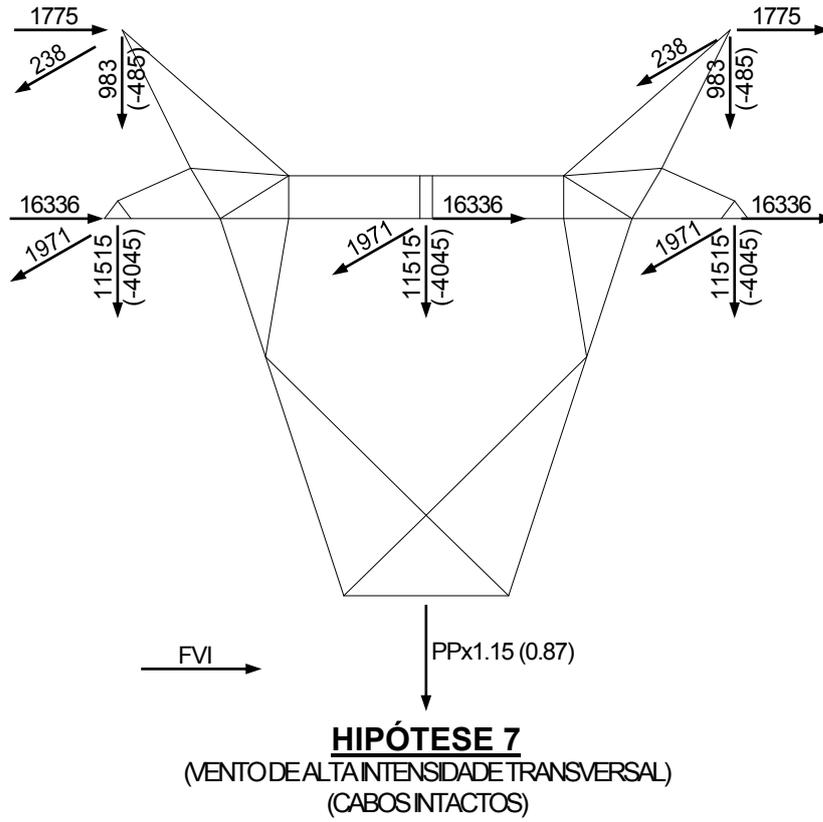


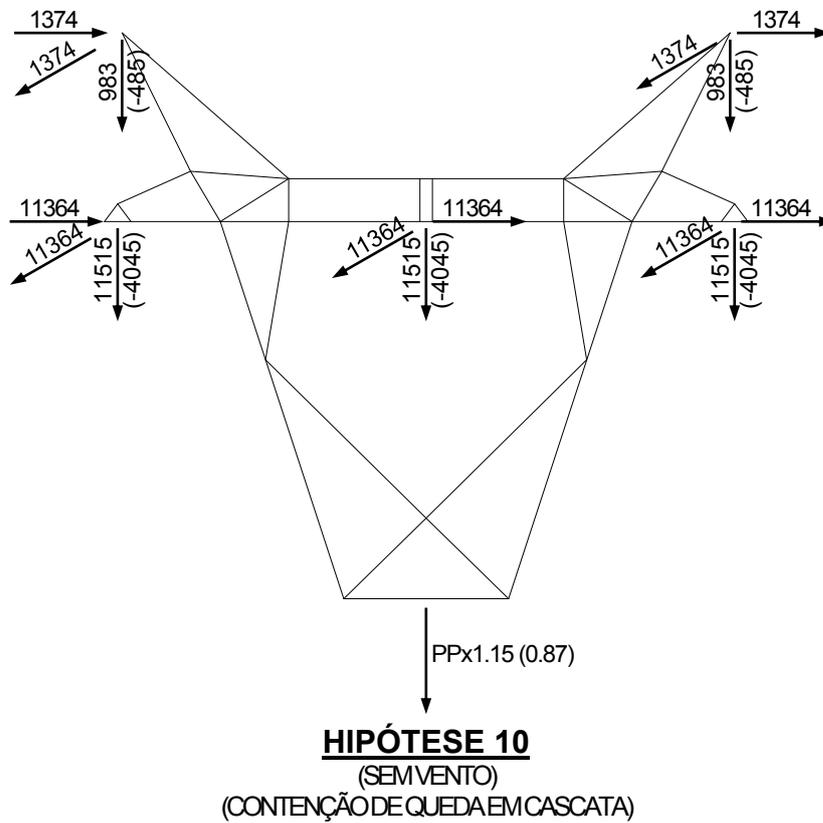
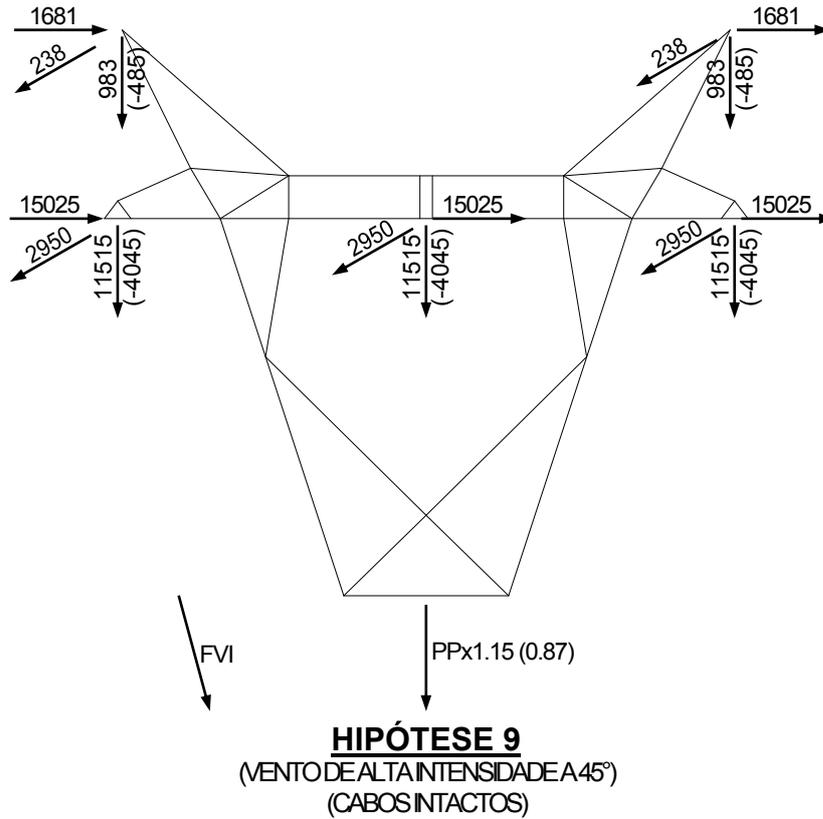




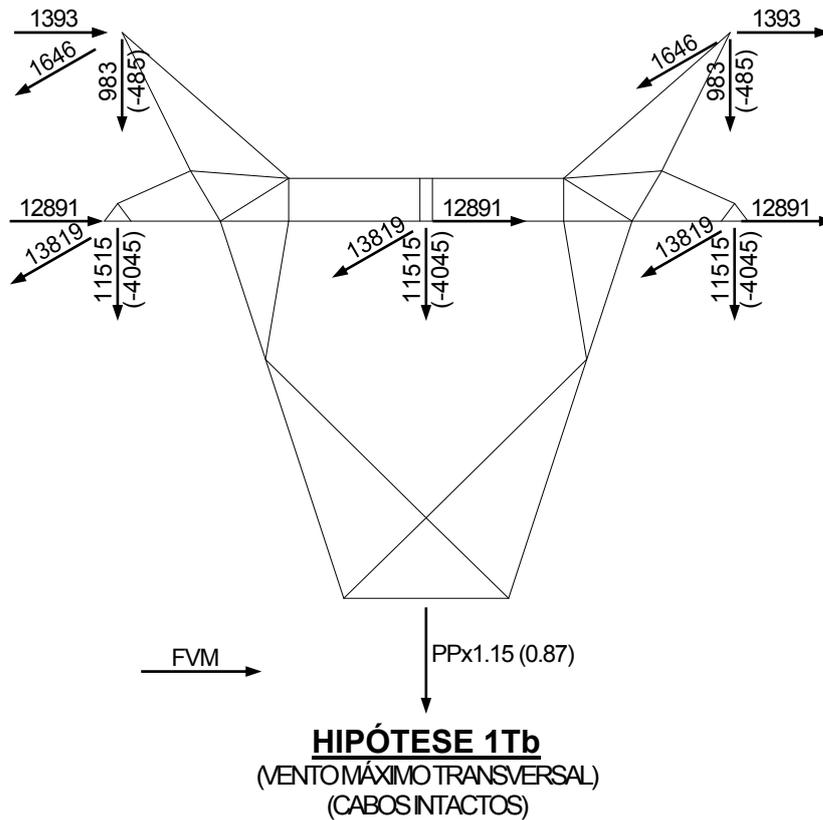
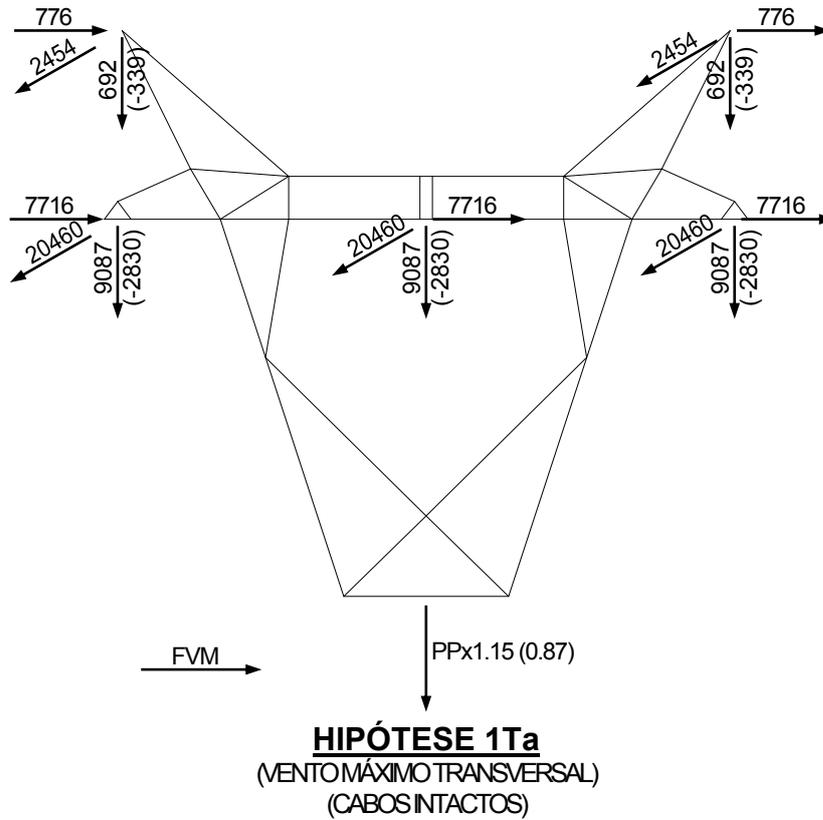


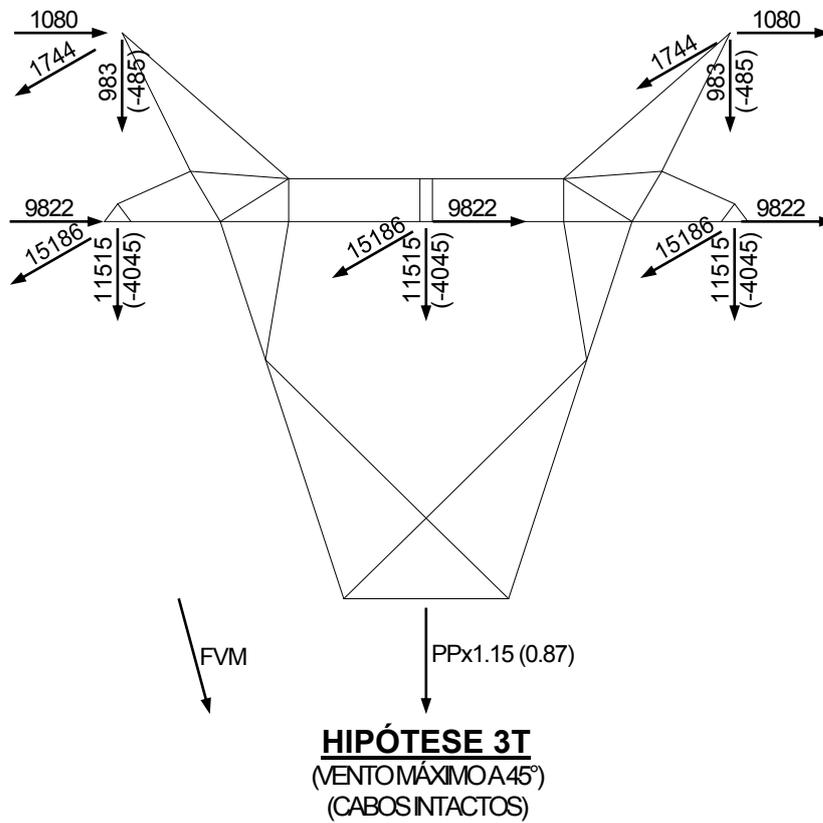
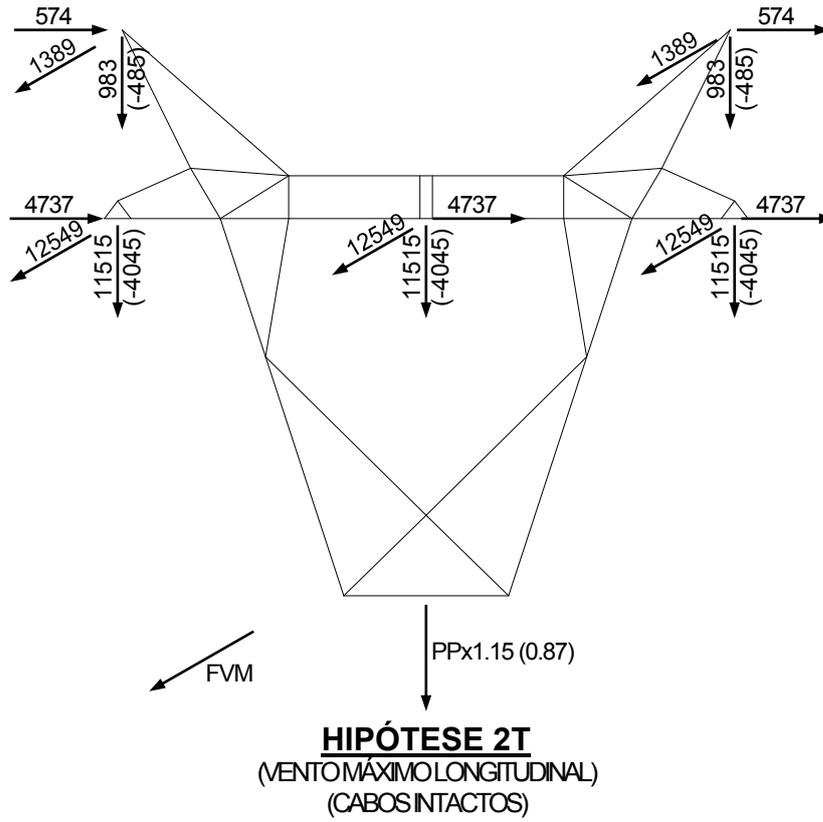


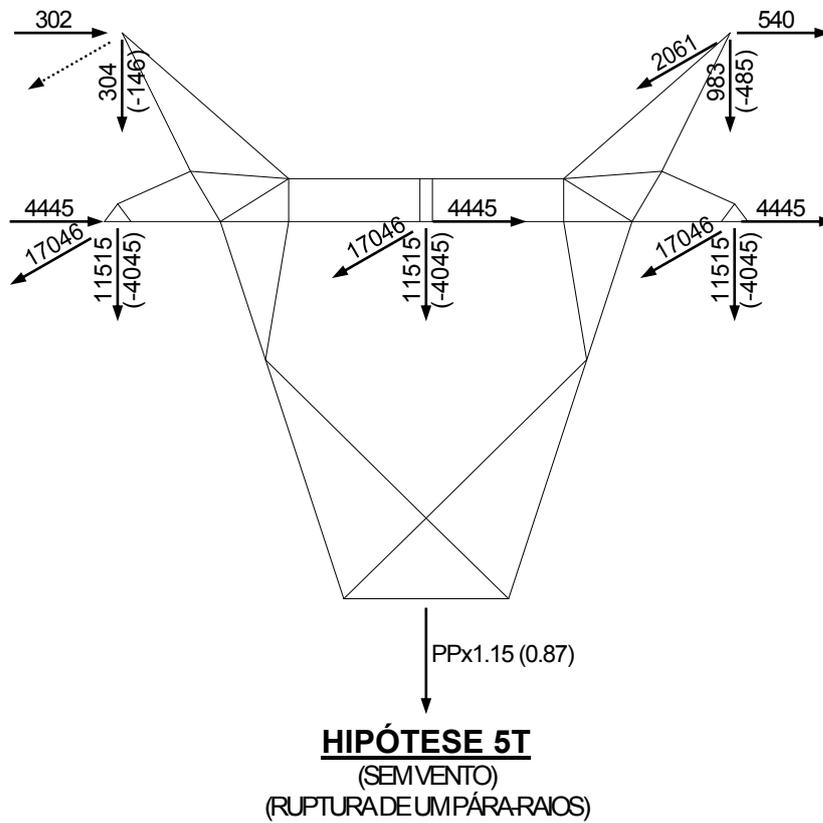
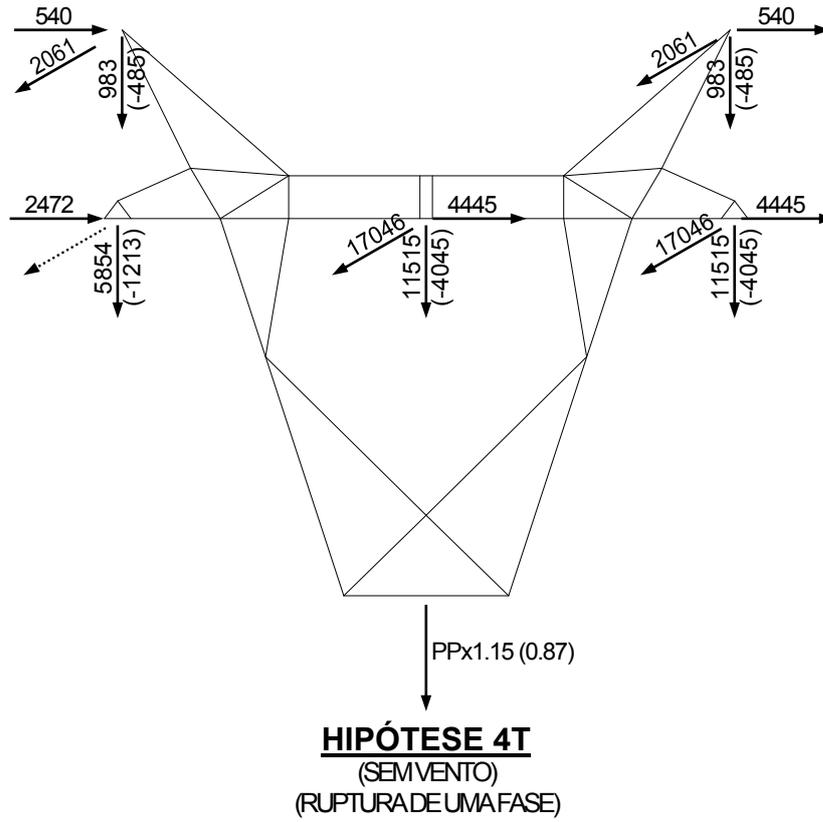


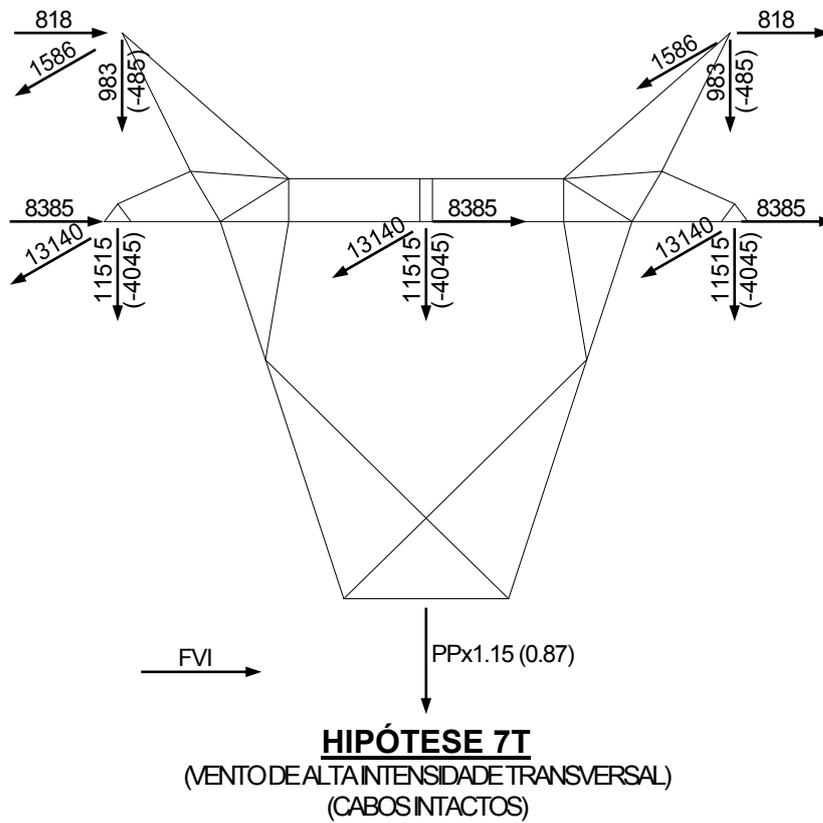
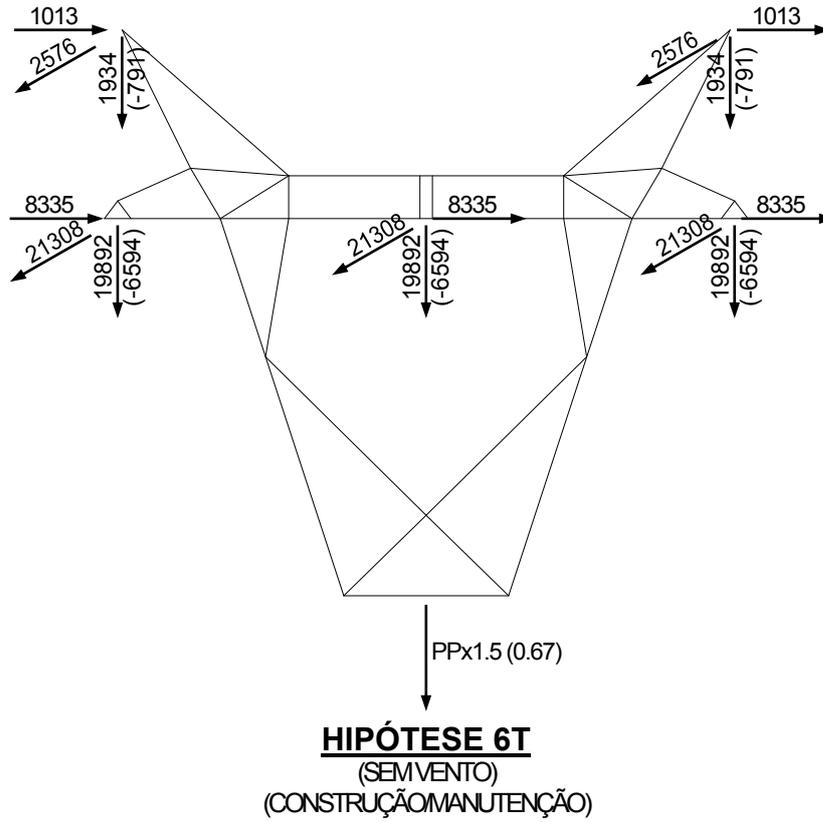


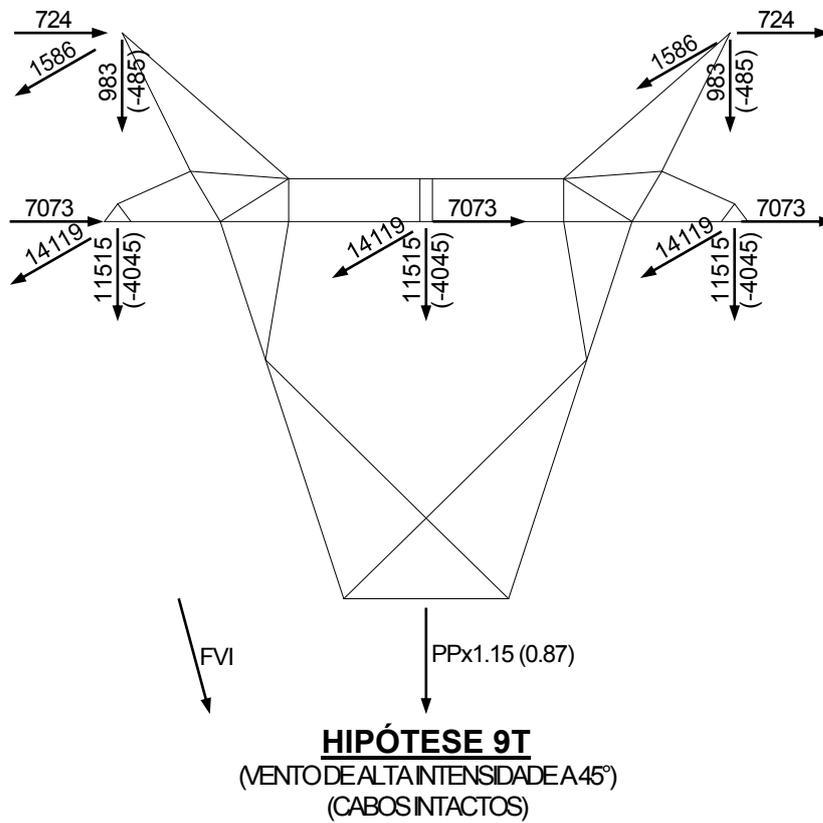
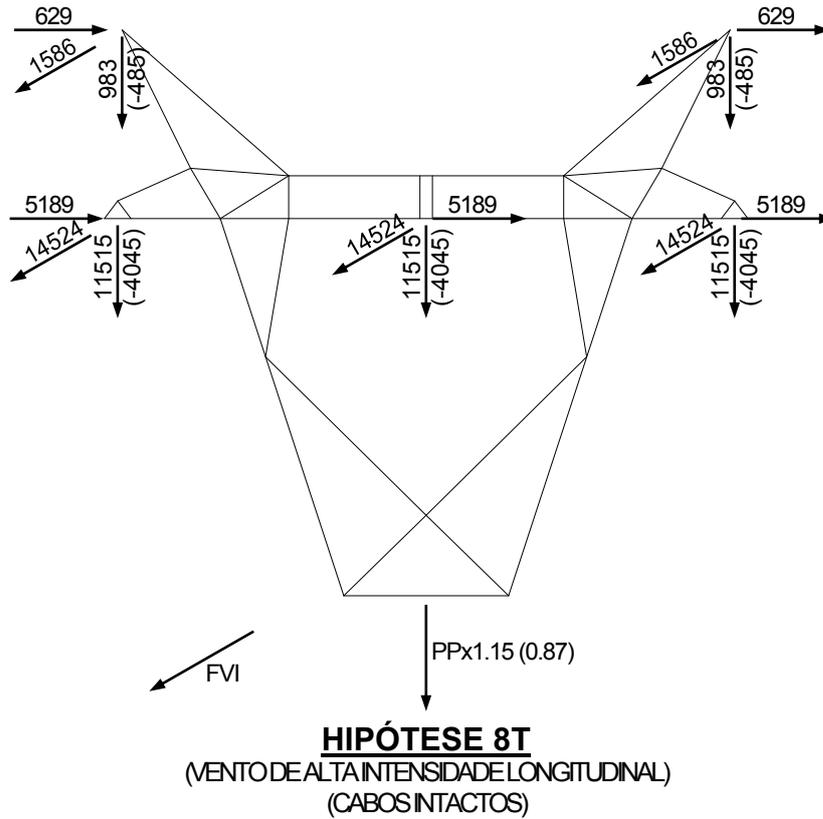
5.6.11.6 ESTRUTURA DE ANCORAGEM FIM DE LINHA TIPO V1AT



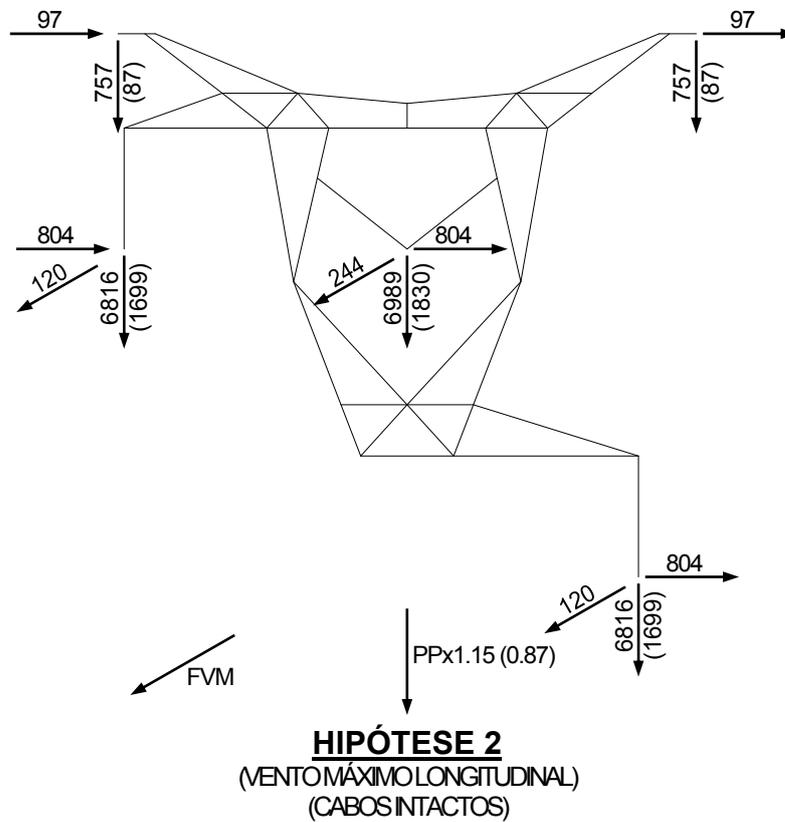
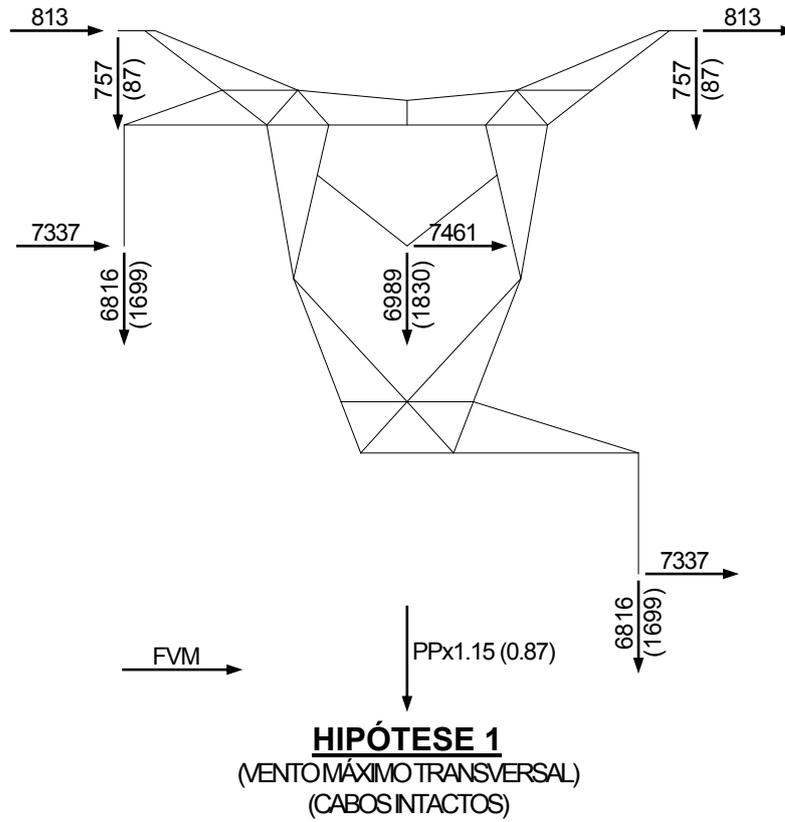


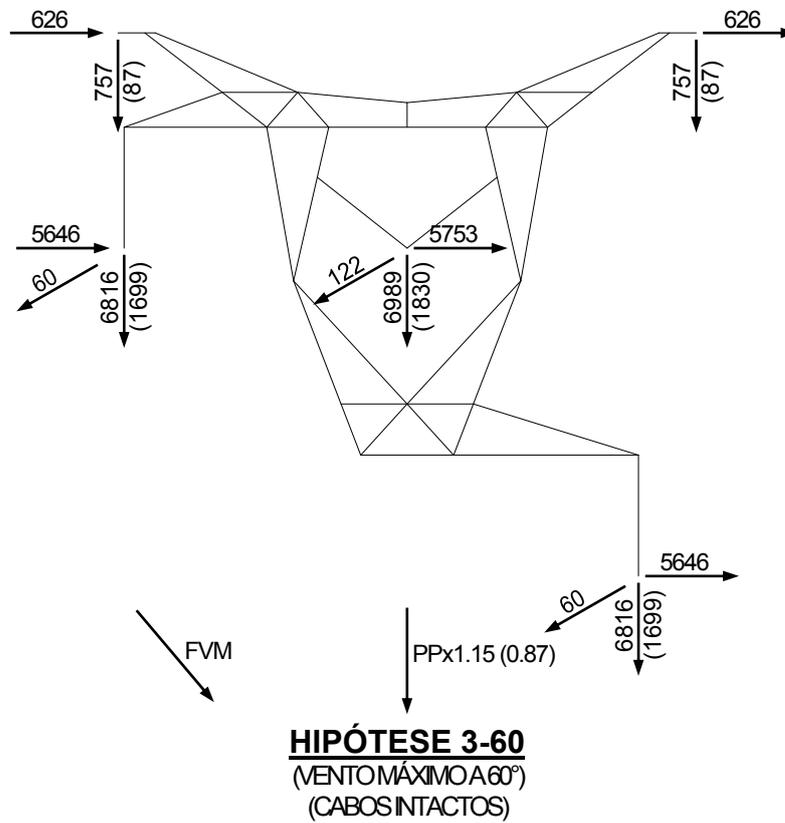
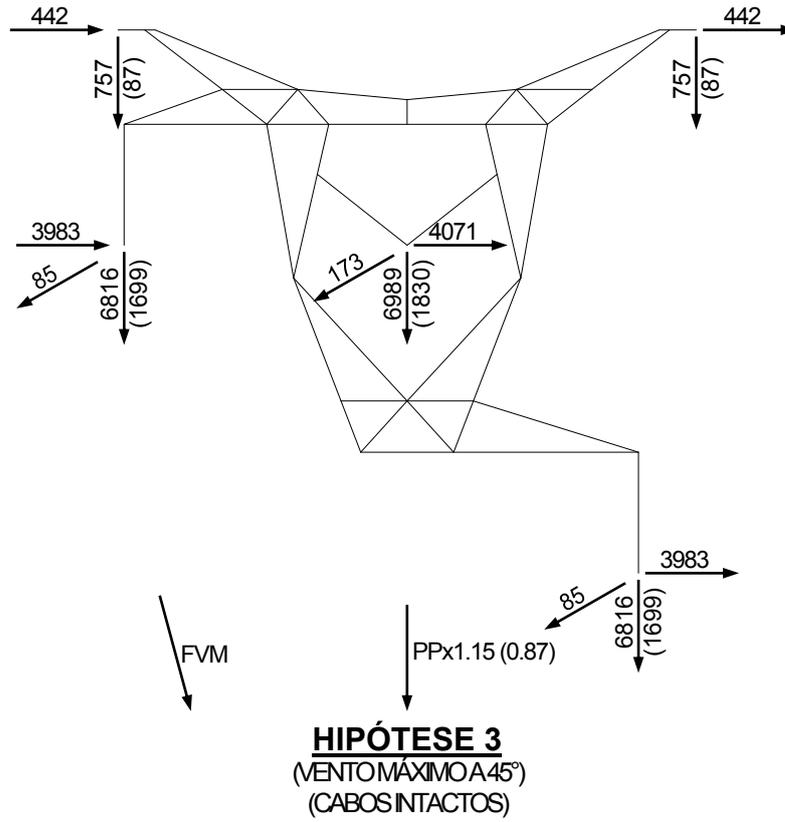


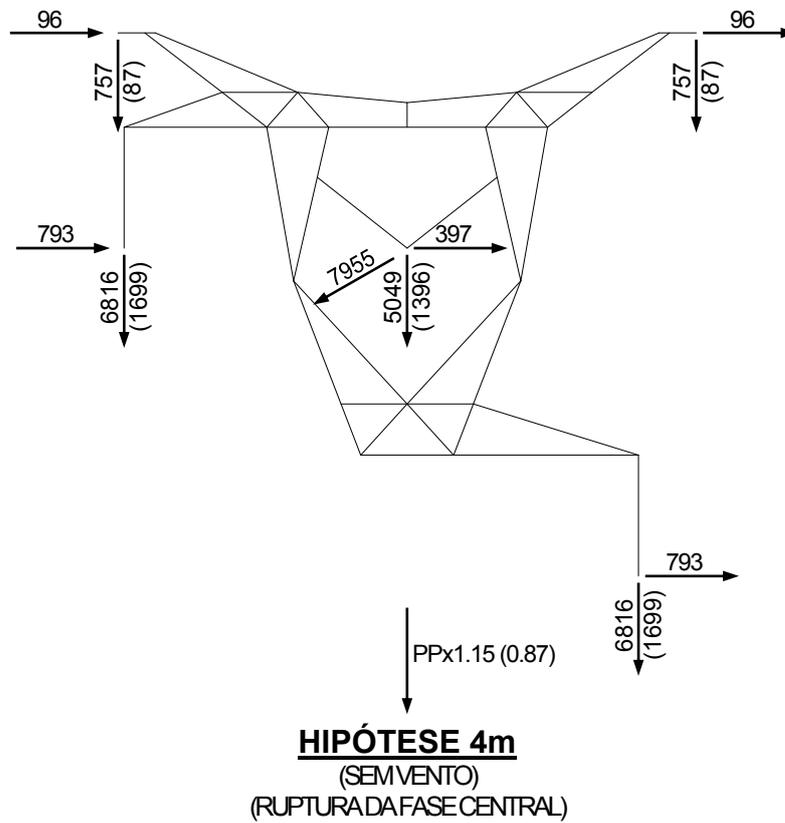
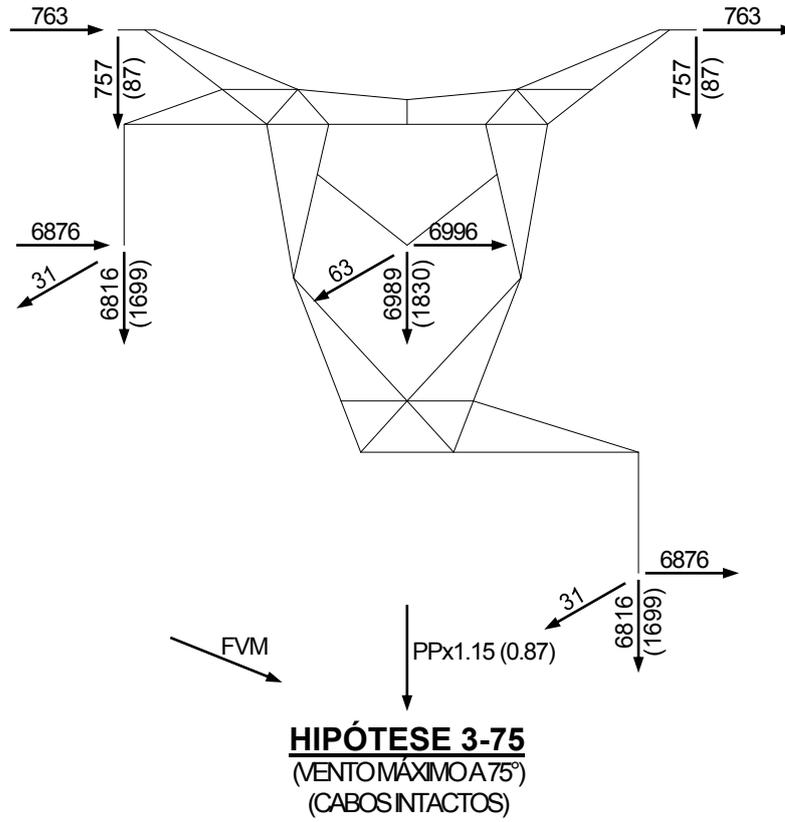


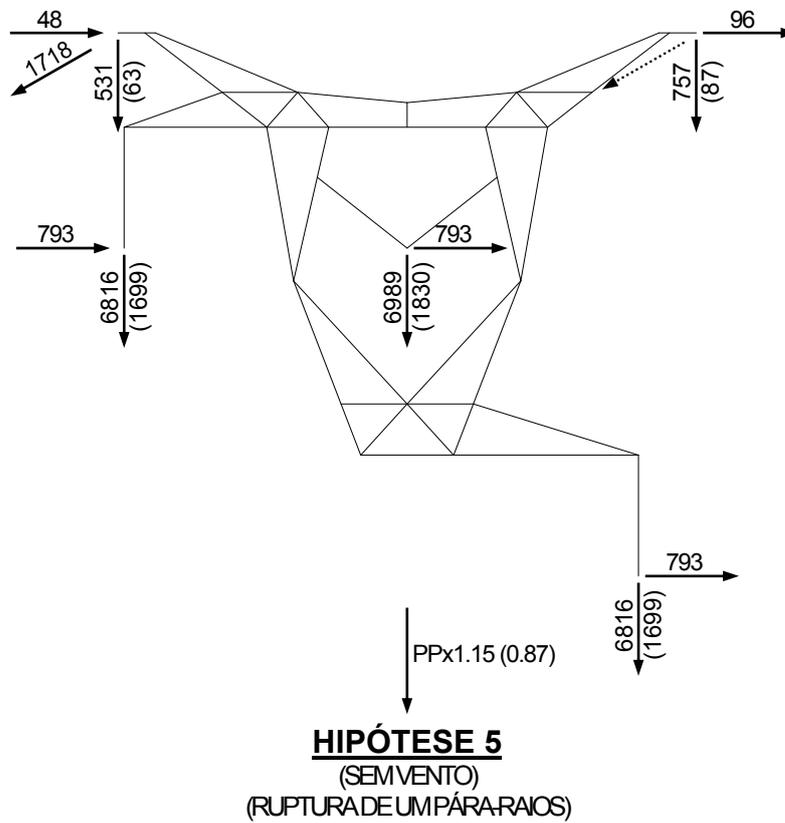
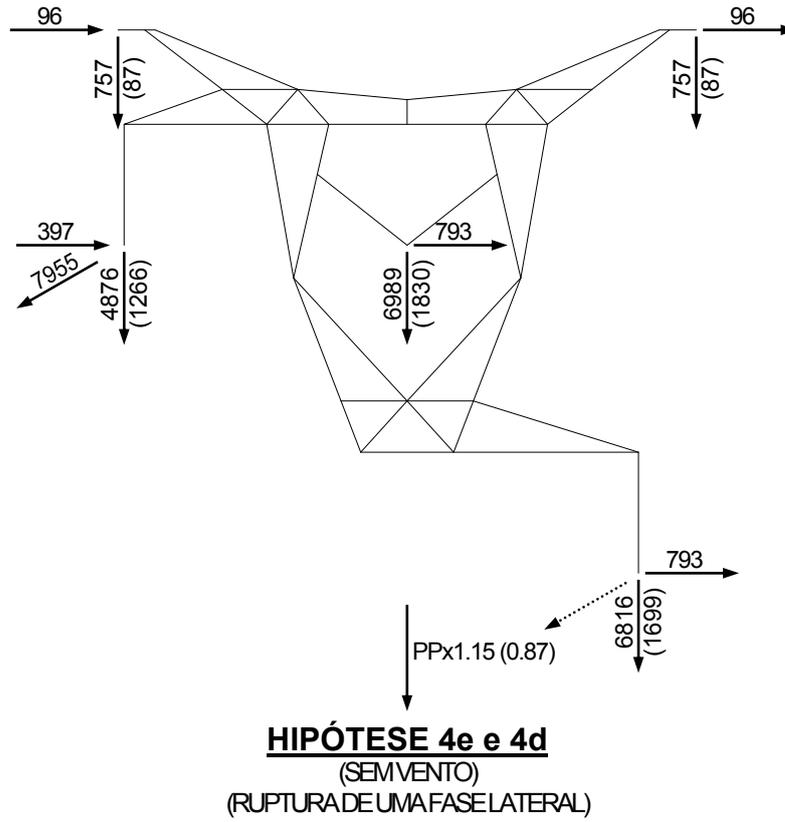


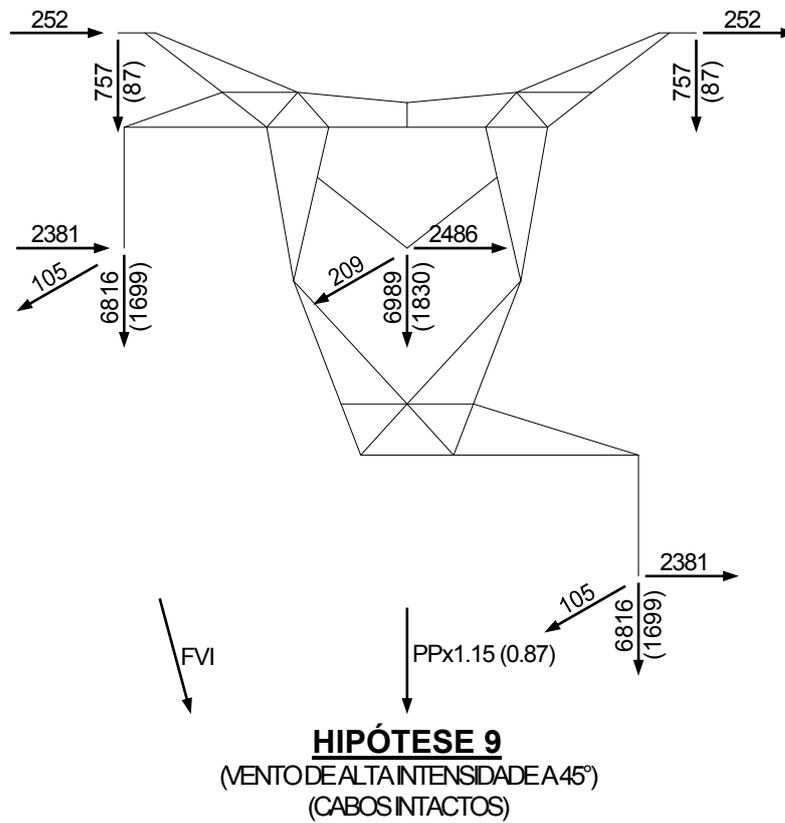
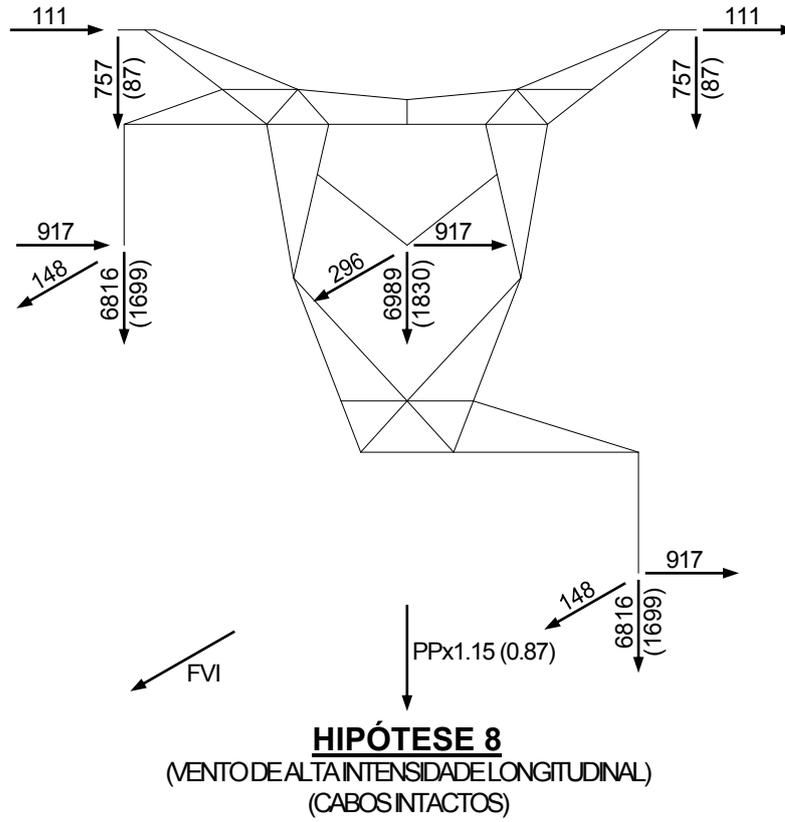
5.6.11.7 ESTRUTURA DE SUSPENSÃO PARA TRANSPOSIÇÃO TIPO V1TR

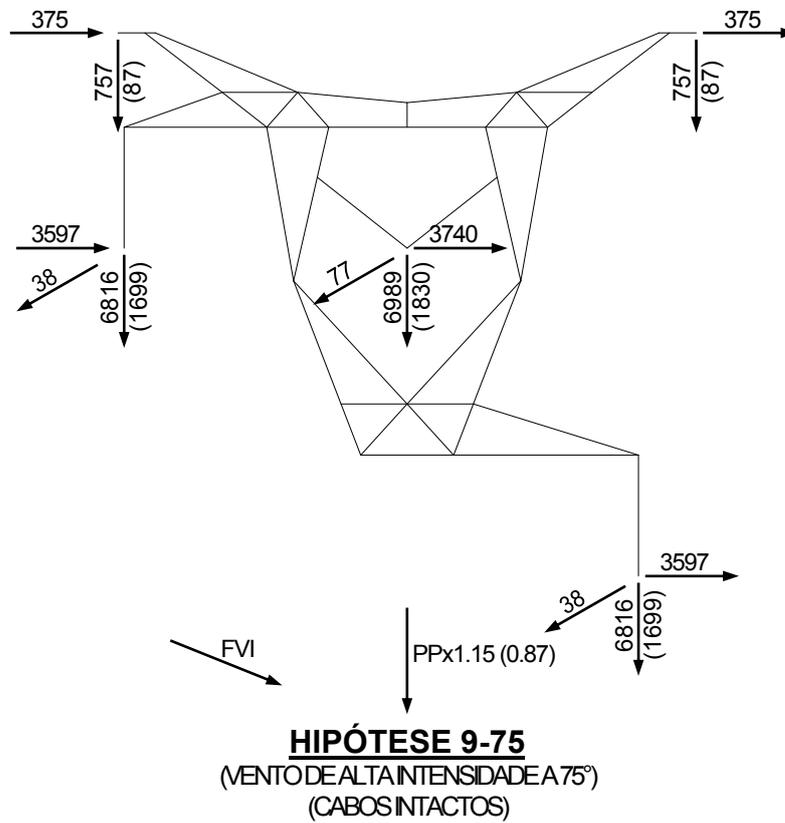
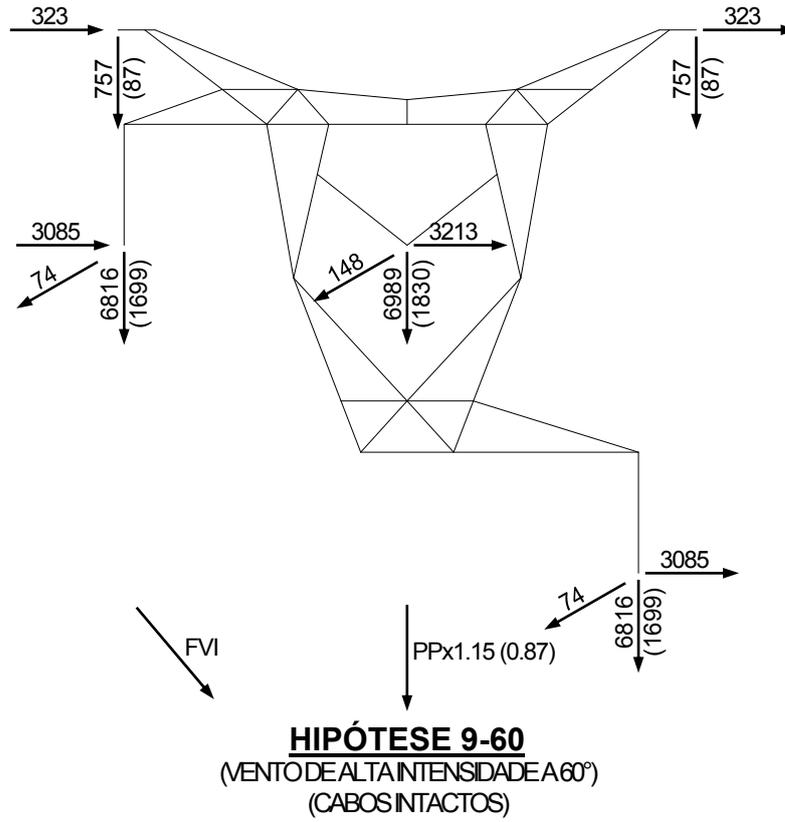


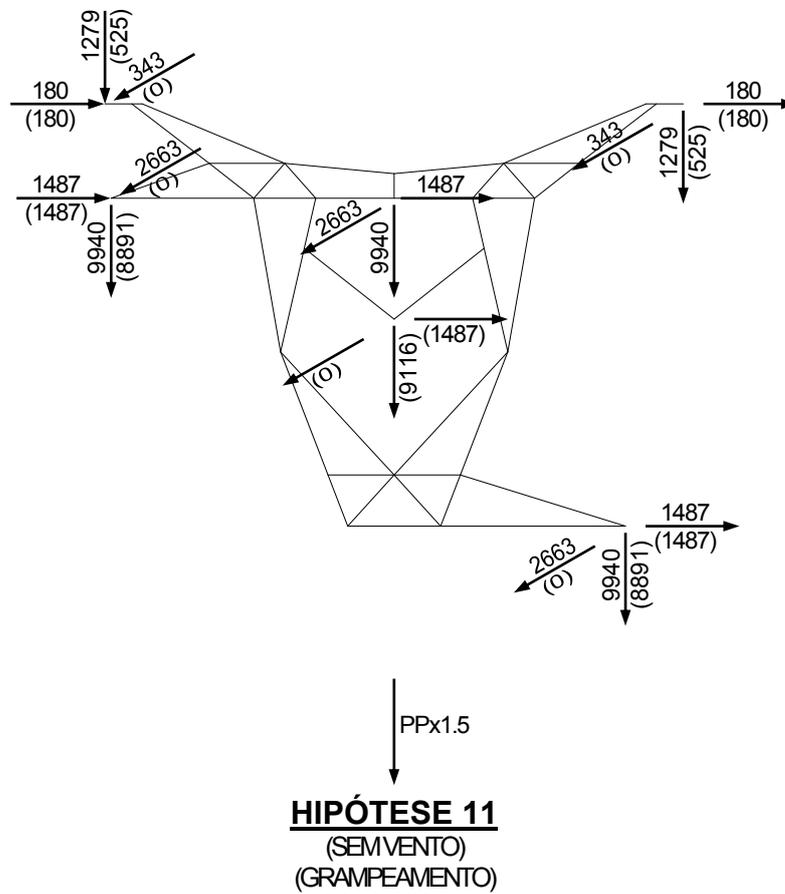
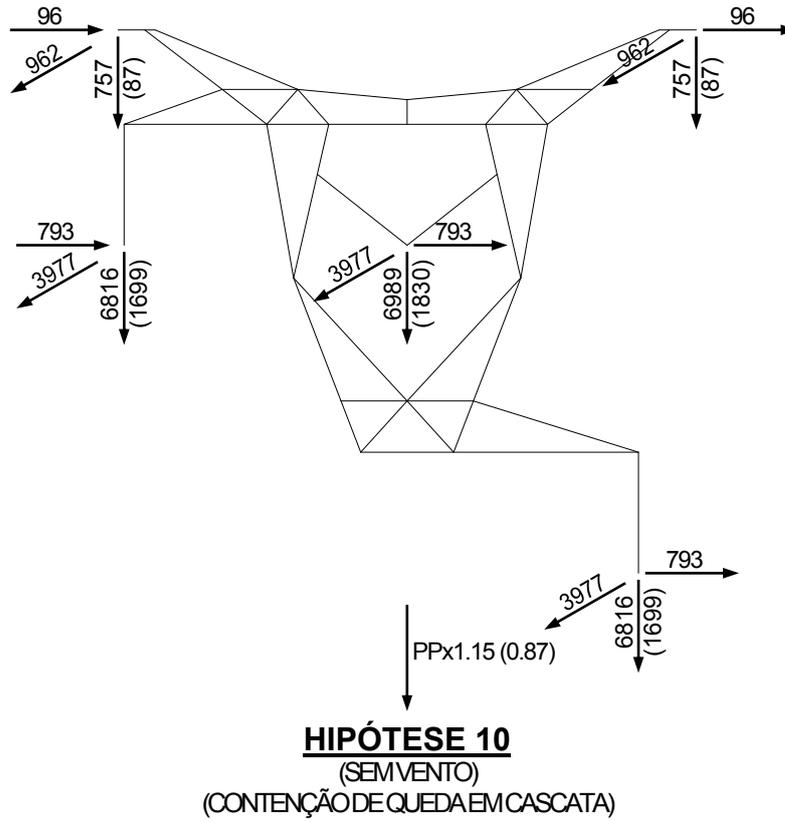












6 DIRETRIZES PARA O DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

6.1 O dimensionamento estrutural deverá ser realizado aplicando-se a metodologia dos estados limites últimos, verificando-se a seguinte inequação:

$S_d \leq \phi_R R_K$, onde:

S_d Solicitações de cálculo (tração, compressão, flexão, cisalhamento e esmagamento) atuantes nos diferentes elementos da estrutura, obtidas através da análise estrutural, considerando-se as hipóteses de carga especificadas.

ϕ_R Coeficiente de resistência, que minora a resistência limite dos elementos.

R_K Resistência limite da estrutura, obtida em função da tensão característica de escoamento, ruptura, cisalhamento, esmagamento ou flambagem dos elementos estruturais, conforme Manual 10-15 "ASCE - American Society of Civil Engineers - Design of Latticed Steel Transmission Structures" e NBR 8850 - "Execução de Suportes Metálicos Treliçados para Linhas de Transmissão".

6.2 Para o dimensionamento estrutural deverão ser previstos ensaios de carregamento de protótipo para as torres tipos V1CRL, V1SL e V1SP. Portanto, os seguintes valores deverão ser utilizados para o coeficiente de resistência (ϕ_R):

- Estruturas V1CRL, V1SL e V1SP: $\phi_R = 0.93$

- Estrutura V1TR: $\phi_R = 0.90$

- Estruturas V1AA e V1AT: $\phi_R = 0.85$

6.3 Para as estruturas estaiadas será obrigatória a verificação estrutural considerando-se os efeitos de segunda ordem decorrentes dos deslocamentos da estrutura (análise não-linear geométrica).

6.4 Para o dimensionamento dos estais deverá ser considerado um fator adicional de minoração da resistência limite de 0.75.

6.5 Para o dimensionamento dos cabos de sustentação das fases e do cabo de interligação dos mastros deverá ser considerado um fator adicional de minoração da resistência limite de 0.65.

6.6 A pré-tensão nos estais, usualmente na faixa de 8% a 12% da respectiva carga de ruptura, deverá ser levada em conta na análise estrutural das torres estaiadas.

6.7 Todas as estruturas estaiadas devem ser projetadas com furações adequadamente posicionadas e dimensionadas de modo a permitir o içamento de uma torre horizontalmente montada, completa ou parcialmente, a partir do solo até sua posição vertical definitiva. Os desenhos de detalhamento correspondentes deverão esclarecer completamente todas as condições a serem observadas para o içamento da estrutura a partir de tais furações.

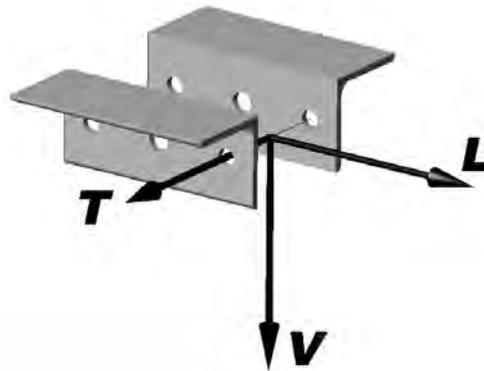
6.8 As barras horizontais da estrutura situadas próximo às fixações das cadeias de isoladores deverão suportar uma carga vertical de 400 kg, aplicada em seu ponto médio, sem deformação permanente.

6.9 Todas as barras da estrutura inclinadas a menos de 45° com a horizontal deverão suportar uma carga vertical de 100 kg, aplicada em seu ponto médio, sem deformação permanente.

6.10 Todas as barras de contraventamento da estrutura, inclusive barras com esforço calculado, deverão suportar uma carga de compressão mínima de acordo com o item 3.16 do ASCE 10-15.

6.11 As mísulas dos condutores das estruturas de ancoragem tipos V1AA e V1AT deverão ser projetadas com detalhes para fixações da cadeia de passagem do jumper no ponto central da mísula e nas duas extremidades, junto às faces transversais da estrutura.

- 6.12 Todas as estruturas, exceto as que possuam cabo cross-ropes, devem ser projetadas com pontos (furos) auxiliares de fixação que permitam a execução segura das operações de montagem, de lançamento e grampeamento de cabos e de manutenção. A carga máxima admitida em cada um desses pontos (furos) auxiliares deve ser explicitamente indicada nos respectivos desenhos de montagem das estruturas.
- 6.13 Nas estruturas de suspensão, exceto as que possuam cabo cross-ropes, os furos auxiliares utilizados para sustentação dos cabos durante as operações de grampeamento deverão ser capazes de suportar a aplicação das cargas da Hipótese 11 da forma localmente mais desbalanceada, conforme se explica adiante:
- As cargas referentes às fases deverão ser aplicadas em 2 dos 4 furos auxiliares para montagem/manutenção localizados nas respectivas peças de ataque, conforme esquema adiante:



- Os 4 furos externos na peça acima são os furos auxiliares e os 2 furos centrais são os furos permanentes para fixação das fases.
- 6.14 Em torres de suspensão submetidas a teste de carga, exceto as que possuam cabo cross-ropes, a Hipótese 11 deverá ser obrigatoriamente testada.
- 6.15 Para dimensionamento das fundações e dos stubs deverá ser considerado um fator de sobrecarga adicional de 1.10.
- 6.16 Para dimensionamento dos stubs deverá ser considerado concreto com f_{ck} (resistência característica a 28 dias) igual a 180 kgf/cm².

00	18/04/17	Emissão inicial	FGS	RCM	PRRLS
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 5 SPE S.A.					
PROJETO BÁSICO					
ELAB. FGS	VERIF. RCM	APROV. PRRLS	RESP. TÉCNICO PRRLS	CREA 19042-D	DATA 18/04/17
TÍTULO					
<p>Leilão ANEEL 013/2015 2ª Etapa - Lote 15 LT 500 kV C.S. Igaporã III / Janaúba 3 C2 TORRE TIPO V1CRL Programa de Testes</p>					
Nº ENGETOWER 20.10-T3001	Nº DOCUMENTO RE-EQT5-L501-PB-EST-0015			FOLHA 1 de 13	REVISÃO 00

ÍNDICE

1 OBJETIVO	Pág.	3	
2 FORMAÇÃO DA ESTRUTURA A SER ENSAIADA	Pág.	3	
3 HIPÓTESES DE CARGA	Pág.	3	
4 SEQUÊNCIA DE APLICAÇÃO DAS HIPÓTESES DE CARGA	Pág.	3	
5 ETAPAS DE CARREGAMENTO	Pág.	3	
6 MEDIÇÃO DE DEFLEXÕES	Pág.	4	
7 MEDIÇÃO DE CARGAS	Pág.	4	
8 CALIBRAÇÃO DOS DINAMÔMETROS ELETRÔNICOS	Pág.	4	
9 AMOSTRAS PARA ENSAIO MECÂNICO	Pág.	4	
10 INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES	Pág.	4	
11 CARGAS NA ESTRUTURA	Pág.	5	a 11
12 CARGAS MÁXIMAS SOBRE FUNDAÇÕES DOS MASTROS	Pág.	12	
13 CARGAS PREVISTAS NOS ESTAIS	Pág.	13	

1 OBJETIVO

Este programa de testes tem por objetivo traçar diretrizes para o ensaio de carregamento de protótipo da torre tipo V1CRL, tendo como referência os seguintes documentos:

- Cálculo Estrutural ENGETOWER nº 20.10-C3001;
- Desenho de Silhueta ENGETOWER nº 20.10-D3000/1.

2 FORMAÇÃO DA ESTRUTURA A SER ENSAIADA

A torre tipo V1CRL a ser ensaiada terá altura total de 54.884m (correspondente à altura nominal de 43.5m) e deverá ser instalada sobre base rígida, sendo constituída pelos seguintes componentes:

- Tronco Superior;
- Tronco Inferior;
- 3 Extensões 6.0m.

3 HIPÓTESES DE CARGA

Serão testadas as seguintes hipóteses de carga no ensaio de carregamento do protótipo:

HIPÓTESE	DESCRIÇÃO
3-75	Vento máximo a 75°, cabos intactos
4e	Ruptura da fase lateral esquerda, sem vento
4m	Ruptura da fase central, sem vento
5e	Ruptura do pára-raios esquerdo, sem vento
6Fm	Construção / Manutenção, 2 PR's lançados, lançamento da fase central e demais fases lançadas, sem vento
9	Vento de alta intensidade a 45°, cabos intactos

4 SEQUÊNCIA DE APLICAÇÃO DAS HIPÓTESES DE CARGA

Deverá ser adotada a seguinte sequência de aplicação das hipóteses de carga para realização do ensaio:

- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| TESTE Nº 1 - HIPÓTESE 5e | TESTE Nº 4 - HIPÓTESE 6Fm |
| TESTE Nº 2 - HIPÓTESE 4m | TESTE Nº 5 - HIPÓTESE 3-75 |
| TESTE Nº 3 - HIPÓTESE 4e | TESTE Nº 6 - HIPÓTESE 9 |

5 ETAPAS DE CARREGAMENTO

A estrutura deverá ser submetida a 5 (cinco) etapas de carregamento para cada hipótese selecionada, correspondentes a 50%, 75%, 90%, 95% e 100% das cargas máximas.

Para as etapas de 50%, 75%, 90% e 95% do carregamento, as cargas deverão ser mantidas durante um período mínimo de 1 (um) minuto, ou pelo período necessário para a leitura das cargas e deflexões. Para a etapa de 100% do carregamento, as cargas deverão ser mantidas por um período mínimo de 5 (cinco) minutos.

6 MEDIÇÃO DE DEFLEXÕES

As deflexões transversais, verticais e longitudinais da torre deverão ser medidas no topo e no ponto médio de cada mastro. As medições deverão ser feitas antes, durante e depois da aplicação dos incrementos de carga e após o descarregamento da estrutura, utilizando-se aparelhos óticos adequados.

Antes do início do ensaio deverá ser realizada uma inspeção de pré-montagem, para verificação da verticalidade da estrutura e determinação da deflexão residual de montagem.

7 MEDIÇÃO DE CARGAS

As cargas deverão ser medidas através de dinamômetros eletrônicos (load cells), previamente calibrados e instalados nos pontos de conexão dos cabos com a estrutura. A leitura dessas cargas será feita através de indicadores eletrônicos localizados na cabine de controle.

Deverá ser feito o monitoramento dos esforços em todos os estais.

8 CALIBRAÇÃO DOS DINAMÔMETROS ELETRÔNICOS

A calibração dos dinamômetros eletrônicos deverá ser realizada antes do início dos testes através de procedimento específico e baseada em padrão rastreável. Evidências de rastreabilidade e calibração do padrão devem ser apresentadas. Registros de calibração devem ser realizados e avaliados antes do teste considerando eventual necessidade de ajuste ou substituição de equipamento de medição.

9 AMOSTRAS PARA ENSAIO MECÂNICO

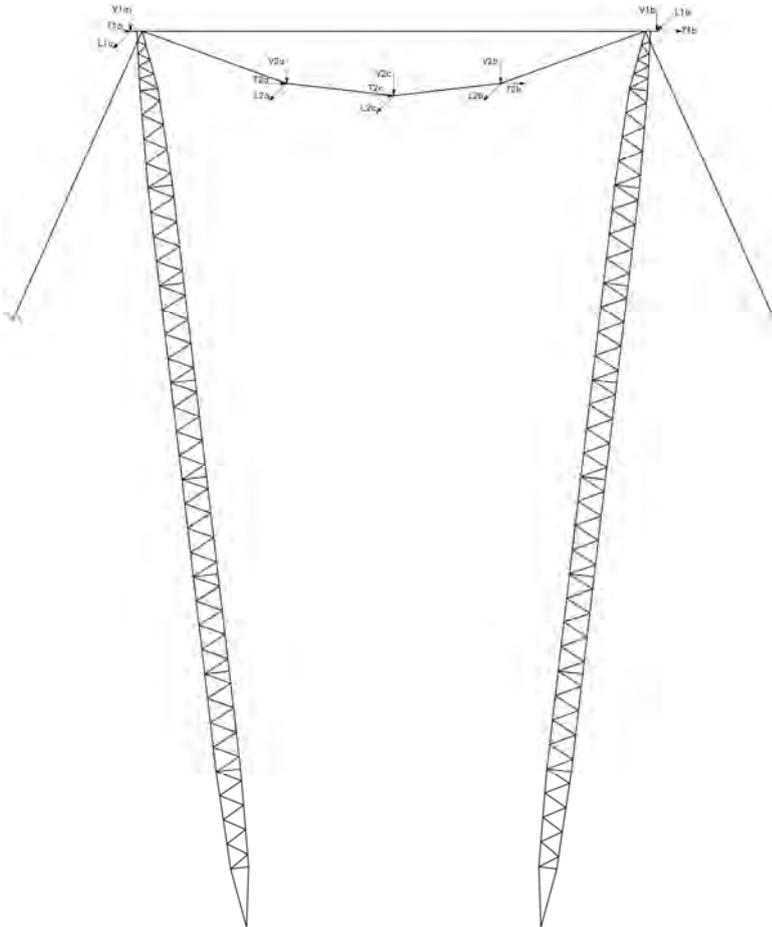
Após a conclusão do ensaio e de sua aprovação deverão ser selecionadas 8 (oito) barras da estrutura, preferencialmente com esbeltez efetiva inferior a C_c , conforme definido na norma ASCE 10-15. Corpos de prova de cada uma dessas barras serão submetidos a ensaios mecânicos, para obtenção das tensões reais de escoamento e de ruptura, e também a ensaios dimensionais.

10 INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

- Os elementos de fixação das cadeias aos cabos de sustentação das fases utilizados no ensaio de carga deverão ser idênticos aos que serão efetivamente fornecidos com as estruturas e as cargas devidas aos cabos deverão ser aplicadas nesses elementos.
- Os estais, cabo de interligação dos mastros, cabo de sustentação das fases e respectivos acessórios para fixação à estrutura deverão ser idênticos aos que serão efetivamente fornecidos com as estruturas.
- Os estais deverão ser instalados com uma carga de pré-tensão igual a (7000 ± 700) kgf, equivalente a $\approx 12\%$ de sua carga mínima de ruptura.
- A torre do teste deverá ser galvanizada.

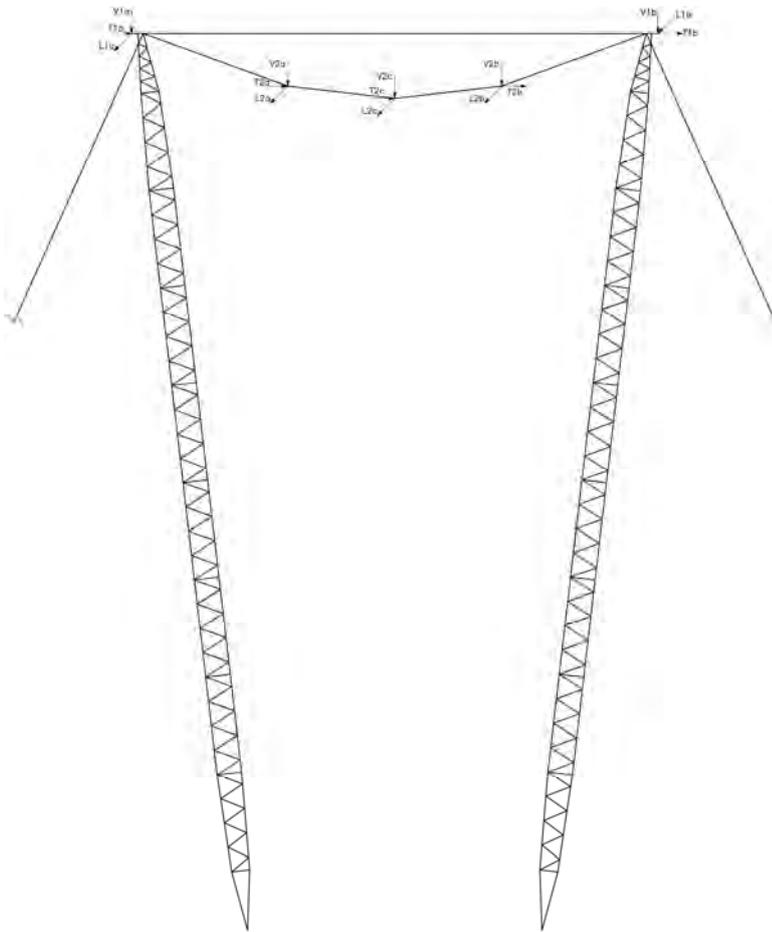
11.1 CARGAS TOTAIS POR HIPÓTESE

11.1.1 TESTE N° 1 - HIPÓTESE 5e



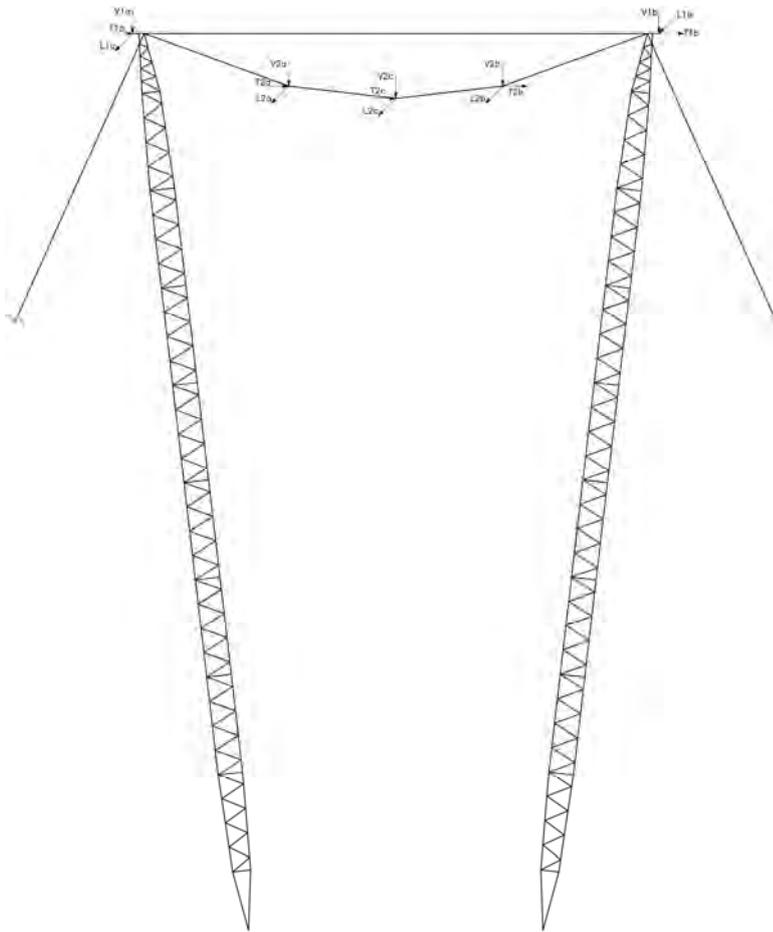
HIPÓTESE 5e - Cargas (kgf)			
Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	469	-	469
V1b	668	-	668
V2a	6006	-	6006
V2b	6006	-	6006
V2c	6006	-	6006
Cargas Transversais			
T1a	24	-	24
T1b	48	-	48
T2a	397	-	397
T2b	397	-	397
T2c	397	-	397
Cargas Longitudinais			
L1a	1718	-	1718
L1b	-	-	-
L2a	-	-	-
L2b	-	-	-
L2c	-	-	-

11.1.2 TESTE Nº 2 - HIPÓTESE 4e



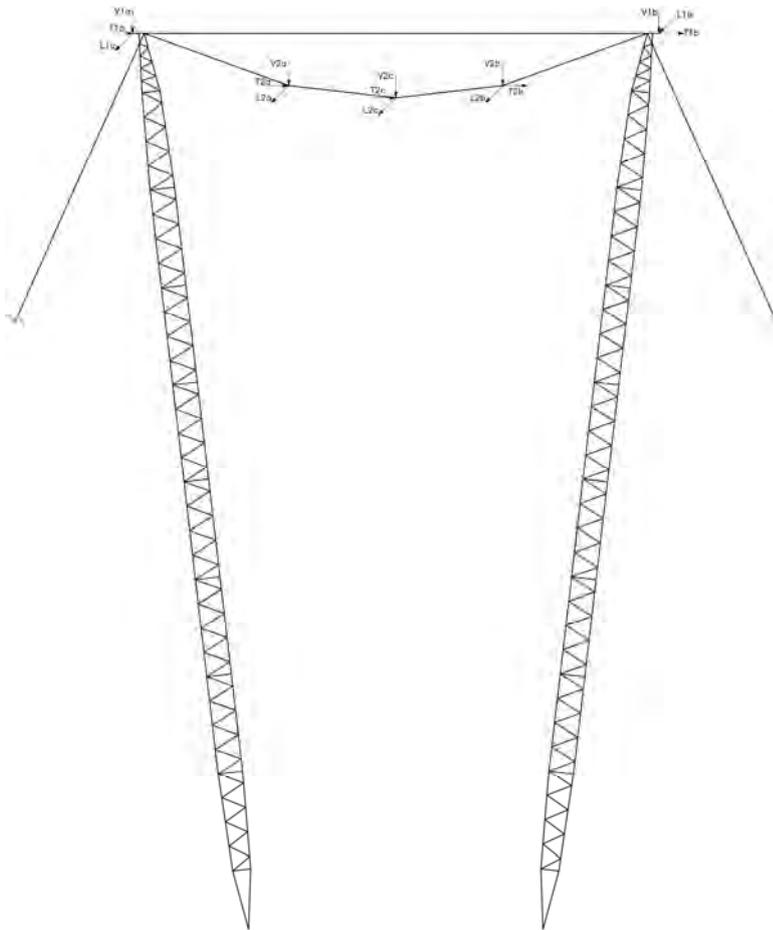
HIPÓTESE 4e - Cargas (kgf)			
Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	668	-	668
V1b	668	-	668
V2a	4310	-	4310
V2b	6006	-	6006
V2c	6006	-	6006
Cargas Transversais			
T1a	48	-	48
T1b	48	-	48
T2a	198	-	198
T2b	397	-	397
T2c	397	-	397
Cargas Longitudinais			
L1a	-	-	-
L1b	-	-	-
L2a	7955	-	7955
L2b	-	-	-
L2c	-	-	-

11.1.3 TESTE Nº 3 - HIPÓTESE 4m



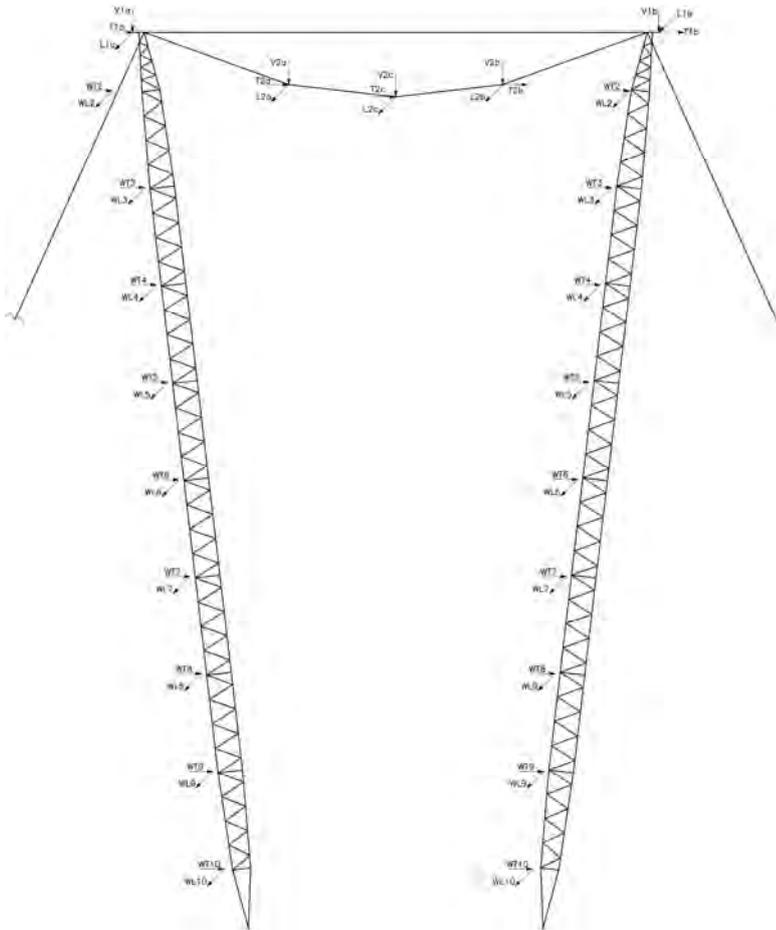
HIPÓTESE 4m - Cargas (kgf)			
Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	668	-	668
V1b	668	-	668
V2a	6006	-	6006
V2b	6006	-	6006
V2c	4310	-	4310
Cargas Transversais			
T1a	48	-	48
T1b	48	-	48
T2a	397	-	397
T2b	397	-	397
T2c	198	-	198
Cargas Longitudinais			
L1a	-	-	-
L1b	-	-	-
L2a	-	-	-
L2b	-	-	-
L2c	7955	-	7955

11.1.4 TESTE N° 4 - HIPÓTESE 6Fm



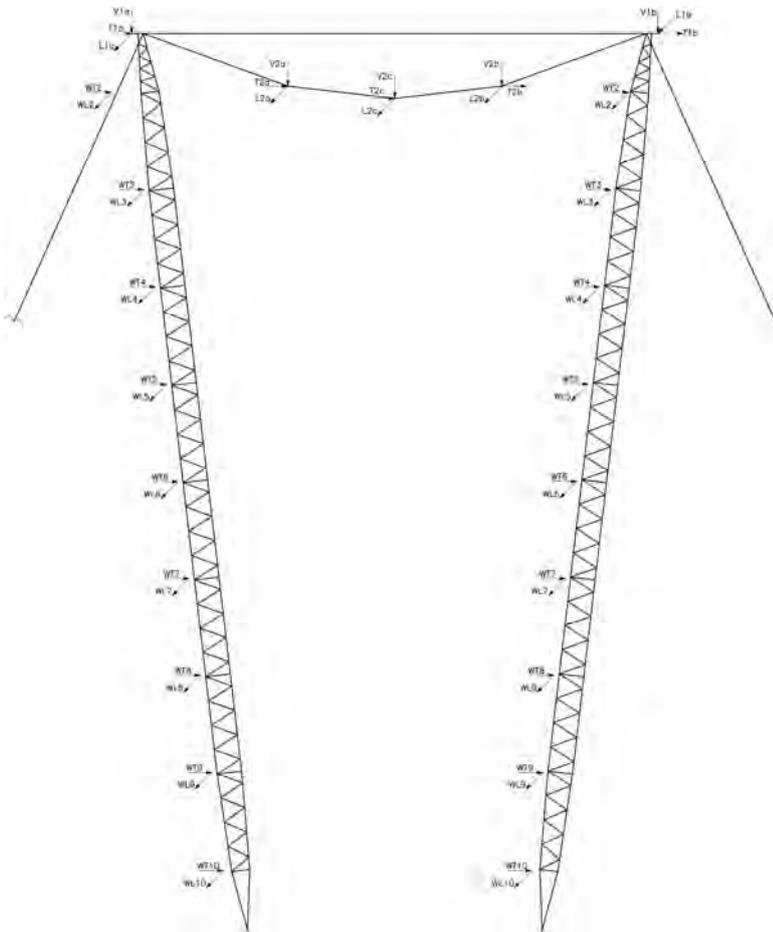
HIPÓTESE 6Fm - Cargas (kgf)			
Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	1260	-	1260
V1b	1260	-	1260
V2a	10473	-	10473
V2b	10473	-	10473
V2c	13661	-	13661
Cargas Transversais			
T1a	69	-	69
T1b	69	-	69
T2a	570	-	570
T2b	570	-	570
T2c	744	-	744
Cargas Longitudinais			
L1a	119	-	119
L1b	119	-	119
L2a	985	-	985
L2b	985	-	985
L2c	1285	-	1285

11.1.5 TESTE Nº 5 - HIPÓTESE 3-75



HIPÓTESE 3-75 - Cargas (kgf)			
Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	668	-	668
V1b	668	-	668
V2a	6006	-	6006
V2b	6006	-	6006
V2c	6006	-	6006
Cargas Transversais			
T1a	631	394/2	828
T1b	631	394/2	828
T2a	5719	-	5719
T2b	5719	-	5719
T2c	5719	-	5719
WT2	-	298	298
WT3	-	442	442
WT4	-	452	452
WT5	-	442	442
WT6	-	431	431
WT7	-	417	417
WT8	-	399	399
WT9	-	347	347
WT10	-	205	205
Cargas Longitudinais			
L1a	-	111/2	56
L1b	-	111/2	56
L2a	30	3/2	32
L2b	30	3/2	32
L2c	30	1	31
WL2	-	80	80
WL3	-	118	118
WL4	-	121	121
WL5	-	118	118
WL6	-	115	115
WL7	-	112	112
WL8	-	107	107
WL9	-	93	93
WL10	-	55	55

11.1.6 TESTE Nº 6 - HIPÓTESE 9



HIPÓTESE 9 - Cargas (kgf)			
Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	668	-	668
V1b	668	-	668
V2a	6006	-	6006
V2b	6006	-	6006
V2c	6006	-	6006
Cargas Transversais			
T1a	182	412/2	388
T1b	182	412/2	388
T2a	1775	-	1775
T2b	1775	-	1775
T2c	1775	-	1775
WT2	-	321	321
WT3	-	471	471
WT4	-	492	492
WT5	-	492	492
WT6	-	492	492
WT7	-	492	492
WT8	-	492	492
WT9	-	453	453
WT10	-	289	289
Cargas Longitudinais			
L1a	-	454/2	227
L1b	-	454/2	227
L2a	105	26/2	118
L2b	105	26/2	118
L2c	105	11	116
WL2	-	321	321
WL3	-	471	471
WL4	-	492	492
WL5	-	492	492
WL6	-	492	492
WL7	-	492	492
WL8	-	492	492
WL9	-	453	453
WL10	-	289	289

12 CARGAS MÁXIMAS SOBRE FUNDAÇÕES DOS MASTROS

EQT4/EQT5 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO V1CRL

CARGAS SOBRE FUNDAÇÃO

AS CARGAS A SEGUIR APRESENTADAS NÃO INCLUEM QUALQUER FATOR ADICIONAL DE SOBRECARGA ESPECÍFICO PARA FUNDAÇÕES

RESUMO DAS CARGAS ÚLTIMAS MÁXIMAS SOBRE FUNDAÇÕES - SISTEMA OBLÍQUO

NOTAS :

- 1 - Cargas em (kgf).
- 2 - Sistema de referência :
 - * VM - indica força na direção do eixo do mastro.
 - * TM - indica força horizontal transversal que atua com VM.
 - * LM - indica força horizontal longitudinal que atua com VM.
- 3 - Para a força VM, o sinal "-" indica força de compressão.
- 4 - As cargas são últimas (incluem os fatores de sobrecarga especificados para o cálculo da estrutura, mas não incluem qualquer fator adicional de sobrecarga específico para fundações).

CARGAS COM VERTICAL DE COMPRESSÃO

Hip.= 6Fm	TM=	-1006	VM=	-81792	LM=	-130
Hip.= 9	TM=	2364	VM=	-39208	LM=	1967
Hip.= 6Fm	TM=	903	VM=	-77653	LM=	-121
Hip.= 3-75	TM=	766	VM=	-73112	LM=	408
Hip.= 9	TM=	1440	VM=	-58686	LM=	1917
Hip.= 4m	TM=	-469	VM=	-50874	LM=	-176

RESUMO DAS CARGAS ÚLTIMAS MÁXIMAS SOBRE FUNDAÇÕES - SISTEMA RETANGULAR

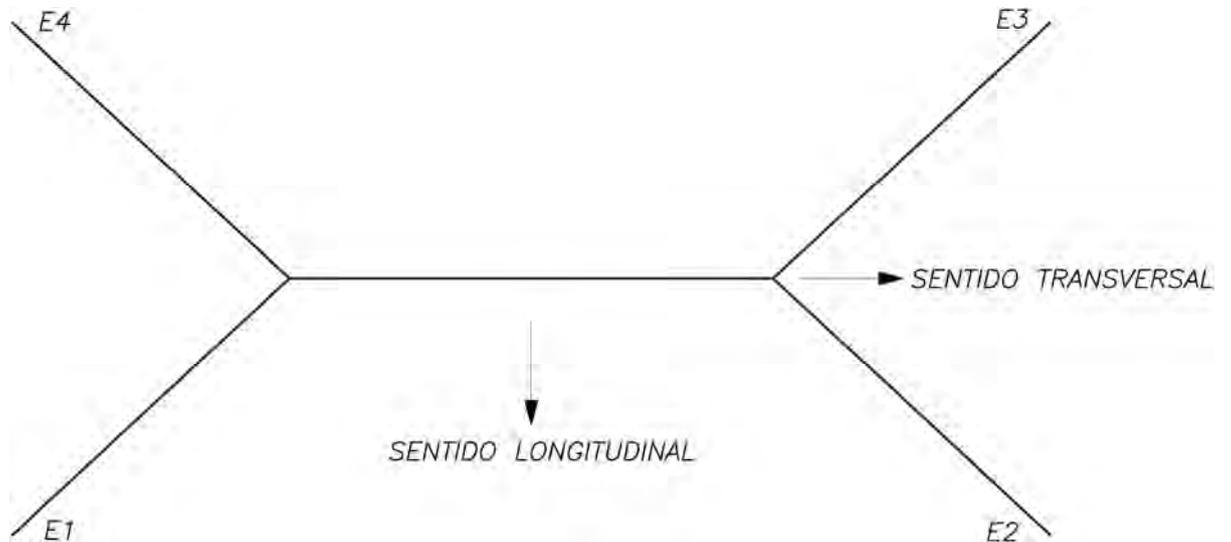
NOTAS :

- 1 - Cargas em (kgf).
- 2 - Sistema de referência :
 - * V - indica força vertical.
 - * T - indica força horizontal transversal que atua com V.
 - * L - indica força horizontal longitudinal que atua com V.
- 3 - Para a força V, o sinal "-" indica força de compressão.
- 4 - As cargas são últimas (incluem os fatores de sobrecarga especificados para o cálculo da estrutura, mas não incluem qualquer fator adicional de sobrecarga específico para fundações).

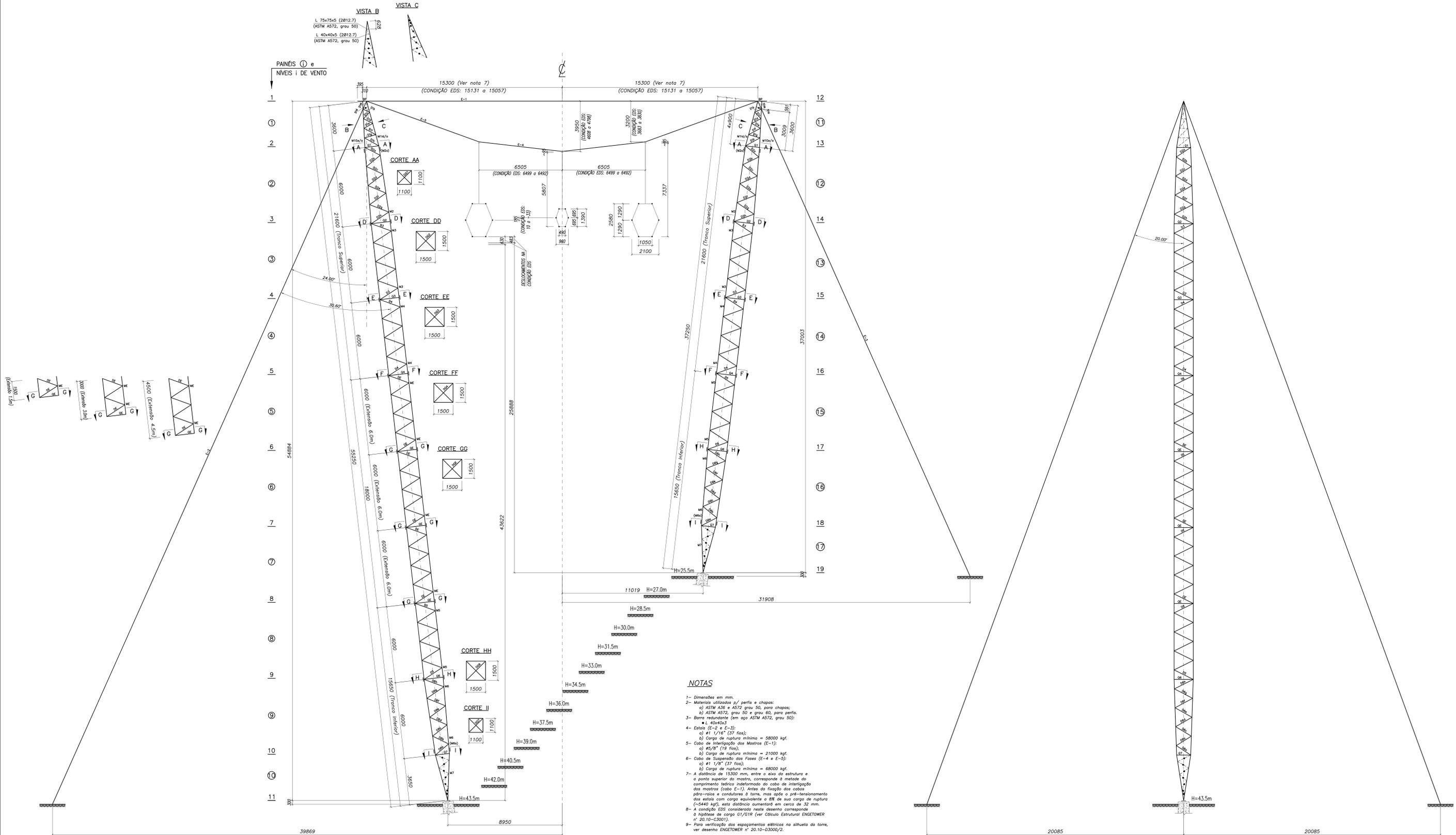
CARGAS COM VERTICAL DE COMPRESSÃO

Hip.= 6Fm	T =	8394	V =	-81250	L =	-130
Hip.= 3-75	T =	9169	V =	-72627	L =	408
Hip.= 9	T =	-2142	V =	-38949	L =	1967
Hip.= 9	T =	8185	V =	-58297	L =	1917
Hip.= 6Fm	T =	-8022	V =	-77138	L =	-121
Hip.= 4m	T =	5378	V =	-50537	L =	-176

13 CARGAS PREVISTAS NOS ESTAIS



ESTAI \ HIPÓTESE	E1	E2	E3	E4
5e	17404	18700	18873	22770
4m	14491	13566	26189	27474
4e	11742	15876	23356	29867
6Fm	30158	28188	33800	35933
3-75	31097	8344	10192	33039
9	20691	10361	18139	28596



PROJETO ESTRUTURAL		CLIENTE	
engetower		AG ANDRABE GUTIERREZ equatorial TRANSMISSÃO	
FEITO	FGS 18.04.17	TÍTULO	LEILÃO ANEEL 013/2015 2ª ETAPA - LOTE 15
VERIFICADO	RCM 18.04.17	LINHA DE TRANSMISSÃO 500 kV CIRCUITO SIMPLES	
VISTA PROJETO		IGAPORÁ III / JANAÚBA 3 C2	
APROVADO	PRRLS 18.04.17	TORRE TIPO V1CRL	
ENGETOWER	1662	DESENHO DE SILHUETA	
ESCALA	1:100		
REV.	DESCRIÇÃO	FEITO DATA	VERIF. DATA
00	EMISSÃO INICIAL	FGS 18/04/17	RCM 18/04/17
		PRRLS 18/04/17	1662
		ENGETOWER	1:100
		20.10-D3000/1	RE-EQT5-L501-PB-EST-0016 00

00	18/04/17	Emissão inicial	FGS	RCM	PRRLS
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 5 SPE S.A.					
PROJETO BÁSICO					
ELAB. FGS	VERIF. RCM	APROV. PRRLS	RESP. TÉCNICO PRRLS	CREA 19042-D	DATA 18/04/17
TÍTULO					
<p>Leilão ANEEL 013/2015 2ª Etapa - Lote 15 LT 500 kV C.S. Igaporã III / Janaúba 3 C2 TORRE TIPO V1CRL Cálculo Estrutural</p>					
Nº ENGETOWER 20.10-C3001	Nº DOCUMENTO RE-EQT5-L501-PB-EST-0017			FOLHA 1 de 34	REVISÃO 00

ÍNDICE

1 NOTAS GERAIS DE CÁLCULO	Pág.	3		
2 ESQUEMA ESTRUTURAL	Pág.	4		
3 HIPÓTESES DE CARGA	Pág.	5	a	19
4 CARGAS DEVIDAS AO VENTO SOBRE A TORRE	Pág.	20	a	21
5 DIMENSIONAMENTO DE BARRAS E CONEXÕES	Pág.	22	a	27
6 CARGAS ÚLTIMAS SOBRE FUNDAÇÕES DOS MASTROS	Pág.	28	a	30
7 DIMENSIONAMENTO DOS CABOS E DE SUAS CONEXÕES À TORRE	Pág.	31	a	33
8 CÁLCULO DO APOIO DA BASE DOS MASTROS	Pág.	34		

1 NOTAS GERAIS DE CÁLCULO

1.1 PARÂMETROS BÁSICOS DA TORRE

Tensão	500 kV	
Circuito	SIMPLES, COM 2 PÁRA-RAIOS	
Aplicação	SUSPENSÃO	
Vão básico (m)	500	
Ângulo de deflexão	0°	2°
Vão médio (m)	535	460
Vão gravante (m)	300 a 700 (condutor) e 300 a 750 (pára-raios)	
Cabo pára-raios	cabo OPGW Ø16.75mm ou cabo OPGW Ø13.4mm ou CAA "DOTTEREL" 176.9 kcmil ou cabo de aço galvanizado Ø3/8" EHS	
Cabo condutor (6 cabos/fase)	CAL 838 kcmil (Al 1120)	

1.2 MATERIAIS EMPREGADOS

Aço estrutural:

ASTM A36	Fy = 2531 kgf/cm ² (Tensão de fluência)
	Fu = 4077 kgf/cm ² (Tensão de ruptura)
ASTM A572 GRAU 50	Fy = 3515 kgf/cm ² (Tensão de fluência)
	Fu = 4570 kgf/cm ² (Tensão de ruptura)
ASTM A572 GRAU 60	Fy = 4218 kgf/cm ² (Tensão de fluência)
	Fu = 5273 kgf/cm ² (Tensão de ruptura)

Parafusos (rosca excluída da seção de corte):

ASTM A394 TIPO "0" Fv = 2620 kgf/cm² (Tensão admissível ao corte)

Estais:

Ø1 1/16" (37 fios) CR = 58000 kgf (Carga mínima de ruptura)

Cabo de Interligação dos Mastros:

Ø5/8" (19 fios) CR = 21000 kgf (Carga mínima de ruptura)

Cabo de Suspensão das Fases:

Ø1 1/8" (37 fios) CR = 68000 kgf (Carga mínima de ruptura)

1.3 NORMAS E ESPECIFICAÇÕES PARA DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento da torre (barras e ligações) foi feito de acordo com a Norma ASCE 10-15 ("Design of Latticed Steel Transmission Structures"), adotando-se um coeficiente de minoração de resistências igual a 0.93. Isto significa que as tensões admissíveis utilizadas no dimensionamento estrutural foram obtidas multiplicando-se as tensões limites recomendadas pela ASCE pelo fator 0.93.

1.4 SOFTWARE USADO NO CÁLCULO

O cálculo estrutural foi feito com a utilização de programas de computador desenvolvidos por ENGETOWER, baseados no método dos elementos finitos e que fazem a análise estática não-linear de estruturas reticuladas. O modelo estrutural empregado foi o de treliça espacial.

2 ESQUEMA ESTRUTURAL

O desenho ENGETOWER nº 20.10-D3000/1 apresenta a silhueta da torre. Nesse desenho estão indicadas as barras carregadas (traço cheio) e respectivas denominações de cálculo, as barras redundantes (traço interrompido) e os painéis/níveis de aplicação das cargas devidas ao vento sobre a estrutura.

OBS.: As verificações dos espaçamentos elétricos nas silhuetas deslocadas da torre, para as hipóteses de carga definidoras de sua geometria (indicadas no item 3.2), estão apresentadas no desenho ENGETOWER nº 20.10-D3000/2.

3 HIPÓTESES DE CARGA

3.1 DEFINIÇÕES BÁSICAS

3.1.1 CARACTERÍSTICAS DOS CABOS

- CABO CONDUTOR (6 cabos / fase):
 - CAL 838 kcmil (Al 1120)
 - A = área da seção transversal = 4.2516 cm^2
 - \varnothing = diâmetro = 2.6780 cm
 - ρ = peso = 1.1722 kgf/m
 - CR = carga de ruptura = 9471 kgf
 - E_i = módulo de elasticidade inicial = $0.6520 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
 - E_f = módulo de elasticidade final = $0.6520 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
 - α_i = coeficiente de dilatação térmica linear inicial = $2.3000 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$
 - α_f = coeficiente de dilatação térmica linear final = $2.3000 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$
- Obs.: Informações acima para 1 cabo
- CABO PÁRA-RAIOS 1:
 - cabo OPGW $\varnothing 16.75\text{mm}$
 - A = área da seção transversal = 1.5900 cm^2
 - \varnothing = diâmetro = 1.6750 cm
 - ρ = peso = 0.7680 kgf/m
 - CR = carga de ruptura = 9888 kgf
 - E_i = módulo de elasticidade inicial = $1.1111 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
 - E_f = módulo de elasticidade final = $1.1111 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
 - α_i = coeficiente de dilatação térmica linear inicial = $1.5500 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$
 - α_f = coeficiente de dilatação térmica linear final = $1.5500 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$
- CABO PÁRA-RAIOS 2:
 - cabo OPGW $\varnothing 13.4\text{mm}$
 - A = área da seção transversal = 1.0300 cm^2
 - \varnothing = diâmetro = 1.3400 cm
 - ρ = peso = 0.6820 kgf/m
 - CR = carga de ruptura = 9477 kgf
 - E_i = módulo de elasticidade inicial = $1.3800 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
 - E_f = módulo de elasticidade final = $1.3800 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
 - α_i = coeficiente de dilatação térmica linear inicial = $1.3200 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$
 - α_f = coeficiente de dilatação térmica linear final = $1.3200 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$
- CABO PÁRA-RAIOS 3:
 - CAA "DOTTEREL", 176.9 kcmil
 - A = área da seção transversal = 1.4193 cm^2
 - \varnothing = diâmetro = 1.5420 cm
 - ρ = peso = 0.6570 kgf/m
 - CR = carga de ruptura = 7865 kgf
 - E_i = módulo de elasticidade inicial = $0.8965 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
 - E_f = módulo de elasticidade final = $1.0600 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
 - α_i = coeficiente de dilatação térmica linear inicial = $1.4800 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$
 - α_f = coeficiente de dilatação térmica linear final = $1.5400 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$
- CABO PÁRA-RAIOS 4:
 - cabo de aço galvanizado $\varnothing 3/8$ " EHS
 - A = área da seção transversal = 0.5114 cm^2
 - \varnothing = diâmetro = 0.9520 cm
 - ρ = peso = 0.4060 kgf/m
 - CR = carga de ruptura = 6990 kgf
 - E_i = módulo de elasticidade inicial = $1.8500 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
 - E_f = módulo de elasticidade final = $1.8500 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
 - α_i = coeficiente de dilatação térmica linear inicial = $1.1500 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$
 - α_f = coeficiente de dilatação térmica linear final = $1.1500 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$

3.1.2 CADEIAS DE ISOLADORES

- CADEIA DE SUSPENSÃO I:
 - peso = 300 kgf
 - A_e = área exposta ao vento $\cong 23 \times 0.170 \times 0.280 = 1.095 \text{ m}^2$

3.1.3 AÇÃO DO VENTO

3.1.3.1 VENTO MÁXIMO

- De acordo com IEC/TR 60826, considerando-se período de integração igual a 2-3 segundos para a ação do vento sobre cabos, cadeia de isoladores e estrutura.
- T = período de retorno = 250 anos
- VR(50) = velocidade de referência do vento para T igual a 50 anos = 22.22 m/s (80 km/h)
- VR(250) = velocidade de referência do vento para T igual a 250 anos = 25.00 m/s (90 km/h)
- Terreno categoria "B" ($K_r = 1.00$)
- q_0 = pressão dinâmica de referência = $1/2 \times \rho \times [K_r \times VR(250)]^2/g$
 - ρ = massa específica do ar = 1.121 kg/m^3
 - g = aceleração da gravidade = 9.81 m/s^2
 - $\Rightarrow q_0 = 35.7 \text{ kgf/m}^2$
- Obs.: A pressão dinâmica reduzida será tomada igual a 36% do valor acima calculado

3.1.3.2 VENTO DE ALTA INTENSIDADE

- Será considerado vento com velocidade $V_i = 44.44 \text{ m/s}$ (160 km/h), constante com a altura, atuando integralmente sobre a estrutura e sobre 25% do vão médio.
- q_i = pressão dinâmica associada a $V_i = 1/2 \times \rho \times V_i^2/g$
 - ρ = massa específica do ar = 1.121 kg/m^3
 - g = aceleração da gravidade = 9.81 m/s^2
 - $\Rightarrow q_i = 112.8 \text{ kgf/m}^2$

3.1.4 TRAÇÕES NOS CABOS

- ESTADOS DE CARGA:
 - 1 EDS: 22°C, sem vento
 - 2 Temperatura mínima: 5°C
 - 3 Temperatura máxima: 55°C no condutor e 39°C no pára-raios
 - 4 Vento máximo 90° (transversal), temperatura = 17°C
 - 5 Vento máximo 75°, temperatura = 17°C
 - 6 Vento máximo 60°, temperatura = 17°C
 - 7 Vento máximo 45°, temperatura = 17°C
 - 8 Vento máximo 30°, temperatura = 17°C
 - 9 Vento máximo 15°, temperatura = 17°C
 - 10 Vento máximo 0°, temperatura = 17°C
 - 11 Vento reduzido 90°, temperatura = 17°C

- Resultados, na condição final, para vãos básicos máximos da LT:

ESTADO DE CARGA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
CONDUTOR (*)	1894	1982	1751	3410	3266	2882	2409	2055	1929	1919	2190
PÁRA-RAIOS 1	1374	1425	1329	2454	2352	2082	1744	1488	1396	1389	1586
PÁRA-RAIOS 2	1223	1260	1188	2034	1956	1748	1493	1305	1239	1233	1376
PÁRA-RAIOS 3	1180	1223	1140	2204	2109	1857	1537	1290	1199	1192	1386
PÁRA-RAIOS 4	727	747	709	1357	1299	1143	945	793	737	733	852

(*) Trações para 1 cabo

Notas: a) Trações para vão básico de:

- \Rightarrow cabo CONDUTOR: 510.0 m
- \Rightarrow cabo PÁRA-RAIOS 1: 510.0 m
- \Rightarrow cabo PÁRA-RAIOS 2: 510.0 m
- \Rightarrow cabo PÁRA-RAIOS 3: 510.0 m

- ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 4: 510.0 m
- b) Trações para condição final, considerando-se:
- ⇒ cabo CONDUTOR: Tração final EDS = 20.0% de CR
(flecha final condição EDS = 20.162 m)
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 1: Tração final EDS = 13.9% de CR
(flecha final condição EDS = 18.198 m → 90% CONDUTOR)
(flecha final temperatura mínima = 17.552 m → 91% CONDUTOR)
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 2: Tração final EDS = 12.9% de CR
(flecha final condição EDS = 18.168 m → 90% CONDUTOR)
(flecha final temperatura mínima = 17.624 m → 91% CONDUTOR)
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 3: Tração final EDS = 15.0% de CR
(flecha final condição EDS = 18.137 m → 90% CONDUTOR)
(flecha final temperatura mínima = 17.494 m → 91% CONDUTOR)
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 4: Tração final EDS = 10.4% de CR
(flecha final condição EDS = 18.189 m → 90% CONDUTOR)
(flecha final temperatura mínima = 17.710 m → 92% CONDUTOR)
- c) Pressões máximas de vento sobre cabos:
- ⇒ cabo CONDUTOR : 70.29 kgf/m² (H = 23.0m G_C = 2.14 G_L = 0.92)
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 1 : 75.21 kgf/m² (H = 34.0m G_C = 2.29 G_L = 0.92)
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 2 : 75.21 kgf/m² (H = 34.0m G_C = 2.29 G_L = 0.92)
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 3 : 75.21 kgf/m² (H = 34.0m G_C = 2.29 G_L = 0.92)
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 4 : 75.21 kgf/m² (H = 34.0m G_C = 2.29 G_L = 0.92)
- d) Flechas na temperatura mínima para vão básico:
- ⇒ cabo CONDUTOR : 19.3 m
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 1 : 17.6 m
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 2 : 17.6 m
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 3 : 17.5 m
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 4 : 17.7 m
- e) Flechas na temperatura máxima para vão básico:
- ⇒ cabo CONDUTOR : 21.8 m
- f) Alturas médias dos cabos para vão básico:
- ⇒ cabo CONDUTOR: H = 12.5 + 21.8 + 1.3 - 2/3 x 19.3 =
= 22.7 m (adotada: 23.0 m)
Obs.: 12.5 m = distância mínima fase/solo
1.3 m = distância típica fase inferior ao c.g. das fases
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 1: H = 12.5 + 21.8 + 10.7 - 2/3 x 17.6 =
= 33.3 m (adotada: 34.0 m)
Obs.: 10.7 m = altura típica pára-raios em relação à fase inferior
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 2: H = 12.5 + 21.8 + 10.7 - 2/3 x 17.6 =
= 33.3 m (adotada: 34.0 m)
Obs.: 10.7 m = altura típica pára-raios em relação à fase inferior
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 3: H = 12.5 + 21.8 + 10.7 - 2/3 x 17.5 =
= 33.3 m (adotada: 34.0 m)
Obs.: 10.7 m = altura típica pára-raios em relação à fase inferior
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 4: H = 12.5 + 21.8 + 10.7 - 2/3 x 17.7 =
= 33.2 m (adotada: 34.0 m)
Obs.: 10.7 m = altura típica pára-raios em relação à fase inferior

3.1.5 CARGAS LONGITUDINAIS DECORRENTES DE RUPTURA DE CABO

- PÁRA-RAIOS: 1.25 x Tração EDS
- FASES: 0.70 x Tração EDS

3.1.6 CARGAS LONGITUDINAIS PARA CONTENÇÃO DE QUEDA EM CASCATA

- PÁRA-RAIOS: 0.50 x Tração EDS
- FASES: 0.25 x Tração EDS

3.1.7 HIPÓTESES DE CARGA E FATORES DE SOBRECARGA - SUSPENSÃO

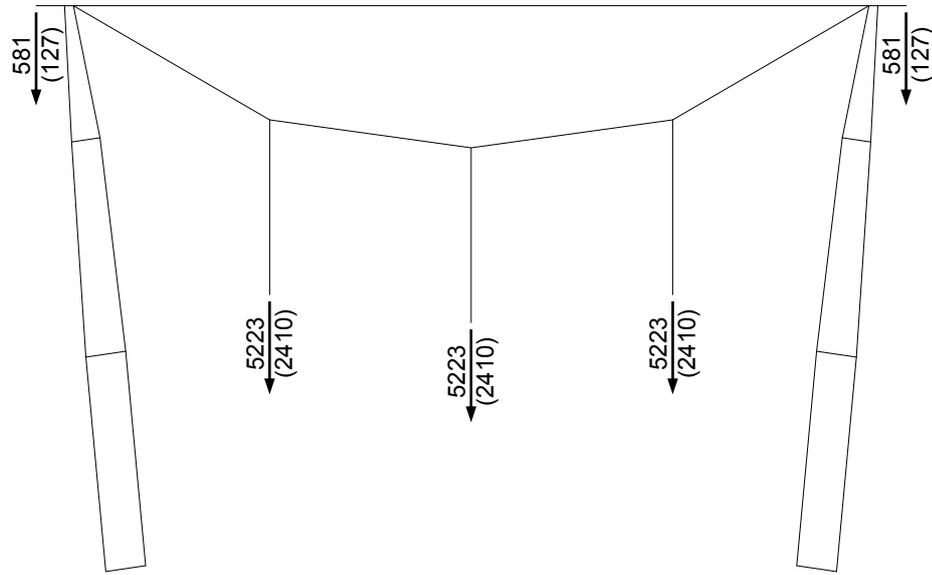
- HIP. 1: Cabos intactos, com vento transversal máximo (90°)
- HIP. 2: Cabos intactos, com vento longitudinal máximo
- HIP. 3: Cabos intactos, com vento máximo a 45°, 60° ou 75°
- HIP. 4: Ruptura de 1 fase, sem vento
- HIP. 5: Ruptura de 1 pára-raios, sem vento
- HIP. 6: Construção/Manutenção, sem vento
- HIP. 7: Cabos intactos, com vento transversal de alta intensidade
- HIP. 8: Cabos intactos, com vento longitudinal de alta intensidade
- HIP. 9: Cabos intactos, com vento de alta intensidade a 45°, 60° ou 75°
- HIP. 10: Contenção de queda em cascata, sem vento
- HIP. 11: Grampeamento, sem vento
- Fatores de sobrecarga:
 - ⇒ Cargas transversais:
 - HIP. 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 e 10 : 1.00
 - HIP. 6 : 1.50 (em construção)
ou 1.15 (já construído)
 - HIP. 11 : 1.50
 - ⇒ Cargas verticais:
 - HIP. 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 e 10 : 1.15 (normais)
ou 0.87 (reduzidas)
 - HIP. 6 : 1.50 (em construção)
ou 1.15 (já construído)
 - HIP. 11 : 1.50
 - Para hipóteses com cargas verticais reduzidas, fator de sobrecarga considerado para o peso próprio da estrutura: 0.87
 - ⇒ Cargas longitudinais:
 - HIP. 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 e 10 : 1.00
 - HIP. 6 : 1.50 (em construção)
ou 1.15 (já construído)
 - HIP. 11 : 1.50

3.1.8 CARGAS POR HIPÓTESE

Notas:

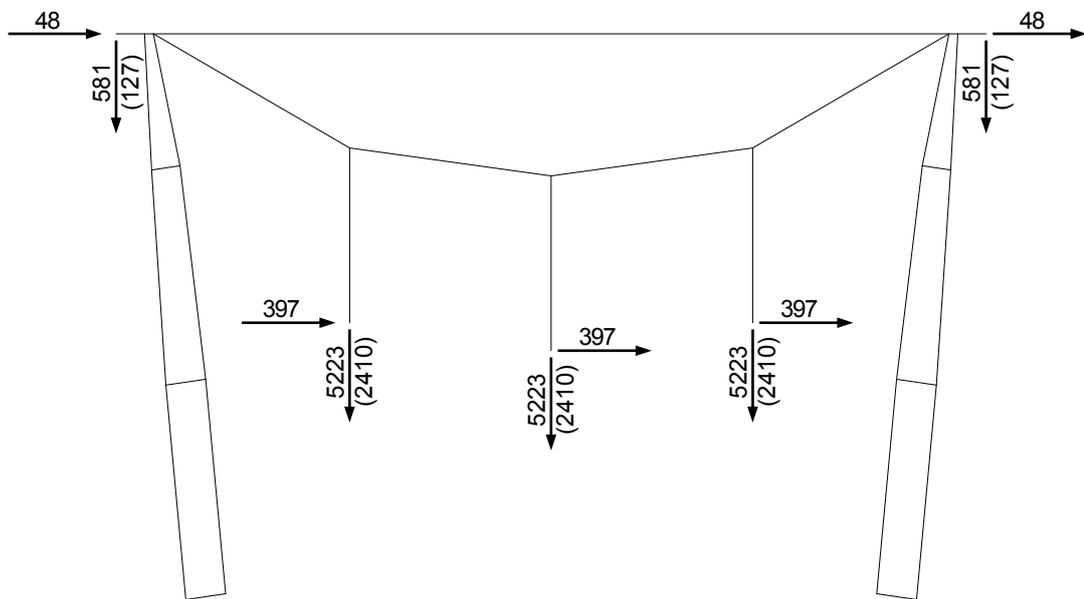
1. Para as hipóteses com vento de alta intensidade (hip. 7, 8 e 9), considerou-se trações atuantes iguais às obtidas para Vento Reduzido (90°)

3.2 PARA VERIFICAÇÕES ELÉTRICAS E DE GEOMETRIA



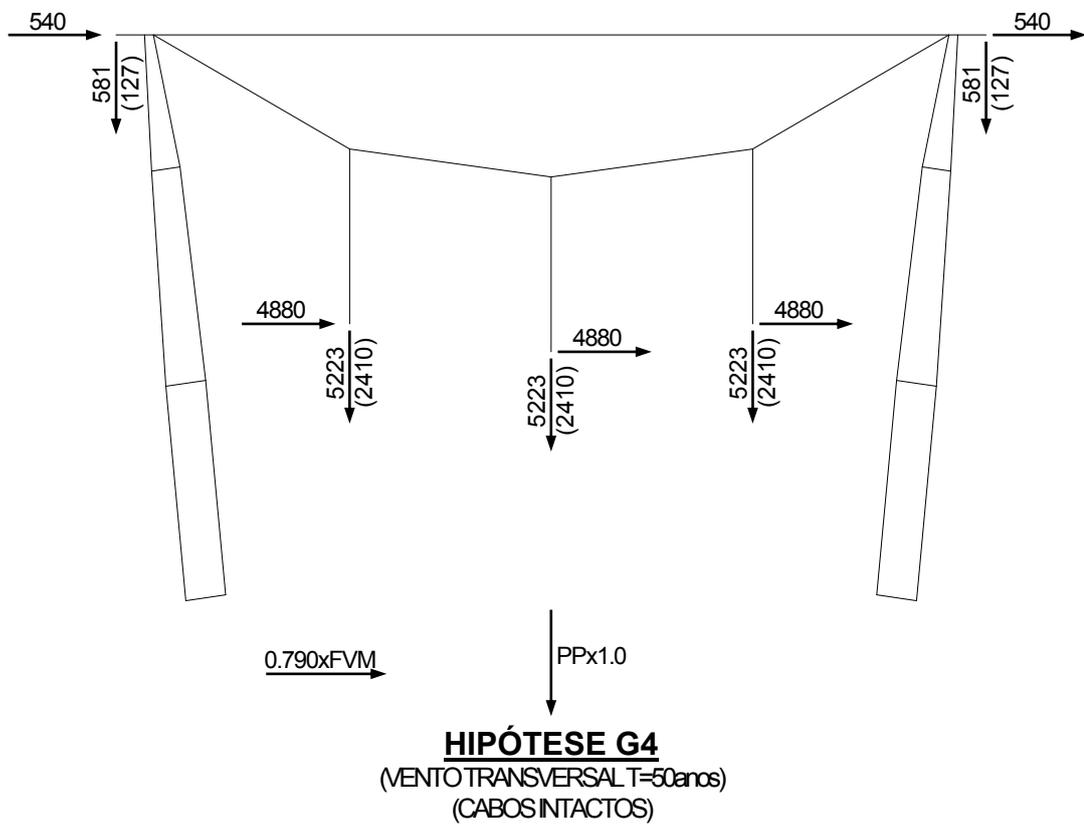
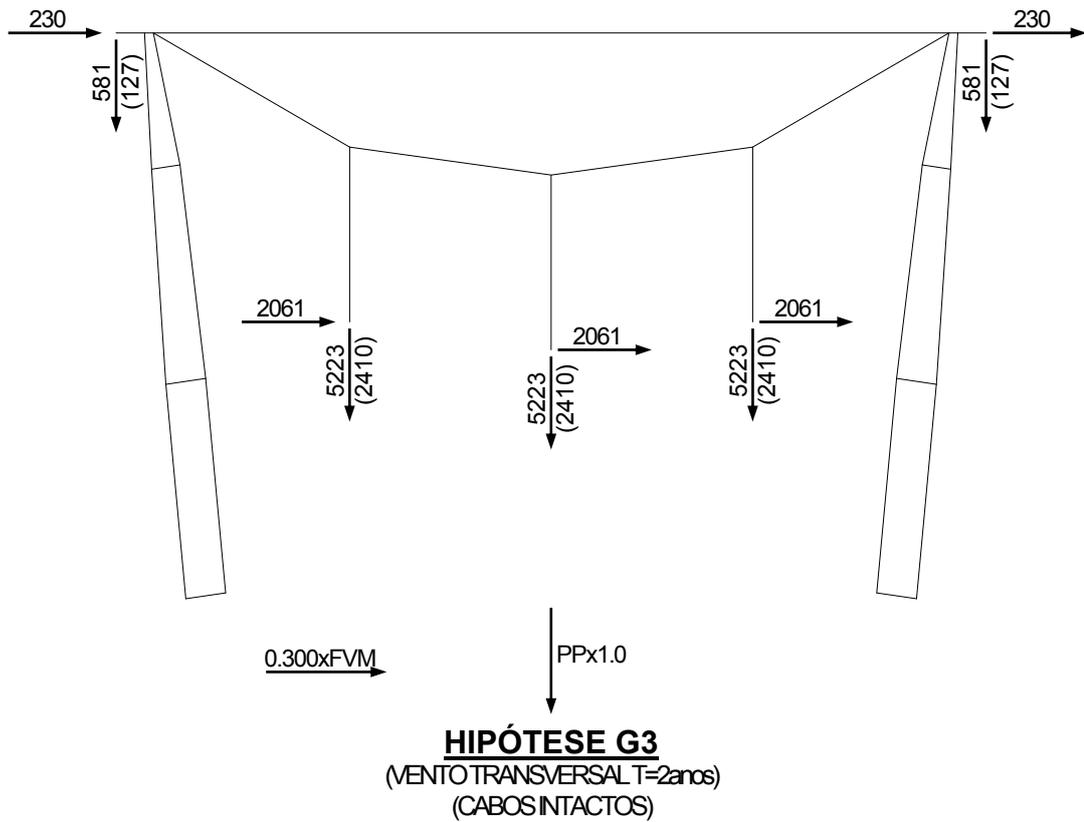
PPx1.0

HIPÓTESE G1
(SEM VENTO)
(EDS-ALINHAMENTO)

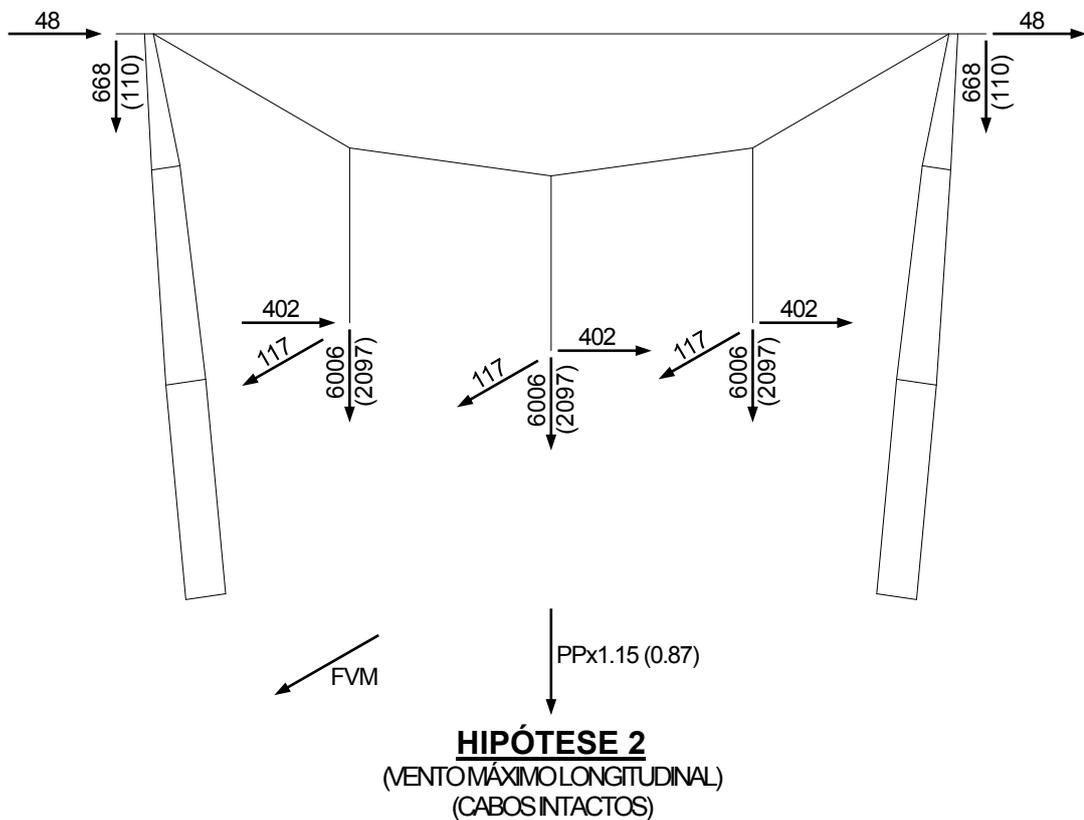
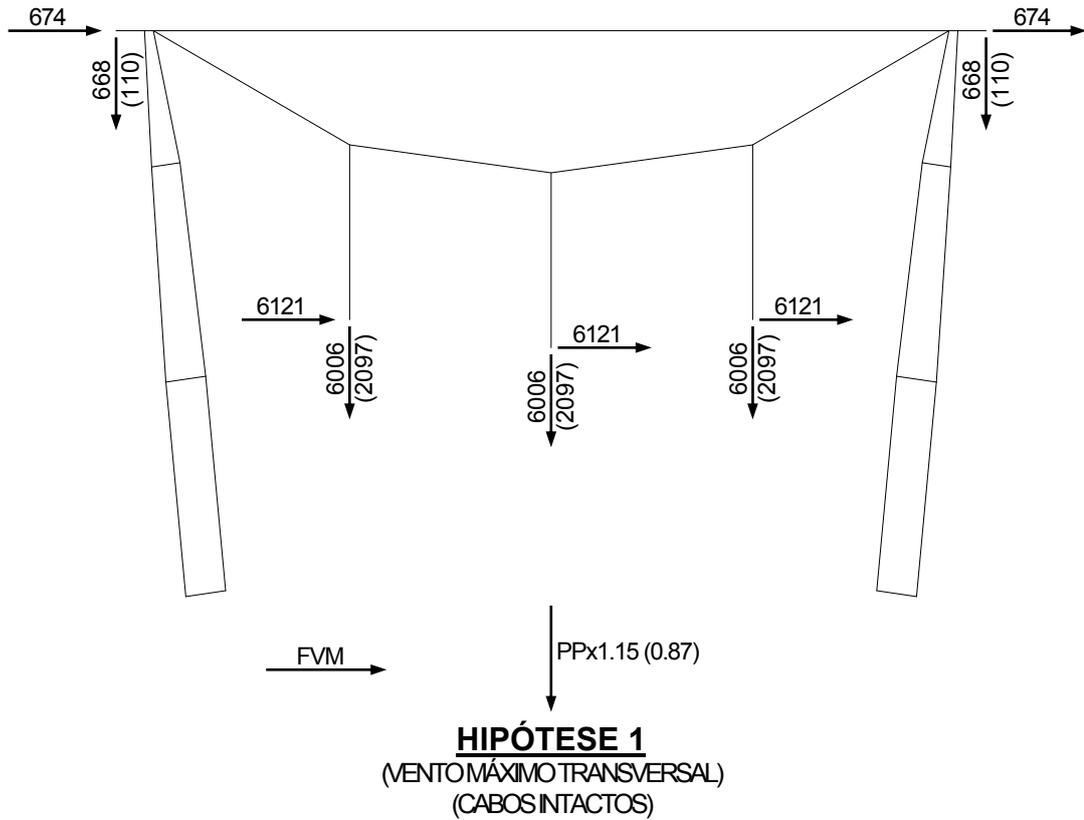


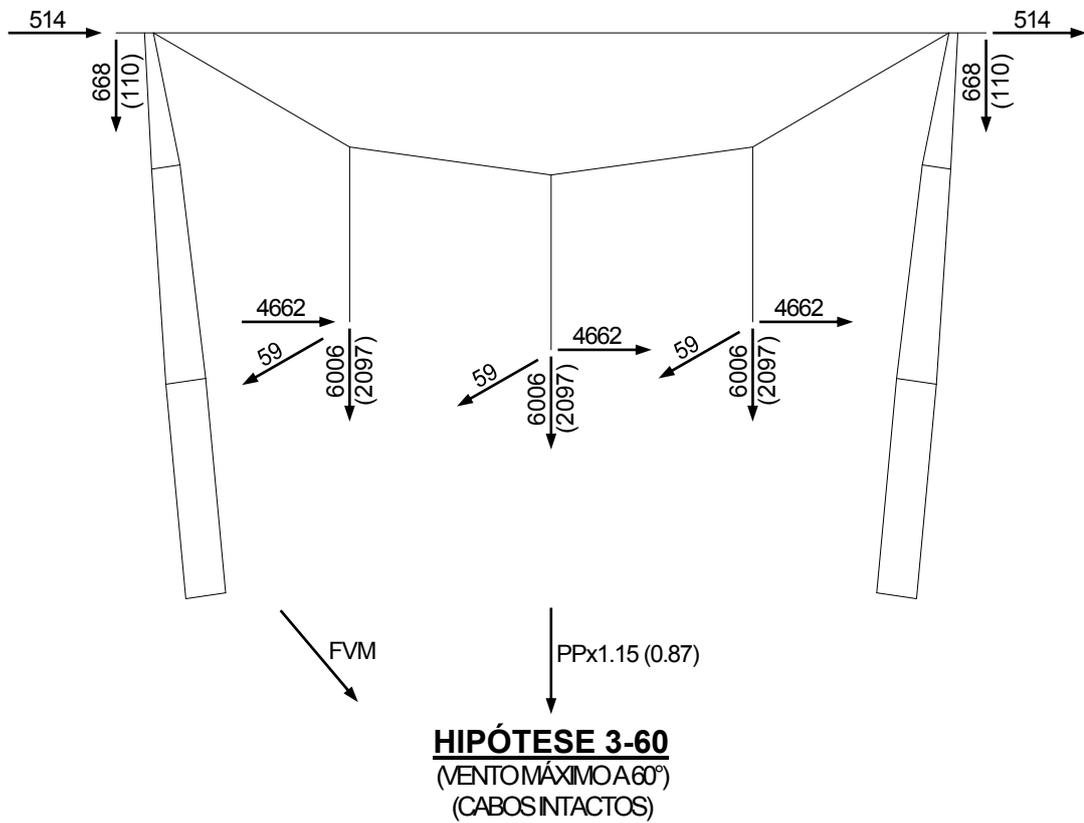
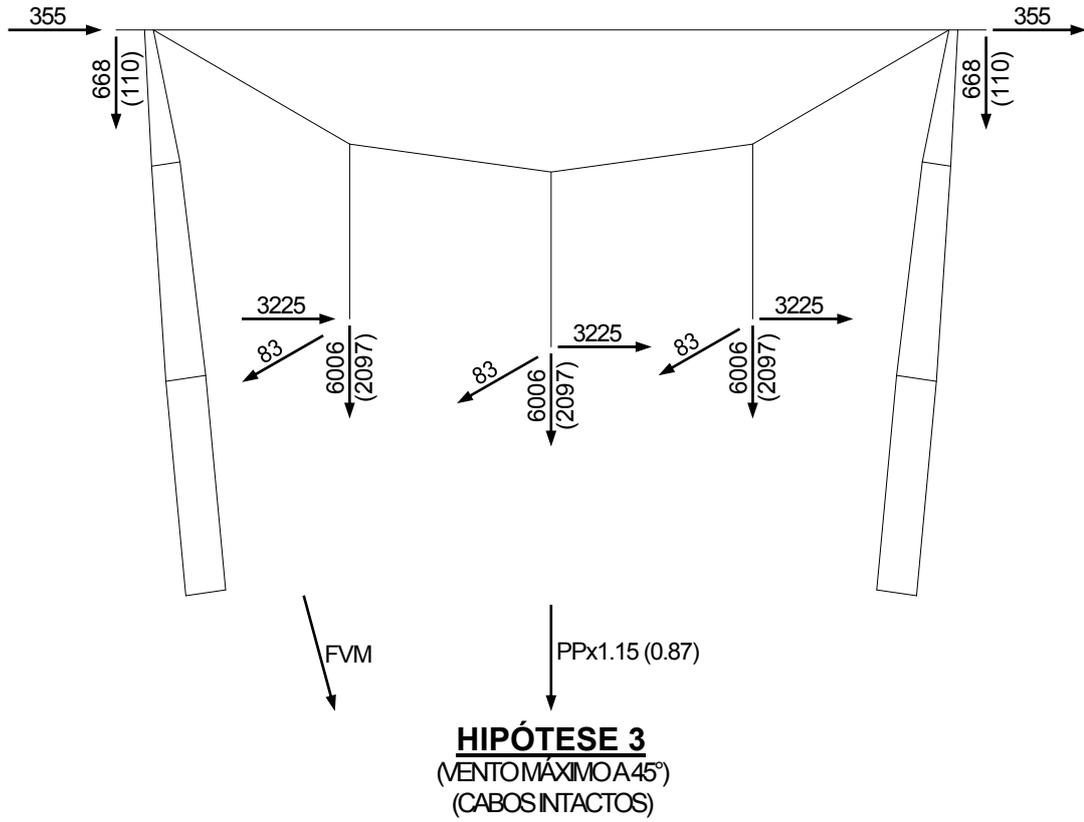
PPx1.0

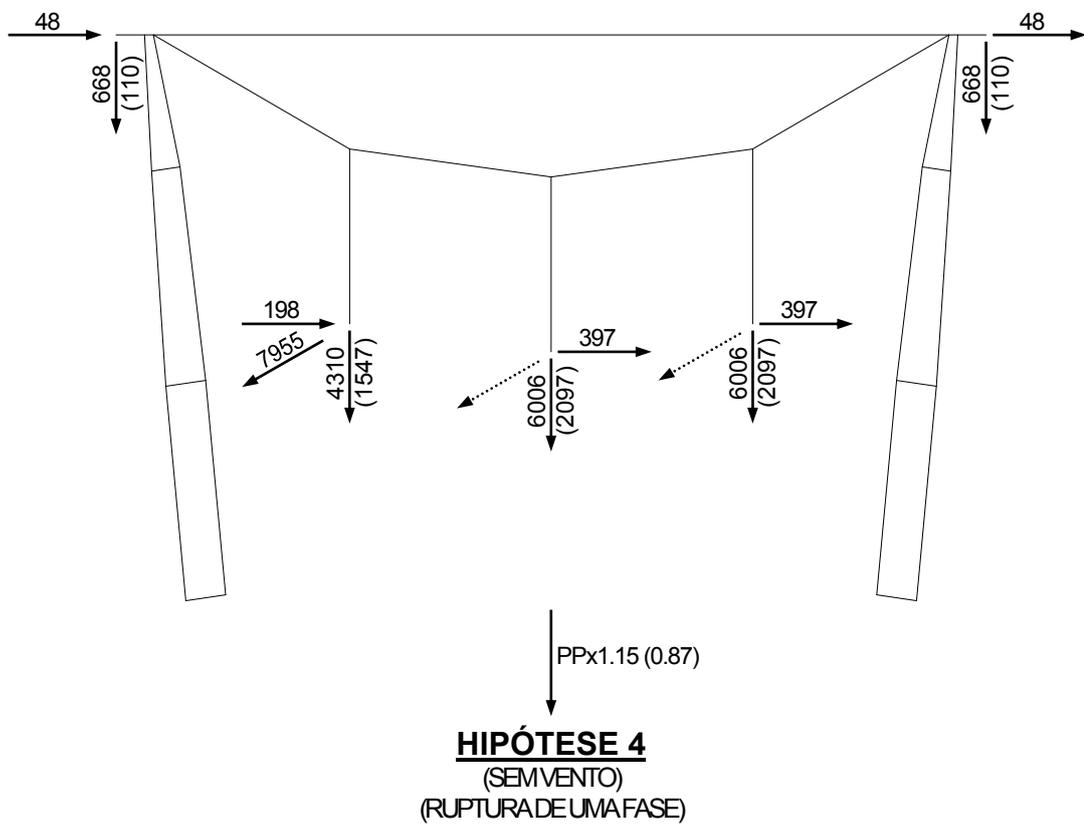
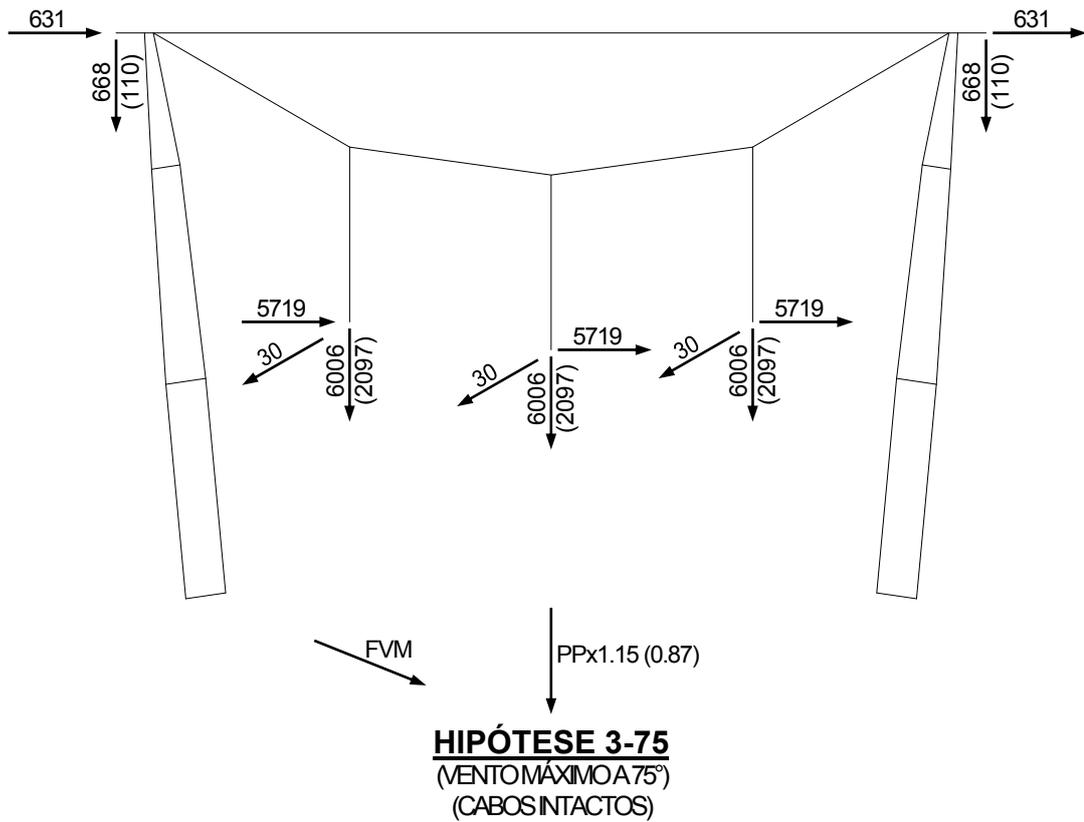
HIPÓTESE G2
(SEM VENTO)
(EDS-ÂNGULO MÁXIMO)

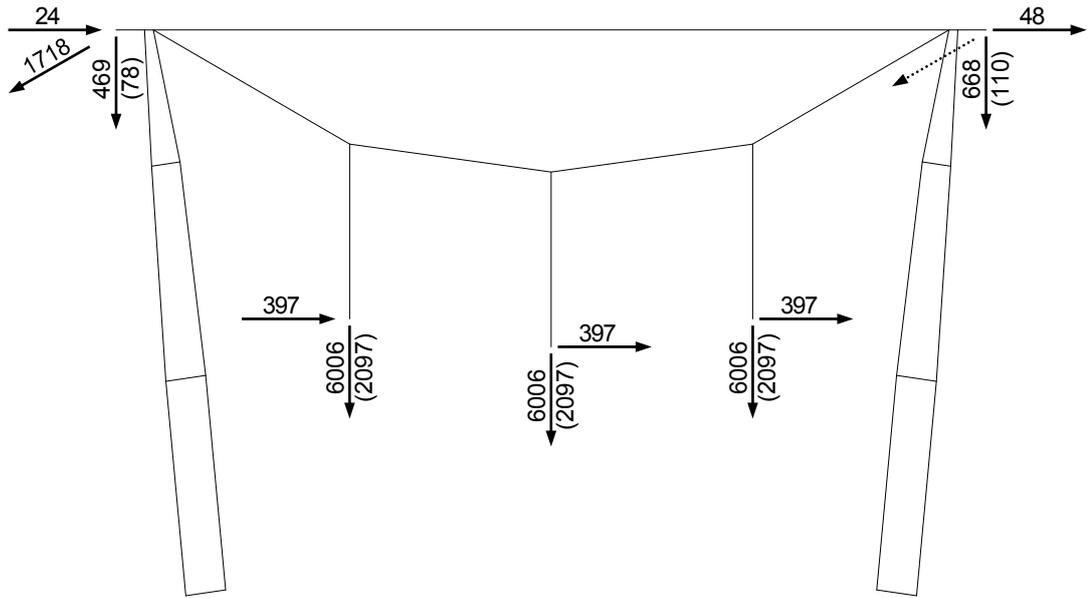


3.3 PARA DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL



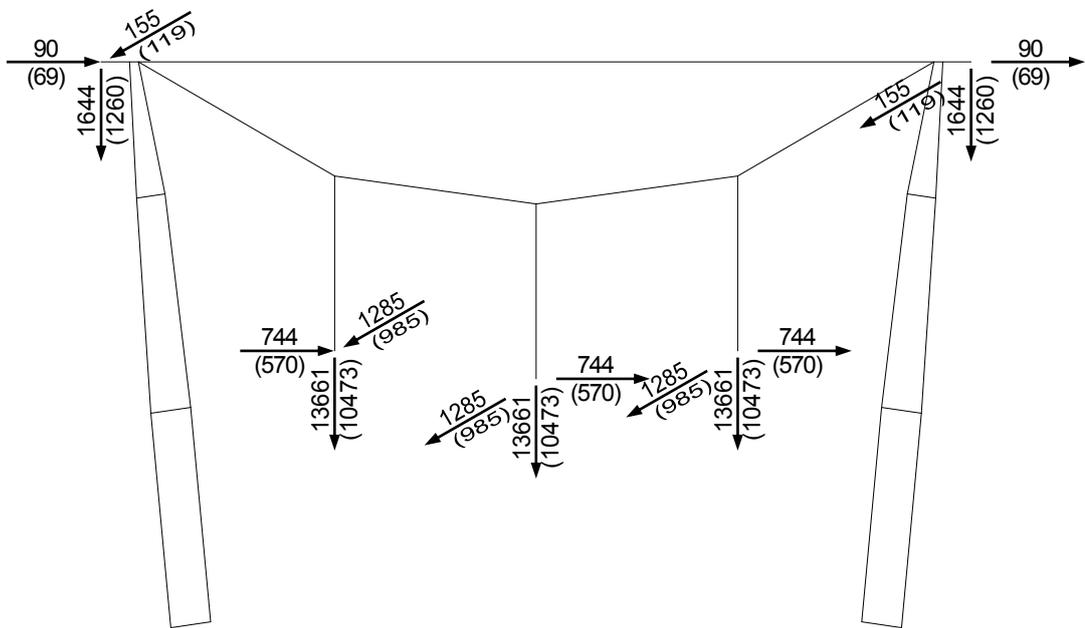






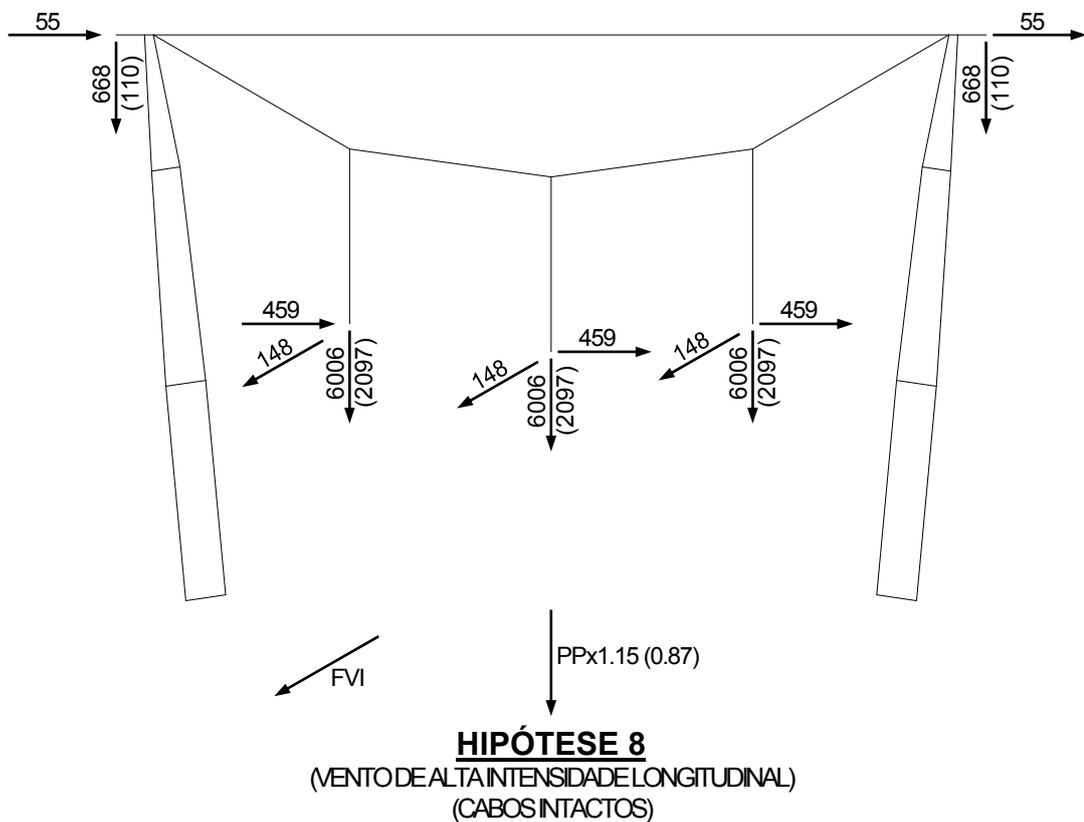
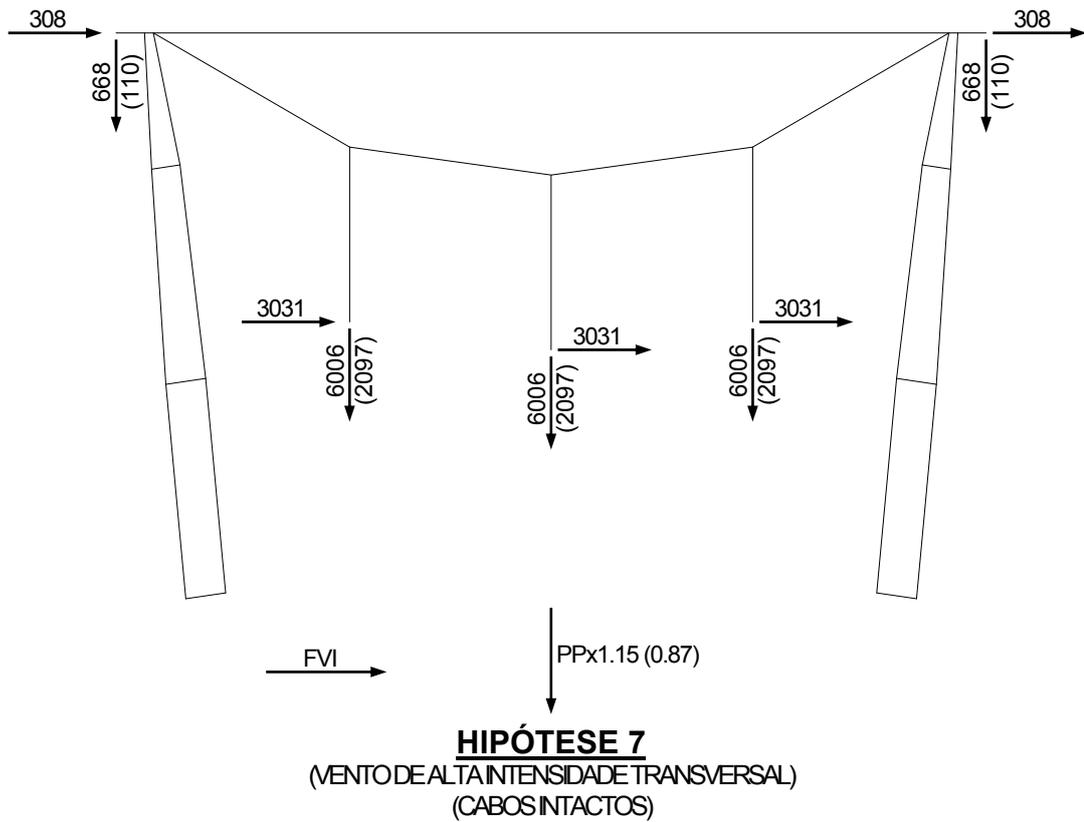
PPx1.15 (0.87)

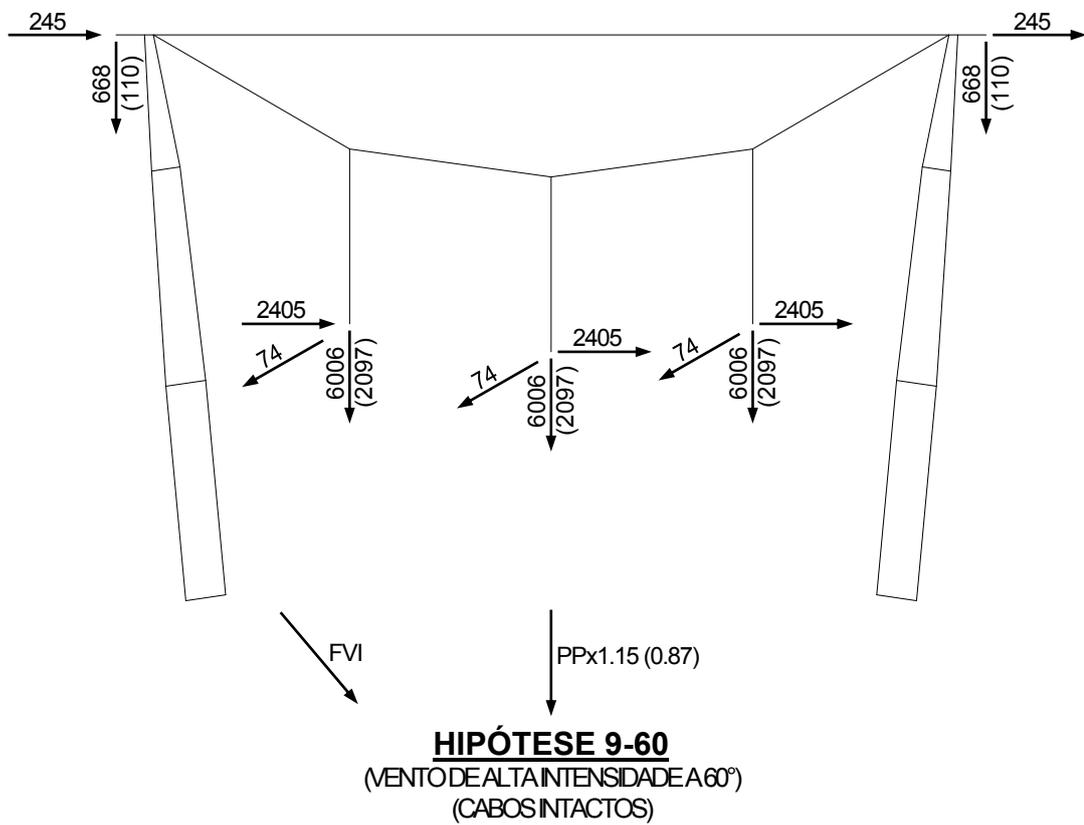
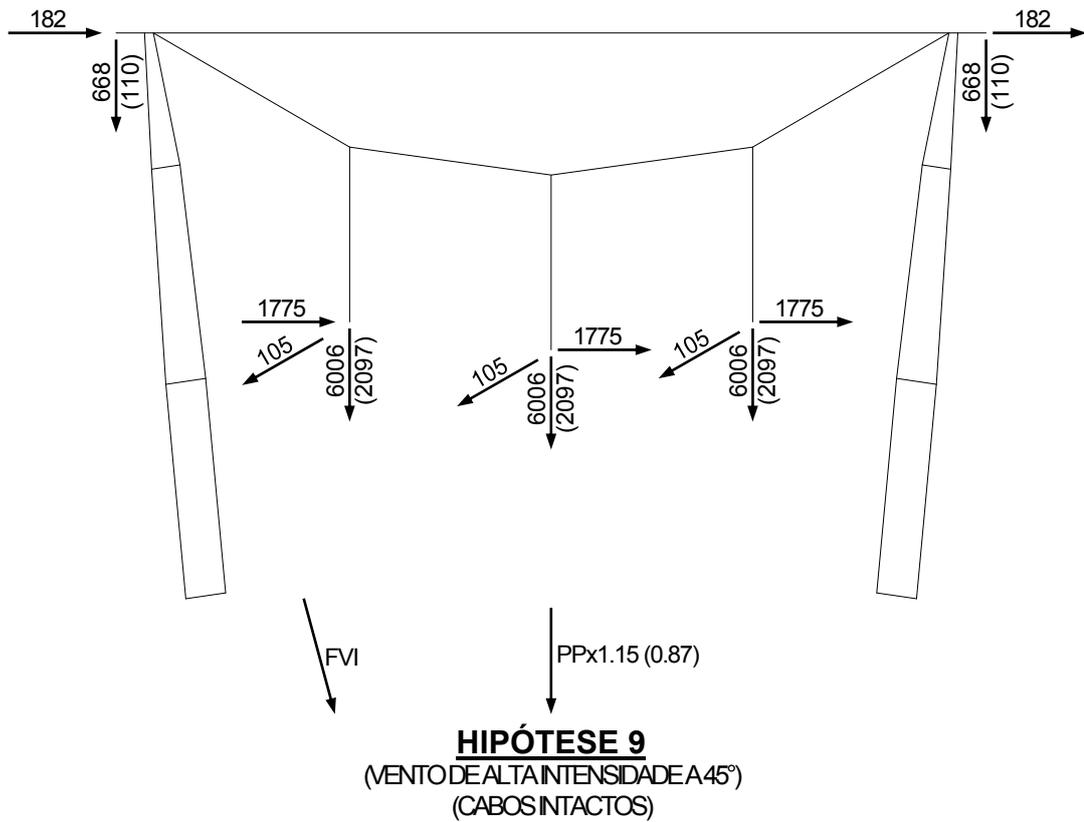
HIPÓTESE 5
(SEM VENTO)
(RUPTURA DE UM PÁRA-RAIOS)

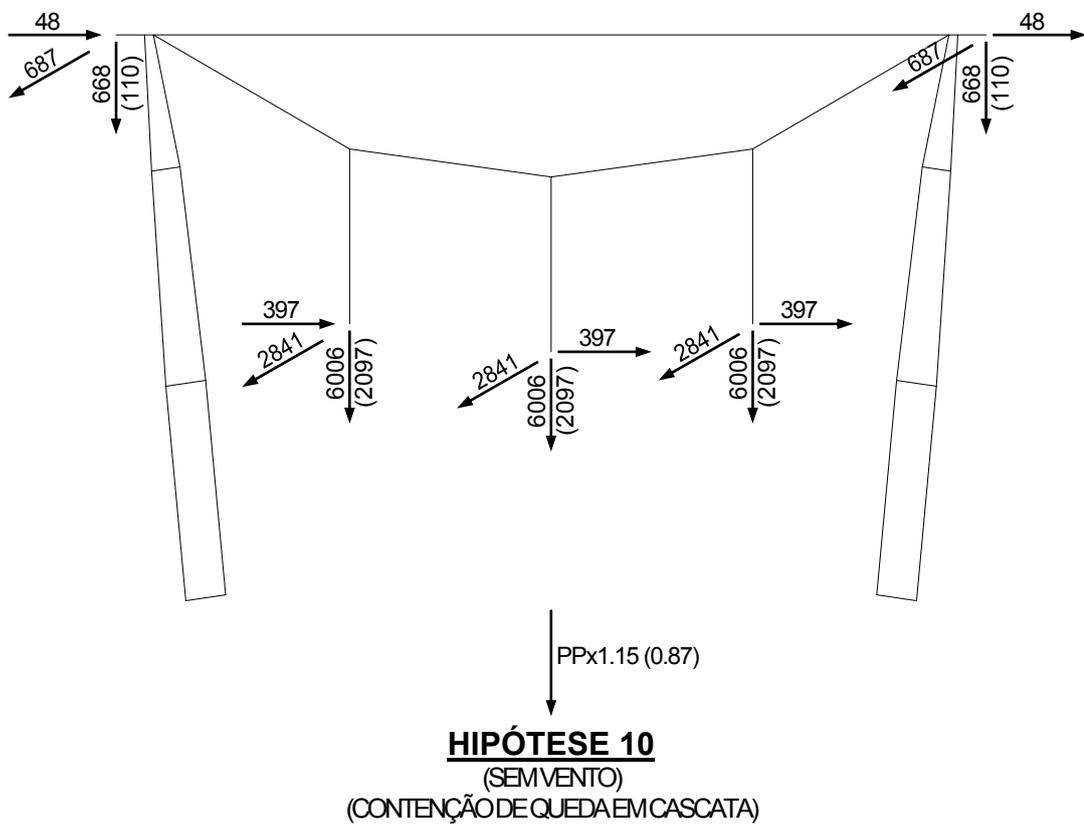
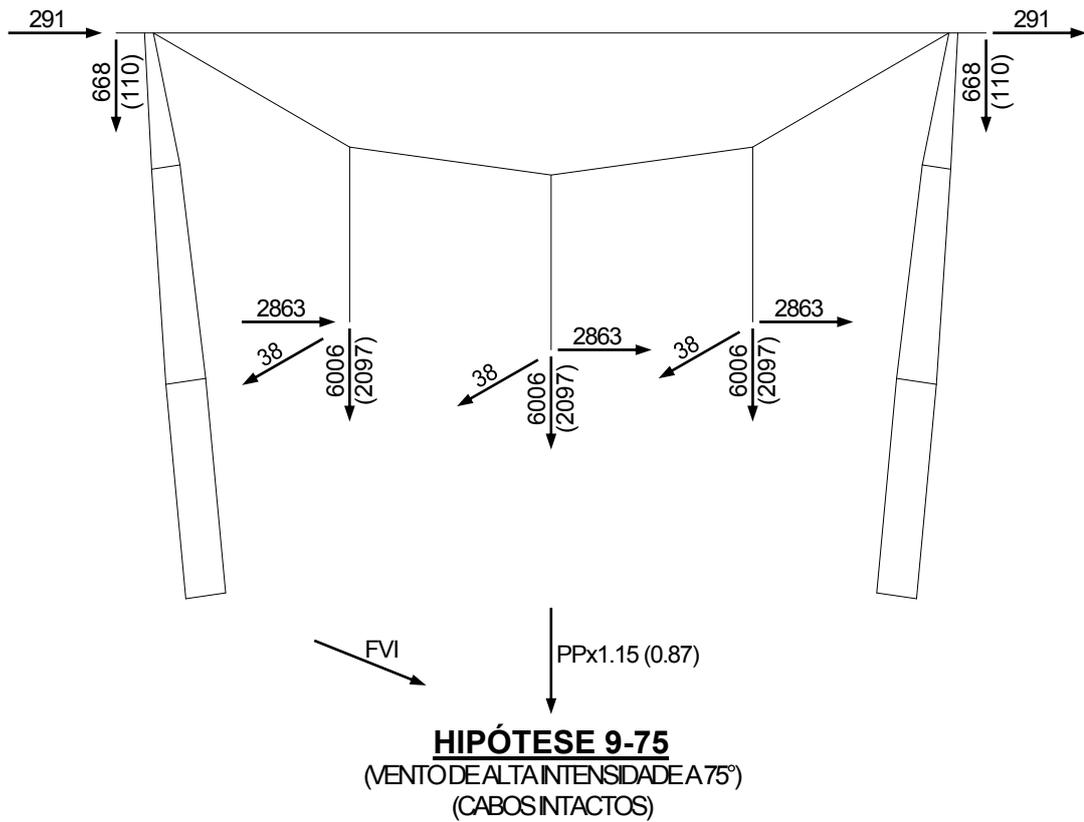


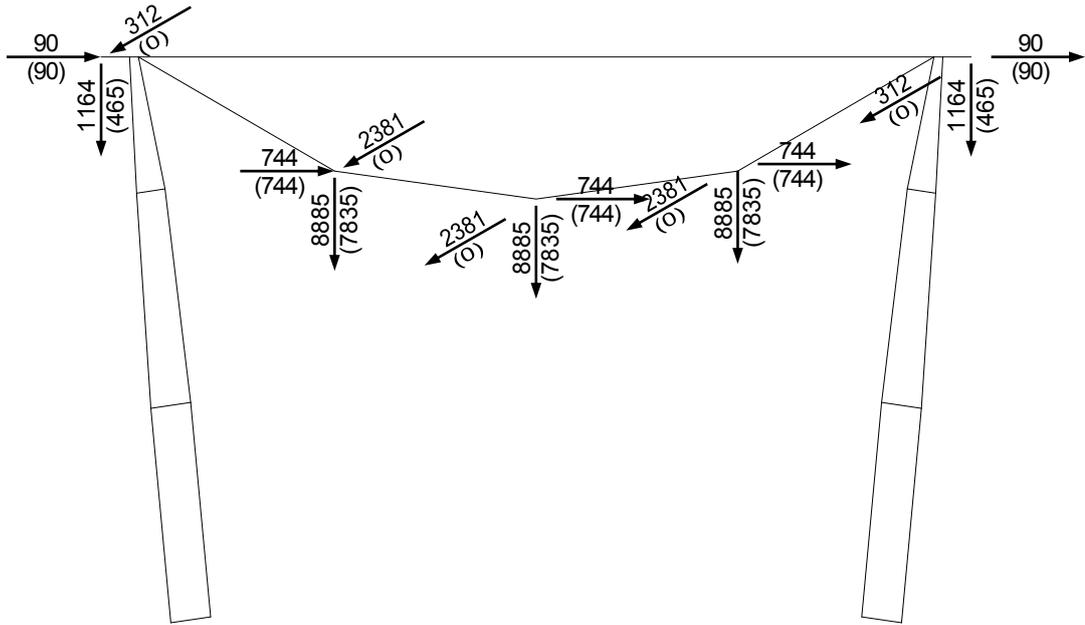
PPx1.15

HIPÓTESE 6
(SEM VENTO)
(CONSTRUÇÃO/MANUTENÇÃO)









PPx1.5

HIPÓTESE 11
(SEM VENTO)
(GRAMPEAMENTO)

3.4 NOTAS PARA ÁRVORES DE CARGA

- a) As árvores de carga apresentadas no item 3.2 são utilizadas somente para verificações dos espaçamentos elétricos nas silhuetas deslocadas da torre. Tais verificações estão apresentadas no desenho ENGETOWER nº 20.10-D3000/2.
- b) As árvores de carga apresentadas no item 3.3 representam as hipóteses de carga básicas consideradas no cálculo. Algumas destas hipóteses foram desdobradas para a análise estrutural, conforme se esclarece em notas subseqüentes.
- c) Cargas são últimas (incluem os respectivos fatores de sobrecarga) e estão em kgf.
- d) **FVM** indica a força devida à ação do vento máximo sobre a própria torre e **FVI** indica a força devida à ação do vento de alta intensidade. Para cálculo de **FVM** e **FVI**, ver páginas seguintes.
- e) **PP** indica o peso próprio da torre.
- f) **Hipóteses 4** (ruptura de uma fase): **e** na denominação da hipótese de carga indica carga longitudinal na fase da esquerda, **d** indica carga longitudinal na fase da direita e **m** indica carga longitudinal na fase central.
- g) **Hipóteses 5** (ruptura de um pára-raios): **e** na denominação da hipótese de carga indica carga longitudinal no PR da esquerda e **d** indica carga longitudinal no PR da direita.
- h) **Hipótese 6** (construção/manutenção):
OBS.: 1) Para cabos em lançamento, considerar cargas fora de parênteses na árvore de carga;
2) Para cabos lançados, considerar cargas entre parênteses na árvore de carga;
Ae : cargas de lançamento no PR esquerdo;
Ad : cargas de lançamento no PR direito;
Be : cargas de lançamento no PR esquerdo e PR direito lançado;
Bd : cargas de lançamento no PR direito e PR esquerdo lançado;
C : 2 PR's lançados;
De : 2 PR's lançados e lançamento da fase da esquerda;
Dd : 2 PR's lançados e lançamento da fase da direita;
Dm : 2 PR's lançados e lançamento da fase da central;
Eem : 2 PR's lançados, lançamento da fase da esquerda e fase central lançada;
Eed : 2 PR's lançados, lançamento da fase da esquerda e fase da direita lançada;
Eme : 2 PR's lançados, lançamento da fase central e fase da esquerda lançada;
Emd : 2 PR's lançados, lançamento da fase central e fase da direita lançada;
Ede : 2 PR's lançados, lançamento da fase da direita e fase da esquerda lançada;
Edm : 2 PR's lançados, lançamento da fase da direita e fase central lançada;
Fe : 2 PR's lançados, lançamento da fase da esquerda e demais fases lançadas;
Fm : 2 PR's lançados, lançamento da fase central e demais fases lançadas;
Fd : 2 PR's lançados, lançamento da fase da direita e demais fases lançadas;
G : 2 PR's e todas as fases lançados;
- i) **Hipóteses 11** (grampeamento):
OBS.: 1) Para cabos em grampeamento, considerar cargas fora de parênteses na árvore de carga;
2) Para cabos só lançados ou já grampeados, considerar cargas entre parênteses na árvore de carga;
Nos desdobramentos abaixo especificados, considerar cargas de cabos só lançados/já grampeados nos pontos onde não houver cabos em grampeamento:
Ae: cargas de grampeamento somente no PR esquerdo;
Ad: cargas de grampeamento somente no PR direito;
B : cargas de grampeamento somente nos 2 PR's;
Ce: cargas de grampeamento somente nos 2 PR's e na fase da esquerda;
Cd: cargas de grampeamento somente nos 2 PR's e na fase da direita;
Cm: cargas de grampeamento somente nos 2 PR's e na fase central;
De: sem as cargas de grampeamento da fase da esquerda;
Dd: sem as cargas de grampeamento da fase da direita;
Dm: sem as cargas de grampeamento da fase central;
E : todas as cargas de grampeamento aplicadas.
- i) **R** na denominação da hipótese de carga indica cargas verticais mínimas (valores entre parênteses nas árvores de carga).

4 CARGAS DEVIDAS AO VENTO SOBRE A TORRE

4.1 CARGAS DEVIDAS AO VENTO MÁXIMO SOBRE A TORRE

As cargas devidas à ação do vento máximo sobre a torre foram calculadas conforme metodologia da Publicação IEC/IR 60826, considerando-se a seguinte pressão dinâmica de referência:

- vento máximo: $q_0 = 35.7 \text{ kgf/m}^2$.

4.2 CARGAS DEVIDAS AO VENTO DE ALTA INTENSIDADE SOBRE A TORRE

As cargas devidas à ação do vento de alta intensidade sobre a torre foram calculadas com base na seguinte pressão dinâmica, constante ao longo da altura:

- vento de alta intensidade: $q_i = 112.8 \text{ kgf/m}^2$.

4.3 CARGAS DEVIDAS AO VENTO, POR MASTRO e POR PAINEL

Painel	H (m)	Ae (m ²)	Ab (m ²)	Ae/Ab	Ca	Gt	FW (kgf)	FWi (kgf)
1	54.884	0.85	2.00	0.42	2.16	2.53	166	207
		0.96	2.54	0.38	2.27		197	246
2	51.308	1.64	7.80	0.21	2.87	2.50	420	531
		1.64	7.80	0.21	2.87		420	531
3	45.347	1.76	9.00	0.20	2.92	2.46	451	580
		1.76	9.00	0.20	2.92		451	580
4	39.387	1.76	9.00	0.20	2.92	2.40	440	580
		1.76	9.00	0.20	2.92		440	580
5	33.427	1.76	9.00	0.20	2.92	2.35	431	580
		1.76	9.00	0.20	2.92		431	580
6	27.467	1.76	9.00	0.20	2.92	2.28	418	580
		1.76	9.00	0.20	2.92		418	580
7	21.507	1.76	9.00	0.20	2.92	2.20	404	580
		1.76	9.00	0.20	2.92		404	580
8	15.546	1.76	9.00	0.20	2.92	2.09	383	580
		1.76	9.00	0.20	2.92		383	580
9	9.586	1.44	8.00	0.18	3.00	1.95	301	487
		1.44	8.00	0.18	3.00		301	487
10	3.626	0.76	2.00	0.38	2.27	1.69	104	195
		0.76	2.00	0.38	2.27		104	195
11	37.003	0.85	2.00	0.42	2.16	2.38	156	207
		0.96	2.54	0.38	2.27		185	246
12	33.427	1.64	7.80	0.21	2.87	2.35	395	531
		1.64	7.80	0.21	2.87		395	531
13	27.467	1.76	9.00	0.20	2.92	2.28	418	580
		1.76	9.00	0.20	2.92		418	580
14	21.507	1.76	9.00	0.20	2.92	2.20	404	580
		1.76	9.00	0.20	2.92		404	580
15	15.546	1.76	9.00	0.20	2.92	2.09	383	580
		1.76	9.00	0.20	2.92		383	580
16	9.586	1.44	8.00	0.18	3.00	1.95	301	487
		1.44	8.00	0.18	3.00		301	487
17	3.626	0.76	2.00	0.38	2.27	1.69	104	195
		0.76	2.00	0.38	2.27		104	195

NOTAS:

- Para indicação dos painéis de vento, ver desenho ENGETOWER n° 20.10-D3000/1.
- A linha superior refere-se à face longitudinal da torre (vento transversal) e a linha inferior refere-se à face transversal da torre (vento longitudinal).
- H = altura sobre o solo.
- Gt = fator de rajada (para terreno com rugosidade B).
- Ae = área exposta ao vento para 1 mastro.
- Ab = área de contorno associada a Ae.
- Ca = coeficiente de arrasto (calculado com base na relação Ae/Ab).
- FW e FWi = componente transversal (FWT) ou longitudinal (FWL) das forças de vento FVM e FVI sobre 1 mastro
- $FW = q_0 \times Gt \times Ca \times Ae$, onde $q_0 = 35.7 \text{ kgf/m}^2$.
- $FWi = q_i \times Ca \times Ae$, onde $q_i = 112.8 \text{ kgf/m}^2$.
- As forças devidas à ação do vento sobre os estais não estão incluídas na tabela acima. Para o valor considerado para esta força, ver nota seguinte.
- FWe = força devida ao vento máximo sobre 1 estai:
116 kgf (torre H=43.5m) ou 74 kgf (torre H=25.5m)
FWei = força devida ao vento de alta intensidade sobre 1 estai:
156 kgf (torre H=43.5m) ou 104 kgf (torre H=25.5m).
- Forças devidas à ação do vento sobre cabos de suspensão das fases:
FWT = 0, FWL = 82.0 kgf; FWTi = 0, FWLi = 102.4 kgf
- Forças devidas à ação do vento sobre cabo de interligação dos mastros:
FWT = 0, FWL = 43.9 kgf; FWTi = 0, FWLi = 54.9 kgf

4.4 CARGAS DEVIDAS AO VENTO, POR MASTRO e POR NÍVEL

VENIO MÁXIMO (kgf)					
NÍVEL	VENIO a 90° (TRANSVERSAL)	VENIO a 0° (LONGITUDINAL)	VENIO a 45°	VENIO a 60°	VENIO a 75°
	FWT (FWL = 0)	(FWT = 0) FWL	FWT = FWL	FWT/FWL	FWT/FWL
1	83+116	99+116	77+84	87+100/50+58	85+112/23+30
2	293	309	255	296/171	298/80
3	436	436	370	434/250	442/118
4	446	446	378	444/256	452/121
5	436	436	370	434/250	442/118
6	425	425	360	423/244	431/115
7	411	411	349	409/236	417/112
8	394	394	334	392/226	399/107
9	342	342	290	341/197	347/93
10	203	203	172	202/116	205/55
11	52+116	52+116	44+84	52+100/30+58	53+112/14+30
12	78+74	93+74	72+52	81+64/47+37	80+71/21+19
13	276	290	240	278/160	280/75
14	407	407	345	405/234	412/110
15	411	411	349	409/236	417/112
16	394	394	334	392/226	399/107
17	342	342	290	341/197	347/93
18	203	203	172	202/116	205/55
19	52+74	52+74	44+52	52+64/30+37	53+71/14+19

VENIO DE ALTA INTENSIDADE (kgf)					
NÍVEL	VENIO a 90° (TRANSVERSAL)	VENIO a 0° (LONGITUDINAL)	VENIO a 45°	VENIO a 60°	VENIO a 75°
	FWT (FWL = 0)	(FWT = 0) FWL	FWT = FWL	FWT/FWL	FWT/FWL
1	104+156	123+156	96+112	108+135/62+78	106+151/28+40
2	369	389	321	372/215	376/101
3	556	556	471	553/319	563/151
4	580	580	492	578/334	588/158
5	580	580	492	578/334	588/158
6	580	580	492	578/334	588/158
7	580	580	492	578/334	588/158
8	580	580	492	578/334	588/158
9	534	534	453	531/307	541/145
10	341	341	289	340/196	346/93
11	98+156	98+156	83+112	97+135/56+78	99+151/26+40
12	104+104	123+104	96+74	108+90/62+52	106+100/28+27
13	369	389	321	372/215	376/101
14	556	556	471	553/319	563/151
15	580	580	492	578/334	588/158
16	580	580	492	578/334	588/158
17	534	534	453	531/307	541/145
18	341	341	289	340/196	346/93
19	98+104	98+104	83+74	97+90/56+52	99+100/26+27

NOTAS:

1. Para indicação dos níveis de vento, ver desenho ENGETOWER n° 20.10-D3000/1.
2. FWT = componente transversal das forças de vento FVM ou FVI.
FWL = componente longitudinal das forças de vento FVM ou FVI.

$$FWT = [1 + 0.2\text{sen}^2(2\theta)] \times (FW(V.TRANSV)\text{sen}^2\theta + FW(V.LONGIT)\text{cos}^2\theta) \times \text{sen}\theta$$

$$FWL = [1 + 0.2\text{sen}^2(2\theta)] \times (FW(V.TRANSV)\text{sen}^2\theta + FW(V.LONGIT)\text{cos}^2\theta) \times \text{cos}\theta$$
3. As forças indicadas referem-se a 1 mastro.
4. As forças indicadas nos níveis 1 e 11 (segunda parcela) correspondem à metade da carga devida à ação do vento sobre os estais na torre H=43.5m.
5. As forças indicadas nos níveis 12 e 19 (segunda parcela) correspondem à metade da carga devida à ação do vento sobre os estais na torre H=25.5m.

5 DIMENSIONAMENTO DE BARRAS E CONEXÕES

NOTAS:

- 1 - As forças máximas indicadas são últimas, ou seja, incluem os fatores de sobrecarga especificados.
- 2 - Aços estruturais: ASTM/A36.
ASTM/A572, grau 50 (indicado por ASTM A572).
ASTM/A572, grau 60 (indicado por ASTM A572*).
- 3 - Parafusos: ASTM/A394, tipo 0.
- 4 - Estais e cabos:
 - Estais: $\varnothing 1 \frac{1}{16}$ " (37 fios), com carga mínima de ruptura = 58000 kgf.
 - Cabo de Interligação dos Mastros: $\varnothing 5/8$ " (19 fios), com carga mínima de ruptura = 21000 kgf.
 - Cabo de Suspensão das Fases: $\varnothing 1 \frac{1}{8}$ " (37 fios), com carga mínima de ruptura = 68000 kgf.
- 5 - Módulo de elasticidade longitudinal:
 - Perfis e chapas: 2038894 kgf/cm².
 - Estais e cabos : 1500000 kgf/cm².
- 6 - Tensão de cisalhamento máxima nos parafusos: 2620 kgf/cm².
 - O valor acima foi estabelecido considerando-se que os parafusos estão permanentemente submetidos a uma carga de tração de cerca de 40% de sua carga de ruptura, tração esta produzida pelo torque com que são instalados.
 - Para a determinação da resistência ao cisalhamento dos parafusos, considerou-se rosca excluída da seção de corte.
- 7 - Tensão de esmagamento considerando bordas padrões ($F_p = 1.0833 \times F_u$):
 - Aço ASTM/A36: 4417 kgf/cm².
 - Aço ASTM/A572, grau 50: 4950 kgf/cm².
 - Aço ASTM/A572, grau 60: 5712 kgf/cm².
- 8 - Curvas de flambagem (dimensionamento à compressão): conforme "Design of Latticed Steel Transmission Structures" (Norma ASCE 10-15), itens 3.6 e 3.7.
- 9 - Área líquida (A_n) para o dimensionamento à tração:
 - Cantoneiras presas em uma só aba: $A_n = 0.90 \times (A_b - A_a)$.
 - Cantoneiras presas em ambas as abas: $A_n = A_b - A_a$.
 - onde:
 - A_b = Área bruta.
 - A_a = Área dos furos.
- 10 - Na análise estrutural, considerou-se que os estais estavam pré-tensionados com uma carga igual a 8% de sua carga mínima de ruptura (0.08 x de 58000 = 4640 kgf).
- 11 - No dimensionamento das barras e conexões, e também dos cabos (item 7) e do apoio da base dos mastros (item 8), adotou-se um coeficiente de minoração de resistências igual a 0.93, ou seja, as tensões e cargas admissíveis utilizadas foram obtidas multiplicando-se os valores limites pelo fator 0.93.

VERIFICACAO DOS PERFILADOS E LIGACOES

EQT4/EQT5 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO VICRL

CONVENCOES ADOTADAS

NB = DENOMINACAO DA BARRA
HIP = HIPOTESE DE CARREGAMENTO GOVERNANTE
FMAX= ESFORCO MAXIMO (KGF)
L = COMPRIMENTO DE FLAMBAGEM CRITICO (CM)
R = RAO DE GIRACAO CRITICO (CM)
A = AREA DA SECAO TRANSVERSAL (CM²)
ESB = ESBELITEZ CRITICA EFETIVA
C = CURVA DO ASCE P/ CORRECAO DA ESBELITEZ
TA = TENSAO ADMISSIVEL NA BARRA (KGF/CM²)
FA = ESFORCO ADMISSIVEL NA BARRA (KGF)
NP = NUMERO DE PARAFUSOS
D = DIAMETRO DO PARAFUSO (MM)
SD = CISCALHAMENTO DUPLO NO CORPO DO PARAFUSO (SECAO DUPLA)
FCA = FORCA DE CISCALHAMENTO ADMISSIVEL NA LIGACAO (KGF)
FEA = FORCA DE ESMAGAMENTO ADMISSIVEL NA LIGACAO (KGF)
EC = ESPESSURA DA CHAPA ADOTADA P/ CALCULO DE FEA (MM)
% = TAXAS MAXIMAS DE TRABALHO (%) - BARRA/LIGACAO

DVPL

EQT4/EQT5 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO VICRL

PAG. 1

VERIFICACAO DOS PERFILADOS E LIGACOES

NB	* HIP *	FMAX	* L *	BITOLA	* R *	A	*ESB*	C	* TA *	FA	*NP	D	SD*	FCA	* FEA/EC*	%
M1Ea	5d	-10347	63	1L75x75x6	1.48	8.72	81	3	2565	-22364	3	15.9		14514	15204	.46
	5d	7995		ASTIM-A572*		5.79			3923	22707					6.0	.71
M1Eb	5e	-14860	76	1L75x75x6	1.48	8.72	69	2	2958	-25794						.58
	5dR	3815		ASTIM-A572*		5.79			3923	22707						
M1Ec	3-75	-17571	76	1L75x75x6	1.48	8.72	51	1	3381	-29482						.60
	9-60R	3821		ASTIM-A572*		6.43			3923	25230						
M1Ed	3-60	-20586	76	1L75x75x6	1.48	8.72	51	1	3381	-29482						.70
	9-60R	4502		ASTIM-A572*		6.43			3923	25230						
M1Ee	3-60	-22514	76	1L75x75x6	1.48	8.72	51	1	3381	-29482						.76
	9-60R	4939		ASTIM-A572*		6.43			3923	25230						
M1Ia	6Fm	-32609	46	1L75x75x8	1.45	11.40	54	2	3328	-37941	8	15.9		38704	54059	.86
	8R	595		ASTIM-A572*		7.51			3923	29475					8.0	.84
M1Ib	6Fm	-27578	92	1L75x75x8	1.45	11.40	63	1	3095	-35288						.78
	8R	313		ASTIM-A572*		8.35			3923	32750						
M1Ic	6Fm	-24131	92	1L75x75x8	1.45	11.40	63	1	3095	-35288						.68
	8R	163		ASTIM-A572*		8.35			3923	32750						
M1Id	6Fm	-22042	92	1L75x75x8	1.45	11.40	63	1	3095	-35288						.62
	8R	68		ASTIM-A572*		8.35			3923	32750						
BP	1	-708	31	2L90x90x7	2.75	24.40	66	3	3037	-74112	2	15.9		9676	11825	.02
	5dR	1144		ASTIM-A572*		17.15			3923	67294					7.0	.12
Dlas	6Fm	28587	70	2L90x90x7	2.75	17.15	73	3	3923	67294	8	15.9		38704	47301	.42
				ASTIM-A572*											7.0	.74
Dlai	3-75	-7951	70	2L90x90x7	2.75	24.40	73	3	2836	-69190	3	15.9		14514	17738	.11
	9-60R	1805		ASTIM-A572*		17.15			3923	67294					7.0	.55
Dlb	9-60R	-1234	58	1L45x45x3	0.88	2.66	93	3	2018	-5368	3	12.7		9260	6072	.83
	9-60	5329		ASTIM-A572		1.97			3269	6425		Fp=1.25Fu			3.0	.88
Dlc	9-60	-4749	70	1L45x45x4	0.88	3.49	100	3	1848	-6449	2	12.7		6173	5398	.74
	9-60R	1085		ASTIM-A572		2.57			3269	8400		Fp=1.25Fu			4.0	.88
Dld	9-60R	-913	82	1L40x40x3	0.78	2.35	113	3	1476	-3468	2	12.7		6173	4210	.73
	9-60	4022		ASTIM-A572		1.69			3269	5513		Fp=1.30Fu			3.0	.96
Dle	9-60	-3036	78	1L40x40x3	0.78	2.35	110	3	1545	-3632	2	12.7		6173	3508	.84
	9-60R	687		ASTIM-A572		1.69			3269	5513					3.0	.87
Dlf	9-60R	-725	106	1L40x40x3	0.78	2.35	136	4	1013	-2380	2	12.7		6173	3508	.58
	9-60	3210		ASTIM-A572		1.69			3269	5513					3.0	.91

DVPL

EQT4/EQT5 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO VICRL

PAG. 2

VERIFICACAO DOS PERFILADOS E LIGACOES																								
NB	*	HIP	*	FMAX	*	L	*	BITOLA	*	R	*	A	*ESB*	C	*TA	*	FA	*NP	D	SD*	FCA	*	FEA/EC*	%
D1g		9-60		-2311		92		1L40x40x3		0.78		2.35	119	3	1321		-3105	2	12.7		6173		3508	.74
		9-60R		521				ASTIM-A572				1.69			3269		5513						3.0	.66
D1h		9-60R		-601		130		1L40x40x3		0.78		2.35	167	4	673		-1582	2	12.7		6173		3508	.48
		3-60		2649				ASTIM-A572				1.69			3269		5513						3.0	.76
Q1		9-60		-856		110		1L50x50x3		0.99		2.96	116	3	1400		-4145	2	12.7		6173		3508	.39
		9-60		2275				ASTIM-A572				1.81			3269		5907						3.0	.65
DQ1		5eR		-69		156		1L40x40x3		1.21		2.35	129	4	1125		-2644	1	12.7		3087		1754	.15
		6Fm		809				ASTIM-A572				1.69			3269		5513						3.0	.46
M2a		3-60		-22373		150		1L75x75x6		2.30		8.72	65	1	3049		-26584	6	12.7SD		37039		24288	.84
		9R		5696				ASTIM-A572*				6.82			3923		26736						6.0	.92
M2		9		-28778		150		1L90x90x6		2.76		10.60	54	1	2980		-31587	8	12.7SD		49386		32384	.91
		9R		9906				ASTIM-A572*				8.70			3923		34111						6.0	.89
D2a		9-75		-1211		135		1L40x40x3		0.78		2.35	173	4	624		-1467	1	12.7		3087		1754	.83
		9-75		1225				ASTIM-A572				1.69			3269		5513						3.0	.70
D2b		9-75		-1153		139		1L40x40x3		0.78		2.35	178	4	589		-1384	1	12.7		3087		1754	.83
		9-75		1137				ASTIM-A572				1.69			3269		5513						3.0	.66
D2c		9-75		-1078		144		1L40x40x3		0.78		2.35	185	4	549		-1289	1	12.7		3087		1754	.84
		9-75		1079				ASTIM-A572				1.69			3269		5513						3.0	.62
D2d		9-75		-1023		148		1L40x40x3		0.78		2.35	190	4	519		-1221	1	12.7		3087		1754	.84
		9-75		1014				ASTIM-A572				1.69			3269		5513						3.0	.58
D2e		9-75		-968		152		1L40x40x3		0.78		2.35	195	4	492		-1157	1	12.7		3087		1754	.84
		9-75		960				ASTIM-A572				1.69			3269		5513						3.0	.55
D2f		9-75		-915		157		1L45x45x3		0.88		2.66	178	4	588		-1563	1	12.7		3087		1754	.59
		9-75		912				ASTIM-A572				1.97			3269		6425						3.0	.52
D2g		9-75		-875		161		1L45x45x3		0.88		2.66	183	4	559		-1486	1	12.7		3087		1754	.59
		9-75		860				ASTIM-A572				1.97			3269		6425						3.0	.50
D2h		9-75		-823		165		1L45x45x3		0.88		2.66	188	4	532		-1415	1	12.7		3087		1754	.58
		9-75		831				ASTIM-A572				1.97			3269		6425						3.0	.47
Q2		7R		-226		150		1L50x50x3		0.99		2.96	152	4	815		-2411	1	12.7		3087		1754	.12
		9-60		694				ASTIM-A572				1.81			3269		5907						3.0	.40
DQ2		6Fm		351		212		1L40x40x3		1.21		1.69	175	4	3269		5513	1	12.7		3087		1754	.06
								ASTIM-A572															3.0	.20
M3		9		-35451		150		1L90x90x7		2.75		12.20	55	1	3311		-40399	8	12.7SD		49386		37782	.88
		9R		15147				ASTIM-A572*				9.98			3923		39143						7.0	.94

DVPL

EQT4/EQT5 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO VICRL

PAG. 3

VERIFICACAO DOS PERFILADOS E LIGACOES

NB	* HIP *	FMAX	* L *	BITOLA	* R *	* A *	*ESB*	C *	TA *	FA	*NP	D	SD*	FCA	* FEA/EC*	%
D3	9-75	-1147	168	1L45x45x3	0.88	2.66	191	4	513	-1365	1	12.7	3087	1754	.84	
	9-75	1150	ASTIM-A572	1.97						3269				6425		3.0
Q3	9-60	-184	150	1L50x50x3	0.99	2.96	152	4	815	-2411	1	12.7	3087	1754	.08	
	7	167	ASTIM-A572	1.81						3269				5907		3.0
DQ3	9	-62	212	1L40x40x3	1.21	2.35	175	4	609	-1432	1	12.7	3087	1754	.04	
	9	70	ASTIM-A572	1.69						3269				5513		3.0
M4	9	-39734	150	1L90x90x8	2.74	13.90	55	1	3307	-45966	8	12.7SD	49386	43179	.86	
	9R	18629	ASTIM-A572*	11.36						3923				44567		8.0
D4	9-75	-742	168	1L45x45x3	0.88	2.66	191	4	513	-1365	1	12.7	3087	1754	.54	
	9-75	730	ASTIM-A572	1.97						3269				6425		3.0
Q4	9-60	-191	150	1L50x50x3	0.99	2.96	152	4	815	-2411	1	12.7	3087	1754	.08	
	7	165	ASTIM-A572	1.81						3269				5907		3.0
DQ4	9	-93	212	1L40x40x3	1.21	2.35	175	4	609	-1432	1	12.7	3087	1754	.06	
	9	75	ASTIM-A572	1.69						3269				5513		3.0
M5	9	-36411	150	1L90x90x7	2.75	12.20	55	1	3311	-40399	8	12.7SD	49386	37782	.90	
	9R	14678	ASTIM-A572*	9.98						3923				39143		7.0
D5	8	-1156	168	1L45x45x3	0.88	2.66	191	4	513	-1365	1	12.7	3087	1754	.85	
	8	1159	ASTIM-A572	1.97						3269				6425		3.0
M6a	9-60	-23637	150	1L75x75x6	2.30	8.72	65	1	3049	-26584	8	12.7SD	49386	32384	.89	
	9R	5081	ASTIM-A572*	6.82						3923				26736		6.0
M6	9	-30016	150	1L75x75x8	2.28	11.40	66	1	3033	-34579	8	12.7SD	49386	43179	.87	
	9R	9251	ASTIM-A572*	8.86						3923				34759		8.0
D6a	8	-1186	135	1L40x40x3	0.78	2.35	173	4	624	-1467	1	12.7	3087	1754	.81	
	8	1204	ASTIM-A572	1.69						3269				5513		3.0
D6b	8	-1129	139	1L40x40x3	0.78	2.35	178	4	589	-1384	1	12.7	3087	1754	.82	
	8	1113	ASTIM-A572	1.69						3269				5513		3.0
D6c	8	-1051	144	1L40x40x3	0.78	2.35	185	4	549	-1289	1	12.7	3087	1754	.82	
	8	1052	ASTIM-A572	1.69						3269				5513		3.0
D6d	8	-995	148	1L40x40x3	0.78	2.35	190	4	519	-1221	1	12.7	3087	1754	.82	
	8	983	ASTIM-A572	1.69						3269				5513		3.0
D6e	9-75	-936	152	1L40x40x3	0.78	2.35	195	4	492	-1157	1	12.7	3087	1754	.81	
	8	931	ASTIM-A572	1.69						3269				5513		3.0
D6f	9-75	-886	157	1L45x45x3	0.88	2.66	178	4	588	-1563	1	12.7	3087	1754	.57	
	9-75	881	ASTIM-A572	1.97						3269				6425		3.0

DVPL

EQI4/EQI5 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO VICRL

PAG. 4

VERIFICACAO DOS PERFILADOS E LIGACOES

NB	* HIP *	FMAX	* L *	BITOLA	* R *	* A *	*ESB*	C	* TA *	FA	*NP	D	SD*	FCA	* FEA/EC*	%
D6g	9-75	-845	161	1L45x45x3	0.88	2.66	183	4	559	-1486	1	12.7		3087	1754	.57
	9-75	831		ASTIM-A572					1.97	3269					6425	3.0
D6h	9-75	-795	165	1L45x45x3	0.88	2.66	188	4	532	-1415	1	12.7		3087	1754	.56
	9-75	802		ASTIM-A572					1.97	3269					6425	3.0
Q6	7R	-212	150	1L50x50x3	0.99	2.96	152	4	815	-2411	1	12.7		3087	1754	.12
	9-60	724		ASTIM-A572					1.81	3269					5907	3.0
DQ6	6Fm	361	212	1L40x40x3 ASTIM-A572	1.21	1.69	175	4	3269	5513	1	12.7		3087	1754	.07
M7	9-60	-24167	107	1L75x75x6	2.30	8.72	47	1	3478	-30329	10	12.7		30866	40480	.80
	9-60R	4278		ASTIM-A572*					6.82	3923					26736	6.0
Q7	7R	-353	110	1L50x50x3	0.99	2.96	116	3	1400	-4145	2	12.7		6173	3508	.35
	9-60	2051		ASTIM-A572					1.81	3269					5907	3.0
DQ7	6Fm	1275	156	1L40x40x3 ASTIM-A572	1.21	1.69	129	4	3269	5513	1	12.7		3087	1754	.23
ME	9	-41457	150	1L90x90x8	2.74	13.90	55	1	3307	-45966	8	12.7SD		49386	43179	.90
	9R	19929		ASTIM-A572*					11.36	3923					44567	8.0
DE	9-75	-726	168	1L45x45x3	0.88	2.66	191	4	513	-1365	1	12.7		3087	1754	.53
	9-75	714		ASTIM-A572					1.97	3269					6425	3.0
QE	9-60	-195	150	1L50x50x3	0.99	2.96	152	4	815	-2411	1	12.7		3087	1754	.08
	7	165		ASTIM-A572					1.81	3269					5907	3.0
DQE	9	-103	212	1L40x40x3	1.21	2.35	175	4	609	-1432	1	12.7		3087	1754	.07
	9	85		ASTIM-A572					1.69	3269					5513	3.0

Verificação à flexão da barra de fixação do cabo pára-raios (Barra BP):

* Perfil: 2L90x90x7 - ASTM A572*

$$A = \text{área} = 2 \times 12.20 = 24.40 \text{ cm}^2$$

$$W = \text{módulo de rigidez à flexão} = 2 \times 14.10 = 28.20 \text{ cm}^3$$

* Verificação para a hipótese 5:

$$f_b < 24 / 24.40 + (469 + 1718) \times 39.5 / 28.20 = 3064 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times 4218 = 3923 \text{ kgf/cm}^2$$

* Verificação para a hipótese 6:

$$f_b < 90 / 24.40 + (1644 + 155) \times 39.5 / 28.20 = 2524 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times 4218 = 3923 \text{ kgf/cm}^2$$

6 CARGAS ÚLTIMAS SOBRE FUNDAÇÕES DOS MASTROS

-1-

EQT4/EQT5 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO VICRL

CARGAS SOBRE FUNDACAO

FORMACAO DAS ALTURAS DE TORRE

1 = H=43.5m

2 = H=25.5m

AS CARGAS A SEGUIR APRESENTADAS NAO INCLUEM QUALQUER FATOR ADICIONAL DE SOBRECARGA ESPECIFICO PARA FUNDACOES

-2-

EQT4/EQT5 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO VICRL

RESUMO DAS CARGAS ULTIMAS MAXIMAS SOBRE FUNDACOES - SISTEMA OBLIQUO

NOTAS :

- 1 - Cargas em (kgf).
- 2 - Sistema de referencia :
 - * VM - indica forca na direcao do eixo do mastro.
 - * TM - indica forca horizontal transversal que atua com VM.
 - * LM - indica forca horizontal longitudinal que atua com VM.
- 3 - Para a forca VM, o sinal "-" indica forca de compressao.
- 4 - As cargas sao ultimas (incluem os fatores de sobrecarga especificados para o calculo da estrutura, mas nao incluem qualquer fator adicional de sobrecarga especifico para fundacoes).

CARGAS COM VERTICAL DE COMPRESSAO

Hip.= 6Fm	TM=	-1078	VM=	-83387	LM=	-135	COMB.=	2
Hip.= 9-75	TM=	2757	VM=	-34215	LM=	634	COMB.=	1
Hip.= 8R	TM=	192	VM=	-19679	LM=	2370	COMB.=	1
Hip.= 9	TM=	2397	VM=	-38104	LM=	1969	COMB.=	1
Hip.= 6Fe	TM=	-1045	VM=	-82732	LM=	-139	COMB.=	2
Hip.= 6Fd	TM=	-1038	VM=	-81600	LM=	-127	COMB.=	2
Hip.= 6Fm	TM=	-1065	VM=	-80469	LM=	-128	COMB.=	1
Hip.= 6Fe	TM=	-1036	VM=	-79920	LM=	-132	COMB.=	1
Hip.= 9	TM=	1394	VM=	-57615	LM=	1919	COMB.=	1
Hip.= 9-60	TM=	1691	VM=	-60544	LM=	1297	COMB.=	1

-3-

EQT4/EQT5 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO VICRL

RESUMO DAS CARGAS ULTIMAS MAXIMAS SOBRE FUNDACOES - SISTEMA RETANGULAR

NOTAS :

- 1 - Cargas em (kgf).
- 2 - Sistema de referencia :
 - * V - indica forza vertical.
 - * T - indica forza horizontal transversal que atua com V.
 - * L - indica forza horizontal longitudinal que atua com V.
- 3 - Para a forza V, o sinal "-" indica forza de compressao.
- 4 - As cargas sao ultimas (incluem os fatores de sobrecarga especificados para o calculo da estrutura, mas nao incluem qualquer fator adicional de sobrecarga especifico para fundacoes).

CARGAS COM VERTICAL DE COMPRESSAO

Hip.= 6Fm	T =	8506	V =	-82834	L =	-135	COMB.=	2
Hip.= 1	T =	9120	V =	-73269	L =	0	COMB.=	1
Hip.= 8R	T =	-2070	V =	-19549	L =	2370	COMB.=	1
Hip.= 9-60	T =	8650	V =	-60143	L =	1297	COMB.=	1
Hip.= 6Fe	T =	8463	V =	-82183	L =	-139	COMB.=	2
Hip.= 6Fd	T =	8340	V =	-81059	L =	-127	COMB.=	2
Hip.= 6Fm	T =	8184	V =	-79936	L =	-128	COMB.=	1
Hip.= 6Fe	T =	8149	V =	-79391	L =	-132	COMB.=	1
Hip.= 3-75	T =	9000	V =	-71691	L =	408	COMB.=	1

7 DIMENSIONAMENTO DOS CABOS E DE SUAS CONEXÕES À TORRE

7.1 ESTAIS

1 - CARACTERÍSTICAS DOS ESTAIS

Cordoalha galvanizada de aço, com pré-esticamento.

- Diâmetro : 1 1/16"
- Formação : 37 fios
- Carga de ruptura mínima: 58000 kgf

2 - VERIFICAÇÃO DOS ESTAIS

E = força máxima de tração nos estais

- torre H=43.5m: E-2 = 35180 kgf (Hip. 6Fm)

- torre H=25.5m: E-3 = 37872 kgf (Hip. 6Fm)

% = taxa de trabalho = $37872 / [0.93 \times (0.75 \times 58000)] = 0.936 \leq 1.000$

3 - VERIFICAÇÃO DAS CONEXÕES DOS ESTAIS À TORRE

Chapa 25.0 mm - ASTM A572 grau 50 (Borda mínima para $F_p = 1.25 \times F_u$)

Manilha com pino Ø31.8 mm - Carga mínima de ruptura = 58000 kgf

a) Esmagamento na chapa de fixação da manilha

$$f_p = 37872 / (3.18 \times 2.50) = 4764 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times (1.25 \times 4570) = 5313 \text{ kgf/cm}^2$$

b) Tração na chapa

borda lateral mínima da chapa: 50 mm

$$f_t < 37872 / [(2 \times 5.0 - 3.5) \times 2.50] = 2331 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times 3515 = 3269 \text{ kgf/cm}^2$$

4 - RESISTÊNCIAS MÍNIMAS DAS FERRAGENS DOS ESTAIS E DAS HASTES DE ÂNCORA

- Carga de ruptura mínima : 58000 kgf

- Carga mínima sem deformação permanente: 37872 kgf

7.2 CABO DE INTERLIGAÇÃO DOS MASTROS

1 - CARACTERÍSTICAS DO CABO

Cordoalha galvanizada de aço, com pré-esticamento.

- Diâmetro : 5/8"
- Formação : 19 fios
- Carga de ruptura mínima: 21000 kgf

2 - VERIFICAÇÃO DO CABO

E_l = força máxima de tração no cabo = 4849 (Hip. 6Bd)

% = taxa de trabalho = $4849 / [0.93 \times (0.65 \times 21000)] = 0.382 \leq 1.000$

3 - VERIFICAÇÃO DAS CONEXÕES DO CABO À TORRE

2 esp. 12.7 mm - ASTM A572, grau 50 (Borda mínima para $F_p = 1.0833 \times F_u$)

Ferragem com pino Ø19.1 mm - Carga mínima de ruptura = 21000 kgf

a) Esmagamento na chapa de fixação da ferragem

$$f_p = 4849 / (1.91 \times 2.54) = 1000 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times (1.0833 \times 4570) = 4604 \text{ kgf/cm}^2$$

b) Tração na chapa

borda lateral mínima da chapa: 30 mm

$$f_t < 4849 / [(2 \times 3.0 - 2.22) \times 2.54] = 505 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times 3515 = 3269 \text{ kgf/cm}^2$$

4 - RESISTÊNCIAS MÍNIMAS DAS FERRAGENS ASSOCIADAS A ESTE CABO

- Carga de ruptura mínima : 21000 kgf
- Carga mínima sem deformação permanente: 4849 kgf

7.3 CABO DO CONJUNTO DE SUSPENSÃO DAS FASES

1 - CARACTERÍSTICAS DO CABO

Cordoalha galvanizada de aço, com pré-esticamento.

- Diâmetro : 1 1/8"
- Formação : 37 fios
- Carga de ruptura mínima: 68000 kgf

2 - VERIFICAÇÃO DO CABO

E4 = força máxima de tração no trecho central = 36173 (Hip. 6Fm)

E5 = força máxima de tração no trecho lateral = 40146 (Hip. 6Fm)

% = taxa de trabalho = $40146 / [0.93 \times (0.75 \times 68000)] = 0.977 \leq 1.000$

3 - VERIFICAÇÃO DAS CONEXÕES DO CABO À TORRE

2 esp. 12.7 mm - ASTM A572, grau 50 (Borda mínima para $F_p = 1.25 \times F_u$)

Ferragem com pino Ø31.8 mm - Carga mínima de ruptura = 68000 kgf

a) Esmagamento na chapa de fixação da ferragem

$$f_p = 40146 / (3.18 \times 2.54) = 4970 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times (1.25 \times 4570) = 5313 \text{ kgf/cm}^2$$

b) Tração na chapa

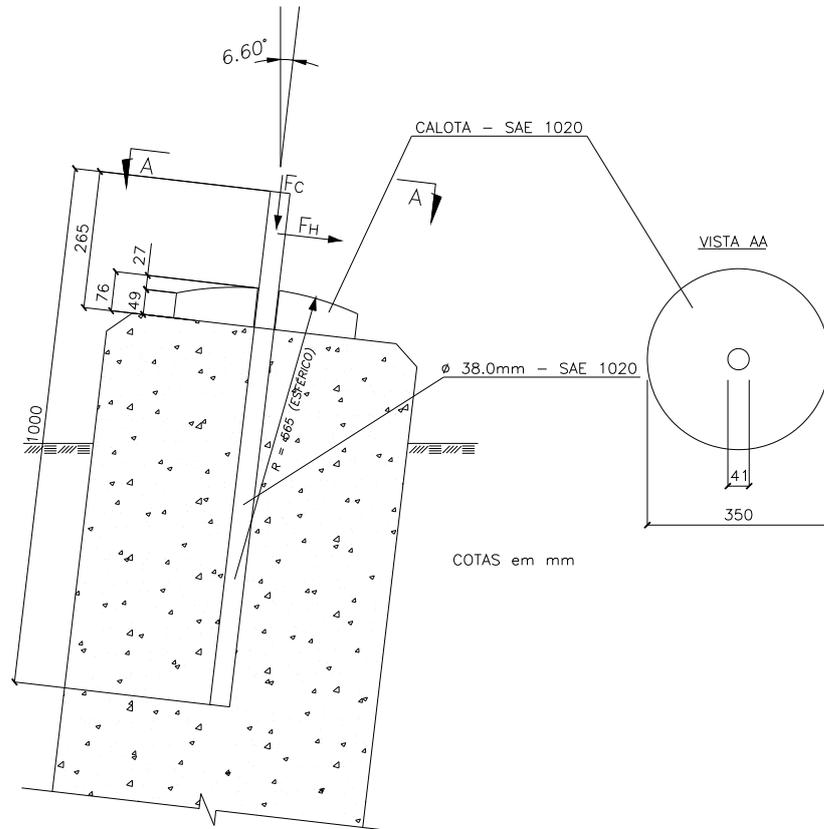
borda lateral mínima da chapa: 50 mm

$$f_t < 40146 / [(2 \times 5.0 - 3.49) \times 2.54] = 2428 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times 3515 = 3269 \text{ kgf/cm}^2$$

4 - RESISTÊNCIAS MÍNIMAS DAS FERRAGENS ASSOCIADAS A ESTE CABO

- Carga de ruptura mínima : 68000 kgf
- Carga mínima sem deformação permanente: 40146 kgf

8 CÁLCULO DO APOIO DA BASE DOS MASTROS



1 - FORÇAS MÁXIMAS

HIPÓTESE 6Fm

$$FC = 83387 \text{ kgf}$$

$$FH = (1078^2 + 135^2)^{1/2} = 1086 \text{ kgf}$$

HIPÓTESE 9

$$FC = 38104 \text{ kgf}$$

$$FH = (2397^2 + 1969^2)^{1/2} = 3102 \text{ kgf}$$

OBS.: FC = Força de Compressão na Direção do Eixo do Mastro

FH = Resultante das Forças Perpendiculares ao Eixo do Mastro que atuam com FC

2 - VERIFICAÇÕES

2.1 Chumbador

chumbador : 1 Ø 38 mm - SAE 1020 - Leng = 73.5 cm

base do mastro: chapa 25 mm - ASIM A36

$$fv = 1.1 \times 3102 / 11.34 = 301 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times (0.6 \times 2100) = 1172 \text{ kgf/cm}^2$$

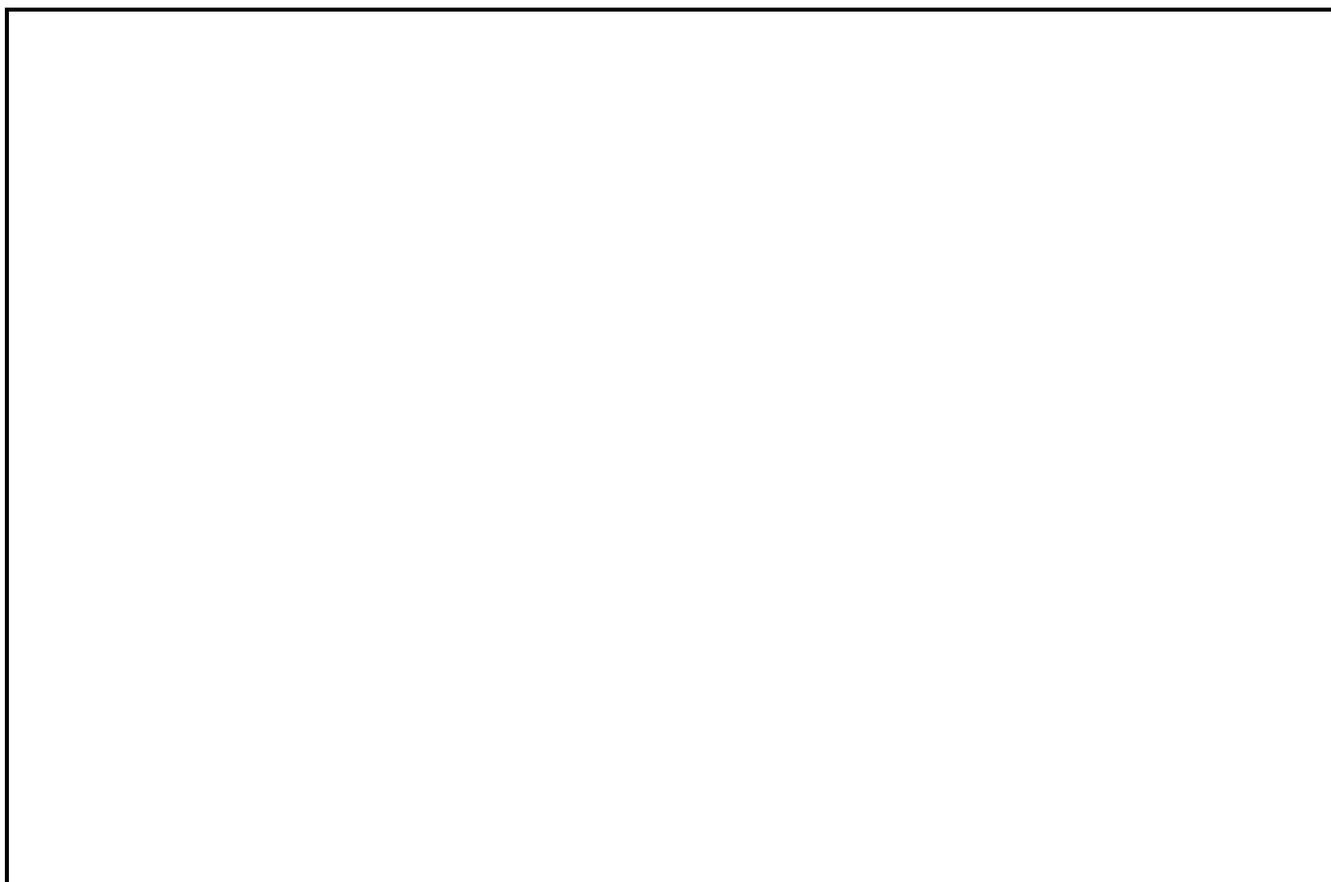
$$fp = 1.1 \times 3102 / (3.80 \times 2.50) = 359 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times 4417 = 4107 \text{ kgf/cm}^2$$

2.2 Pressão no Concreto

$$\text{Calota } \varnothing 350\text{mm} - \text{Área de apoio} = \pi \times (35.0^2 - 4.1^2) / 4 = 948.9 \text{ cm}^2$$

$$\text{Concreto: } fck = 180 \text{ kgf/cm}^2 \Rightarrow fcd = 180 / 1.4 = 128.6 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\text{Pressão} = 1.1 \times 83387 / 948.9 = 96.7 \text{ kgf/cm}^2 < 128.6 \text{ kgf/cm}^2$$



00	02/05/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado

		
---	---	---

EQUATORIAL TRANSMISSORA 4 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	02/05/17

TÍTULO

**LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 – C2
Lote 15 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
DIRETRIZ SELECIONADA**

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT5-L501-PB-TOP-0013-R00	1 de 8	00

ÍNDICE

1. OBJETIVO.....	3
2. DIRETRIZ SELECIONADA.....	3
3. TRAVESSIAS DE LTs DA REDE BÁSICA	3
ANEXO 1 — DESENHO DA DIRETRIZ SELECIONADA - LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 C2.....	4

1. OBJETIVO

- 1.1 Apresentar as diretrizes selecionadas para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 C2, em circuito simples pertencentes ao Lote 15 do Leilão 0013/2015 – 2º parte.
- 1.2 Relacionar as travessias com LTs existentes da Rede Básica.

2. DIRETRIZ SELECIONADA

- 2.1 O traçado da LT 500 kV segue preferencialmente o traçado indicado no R3. Todavia, alguns desvios se fizeram necessários de forma a atender aos requisitos do processo de licenciamento ambiental, minimizando os impactos ambientais e socioeconômicos.
- 2.2 A diretriz selecionada para a LT objeto deste projeto básico consta do desenho apresentado no Anexo 1.

3. TRAVESSIAS DE LTs DA REDE BÁSICA

- 3.1 A diretriz apresentada no Anexo 1, cruza as LT's da Rede Básica, caracterizadas a seguir:

RELAÇÃO DE TRAVESSIAS <i>LT 500kV Igaporã 3 - Janaúba 3, C2</i>			
Número	Obstáculo	Identificação / Nome / Trecho	Proprietário
1	LT 230kV	Igaporã 3 - Igaporã 2	
3	LT 230kV	Igaporã 3 - Igaporã C1	
4	LT 230kV	Igaporã 3 - Igaporã C2	
5	LT 230kV	Igaporã 3 - Pindaí 2, C2	Cymi
7	LT 230kV	Igaporã II - Caetite 123	Caetité 2
8	LT 230kV	Igaporã C1- Aracas	
10	LT 230kV	Igaporã 3 - Pindaí 2, C1	
11	LT 230kV	Igaporã 3 - Pindaí 2, C2 e C3	Cymi

**ANEXO 1 — DESENHO DA DIRETRIZ SELECIONADA - LT 500 kV Igaporã III -
Janaúba 3 C2**

QUADRO DE COORDENADAS
LT 500KV IGAPORÁ 3 - JANAUBA 3 CZ

ESTACIONAMENTO	DEFINICÕES	RUMOS	DISTÂNCIAS		COORDENADAS	
			PARCIAL	PROGRESSIVAS	E	N
SE	29°42'27"N	74,130	0,000	7390,150	846262,190	
V1	35°16'4"E	74,130	74,130	7397,280	845936,567	
V2	60°00'12"E	64,6929763	20,225	7242,812	845313,689	
V3	29°42'44"E	257,1429750	247,707	590,222	787,98673	8462093,447
V4	36°12'44"E	107,8217582	208,100	70,732	7210,06111	8452729,090
V5	14°09'02"E	371,6127520	179,905	243,840	7215,56330	8461598,005
V6	17°28'17"D	207,2919430	570,603	302,033	7222,27727	8448011,719
V7	30°00'00"E	670,97982	646,049	770,04395	8440662,146	
V8	25°29'57"D	167,9079750	658,631	136,633	7208,312	8443977,203
V9	27°33'37"E	117,2327792	384,586	117,2327792	7210,300	8443977,203
V10	10°54'4"E	570,2678300	478,732	323,749	7210,300	8443977,203
V11	38°19'58"E	135,64750	268,812	290,2281	7206,420	8443977,203
V12	11°22'00"D	257,1429750	310,740	300,93493	7204,150	8442729,090
V13	67°20'0"D	317,52750	287,262	330,61242	7219,88712	8442062,227
V14	87°24'0"E	227,21750	1523,106	308,16324	7561,65308	8446025,747
V15	17°21'0"E	570,2678300	228,012	477,62709	721190,000	8460031,240
V16	16°48'16"E	570,2678300	560,172	538,1143	7202,120	8460031,240
V17	11°54'00"D	97,2819500	560,172	590,2245	7202,120	8460031,240
V18	9°42'0"E	97,2819500	546,304	440,0345	7208,130	837144,000
V19	7°00'0"E	271,20250	711,151	719,1280	7208,130	837144,000
V20	5°33'30"D			7208,130	837144,000	

CONVENÇÕES:

	EXIG DA LT		UNIDADE DE CONSERVAÇÃO
	ESTRADA ESTADUAL/FEDERAL		PROJETO DE ASSENTAMENTO
	FERROVIA		QUILÔMBOA
	DIVISA MUNICIPAL		RECURSAMENTO DE LAVRA
	LT EXISTENTE		LAVRA GARIMPEIRA
	CURSOS D'ÁGUA		REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA
	VERTICE DO TRACADO		CAVIDADE NATURAL
	TORRE TELECOMUNICAÇÃO		SITO ARQUEOLOGICO

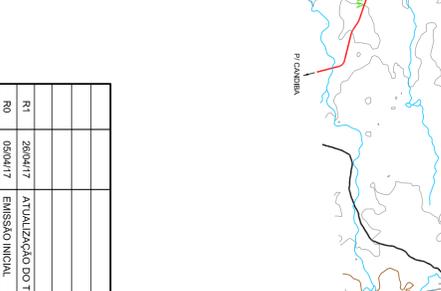
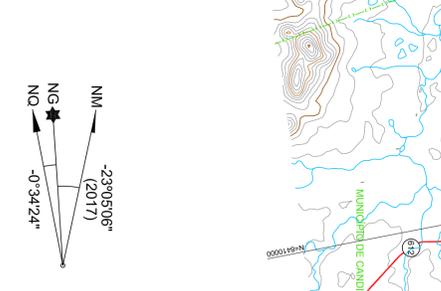
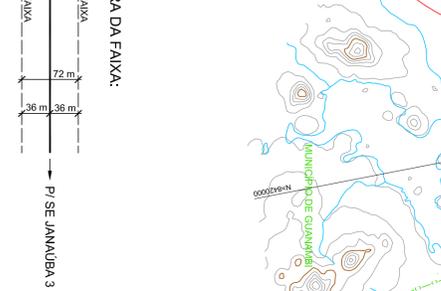
REFERÊNCIAS:

CARTAS DE RESTITUIÇÃO AEROFOTOGRAFAMÉTRICA DO IBGE
 IMAGEM DE SATELITE GOOGLE EARTH
 ORTOFOTOS
 MAPA RODOVIÁRIO DO DNIT/DER
 BANCO DE DADOS DEM SRTM
 DADOS OBTIDOS EM CAMPO

NOTAS:
 MEDIDAS EM METROS
 EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NÍVEL: 25 m

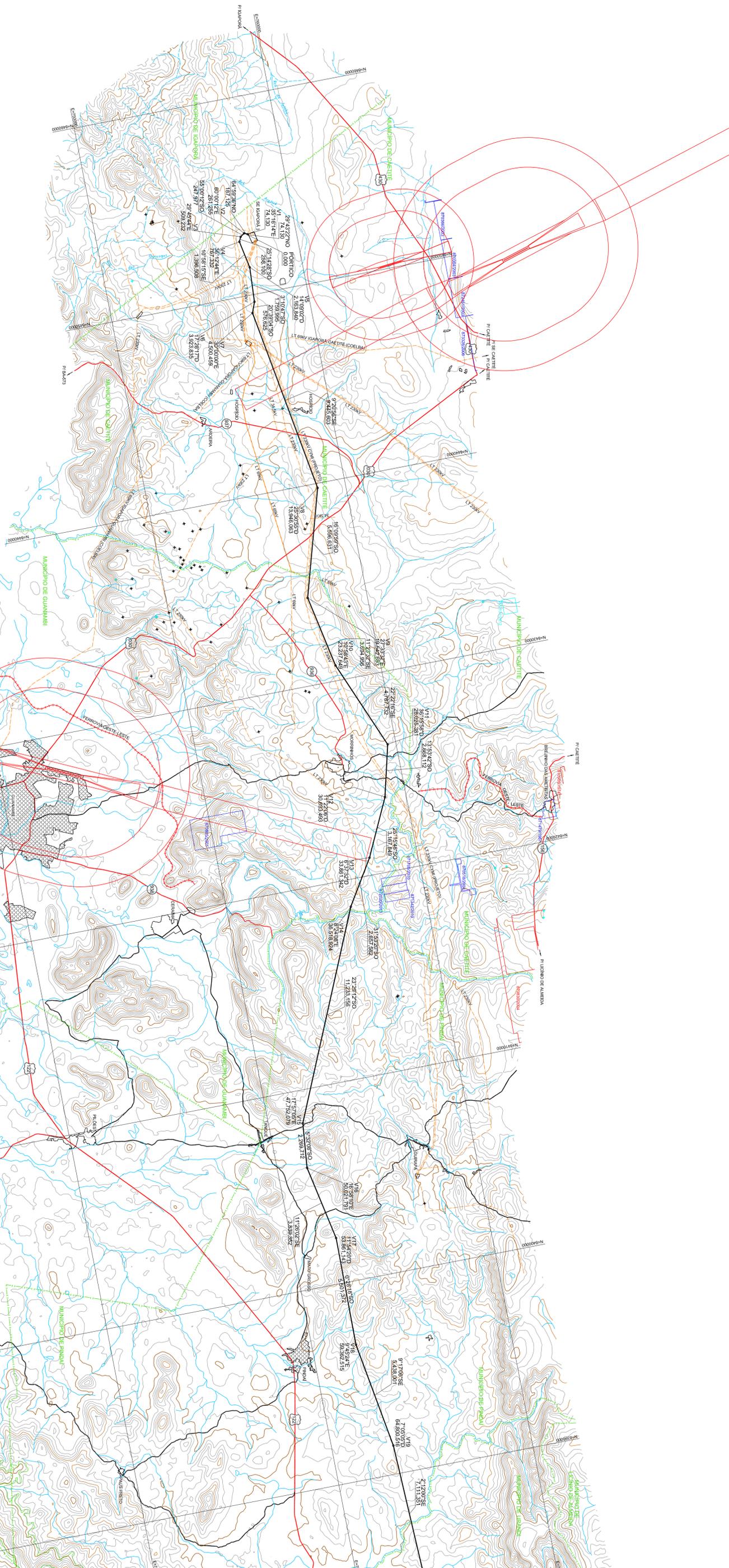
INFORMAÇÕES GEODÉSICAS:

DATA HORIZONTAL: SIRGAS 2000
 DATUM VERTICAL: MARGRAFO DE IMBITUBA / SC
 SISTEMA DE PROJEÇÃO: UTM
 MERIDIANO CENTRAL / FUSO: -45° / 23S
 CONVERGÊNCIA MERIDIANA: -0°34'24"
 VARIACÃO ANUAL: -0°04'07"
 DECLINAÇÃO MAGNÉTICA: 23°05'06"W



ELAB.	TOPA	VERIF.	APP	DATA	Nº DOC.
APROV.	TOPA	VERIF.	APP	DATA	Nº DOC.
RES.P. TÈC.	TOPA	VERIF.	APP	DATA	Nº DOC.
RES.P. TÈC.	TOPA	VERIF.	APP	DATA	Nº DOC.

ELAB.	TOPA	VERIF.	APP	DATA	Nº DOC.
APROV.	TOPA	VERIF.	APP	DATA	Nº DOC.
RES.P. TÈC.	TOPA	VERIF.	APP	DATA	Nº DOC.
RES.P. TÈC.	TOPA	VERIF.	APP	DATA	Nº DOC.



EQUATORIAL TRANSMISSORA X SPE SA					
PROJETO BÁSICO LT 500KV IGAPORÁ 3 - JANAUBA 3, CZ SETOR 500KV PLANTA DO TRACADO			ESCALA 1 : 100.000 FOLHA 01 de 04		
ELAB.	TOPA	VERIF.	APP	DATA	Nº DOC.
APROV.	TOPA	VERIF.	APP	DATA	Nº DOC.
RES.P. TÈC.	TOPA	VERIF.	APP	DATA	Nº DOC.
RES.P. TÈC.	TOPA	VERIF.	APP	DATA	Nº DOC.

QUILORO DE COCERENAS LT 500KV IGAPORÁ 3 - JANAUBA 3 CZ				
VERTICE	DESL. LOCAL	NOMES	DESTINAVIA	COORDENADAS
V01	17°51'11" E		15077,206	72333,000
V02	22°59'19" O	9,427730	1164,674	81341,151
V03	28°49'49" D	206,5436	1371,620	82229,224
V04	34°19'49" D	460,734	1906,668	83046,124
V05	39°59'59" D	809,970	2441,712	83763,028
V06	45°39'59" D	1159,206	2976,760	84479,932
V07	51°19'59" D	1508,442	3511,808	85196,836
V08	56°59'59" D	1857,678	4046,856	85913,740
V09	62°39'59" D	2206,914	4581,904	86630,644
V10	68°19'59" D	2556,150	5116,952	87347,548
V11	73°59'59" D	2905,386	5651,999	88064,452
V12	79°39'59" D	3254,622	6187,047	88781,356
V13	85°19'59" D	3603,858	6722,095	89498,260
V14	90°59'59" D	3953,094	7257,143	90215,164
V15	96°39'59" D	4302,330	7792,191	90932,068
V16	102°19'59" D	4651,566	8327,239	91648,972
V17	107°59'59" D	5000,802	8862,287	92365,876
V18	113°39'59" D	5350,038	9397,335	93082,780
V19	119°19'59" D	5700,274	9932,383	93799,684
V20	124°59'59" D	6050,510	10467,431	94516,588
V21	130°39'59" D	6400,746	11002,479	95233,492
V22	136°19'59" D	6750,982	11537,527	95950,396
V23	141°59'59" D	7101,218	12072,575	96667,300
V24	147°39'59" D	7451,454	12607,623	97384,204
V25	153°19'59" D	7801,690	13142,671	98101,108
V26	158°59'59" D	8151,926	13677,719	98818,012
V27	164°39'59" D	8502,162	14212,767	99534,916
V28	170°19'59" D	8852,398	14747,815	100251,820
V29	175°59'59" D	9202,634	15282,863	100968,724
V30	181°39'59" D	9552,870	15817,911	101685,628
V31	187°19'59" D	9903,106	16352,959	102402,532
V32	192°59'59" D	10253,342	16888,007	103119,436
V33	198°39'59" D	10603,578	17423,055	103836,340
V34	204°19'59" D	10953,814	17958,103	104553,244
V35	209°59'59" D	11304,050	18493,151	105270,148
V36	215°39'59" D	11654,286	19028,199	105987,052
V37	221°19'59" D	12004,522	19563,247	106703,956
V38	226°59'59" D	12354,758	20098,295	107420,860
V39	232°39'59" D	12704,994	20633,343	108137,764
V40	238°19'59" D	13055,230	21168,391	108854,668
V41	243°59'59" D	13405,466	21703,439	109571,572
V42	249°39'59" D	13755,702	22238,487	110288,476
V43	255°19'59" D	14105,938	22773,535	111005,380
V44	260°59'59" D	14456,174	23308,583	111722,284
V45	266°39'59" D	14806,410	23843,631	112439,188
V46	272°19'59" D	15156,646	24378,679	113156,092
V47	277°59'59" D	15506,882	24913,727	113872,996
V48	283°39'59" D	15857,118	25448,775	114589,900
V49	289°19'59" D	16207,354	25983,823	115306,804
V50	294°59'59" D	16557,590	26518,871	116023,708
V51	300°39'59" D	16907,826	27053,919	116740,612
V52	306°19'59" D	17258,062	27588,967	117457,516
V53	311°59'59" D	17608,298	28124,015	118174,420
V54	317°39'59" D	17958,534	28659,063	118891,324
V55	323°19'59" D	18308,770	29194,111	119608,228
V56	328°59'59" D	18659,006	29729,159	120325,132
V57	334°39'59" D	19009,242	30264,207	121042,036
V58	340°19'59" D	19359,478	30799,255	121758,940
V59	345°59'59" D	19709,714	31334,303	122475,844
V60	351°39'59" D	20059,950	31869,351	123192,748
V61	357°19'59" D	20410,186	32404,399	123909,652
V62	362°59'59" D	20760,422	32939,447	124626,556
V63	368°39'59" D	21110,658	33474,495	125343,460
V64	374°19'59" D	21460,894	34009,543	126060,364
V65	379°59'59" D	21811,130	34544,591	126777,268
V66	385°39'59" D	22161,366	35079,639	127494,172
V67	391°19'59" D	22511,602	35614,687	128211,076
V68	396°59'59" D	22861,838	36149,735	128927,980
V69	402°39'59" D	23212,074	36684,783	129644,884
V70	408°19'59" D	23562,310	37219,831	130361,788
V71	413°59'59" D	23912,546	37754,879	131078,692
V72	419°39'59" D	24262,782	38289,927	131795,596
V73	425°19'59" D	24613,018	38824,975	132512,500
V74	430°59'59" D	24963,254	39360,023	133229,404
V75	436°39'59" D	25313,490	39895,071	133946,308
V76	442°19'59" D	25663,726	40430,119	134663,212
V77	447°59'59" D	26013,962	40965,167	135380,116
V78	453°39'59" D	26364,198	41500,215	136097,020
V79	459°19'59" D	26714,434	42035,263	136813,924
V80	464°59'59" D	27064,670	42570,311	137530,828
V81	470°39'59" D	27414,906	43105,359	138247,732
V82	476°19'59" D	27765,142	43640,407	138964,636
V83	481°59'59" D	28115,378	44175,455	139681,540
V84	487°39'59" D	28465,614	44710,503	140398,444
V85	493°19'59" D	28815,850	45245,551	141115,348
V86	498°59'59" D	29166,086	45780,599	141832,252
V87	504°39'59" D	29516,322	46315,647	142549,156
V88	510°19'59" D	29866,558	46850,695	143266,060
V89	515°59'59" D	30216,794	47385,743	143982,964
V90	521°39'59" D	30567,030	47920,791	144699,868
V91	527°19'59" D	30917,266	48455,839	145416,772
V92	532°59'59" D	31267,502	48990,887	146133,676
V93	538°39'59" D	31617,738	49525,935	146850,580
V94	544°19'59" D	31967,974	50060,983	147567,484
V95	549°59'59" D	32318,210	50596,031	148284,388
V96	555°39'59" D	32668,446	51131,079	149001,292
V97	561°19'59" D	33018,682	51666,127	149718,196
V98	566°59'59" D	33368,918	52201,175	150435,100
V99	572°39'59" D	33719,154	52736,223	151152,004
V100	578°19'59" D	34069,390	53271,271	151868,908
V101	583°59'59" D	34419,626	53806,319	152585,812
V102	589°39'59" D	34769,862	54341,367	153302,716
V103	595°19'59" D	35120,098	54876,415	154019,620
V104	600°59'59" D	35470,334	55411,463	154736,524
V105	606°39'59" D	35820,570	55946,511	155453,428
V106	612°19'59" D	36170,806	56481,559	156170,332
V107	617°59'59" D	36521,042	57016,607	156887,236
V108	623°39'59" D	36871,278	57551,655	157604,140
V109	629°19'59" D	37221,514	58086,703	158321,044
V110	634°59'59" D	37571,750	58621,751	159037,948
V111	640°39'59" D	37921,986	59156,799	159754,852
V112	646°19'59" D	38272,222	59691,847	160471,756
V113	651°59'59" D	38622,458	60226,895	161188,660
V114	657°39'59" D	38972,694	60761,943	161905,564
V115	663°19'59" D	39322,930	61296,991	162622,468
V116	668°59'59" D	39673,166	61832,039	163339,372
V117	674°39'59" D	40023,402	62367,087	164056,276
V118	680°19'59" D	40373,638	62902,135	164773,180
V119	685°59'59" D	40723,874	63437,183	165490,084
V120	691°39'59" D	41074,110	63972,231	166206,988
V121	697°19'59" D	41424,346	64507,279	166923,892
V122	702°59'59" D	41774,582	65042,327	167640,796
V123	708°39'59" D	42124,818	65577,375	168357,700
V124	714°19'59" D	42475,054	66112,423	169074,604
V125	719°59'59" D	42825,290	66647,471	169791,508
V126	725°39'59" D	43175,526	67182,519	170508,412
V127	731°19'59" D	43525,762	67717,567	171225,316
V128	736°59'59" D	43876,000	68252,615	171942,220
V129	742°39'59" D	44226,236	68787,663	172659,124
V130	748°19'59" D	44576,472	69322,711	173376,028
V131	753°59'59" D	44926,708	69857,759	174092,932
V132	759°39'59" D	45276,944	70392,807	174809,836
V133	765°19'59" D	45627,180	70927,855	175526,740
V134	770°59'59" D	45977,416	71462,903	176243,644
V135	776°39'59" D	46327,652	72000,000	176960,548
V136	782°19'59" D	46677,888	72535,048	177677,452
V137	787°59'59" D	47028,124	73070,096	178394,356
V138	793°39'59" D	47378,360	73605,144	179111,260
V139	799°19'59" D	47728,596	74140,192	179828,164
V140	804°59'59" D	48078,832	74675,240	180545,068
V141	810°39'59" D	48429,068	75210,288	181261,972
V142	816°19'59" D	48779,304	75745,336	181978,876
V143	821°59'59" D	49129,540	76280,384	182695,780
V144	827°39'59" D	49479,776	76815,432	183412,684
V145	833°19'59" D	49829,992	77350,480	184129,588
V146	838°59'59" D	50180,228	77885,528	184846,492
V147	844°39'59" D	50530,464	78420,576	185563,396
V148	850°19'59" D	50880,700	78955,624	186280,300
V149	855°59'59" D	51230,936	79490,672	186997,204
V150	861°39'59" D	51581,172	80025,720	187714,108
V151	867°19'59" D	51931,408	80560,768	188431,012
V152	872°59'59" D	52281,644	81095,816	189147,916
V153	878°39'59" D	52631,880	81630,864	189864,820
V154	884°19'59" D	52982,116	82165,912	190581,724
V155	889°59'59" D	53332,352	82700,960	191298,628
V156	895°39'59" D	53682,588	83236,008	192015,532
V157	901°19'59" D	54032,824	83771,056	192732,436
V158	906°59'59" D	54383		

QUADRO DE COORDENADAS					
LT 500kV IGAPORÁ 3 - JANAUBA 3, C2					
VERTECE	DEFINIDORES	RUMOS	PARCIMA	CONVERSAS	E
			PROJECTIONS	PROJECTIONS	N
V41	10°07'17" E	48°32'27" S	10384,433	711822,846	827852,798
V42	8°30'18" E	40°02'05" S	41111,29	704396,627	827852,794
V43	12°49'24" E	53°57'28" S	30344,145	208544,274	701786,114
V44	1°22'01" E	57°57'28" S	30344,271	212588,146	693334,884
V45	31°41'39" E	51°29'28" S	125000,010	225000,756	685287,325
V46	13°39'21" E	19°47'28" S	4178,210	225000,206	688133,361
V47	11°49'29" E	9°39'27" S	2278,625	211145,391	621527,460
V48	12°24'23" S	65°44'50" O	1597,031	233202,219	621712,803
V49	28°34'18" S	33°28'27" S	1272,044	238272,899	609703,141
V50	32°32'29" S	60°02'27" S	1802,716	232999,884	607211,246
V51	6°17'01" E	69°42'42" S	6081,329	232920,010	605512,238
V52	10°19'27" S	73°04'28" S	3419,298	246220,848	601111,083
V53	28°21'18" E	42°42'27" S	1780,040	246420,487	607762,216

CONVENÇÕES:

- EIXO DA LT
- RODOVIA ESTADUAL/FEDERAL
- ESTRADA MUNICIPAL/MICINAL
- FERROVIA
- DIVISA MUNICIPAL
- LT EXISTENTE
- CURSOS D'ÁGUA
- VERTICE DO TRACADO
- TORRE TELECOMUNICAÇÃO

UNIDADE DE CONSERVAÇÃO

- PROJETO DE ASSENTAMENTO
- QUILOMBOLA
- CONCESSÃO DE LAVRA
- REQUERIMENTO DE LAVRA
- LAVRA GARIMPEIRA
- REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA
- CAVIDADE NATURAL
- SITO ARQUEOLOGICO

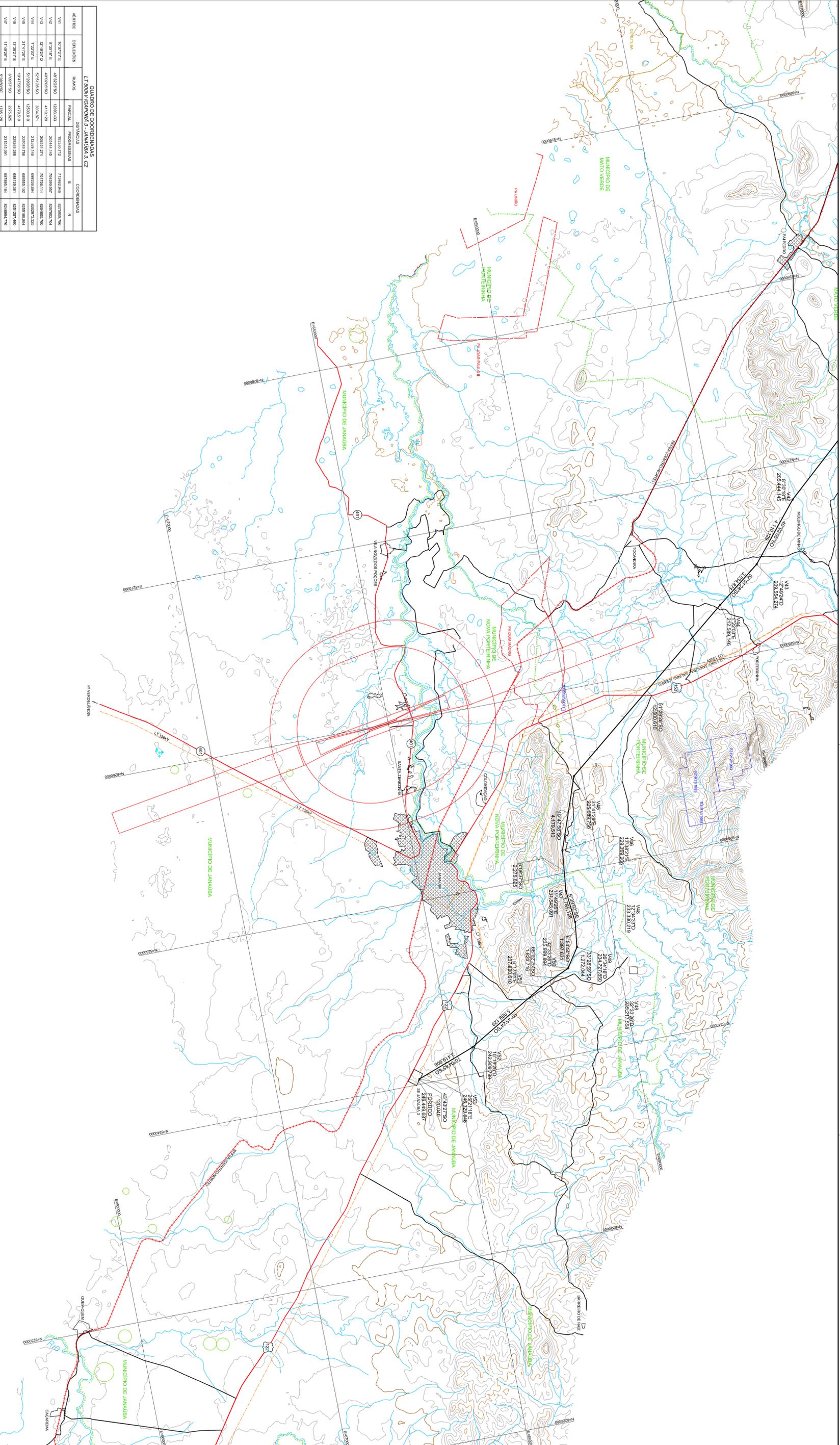
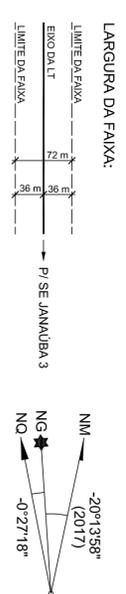
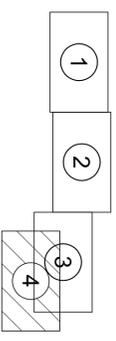
REFERÊNCIAS:

- CARTAS DE RESTITUIÇÃO AEROFOTOGRAFÉTRICA DO IBGE
- IMAGEM DE SATELITE GOOGLE EARTH
- ORTOFOTOS
- MAPA RODOVIÁRIO DO DNIT/DER
- BANCO DE DADOS DEM SRTM
- DADOS OBTIDOS EM CAMPO

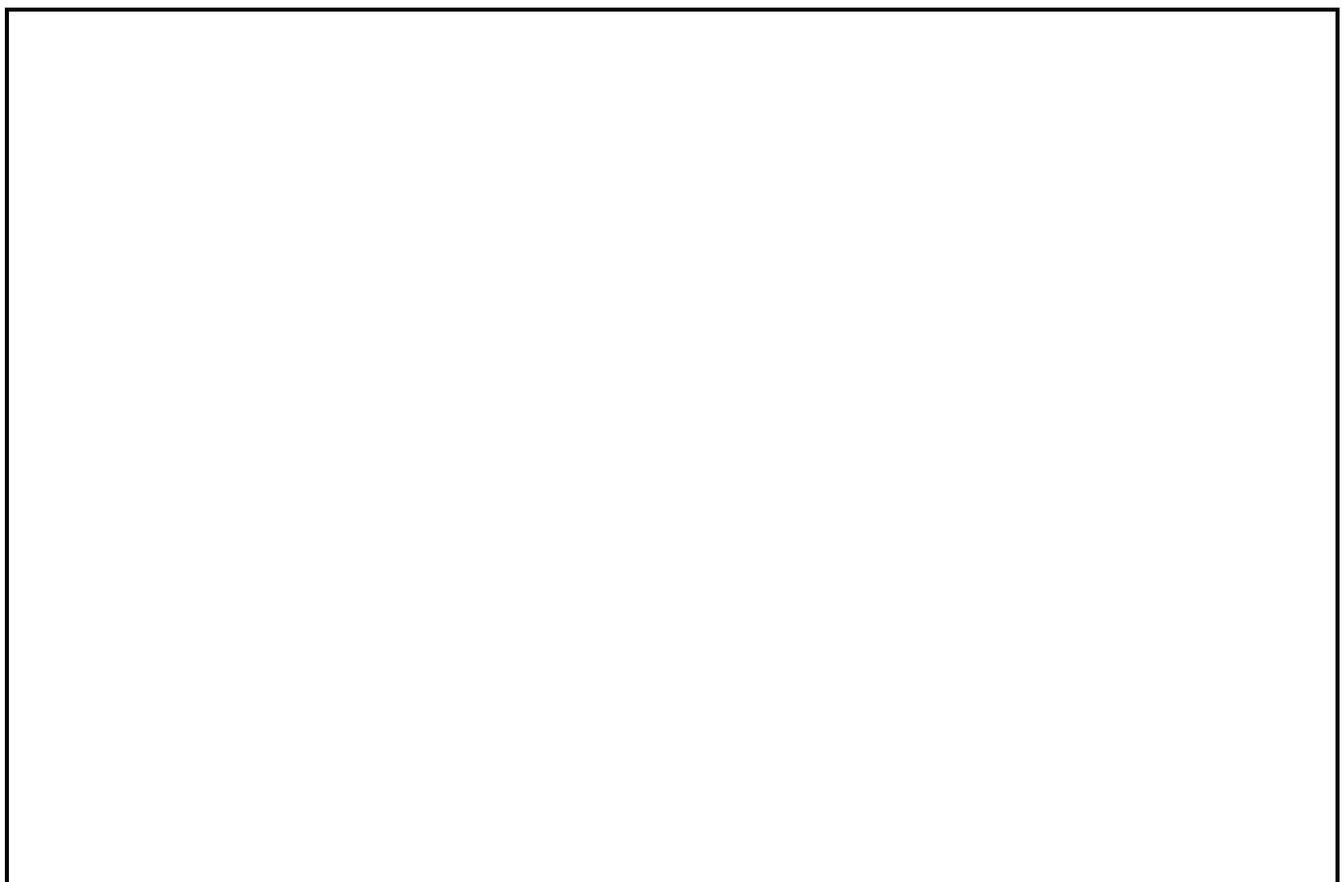
INFORMAÇÕES GEODÉSICAS:

- DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000
- SISTEMA DE PROJEÇÃO: UTM
- MERIDIANO CENTRAL / FUSO: -45° / 23S
- CONVERGÊNCIA MERIDIANA: -0°27'18"
- VARIACÃO ANUAL: -0°07"
- DECLINAÇÃO MAGNÉTICA: 20°13'58"W

ARTICULAÇÃO DA FOLHA:



EQUATORIAL TRANSMISSORA X SPE SA					
PROJETO BÁSICO					
LT 500kV IGAPORÁ 3 - JANAUBA 3, C2					
SETOR 500kV					
PLANTA DO TRACADO					
ELAB. TOPO	VERIF. APP	Nº CREB	DATA	Nº DOC.	
RES.P. T.C. TOPO	MG 84.457D	0504/17		DE-EQT-L-501-TOP-0004	
RI	2804/17	0504/17	EMISSÃO INICIAL	TOPO	APP
RI			REVISÃO	APP	APP
RI			ELABORADO	VERIFICADO	APROVADO
ESCALA 1 : 100.000					
FOLHA 04 de 04					
REV. RI					



Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
01	16/05/17	Alterado Logotipo da AG	AQ	JCS	
00	02/05/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	

EQUATORIAL TRANSMISSORA 4 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	02/05/17

TÍTULO

LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 – C2
Lote 15 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
DIRETRIZ SELECIONADA

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT5-L501-PB-TOP-0013-R01	1 de 8	01

ÍNDICE

1. OBJETIVO.....	3
2. DIRETRIZ SELECIONADA.....	3
3. TRAVESSIAS DE LTs DA REDE BÁSICA	3
ANEXO 1 — DESENHO DA DIRETRIZ SELECIONADA - LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 C2.....	4

1. OBJETIVO

- 1.1 Apresentar as diretrizes selecionadas para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 C2, em circuito simples pertencentes ao Lote 15 do Leilão 0013/2015 – 2º parte.
- 1.2 Relacionar as travessias com LTs existentes da Rede Básica.

2. DIRETRIZ SELECIONADA

- 2.1 O traçado da LT 500 kV segue preferencialmente o traçado indicado no R3. Todavia, alguns desvios se fizeram necessários de forma a atender aos requisitos do processo de licenciamento ambiental, minimizando os impactos ambientais e socioeconômicos.
- 2.2 A diretriz selecionada para a LT objeto deste projeto básico consta do desenho apresentado no Anexo 1.

3. TRAVESSIAS DE LTs DA REDE BÁSICA

- 3.1 A diretriz apresentada no Anexo 1, cruza as LT's da Rede Básica, caracterizadas a seguir:

RELAÇÃO DE TRAVESSIAS LT 500kV Igaporã 3 - Janaúba 3, C2			
Número	Obstáculo	Identificação / Nome / Trecho	Proprietário
1	LT 230kV	Igaporã 3 - Igaporã 2	
3	LT 230kV	Igaporã 3 - Igaporã C1	
4	LT 230kV	Igaporã 3 - Igaporã C2	
5	LT 230kV	Igaporã 3 - Pindaí 2, C2	Cymi
7	LT 230kV	Igaporã II - Caetite 123	Caetité 2
8	LT 230kV	Igaporã C1- Aracas	
10	LT 230kV	Igaporã 3 - Pindaí 2, C1	
11	LT 230kV	Igaporã 3 - Pindaí 2, C2 e C3	Cymi

**ANEXO 1 — DESENHO DA DIRETRIZ SELECIONADA - LT 500 kV Igaporã III -
Janaúba 3 C2**

QUADRO DE COORDENADAS
LT 500KV IGAPORÁ 3 - JANAUBA 3 CZ

ESTACIONAMENTO	DEFINICÕES	DISTÂNCIAS		COORDENADAS		
		PARCIAL	PROGRESSIVAS	E	N	
SE	0,00	0,00	77090,150	846202,190		
V1	29,43277N	74,130	74,130	77077,295	845936,597	
V2	69,06172E	64,92979N	197,125	77042,812	845313,089	
V3	29,42444E	55,04172S	241,707	69,022	76719,673	845029,447
V4	36,17244E	27,14297S	268,100	70,732	77100,611	845279,090
V5	14,09042E	10,82175E	139,508	70,732	77100,611	845279,090
V6	17,2817D	3,71247S	179,085	3023,033	77227,717	844801,719
V7	30,0000E	20,29124S	570,603	4600,449	77024,265	844062,148
V8	27,3333E	16,70979S	848,603	1384,603	76988,762	843977,202
V9	27,3333E	16,70979S	858,601	1984,603	77030,512	844208,852
V10	10,9444E	11,23272E	384,586	3237,449	77170,300	843977,452
V11	36,15198E	22,22176E	478,732	2902,281	76962,430	843821,124
V12	11,7270D	13,5447S	268,812	3089,493	75881,549	842577,098
V13	6,7272D	31,3207S	267,262	3380,124	72798,872	842092,227
V14	8,2408E	23,2175S	1523,106	30818,924	75618,538	841603,747
V15	17,2197E	5,32078S	228,012	4772,079	75170,009	840833,240
V16	16,8616E	11,78042E	369,382	5381,143	75148,148	840601,113
V17	11,5420D	9,72819S	550,172	7222,129	74623,109	840231,909
V18	9,4227E	9,71703E	548,301	5902,215	7222,677	839808,772
V19	7,0937E	2,71202E	711,151	4403,016	72383,370	839144,020
V20	5,3333D	7,11120E	711,151	7333,818	63843,811	

CONVENÇÕES:

	EXODO DA LT		UNIDADE DE CONSERVAÇÃO
	ESTRADA ESTADUAL/FEDERAL		PROJETO DE ASSENTAMENTO
	FERROVIA		QUILÔMETRO
	DIVISA MUNICIPAL		CONCESSÃO DE LAVRA
	LT EXISTENTE		REQUERIMENTO DE LAVRA
	CURSOS D'ÁGUA		LAVRA GARIMPEIRA
	VERTICE DO TRACADO		REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA
	TORRE TELECOMUNICAÇÃO		CAVIDADE NATURAL
			SITO ARQUEOLOGICO

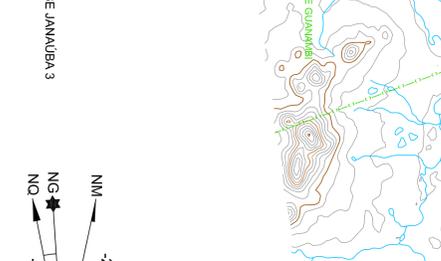
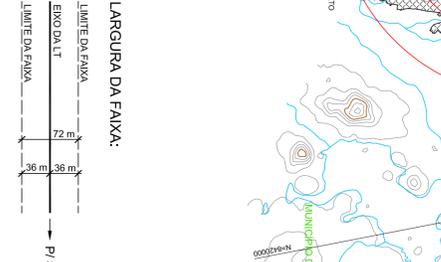
REFERÊNCIAS:

CARTAS DE RESTITUIÇÃO AEROFOTOGRAFÉTRICA DO IBGE
 IMAGEM DE SATELITE GOOGLE EARTH
 ORTOFOTOS
 MAPA RODoviÁRIO DO DNIT/DER
 BANCO DE DADOS DEM SRTM
 DADOS OBTIDOS EM CAMPO

NOTAS:
 MEDIDAS EM METROS
 EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NÍVEL: 25 m

INFORMAÇÕES GEODÉSICAS:

DATA HORIZONTAL: SIRGAS 2000
 DATUM VERTICAL: MARGAFO DE IMBITUBA / SC
 SISTEMA DE PROJEÇÃO: UTM
 MERIDIANO CENTRAL / FUSO: -45° / 23S
 CONVERGÊNCIA MERIDIANA: -0°34'24"
 VARIÂÇÃO ANUAL: -0°04'07"
 DECLINAÇÃO MAGNÉTICA: 23°05'06"W



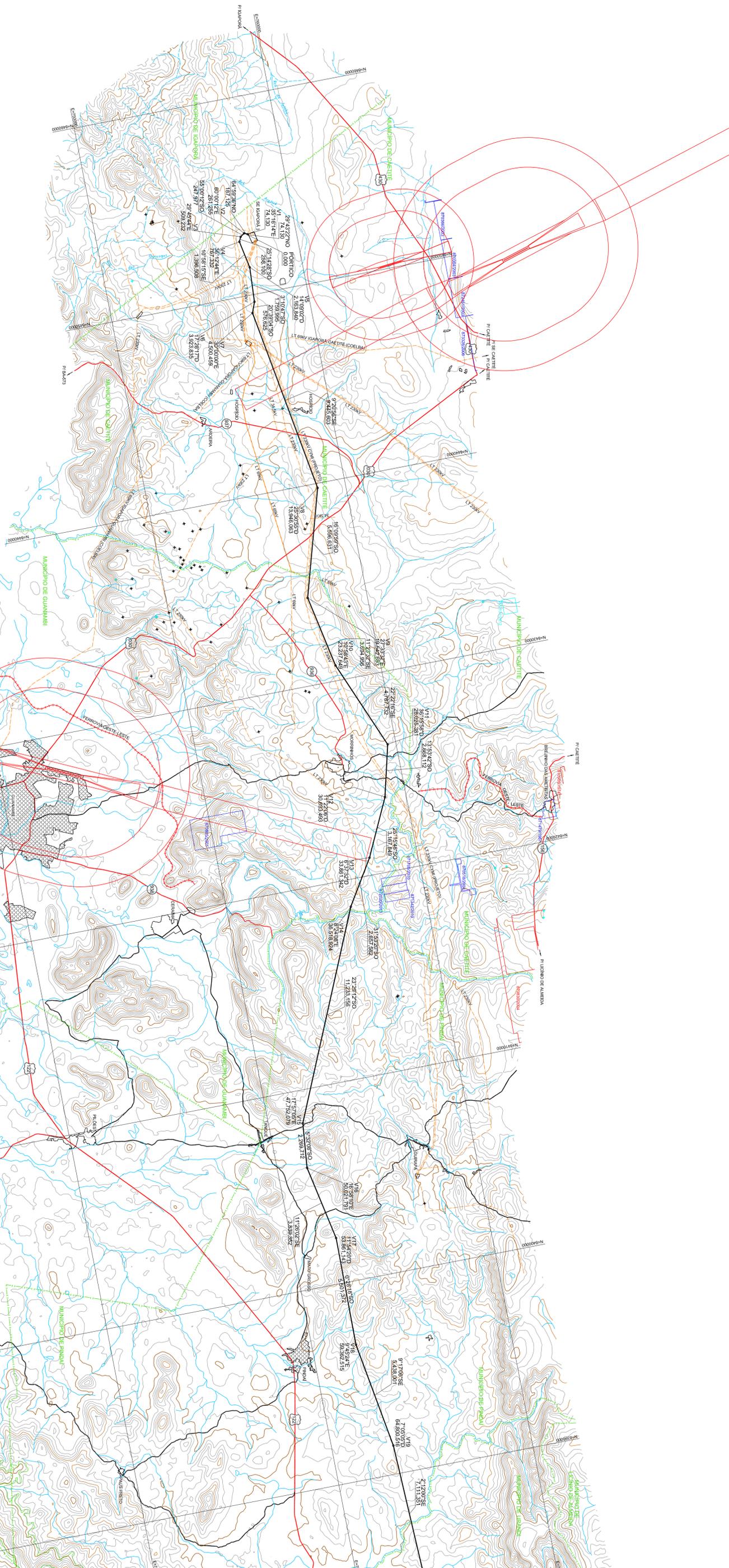
ARTICULAÇÃO DA FOLHA:

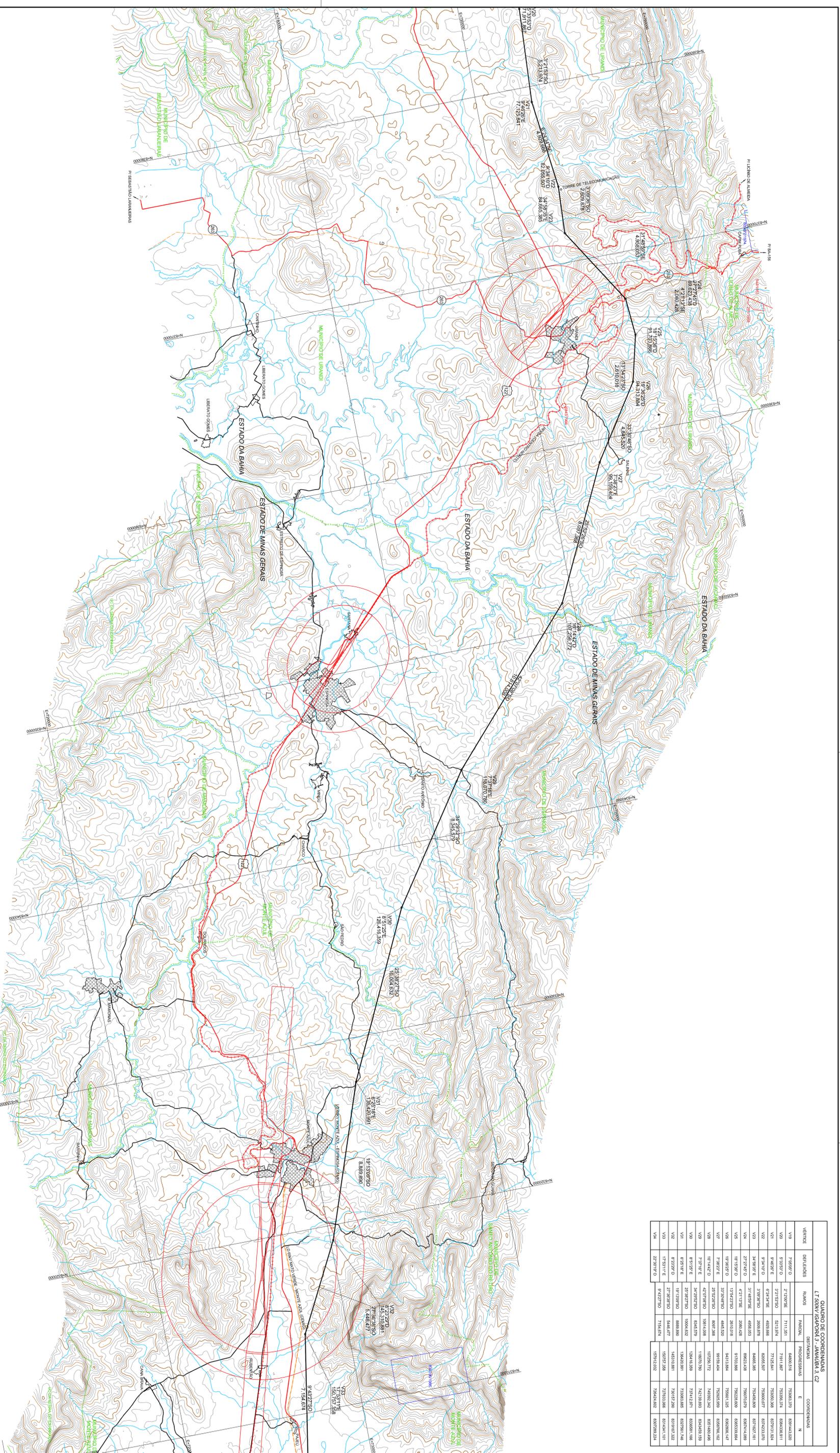
1	2	3	4
---	---	---	---

ELAB.	TOPA	VERIF.	APP	DATA	Nº DOC.
RES.P. TÈC.	Nº CRETA	DATA			
TOPA	MG 84.457D	05/04/17			

RI	2804/17	ATUALIZAÇÃO DO TRACADO VERSAO R3	TOPA	APP	CAQP
RO	05/04/17	EMISSÃO INICIAL	TOPA	APP	CAQP
Nº		REVISÃO	ELABORADO	VERIFICADO	APROVADO

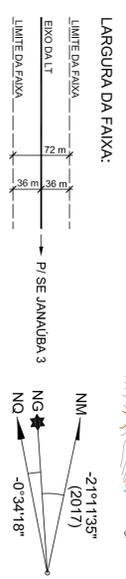
PROJETO BÁSICO		ESCALA
LT 500KV IGAPORÁ 3 - JANAUBA 3, CZ		1 : 100.000
SECTOR 500KV		FOLHA
PLANTA DO TRACADO		01 de 04
ELAB.	TOPA	REV.
APROV.	APP	RI





QUADRO DE COORDENADAS
 LT 500KV IGAPORÁ 3 - JAMBUÁ 3, C2

VERTICE	DEFINIÇÕES	RUMOS	DIREÇÃO	COORDENADAS N
V19	7049°10'	27120°56'	66603,518	725033,270
V20	53°52'10"	53123°50'	52131,924	725032,324
V21	6°46'30"E	52°54'36"E	40933,686	725032,381
V22	9°34'10"	52°54'36"E	40933,686	6378151,624
V23	34°46'30"E	52°54'36"E	40933,686	6378233,070
V24	27°27'40"	52°54'36"E	40933,686	6378271,861
V25	18°12'30"	52°54'36"E	40933,686	6378310,652
V26	11°52'10"	52°54'36"E	40933,686	6378349,443
V27	7°32'10"	52°54'36"E	40933,686	6378388,234
V28	6°14'42"	52°54'36"E	40933,686	6378427,025
V29	5°52'30"E	52°54'36"E	40933,686	6378465,816
V30	5°29'18"E	52°54'36"E	40933,686	6378504,607
V31	5°05'06"E	52°54'36"E	40933,686	6378543,398
V32	4°40'54"E	52°54'36"E	40933,686	6378582,189
V33	4°16'42"E	52°54'36"E	40933,686	6378620,980
V34	3°52'30"E	52°54'36"E	40933,686	6378659,771
V35	3°28'18"E	52°54'36"E	40933,686	6378698,562
V36	3°04'06"E	52°54'36"E	40933,686	6378737,353
V37	2°39'54"E	52°54'36"E	40933,686	6378776,144
V38	2°15'42"E	52°54'36"E	40933,686	6378814,935
V39	1°51'30"E	52°54'36"E	40933,686	6378853,726
V40	1°27'18"E	52°54'36"E	40933,686	6378892,517
V41	1°03'06"E	52°54'36"E	40933,686	6378931,308
V42	7°52'30"	52°54'36"E	40933,686	6378970,099
V43	17°52'11"E	52°54'36"E	40933,686	6379008,890
V44	27°51'52"E	52°54'36"E	40933,686	6379047,681



CONVENÇÕES:

- EIXO DA LT
- PROJETO DE ASSENTAMENTO
- FERROVIA
- DIVISA MUNICIPAL
- LT EXISTENTE
- CURSOS D'ÁGUA
- VERTICE DO TRACADO
- TORRE TELECOMUNICAÇÃO

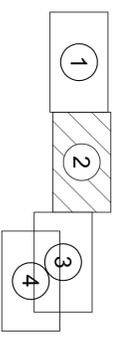
REFERÊNCIAS:

- UNIDADE DE CONSERVAÇÃO
- QUILÔMETRO
- CONCESSÃO DE LAVRA
- REQUERIMENTO DE LAVRA
- LAVRA GARIMPEIRA
- REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA
- CAVIDADE NATURAL
- SITO ARQUEOLÓGICO

INFORMAÇÕES GEODÉSICAS:

- CARTAS DE RESTITUIÇÃO AEROFOTOGRAFÉTRICA DO IBGE
- IMAGEM DE SATELITE GOOGLE EARTH
- ORTOFOTOS
- MAPA RODOVIÁRIO DO DNIT/DER
- BANCO DE DADOS DEM SRTM
- DADOS OBTIDOS EM CAMPO

ARTICULAÇÃO DA FOLHA:



PROJETO BÁSICO

LT 500KV IGAPORÁ 3 - JAMBUÁ 3, C2

SETOR 500KV

PLANTA DO TRACADO

ELAB.	APROV.	VERIF.	DATA	REVISÃO	ELABORADO	VERIFICADO	APROVADO
TOPA	TOPA	APP					
CAQP	CAQP	APP					

PROJETO BÁSICO

LT 500KV IGAPORÁ 3 - JAMBUÁ 3, C2

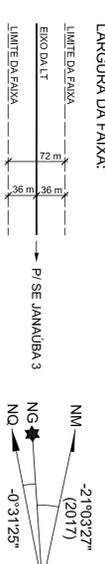
SETOR 500KV

PLANTA DO TRACADO

ELAB.	APROV.	VERIF.	DATA	REVISÃO	ELABORADO	VERIFICADO	APROVADO
TOPA	TOPA	APP					
CAQP	CAQP	APP					

ESCALA	FOLHA	REV.
1 : 100.000	02 de 04	R1

VERTICE	DESL. LOCALS	NOMES	PLANTAL	DESTINAVIA	COORDENADAS
V01	17°51'11" E		15077,206	72333,000	813441,101
V02	22°59'19" O	9,4277350	2625,833	13742,602	823292,224
V03	34°19'49" D	2,0654356	4601,734	72604,697	826044,124
V04	28°49'49" D	28,9321350	6989,714	72604,697	826044,622
V05	4°09'31" E	14,0222350	5901,702	17186,362	826440,454
V06	8°31'28" E	14,0222350	7793,702	17186,362	828198,381
V07	18°30'48" D	32,2892350	4129,644	18354,861	828198,406
V08	20°07'27" D	91,2914450	3065,432	101927,112	827968,633
V09	8°31'28" E	48,1222350	12004,610	33544,145	827968,724
V10	12°49'28" D	41,1911200	3004,871	407070,750	828462,792
V11	17°20'01" E	51,7929350	12004,610	272589,146	828462,792
V12	31°14'12" E	41,7912350	4179,510	22258,206	828198,381
V13	11°49'28" E	61,2912350	2225,832	23154,501	828198,381
V14	17°51'11" E	91,2912350	1782,124	23332,319	828198,381
V15	20°34'49" D	61,2912350	1997,631	23472,260	828198,381
V16	32°32'57" D	31,2912350	2225,832	681201,346	828198,381
V17	61°07'10" E	61,2912350	1623,714	232959,884	828198,381
V18	10°19'28" D	91,2912350	8088,129	232959,884	828198,381
V19	20°31'19" E	71,2912350	3419,108	61762,796	828198,381



CONVENÇÕES:

- EXCO DALI
- RODOVIA ESTADUAL/FEDERAL
- RODOVIA MUNICIPAL/VICINAL
- FERROVIA
- DIVISA MUNICIPAL
- LT EXISTENTE
- CURSOS D'ÁGUA
- VERTICE DO TRACADO
- TORRE TELECOMUNICACAO

UNIDADE DE CONSERVACAO

- PROJETO DE ASSENTAMENTO
- QUILOMETRA
- CONCESSAO DE LAVRA
- REQUERIMENTO DE LAVRA
- LAVRA GARIMPEIRA
- REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA
- CAVIDADE NATURAL
- SITO ARQUEOLOGICO

REFERÊNCIAS:

CARTAS DE RESTITUICAO AEROFOTOGRAFICA DO IBGE

IMAGEM DE SATELITE GOOGLE EARTH

ORTOFOTOS

MAPA RODOVIARIO DO DNIT/DER

BANCO DE DADOS DEM SRTM

DADOS OBTIDOS EM CAMPO

NOTAS:

MEDIDAS EM METROS

EQUIDISTANCIA DAS CURVAS DE NIVEL: 25 m

INFORMACOES GEODESICAS:

DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000

DATA DE PROJECCAO: UTM

SISTEMA DE PROJECCAO: UTM

MERIDIANO CENTRAL / FUSO: -45° / 23S

CONVERGENCIA MERIDIANA: -0°31'25"

VARIACAO ANUAL: -0°06'56"

DECLINACAO MAGNETICA: 21°03'27"W

ARTICULACAO DA FOLHA:

1 2 3 4

TOPA
Topografia para Engenharia

AG ANDRADE GUTERREZ
ARQUITETO

EQUTORIAL TRANSMISSORA X SPE SA

ELAB.	TOPA	VERIF.	APP	REVISAO	ELABORADO	VERIFICADO	APROVADO
R1	28/04/17	ATUALIZACAO DO TRACADO VERSAO R3	TOPA	APP	CACP		
RO	05/04/17	EMISSAO INICIAL	TOPA	APP	CACP		
N	DATA	REVISAO	ELABORADO	VERIFICADO	APROVADO		

PROJETO BASICO

LT 500KV IGAPORA 3 - JANUÁRIA 3, C2

SETOR 500KV

PLANTA DO TRACADO

ESCALA 1 : 80.000

FOLHA 03 de 04

REVISAO R1

RES.P. TEC. N. CREIA DATA N. DOC. DE-EGT-L-501-TOP-0003

APROV. CACP

TOPA

MG 84.457/D

05/04/17

QUADRO DE COORDENADAS					
LT 500kV IGAPORÁ 3 - JANUUBA 3 - C2					
VERTECE	DEFINIDORES	RUMOS	PARALELA	CONVERSADAS	E
			PROJEÇÃOS	N	
V41	10°07'17" E	483227950	10383433	711822846	627892798
V42	8°30'18" E	483227950	4111139	704396927	627892798
V43	12°49'24" S	537572820	3034271	208542724	701786114
V44	1°22'01" E	517927850	125800110	212588146	693336884
V45	31°41'39" E	517927850	225800758	698955102	693336884
V46	13°39'21" E	679737300	22781625	698133361	6251527460
V47	11°49'29" E	579927900	17861328	2111454391	6258841795
V48	12°24'23" S	654444500	1597301	233230219	62521218203
V49	28°34'18" S	3372827900	1272344	2382721890	697933143
V50	32°32'29" S	6974227950	1802716	232999384	697291265
V51	6°17'50" E	6974227950	6081329	2329201030	665531238
V52	10°19'20" S	7339428200	3491928	2462301848	691111083
V53	29°21'18" E	429227950	1783040	2461231848	677562598
				2461491497	677923219

CONVENÇÕES:

- EIXO DA LT
- RODOVIA ESTADUAL/FEDERAL
- ESTRADA MUNICIPAL/VICINAL
- FERROVIA
- DIVISA MUNICIPAL
- LT EXISTENTE
- CURSOS D'ÁGUA
- VERTICE DO TRACADO
- TORRE TELECOMUNICAÇÃO

UNIDADE DE CONSERVAÇÃO

- PROJETO DE ASSENTAMENTO
- QUILOMBOLA
- CONCESSÃO DE LAVRA
- REQUERIMENTO DE LAVRA
- LAVRA GARIMPEIRA
- REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA
- CAVIDADE NATURAL
- SITO ARQUEOLOGICO

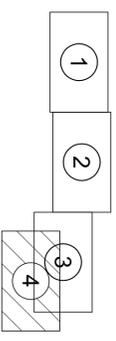
REFERÊNCIAS:

- CARTAS DE RESTITUIÇÃO AEROFOTOGRAFÉTRICA DO IBGE
- IMAGEM DE SATELITE GOOGLE EARTH
- ORTOFOTOS
- MAPA RODOVIÁRIO DO DNIT/DER
- BANCO DE DADOS DEM SRTM
- DADOS OBTIDOS EM CAMPO

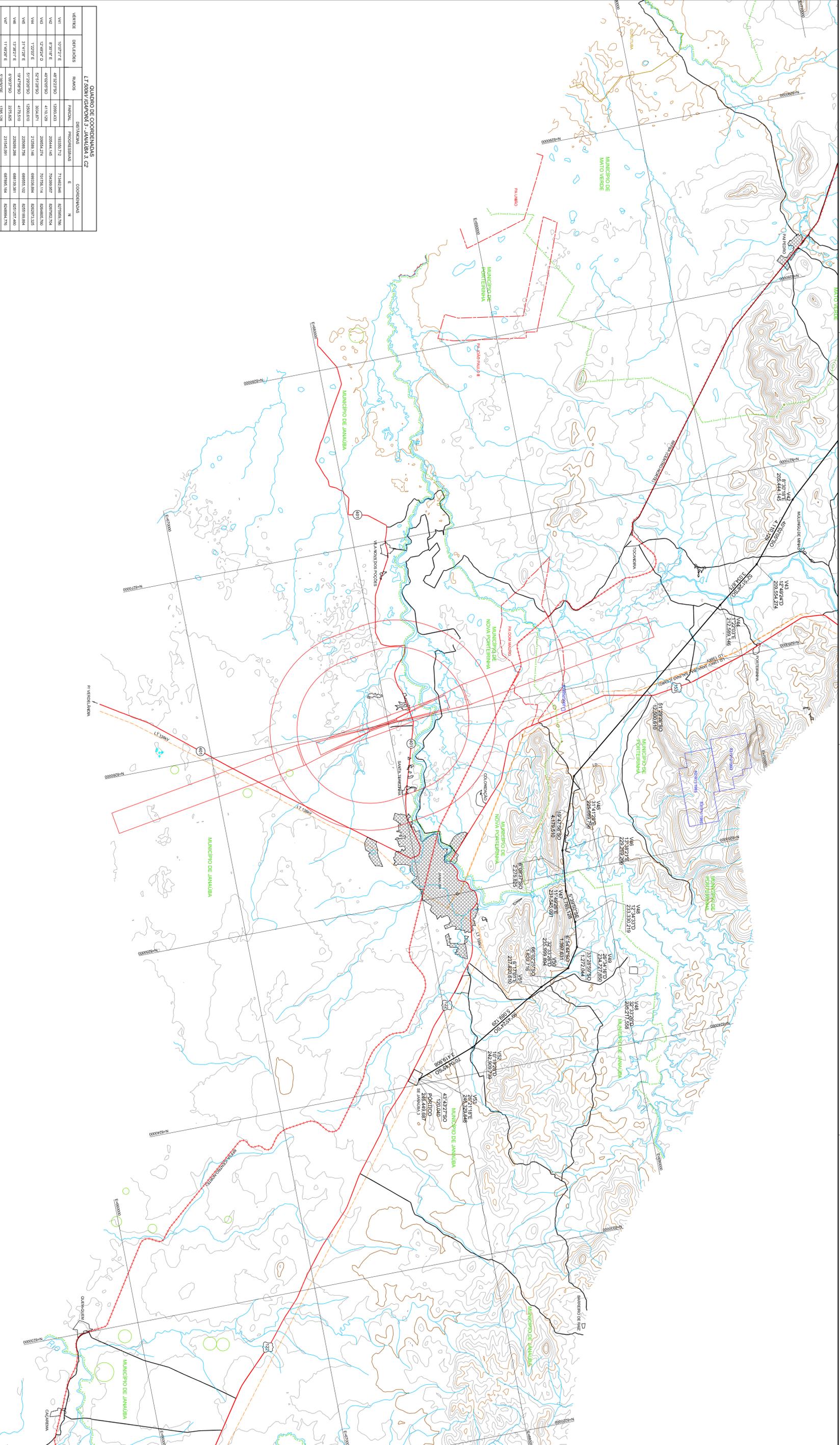
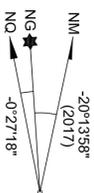
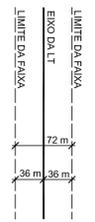
INFORMAÇÕES GEODÉSICAS:

- DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000
- SISTEMA DE PROJEÇÃO: UTM
- MERIDIANO CENTRAL / FUSO: -45° / 23S
- CONVERGÊNCIA MERIDIANA: -0°27'18"
- VARIACÃO ANUAL: -0°07"
- DECLINAÇÃO MAGNÉTICA: 20°13'58"W

ARTICULAÇÃO DA FOLHA:



LARGURA DA FAIXA:



EQUATORIAL TRANSMISSORA X SPE SA					
PROJETO BÁSICO			ESCALA 1 : 100.000		
ELAB. TOPA	VERIF. APP	LT 500kV IGAPORÁ 3 - JANUUBA 3, C2		FOLHA 04 de 04	
APROV. CACP	N. CREIA	SETOR 500kV		REV.	
RES.P. TERC. TOPA	MG 84.457D	PLANTA DO TRACADO		RI	
	05/04/17	DE: EGT-L-501-TOP-0004			
		REVISÃO			
RI	28/04/17	ATUALIZAÇÃO DO TRACADO VERSÃO R3		APP	CACP
RO	05/04/17	EMISSÃO INICIAL		APP	CACP
N	DATA			ELABORADO	VERIFICADO
				APROVADO	

GUIA DE REMESSA DE DOCUMENTOS

Nº:GRD – 0023.2017 – LOTE 16-LT

Data: 04/04/17

De: Wagner Santana

Para: Equatorial Transmissão

Ref.: Documentos projeto básico do lote 16, LT.

FINALIDADE		TIPO	
I	Para informação / conhecimento	Q	Para arquivo
C	Para comentários	P	Para providências
A	Para aprovação	B	Para As built
N	Para construção	O	Outros
		PS	Plotagem sulfite
		EL	Arquivo eletrônico (Email/FTP/CD)
		XR	Xerox

FINALID	QUANT	FORMATO	TIPO	NÚMERO	REV	TÍTULO / OBS
C	1	A4	EL	RT-EQT6-L601-PB-ELM-0005	00	CONDUTOR E PÁRA-RAIOS
C	1	A4	EL	RT-EQT6-L601-PB-ELM-0008	00	LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO
C	1	A4	EL	RT-EQT6-L601-PB-ELM-0009	00	COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO
C	1	A4	EL	RT-EQT6-L601-PB-ELM-0007	00	DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA PARA LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS

Assinatura do Remetente



Recebimento

Data:

Assinatura:

GUIA DE REMESSA DE DOCUMENTOS

Nº: GRD – 0074.2017 – LOTE 16-LT

Data: 25/04/17

De: Wagner Santana

Para: Equatorial Transmissão

Ref.: Documentos projeto básico do lote 16, LT.

FINALIDADE				TIPO	
I	Para informação / conhecimento	Q	Para arquivo	PS	Plotagem sulfite
C	Para comentários	P	Para providências	EL	Arquivo eletrônico (Email/FTP/CD)
A	Para aprovação	B	Para As built	XR	Xerox
N	Para construção	O	Outros		

FINALID	QUANT	FORMATO	TIPO	NÚMERO	REV	TÍTULO / OBS
C	1	A4	EL	RT-EQT6-L601-PB-ELM-0010	0	ISOLADORES E FERRAGENS

Assinatura do Remetente

Recebimento

Data:

Assinatura:

GUIA DE REMESSA DE DOCUMENTOS

Nº: GRD – 0092.2017 – LOTE 16-LT

Data: 26/04/17

De: Wagner Santana

Para: Equatorial Transmissão

Ref.: Documentos projeto básico do lote 16, LT.

FINALIDADE		TIPO			
I	Para informação / conhecimento	Q	Para arquivo	PS	Plotagem sulfite
C	Para comentários	P	Para providências	EL	Arquivo eletrônico (Email/FTP/CD)
A	Para aprovação	B	Para As built	XR	Xerox
N	Para construção	O	Outros		

FINALID	QUANT	FORMATO	TIPO	NUMERO	REV	TITULO / OBS
C	1		EL	RE-EQT6-L601-PB-EST-0018	0	VERIFICAÇÃO DOS ESPAÇAMENTOS ELÉTRICOS
C	1		EL	RE-EQT6-L601-PB-EST-0014	0	SÉRIE DE ESTRUTURAS
C	1		EL	RE-EQT6-L601-PB-EST-0016	0	DESENHO DE SILHUETA
C	1		EL	RE-EQT6-L601-PB-EST-0017	0	CÁLCULO ESTRUTURAL
C	1		EL	RE-EQT6-L601-PB-EST-0015	0	PROGRAMA DE TESTES

Assinatura do Remetente

Recebimento

Data:

Assinatura:



GUIA DE REMESSA DE DOCUMENTOS

Nº:GRD – 0098.2017 – LOTE 16-LT

Data: 27/04/17

De: Wagner Santana

Para: Equatorial Transmissão

Ref.: Documentos projeto básico do lote 16, LT.

FINALIDADE				TIPO	
I	Para informação / conhecimento	Q	Para arquivo	PS	Plotagem sulfite
C	Para comentários	P	Para providências	EL	Arquivo eletrônico (Email/FTP/CD)
A	Para aprovação	B	Para As built	XR	Xerox
N	Para construção	O	Outros		

FINALID	QUANT	FORMATO	TIPO	NUMERO	REV	TITULO / OBS
C	1		EL	RT-EQT6-L601-PB-ELM-0008	1	LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO

Assinatura do Remetente



Recebimento

Data:

Assinatura:

GUIA DE REMESSA DE DOCUMENTOS

Nº:GRD – 0108.2017 – LOTE 16-LT

Data: 28/04/17

De: Wagner Santana

Para: Equatorial Transmissão

Ref.: Documentos projeto básico do lote 16, LT.

FINALIDADE				TIPO	
I	Para informação / conhecimento	Q	Para arquivo	PS	Plotagem sulfite
C	Para comentários	P	Para providências	EL	Arquivo eletrônico (Email/FTP/CD)
A	Para aprovação	B	Para As built	XR	Xerox
N	Para construção	O	Outros		

FINALID	QUANT	FORMATO	TIPO	NUMERO	REV	TITULO / OBS
C	1		EL	RT-EQT6-L601-PB-ELM-0012	0	SISTEMA DE ATERRAMENTO

Assinatura do Remetente 	Recebimento
	Data:
	Assinatura:



GUIA DE REMESSA DE DOCUMENTOS

Nº: GRD - 0115.2017 - LOTE 16-LT

Data: 28/04/17

De: Wagner Santana

Para: Equatorial Transmissão

Ref.: Documentos projeto básico do lote 16, LT.

FINALIDADE				TIPO	
I	Para informação / conhecimento	Q	Para arquivo	PS	Plotagem sulfite
C	Para comentários	P	Para providências	EL	Arquivo eletrônico (Email/FTP/CD)
A	Para aprovação	B	Para As built	XR	Xerox
N	Para construção	O	Outros		

FINALID	QUANT	FORMATO	TIPO	NUMERO	REV	TITULO / OBS
C	1		EL	RT-EQT6-L601-PB-CIV-0011	0	FUNDAÇÕES TÍPICAS

Assinatura do Remetente

Recebimento

Data:

Assinatura:

GUIA DE REMESSA DE DOCUMENTOS

Nº:GRD – 0126.2017 – LOTE 16-LT

Data: 03/05/17

De: Wagner Santana

Para: Equatorial Transmissão

Ref.: Documentos projeto básico do lote 16, LT.

FINALIDADE				TIPO		
I	Para informação / conhecimento	Q	Para arquivo	PS	Plotagem sulfite	
C	Para comentários	P	Para providências	EL	Arquivo eletrônico (Email/FTP/CD)	
A	Para aprovação	B	Para As built	XR	Xerox	
N	Para construção	O	Outros			

FINALID	QUANT	FORMATO	TIPO	NUMERO	REV	TITULO / OBS
C	1		EL	RT-EQT6-L601-PB-TOP-0013	0	DIRETRIZ SELECIONADA

Assinatura do Remetente 	Recebimento Data: Assinatura:
---	-------------------------------------

GUIA DE REMESSA DE DOCUMENTOS

Nº:GRD – 0140.2017 – LOTE 16-LT

Data: 05/05/17

De: Wagner Santana

Para: Equatorial Transmissão

Ref.: Documentos projeto básico do lote 16, LT.

FINALIDADE		TIPO	
I	Para informação / conhecimento	Q	Para arquivo
C	Para comentários	P	Para providências
A	Para aprovação	B	Para As built
N	Para construção	O	Outros
		PS	Plotagem sulfite
		EL	Arquivo eletrônico (Email/FTP/CD)
		XR	Xerox

FINALID	QUANT	FORMATO	TIPO	NUMERO	REV	TITULO / OBS
C	1		EL	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0001	1	INDICE DE RELATÓRIOS
C	1		EL	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0002	1	NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS
C	1		EL	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0003	1	DADOS CLIMATOLÓGICOS
C	1		EL	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0004	1	VELOCIDADE DO VENTO E CARREGAMENTO DEVIDO AO VENTO
C	1		EL	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0006	1	ESTUDO MECÂNICO DO CONDUTOR E PARARAIS E VIBRAÇÕES
C	1		EL	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0005	2	CONDUTOR E PÁRA-RAIOS
C	1		EL	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0009	1	COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO
C	1		EL	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0007	1	DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA PARA LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS

Assinatura do Remetente

Recebimento

Data:

Assinatura:

GUIA DE REMESSA DE DOCUMENTOS

Nº:GRD – 0155.2017 – LOTE 16-LT

Data: 09/05/17

De: Wagner Santana

Para: Equatorial Transmissão

Ref.: Documentos projeto básico do lote 16, LT.

FINALIDADE				TIPO	
I	Para informação / conhecimento	Q	Para arquivo	PS	Plotagem sulfite
C	Para comentários	P	Para providências	EL	Arquivo eletrônico (Email/FTP/CD)
A	Para aprovação	B	Para As built	XR	Xerox
N	Para construção	O	Outros		

FINALID	QUANT	FORMATO	TIPO	NUMERO	REV	TITULO/ OBS
C	1		EL	RE-EQT6-L601-PB-CIV-0011	1	FUNDAÇÕES TÍPICAS

Assinatura do Remetente

Recebimento

Data:

Assinatura:

GUIA DE REMESSA DE DOCUMENTOS

Nº: GRD – 0165.2017 – LOTE 16-LT

Data: 16/05/17

De: Wagner Santana

Para: Equatorial Transmissão

Ref.: Documentos projeto básico do lote 16, LT.

FINALIDADE				TIPO	
T	Para informação / conhecimento	Q	Para arquivo	PS	Plotagem sulfite
C	Para comentários	P	Para providências	EL	Arquivo eletrônico (Email/FTP/CD)
A	Para aprovação	B	Para As built	XR	Xerox
N	Para construção	O	Outros		

FINALID	QUANT	FORMATO	TIPO	NUMERO	REV	TITULO / OBS
C	1		EL	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0001	2	INDICE DE RELATÓRIOS
C	1		EL	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0002	2	NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS
C	1		EL	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0003	2	DADOS CLIMATOLÓGICOS
C	1		EL	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0004	2	VELOCIDADE DO VENTO E CARREGAMENTO DEVIDO AO VENTO
C	1		EL	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0006	2	ESTUDO MECÂNICO DO CONDUTOR E PARARAIOS E VIBRAÇÕES
C	1		EL	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0008	2	LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO
C	1		EL	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0009	2	COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO
C	1		EL	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0007	2	DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA PARA LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS
C	1		EL	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0010	1	ISOLADORES E FERRAGENS
C	1		EL	RE-EQT6-L601-PB-CIV-0011	2	FUNDAÇÕES TÍPICAS
C	1		EL	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0012	1	SISTEMA DE ATERRAMENTO

Assinatura do Remetente

Recebimento

Data:

Assinatura:

00 24/04/17

AQ JCS

Nº Data

Natureza da Revisão

Elaborado Verificado Aprovado

EQUATORIAL TRANSMISSORA 6 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	24/04/17

TÍTULO

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2
Lote 16 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO ISOLADORES E FERRAGENS

Nº DOCUMENTO

FOLHA REVISÃO

RE-EQT6-L601-PB-ELM-0010-R00

1 de 71

00

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	Condutor e Cabos Para-Raios	3
2.1.	Configuração das Fases	3
2.2.	Característica dos Condutores e Para-raios	3
3.	ISOLADORES	4
3.1.	Tipos	4
3.2.	Calculo Mecânico das Cadeias	4
3.3.	Quantidade por Cadeia	4
3.4.	Materiais	4
3.5.	Ensaio de Tipo	4
3.6.	Ensaio de Rotina	5
3.7.	Ensaio de Aceitação	5
4.	FERRAGENS	5
4.1.	Cadeias de Suspensão e Ancoragem	5
4.2.	Emendas	7
4.3.	Espaçadores Amortecedores	7
4.4.	Amortecedores de Vibração	8
4.5.	Esferas de Sinalização	8
4.6.	Reparos	8
4.7.	Ferragens para Aterramento dos Cabos Para-raios	8
4.8.	Ferragens para Aterramento das Estruturas	8
5.	Ensaio De Tipo Para Ferragens	9
5.1.	Ensaio de RIV e Corona	9
5.2.	Ensaio de Arco de Potência	9
5.3.	Ensaio de Ciclo Térmico	9
5.4.	Ensaio de Escorregamento	9
5.5.	Ensaio de Resistência a Ruptura	10
5.6.	Ensaio dos Espaçadores Amortecedores	10
5.7.	Ensaio dos Amortecedores de Vibração	10
6.	Ensaio de Rotina Para Ferragens	10
6.1.	Peças Forjadas	10
6.2.	Peças Fundidas	10
6.3.	Chapas Trabalhadas	11
6.4.	Partes Não Metálicas	11
6.5.	Inspeção por Partículas Magnéticas	11
6.6.	Inspeção Radiográfica	11
7.	Ensaio de Aceitação para Ferragens	11
7.1.	Todas as Ferragens	11
7.2.	Cupilhas dos Engates Concha–Bola	12
7.3.	Espaçadores amortecedores	12
7.4.	Amortecedores de Vibração	12
7.5.	Esferas de Sinalização	12
8.	referências	12
	Anexo 1 – Desenhos das Cadeias	13
	Anexo 2 – Calculo de Cargas nos Isoladores	23

1. OBJETIVO

- 1.1 Definir as características principais para LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2, em circuito simples pertencente ao Lote 16 do Leilão 0013/2015 – 2º parte.
- 1.2 Este relatório procura definir os itens relacionados abaixo:
- Cadeias de isoladores e ferragens para suspensão e ancoragem dos condutores.
 - Cadeias de ferragens para suspensão e ancoragem dos cabos para-raios.
 - Acessórios para o condutor: espaçadores, amortecedores, emendas e reparos.
 - Acessórios para os cabos para-raios: amortecedores, emendas, reparos (cabos CAA), cordoalhas para aterramento e esferas de sinalização.
 - Acessórios para o fio contrapeso: conectores para emenda e para fixação às cantoneiras de ancoragem e às hastes de aterramento.

2. CONDUTOR E CABOS PARA-RAIOS

2.1. Configuração das Fases.

2.1.1 Cada fase da LT é formada por 6 condutores dispostos em feixe elíptico

2.1.2 A LT utiliza estruturas em circuito simples com dois cabos para-raios.

2.2. Característica dos Condutores e Para-raios.

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS DOS CABOS CONDUTORES

Nome	TIPO (Norma)	BITOLA (kcmil)	FORMAÇÃO	Seção (mm ²)	Diâmetro (mm)	Peso (kgf/m)	Carga de Ruptura (kgf)
AAAC 1120 838 kcmil	AAAC Liga 1120 (AS 1531)	838	37 fios	425,16	26,78	1,172	9.471
Lupine (*)	AAC (AL 1350)	2500	91 fios	1266,76	46,31	3,542	18.900

(*) O cabo Lupine será utilizado apenas na cadeia de Jumper

TABELA 2 – CARACTERÍSTICAS DOS CABOS PARA-RAIOS

TIPO	BITOLA	FORMAÇÃO	Classe Galvan.	Seção (mm ²)	Diâm. (mm)	Peso (kgf/m)	Carga de Ruptura (kgf)
CAA DOTTEREL	176,9 kcmil	12/7	A Engraxado	141,89	15,42	0,657	7.857
Aço zinc. EHS	3/8"	7 fios	B	51,08	9,14	0,407	6.985
OPGW 1 (Loose)	15,6 mm	10 fios aço-alumínio Tubo óptico metálico	-	145,00	15,6	0,800	12.623
OPGW 2 (Loose)	13,4 mm	9 fios aço-galvanizado Tubo óptico metálico	B	103,00	13,4	0,682	9.477

3. ISOLADORES

3.1. Tipos

3.1.1 Abaixo definido os tipos de isoladores a ser empregado na LT:

	Valor		
Carga de ruptura	160 kN	210 kN	240 kN
Engate concha-bola	IEC 60120 - 20	IEC 60120 - 20	IEC 60120 - 20
Diâmetro do disco	280 mm	280 mm	280 mm
Diâmetro do pino	21 mm	21 mm	21 mm
Passo	170 mm	170 mm	170 mm
Distância de escoamento	380 mm	380 mm	380 mm

3.2. Calculo Mecânico das Cadeias

3.2.1 O calculo das cargas mecânicas das ferragens e isoladores para a serie de estruturas da LT constam do anexo 2.

3.3. Quantidade por Cadeia

$N_{SUSP} = 23$ isoladores de 210 kN	ISC-21 (cadeia de suspensão fase central)
$N_{SUSP} = 23$ isoladores de 210 kN	ISL-21(cadeia de suspensão simples fase lateral)
$N_{SUSP} = 23$ isoladores de 210 kN	VSC-21(cadeia de suspensão em "V" fase central)
$N_{SUSP} = 23$ isoladores de 240 kN	ISL-24(cadeia de suspensão pesada fase lateral)
$N_{SUSP} = 23$ isoladores de 240 kN	VSC-24(cadeia de suspensão pesada em "V" fase central)
$N_{SUSP} = 23$ isoladores de 160 kN	IP-16 (cadeia de passagem (3 x lupine))
$N_{ANCO} = 4 \times 24$ isoladores de 160 kN	AQC-16 (cadeia quadrupla de ancoragem fase central)
$N_{ANCO} = 4 \times 24$ isoladores de 160 kN	AQL-16 (cadeia quadrupla de ancoragem fase lateral)

3.4. Materiais

Dielétrico	– vidro temperado ou porcelana obtida por via úmida.
Campânulas	– ferro fundido maleável ou nodular, zincado por imersão a quente.
Pinos	– aço forjado, zincado por imersão a quente.
Cupilhas	– aço inoxidável AISI 301, 302 ou 304.

3.5. Ensaio de Tipo

3.5.1 Os isoladores, individualmente, devem ser submetidos aos seguintes ensaios de acordo com as normas técnicas aplicáveis. :

- Tensão disruptiva à frequência industrial, a seco e sob chuva.
- Tensão crítica de descarga sob impulso atmosférico, positiva e negativa.
- Perfuração Elétrica sob Impulso de Ar
- Tensão de rádio interferência.
- Carga mantida de 24 horas.
- Resistência ao impacto.

- g) Resistência residual.
- h) Desempenho termomecânico.
- i) Verificação dimensional.

3.6. Ensaios de Rotina

3.6.1 Todos os isoladores, individualmente, devem ser submetidos aos seguintes ensaios de rotina de acordo com as normas técnicas aplicáveis:

- a) Inspeção visual.
- b) Ensaio mecânico de rotina.
- c) Ensaio elétrico de rotina (somente para isoladores de porcelana).
- d) Choque térmico (somente para peças de vidro temperado, antes da montagem).

3.7. Ensaios de Aceitação

3.7.1 Os isoladores e as cupilhas devem ser submetidos aos ensaios de aceitação relacionados a seguir, por amostragem, de acordo com as normas técnicas aplicáveis.

3.6.1.1 Ensaios de Aceitação dos Isoladores

- a) Verificação dimensional.
- b) Verificação dos deslocamentos axial e radial.
- c) Ciclo de temperatura (somente para isoladores de porcelana).
- d) Carga de ruptura eletromecânica (somente para isoladores de porcelana).
- e) Carga de ruptura mecânica (somente para isoladores de vidro temperado).
- f) Choque térmico (somente para isoladores de vidro temperado).
- g) Perfuração sob impulso.
- h) Porosidade (somente para isoladores de porcelana).
- i) Zincagem (peso e uniformidade da camada de zinco).

3.6.1.2 Ensaios de Aceitação das Cupilhas

- a) Inspeção visual
- b) Verificação dimensional.
- c) Resistência ao dobramento.
- d) Dureza.
- e) Operação.

4. FERRAGENS

4.1. Cadeias de Suspensão e Ancoragem

4.1.1 Todos os componentes das cadeias de fixação do condutor e dos cabos pára-raios, exceto grampos de suspensão e ancoragem, devem ser fabricados em aço forjado ou, alternativamente, em ferro fundido maleável ou nodular, e zincados por imersão a quente. Todos os componentes das cadeias de isoladores deverão ser produzidos e ensaiados conforme normas técnicas constantes neste projeto básico. Os componentes e acessórios deverão atender aos limites térmicos de operação das linhas.

4.1.2 As cupilhas das conexões tipo concha-bola e os contrapinos utilizados nos pinos e parafusos devem ser de aço inoxidável AISI 301, 302 ou 304.

- 4.1.3 Os grampos de suspensão do condutor e dos cabos para-raios CAA devem ser constituídos por berço e calha fabricados em liga de alumínio. O grampo de suspensão para o cabo 3/8" EAR poderá ser fabricado em liga de alumínio ou aço forjado.
- 4.1.4 As cadeias de suspensão dos condutores e dos cabos para-raios devem utilizar armaduras de vergalhões pré-formados ou, alternativamente, grampos de suspensão tipo AGS (armor-grip suspension). Os vergalhões utilizados nas cadeias dos cabos CAA devem ser fabricados em liga de alumínio, com hélice à direita; os utilizados nas cadeias do cabo 3/8" EAR devem ser fabricadas em aço zincado a quente, classe A, com hélice à esquerda. As cadeias de passagem não utilizam armaduras pré-formadas.
- 4.1.5 Os grampos de ancoragem do condutor e cabos para-raios devem ser do tipo à compressão.
- 4.1.6 Todas as ferragens com engates tipo concha-bola devem ser compatíveis com os correspondentes isoladores e cadeias especificados no capítulo 3.
- 4.1.7 As cadeias de suspensão e ancoragem do condutor devem ser projetadas de modo a permitir o uso de ferramentas para manutenção em linha viva.
- 4.1.8 Os componentes das cadeias do condutor situados no lado energizado devem ser projetados de modo a:
- reduzir ao mínimo o efeito corona;
 - suportar, sem perda de suas características elétricas e mecânicas, as temperaturas de longa e curta duração previstas para o condutor (2).
- 4.1.9 As cadeias de suspensão e ancoragem do condutor devem ser submetidas aos ensaios de RIV/Corona e Arco de Potência descritos nos itens 5.1 e 5.2 deste relatório.
- 4.1.10 As cadeias de suspensão "1" devem atender o desempenho especificado nos itens 5.1 e 5.2, preferencialmente, sem utilizar anéis. Os anéis, caso utilizados, devem ter formato e fixação aos balancins que permitiam sua colocação e retirada utilizando ferramentas de manutenção em linha viva.
- 4.1.11 As cadeias de ancoragem devem ser providas de anéis anticorona no lado energizado para permitir uma melhor distribuição do campo elétrico. O formato dos anéis e os detalhes de fixação aos balancins deverão ser compatibilizados com as distâncias fase-terra previstas no projeto das linhas de transmissão e sua fixação aos balancins devem permitir sua colocação e retirada utilizando ferramentas de manutenção em linha viva.
- 4.1.12 As ferragens e acessórios das cadeias de suspensão e ancoragem na saída da SE Sapeaçu, devem ser sobregalvanizadas.
- 4.1.13 São indicadas a seguir as cargas mínimas de ruptura dos componentes das cadeias de fixação do condutor e dos cabos para-raios:

Componente	Carga de Ruptura
Cadeias de suspensão e ancoragem dos para-raios	120 kN
Cadeia de suspensão ISC-21, ISL-21 e VSC-21	210 kN
Cadeia de suspensão ISL-24 e VSC-24	240 kN
Cadeia de passagem IP-16	160 kN

Componente	Carga de Ruptura
Cadeia de ancoragem quádrupla ADC-16 e ADL-16 (aplicada na torre de ancoragem meio de linha)	
peças em linha com uma penca de isoladores	160 kN
peças em linha com um condutor	120 kN
peças suportando as quatro pencas de isoladores ou os dois subcondutores	640 kN
Grampos de ancoragem do condutor e para-raios	A carga de ruptura (e/ou a carga de escorregamento) deve ser, no mínimo, 95% da carga de ruptura do cabo ao qual se destinam.
Grampos de suspensão do condutor e para-raios	A carga de ruptura deve ser, no mínimo, 60% da carga de ruptura do cabo ao qual se destinam.

- 4.1.14 Os grampos de suspensão, com os parafusos de fixação da calha apertados com o torque recomendado pelo fabricante, devem ter uma resistência ao escorregamento igual a, no mínimo, 25% da carga de ruptura do cabo ao qual se destinam.
- 4.1.15 Os grampos de suspensão devem ser projetados de modo que o ângulo de saída dos cabos, em ambos os lados, seja $\geq 15^\circ$.
- 4.1.16 As características dimensionais básicas das cadeias de suspensão e ancoragem do condutor e cabos para-raios são apresentadas nos desenhos constantes do Anexo 1.

4.2. Emendas

- 4.2.1 As emendas do condutor e cabos para-raios podem ser do tipo a compressão ou constituídas por varetas pré-formadas externas e de enchimento (caso necessário) em liga de alumínio, com hélice à direita (cabos CAA) e varetas pré-formadas em aço zincado a quente, com hélice à esquerda (alma de aço dos cabos CAA e cabo 3/8" EAR).
- 4.2.2 As emendas devem ter uma resistência, tanto a ruptura como ao escorregamento, igual a, no mínimo, 95% da carga de ruptura do cabo ao qual se destinam.

4.3. Espaçadores Amortecedores

- 4.3.1 A LT utiliza espaçadores amortecedores quádruplo para LT com 6 condutores. Os espaçadores amortecedores devem ser instalados no ponto médio dos vãos superiores a 300 m ou a cada terço do vão, em vãos superiores a 700 m.
- 4.3.2 Os espaçadores amortecedores devem permitir sua instalação ou retirada utilizando ferramentas de manutenção em linha viva, sem a completa separação de seus componentes. Deve ser possível retirar e reinstalar os grampos sem danificar os parafusos de fixação ou os condutores.
- 4.3.3 O sistema de grampeamento deve ser projetado de forma a garantir que a tampa não deslize quando for apertada e que o torque dado na instalação será mantido ao longo de toda a vida útil da LT, mesmo após a deformação plástica do condutor decorrente

de ciclos térmicos, envelhecimento, etc. Com esse objetivo o sistema de grampeamento deve incluir um mecanismo de armazenamento de energia que compense a deformação plástica dos fios de alumínio.

4.4. Amortecedores de Vibração

- 4.4.1 Os amortecedores de vibração utilizados nos condutores e cabos para-raios CAA e 3/8 "EAR devem ser do tipo Stockbridge.
- 4.4.2 Os amortecedores de vibração utilizados nos cabos para-raios OPGW devem ser do tipo preformado SVD.
- 4.4.3 Os amortecedores devem ser capazes de amortecer efetivamente as vibrações eólicas, sem o auxílio de outros acessórios. Essa capacidade de amortecimento deve ser comprovada através dos ensaios de tipo relacionados no item 5.7 deste relatório.
- 4.4.4 Os grampos de fixação do amortecedor nos cabos CAA devem ser de liga de alumínio. Os amortecedores destinados ao cabo 3/8" EAR poderão utilizar grampos de aço zincado a quente.
- 4.4.5 Cada peso do amortecedor deve possuir um orifício de drenagem posicionado na parte inferior do mesmo, quando instalado. O cabo mensageiro deve ser do tipo EAR, zincado a quente, classe A, com limite de fadiga não inferior a 15 kgf/mm².

4.5. Esferas de Sinalização

- 4.5.1 As esferas a serem instaladas nos cabos para-raios devem ter 60 cm de diâmetro, espessura não inferior a 2,5 mm e atender os requisitos da norma NBR 15237 no que se refere aos materiais utilizados e ao detalhamento do projeto. Devem ser fabricadas na cor laranja internacional (Munsell 2.5 YR 6/14).
- 4.5.2 As esferas devem ser projetadas para instalação nos cabos para-raios de tal forma que não se movimentem ao longo do cabo durante a vida útil da LT.

4.6. Reparos

- 4.6.1 Os reparos utilizados no condutor e nos cabos para-raios CAA devem ser constituídos por varetas pré-formadas em liga de alumínio, com hélice à direita.
- 4.6.2 O conjunto de varetas aplicáveis ao condutor deve ser projetado com pontas chanfradas de modo a reduzir o efeito corona.

4.7. Ferragens para Aterramento dos Cabos Para-raios

- 4.7.1 Os cabos para-raios devem ser solidamente aterrados em todas as estruturas utilizando cordoalha de cobre estanhado fixada aos grampos de suspensão ou ancoragem dos cabos e à estrutura.
- 4.7.2 O comprimento da cordoalha e as dimensões de seus terminais devem ser definidos em função da configuração definitiva dos conjuntos de suspensão e ancoragem dos cabos para-raios.

4.8. Ferragens para Aterramento das Estruturas

- 4.8.1 Serão utilizadas as seguintes hastes de aterramento conforme o tipo de contrapeso a ser utilizado:
 - a) Cabo contrapeso de aço zincado 3/8" SM: haste de aterramento L40X40X5 mm, de comprimento 2400 mm, com conector de aterramento Ø M12;

5. ENSAIOS DE TIPO PARA FERRAGENS

5.1. Ensaio de RIV e Corona

- 5.1.1 As cadeias de suspensão e ancoragem do condutor devem ser submetidas a ensaios de RIV e Corona conforme indicado a seguir. Devem também ser submetidos a esses ensaios os acessórios do condutor, ou seja, espaçadores amortecedores, amortecedores, emendas e reparos pré-formados.
- 5.1.2 As cadeias devem ser montadas no laboratório em estruturas que reproduzam a configuração das torres utilizadas na linha de transmissão de modo a simular as condições reais de operação e os correspondentes gradientes elétricos nos condutores.
- 5.1.3 As cadeias de suspensão e ancoragem, os espaçadores amortecedores, os amortecedores, as emendas e os reparos pré-formados não deverão apresentar corona visível quando submetidos a uma tensão fase-terra de 335 kV, 60 Hz, valor eficaz.
- 5.1.4 Para as cadeias de suspensão e ancoragem do condutor as tensões de RIV, medidas conforme norma NEMA 107, deverão ser inferiores a 500 μ V estando as cadeias submetidas a uma tensão fase-terra de 320 kV, 60 Hz, valor eficaz.
- 5.1.5 Para os espaçadores amortecedores, amortecedores, emendas e reparos pré-formados do condutor, ensaiados nas mesmas condições e submetidos à mesma tensão fase-terra indicada no item 5.1.4 acima, as tensões de RIV, medidas conforme norma NEMA 107, devem ser inferiores a 200 μ V.

5.2. Ensaio de Arco de Potência

- 5.2.1 Devem ser realizados ensaios de arco de potência em protótipos dos conjuntos de suspensão e ancoragem aplicáveis ao condutor. O arranjo do laboratório e dos conjuntos sendo ensaiados deve reproduzir as condições de utilização das cadeias na LT, principalmente no que se refere às distâncias entre partes vivas e aterradas e ao circuito de retorno da corrente.
- 5.2.2 Um protótipo de cada conjunto deve ser submetido a três correntes de arco de 50 kA, valor eficaz, alimentação desbalanceada e duração de 0,10 s, 0,10 s e 0,30 s.
- 5.2.3 Um segundo protótipo de cada conjunto deve ser submetido a três correntes de arco de 10 kA, valor eficaz, alimentação balanceada e duração de 0,20 s, 0,20 s e 0,50 s.
- 5.2.4 Os conjuntos de suspensão e ancoragem do condutor serão considerados aprovados se, após os ensaios:
- a) Não ocorrer a separação de nenhum componente ou isolador das cadeias;
 - b) As cargas de ruptura dos componentes afetados pelos arcos forem superiores a 80% do valor mínimo garantido pelo Fornecedor.

5.3. Ensaio de Ciclo Térmico

- 5.3.1 Devem ser submetidos ao ensaio os grampos de ancoragem à compressão e terminais de passagem e os conjuntos de emenda do condutor. O ensaio deve ser realizado de acordo com a norma NEMA C119.4, método CCT, classe C (125 ciclos).

5.4. Ensaio de Escorregamento

- 5.4.1 Os grampos de suspensão devem ser submetidos a ensaios que permitam relacionar a carga de escorregamento com o torque aplicado aos parafusos de fixação da calha.

5.5. Ensaio de Resistência a Ruptura

5.5.1 Os componentes das cadeias de suspensão e ancoragem do condutor e cabos para-raios e os conjuntos de emenda do condutor e cabos para-raios devem ser submetidos a ensaios de ruptura para comprovar seu atendimento às cargas de projeto. As cargas devem ser aplicadas aos componentes de modo a reproduzir as condições de operação, quando instalados na linha de transmissão.

5.6. Ensaios dos Espaçadores Amortecedores

5.6.1 Protótipos dos espaçadores amortecedores devem ser submetidos aos ensaios relacionados a seguir conforme especificado nas normas técnicas aplicáveis. O projeto do espaçador amortecedor deverá atender os parâmetros definidos na Norma IEC 61854::

- a) Exame visual.
- b) Verificação dimensional.
- c) Escorregamento do grampo.
- d) Aperto dos parafusos de fixação dos grampos nos cabos.
- e) Simulação de corrente de curto-circuito e ensaios de tração e compressão.
- f) Flexibilidade.
- g) Fadiga (vibração eólica, duração 10^8 ciclos).
- h) Resistência elétrica.

5.7. Ensaios dos Amortecedores de Vibração

5.7.1 Protótipos dos amortecedores a serem utilizados nos condutores e cabos pára-raios devem ser submetidos aos ensaios relacionados a seguir conforme especificado nas normas técnicas aplicáveis:

- a) Exame visual.
- b) Verificação dimensional.
- c) Escorregamento do grampo.
- d) Aperto do parafuso de fixação do grampo nos cabos.
- e) Fixação dos pesos no cabo mensageiro.
- f) Fixação do grampo no cabo mensageiro.
- g) Capacidade de amortecimento.
- h) Resistência à fadiga.

6. ENSAIOS DE ROTINA PARA FERRAGENS

6.1. Peças Forjadas

- | | |
|----------------------------|--|
| a) Matéria prima | exame visual e ensaios mecânicos e químicos. |
| b) Após forjadas | exame visual e dimensional, ensaios metalográficos. |
| c) Após tratamento térmico | ensaios mecânicos e metalográficos. |
| d) Após zincagem | espessura, acabamento e aderência da camada de zinco. |
| e) Peças acabadas | exame visual e dimensional, ensaios mecânicos, compatibilidade com outras peças. |

6.2. Peças Fundidas

- | | |
|------------------|---------------------------------|
| a) Matéria prima | exame visual e análise química. |
|------------------|---------------------------------|

- b) Após fundidas exame visual e dimensional.
- c) Após tratamento térmico ensaios mecânicos e metalográficos.
- d) Após zincagem espessura, acabamento e aderência da camada de zinco.
- e) Peças acabadas exame visual e dimensional, ensaios mecânicos, compatibilidade com outras peças.

6.3. Chapas Trabalhadas

- a) Matéria prima exame visual e dimensional, ensaios mecânicos e análise química.
- b) Após operações de corte, furação e dobramento exame visual e dimensional
- c) Após tratamento térmico e soldagem (se aplicável) exame visual e dimensional, exame das soldas.
- d) Após zincagem espessura, acabamento e aderência da camada de zinco.
- e) Peças acabadas exame visual e dimensional, ensaios mecânicos, compatibilidade com outras peças.

6.4. Partes Não Metálicas

- a) Matéria prima análise química.
- b) Durante a fabricação propriedades elétricas e mecânicas.
- c) Peças acabadas *exame visual e dimensional, compatibilidade com outras peças.*

6.5. Inspeção por Partículas Magnéticas

6.5.1 Antes da zincagem amostras das peças fundidas e forjadas de material ferroso devem ser submetidas à inspeção magnética de acordo com a norma ASTM E709 utilizando a magnetização circular e longitudinal pelo método contínuo.

6.5.2 Todas as seções de uma peça devem ser inspecionadas, inclusive parafusos e pinos. Devem ser utilizadas partículas magnéticas fluorescentes como meio de inspeção.

6.6. Inspeção Radiográfica

O ensaio deve ser efetuado em amostras dos grampos de suspensão fabricados em liga de alumínio. As condições internas dos grampos devem ser verificadas com base nos padrões definidos na norma ASTM E155.

7. ENSAIOS DE ACEITAÇÃO PARA FERRAGENS

Os materiais acabados devem ser submetidos aos ensaios de aceitação especificados nos itens 7.1 a 7.5 de acordo com as normas técnicas aplicáveis.

7.1. Todas as Ferragens

7.1.1 Todos os tipos de ferragens devem ser submetidos aos seguintes ensaios, por amostragem:

- a) Exame visual.
- b) Verificação dimensional (acabamento, encaixe e dimensões).
- c) Resistência mecânica à ruptura.
- d) Zincagem (espessura, acabamento e aderência da camada de zinco).

7.1.2 Adicionalmente cada tipo específico de material deve ser submetido, por amostragem, aos ensaios relacionados nos itens 7.2 a 7.5 a seguir.

7.2. Cupilhas dos Engates Concha–Bola

- a) Dobramento.
- b) Dureza.
- c) Operação.

7.3. Espaçadores amortecedores

- a) Escorregamento do grampo.
- b) Aperto dos parafusos de fixação dos grampos nos condutores.

7.4. Amortecedores de Vibração

- a) Escorregamento do grampo.
- b) Aperto dos parafusos de fixação do grampo nos cabos.
- c) Fixação dos pesos no cabo mensageiro.
- d) Fixação do grampo no cabo mensageiro.

7.5. Esferas de Sinalização

- a) Resistência ao impacto.
- b) Aderência da pintura.
- c) Escorregamento.
- d) Torque nos parafusos.

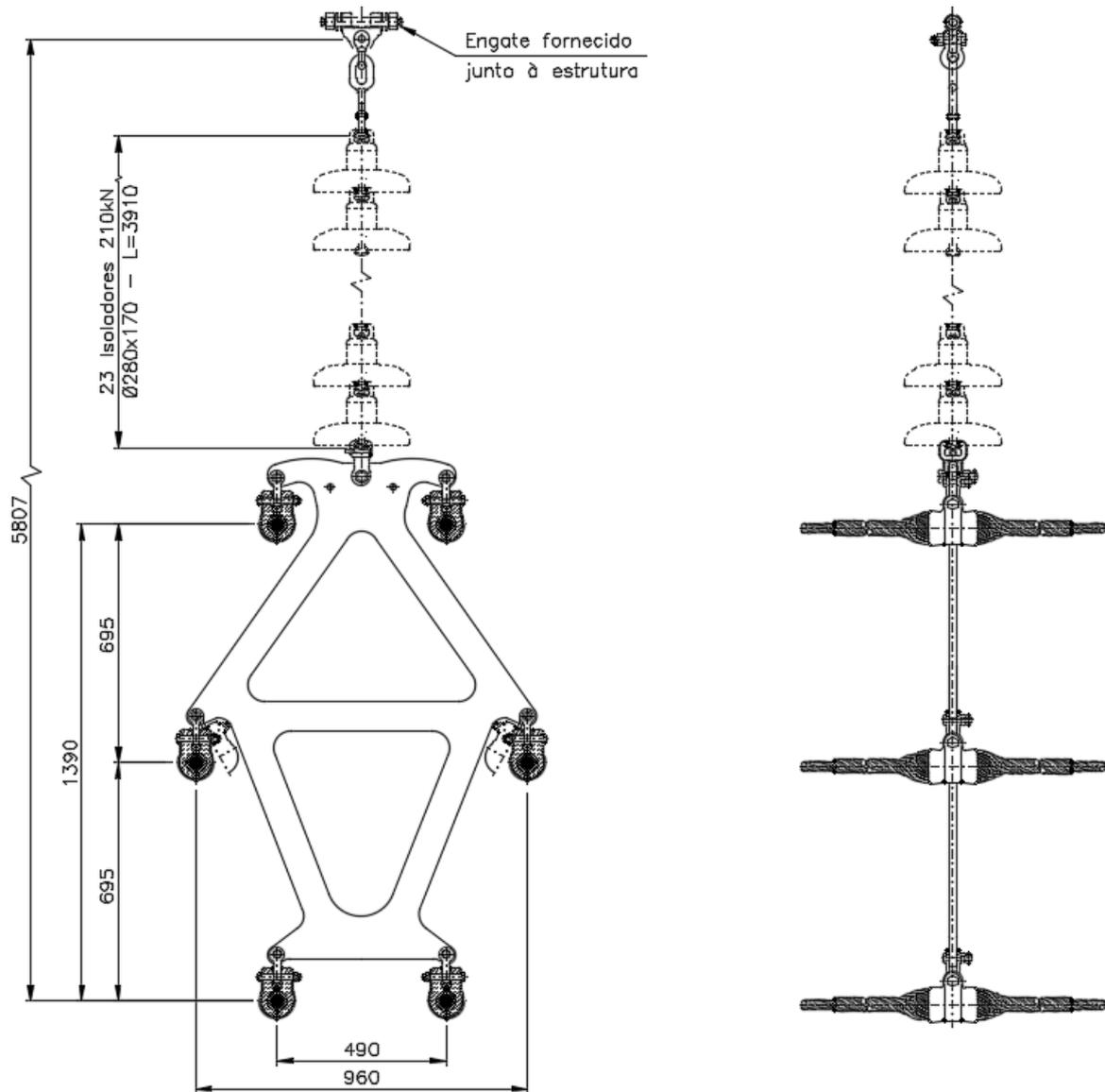
8. REFERÊNCIAS

- 1 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0002 NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 2 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0005 CONDUTOR E PÁRA-RAIOS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 3 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0009 COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 4 Relatório, RE-EQT6-L601-PB-ELM-0012 SISTEMA DE ATERRAMENTO, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2

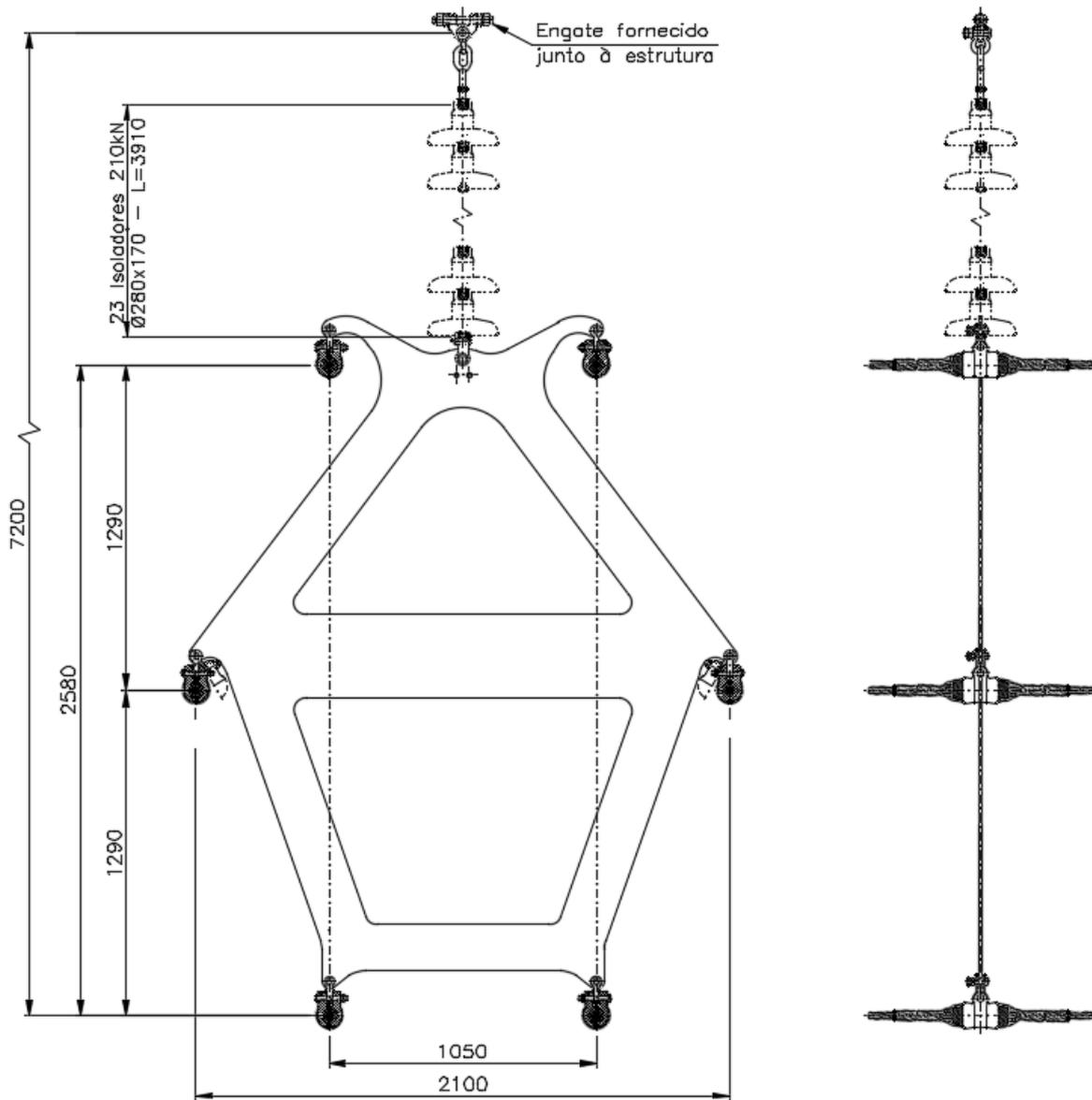
Anexo 1 – Desenhos das Cadeias

NOTAS GERAIS APLICÁVEIS A TODOS OS DESENHOS

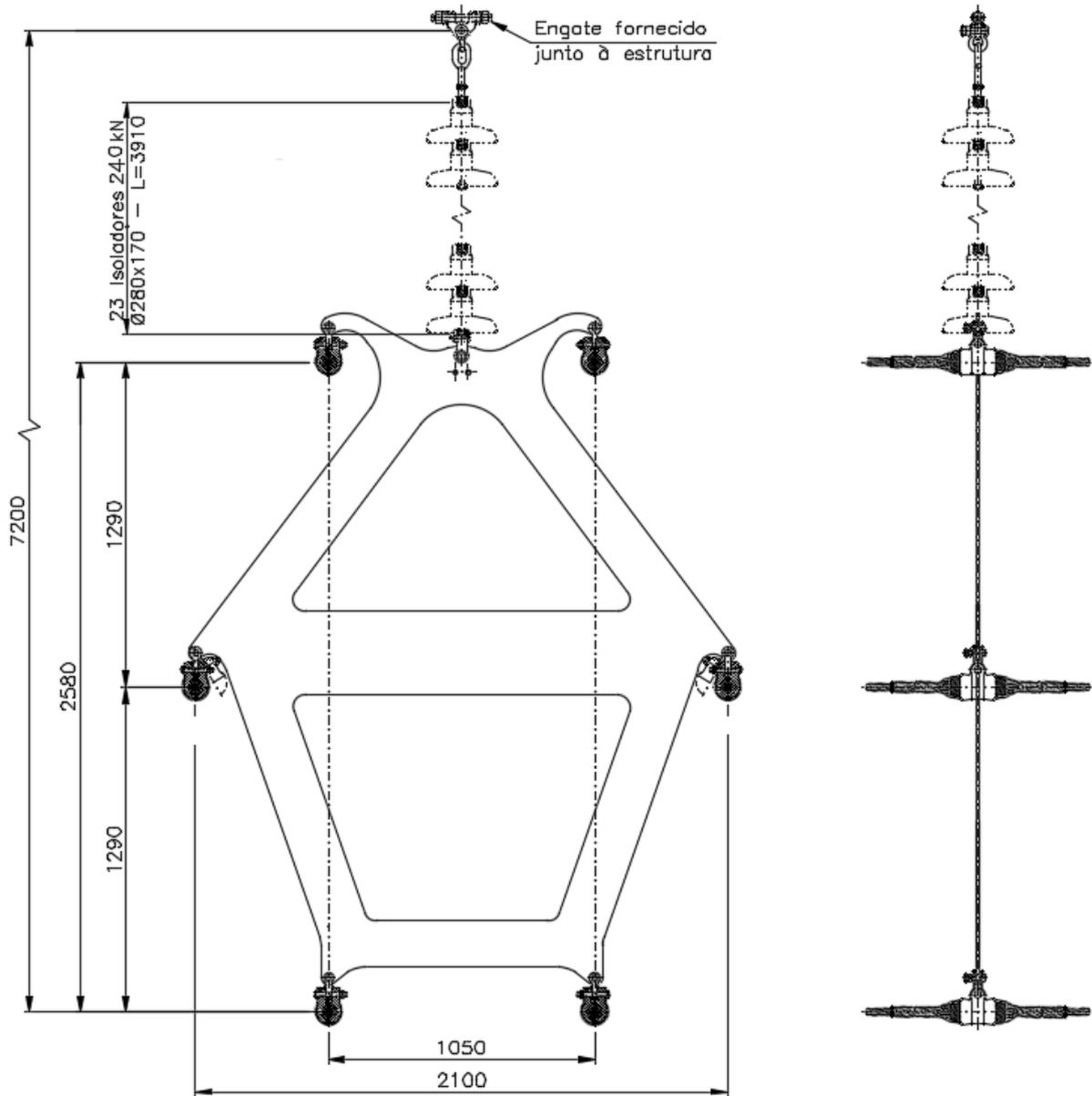
1. Para características dos condutores e cabos para-raios referir-se ao item 2.3 deste relatório.
2. Para características dos isoladores utilizados nas cadeias de suspensão e ancoragem dos condutores referir-se ao item 3 deste relatório.
3. Todas as dimensões estão em milímetro.



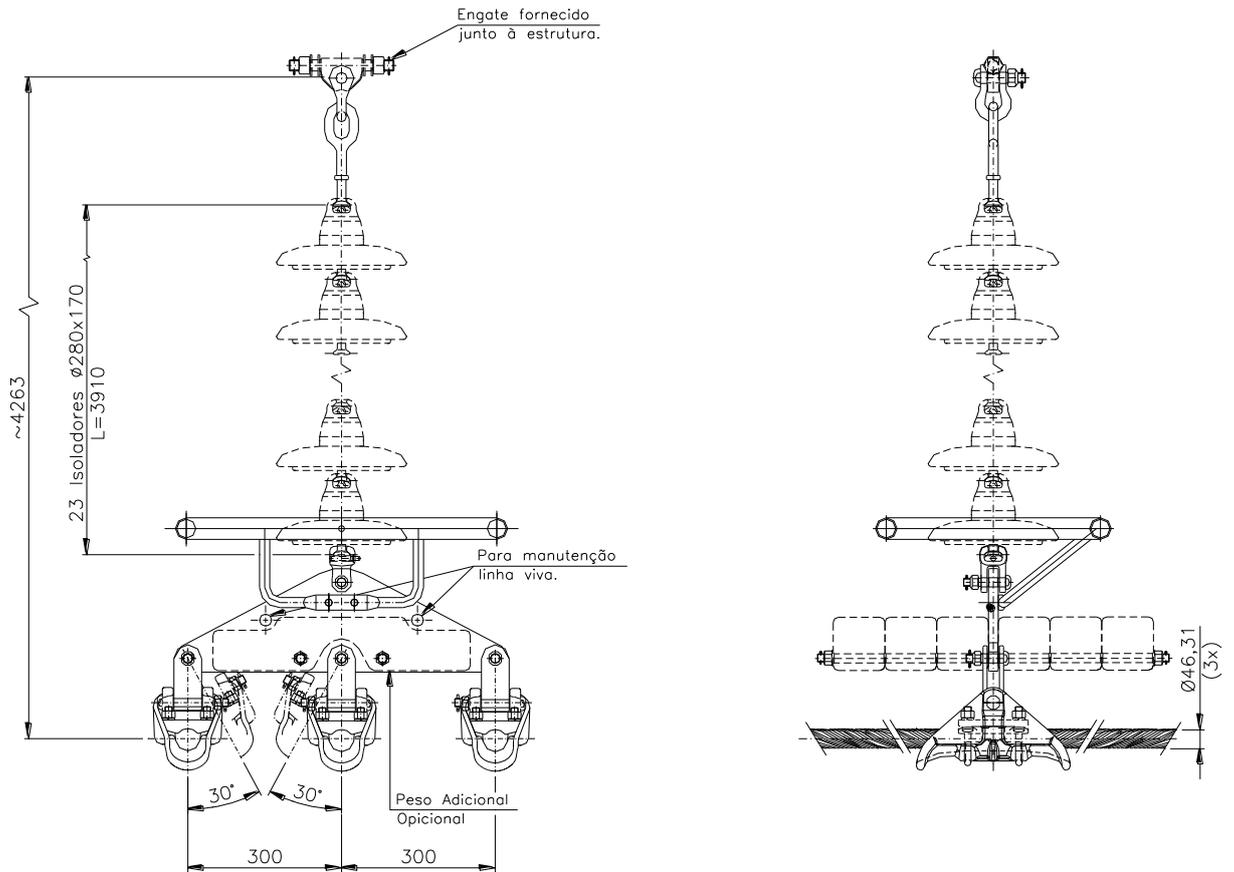
CADEIA DE SUSPENSÃO SIMPLES FASE CENTRAL ISC-21



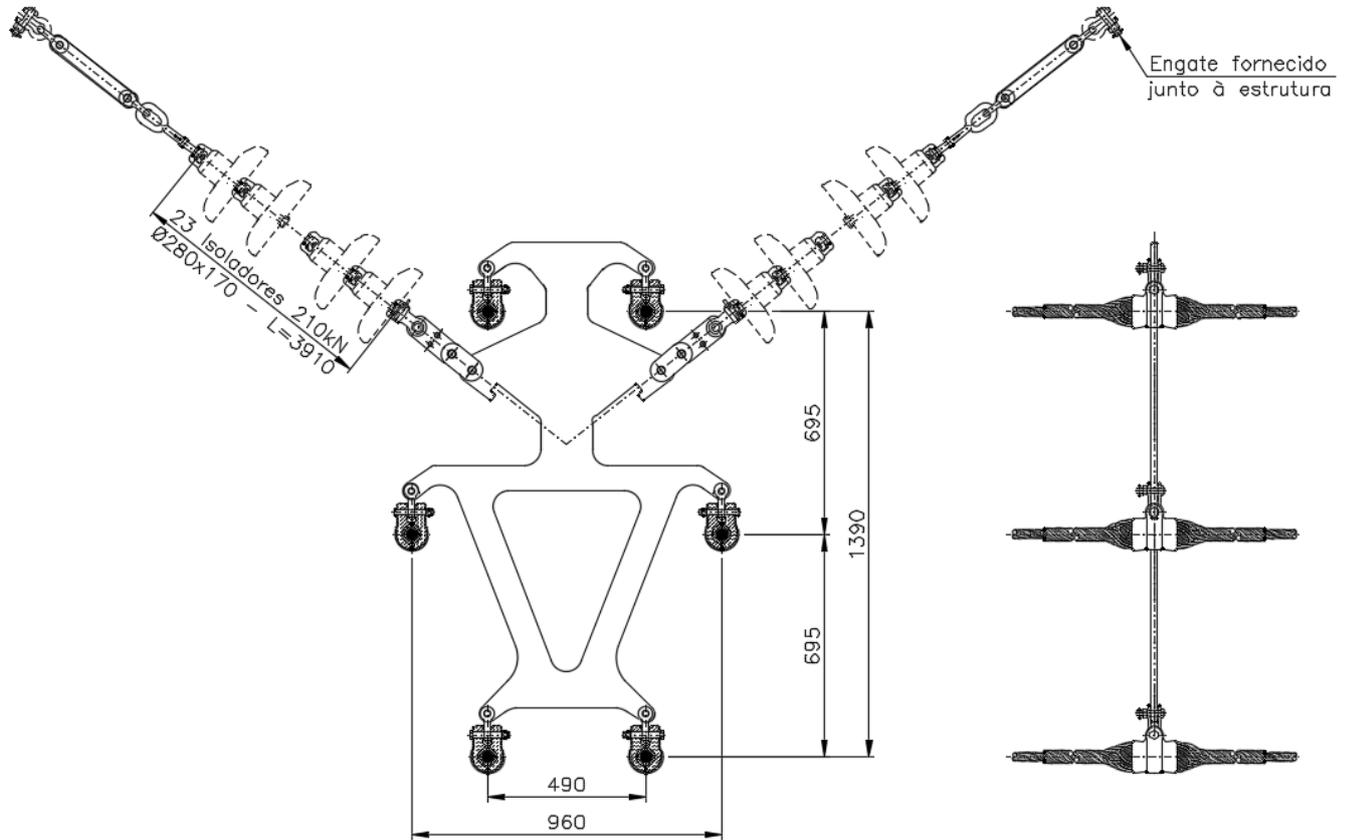
CADEIA DE SUSPENSÃO SIMPLES FASE LATERAL ISL-21



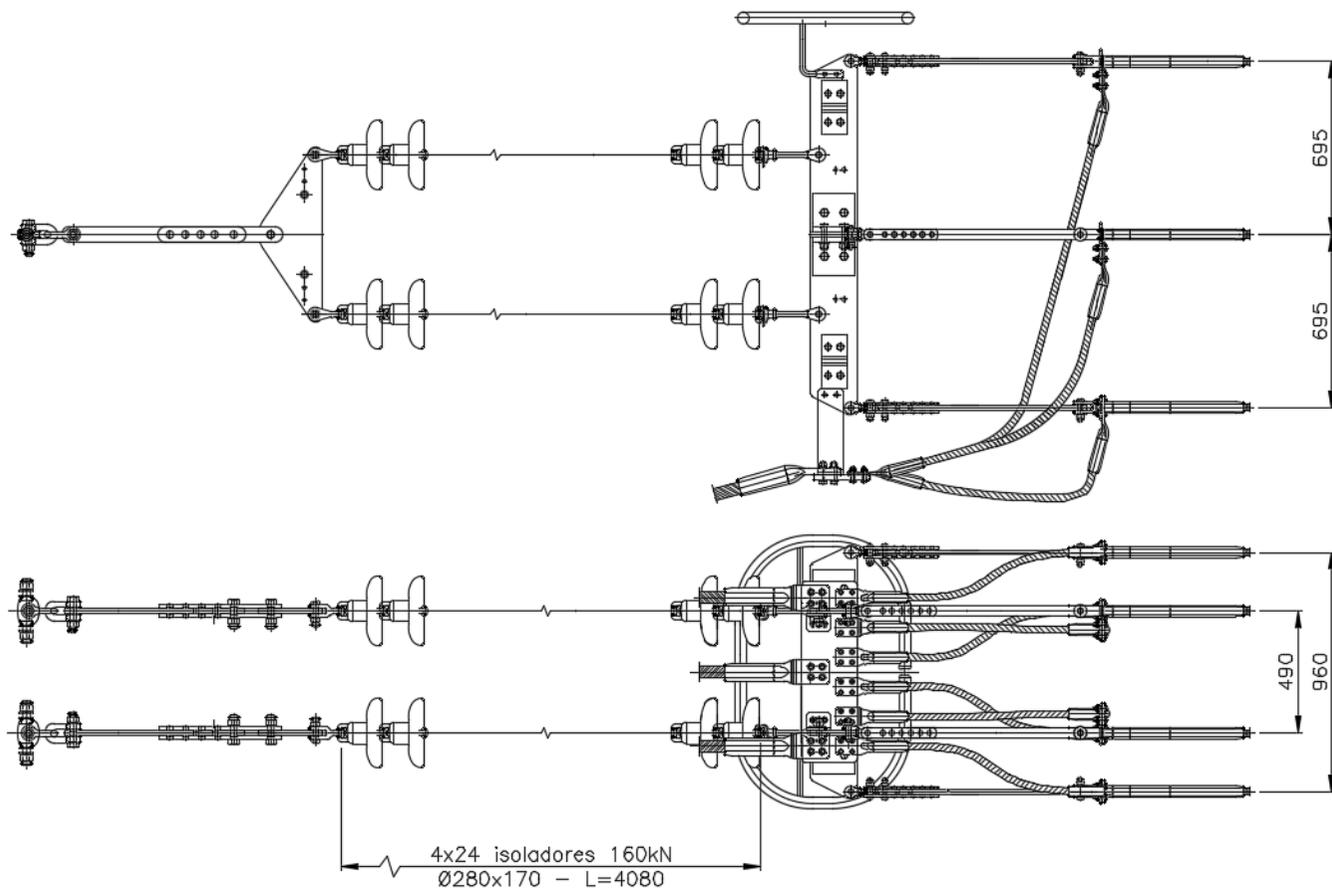
CADEIA DE SUSPENSÃO PESADA FASE LATERAL ISL-24



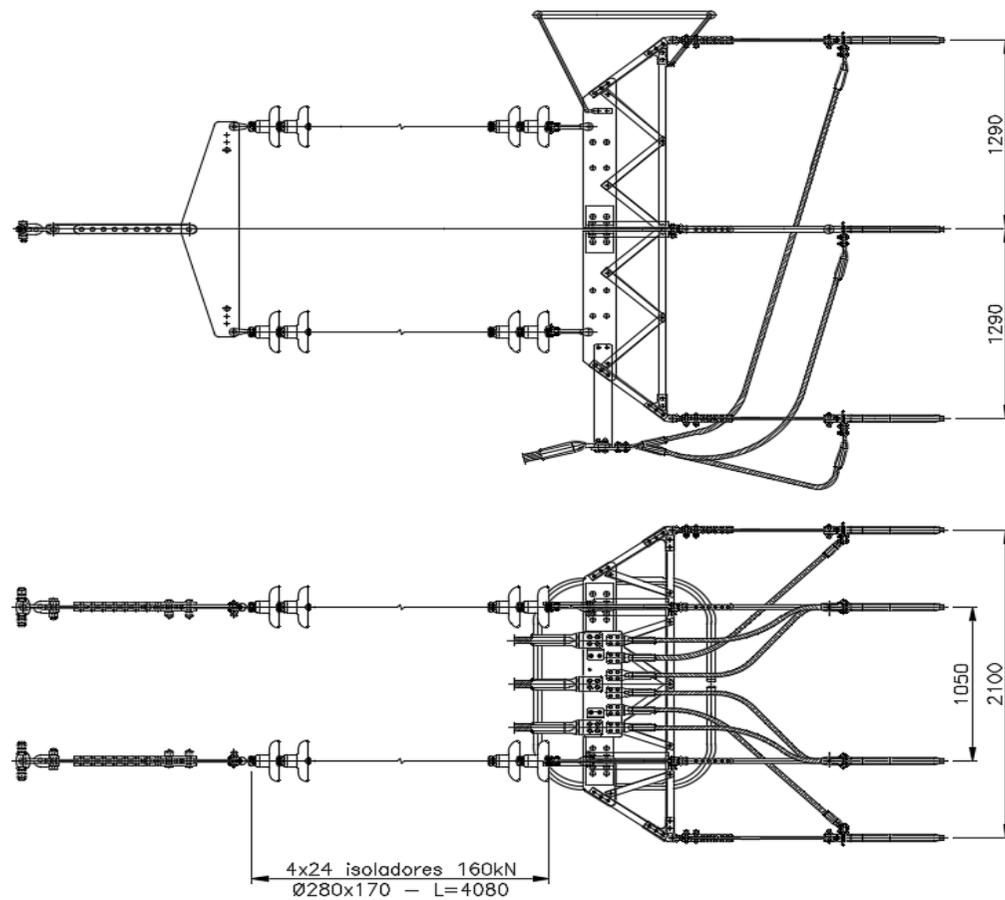
CADEIA DE JUMPER IP-16 (3 X CA LUPINE)



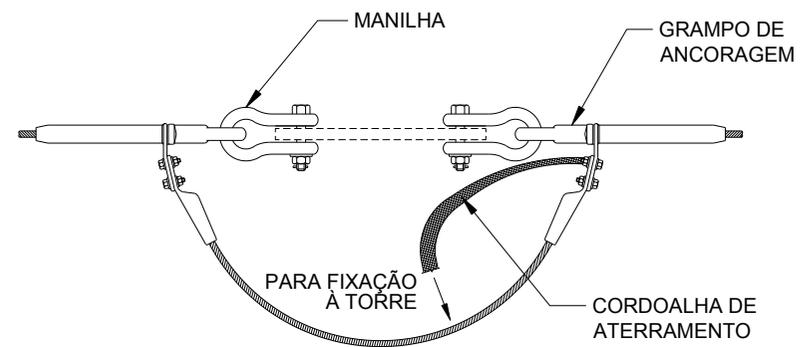
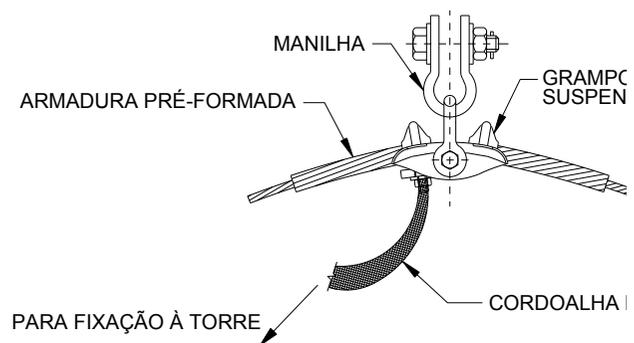
CADEIA DE SUSPENSÃO EM "V" FASE CENTRAL VSC-21



CADEIA DE ANCORAGEM QUÁDRUPLA FASE CENTRAL AQC-16

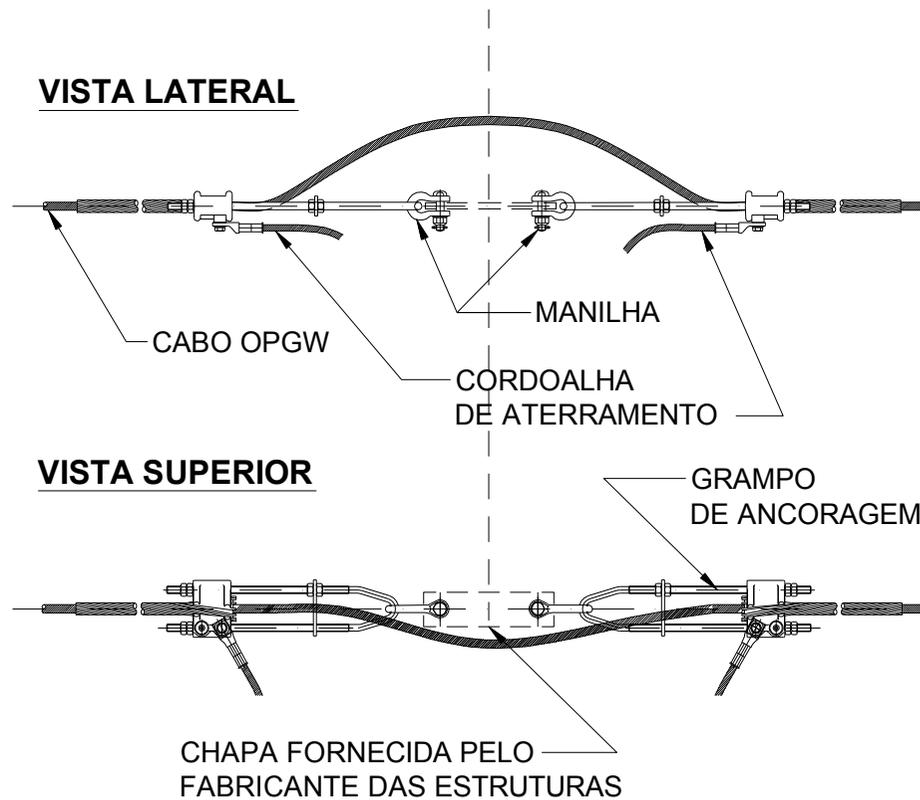
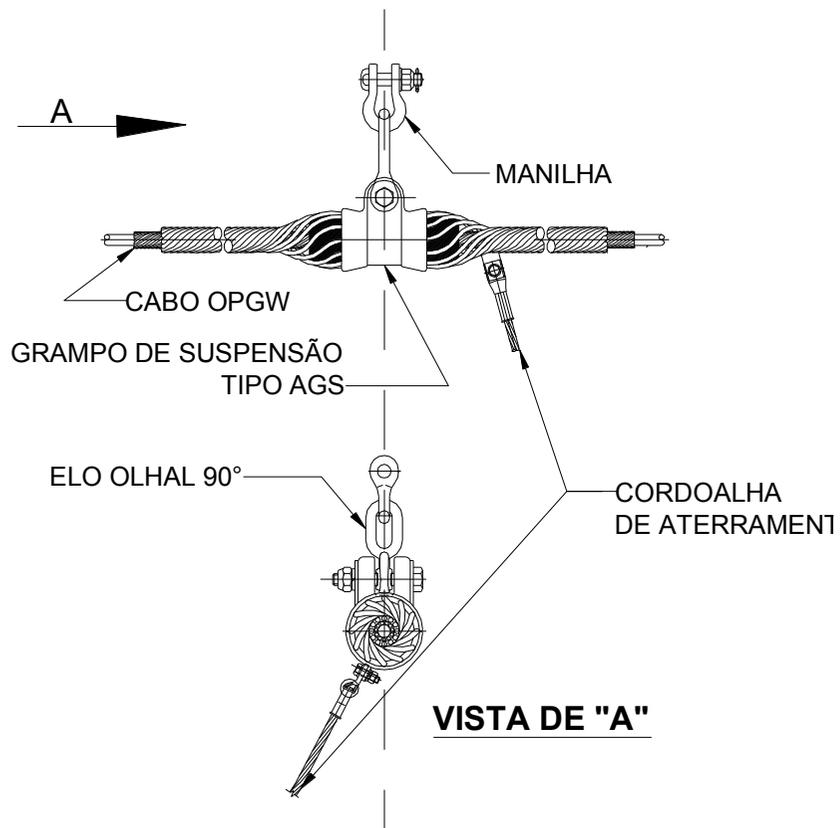


CADEIA DE ANCORAGEM QUÁDRUPLA FASE LATERAL AQL-16



Para notas gerais, ver folha 15

CADEIAS DE SUSPENSÃO E ANCORAGEM DOS CABOS PARA-RAIOS CAA DOTTEREL E 3/8" EAR



Para Notas Gerais, ver folha 15

CONJUNTOS DE SUSPENSÃO E ANCORAGEM DOS CABOS PARA-RAIOS OPGW

Anexo 2 – Calculo de Cargas nos Isoladores

ESTRUTURA ESTAIADA LEVE V2CRL E V2SL											
Hipótese de Carga	Carregamentos					ISOLADOR (kN)					
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Penca	Calculado	FINAL	Adotado
					Fator	Critério					
VENTO EXTREMO	7568	6086	0	9711	0,6	Limite Escoamento	III	1	159	160	210
RUPTURA DO CONDUTOR	397	6086	381	6111	0,6	Limite Escoamento	III	1	100	120	
CONSTRUÇÃO	570	11134	1066	11199	0,6	Limite Escoamento	III	1	183	210	
ESTRUTURA DE SUSPENSÃO AUTOPORTANTE V2SP											
Hipótese de Carga	Carregamentos					ISOLADOR (kN)					
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Penca	Calculado	FINAL	Adotado
					Fator	Critério					
VENTO EXTREMO	10394	7704	0	12938	0,6	Limite Escoamento	IVI	1	212	240	240
RUPTURA DO CONDUTOR	1190	7704	381	7804	0,6	Limite Escoamento	IVI	1	128	160	
CONSTRUÇÃO	1711	12104	1066	12271	0,6	Limite Escoamento	IVI	1	201	210	
ESTRUTURA DE SUSPENSÃO AUTOPORTANTE V2TR											
Hipótese de Carga	Carregamentos					ISOLADOR (kN)					
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Penca	Calculado	FINAL	Adotado
					Fator	Critério					
VENTO EXTREMO	8486	6895	0	10934	0,6	Limite Escoamento	IVI	1	179	210	210
RUPTURA DO CONDUTOR	794	6895	381	6951	0,6	Limite Escoamento	IVI	1	114	120	
CONSTRUÇÃO	1141	11619	1066	11723	0,6	Limite Escoamento	IVI	1	192	210	

Nota: Nos cálculos das cargas para dimensionamento dos isoladores foram considerados vento máximo e ruptura para cargas transversais e longitudinais com fator de sobrecarga 1,0 e cargas verticais com fator de sobrecarga de 1,15. Para hipótese de construção foram considerados para cargas transversais e longitudinais fator de sobrecarga de 1,5 e cargas verticais fator de sobrecarga de 1,15.

ESTRUTURA DE ANCORAGEM V2AA											
Hipótese de Carga	Carregamentos					ISOLADOR (kN)					
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Penca	Calculado	FINAL	Adotado
					Fator	Critério					
VENTO EXTREMO	18379	9237	3645	20890	0,6	Limite Escoamento	Quadruplo Anco	4	114	120	160
RUPTURA DO CONDUTOR	8460	10161	13076	18596	0,6	Limite Escoamento	Quadruplo Anco	4	101	120	
CONSTRUÇÃO	8460	2997	1066	9039	0,6	Limite Escoamento	Quadruplo Anco	4	49	120	
ESTRUTURA DE ANCORAGEM V2AT											
Hipótese de Carga	Carregamentos					ISOLADOR (kN)					
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Penca	Calculado	FINAL	Adotado
					Fator	Critério					
VENTO EXTREMO	30100	9237	3645	31696	0,6	Limite Escoamento	Quadruplo Anco	4	130	160	160
RUPTURA DO CONDUTOR	16344	10161	13076	23267	0,6	Limite Escoamento	Quadruplo Anco	4	95	120	
CONSTRUÇÃO	16344	2997	1066	16651	0,6	Limite Escoamento	Quadruplo Anco	4	68	120	
VENTO EXTREMO TERMINAL	17950	9237	24300	31592	0,6	Limite Escoamento	Quadruplo Anco	4	129	160	

Nota: Nos cálculos das cargas para dimensionamento dos isoladores foram considerados vento máximo e ruptura para cargas transversais e longitudinais com fator de sobrecarga 1,0 e cargas verticais com fator de sobrecarga de 1,15. Para hipótese de construção foram considerados para cargas transversais e longitudinais fator de sobrecarga de 1,5 e cargas verticais fator de sobrecarga de 1,15.

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	Campanha de Investigação dos Solos	3
2.1.	Programação	3
2.2.	Inspeção Visual	3
2.3.	Sondagens SPT	3
3.	Tipificação dos Solos e Fundações	3
3.1.	Fundações para Solos Normais	3
3.2.	Fundações para Solos Especiais	4
3.3.	Parâmetros Básicos dos Solos	4
4.	CrITÉrios para Dimensionamento das Fundações	4
4.1.	Cargas Atuando nas Fundações	4
4.2.	Dimensionamento das Fundações	5
4.3.	Dimensionamento do Concreto Armado	5
5.	Dimensões das Fundações para Solos Normais	6
5.1.	Considerações Iniciais	6
5.2.	Série de Estruturas	6
5.3.	Características Adotadas para os Solos	6
6.	Referências	7
7.	Figuras	8

1. OBJETIVO

1.1 Definir as características construtivas das fundações típicas a serem utilizadas em solos normais, para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino, em circuito simples pertencentes ao Lote 16 do Leilão 0013/2015 – 2º parte.

2. CAMPANHA DE INVESTIGAÇÃO DOS SOLOS

2.1. Programação

2.1.1 Tão logo tenha sido concluído o projeto de plotação inicial, deve ser programada uma campanha de investigação dos solos nos locais onde serão instaladas as estruturas. Essa campanha deve incluir, pelo menos, as seguintes investigações:

- a) Inspeção Visual;
- b) Sondagens SPT.

2.2. Inspeção Visual

2.2.1 Deve ser executada em todos os pontos onde serão instaladas as estruturas da LT visando classificar, de forma expedita, o solo do local (1).

2.2.2 A inspeção visual deve ser precedida por um exame criterioso dos desenhos de planta e perfil, os quais normalmente fornecem informações importantes sobre o solo da região (se alagadiço ou inundável, banhado, brejo, afloramento de rocha, erosão, colúvio, sangas, rios, valetas, vegetação, etc.).

2.2.3 A inspeção visual “in situ” deve complementar as informações fornecidas pelos desenhos de planta e perfil no que se refere às formas de erosão, tipo de vegetação, tonalidade da cor do solo e nome genérico pelo qual o solo é conhecido na região.

2.2.4 A inspeção visual pode ter auxílio de uma pequena escavadeira, para abertura de cavas para investigação do terreno.

2.3. Sondagens SPT

2.3.1 Devem ser executadas nos seguintes locais:

- a) Todas estruturas autoportantes;
- b) Pelo menos uma a cada três torres, em trechos longos em alinhamento, salvo casos em que haja mudança de terreno.

2.3.2 As sondagens SPT devem seguir os critérios da “NBR 6484 – Campanha de Investigação de Solo” e do documento de “Especificação Técnica de Campanha de Investigação de Solos” que deve ser documento constante do Projeto Executivo. Em solos muito fracos a sondagem deverá atingir obrigatoriamente profundidades superiores a 12,45 metros em conformidade com especificação técnico complementar.

3. TIPIFICAÇÃO DOS SOLOS E FUNDAÇÕES

3.1. Fundações para Solos Normais

3.1.1 Consideram-se como normais os solos argilosos, arenosos, siltsos ou mistos (argilo-siltsos, areno-argilosos, etc.) sem presença de água, rocha ou matéria orgânica até o nível da base da escavação das fundações.

3.1.2 Para esses solos é prevista como alternativa preferencial a instalação de fundações típicas em tubulões verticais com base alargada ou retos, em concreto armado nas torres autoportantes e para torres estaiadas é prevista sapata pré-moldada para o mastro e viga L

pré-moldada para os estais.

- 3.1.3 Para solos nos quais a alternativa em tubulões for inadequada é prevista a instalação de fundações em sapatas, em concreto armado.

3.2. Fundações para Solos Especiais

- 3.2.1 Em outros tipos de solos, aí compreendidos solos fortes, como rocha sã e rocha fraturada aflorada ou a baixa profundidade, solos fracos e solos com nível d'água elevado, deverão ser instaladas fundações especiais.
- 3.2.2 Para rocha sã ou pouco fraturada é prevista a instalação de tubulões curtos ou sapatas em concreto armado, atirantados na rocha.
- 3.2.3 Nos locais em que seja possível escavar a rocha poderá ser utilizado como alternativa fundação em tubulão curto em concreto armado, engastado diretamente na rocha.
- 3.2.4 Para solos muito fracos, com ou sem presença d'água a baixa profundidade, é prevista a instalação de estacas metálicas ou de concreto armado, coroadas por blocos de concreto armado independentes ou interligados por vigas horizontais nas estruturas autoportantes e para as estruturas estaiadas é prevista a instalação de estacas helicoidais.
- 3.2.5 O detalhamento dessas fundações será desenvolvido na fase do projeto executivo, quando forem conhecidas as características do solo dos locais onde serão instaladas as estruturas e definidos os métodos construtivos que se adaptarem aos equipamentos das firmas contratadas para instalar as fundações.

3.3. Parâmetros Básicos dos Solos

- 3.3.1 As características dos solos a serem efetivamente utilizadas no projeto das fundações típicas serão selecionadas com base nos resultados da Campanha de Investigação descrita no capítulo 2 anterior.
- 3.3.2 Para o presente relatório, o qual visa apenas definir dimensões aproximadas para as fundações típicas, foram adotadas as características geotécnicas indicadas a seguir, as quais são representativas (2) dos solos descritos nos itens 3.1 e 3.2 anteriores.

Característica	Solo Normal	Solos Especiais		
		Rocha	Com água	Muito fraco
Coesão (kg/cm ²)	0,1 a 0,2		0,10	
Ângulo de atrito	13° a 20°		10°	
Peso específico (t/m ³)	1,2 a 1,7	2,0	1,0	1,0
Compressão (kg/cm ²)	1,0 a 3,0	5,0 a 10,0	0,8	
Ângulo do cone	12,5° a 30°	45°	15°	
Nº golpes, SPT em areia	≤ 18		≤ 5	
Nº golpes, SPT em argila	≤ 15		≤ 4	

4. CRITÉRIOS PARA DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES

4.1. Cargas Atuando nas Fundações

- 4.1.1 As cargas atuando nas fundações serão obtidas a partir das memórias de cálculo das estruturas que compõem a série a ser utilizada (6).

- 4.1.2 As cargas máximas de tração, compressão e horizontais associados (transversais e longitudinais), consideradas nas suas combinações mais desfavoráveis, serão multiplicadas por um fator de sobrecarga adicional de 1,10.
- 4.1.3 As novas cargas assim obtidas serão utilizadas para o dimensionamento das fundações e o cálculo das estruturas de concreto armado.

4.2. Dimensionamento das Fundações

- 4.2.1 O dimensionamento à tração (arrancamento) usará a metodologia (3) desenvolvida pelo professor J. Biarez (Universidade de Grenoble) e pelo engo. Y. Barraud (EDF), associada ao método clássico do cone de arrancamento.
- 4.2.2 O dimensionamento à compressão levará em consideração as cargas horizontais associadas e os correspondentes momentos atuando sobre a base da fundação, resultando em um caso de dimensionamento por flexão composta (4).
- 4.2.3 Casos especiais devem atender à NBR 6122.

4.3. Dimensionamento do Concreto Armado

- 4.3.1 Para dimensionamento do concreto armado (5) serão utilizados os valores indicados na tabela apresentada a seguir, todos referidos ao estado limite último.
- 4.3.2 Os valores indicados são compatíveis com o critério adotado no cálculo das cargas atuando nas fundações, constante do item 4.1 anterior.
- 4.3.3 Casos especiais devem atender à NBR 6118.

Critérios de Dimensionamento do Concreto Armado	Valor Adotado
Deformação específica do concreto comprimido	$\varepsilon_c \leq 3,5\%$
Deformação específica da armadura tracionada	$\varepsilon_s \leq 10\%$
Resistência à compressão do concreto	
c.1) Concreto moldado “in situ”	$f_{ck} \geq 20 \text{ MPa}$
c.2) Concreto pré-moldado	$f_{ck} \geq 20 \text{ MPa}$
c.3) Concreto ciclópico	$f_{ck} \geq 8 \text{ MPa}$
c.4) Concreto simples	$f_{ck} \geq 9 \text{ MPa}$
Tensão de cálculo no concreto	$\sigma_{cd} = \frac{f_{ck}}{\delta_c} \quad \delta_c = 1,4$
Tensão de cálculo no aço	$\sigma_{yd} = \frac{f_{yk}}{\delta_s} \quad \delta_s = 1,15$
Tensão de cálculo nos chumbadores	$\sigma_{yd} = \frac{f_{yk}}{\delta_s} \quad \delta_s = 1,5$
Aço da armadura	CA 50A ou CA 60A
Cobrimento da armadura	4 cm

5. DIMENSÕES DAS FUNDAÇÕES PARA SOLOS NORMAIS

5.1. Considerações Iniciais

5.1.1 São apresentadas nas Figuras 1 a 3 as dimensões das fundações típicas em concreto para solos normais, para a série de estruturas proposta para a LT.

5.1.2 As dimensões indicadas devem ser consideradas como valores aproximados, a serem confirmados quando forem conhecidas as reais características dos solos da região atravessada pela LT.

5.2. Série de Estruturas

5.2.1 A série selecionada (6) é formada pelos seguintes tipos de estruturas:

Tipo	Aplicação
V2CRL	Estaiada Cross-ropo para ângulos até 2°
V2SL	Suspensão autoportante Cross-ropo para ângulos até 2°
V2SP	Suspensão autoportante reforçada para ângulos até 6°
V2TR	Suspensão autoportante transposição com ângulo de 4°, para giro das fases
V2AA	Ancoragem em ângulos até 30°
V2AT	Ancoragem em ângulos até 60° e terminal

5.3. Características Adotadas para os Solos

5.3.1 Para o dimensionamento preliminar das fundações, foram adotados três tipos de solos normais com as seguintes características:

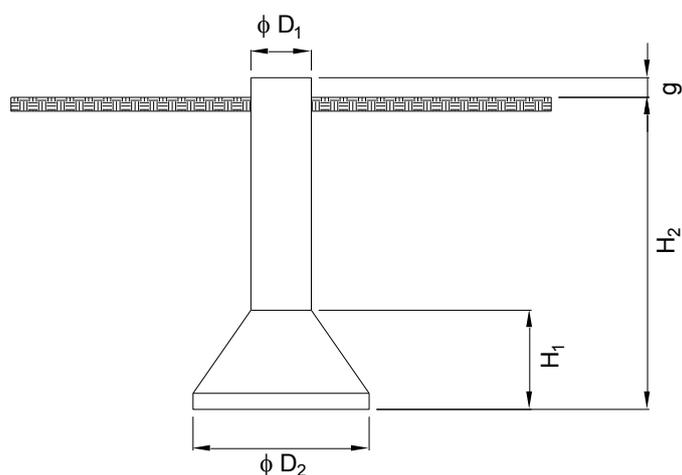
Características	Solo		
	Tipo I	Tipo II	Tipo III
Peso específico (t/m ³)	1,7	1,5	1,3
Ângulo do cone	30°	22,5°	15°
Tensão Admissível (kg/cm ²)	3,0	2,0	1,0

5.3.2 Solos orgânicos devem ter tratamento especial, caso a caso.

6. REFERÊNCIAS

- 1 Earth manual, publicado pelo United States Department of the Interior – Bureau of Reclamation.
- 2 Soil mechanics in engineering practice – Karl Terzaghi e Ralph B. Peck.
- 3 CIGRÉ 22-06/1968 – The use of soil mechanics methods for adapting tower foundations to soil conditions – J. Biarez e Y. Barraud.
- 4 Foundation analysis and design – Joseph E. Bowles.
- 5 Concreto armado – dimensionamento – Walter Pfeil.
- 6 Relatório RE-EQT6-L601-PB-EST-0014 - Série De Estruturas, Silhuetas E Hipóteses De Carregamento

7. FIGURAS

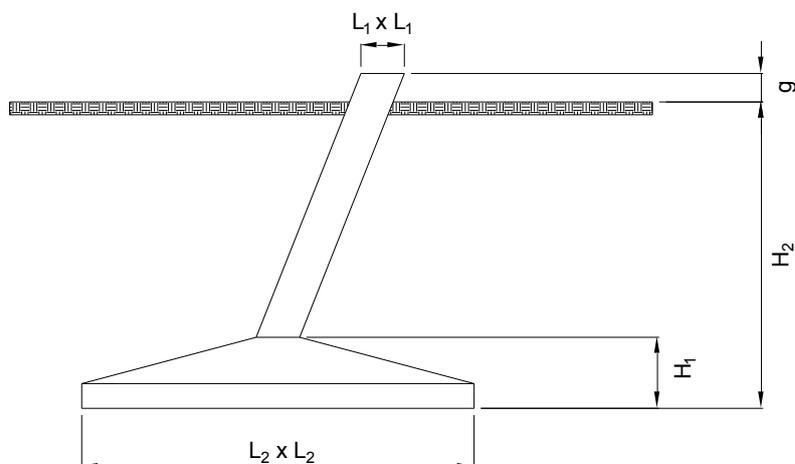


Solo Tipo	Estrutura	ϕD_1	ϕD_2	H_1	H_2	g_{\min}
I	V2SL	0,80	0,80	0,00	8,40	0,30
	V2SP	0,80	0,80	0,00	10,50	0,30
	V2TR	1,00	1,00	0,00	8,70	0,30
	V2AA	1,00	1,00	0,00	9,00	0,30
	V2AT	1,10	1,10	0,00	12,30	0,30
II	V2SL	0,80	0,80	0,00	12,90	0,30
	V2SP	0,80	0,80	0,00	15,80	0,30
	V2TR	1,00	1,00	0,00	13,20	0,30
	V2AA	1,00	1,00	0,00	13,70	0,30
	V2AT	1,10	1,10	0,00	19,20	0,30

1) Dimensões em metro.

2) As dimensões indicadas para a torre V2CRL aplicam-se às fundações dos mastros.

Figura 1 – Tubulão para torres autoportantes

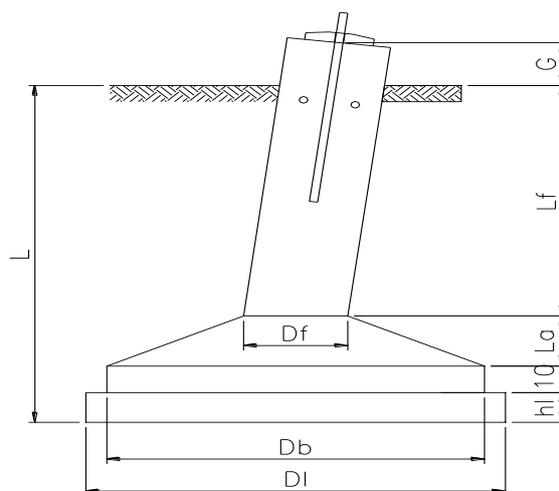


Solo Tipo	Estrutura	L1	L2	H ₁	H ₂	g _{mín}
III	V2SL	0,50	4,30	0,85	2,80	0,30
	V2SP	0,50	4,80	1,00	2,80	0,30
	V2TR	0,50	4,50	0,95	2,80	0,30
	V2AA	0,60	5,10	1,05	2,85	0,30
	V2AT	0,70	6,20	1,30	2,85	0,30

1) Dimensões em metro.

2) Não está previsto o uso de sapatas em solo tipo I e II.

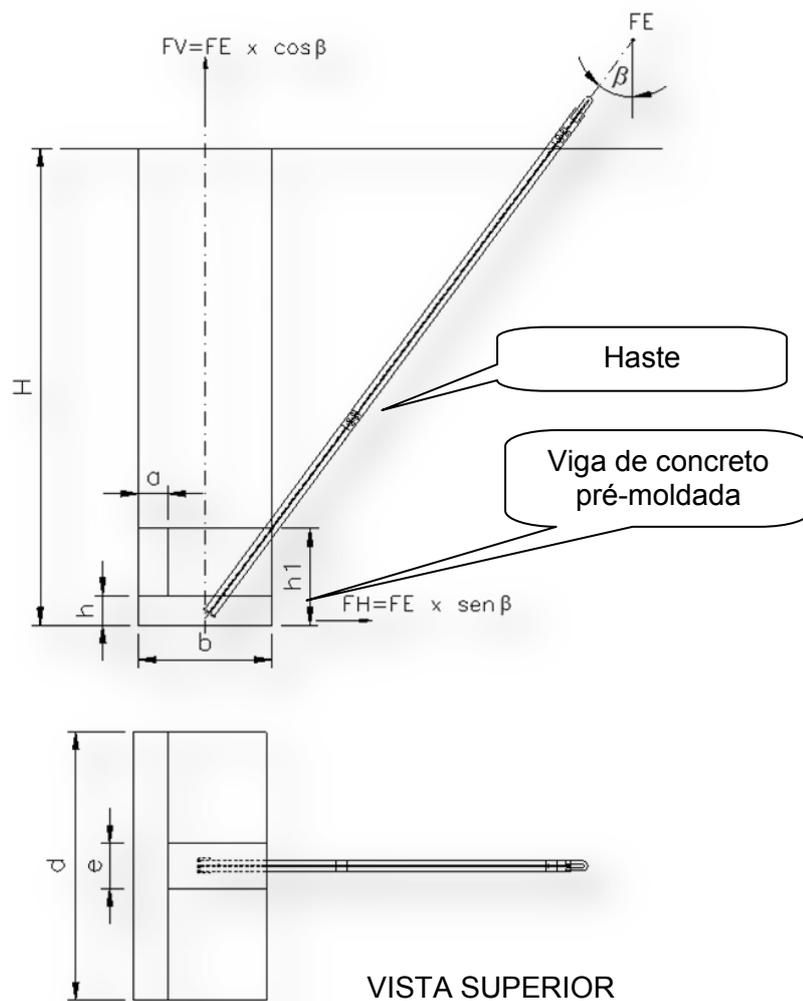
Figura 2 – Sapata para torres autoportantes



Solo Tipo	Estrutura	Df	La	Db	DL	HI	Lf	L	g _{mín}
I		0,50	0,45	2,20	0	0	1,00	1,55	0,30
II	V2CRL	0,50	0,45	2,20	2,70	0,15	1,00	1,55	0,30
III		0,50	0,45	2,20	4,10	0,20	1,00	1,55	0,30

1) Dimensões em metro.

Figura 3 – Sapata para o mastro



Solo Tipo	Estrutura	b	d	h1	H	h	e
I		0,85	2,00	0,65	3,10	0,20	0,30
II	V2CRL	0,85	2,00	0,65	3,90	0,20	0,30
III		0,85	2,00	0,65	5,00	0,20	0,30

1) Dimensões em metro.

Figura 4 – Placa para o estai

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	Campanha de Investigação dos Solos	3
2.1.	Programação	3
2.2.	Inspeção Visual	3
2.3.	Sondagens SPT	3
3.	Tipificação dos Solos e Fundações	3
3.1.	Fundações para Solos Normais	3
3.2.	Fundações para Solos Especiais	4
3.3.	Parâmetros Básicos dos Solos	4
4.	CrITÉrios para Dimensionamento das Fundações	5
4.1.	Cargas Atuando nas Fundações	5
4.2.	Dimensionamento das Fundações	5
4.3.	Dimensionamento do Concreto Armado	5
5.	Dimensões das Fundações para Solos Normais	6
5.1.	Considerações Iniciais	6
5.2.	Série de Estruturas	6
5.3.	Características Adotadas para os Solos	6
6.	Referências	7
7.	Figuras	8

1. OBJETIVO

1.1 Definir as características construtivas das fundações típicas a serem utilizadas em solos normais, para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino, em circuito simples pertencentes ao Lote 16 do Leilão 0013/2015 – 2º parte.

2. CAMPANHA DE INVESTIGAÇÃO DOS SOLOS

2.1. Programação

2.1.1 Tão logo tenha sido concluído o projeto de plotação inicial, deve ser programada uma campanha de investigação dos solos nos locais onde serão instaladas as estruturas. Essa campanha deve incluir, pelo menos, as seguintes investigações:

- a) Inspeção Visual;
- b) Sondagens SPT.

2.2. Inspeção Visual

2.2.1 Deve ser executada em todos os pontos onde serão instaladas as estruturas da LT visando classificar, de forma expedita, o solo do local (1).

2.2.2 A inspeção visual deve ser precedida por um exame criterioso dos desenhos de planta e perfil, os quais normalmente fornecem informações importantes sobre o solo da região (se alagadiço ou inundável, banhado, brejo, afloramento de rocha, erosão, colúvio, sangas, rios, valetas, vegetação, etc.).

2.2.3 A inspeção visual “in situ” deve complementar as informações fornecidas pelos desenhos de planta e perfil no que se refere às formas de erosão, tipo de vegetação, tonalidade da cor do solo e nome genérico pelo qual o solo é conhecido na região.

2.2.4 A inspeção visual pode ter auxílio de uma pequena escavadeira, para abertura de cavas para investigação do terreno.

2.3. Sondagens SPT

2.3.1 Devem ser executadas nos seguintes locais:

- a) Todas estruturas autoportantes;
- b) Pelo menos uma a cada três torres, em trechos longos em alinhamento, salvo casos em que haja mudança de terreno.

2.3.2 As sondagens SPT devem seguir os critérios da “NBR 6484 – Campanha de Investigação de Solo” e do documento de “Especificação Técnica de Campanha de Investigação de Solos” que deve ser documento constante do Projeto Executivo. Em solos muito fracos a sondagem deverá atingir obrigatoriamente profundidades superiores a 12,45 metros em conformidade com especificação técnico complementar.

3. TIPIFICAÇÃO DOS SOLOS E FUNDAÇÕES

3.1. Fundações para Solos Normais

3.1.1 Consideram-se como normais os solos argilosos, arenosos, siltosos ou mistos (argilo-siltosos, areno-argilosos, etc.) sem presença de água, rocha ou matéria orgânica até o nível da base da escavação das fundações.

3.1.2 Para esses solos é prevista como alternativa preferencial a instalação de fundações típicas em tubulões verticais com base alargada ou retos, em concreto armado nas torres autoportantes e para torres estaiadas é prevista sapata pré-moldada para o mastro e viga L

pré-moldada para os estais.

3.1.3 Para solos nos quais a alternativa em tubulões for inadequada é prevista a instalação de fundações em sapatas, em concreto armado ou a execução de estacas helicoidais a serem determinadas dentro das melhores práticas de execução com as sondagens realizadas.

3.1.4 As fundações serão definidas quando da execução do projeto executivo podendo haver opção por metodologias como estacas helicoidais, sapatas etc a serem determinados dentro das melhores práticas de execução e de acordo com as sondagens realizadas.

3.2. Fundações para Solos Especiais

3.2.1 Em outros tipos de solos, aí compreendidos solos fortes, como rocha sã e rocha fraturada aflorada ou a baixa profundidade, solos fracos e solos com nível d'água elevado, deverão ser instaladas fundações especiais.

3.2.2 Para rocha sã ou pouco fraturada é prevista a instalação de tubulões curtos ou sapatas em concreto armado, atirantados na rocha.

3.2.3 Nos locais em que seja possível escavar a rocha poderá ser utilizado como alternativa fundação em tubulão curto em concreto armado, engastado diretamente na rocha.

3.2.4 Para solos muito fracos, com ou sem presença d'água a baixa profundidade, é prevista a instalação de estacas metálicas ou de concreto armado, coroadas por blocos de concreto armado independentes ou interligados por vigas horizontais nas estruturas autoportantes e para as estruturas estaiadas é prevista a instalação de estacas helicoidais.

3.2.5 O detalhamento dessas fundações será desenvolvido na fase do projeto executivo, quando forem conhecidas as características do solo dos locais onde serão instaladas as estruturas e definidos os métodos construtivos que se adaptarem aos equipamentos das firmas contratadas para instalar as fundações.

3.3. Parâmetros Básicos dos Solos

3.3.1 As características dos solos a serem efetivamente utilizadas no projeto das fundações típicas serão selecionadas com base nos resultados da Campanha de Investigação descrita no capítulo 2 anterior.

3.3.2 Para o presente relatório, o qual visa apenas definir dimensões aproximadas para as fundações típicas, foram adotadas as características geotécnicas indicadas a seguir, as quais são representativas (2) dos solos descritos nos itens 3.1 e 3.2 anteriores.

Característica	Solo Normal	Solos Especiais		
		Rocha	Com água	Muito fraco
Coesão (kg/cm ²)	0,1 a 0,2		0,10	
Ângulo de atrito	13° a 20°		10°	
Peso específico (t/m ³)	1,2 a 1,7	2,0	1,0	1,0
Compressão (kg/cm ²)	1,0 a 3,0	5,0 a 10,0	0,8	
Ângulo do cone	12,5° a 30°	45°	15°	
Nº golpes, SPT em areia	≤ 18		≤ 5	
Nº golpes, SPT em argila	≤ 15		≤ 4	

4. CRITÉRIOS PARA DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES

4.1. Cargas Atuando nas Fundações

- 4.1.1 As cargas atuando nas fundações serão obtidas a partir das memórias de cálculo das estruturas que compõem a série a ser utilizada (6).
- 4.1.2 As cargas máximas de tração, compressão e horizontais associados (transversais e longitudinais), consideradas nas suas combinações mais desfavoráveis, serão multiplicadas por um fator de sobrecarga adicional de 1,10.
- 4.1.3 As novas cargas assim obtidas serão utilizadas para o dimensionamento das fundações e o cálculo das estruturas de concreto armado.

4.2. Dimensionamento das Fundações

- 4.2.1 O dimensionamento à tração (arrancamento) usará a metodologia (3) desenvolvida pelo professor J. Biarez (Universidade de Grenoble) e pelo engo. Y. Barraud (EDF), associada ao método clássico do cone de arrancamento.
- 4.2.2 O dimensionamento à compressão levará em consideração as cargas horizontais associadas e os correspondentes momentos atuando sobre a base da fundação, resultando em um caso de dimensionamento por flexão composta (4).
- 4.2.3 Casos especiais devem atender à NBR 6122.

4.3. Dimensionamento do Concreto Armado

- 4.3.1 Para dimensionamento do concreto armado (5) serão utilizados os valores indicados na tabela apresentada a seguir, todos referidos ao estado limite último.
- 4.3.2 Os valores indicados são compatíveis com o critério adotado no cálculo das cargas atuando nas fundações, constante do item 4.1 anterior.
- 4.3.3 Casos especiais devem atender à NBR 6118.

Crítérios de Dimensionamento do Concreto Armado	Valor Adotado
Deformação específica do concreto comprimido	$\epsilon_c \leq 3,5\%$
Deformação específica da armadura tracionada	$\epsilon_s \leq 10\%$
Resistência à compressão do concreto	
c.1) Concreto moldado "in situ"	$f_{ck} \geq 20 \text{ MPa}$
c.2) Concreto pré-moldado	$f_{ck} \geq 20 \text{ MPa}$
c.3) Concreto ciclópico	$f_{ck} \geq 8 \text{ MPa}$
c.4) Concreto simples	$f_{ck} \geq 9 \text{ MPa}$
Tensão de cálculo no concreto	$\sigma_{cd} = \frac{f_{ck}}{\delta_c} \quad \delta_c = 1,4$
Tensão de cálculo no aço	$\sigma_{yd} = \frac{f_{yk}}{\delta_s} \quad \delta_s = 1,15$
Tensão de cálculo nos chumbadores	$\sigma_{yd} = \frac{f_{yk}}{\delta_s} \quad \delta_s = 1,5$

Critérios de Dimensionamento do Concreto Armado	Valor Adotado
Aço da armadura	CA 50A ou CA 60A
Cobrimento da armadura	4 cm

5. DIMENSÕES DAS FUNDAÇÕES PARA SOLOS NORMAIS

5.1. Considerações Iniciais

5.1.1 São apresentadas nas Figuras 1 a 3 as dimensões das fundações típicas em concreto para solos normais, para a série de estruturas proposta para a LT.

5.1.2 As dimensões indicadas devem ser consideradas como valores aproximados, a serem confirmados quando forem conhecidas as reais características dos solos da região atravessada pela LT.

5.2. Série de Estruturas

5.2.1 A série selecionada (6) é formada pelos seguintes tipos de estruturas:

Tipo	Aplicação
V2CRL	Estaiada Cross-rope
V2SL	Suspensão autoportante Cross-rope
V2SP	Suspensão autoportante reforçada
V2TR	Suspensão autoportante transposição para giro das fases
V2AA	Ancoragem em ângulos até 30°
V2AT	Ancoragem em ângulos até 60° e terminal

5.3. Características Adotadas para os Solos

5.3.1 Para o dimensionamento preliminar das fundações, foram adotados três tipos de solos normais com as seguintes características:

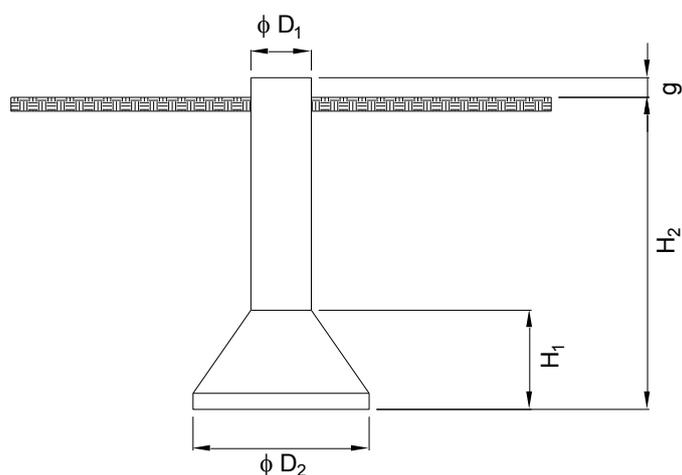
Características	Solo		
	Tipo I	Tipo II	Tipo III
Peso específico (t/m ³)	1,7	1,5	1,3
Ângulo do cone	30°	22,5°	15°
Tensão Admissível (kg/cm ²)	3,0	2,0	1,0

5.3.2 Solos orgânicos devem ter tratamento especial, caso a caso.

6. REFERÊNCIAS

- 1 Earth manual, publicado pelo United States Department of the Interior – Bureau of Reclamation.
- 2 Soil mechanics in engineering practice – Karl Terzaghi e Ralph B. Peck.
- 3 CIGRÉ 22-06/1968 – The use of soil mechanics methods for adapting tower foundations to soil conditions – J. Biarez e Y. Barraud.
- 4 Foundation analysis and design – Joseph E. Bowles.
- 5 Concreto armado – dimensionamento – Walter Pfeil.
- 6 Relatório RE-EQT6-L601-PB-EST-0014 - Série De Estruturas, Silhuetas E Hipóteses De Carregamento

7. FIGURAS

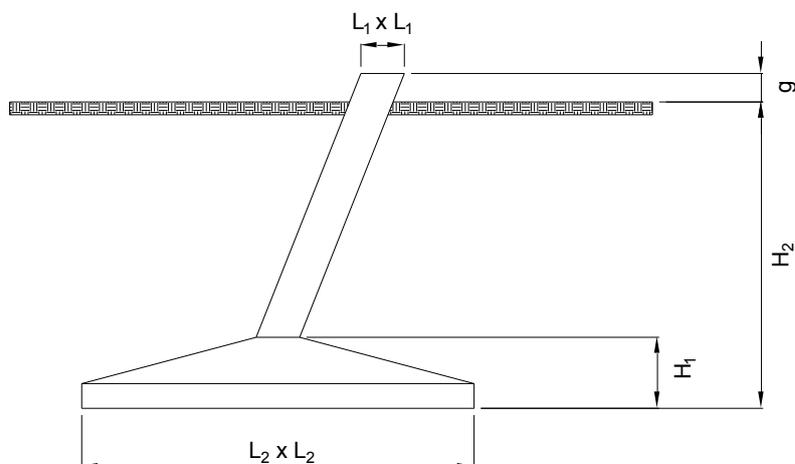


Solo Tipo	Estrutura	ϕD_1	ϕD_2	H_1	H_2	g_{min}
I	V2SL	0,80	0,80	0,00	8,40	0,30
	V2SP	0,80	0,80	0,00	10,50	0,30
	V2TR	1,00	1,00	0,00	8,70	0,30
	V2AA	1,00	1,00	0,00	9,00	0,30
	V2AT	1,10	1,10	0,00	12,30	0,30
II	V2SL	0,80	0,80	0,00	12,90	0,30
	V2SP	0,80	0,80	0,00	15,80	0,30
	V2TR	1,00	1,00	0,00	13,20	0,30
	V2AA	1,00	1,00	0,00	13,70	0,30
	V2AT	1,10	1,10	0,00	19,20	0,30

1) Dimensões em metro.

2) As dimensões indicadas para a torre V2CRL aplicam-se às fundações dos mastros.

Figura 1 – Tubulão para torres autoportantes

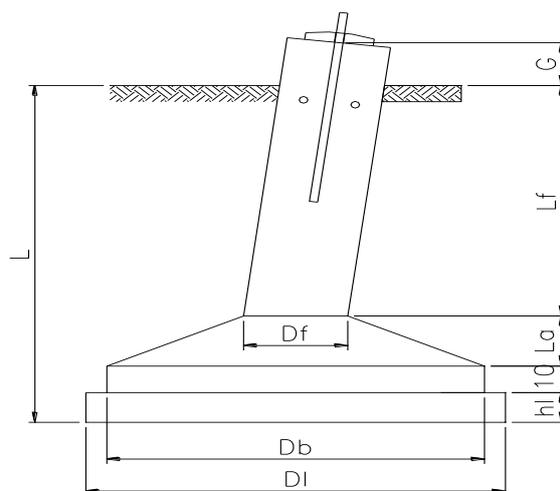


Solo Tipo	Estrutura	L1	L2	H ₁	H ₂	g _{mín}
III	V2SL	0,50	4,30	0,85	2,80	0,30
	V2SP	0,50	4,80	1,00	2,80	0,30
	V2TR	0,50	4,50	0,95	2,80	0,30
	V2AA	0,60	5,10	1,05	2,85	0,30
	V2AT	0,70	6,20	1,30	2,85	0,30

1) Dimensões em metro.

2) Não está previsto o uso de sapatas em solo tipo I e II.

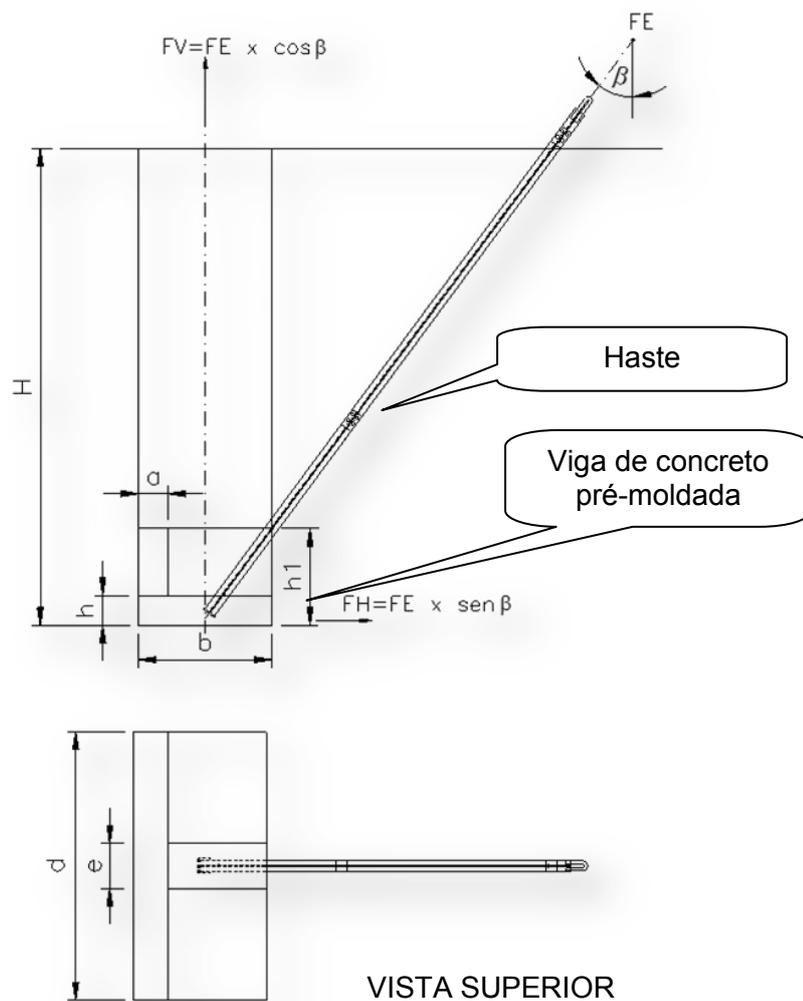
Figura 2 – Sapata para torres autoportantes



Solo Tipo	Estrutura	Df	La	Db	DL	HI	Lf	L	g _{mín}
I		0,50	0,45	2,20	0	0	1,00	1,55	0,30
II	V2CRL	0,50	0,45	2,20	2,70	0,15	1,00	1,55	0,30
III		0,50	0,45	2,20	4,10	0,20	1,00	1,55	0,30

1) Dimensões em metro.

Figura 3 – Sapata para o mastro



Solo Tipo	Estrutura	b	d	h1	H	h	e
I		0,85	2,00	0,65	3,10	0,20	0,30
II	V2CRL	0,85	2,00	0,65	3,90	0,20	0,30
III		0,85	2,00	0,65	5,00	0,20	0,30

1) Dimensões em metro.

Figura 4 – Placa para o estai

02	15/05/17	Revisado conforme comentários Fluxo	MNR	ACA	
01	09/05/17	Revisado conforme comentários Andrade	MNR	JRN	
00	28/04/17	Emissão Inicial	MNR	JRN	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 6 SPE SA					
PROJETO BÁSICO					
ELAB. MNR	VERIF. ACA	APROV. JRN	RESP. TÉCNICO JRN	CREA 200436197-2	DATA 28/04/17
TÍTULO					
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2 Lote 16 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL RELATÓRIO FUNDAÇÕES TÍPICAS					
Nº DOCUMENTO RE-EQT6-L601-PB-CIV-0011-R01				FOLHA 1 de 11	REVISÃO 02

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	Campanha de Investigação dos Solos	3
2.1.	Programação	3
2.2.	Inspeção Visual	3
2.3.	Sondagens SPT	3
3.	Tipificação dos Solos e Fundações	3
3.1.	Fundações para Solos Normais	3
3.2.	Fundações para Solos Especiais	4
3.3.	Parâmetros Básicos dos Solos	4
4.	CrITÉrios para Dimensionamento das Fundações	5
4.1.	Cargas Atuando nas Fundações	5
4.2.	Dimensionamento das Fundações	5
4.3.	Dimensionamento do Concreto Armado	5
5.	Dimensões das Fundações para Solos Normais	6
5.1.	Considerações Iniciais	6
5.2.	Série de Estruturas	6
5.3.	Características Adotadas para os Solos	6
6.	Referências	7
7.	Figuras	8

1. OBJETIVO

1.1 Definir as características construtivas das fundações típicas a serem utilizadas em solos normais, para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino C2, em circuito simples pertencentes ao Lote 16 do Leilão 0013/2015 – 2º parte.

2. CAMPANHA DE INVESTIGAÇÃO DOS SOLOS

2.1. Programação

2.1.1 Tão logo tenha sido concluído o projeto de plotação inicial, deve ser programada uma campanha de investigação dos solos nos locais onde serão instaladas as estruturas. Essa campanha deve incluir, pelo menos, as seguintes investigações:

- a) Inspeção Visual;
- b) Sondagens SPT.

2.2. Inspeção Visual

2.2.1 Deve ser executada em todos os pontos onde serão instaladas as estruturas da LT visando classificar, de forma expedita, o solo do local (1).

2.2.2 A inspeção visual deve ser precedida por um exame criterioso dos desenhos de planta e perfil, os quais normalmente fornecem informações importantes sobre o solo da região (se alagadiço ou inundável, banhado, brejo, afloramento de rocha, erosão, colúvio, sangas, rios, valetas, vegetação, etc.).

2.2.3 A inspeção visual “in situ” deve complementar as informações fornecidas pelos desenhos de planta e perfil no que se refere às formas de erosão, tipo de vegetação, tonalidade da cor do solo e nome genérico pelo qual o solo é conhecido na região.

2.2.4 A inspeção visual pode ter auxílio de uma pequena escavadeira, para abertura de cavas para investigação do terreno.

2.3. Sondagens SPT

2.3.1 Devem ser executadas nos seguintes locais:

- a) Todas estruturas autoportantes;
- b) Pelo menos uma a cada três torres, em trechos longos em alinhamento, salvo casos em que haja mudança de terreno.

2.3.2 As sondagens SPT devem seguir os critérios da “NBR 6484 – Campanha de Investigação de Solo” e do documento de “Especificação Técnica de Campanha de Investigação de Solos” que deve ser documento constante do Projeto Executivo. Em solos muito fracos a sondagem deverá atingir obrigatoriamente profundidades superiores a 12,45 metros em conformidade com especificação técnico complementar.

3. TIPIFICAÇÃO DOS SOLOS E FUNDAÇÕES

3.1. Fundações para Solos Normais

3.1.1 Consideram-se como normais os solos argilosos, arenosos, siltosos ou mistos (argilo-siltosos, areno-argilosos, etc.) sem presença de água, rocha ou matéria orgânica até o nível da base da escavação das fundações.

3.1.2 Para esses solos é prevista como alternativa preferencial a instalação de fundações típicas em tubulões verticais com base alargada ou retos, em concreto armado nas torres autoportantes e para torres estaiadas é prevista sapata pré-moldada para o mastro e viga L

pré-moldada para os estais.

3.1.3 Para solos nos quais a alternativa em tubulões for inadequada é prevista a instalação de fundações em sapatas, em concreto armado ou a execução de estacas helicoidais a serem determinadas dentro das melhores práticas de execução com as sondagens realizadas.

3.1.4 As fundações serão definidas quando da execução do projeto executivo podendo haver opção por metodologias como estacas helicoidais, sapatas etc a serem determinados dentro das melhores práticas de execução e de acordo com as sondagens realizadas.

3.2. Fundações para Solos Especiais

3.2.1 Em outros tipos de solos, aí compreendidos solos fortes, como rocha sã e rocha fraturada aflorada ou a baixa profundidade, solos fracos e solos com nível d'água elevado, deverão ser instaladas fundações especiais.

3.2.2 Para rocha sã ou pouco fraturada é prevista a instalação de tubulões curtos ou sapatas em concreto armado no mastro e nas torres autoportantes, e é prevista para os estais atirantamentos em rocha.

3.2.3 Nos locais em que seja possível escavar a rocha poderá ser utilizado como alternativa fundação em tubulão curto em concreto armado, engastado diretamente na rocha, tanto para as torres autoportantes quanto estaiadas.

3.2.4 Para solos muito fracos, com ou sem presença d'água a baixa profundidade, é prevista a instalação de estacas metálicas ou de concreto armado, coroadas por blocos de concreto armado independentes ou interligados por vigas horizontais nas estruturas autoportantes e para as estruturas estaiadas é prevista a instalação de estacas helicoidais.

3.2.5 O detalhamento dessas fundações será desenvolvido na fase do projeto executivo, quando forem conhecidas as características do solo dos locais onde serão instaladas as estruturas e definidos os métodos construtivos que se adaptarem aos equipamentos das firmas contratadas para instalar as fundações.

3.3. Parâmetros Básicos dos Solos

3.3.1 As características dos solos a serem efetivamente utilizadas no projeto das fundações típicas serão selecionadas com base nos resultados da Campanha de Investigação descrita no capítulo 2 anterior.

3.3.2 Para o presente relatório, o qual visa apenas definir dimensões aproximadas para as fundações típicas, foram adotadas as características geotécnicas indicadas a seguir, as quais são representativas (2) dos solos descritos nos itens 3.1 e 3.2 anteriores.

Característica	Solo Normal	Solos Especiais		
		Rocha	Com água	Muito fraco
Coesão (kg/cm ²)	0,1 a 0,25		0,10	
Ângulo de atrito	13° a 22,5°		10°	
Peso específico (t/m ³)	1,2 a 1,7	2,0	1,0	1,0
Compressão (kg/cm ²)	1,0 a 3,0	5,0 a 10,0	0,8	
Ângulo do cone	12,5° a 30°	45°	15°	
Nº golpes, SPT em areia	≤ 18		≤ 5	
Nº golpes, SPT em argila	≤ 15		≤ 4	

4. CRITÉRIOS PARA DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES

4.1. Cargas Atuando nas Fundações

- 4.1.1 As cargas atuando nas fundações serão obtidas a partir das memórias de cálculo das estruturas que compõem a série a ser utilizada (6).
- 4.1.2 As cargas máximas de tração, compressão e horizontais associados (transversais e longitudinais), consideradas nas suas combinações mais desfavoráveis, serão multiplicadas por um fator de sobrecarga adicional de 1,10.
- 4.1.3 As novas cargas assim obtidas serão utilizadas para o dimensionamento das fundações e o cálculo das estruturas de concreto armado.

4.2. Dimensionamento das Fundações

- 4.2.1 O dimensionamento à tração (arrancamento) usará a metodologia (3) desenvolvida pelo professor J. Biarez (Universidade de Grenoble) e pelo engo. Y. Barraud (EDF), associada ao método clássico do cone de arrancamento.
- 4.2.2 O dimensionamento à compressão levará em consideração as cargas horizontais associadas e os correspondentes momentos atuando sobre a base da fundação, resultando em um caso de dimensionamento por flexão composta (4).
- 4.2.3 Casos especiais devem atender à NBR 6122.

4.3. Dimensionamento do Concreto Armado

- 4.3.1 Para dimensionamento do concreto armado (5) serão utilizados os valores indicados na tabela apresentada a seguir, todos referidos ao estado limite último.
- 4.3.2 Os valores indicados são compatíveis com o critério adotado no cálculo das cargas atuando nas fundações, constante do item 4.1 anterior.
- 4.3.3 Casos especiais devem atender à NBR 6118.

Critérios de Dimensionamento do Concreto Armado	Valor Adotado
Deformação específica do concreto comprimido	$\epsilon_c \leq 3,5\%$
Deformação específica da armadura tracionada	$\epsilon_s \leq 10\%$
Resistência à compressão do concreto	
c.1) Concreto moldado "in situ"	$f_{ck} \geq 25 \text{ MPa}$
c.2) Concreto pré-moldado	$f_{ck} \geq 25 \text{ MPa}$
c.3) Concreto ciclópico	$f_{ck} \geq 8 \text{ MPa}$
c.4) Concreto simples	$f_{ck} \geq 9 \text{ MPa}$
Tensão de cálculo no concreto	$\sigma_{cd} = \frac{f_{ck}}{\delta_c} \quad \delta_c = 1,4$
Tensão de cálculo no aço	$\sigma_{yd} = \frac{f_{yk}}{\delta_s} \quad \delta_s = 1,15$

Critérios de Dimensionamento do Concreto Armado	Valor Adotado
Tensão de cálculo nos chumbadores	$\sigma_{yd} = \frac{f_{yk}}{\delta_s} \quad \delta_s = 1,5$
Aço da armadura	CA-50 ou CA-60
Cobrimento da armadura	5 cm

5. DIMENSÕES DAS FUNDAÇÕES PARA SOLOS NORMAIS

5.1. Considerações Iniciais

5.1.1 São apresentadas nas Figuras 1 a 3 as dimensões das fundações típicas em concreto para solos normais, para a série de estruturas proposta para a LT.

5.1.2 As dimensões indicadas devem ser consideradas como valores aproximados, a serem confirmados quando forem conhecidas as reais características dos solos da região atravessada pela LT.

5.2. Série de Estruturas

5.2.1 A série selecionada (6) é formada pelos seguintes tipos de estruturas:

Tipo	Aplicação
V2CRL	Estaiada Cross-rope
V2SL	Suspensão autoportante Cross-rope
V2SP	Suspensão autoportante reforçada
V2TR	Suspensão autoportante transposição para giro das fases
V2AA	Ancoragem em ângulos até 30°
V2AT	Ancoragem em ângulos até 60° e terminal

5.3. Características Adotadas para os Solos

5.3.1 Para o dimensionamento preliminar das fundações, foram adotados três tipos de solos normais com as seguintes características:

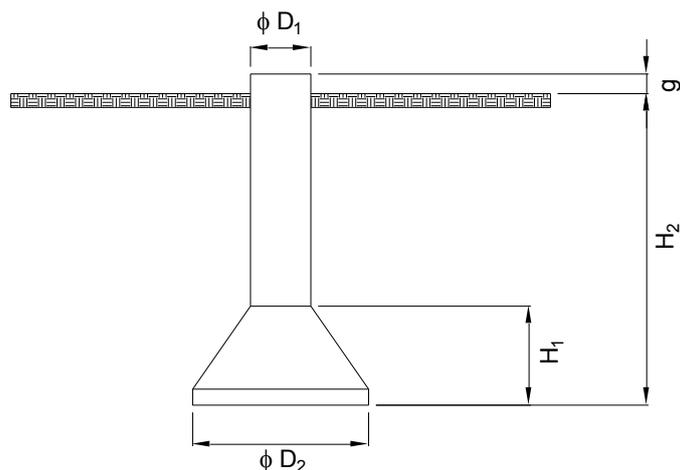
Características	Solo		
	Tipo I	Tipo II	Tipo III
Peso específico (t/m ³)	1,7	1,5	1,3
Ângulo do cone	30°	22,5°	15°
Tensão Admissível (kg/cm ²)	3,0	2,0	1,0

5.3.2 Solos orgânicos devem ter tratamento especial, caso a caso.

6. REFERÊNCIAS

- 1 Earth manual, publicado pelo United States Department of the Interior – Bureau of Reclamation.
- 2 Soil mechanics in engineering practice – Karl Terzaghi e Ralph B. Peck.
- 3 CIGRÉ 22-06/1968 – The use of soil mechanics methods for adapting tower foundations to soil conditions – J. Biarez e Y. Barraud.
- 4 Foundation analysis and design – Joseph E. Bowles.
- 5 Concreto armado – dimensionamento – Walter Pfeil.
- 6 Relatório RE-EQT6-L601-PB-EST-0014 - Série De Estruturas, Silhuetas E Hipóteses De Carregamento

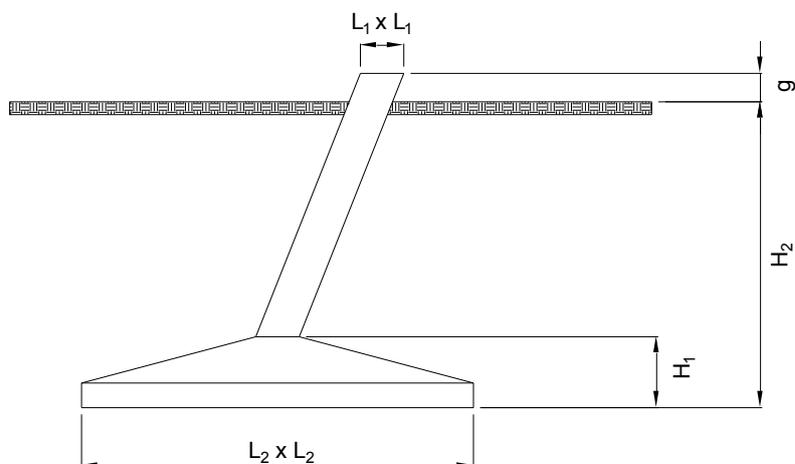
7. FIGURAS



Solo Tipo	Estrutura	ϕD_1	ϕD_2	H_1	H_2	g_{min}
I	V2SL	0,80	0,80	0,00	8,40	0,30
	V2SP	0,80	0,80	0,00	10,50	0,30
	V2TR	1,00	1,00	0,00	8,70	0,30
	V2AA	1,00	1,00	0,00	9,00	0,30
	V2AT	1,10	1,10	0,00	12,30	0,30
II	V2SL	0,80	0,80	0,00	12,90	0,30
	V2SP	0,80	0,80	0,00	15,80	0,30
	V2TR	1,00	1,00	0,00	13,20	0,30
	V2AA	1,00	1,00	0,00	13,70	0,30
	V2AT	1,10	1,10	0,00	19,20	0,30

1) Dimensões em metro.

Figura 1 – Tubulão para torres autoportantes

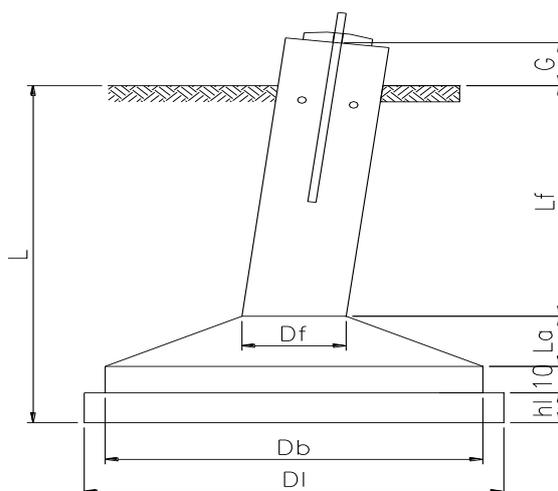


Solo Tipo	Estrutura	L1	L2	H1	H2	g _{mín}
III	V2SL	0,50	4,30	0,85	2,80	0,30
	V2SP	0,50	4,80	1,00	2,80	0,30
	V2TR	0,50	4,50	0,95	2,80	0,30
	V2AA	0,60	5,10	1,05	2,85	0,30
	V2AT	0,70	6,20	1,30	2,85	0,30

1) Dimensões em metro.

2) Não está previsto o uso de sapatas em solo tipo I e II.

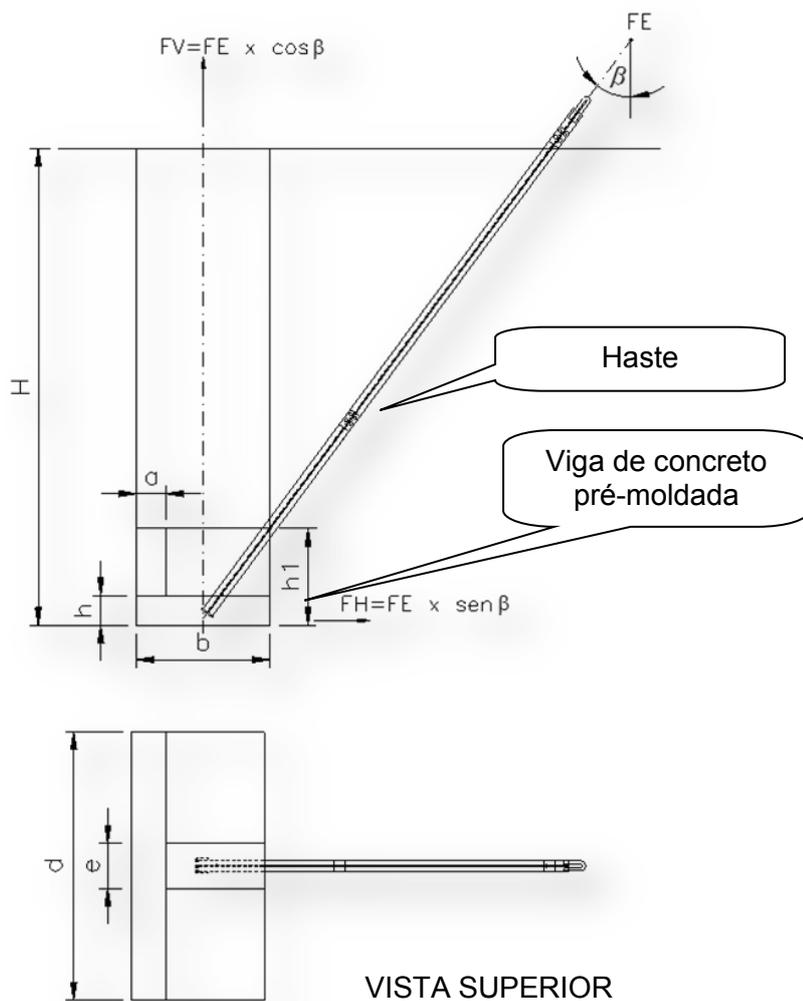
Figura 2 – Sapata para torres autoportantes



Solo Tipo	Estrutura	Df	La	Db	DL	HI	Lf	L	g _{min}
I		0,50	0,45	2,20	0	0	1,00	1,55	0,30
II	V2CRL	0,50	0,45	2,20	2,70	0,15	1,00	1,70	0,30
III		0,50	0,45	2,20	4,10	0,20	1,00	1,75	0,30

1) Dimensões em metro.

Figura 3 – Sapata para o mastro



Solo Tipo	Estrutura	b	d	h1	H	h	e
I		0,85	2,00	0,65	3,10	0,20	0,30
II	V2CRL	0,85	2,00	0,65	3,90	0,20	0,30
III		0,85	2,00	0,65	5,00	0,20	0,30

1) Dimensões em metro.

Figura 4 – Placa para o estai

01	05/05/17	Revisado Numeração do Documento	AQ	JCS	
00	16/02/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 6 SPE SA					
PROJETO BÁSICO					
ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	16/02/17
TÍTULO					
LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2 Lote 16 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL ÍNDICE DE RELATÓRIOS					
Nº DOCUMENTO			FOLHA	REVISÃO	
RE-EQT6-L601-PB-ELM-0001-R01			1 de 2	01	

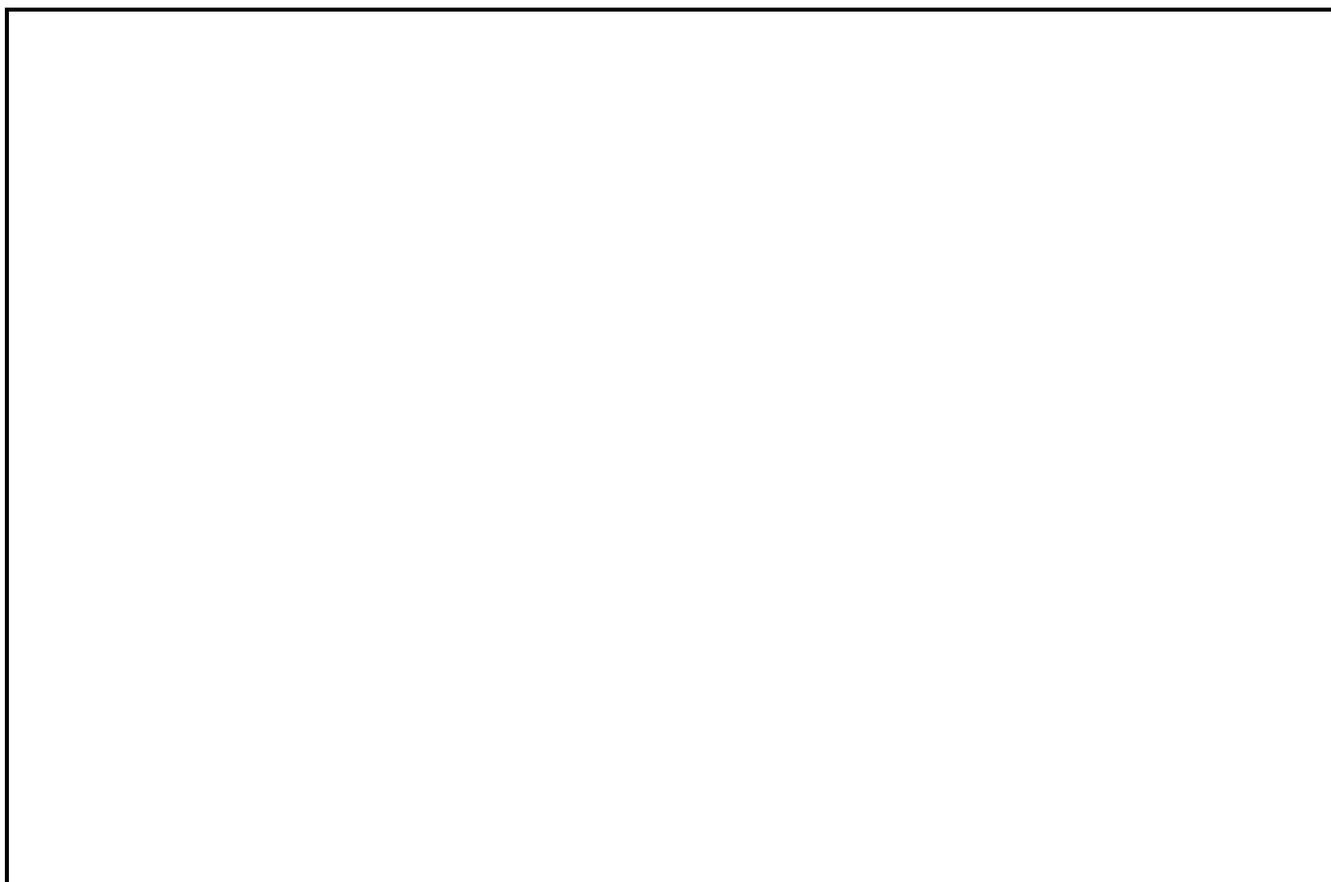
1 O PROJETO BÁSICO CONTEM OS SEGUINTE RELATÓRIOS:

RELATÓRIOS DO PROJETO BÁSICO	NUMERAÇÃO
1. INDICE DE RELATÓRIOS	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0001
2. NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0002
3. DADOS CLIMATOLÓGICOS	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0003
4. VELOCIDADE DO VENTO E CARREGAMENTO DEVIDO AO VENTO	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0004
5. CONDUTOR E PÁRA-RAIOS	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0005
6. ESTUDO MECÂNICO DO CONDUTOR E PARA-RAIOS E VIBRAÇÕES	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0006
7. DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA PARA LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0007
8. LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0008
9. COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0009
10. ISOLADORES E FERRAGENS	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0010
11. FUNDAÇÕES TÍPICAS	RE-EQT6-L601-PB-CIV-0011
12. SISTEMA DE ATERRAMENTO	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0012
13. DIRETRIZ SELECIONADA	RE-EQT6-L601-PB-TOP-0013
14. SÉRIE DE ESTRUTURAS, SILHUETAS E HIPÓTESES DE CARREGAMENTO	RE-EQT6-L601-PB-EST-0014
15. PROGRAMA DE ENSAIOS DE CARREGAMENTO	RE-EQT6-L601-PB-EST-0015
16. SILHUETA DA ESTRUTURA PREDOMINANTE	RE-EQT6-L601-PB-EST-0016
17. MEMORIA DE CALCULO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE	RE-EQT6-L601-PB-EST-0017

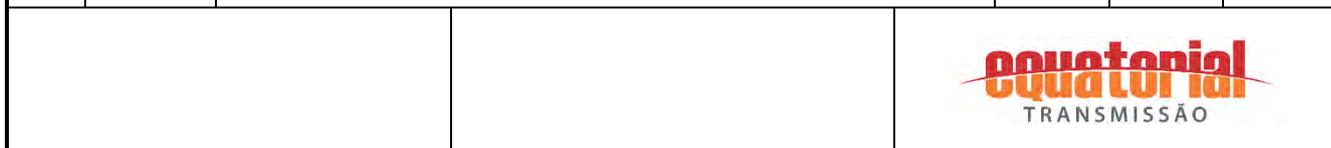
02	15/05/17	Atendimento aos comentários da EP	AQ	JCS	
01	05/05/17	Revisado Numeração do Documento	AQ	JCS	
00	16/02/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 6 SPE SA					
PROJETO BÁSICO					
ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	16/02/17
TÍTULO					
LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2 Lote 16 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL INDICE DE RELATÓRIOS					
Nº DOCUMENTO			FOLHA	REVISÃO	
RE-EQT6-L601-PB-ELM-0001-R02			1 de 2	02	

1 O PROJETO BÁSICO CONTEM OS SEGUINTE RELATÓRIOS:

RELATÓRIOS DO PROJETO BÁSICO	NUMERAÇÃO
1. INDICE DE RELATÓRIOS	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0001
2. NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0002
3. DADOS CLIMATOLÓGICOS	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0003
4. VELOCIDADE DO VENTO E CARREGAMENTO DEVIDO AO VENTO	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0004
5. CONDUTOR E PÁRA-RAIOS	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0005
6. ESTUDO MECÂNICO DO CONDUTOR E PARA-RAIOS E VIBRAÇÕES	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0006
7. DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA PARA LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0007
8. LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0008
9. COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0009
10. ISOLADORES E FERRAGENS	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0010
11. FUNDAÇÕES TÍPICAS	RE-EQT6-L601-PB-CIV-0011
12. SISTEMA DE ATERRAMENTO	RE-EQT6-L601-PB-ELM-0012
13. DIRETRIZ SELECIONADA	RE-EQT6-L601-PB-TOP-0013
14. SÉRIE DE ESTRUTURAS, SILHUETAS E HIPÓTESES DE CARREGAMENTO	RE-EQT6-L601-PB-EST-0014
15. PROGRAMA DE ENSAIOS DE CARREGAMENTO	RE-EQT6-L601-PB-EST-0015
16. SILHUETA DA ESTRUTURA PREDOMINANTE	RE-EQT6-L601-PB-EST-0016
17. MEMORIA DE CALCULO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE	RE-EQT6-L601-PB-EST-0017
18. VERIFICAÇÃO DOS ESPAÇAMENTOS ELÉTRICOS	RE-EQT6-L601-PB-EST-0018



Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
01	05/05/16	Revisado conforme comentários da EP	AQ	JCS	
00	16/02/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	



EQUATORIAL TRANSMISSORA 6 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	16/02/17

TÍTULO

**LT 500kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2
Lote 16 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS**

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT6-L601-PB-ELM-0002-R01	1 de 18	01

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	ÓRGÃOS NORMALIZADORES	3
3.	NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS	3

1. OBJETIVO

- 1.1 Relacionar as Normas Técnicas a serem utilizadas nos Projetos Básico e Executivo da LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2, em circuito simples pertencente ao Lote 16 do Leilão 0013/2015 – 2º parte.

2. ÓRGÃOS NORMALIZADORES

2.1. Relação dos Órgãos

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANSI	American National Standards Institute
AS	Australian Standard
ASCE	American Society of Civil Engineers
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASTM	American Society for Testing and Materials
EIA	Electronics Industries Association
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	The Institute of Electrical and Electronics Engineers
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
ISO	International Organization for Standardization
NEMA	National Electrical Manufacturers Association

2.2. Aplicação das Normas

2.2.1 Todas as normas serão utilizadas em sua revisão mais recente.

2.2.2 As Normas Técnicas citadas nos itens seguintes, aplicáveis ao projeto, matéria prima, fabricação, ensaios, inspeção, embalagem e embarque das estruturas, cabos, isoladores e ferragens a serem utilizados na Linha de Transmissão, deverão constar das especificações técnicas de compra desses materiais.

3. NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS

3.1. Projetos Básico e Executivo das Linhas de Transmissão

ABNT

NBR 5422	Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica
NBR 6535	Sinalização de linhas de transmissão com vista à segurança da inspeção aérea
NBR 7276	Sinalização de advertência em linha aérea de transmissão de energia elétrica
NBR 8449	Dimensionamento de cabos para-raios para linhas aéreas de transmissão de energia elétrica
NBR 8664	Sinalização para identificação de linha aérea de transmissão de energia elétrica
NBR 15237	Esfera de sinalização diurna para linhas aéreas de transmissão de energia

elétrica

NBR 15238 Sistema de sinalização para linhas aéreas de transmissão de energia elétrica

IEC

60826 Design criteria of overhead transmission lines

3.2. Fundações em Concreto

ABNT

NBR 5732	Cimento Portland comum
NBR 5738	Concreto – procedimento para moldagem e cura de corpos de prova
NBR 5739	Concreto - ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
NBR 5741	Extração e preparação de amostras de cimentos
NBR 6118	Projetos de estruturas de concreto
NBR 6122	Projeto e execução de fundações
NBR 6484	Solo - sondagens de simples reconhecimento com STP – método de Ensaio
NBR 6491	Reconhecimento e amostragem para fins de caracterização de pedregulho e areia
NBR 7211	Agregado para concreto
NBR 7214	Areia normal para ensaio de cimento
NBR 7215	Cimento Portland – determinação da resistência à compressão
NBR 7218	Agregados - determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis
NBR 7221	Agregados - ensaio de qualidade de agregado miúdo
NBR 7225	Materiais de pedra e agregados naturais
NBR 7477	Determinação do coeficiente de conformação superficial de barras e fios de aço destinados a armaduras de concreto armado
NBR 7478	Método de ensaio de fadiga de barras de aço para concreto armado
NBR 7480	Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado
NBR 9604	Abertura de poços e trincheiras de inspeção de solo, com retirada de amostras
NBR 9820	Coleta de amostras indeformadas de solos de baixa consistência em furos de sondagens.
NBR 12655	Concreto – Preparado, Controle e Recebimento.
NBR 16372	Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (método de Blaine)
NBR NM10	Cimento Portland – análise química – disposições gerais
NBR NM26	Agregados – amostragem
NBR NM46	Agregados – determinação do material fino que passa através da peneira 75 micrômetro, por lavagem
NBR NM49	Agregado fino – determinação de impurezas orgânicas
NBR NM76	Cimento Portland – determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (método de Blaine)
NBR NM248	Agregados – determinação da composição granulométrica

NBR NM- ISSO2395	Peneiras de ensaio e ensaio de peneiramento – vocabulário
NBR NM- ISSO3310-1	Peneiras de ensaio – requisitos técnicos e verificação – parte 1: peneiras de ensaio com tela de tecido metálico
NBR NM- ISSO3310-2	Peneiras de ensaio – requisitos técnicos e verificação – parte 2: peneiras de ensaio de chapa metálica perfurada

3.3. Estruturas Metálicas Treliçadas

ABNT

NBR 5419-1	Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas - Parte 1: Princípios gerais
NBR 5419-2	Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas - Parte 2: Gerenciamento de risco
NBR 5419-3	Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas - Parte 3: Danos físicos as estruturas e perigos a vida.
NBR 5419-4	Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas - Parte 4: Sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura.
NBR 5422	Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica
NBR 5426	<i>Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos</i>
NBR 5427	Guia para utilização da NBR 5426
NBR 5875	Parafusos, porcas e acessórios
NBR 5876	Roscas
NBR 5909	Cordoalhas de fios de aço zincados para estais, tirantes, cabos mensageiros e usos similares
NBR 6323	Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido
NBR 7007	Aços carbono e microligados para uso estrutural e geral
NBR 7095	Ferragens eletrotécnicas para linhas de transmissão e subestações de alta tensão e extra-alta tensão
NBR 7397	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente - determinação da massa do revestimento por unidade de área
NBR 7398	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente - verificação da aderência do revestimento
NBR 7399	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente - verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo
NBR 7400	Produto de aço ou ferro fundido – revestimento de zinco por imersão a quente - verificação da uniformidade do revestimento
NBR 7414	Zincagem por imersão a quente
NBR 8681	Ações de segurança nas estruturas - Procedimento
NBR 8842	Suportes metálicos treliçados para linhas de transmissão – resistência ao carregamento
NBR 8850	Execução de suportes metálicos treliçados para linhas de transmissão

NBR 8853 Porca sextavada de segurança para estruturas metálicas de linhas de transmissão e subestações

NBR 15980 Perfis laminados de aço para uso estrutural – Dimensões e tolerâncias.

INMETRO

Portaria nº. 243 de 13/12/2002 Regulamento técnico da qualidade de cantoneiras de aço laminadas a quente para montagem de torres de transmissão de energia elétrica

ASTM

A6/A6M	Standard specification for general requirements for rolled structural steel bars, plates, shapes, and sheet piling
A36/A36M	Standard specification for carbon structural steel
A90/A90M	Standard test method for weight (mass) of coating on iron and steel articles with zinc or zinc-alloy coatings
A123/A123M	Standard specification for zinc (hot-dip galvanized) coatings on iron and steel products
A143/A143M	Standard practice for safeguarding against embrittlement of hot-dip galvanized structural steel products and procedure for detecting embrittlement
A153/A153M	Standard specification for zinc coating (hot-dip) on iron and steel hardware
A239	Standard practice for locating the thinnest spot in a zinc (galvanized) coating on iron or steel articles
A242/A242M	Standard specification for high-strength low-alloy structural steel
A283/A283M	Standard specification for low and intermediate tensile strength carbon steel plates
A325M	Standard specification for high-strength bolts for structural steel joints (metric)
A370	Standard test methods and definitions for mechanical testing of steel products
A394	Standard specification for steel transmission tower bolts, zinc-coated and bare
A475	Standard specification for zinc-coated steel wire strand
A529/A529M	Standard specification for high-strength carbon-manganese steel of structural quality
A563/A563M	Standard specification for carbon and alloy steel nuts
A572/A572M	Standard specification for high-strength low-alloy columbium-vanadium structural steel
A588/A588M	Standard specification for high-strength low-alloy structural steel with 50 ksi (345 MPa) minimum yield point to 4 in (100 mm) thick
A606	Standard specification for steel, sheet and strip, high-strength, low-alloy, hot-rolled and cold-rolled, with improved atmospheric corrosion resistance
B6	Standard specification for zinc
E709	Standard guide for magnetic particle examination
F568	Standard specification for carbon and alloy steel externally threaded metric fasteners

ASME

B1.1 Unified inch screw threads, UM and UNR thread form

B1.13M	Metric screw threads – M profile
B18.2.1	Square and hex bolts and screws (inch series)
B18.2.2	Square and hex nuts
B18.2.3	Metric hex bolts
B18.2.4	Metric hex nuts
B18.5	Round head bolts
B18.21	Lock washers
B18.22	Plain washers
ASCE	
10 – 97	Design of latticed steel transmission structures
ISO	
261	General purpose metric screw threads - general plan
898-1/2	Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel
965-1/2/3/4/5	General purpose metric screw threads - tolerances
4016	Hexagon head bolts - product grade C
4034	Hexagon nuts – product grade C
4759-1	Tolerances for fasteners - bolts, screws, studs and nuts – product grades A, B and C
7091	Plain washers – normal series - product grade C
3.4. Cabos de Alumínio Liga Tipo AAAC-1120	
ABNT	
NBR 5426	Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos
NBR 5427	Guia para utilização da NBR 5426
NBR 6236	Madeira para carretéis para fios, cordoalhas e cabos
NBR 6653	Fitas de aço para embalagem
NBR 6810	Fios e cabos elétricos – tração à ruptura em componentes metálicos
NBR 6814	Fios e cabos elétricos – ensaio de resistência elétrica
NBR 6815	Fios e cabos elétricos – ensaios de determinação de resistividade em componentes metálicos
NBR 7302	Condutores elétricos de alumínio - tensão-deformação em condutores de alumínio
NBR 7303	Condutores elétricos de alumínio – fluência em condutores de alumínio
NBR 7309	Armazenamento, transporte e movimentação dos elementos componentes dos carretéis de madeira para condutores elétricos
NBR 7310	Transporte, armazenamento e utilização de bobinas com fios, cabos elétricos ou cordoalhas de aço
NBR 11137	Carretéis de madeira para acondicionamento de fios e cabos elétricos – dimensões e estruturas

AS – AUSTRALIAN STANDARD

AS 1531	Conductors – Bare overhead – Aluminium and aluminium alloys
AS 2848/ 2848.1	Aluminium and aluminium alloys – Compositions and designations – Part 1: Wrought products

ASTM

B193	Standard test method for resistivity of electrical conductor materials
B263	Standard test method for determination of cross-sectional area of stranded conductors
E8/E8M	Standard test methods for tension testing of metallic materials

3.5. Cabos de Alumínio com Alma de Aço Tipo CAA / ACSR

ABNT

NBR 5118	Fios de alumínio 1350 nus de seção circular para fins elétricos
NBR 5426	Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos
NBR 5427	Guia para utilização da NBR 5426
NBR 6236	Madeira para carretéis para fios, cordoalhas e cabos
NBR 6323	Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido
NBR 6653	Fitas de aço para embalagem
NBR 6756	Fios de aço zincados para alma de cabos de alumínio e alumínio liga
NBR 6810	Fios e cabos elétricos – tração à ruptura em componentes metálicos
NBR 6814	Fios e cabos elétricos – ensaio de resistência elétrica
NBR 6815	Fios e cabos elétricos – ensaios de determinação de resistividade em componentes metálicos
NBR 7103	Vergalhão de alumínio 1350 para fins elétricos
NBR 7270	Cabos de alumínio com alma de aço para linhas aéreas
NBR 7272	Condutor elétrico de alumínio - ruptura e característica dimensional
NBR 7273	Condutor elétrico de alumínio – Retirada e preparo de corpo-de prova para ensaio de tipo
NBR 7302	Condutores elétricos de alumínio - tensão-deformação em condutores de alumínio
NBR 7303	Condutores elétricos de alumínio – fluência em condutores de alumínio
NBR 7309	Armazenamento, transporte e movimentação dos elementos componentes dos carretéis de madeira para condutores elétricos
NBR 7310	Transporte, armazenamento e utilização de bobinas com fios, cabos elétricos ou cordoalhas de aço
NBR 7397	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – determinação da massa do revestimento por unidade de área
NBR 7398	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente –

	verificação da aderência do revestimento
NBR 7399	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo
NBR 7400	Produto de aço ou ferro fundido – revestimento de zinco por imersão a quente – verificação da uniformidade do revestimento
NBR 7414	Zincagem por imersão a quente
NBR 11137	Carretéis de madeira para acondicionamento de fios e cabos elétricos – dimensões e estruturas
NBR 15126	Carretel para acondicionamento de fios e cabos elétricos – Requisitos de desempenho

ASTM

A90/A90M	Standard test method for weight (mass) of coating on iron and steel articles with zinc or zinc-alloy coatings
A239	Standard practice for locating the thinnest spot in a zinc (galvanized) coating on iron or steel articles
B6	Standard specification for zinc
B193	Standard test method for resistivity of electrical conductor materials
B230/B230M	Standard specification for aluminum 1350-H19 wire for electrical purposes
B232/B232M	Standard specification for concentric-lay-stranded aluminum conductors, coated-steel reinforced (ACSR)
B233	Standard specification for aluminum 1350 drawing stock for electrical purposes
B263	Standard test method for determination of cross-sectional area of stranded conductors
B354	Standard terminology relating to uninsulated metallic electrical conductors
B498/B498M	Standard specification for zinc-coated (galvanized) steel core wire for aluminum conductors, steel reinforced (ACSR).
B500/B500M	Standard specification for metallic coated stranded steel core for aluminum conductors, steel reinforced (ACSR)
B557/557M	Standard test methods of tension testing wrought and cast aluminum- and magnesium-alloy products

3.6. Cordoalhas de Aço Zincado

ABNT

NBR 5426	Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos
NBR 5427	Guia para utilização da NBR 5426
NBR 5908	Cordoalha de sete fios de aço zincado para cabos pára-raios
NBR 5909	Cordoalhas de fios de aço zincado para estais, tirantes, cabos mensageiros e usos similares
NBR 5996	Zinco primário

NBR 6005	Arames de aço – ensaio de enrolamento
NBR 6236	Madeira para carretéis para fios, cordoalhas e cabos
NBR 6323	Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido
NBR 7310	Transporte, armazenamento e utilização de bobinas com fios, cabos elétricos ou cordoalhas de aço
NBR 7311	Carretéis de madeira para cordoalhas de sete fios de aço zincado – características dimensionais e estruturais.
NBR 7397	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – determinação da massa do revestimento por unidade de área
NBR 7398	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da aderência do revestimento
NBR 7399	<i>Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo</i>
NBR 7400	Produto de aço ou ferro fundido – revestimento de zinco por imersão a quente – verificação da uniformidade do revestimento
NBR 7414	Zincagem por imersão a quente
NBR 11137	<i>Carretéis de madeira para acondicionamento de fios e cabos elétricos – dimensões e estruturas</i>

ASTM

A90/A90M	Standard test method for weight (mass) of coating on iron and steel articles with zinc or zinc-alloy coatings
A239	<i>Standard practice for locating the thinnest spot in a zinc (galvanized) coating on iron or steel articles</i>
A363	Standard specification for zinc-coated (galvanized) steel overhead ground wire strand
A475	Standard specification for zinc-coated steel wire strand
B6	Standard specification for zinc

3.7. Fio para Aterramento de Aço - Cobre

ABNT

NBR 8121	Fio de aço-cobre para aplicações eletrônicas
NBR 13571	Haste de aterramento aço-cobreada e acessórios

ASTM

B910/910M	Standard specification for annealed copper-clad steel wire
-----------	--

3.8. Cabos OPGW (Optical Ground Wire)

ABNT

NBR 5426	Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos
NBR 5427	Guia para utilização da norma NBR 5426
NBR 6005	Arames de aço – ensaio de enrolamento

NBR 6236	Madeira para carretéis para fios, cordoalhas e cabos
NBR 6323	Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido
NBR 6756	Fios de aço zincados para alma de cabos de alumínio e alumínio liga
NBR 6814	Fios e cabos elétricos – ensaio de resistência elétrica
NBR 7272	Condutor elétrico de alumínio – ruptura e característica dimensional – método de ensaio
NBR 7302	Condutores elétricos de alumínio – tensão – deformação em condutores de alumínio – método de ensaio
NBR 7303	Condutores elétricos de alumínio – fluência em condutores de alumínio – método de ensaio
NBR 7310	Transporte, armazenamento e utilização de bobinas com fios, cabos elétricos ou cordoalhas de aço
NBR 7397	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – determinação da massa do revestimento por unidade de área – método de ensaio
NBR 7398	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da aderência do revestimento – método de ensaio
NBR 7399	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo – método de ensaio
NBR 7400	Produto de aço ou ferro fundido – revestimento de zinco por imersão a quente – verificação da uniformidade do revestimento
NBR 7414	Zincagem por imersão a quente – Terminologia
NBR 9136	Fios e cabos telefônicos – ensaio de penetração de umidade
NBR 9140	Cabos ópticos e fios e cabos telefônicos – ensaio de comparação de cores – método de ensaio
NBR 9149	Cabos telefônicos – ensaio de escoamento do composto de enchimento
NBR 10711	Fios de aço-alumínio nus, encruados, de seção circular, para fins elétricos
NBR 11137	Carretéis de madeira para acondicionamento de fios e cabos elétricos – dimensões e estruturas
NBR 13486	Fibras ópticas
NBR 13488	Fibras ópticas tipo monomodo de dispersão normal
NBR 13491	Fibras ópticas – determinação da atenuação óptica
NBR 13492	Fibras ópticas – determinação do comprimento de onda de corte
NBR 13493	Fibras ópticas – determinação do diâmetro de campo modal
NBR 13500	Fibras ópticas – determinação dos parâmetros geométricos do revestimento
NBR 13502	Fibras ópticas – verificação da uniformidade da atenuação óptica
NBR 13503	Fibras ópticas – ensaio de tensão mecânica constante
NBR 13504	Fibras ópticas – determinação da dispersão cromática
NBR 13505	Fibras ópticas – determinação do comprimento

NBR 13506	Fibras ópticas – determinação da sensibilidade óptica à curvatura
NBR 13507	Cabos ópticos – ensaio de compressão
NBR 13509	Cabos ópticos – ensaio de impacto
NBR 13510	Cabos ópticos – ensaio de ciclo térmico
NBR 13511	Fibras e cabos ópticos – ensaio de ataque químico à fibra óptica tingida
NBR 13512	Cabos ópticos – ensaio de tração em cabos ópticos e determinação da deformação da fibra óptica
NBR 13519	Fibras e cabos ópticos – ensaio de ciclos térmicos na fibra óptica tingida
NBR 13520	Fibras ópticas – determinação da variação da atenuação óptica
NBR 13975	Fibras ópticas – determinação da força de extração do revestimento
NBR 14074	Cabos pára-raios com fibras ópticas (OPGW) para linhas aéreas de transmissão
NBR 14076	<i>Cabos ópticos – determinação do comprimento de onda de corte em fibra monomodo cabeada</i>
NBR 14422	<i>Fibras ópticas – determinação dos parâmetros geométricos da fibra óptica</i>
NBR 14587-1	<i>Fibras ópticas – medição de dispersão de modos de polarização – parte 1: varredura espectral</i>
NBR 14587-2	<i>Fibras ópticas – medição de dispersão de modos de polarização – parte 2: método interferométrico</i>
NBR 14591	<i>Fibras ópticas – ciclo térmico</i>
NBR 14603	Amostragem e inspeção em fábrica de fibras ópticas - procedimento
IEEE	
1138	Standard construction of composite fiber optic overhead ground wire (OPGW) for use on electric utility power lines
ASTM	
A6/A6M	Standard specification for general requirements for delivery of rolled structural steel bars, plates, shapes and sheet piling
A239	Standard practice for locating the thinnest spot in a zinc (galvanized) coating on iron and steel articles
A411	Standard specification for zinc-coated (galvanized) low-carbon steel armor wire
A475	Standard specification for zinc-coated steel wire strand
B6	Standard specification for zinc
B233	Standard specification for aluminum 1350 drawing stock for electrical purposes
B398/398M	Standard specification for aluminum-alloy 6201-T81 wire for electrical purposes
B415	Standard specification for hard-drawn aluminum – clad steel wire
IEC	
60468	Method of measurement of resistivity of metallic materials

60794-1-1	Optical fibre cables - part 1-1 – generic specification - general
60794-1-2	Optical fibre cables - part 1-2 – generic specification – basic optical cable test procedures
60794-4	Optical fibre cables - part 4 – sectional specification – aerial optical cables along electrical power lines
60794-4-10	Optical fibre cables - part 4-10 – aerial optical cables along electrical power lines – family specification for OPGW (optical ground wires)
60888	Zinc coated steel wires for stranded conductors
61232	Aluminum-clad steel wires for electrical purposes

EIA

455-31C	Proof testing optical fibers by tension
---------	---

3.9. Isoladores de Vidro Temperado ou Porcelana**ABNT**

NBR 5032	Isoladores para linhas aéreas com tensões acima de 1000 V – isoladores de porcelana ou vidro para sistemas de corrente alternada
NBR 5426	Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos
NBR 5427	Guia para utilização da NBR 5426
NBR 5429	Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por variáveis
NBR 5430	Guia para utilização da NBR 5429
NBR 5601	Aços Inoxidáveis – classificação por composição química
NBR 5733	Cimento Portland de alta resistência inicial
NBR 6323	Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido
NBR 6915	Aços para forjamento a quente em matriz
NBR 6916	Ferro fundido nodular ou ferro fundido com grafita esferoidal
NBR 6936	Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão
NBR 6937	Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão – dispositivos de medição
NBR 7107	Cupilha para concha de engate concha e bola
NBR 7108-1	Ferragens integrantes padronizadas de isoladores para cadeias de vidro e de porcelana – Parte 1: Acoplamento tipo concha e bola.
NBR 7108-2	Ferragens integrantes padronizadas de isoladores para cadeias de vidro e de porcelana . Parte 2: Engate tipo garfo e olhal
NBR 7109	Isoladores de disco – dimensões e características
NBR 7215	Cimento Portland – determinação da resistência à compressão
NBR 7397	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – determinação da massa do revestimento por unidade de área
NBR 7398	<i>Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da aderência do revestimento</i>
NBR 7399	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo

NBR 7400	Produto de aço ou ferro fundido – revestimento de zinco por imersão a quente – verificação da uniformidade do revestimento
NBR 7414	Zincagem por imersão a quente
NBR 10621	Isoladores utilizados em sistema de alta tensão em corrente alternada – Ensaio de Poluição artificial
NBR 10511	Ensaio de resistência mecânica residual para unidades de cadeia de isolador de cerâmica ou vidro após dano mecânico do dielétrico
NBR 15124	Isolador de porcelana ou vidro para tensões acima de 1000 V – ensaio de perfuração sob impulso
IEC	
60060-1	High voltage test techniques – general definitions and test requirements
60060-2	High voltage test techniques – measuring systems
60120	Dimensions of ball and socket couplings of string insulator units
60305	Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000V – ceramic or glass insulator units for ac systems - characteristics of insulator units of the cap and pin type
60372	Locking devices for ball and socket couplings of string insulator units: dimensions and tests
60383-1	Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000 V. Part 1 – ceramic or glass insulator units for a.c. systems – definitions, test methods and acceptance criteria
60383-2	Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000 V. Part 2 – insulator strings and insulator sets for a.c. systems – definitions, test methods and acceptance criteria
60437	Radio interference text on high-voltage insulators
TR 60575	Thermal-mechanical performance test and mechanical performance in overhead string insulator units
60672-2	Ceramic and glass insulating materials – part 2: methods of tests
60672-3	Ceramic and glass insulating materials – part 3: specifications for individual materials
TR 60797	Residual strength of string insulator units of glass or ceramic material for overhead lines after mechanical damage of the dielectric
TS 60815-1	Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions Part 1: Definition, information e general principles.
TS 60815-2	Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions Part 2 : Ceramic and glass insulators for a.c. systems
TS 60815-3	Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions Part 3 Polymer insulators for a.c. systems
61211	Insulators of ceramic material or glass for overhead lines with a nominal voltage greater than 1000 V – impulse puncture testing in air
TR2 61467	Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000 V – AC power arc tests on insulator sets

ANSI

C29-1	Standard for electrical power insulators – test methods
C29-2A	Insulators: Wet process porcelain and toughened glass – Distribution suspension type
C29-2B	Insulators: Wet process porcelain and toughened glass – transmission suspension type

ASTM

A153/A153M	Standard specification for zinc coating (hot-dip) on iron and steel hardware
A239	<i>Standard practice for locating the thinnest spot in a zinc (galvanized) coating on iron or steel articles</i>
B6	Standard specification for zinc
C150	<i>Standard specification for Portland cement</i>
C151	Standard test method for autoclave expansion of Portland cement
D116	<i>Standard test methods for vitrified ceramic materials for electrical applications</i>

NEMA

107	Methods of measurement of radio influence voltage (RIV) of high – voltage apparatus
-----	---

3.10. Ferragens para Fixação do Condutor e Pára-Raios**ABNT**

NBR 5426	Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos
NBR 5427	Guia para utilização da NBR 5426
NBR 6323	Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido
NBR 6597	Aço-carbono – determinação do carbono – método gravimétrico por combustão direta
NBR 7095	Ferragens eletrotécnicas para linhas de transmissão e subestações de alta tensão e extra alta tensão
NBR 7107	Cupilha para concha de engate concha e bola
NBR 7108 -1	Ferragens integrantes padronizadas de isoladores para cadeia de vidro e porcelana – Parte 1: Acoplamento tipo concha e bola.
NBR 7108 -2	Ferragens integrantes padronizadas de isoladores para cadeia de vidro e porcelana – Parte 2: Engate tipo garfo e olhal
NBR 7397	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – determinação da massa do revestimento por unidade de área
NBR 7398	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da aderência do revestimento
NBR 7399	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo
NBR 7400	Produto de aço ou ferro fundido – revestimento de zinco por imersão a quente – verificação da uniformidade do revestimento
NBR 7414	Zincagem por imersão a quente

NBR 9893	Cupilha para pinos ou parafusos de articulação
NBR 15237	Esfera de sinalização diurna para linhas aéreas de transmissão de energia elétrica

ASTM

A6/A6M	Standard specification for general requirements for rolled structural steel bars, plates, shapes, and sheet piling
A47/A47M	Standard specification for ferritic malleable iron castings
A48	Standard specification for gray iron castings
A53/A53M	Standard specification for pipe, steel, black and hot-dipped, zinc coated, welded and seamless
A90/A90M	Standard test method for weight (mass) of coating on iron and steel articles with zinc or zinc-alloy coatings
A123/A123M	Standard specification for zinc (hot-dip galvanized) coatings on iron and steel products
A143/ A143M	Standard practice for safeguarding against embrittlement of hot-dip galvanized structural steel products and procedure for detecting embrittlement
A148/A148M	Standard specification for steel castings, high strength, for structural purposes
A153/A153M	Standard specification for zinc coating (hot-dip) on iron and steel hardware
A239	Standard practice for locating the thinnest spot in a zinc (galvanized) coating on iron or steel articles
A283/A283M	Standard specification for low and intermediate tensile strength carbon steel plates
A307	Standard specification for carbon steel bolts and studs, 60000 psi tensile strength
A325M	Standard specification for high-strength bolts for structural steel joints (metric)
A354	Standard specification for quenched and tempered alloy steel bolts, studs, and other externally threaded fasteners
A370	Standard test methods and definitions for mechanical testing of steel products
A384	Standard practice for safeguarding against warpage and distortion during hot-dip galvanizing of steel assemblies
A385	Standard practice for providing high-quality zinc coatings (hot-dip)
A394	Standard specification for steel transmission tower bolts, zinc-coated and bare
A411	Standard specification for zinc-coated (galvanized) low-carbon steel armor wire
A449	Standard specification for quenched and tempered steel bolts and studs
A475	Standard specification for zinc-coated steel wire strand

A490	Standard specification for structural bolts, alloy steel, heat-treated, 150 ksi minimum tensile strength
A536	Standard specification for ductile iron castings
A563/A563M	Standard specification for carbon and alloy steel nuts
B6	Standard specification for zinc
B26/B26M	Standard specification for aluminum-alloy sand castings
B85	Standard specification for aluminum-alloy die castings
B193	<i>Standard test method for resistivity of electrical conductor materials</i>
B209/B209M	Standard specification for aluminum and aluminum-alloy sheet and plate
B210/B210M	Standard specification for aluminum and aluminum-alloy drawn seamless tubes
B211/B211M	Standard specification for aluminum and aluminum-alloy bar, rod and wire
B221/B221M	Standard specification for aluminum and aluminum-alloy extruded bars, rods, wire, profiles and tubes
B233	Standard specification for aluminum 1350 drawing stock for electrical purposes
B487	Standard test method for measurement of metal and oxide coating thickness by microscopical examination of a cross section
B499	Standard test method for measurement of coating thicknesses by the magnetic method: nonmagnetic coatings on magnetic basis metals
B504	Standard test method for measurement of thickness of metallic coatings by the coulometric method
D256	Standard test methods for determining the izod pendulum impact resistance of plastics
D3359	Standard test methods for measuring adhesion by tape test
E155	Standard reference radiographs for inspection of aluminum and magnesium castings
E709	Magnetic particle inspection
F3125/F3125M	Standard specification for high strength structural bolts, steel and alloy steel, heat treated, 120 ksi (820 MPa) and 150 ksi (1040 MPa) minimum tensile strength, inch and metric dimension

IEC

60120	Dimensions of ball and socket couplings of string insulator units
60372	Locking devices for ball and socket couplings of string insulator units: dimensions and tests
60437	Radio interference text on high-voltage insulators
61284	Overhead lines - requirements and tests for fittings
TR2 61467	Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000 V – AC power arc tests on insulator sets
61854	Overhead lines – requirements and tests for spacers
61897	Overhead lines – requirements and tests for Stockbridge type aeolian

vibration dampers

ASME

B1.1	Unified inch screw threads, UM and UNR thread form
B1.13M	Metric screw threads – M profile
B18.2.1	Square and hex bolts and screws (inch series)
B18.2.2	Square and hex nuts
B18.2.3	Metric hex bolts
B18.2.4	Metric hex nuts
B18.5	Round head bolts
B18.21	Lock washers
B18.22	Plain washers

ANSI

C29-1	Standard for electrical power insulators – test methods
-------	---

ISO

261	General purpose metric screw threads - general plan
898-1/2	Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel
965-1/2/3/4/5	General purpose metric screw threads - tolerances
4016	Hexagon head bolts - product grade C
4034	Hexagon nuts – product grade C
4759-1	Tolerances for fasteners - bolts, screws, studs and nuts – product grades A, B and C
7091	Plain washers – normal series - product grade C

NEMA

C119.4	<i>Connectors to use between aluminum-to-aluminum or aluminum-to-copper bare overhead conductors</i>
107	Methods of measurement of radio influence voltage (RIV) of high – voltage apparatus

02	15/05/17	Alterado Logotipo da AG	AQ	JCS	
01	05/05/16	Revisado conforme comentários da EP	AQ	JCS	
00	16/02/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 6 SPE SA					
PROJETO BÁSICO					
ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	16/02/17
TÍTULO					
LT 500kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2 Lote 16 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL RELATÓRIO NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS					
Nº DOCUMENTO				FOLHA	REVISÃO
RE-EQT6-L601-PB-ELM-0002-R02				1 de 18	02

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	ÓRGÃOS NORMALIZADORES	3
3.	NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS	3

1. OBJETIVO

- 1.1 Relacionar as Normas Técnicas a serem utilizadas nos Projetos Básico e Executivo da LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2, em circuito simples pertencente ao Lote 16 do Leilão 0013/2015 – 2º parte.

2. ÓRGÃOS NORMALIZADORES

2.1. Relação dos Órgãos

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANSI	American National Standards Institute
AS	Australian Standard
ASCE	American Society of Civil Engineers
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASTM	American Society for Testing and Materials
EIA	Electronics Industries Association
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	The Institute of Electrical and Electronics Engineers
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
ISO	International Organization for Standardization
NEMA	National Electrical Manufacturers Association

2.2. Aplicação das Normas

2.2.1 Todas as normas serão utilizadas em sua revisão mais recente.

2.2.2 As Normas Técnicas citadas nos itens seguintes, aplicáveis ao projeto, matéria prima, fabricação, ensaios, inspeção, embalagem e embarque das estruturas, cabos, isoladores e ferragens a serem utilizados na Linha de Transmissão, deverão constar das especificações técnicas de compra desses materiais.

3. NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS

3.1. Projetos Básico e Executivo das Linhas de Transmissão

ABNT

NBR 5422	Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica
NBR 6535	Sinalização de linhas de transmissão com vista à segurança da inspeção aérea
NBR 7276	Sinalização de advertência em linha aérea de transmissão de energia elétrica
NBR 8449	Dimensionamento de cabos para-raios para linhas aéreas de transmissão de energia elétrica
NBR 8664	Sinalização para identificação de linha aérea de transmissão de energia elétrica
NBR 15237	Esfera de sinalização diurna para linhas aéreas de transmissão de energia

elétrica

NBR 15238 Sistema de sinalização para linhas aéreas de transmissão de energia elétrica

IEC

60826 Design criteria of overhead transmission lines

3.2. Fundações em Concreto**ABNT**

NBR 5732	Cimento Portland comum
NBR 5738	Concreto – procedimento para moldagem e cura de corpos de prova
NBR 5739	Concreto - ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
NBR 5741	Extração e preparação de amostras de cimentos
NBR 6118	Projetos de estruturas de concreto
NBR 6122	Projeto e execução de fundações
NBR 6484	Solo - sondagens de simples reconhecimento com STP – método de Ensaio
NBR 6491	Reconhecimento e amostragem para fins de caracterização de pedregulho e areia
NBR 7211	Agregado para concreto
NBR 7214	Areia normal para ensaio de cimento
NBR 7215	Cimento Portland – determinação da resistência à compressão
NBR 7218	Agregados - determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis
NBR 7221	Agregados - ensaio de qualidade de agregado miúdo
NBR 7225	Materiais de pedra e agregados naturais
NBR 7477	Determinação do coeficiente de conformação superficial de barras e fios de aço destinados a armaduras de concreto armado
NBR 7478	Método de ensaio de fadiga de barras de aço para concreto armado
NBR 7480	Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado
NBR 9604	Abertura de poços e trincheiras de inspeção de solo, com retirada de amostras
NBR 9820	Coleta de amostras indeformadas de solos de baixa consistência em furos de sondagens.
NBR 12655	Concreto – Preparado, Controle e Recebimento.
NBR 16372	Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (método de Blaine)
NBR NM10	Cimento Portland – análise química – disposições gerais
NBR NM26	Agregados – amostragem
NBR NM46	Agregados – determinação do material fino que passa através da peneira 75 micrômetro, por lavagem
NBR NM49	Agregado fino – determinação de impurezas orgânicas
NBR NM76	Cimento Portland – determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (método de Blaine)
NBR NM248	Agregados – determinação da composição granulométrica

NBR NM- ISSO2395	Peneiras de ensaio e ensaio de peneiramento – vocabulário
NBR NM- ISSO3310-1	Peneiras de ensaio – requisitos técnicos e verificação – parte 1: peneiras de ensaio com tela de tecido metálico
NBR NM- ISSO3310-2	Peneiras de ensaio – requisitos técnicos e verificação – parte 2: peneiras de ensaio de chapa metálica perfurada

3.3. Estruturas Metálicas Treliçadas

ABNT

NBR 5419-1	Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas - Parte 1: Princípios gerais
NBR 5419-2	Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas - Parte 2: Gerenciamento de risco
NBR 5419-3	Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas - Parte 3: Danos físicos as estruturas e perigos a vida.
NBR 5419-4	Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas - Parte 4: Sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura.
NBR 5422	Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica
NBR 5426	<i>Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos</i>
NBR 5427	Guia para utilização da NBR 5426
NBR 5875	Parafusos, porcas e acessórios
NBR 5876	Roscas
NBR 5909	Cordoalhas de fios de aço zincados para estais, tirantes, cabos mensageiros e usos similares
NBR 6323	Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido
NBR 7007	Aços carbono e microligados para uso estrutural e geral
NBR 7095	Ferragens eletrotécnicas para linhas de transmissão e subestações de alta tensão e extra-alta tensão
NBR 7397	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente - determinação da massa do revestimento por unidade de área
NBR 7398	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente - verificação da aderência do revestimento
NBR 7399	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente - verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo
NBR 7400	Produto de aço ou ferro fundido – revestimento de zinco por imersão a quente - verificação da uniformidade do revestimento
NBR 7414	Zincagem por imersão a quente
NBR 8681	Ações de segurança nas estruturas - Procedimento
NBR 8842	Suportes metálicos treliçados para linhas de transmissão – resistência ao carregamento
NBR 8850	Execução de suportes metálicos treliçados para linhas de transmissão

NBR 8853 Porca sextavada de segurança para estruturas metálicas de linhas de transmissão e subestações

NBR 15980 Perfis laminados de aço para uso estrutural – Dimensões e tolerâncias.

INMETRO

Portaria nº. 243 de 13/12/2002 Regulamento técnico da qualidade de cantoneiras de aço laminadas a quente para montagem de torres de transmissão de energia elétrica

ASTM

A6/A6M Standard specification for general requirements for rolled structural steel bars, plates, shapes, and sheet piling

A36/A36M Standard specification for carbon structural steel

A90/A90M Standard test method for weight (mass) of coating on iron and steel articles with zinc or zinc-alloy coatings

A123/A123M Standard specification for zinc (hot-dip galvanized) coatings on iron and steel products

A143/A143M Standard practice for safeguarding against embrittlement of hot-dip galvanized structural steel products and procedure for detecting embrittlement

A153/A153M Standard specification for zinc coating (hot-dip) on iron and steel hardware

A239 Standard practice for locating the thinnest spot in a zinc (galvanized) coating on iron or steel articles

A242/A242M Standard specification for high-strength low-alloy structural steel

A283/A283M Standard specification for low and intermediate tensile strength carbon steel plates

A325M Standard specification for high-strength bolts for structural steel joints (metric)

A370 Standard test methods and definitions for mechanical testing of steel products

A394 Standard specification for steel transmission tower bolts, zinc-coated and bare

A475 Standard specification for zinc-coated steel wire strand

A529/A529M Standard specification for high-strength carbon-manganese steel of structural quality

A563/A563M Standard specification for carbon and alloy steel nuts

A572/A572M Standard specification for high-strength low-alloy columbium-vanadium structural steel

A588/A588M Standard specification for high-strength low-alloy structural steel with 50 ksi (345 MPa) minimum yield point to 4 in (100 mm) thick

A606 Standard specification for steel, sheet and strip, high-strength, low-alloy, hot-rolled and cold-rolled, with improved atmospheric corrosion resistance

B6 Standard specification for zinc

E709 Standard guide for magnetic particle examination

F568 Standard specification for carbon and alloy steel externally threaded metric fasteners

ASME

B1.1 Unified inch screw threads, UM and UNR thread form

B1.13M	Metric screw threads – M profile
B18.2.1	Square and hex bolts and screws (inch series)
B18.2.2	Square and hex nuts
B18.2.3	Metric hex bolts
B18.2.4	Metric hex nuts
B18.5	Round head bolts
B18.21	Lock washers
B18.22	Plain washers
ASCE	
10 – 97	Design of latticed steel transmission structures
ISO	
261	General purpose metric screw threads - general plan
898-1/2	Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel
965-1/2/3/4/5	General purpose metric screw threads - tolerances
4016	Hexagon head bolts - product grade C
4034	Hexagon nuts – product grade C
4759-1	Tolerances for fasteners - bolts, screws, studs and nuts – product grades A, B and C
7091	Plain washers – normal series - product grade C
3.4. Cabos de Alumínio Liga Tipo AAAC-1120	
ABNT	
NBR 5426	Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos
NBR 5427	Guia para utilização da NBR 5426
NBR 6236	Madeira para carretéis para fios, cordoalhas e cabos
NBR 6653	Fitas de aço para embalagem
NBR 6810	Fios e cabos elétricos – tração à ruptura em componentes metálicos
NBR 6814	Fios e cabos elétricos – ensaio de resistência elétrica
NBR 6815	Fios e cabos elétricos – ensaios de determinação de resistividade em componentes metálicos
NBR 7302	Condutores elétricos de alumínio - tensão-deformação em condutores de alumínio
NBR 7303	Condutores elétricos de alumínio – fluência em condutores de alumínio
NBR 7309	Armazenamento, transporte e movimentação dos elementos componentes dos carretéis de madeira para condutores elétricos
NBR 7310	Transporte, armazenamento e utilização de bobinas com fios, cabos elétricos ou cordoalhas de aço
NBR 11137	Carretéis de madeira para acondicionamento de fios e cabos elétricos – dimensões e estruturas

AS – AUSTRALIAN STANDARD

AS 1531	Conductors – Bare overhead – Aluminium and aluminium alloys
AS 2848/ 2848.1	Aluminium and aluminium alloys – Compositions and designations – Part 1: Wrought products

ASTM

B193	Standard test method for resistivity of electrical conductor materials
B263	Standard test method for determination of cross-sectional area of stranded conductors
E8/E8M	Standard test methods for tension testing of metallic materials

3.5. Cabos de Alumínio com Alma de Aço Tipo CAA / ACSR**ABNT**

NBR 5118	Fios de alumínio 1350 nus de seção circular para fins elétricos
NBR 5426	Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos
NBR 5427	Guia para utilização da NBR 5426
NBR 6236	Madeira para carretéis para fios, cordoalhas e cabos
NBR 6323	Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido
NBR 6653	Fitas de aço para embalagem
NBR 6756	Fios de aço zincados para alma de cabos de alumínio e alumínio liga
NBR 6810	Fios e cabos elétricos – tração à ruptura em componentes metálicos
NBR 6814	Fios e cabos elétricos – ensaio de resistência elétrica
NBR 6815	Fios e cabos elétricos – ensaios de determinação de resistividade em componentes metálicos
NBR 7103	Vergalhão de alumínio 1350 para fins elétricos
NBR 7270	Cabos de alumínio com alma de aço para linhas aéreas
NBR 7272	Condutor elétrico de alumínio - ruptura e característica dimensional
NBR 7273	Condutor elétrico de alumínio – Retirada e preparo de corpo-de prova para ensaio de tipo
NBR 7302	Condutores elétricos de alumínio - tensão-deformação em condutores de alumínio
NBR 7303	Condutores elétricos de alumínio – fluência em condutores de alumínio
NBR 7309	Armazenamento, transporte e movimentação dos elementos componentes dos carretéis de madeira para condutores elétricos
NBR 7310	Transporte, armazenamento e utilização de bobinas com fios, cabos elétricos ou cordoalhas de aço
NBR 7397	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – determinação da massa do revestimento por unidade de área
NBR 7398	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente –

	verificação da aderência do revestimento
NBR 7399	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo
NBR 7400	Produto de aço ou ferro fundido – revestimento de zinco por imersão a quente – verificação da uniformidade do revestimento
NBR 7414	Zincagem por imersão a quente
NBR 11137	Carretéis de madeira para acondicionamento de fios e cabos elétricos – dimensões e estruturas
NBR 15126	Carretel para acondicionamento de fios e cabos elétricos – Requisitos de desempenho

ASTM

A90/A90M	Standard test method for weight (mass) of coating on iron and steel articles with zinc or zinc-alloy coatings
A239	Standard practice for locating the thinnest spot in a zinc (galvanized) coating on iron or steel articles
B6	Standard specification for zinc
B193	Standard test method for resistivity of electrical conductor materials
B230/B230M	Standard specification for aluminum 1350-H19 wire for electrical purposes
B232/B232M	Standard specification for concentric-lay-stranded aluminum conductors, coated-steel reinforced (ACSR)
B233	Standard specification for aluminum 1350 drawing stock for electrical purposes
B263	Standard test method for determination of cross-sectional area of stranded conductors
B354	Standard terminology relating to uninsulated metallic electrical conductors
B498/B498M	Standard specification for zinc-coated (galvanized) steel core wire for aluminum conductors, steel reinforced (ACSR).
B500/B500M	Standard specification for metallic coated stranded steel core for aluminum conductors, steel reinforced (ACSR)
B557/557M	Standard test methods of tension testing wrought and cast aluminum- and magnesium-alloy products

3.6. Cordoalhas de Aço Zincado**ABNT**

NBR 5426	Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos
NBR 5427	Guia para utilização da NBR 5426
NBR 5908	Cordoalha de sete fios de aço zincado para cabos pára-raios
NBR 5909	Cordoalhas de fios de aço zincado para estais, tirantes, cabos mensageiros e usos similares
NBR 5996	Zinco primário

NBR 6005	Arames de aço – ensaio de enrolamento
NBR 6236	Madeira para carretéis para fios, cordoalhas e cabos
NBR 6323	Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido
NBR 7310	Transporte, armazenamento e utilização de bobinas com fios, cabos elétricos ou cordoalhas de aço
NBR 7311	Carretéis de madeira para cordoalhas de sete fios de aço zincado – características dimensionais e estruturais.
NBR 7397	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – determinação da massa do revestimento por unidade de área
NBR 7398	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da aderência do revestimento
NBR 7399	<i>Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo</i>
NBR 7400	Produto de aço ou ferro fundido – revestimento de zinco por imersão a quente – verificação da uniformidade do revestimento
NBR 7414	Zincagem por imersão a quente
NBR 11137	<i>Carretéis de madeira para acondicionamento de fios e cabos elétricos – dimensões e estruturas</i>

ASTM

A90/A90M	Standard test method for weight (mass) of coating on iron and steel articles with zinc or zinc-alloy coatings
A239	<i>Standard practice for locating the thinnest spot in a zinc (galvanized) coating on iron or steel articles</i>
A363	Standard specification for zinc-coated (galvanized) steel overhead ground wire strand
A475	Standard specification for zinc-coated steel wire strand
B6	Standard specification for zinc

3.7. Fio para Aterramento de Aço - Cobre**ABNT**

NBR 8121	Fio de aço-cobre para aplicações eletrônicas
NBR 13571	Haste de aterramento aço-cobreada e acessórios

ASTM

B910/910M	Standard specification for annealed copper-clad steel wire
-----------	--

3.8. Cabos OPGW (Optical Ground Wire)**ABNT**

NBR 5426	Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos
NBR 5427	Guia para utilização da norma NBR 5426
NBR 6005	Arames de aço – ensaio de enrolamento

NBR 6236	Madeira para carretéis para fios, cordoalhas e cabos
NBR 6323	Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido
NBR 6756	Fios de aço zincados para alma de cabos de alumínio e alumínio liga
NBR 6814	Fios e cabos elétricos – ensaio de resistência elétrica
NBR 7272	Condutor elétrico de alumínio – ruptura e característica dimensional – método de ensaio
NBR 7302	Condutores elétricos de alumínio – tensão – deformação em condutores de alumínio – método de ensaio
NBR 7303	Condutores elétricos de alumínio – fluência em condutores de alumínio – método de ensaio
NBR 7310	Transporte, armazenamento e utilização de bobinas com fios, cabos elétricos ou cordoalhas de aço
NBR 7397	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – determinação da massa do revestimento por unidade de área – método de ensaio
NBR 7398	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da aderência do revestimento – método de ensaio
NBR 7399	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo – método de ensaio
NBR 7400	Produto de aço ou ferro fundido – revestimento de zinco por imersão a quente – verificação da uniformidade do revestimento
NBR 7414	Zincagem por imersão a quente – Terminologia
NBR 9136	Fios e cabos telefônicos – ensaio de penetração de umidade
NBR 9140	Cabos ópticos e fios e cabos telefônicos – ensaio de comparação de cores – método de ensaio
NBR 9149	Cabos telefônicos – ensaio de escoamento do composto de enchimento
NBR 10711	Fios de aço-alumínio nus, encruados, de seção circular, para fins elétricos
NBR 11137	Carretéis de madeira para acondicionamento de fios e cabos elétricos – dimensões e estruturas
NBR 13486	Fibras ópticas
NBR 13488	Fibras ópticas tipo monomodo de dispersão normal
NBR 13491	Fibras ópticas – determinação da atenuação óptica
NBR 13492	Fibras ópticas – determinação do comprimento de onda de corte
NBR 13493	Fibras ópticas – determinação do diâmetro de campo modal
NBR 13500	Fibras ópticas – determinação dos parâmetros geométricos do revestimento
NBR 13502	Fibras ópticas – verificação da uniformidade da atenuação óptica
NBR 13503	Fibras ópticas – ensaio de tensão mecânica constante
NBR 13504	Fibras ópticas – determinação da dispersão cromática
NBR 13505	Fibras ópticas – determinação do comprimento

NBR 13506	Fibras ópticas – determinação da sensibilidade óptica à curvatura
NBR 13507	Cabos ópticos – ensaio de compressão
NBR 13509	Cabos ópticos – ensaio de impacto
NBR 13510	Cabos ópticos – ensaio de ciclo térmico
NBR 13511	Fibras e cabos ópticos – ensaio de ataque químico à fibra óptica tingida
NBR 13512	Cabos ópticos – ensaio de tração em cabos ópticos e determinação da deformação da fibra óptica
NBR 13519	Fibras e cabos ópticos – ensaio de ciclos térmicos na fibra óptica tingida
NBR 13520	Fibras ópticas – determinação da variação da atenuação óptica
NBR 13975	Fibras ópticas – determinação da força de extração do revestimento
NBR 14074	Cabos pára-raios com fibras ópticas (OPGW) para linhas aéreas de transmissão
NBR 14076	<i>Cabos ópticos – determinação do comprimento de onda de corte em fibra monomodo cabeada</i>
NBR 14422	<i>Fibras ópticas – determinação dos parâmetros geométricos da fibra óptica</i>
NBR 14587-1	<i>Fibras ópticas – medição de dispersão de modos de polarização – parte 1: varredura espectral</i>
NBR 14587-2	<i>Fibras ópticas – medição de dispersão de modos de polarização – parte 2: método interferométrico</i>
NBR 14591	<i>Fibras ópticas – ciclo térmico</i>
NBR 14603	Amostragem e inspeção em fábrica de fibras ópticas - procedimento
IEEE	
1138	Standard construction of composite fiber optic overhead ground wire (OPGW) for use on electric utility power lines
ASTM	
A6/A6M	Standard specification for general requirements for delivery of rolled structural steel bars, plates, shapes and sheet piling
A239	Standard practice for locating the thinnest spot in a zinc (galvanized) coating on iron and steel articles
A411	Standard specification for zinc-coated (galvanized) low-carbon steel armor wire
A475	Standard specification for zinc-coated steel wire strand
B6	Standard specification for zinc
B233	Standard specification for aluminum 1350 drawing stock for electrical purposes
B398/398M	Standard specification for aluminum-alloy 6201-T81 wire for electrical purposes
B415	Standard specification for hard-drawn aluminum – clad steel wire
IEC	
60468	Method of measurement of resistivity of metallic materials

60794-1-1	Optical fibre cables - part 1-1 – generic specification - general
60794-1-2	Optical fibre cables - part 1-2 – generic specification – basic optical cable test procedures
60794-4	Optical fibre cables - part 4 – sectional specification – aerial optical cables along electrical power lines
60794-4-10	Optical fibre cables - part 4-10 – aerial optical cables along electrical power lines – family specification for OPGW (optical ground wires)
60888	Zinc coated steel wires for stranded conductors
61232	Aluminum-clad steel wires for electrical purposes

EIA

455-31C	Proof testing optical fibers by tension
---------	---

3.9. Isoladores de Vidro Temperado ou Porcelana**ABNT**

NBR 5032	Isoladores para linhas aéreas com tensões acima de 1000 V – isoladores de porcelana ou vidro para sistemas de corrente alternada
NBR 5426	Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos
NBR 5427	Guia para utilização da NBR 5426
NBR 5429	Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por variáveis
NBR 5430	Guia para utilização da NBR 5429
NBR 5601	Aços Inoxidáveis – classificação por composição química
NBR 5733	Cimento Portland de alta resistência inicial
NBR 6323	Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido
NBR 6915	Aços para forjamento a quente em matriz
NBR 6916	Ferro fundido nodular ou ferro fundido com grafita esferoidal
NBR 6936	Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão
NBR 6937	Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão – dispositivos de medição
NBR 7107	Cupilha para concha de engate concha e bola
NBR 7108-1	Ferragens integrantes padronizadas de isoladores para cadeias de vidro e de porcelana – Parte 1: Acoplamento tipo concha e bola.
NBR 7108-2	Ferragens integrantes padronizadas de isoladores para cadeias de vidro e de porcelana . Parte 2: Engate tipo garfo e olhal
NBR 7109	Isoladores de disco – dimensões e características
NBR 7215	Cimento Portland – determinação da resistência à compressão
NBR 7397	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – determinação da massa do revestimento por unidade de área
NBR 7398	<i>Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da aderência do revestimento</i>
NBR 7399	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo

NBR 7400	Produto de aço ou ferro fundido – revestimento de zinco por imersão a quente – verificação da uniformidade do revestimento
NBR 7414	Zincagem por imersão a quente
NBR 10621	Isoladores utilizados em sistema de alta tensão em corrente alternada – Ensaio de Poluição artificial
NBR 10511	Ensaio de resistência mecânica residual para unidades de cadeia de isolador de cerâmica ou vidro após dano mecânico do dielétrico
NBR 15124	Isolador de porcelana ou vidro para tensões acima de 1000 V – ensaio de perfuração sob impulso
IEC	
60060-1	High voltage test techniques – general definitions and test requirements
60060-2	High voltage test techniques – measuring systems
60120	Dimensions of ball and socket couplings of string insulator units
60305	Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000V – ceramic or glass insulator units for ac systems - characteristics of insulator units of the cap and pin type
60372	Locking devices for ball and socket couplings of string insulator units: dimensions and tests
60383-1	Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000 V. Part 1 – ceramic or glass insulator units for a.c. systems – definitions, test methods and acceptance criteria
60383-2	Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000 V. Part 2 – insulator strings and insulator sets for a.c. systems – definitions, test methods and acceptance criteria
60437	Radio interference text on high-voltage insulators
TR 60575	Thermal-mechanical performance test and mechanical performance in overhead string insulator units
60672-2	Ceramic and glass insulating materials – part 2: methods of tests
60672-3	Ceramic and glass insulating materials – part 3: specifications for individual materials
TR 60797	Residual strength of string insulator units of glass or ceramic material for overhead lines after mechanical damage of the dielectric
TS 60815-1	Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions Part 1: Definition, information e general principles.
TS 60815-2	Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions Part 2 : Ceramic and glass insulators for a.c. systems
TS 60815-3	Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions Part 3 Polymer insulators for a.c. systems
61211	Insulators of ceramic material or glass for overhead lines with a nominal voltage greater than 1000 V – impulse puncture testing in air
TR2 61467	Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000 V – AC power arc tests on insulator sets

ANSI

C29-1	Standard for electrical power insulators – test methods
C29-2A	Insulators: Wet process porcelain and toughened glass – Distribution suspension type
C29-2B	Insulators: Wet process porcelain and toughened glass – transmission suspension type

ASTM

A153/A153M	Standard specification for zinc coating (hot-dip) on iron and steel hardware
A239	<i>Standard practice for locating the thinnest spot in a zinc (galvanized) coating on iron or steel articles</i>
B6	Standard specification for zinc
C150	<i>Standard specification for Portland cement</i>
C151	Standard test method for autoclave expansion of Portland cement
D116	<i>Standard test methods for vitrified ceramic materials for electrical applications</i>

NEMA

107	Methods of measurement of radio influence voltage (RIV) of high – voltage apparatus
-----	---

3.10. Ferragens para Fixação do Condutor e Pára-Raios**ABNT**

NBR 5426	Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos
NBR 5427	Guia para utilização da NBR 5426
NBR 6323	Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido
NBR 6597	Aço-carbono – determinação do carbono – método gravimétrico por combustão direta
NBR 7095	Ferragens eletrotécnicas para linhas de transmissão e subestações de alta tensão e extra alta tensão
NBR 7107	Cupilha para concha de engate concha e bola
NBR 7108 -1	Ferragens integrantes padronizadas de isoladores para cadeia de vidro e porcelana – Parte 1: Acoplamento tipo concha e bola.
NBR 7108 -2	Ferragens integrantes padronizadas de isoladores para cadeia de vidro e porcelana – Parte 2: Engate tipo garfo e olhal
NBR 7397	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – determinação da massa do revestimento por unidade de área
NBR 7398	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da aderência do revestimento
NBR 7399	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo
NBR 7400	Produto de aço ou ferro fundido – revestimento de zinco por imersão a quente – verificação da uniformidade do revestimento
NBR 7414	Zincagem por imersão a quente

NBR 9893	Cupilha para pinos ou parafusos de articulação
NBR 15237	Esfera de sinalização diurna para linhas aéreas de transmissão de energia elétrica

ASTM

A6/A6M	Standard specification for general requirements for rolled structural steel bars, plates, shapes, and sheet piling
A47/A47M	Standard specification for ferritic malleable iron castings
A48	Standard specification for gray iron castings
A53/A53M	Standard specification for pipe, steel, black and hot-dipped, zinc coated, welded and seamless
A90/A90M	Standard test method for weight (mass) of coating on iron and steel articles with zinc or zinc-alloy coatings
A123/A123M	Standard specification for zinc (hot-dip galvanized) coatings on iron and steel products
A143/ A143M	Standard practice for safeguarding against embrittlement of hot-dip galvanized structural steel products and procedure for detecting embrittlement
A148/A148M	Standard specification for steel castings, high strength, for structural purposes
A153/A153M	Standard specification for zinc coating (hot-dip) on iron and steel hardware
A239	Standard practice for locating the thinnest spot in a zinc (galvanized) coating on iron or steel articles
A283/A283M	Standard specification for low and intermediate tensile strength carbon steel plates
A307	Standard specification for carbon steel bolts and studs, 60000 psi tensile strength
A325M	Standard specification for high-strength bolts for structural steel joints (metric)
A354	Standard specification for quenched and tempered alloy steel bolts, studs, and other externally threaded fasteners
A370	Standard test methods and definitions for mechanical testing of steel products
A384	Standard practice for safeguarding against warpage and distortion during hot-dip galvanizing of steel assemblies
A385	Standard practice for providing high-quality zinc coatings (hot-dip)
A394	Standard specification for steel transmission tower bolts, zinc-coated and bare
A411	Standard specification for zinc-coated (galvanized) low-carbon steel armor wire
A449	Standard specification for quenched and tempered steel bolts and studs
A475	Standard specification for zinc-coated steel wire strand

A490	Standard specification for structural bolts, alloy steel, heat-treated, 150 ksi minimum tensile strength
A536	Standard specification for ductile iron castings
A563/A563M	Standard specification for carbon and alloy steel nuts
B6	Standard specification for zinc
B26/B26M	Standard specification for aluminum-alloy sand castings
B85	Standard specification for aluminum-alloy die castings
B193	<i>Standard test method for resistivity of electrical conductor materials</i>
B209/B209M	Standard specification for aluminum and aluminum-alloy sheet and plate
B210/B210M	Standard specification for aluminum and aluminum-alloy drawn seamless tubes
B211/B211M	Standard specification for aluminum and aluminum-alloy bar, rod and wire
B221/B221M	Standard specification for aluminum and aluminum-alloy extruded bars, rods, wire, profiles and tubes
B233	Standard specification for aluminum 1350 drawing stock for electrical purposes
B487	Standard test method for measurement of metal and oxide coating thickness by microscopical examination of a cross section
B499	Standard test method for measurement of coating thicknesses by the magnetic method: nonmagnetic coatings on magnetic basis metals
B504	Standard test method for measurement of thickness of metallic coatings by the coulometric method
D256	Standard test methods for determining the izod pendulum impact resistance of plastics
D3359	Standard test methods for measuring adhesion by tape test
E155	Standard reference radiographs for inspection of aluminum and magnesium castings
E709	Magnetic particle inspection
F3125/F3125M	Standard specification for high strength structural bolts, steel and alloy steel, heat treated, 120 ksi (820 MPa) and 150 ksi (1040 MPa) minimum tensile strength, inch and metric dimension
IEC	
60120	Dimensions of ball and socket couplings of string insulator units
60372	Locking devices for ball and socket couplings of string insulator units: dimensions and tests
60437	Radio interference text on high-voltage insulators
61284	Overhead lines - requirements and tests for fittings
TR2 61467	Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000 V – AC power arc tests on insulator sets
61854	Overhead lines – requirements and tests for spacers
61897	Overhead lines – requirements and tests for Stockbridge type aeolian

vibration dampers

ASME

B1.1	Unified inch screw threads, UM and UNR thread form
B1.13M	Metric screw threads – M profile
B18.2.1	Square and hex bolts and screws (inch series)
B18.2.2	Square and hex nuts
B18.2.3	Metric hex bolts
B18.2.4	Metric hex nuts
B18.5	Round head bolts
B18.21	Lock washers
B18.22	Plain washers

ANSI

C29-1	Standard for electrical power insulators – test methods
-------	---

ISO

261	General purpose metric screw threads - general plan
898-1/2	Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel
965-1/2/3/4/5	General purpose metric screw threads - tolerances
4016	Hexagon head bolts - product grade C
4034	Hexagon nuts – product grade C
4759-1	Tolerances for fasteners - bolts, screws, studs and nuts – product grades A, B and C
7091	Plain washers – normal series - product grade C

NEMA

C119.4	<i>Connectors to use between aluminum-to-aluminum or aluminum-to-copper bare overhead conductors</i>
107	Methods of measurement of radio influence voltage (RIV) of high – voltage apparatus

ÍNDICE

1. OBJETIVO	3
2. RECOMENDAÇÕES.....	3
ANEXO 1 – RELATORIO DE PARAMETROS CLIMATOLOGICOS	4

1. OBJETIVO

1.1. Apresentar os dados climatológicos adotados no projeto da LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2, em circuito simples pertencentes ao Lote 16 do Leilão 0013/2015 – 2º parte.

2. RECOMENDAÇÕES

2.1. Conforme relatório apresentado no anexo 1, segue abaixo tabela com as principais recomendações para a Linha de transmissão em 500 kV.

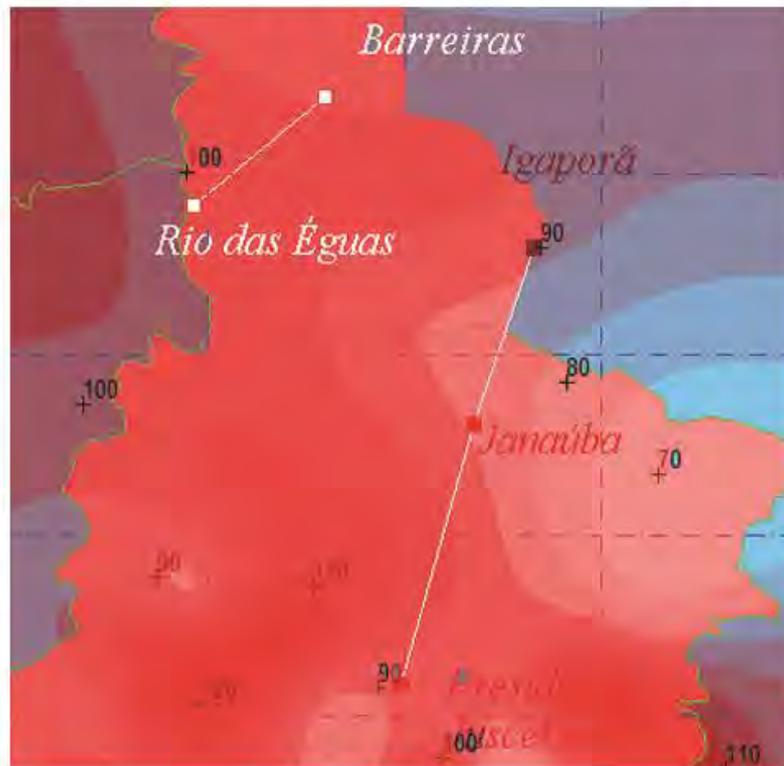
PARÂMETROS CLIMÁTICOS	JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C2
altitude média - (m)	700
temp média – (°C)	21
temp mín 50 anual – (°C)	17
temp mín 50 inverno – (°C)	13
temp mín absoluta – (°C)	4
temp máx 50 anual – (°C)	28
temp máx 50 verão – (°C)	30
temp máx abs – (°C)	39
pressão média – (mbar)	940
DRA 50% – (pu)	0.92
DRA 90% – (pu)	0.90
DRA médio 90% – (pu)	0.90
FCA _{60 Hz} 50% – (pu)	0.97
FCA _{60 Hz} 99% – (pu)	0.92
FCA _{man} 50% – (pu)	0.97
FCA _{man} 90% – (pu)	0.95
FCA _{atm} 50% – (pu)	0.96
FCA _{atm} 90% – (pu)	0.94
umi rel (U _{rel}) – (%)	74
umi abs (U _{abs}) - (g/m ³)	14
tempo ruim - (%)	10
Nivel Ceraunico (mapa ONS)	60

ANEXO 1 – RELATORIO DE ELEMENTOS CLIMATOLOGICOS

Relatório Técnico para ENGEPRO Engenharia

*Elementos Ambientais para as LTs
dos Lotes 8, 14, 15 e 16, Leilão 013/2015*

BATÁVIA
Engenharia



Preparado por Amauri A Menezes em 02/2017

Este Relatório Técnico apresenta o memorial descritivo para a determinação dos elementos climáticos relevantes na implantação das LTs acima citadas. A reprodução parcial ou total deste documento só deve ser feita com a permissão da ENGEPRO Engenharia

1	Objetivo	3
2	Conceituação Preliminar	4
3	Dados termométricos	5
4	Densidade Relativa do Ar e Fatores de Correção Atmosféricos	6
4.1	Valor médio da DRA e dos FCAs	6
4.2	Os desvios padrão da DRA e dos FCAs	9
5	Representação gráfica e mapeamento das variáveis	11
5.1	Densidades relativas do ar e nível de tempo - ruim	13
5.2	Fatores de Correção Atmosféricos	13
5.3	Umidades absolutas	14
5.3.1	Cálculo dos pontos de orvalho e de gelo	14
5.3.2	Cálculo das pressões de vapor	15
5.3.3	Cálculo das umidades absolutas	15
5.4	Densidades de descargas atmosféricas e níveis ceráunicos	15
6	Conclusões e recomendações	16
7	Comentários finais	18
8	Referências	18
Anexo 1	Dados para determinação espacial da DRA e dos FCAs	19
Anexo 2	Características das estações do INMET	30
Anexo 3	Altitudes	34
Anexo 4	Pressões atmosféricas	35
Anexo 5	Temperaturas ambientes	36
Anexo 6	DRA e de “tempo - ruim”	43
Anexo 7	Fatores de correção atmosféricos	46
Anexo 8	Umidades do ar	52

1 Objetivo

Este relatório objetiva quantificar as variabilidades espacial e temporal de fenômenos meteorológicos que tenham interferências com as LTs dos Lotes 8, 14, 15 e 16, descritas a seguir.

LT 500kV Rio das Águas - Barreiras II - C2
 LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1
 LT 500kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1
 LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
 LT 500kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

As variáveis aqui objetivadas são:

Tabela 1 - Parâmetros do estudo

<i>Variáveis Ambientais</i>	<i>nomenclatura & unidades</i>
<i>altitude média</i>	<i>alt - metros</i>
<i>temperatura média</i>	<i>t_{med} - °C</i>
<i>temperatura mínima média anual</i>	<i>t_{min anual} - °C</i>
<i>temperatura mínima média no inverno</i>	<i>t_{min inv} - °C</i>
<i>temperatura mínima absoluta</i>	<i>t_{min abs} - °C</i>
<i>temperatura máxima média anual</i>	<i>t_{max anual} - °C</i>
<i>temperatura máxima média no verão</i>	<i>t_{max ver} - °C</i>
<i>temperatura máxima absoluta</i>	<i>t_{max abs} - °C</i>
<i>pressão atmosférica</i>	<i>p_{atm} - mbares</i>
<i>densidade relativa do ar (50 e 90 %)</i>	<i>DRA_{50%} e DRA_{90%} - (pu)</i>
<i>fator de correção atmosférico, 60 Hz, (50 e 99 %)</i>	<i>FCA_{60Hz-50%} e FCA_{60Hz-99%} - (pu)</i>
<i>fator de correção atmosférico, surtos de manobra (50 e 90 %)</i>	<i>FCA_{man50%} e FCA_{man90%} - (pu)</i>
<i>fator de correção atmosférico, impulsos atmosféricos (50 e 90 %)</i>	<i>FCA_{atm50%} e FCA_{atm90%} - (pu)</i>

<i>umidade relativa média do ar (anual)</i>	$u_{rel} - (\%)$
<i>umidade absoluta média do ar (anual)</i>	$u_{abs} - (g/m^3)$
<i>tempo ruim (para níveis de RI) - anual</i>	$TR - (\%)$

Linhas de transmissão aéreas constituem-se em empreendimentos com dimensões territoriais consideráveis e, não raro, atravessam áreas com diferentes condições geograficamente bem diferenciadas, resultando numa multiplicidade de elementos climáticos sobre elas atuantes. Portanto, torna-se relevante, para a execução de um projeto realista e coerente com seus próprios desafios, que haja a disponibilidade de métodos de inferências capazes de avaliar a evolução espacial das grandezas ambientais ao longo da rota da LT em estudo. A coleta de tais variáveis deve ser convenientemente feita em estações meteorológicas na mesma região e, obrigatoriamente, as suas variabilidades temporais devem ser quantificadas. Como certo número de variáveis ambientais aqui enfocadas é dependente da altitude, o estudo em curso considera também a altitude na região, como forma de dimensionar algumas variações espaciais do clima, através de modelos matemáticos de correlação linear múltipla. A densidade relativa do ar (DRA) e os fatores de correção atmosféricos (FCAs¹) não são variáveis meteorológicas, no rigor do conceito, mas encontram-se aqui incluídas por serem diretamente derivados da temperatura do ar, da pressão atmosférica e, para os FCAs, também da umidade absoluta do ar.

2 *Conceituação Preliminar*

A base de dados usada neste relatório origina-se de duas fontes diversas: do INMET [1] (Instituto nacional de Meteorologia - Ministério da Agricultura) e do DEPV [2, 7] (antiga Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Voo - Ministério da Aeronáutica). Tais fontes desempenham importantes e complementares papéis no modelo analítico aqui adotado para inferência estatística das variáveis ambientais, como exigido pelos procedimentos de projetos de LTs aéreas ora em curso no país. Especificamente, pode-se dizer que os dados do INMET (mensais e anuais, em 205 estações) cuidam das determinações médias e das suas evoluções espaciais sobre o território brasileiro, enquanto que os dados do DEPV (horários, em 20 estações) definem as flutuações dos respectivos desvios-padrão. Detalhes da elaboração desse modelo dual são fornecidos ao longo do trabalho e aplicam-se às variáveis aqui objetivadas.

¹ ou ainda RIS (Relative Insulation Strength)

3 Dados termométricos

Os dados de temperatura utilizados no estudo foram medidos em estações climatológicas operadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)² e instaladas no estado de implantação do empreendimento. Nessas estações, as temperaturas máximas e mínimas são medidas diariamente e as temperaturas correntes às 12, 18 e 24 horas, referidas ao horário de Greenwich (Greenwich Meridian Time - GMT). No procedimento de operação das estações do INMET, as temperaturas extremas diárias são caracterizadas com exatidão.

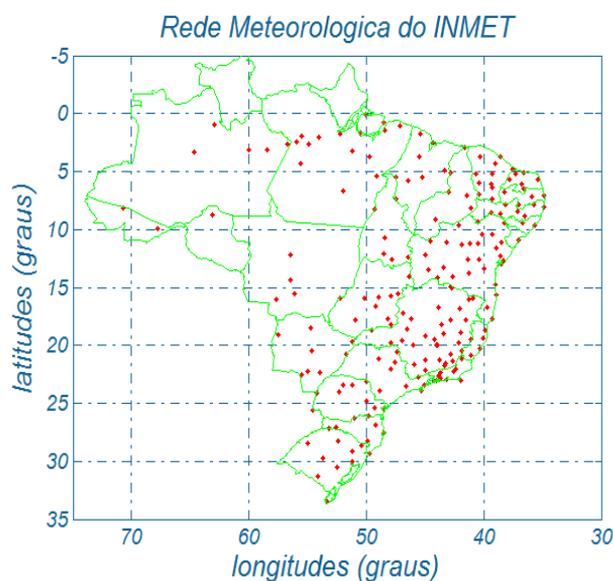


Figura 3.1 - Distribuição espacial das estações meteorológicas do INMET

A temperatura média diária é estimada através da seguinte equação, de uso rotineiro pelo INMET:

$$T_{med} = \frac{T_{12} + 2 \cdot T_{24} + T_{max} + T_{min}}{5}$$

T_{med} - temperatura média diária

T_{max} - temperatura máxima diária

T_{min} - temperatura mínima diária

T_{12} e T_{24} - temperaturas às 12 e 24 horas

As estatísticas dos valores de temperatura, medidos diariamente no período de 1961 a 1990, podem ser consultadas em [1]. Além dos valores médios anuais, buscou-se caracterizar as médias das temperaturas extremas, extraíndo-se do banco de dados os valores mínimos ou máximos ocorridos ao longo do ano e, também, os médios extremos no verão ou no inverno, garantindo-se, assim, mapas que refletissem valores extremos que fossem os mais conservadores.

Portanto, neste estudo, extremos médios de temperatura encontram-se também avaliados apropriadamente nos respectivos meses em que ocorrem.

² INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, Ministério da Agricultura

4 Densidade Relativa do Ar e Fatores de Correção Atmosféricos

A caracterização da média e do desvio padrão da densidade relativa do ar (DRA) e dos fatores de correção atmosféricos (FCAs), para frequência industrial e surtos de manobra ou atmosféricos, é aqui feita através de abordagens distintas.

4.1 Valor médio da DRA e dos FCAs

O valor médio dessas variáveis será feito por meio dos dados médios anuais medidos na rede do INMET (temperatura, pressão atmosférica para a DRA, acrescidos da umidade absoluta, para os valores dos FCAs). DRAs e FCAs têm distribuições normais para qualquer efeito prático [7] e seus valores médios podem ser calculados com as médias das variáveis indiretas (t_{med} , p_{med} e u_{abs}).

Para dirimir qualquer dúvida quanto a essa afirmativa, as Tabelas 4.1.1 e 4.1.2 apresentam os respectivos resultados, quando se usa um banco de dados horário em 10 anos, e quando se faz o cálculo com médias anuais. O banco de dados usado como referência é o do DEPV³, tal como apresentado em [7].

³ Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Voo, do Ministério da Aeronáutica.

Tabela 4.1.1 - Comparação dos valores para DRA calculados por (t_{med}, p_{med}) a cada hora e com valores médios anuais

<i>cidade</i>	<i>sigla</i>	<i>DRA_{50%} (pu) como em [7]</i>	<i>DRA_{50%} (pu) médias anuais</i>
<i>Belém</i>	<i>BE</i>	<i>0.976</i>	<i>0.980</i>
<i>Belo Horizonte</i>	<i>BH</i>	<i>0.913</i>	<i>0.900</i>
<i>Brasília</i>	<i>BR</i>	<i>0.883</i>	<i>0.870</i>
<i>Campo Grande</i>	<i>CG</i>	<i>0.927</i>	<i>0.930</i>
<i>Curitiba</i>	<i>CT</i>	<i>0.913</i>	<i>0.890</i>
<i>Caravelas</i>	<i>CV</i>	<i>0.987</i>	<i>0.990</i>
<i>Florianópolis</i>	<i>FL</i>	<i>1.001</i>	<i>1.000</i>
<i>Fortaleza</i>	<i>FZ</i>	<i>0.975</i>	<i>0.970</i>
<i>Galeão (RJ)</i>	<i>GL</i>	<i>0.990</i>	<i>0.990</i>
<i>Campinas</i>	<i>KP</i>	<i>0.926</i>	<i>0.926</i>
<i>Manaus</i>	<i>MN</i>	<i>0.968</i>	<i>0.970</i>
<i>Maceió</i>	<i>MO</i>	<i>0.973</i>	<i>0.980</i>
<i>Natal</i>	<i>NT</i>	<i>0.975</i>	<i>0.975</i>
<i>Porto Alegre</i>	<i>PA</i>	<i>1.004</i>	<i>0.990</i>
<i>Recife</i>	<i>RF</i>	<i>0.980</i>	<i>0.980</i>
<i>S. Dumont (RJ)</i>	<i>RJ</i>	<i>0.991</i>	<i>0.990</i>
<i>São Luiz</i>	<i>SL</i>	<i>0.971</i>	<i>0.980</i>
<i>São Paulo</i>	<i>SP</i>	<i>0.918</i>	<i>0.920</i>
<i>Salvador</i>	<i>SV</i>	<i>0.983</i>	<i>0.980</i>
<i>Vitória</i>	<i>VT</i>	<i>0.991</i>	<i>0.980</i>

Tabela 4.1.2 - valores dos FCAs para 60 Hz (FCA60Hz) e surtos de manobra (FCA_{man}), calculados por (t_{med} , p_{med} e u_{abs}) horários e com valores médios anuais, gaps de 1 a 5 metros

tensão a 60 Hz (gape de 3 m)			surtos de manobra (gape de 3 m)		
sigla	FCA _{50%} (pu) como em [7]	FCA _{50%} (pu) médias anuais	sigla	FCA _{50%} (pu) como em [7]	FCA _{50%} (pu) médias anuais
BE	1.062	1.061	BE	1.041	1.040
BH	0.960	0.959	BH	0.962	0.963
BR	0.925	0.922	BR	0.932	0.932
CG	0.992	0.994	CG	0.987	0.988
CT	0.939	0.936	CT	0.948	0.949
CV	1.050	1.050	CV	1.034	1.033
FL	1.033	1.034	FL	1.023	1.023
FZ	1.053	1.053	FZ	1.035	1.034
GL	1.045	1.045	GL	1.030	1.029
KP	0.965	0.964	KP	0.967	0.969
MN	1.059	1.059	MN	1.039	1.038
MO	1.044	1.044	MO	1.028	1.027
NT	1.049	1.049	NT	1.032	1.031
PA	1.022	1.023	PA	1.015	1.016
RF	1.053	1.053	RF	1.035	1.034
RJ	1.042	1.043	RJ	1.028	1.028
SL	1.059	1.058	SL	1.039	1.038
SP	0.956	0.953	SP	0.960	0.961
SV	1.053	1.053	SV	1.035	1.034
VT	1.049	1.049	VT	1.033	1.032

As diferenças verificadas nos três casos indicam que as médias podem ser aproximadas usando-se valores médios das variáveis indiretas (t_{med} , p_{med} e u_{abs}), em vez de se adotar ou exigir um cálculo bem mais requintado e trabalhoso, tal como é o de bancos de dados horários durante 10 anos, com todas as variáveis lidas simultaneamente. A simplificação é bastante apreciável, pois nem sempre, ou quase nunca, tais bancos encontram-se disponíveis. Portanto, os dados o INMET, que tem uma bem mais expressiva quantidade de estações (205, em todo o Brasil, por ocasião da elaboração de [1]) são capazes de fornecer valores médios para DRA e FCAs. Observe a Figura 4.2.1 onde a rede do DEPV encontra-se grafada com a sua restrita densidade. Entretanto, o valor

médio isolado dessas variáveis (valor 50 %) não é suficientemente seguro para a aplicação em LTs. É preciso associá-los a valores mais conservadores que levem em conta as incertezas espaciais típicas que estão amiúde vinculados a linhas de transmissão que atravessam variados micro e macro climas.

4.2 Os desvios padrão da DRA e dos FCAs

Os mais recentes Editais da ANEEL, no que se refere à DRA, exigem um valor ao longo da LT que seja garantido 90% do tempo, de forma a minimizar as influências do efeito Corona e suas manifestações (RI, RA, perdas). Portanto, os valores médios devem ser corrigidos pela conhecida fórmula genérica $Var90\% = \mu - 1.28 \sigma$, onde Var é uma variável que se encontre estatisticamente em questão e (μ, σ) seus valores médios e desvios padrão respectivos. Como as variabilidades temporais da DRA e dos FCAs, medida por σ , não podem ser caracterizadas pelo banco de dados do INMET [1], é preciso que se recorra ao relevante trabalho desenvolvido em [7]. A Figura 4.2.1 apresenta a dispersão pouco densa da rede do DEPV, mas que é atualmente a única fonte para se processar um modelo de transferência espacial para os coeficientes de variação aqui objetivados. Complementando, a Tabela 4.2.1 apresenta os coeficientes de variação da DRA e dos FCA_{60Hz} e FCA_{man} .

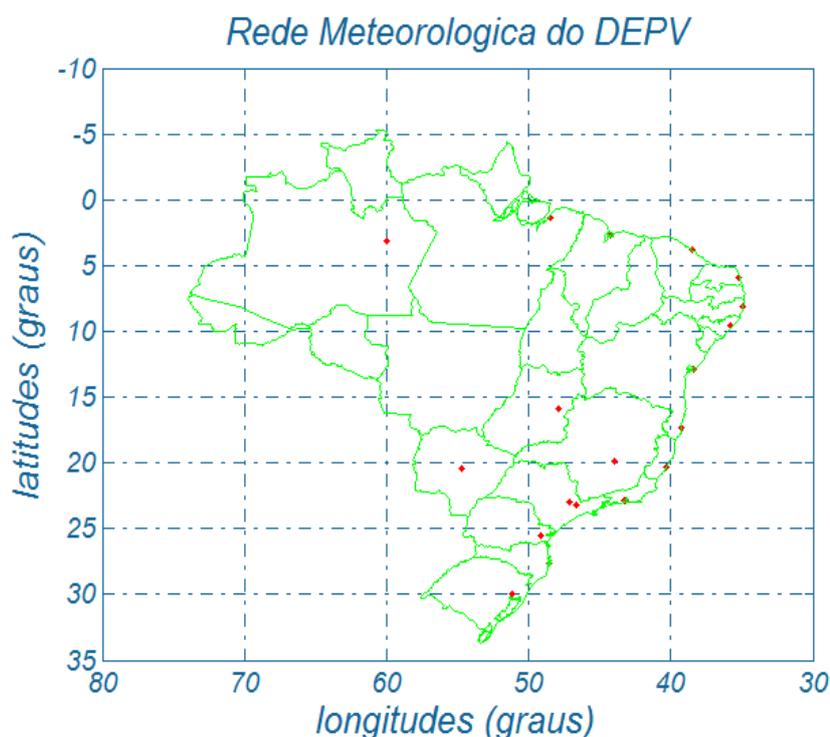


Figura 4.2.1 - Rede do DEPV, com as 20 estações da modelagem de [7]

Tabela 4.2.1 - Características geográficas das estações do DEPV e respectivos valores percentuais dos coeficientes de variação da DRA e dos FCAs

<i>sigla</i>	<i>latitude (°)</i>	<i>altitude (m)</i>	<i>CV_{DRA} (%)</i>	<i>CV_{60Hz} (%)</i>	<i>CV_{man} (%)</i>
<i>BE</i>	<i>1.38</i>	<i>16</i>	<i>1.00</i>	<i>0.68</i>	<i>0.53</i>
<i>BH</i>	<i>19.85</i>	<i>787</i>	<i>1.70</i>	<i>2.70</i>	<i>1.89</i>
<i>BR</i>	<i>15.87</i>	<i>1060</i>	<i>1.50</i>	<i>3.66</i>	<i>2.88</i>
<i>CG</i>	<i>20.47</i>	<i>558</i>	<i>1.70</i>	<i>3.08</i>	<i>2.15</i>
<i>CT</i>	<i>25.52</i>	<i>909</i>	<i>1.90</i>	<i>2.90</i>	<i>1.99</i>
<i>CV</i>	<i>17.28</i>	<i>3</i>	<i>1.30</i>	<i>1.08</i>	<i>0.76</i>
<i>FL</i>	<i>27.67</i>	<i>7</i>	<i>1.90</i>	<i>1.85</i>	<i>1.20</i>
<i>FZ</i>	<i>3.78</i>	<i>24</i>	<i>0.80</i>	<i>0.98</i>	<i>0.75</i>
<i>GL</i>	<i>22.83</i>	<i>9</i>	<i>1.60</i>	<i>1.34</i>	<i>0.92</i>
<i>KP</i>	<i>23.00</i>	<i>661</i>	<i>1.80</i>	<i>3.06</i>	<i>2.17</i>
<i>MN</i>	<i>3.15</i>	<i>83</i>	<i>1.00</i>	<i>0.75</i>	<i>0.59</i>
<i>MO</i>	<i>9.51</i>	<i>116</i>	<i>1.10</i>	<i>1.04</i>	<i>0.78</i>
<i>NT</i>	<i>5.92</i>	<i>49</i>	<i>1.00</i>	<i>0.92</i>	<i>0.69</i>
<i>PA</i>	<i>30.00</i>	<i>20</i>	<i>2.40</i>	<i>1.95</i>	<i>1.27</i>
<i>RF</i>	<i>8.13</i>	<i>10</i>	<i>0.80</i>	<i>0.81</i>	<i>0.59</i>
<i>RJ</i>	<i>22.92</i>	<i>5</i>	<i>1.40</i>	<i>1.42</i>	<i>0.98</i>
<i>SL</i>	<i>2.72</i>	<i>53</i>	<i>0.90</i>	<i>0.71</i>	<i>0.57</i>
<i>SP</i>	<i>23.17</i>	<i>805</i>	<i>1.60</i>	<i>2.70</i>	<i>1.89</i>
<i>SV</i>	<i>12.90</i>	<i>6</i>	<i>1.00</i>	<i>0.97</i>	<i>0.69</i>
<i>VT</i>	<i>20.30</i>	<i>60</i>	<i>1.50</i>	<i>1.20</i>	<i>0.83</i>

Com as informações acima, as seguintes equações de correlação linear múltipla podem ser inferidas objetivando a transferência espacial dos coeficientes de variação citados ou, respectivamente:

$$\begin{aligned} CV_{DRA} &= 0.7160 + 41.32 \text{ latitude}/1000 + 0.3268 \text{ altitude}/1000 \\ CV_{FCA_{60\text{Hz}}} &= 0.6050 + 39.28 \text{ latitude}/1000 + 1.5640 \text{ altitude}/1000 \\ CV_{FCA_{man}} &= 0.7790 + 15.61 \text{ latitude}/1000 + 0.8388 \text{ altitude}/1000 \end{aligned}$$

CV_{DRA} coeficiente de variação da distribuição da DRA (%)
 $CV_{FCA_{60\text{Hz}}}$ coeficiente de variação dos valores de FCAs para 60 Hz (%)
 $CV_{FCA_{man}}$ coeficiente de variação dos FCAs para surtos de manobra (%)

5 Representação gráfica e mapeamento das variáveis

As variáveis ambientais aqui abordadas correlacionam-se bem com a latitude e a altitude e serão, portanto, representadas pelas equações de regressão do tipo:

$$\text{variável} = a_0 + a_1 \text{ latitude} + a_2 \text{ altitude},$$

A latitude é dada em graus e a altitude em km.

A Tabela 5 indica os coeficientes definidos por correlação linear múltipla e os valores dos respectivos erros médios quadráticos (emq) atestam a qualidade da aderência entre valores reais e modelados.

Tabela 5 - Coeficientes das equações de regressão linear múltipla

<i>variável</i>	<i>coeficiente a₀</i>	<i>coeficiente a₁</i>	<i>coeficiente a₂</i>	<i>emq</i>
<i>temp média</i>	2.817E+01	-2.480E-01	-3.813E+00	1.335E+00
<i>temp min anual</i>	2.393E+01	-2.411E-01	-4.692E+00	1.176E+00
<i>temp min inverno</i>	2.319E+01	-3.824E-01	-5.217E+00	1.504E+00
<i>temp min abs</i>	1.959E+01	-6.624E-01	-6.417E+00	3.268E+00
<i>temp max anual</i>	3.361E+01	-2.386E-01	-2.936E+00	1.875E+00
<i>temp max verão</i>	3.495E+01	-1.423E-01	-3.660E+00	1.861E+00
<i>temp max abs</i>	4.090E+01	-3.000E-02	-2.028E+00	2.050E+00
<i>pressão</i>	1.013E+03	1.404E-01	-1.250E+02	1.761E+01
<i>umidade absoluta</i>	2.046E+01	-1.934E-01	-4.523E+00	1.266E+00
<i>umidade relativa</i>	7.533E+01	1.372E-01	-5.806E+00	7.085E+00
<i>DRA₅₀ %</i>	9.704E-01	9.057E-04	-9.624E-02	6.253E-03
<i>DRA₉₀ %</i>	9.613E-01	3.838E-04	-9.817E-02	6.146E-03
<i>FCA₆₀₋₅₀ %</i>	1.063E+00	-9.426E-04	-1.109E-01	1.070E-02
<i>FCA₆₀₋₉₉ %</i>	1.046E+00	-1.830E-03	-1.414E-01	1.059E-02
<i>FCA_{man 50%}</i>	1.040E+00	-6.011E-04	-9.100E-02	8.015E-03
<i>FCA_{man 90 %}</i>	1.029E+00	-7.923E-04	-9.979E-02	7.865E-03
<i>FCA_{atm 50 %}</i>	1.068E+00	-1.123E-03	-1.309E-01	1.387E-02
<i>FCA_{atm 90 %}</i>	1.057E+00	-1.305E-03	-1.392E-01	1.376E-02
<i>tempo - ruim (RI)</i>	2.393E+01	-2.411E-01	-4.692E+00	1.176E+00

5.1 Densidades relativas do ar e nível de tempo - ruim

Textualmente, os editais de Linhas de Transmissão da ANEEL exigem que:

(a) Corona visual

A linha de transmissão, com seus cabos e acessórios, bem como as ferragens das cadeias de isoladores, não deve apresentar corona visual em 90% do tempo nas condições de máxima tensão operativa e para as condições atmosféricas predominantes na região atravessada pela linha de transmissão aérea.

O $DRA_{90\%}$ corresponde a um maior rigor na aplicação do DRA, particularmente quando da sua utilização nas avaliações do efeito corona e suas manifestações em LTs, através da relação:

$$DRA_{90\%} = DRA_{\text{médio}} - 1.28 \sigma_{DRA}$$

onde o valor de σ_{DRA} já foi discutido e modelado tal como descrito em 4.2.

Ainda diretamente vinculado ao efeito Corona e suas manifestações, o Anexo 6 apresenta uma quantificação para o percentual de “tempo - ruim”, a ser aplicado na determinação dos níveis de rádio interferência ao longo de “todo o tempo”, tal como requer a metodologia de [8, Red Book]. Os resultados fundamentam-se na precipitação pluviométrica anual registrada nas estações do INMET e que serve de medição para variabilidade espacial do tempo ruim sobre o território brasileiro.

Para a inferência do % de tempo ruim, foi adotada uma média anual de 1,5 mm/h quando da precipitação pluviométrica média anual registrada nas estações do INMET. Tal consideração de 1.5 mm/h é certamente subjetiva, mas é mais realista do que se adotarem os padrões climáticos constantes de [8] como típicos do Brasil.

5.2 Fatores de Correção Atmosféricos

Os fatores de correção atmosféricos são definidos através de uma relação entre os fatores de correção da densidade relativa do ar (k_1) e da umidade absoluta (k_2), como segue e detalhadamente descrito em [7].

$$FCA = k_1 \cdot k_2$$

- $k_1 = \delta^m$ - fator de correção para a densidade relativa do ar, veja Figura 1.3 (superior) do Anexo 1
- $k_2 = k^w$ - fator de correção para a umidade absoluta do ar, veja Figura 1.3 (inferior) do Anexo 1

Para o caso de 60 Hz recomenda-se a utilização do valor referido a 99% pois as tensões dessa natureza devem ser suportadas em quaisquer condições atmosféricas, de forma que a qualidade de suprimento energético seja assegurada.

Para sobretensões de manobra ou atmosféricas, que correspondem a solicitações de ocorrência mais infrequente, o valor médio do FCA ($FCA_{man}^{médio}$ - manobra ou $FCA_{atm}^{médio}$ - atmosférico) pode ser adotado, mas recomenda-se o valor de 90% que é mais conservador, pois que há erros de avaliação que decorrem da variabilidade espacial dessa variável, além das simplificações descritas no Anexo 1.

As formulações para os FCAs acima valem para distâncias em ar de 1 a 5 m, com dispersão em torno da média de 1,3% para 60 Hz e 1,7% para impulsos. Para os casos de distâncias superiores a 5 m, os valores de FCA tendem para o valor de 1.0, indicando que para gaps mais longos, o FCA não mais depende das condições atmosféricas. Como os casos mais severos são aqueles em que o $FCA < 1.0$, nenhuma correção será aqui recomendada, pois os resultados encontram-se a favor da segurança.

5.3 Umidades absolutas

A umidade absoluta, que é relevante para as determinações dos FCAs, pode ser modelada através das equações que seguem:

5.3.1 Cálculo dos pontos de orvalho e de gelo

Inicialmente, são determinados os pontos de orvalho e de gelo, para as temperaturas ambientes em questão (bulbo seco):

$$T_d = \frac{237.3 \left[\frac{\ln(RH/100)}{17.270} + \frac{T}{237.3 + T} \right]}{1 - \left[\frac{\ln(RH/100)}{17.270} + \frac{T}{237.3 + T} \right]}$$

$$T_i = \frac{265.5 \left[\frac{\ln(RH/100)}{21.875} + \frac{T}{265.5 + T} \right]}{1 - \left[\frac{\ln(RH/100)}{21.875} + \frac{T}{265.5 + T} \right]}$$

- RH* - umidade relativa (%),
T_d e *T_i* - pontos de orvalho e de gelo (°K), respectivamente,
T - temperatura de bulbo seco do ambiente (°K).

5.3.2 Cálculo das pressões de vapor

As pressões de vapor saturado correspondentes aos pontos de orvalho (*e_d*) e de gelo (*e_i*) são dadas pelas fórmulas seguintes:

$$e_d = 0.6108 \exp\left[\frac{17.27 T_d}{T_d + 237.3}\right] \quad e_i = 0.6108 \exp\left[\frac{21.875 T_i}{T_i + 265.5}\right]$$

5.3.3 Cálculo das umidades absolutas

E finalmente, as umidades absolutas em g/m³ (*u_{abs}*) ou são calculadas como segue, onde *e* assume os valores de *e_d* ou de *e_i*:

$$u_{abs} = \frac{2165 e}{T + 273.16}$$

5.4 Densidades de descargas atmosféricas e níveis cerâmicos

As densidades de descargas atmosféricas segue uma digitalização possível do mapa recentemente publicado pelo Operador Nacional do Sistema (ONS), onde as densidades abaixo de 5 descargas/km²/ano foram descartadas, por não corresponderem à prática em curso no dimensionamento elétrico. Os respectivos Níveis Cerâmicos são determinados pela média de três formulações ora em uso e que são:

$$dens = 0.1 \text{ NC} , dens = 0.2 \text{ NC} \text{ e } dens = 0.04 \text{ NC}^{1,25}$$

Os valores indicados são de referência e sujeitos a modificações por parte do projetista, na medida que as avaliações espaciais são particularmente dispersas.

6 Conclusões e recomendações

Os mapas constantes deste relatório oferecem ao projetista de LTs recursos ora disponíveis para uma escolha paramétrica tecnicamente justificável no que se refere aos elementos climáticos aqui avaliados estatisticamente. De uma forma geral, os parâmetros recomendados são conservadores e visam garantir um desempenho superior ao mínimo exigido.

Com uma importância de destaque, encontra-se a densidade relativa do ar, caracterizada pelo seu valor médio e $DRA_{90\%}$ que é o valor excedido 90% do tempo, garantindo o que é exigido nos editais da ANEEL. Somente com os mapeamentos exclusivos das médias e dos desvios da DRA, não se torna imediata a identificação do local onde as condições do DRA são as mais adversas, pois a média mínima não coincide, necessariamente, com o máximo desvio padrão da DRA.

Assim sendo, para facilidade de interpretação e escolha, foram traçadas as isolinhas do Anexo 6 que apresenta os valores de $DRA_{médio}$ e de $DRA_{90\%}$, através da relação $DRA_{90\%} = DRA_{médio} - 1.28$ desvios-padrão. Os mesmos conceitos se aplicam aos fatores de correção atmosféricos aqui sugeridos ($FCA_{60Hz}^{99\%}$, $FCA_{man}^{90\%}$ e $FCA_{atm}^{90\%}$), muito embora a sua utilização ainda não esteja regulamentada e nem mesmo exigida, embora correspondam à prática segura de escolha paramétrica.

Vale ainda sublinhar que FCAs acima de 1.00 pu são típicos de regiões com elevada umidade absoluta, tal como é o caso da região amazônica e do planalto no centro-oeste. No entanto, com a descontrolada continuidade de queimadas e desmatamentos, que vêm ocorrendo há décadas, a tendência é de que os valores de FCA venham se reduzindo com o tempo. O alerta serve para que valores de FCA acima de 1.00 pu sejam usados com certa reserva, a critério do projetista. Os valores indicados na Tabela 6.1 já seguem esse viés no sentido da segurança. A Tabela seguinte apresenta um resumo das leituras feitas nas Figuras dos Anexos 3 a 7:

Tabela 6.1 - Resumo das recomendações

<i>Parâmetros climáticos</i>	<i>Rio das Éguas - Barreiras</i>	<i>Igaporã - Janaúba C1 e C2</i>	<i>Janaúba - P. Juscelino C1 e C2</i>
<i>altitude média - (m)</i>	800	700	700
<i>temp média - (°C)</i>	22	22	21
<i>temp mín 50 anual - (°C)</i>	17	17	17
<i>temp mín 50 inverno - (°C)</i>	14	14	13
<i>temp mín absoluta - (°C)</i>	5	5	4
<i>temp máx 50 anual - (°C)</i>	28	28	28
<i>temp máx 50 verão - (°C)</i>	30	30	30
<i>temp máx abs - (°C)</i>	39	39	39
<i>pressão média - (mbar)</i>	920	940	940
<i>DRA 50% - (pu)</i>	0.90	0.91	0.92
<i>DRA 90% - (pu)</i>	0.88	0.89	0.90
<i>FCA_{60 Hz} 50% - (pu)</i>	0.95	0.96	0.97
<i>FCA_{60 Hz} 99% - (pu)</i>	0.89	0.91	0.92
<i>FCA_{man}50% - (pu)</i>	0.95	0.96	0.97
<i>FCA_{man} 90% - (pu)</i>	0.93	0.94	0.95
<i>FCA_{atm}50% - (pu)</i>	0.94	0.95	0.96
<i>FCA_{atm} 90% - (pu)</i>	0.92	0.93	0.94
<i>umi rel (U_{rel}) - (%)</i>	72	73	74
<i>umi abs (U_{abs}) - (g/m³)</i>	14	15	14
<i>tempo ruim - (%)</i>	10	10	10

7 Comentários finais

As recomendações relativas à quantificação de elementos climáticos constantes deste relatório seguem as orientações e cálculos apresentados basicamente pelas referências [2, 3, 4, 6, 7 e 8], enquanto que as bases de dados provêm de [1, 2 e 7]. Vale sempre lembrar que [2 e 7] contêm sínteses metodológicas pioneiras que permitiram uma avaliação estatística mais aprofundada no que se refere aos percentis da densidade relativa do ar e dos variados fatores de correção atmosféricos aqui considerados, através, objetivando a determinação dos seus respectivos desvios-padrão. Além disso, há que se dar a devida ênfase ao que [3] declara a respeito dos FCAs sempre que o fator u_{abs} / DRA excede 15 g/m^3 (sic):

Para valores de U_{abs} / DRA acima de 15 g/m^3 , o valor do parâmetro k pode chegar a (- 15%), veja também a Figura 1.1.

Tal observação tem influência expressiva sobre os resultados de cálculo, na medida em que valores acima de 15 g/m^3 são frequentemente encontrados no Brasil.

8 Referências

- 1 *INMET – Instituto Nacional de Meteorologia – “Normais climatológicas” (1961-1990).*
- 2 *Andrade, V. H. G et ali – Dados meteorológicos e parâmetros correlatos que influenciam os isolamentos em ar – Estatística de valores, VII SNPTEE.*
- 3 *IEC 60-1 - High Voltage Test Techniques - Part 1: General definitions and test requirements, 2010.*
- 4 *Menezes Jr A. A., Silva Filho J. I. - Transferência espacial de informações meteorológicas - Modelos matemáticos. Relatório Técnico CEPEL/1983*
- 5 *IEC 60826 - Overhead Transmission Line Design Criteria*
- 6 *NBR 5422 - Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica, Procedimentos, 1985.*
- 7 *Azevedo, R. M., Silva Filho, J. I. Andrade, V. H. G., - Fatores de correção atmosféricos aplicados ao dimensionamento de isolamentos em ar - Nova metodologia de cálculo, XVII SNPTEE, 2003*
- 8 *Transmission Line Reference Book, 345 kV and Above, Electric Power Research Institute, Palo Alto*

Anexo 1 Dados para determinação espacial da DRA e dos FCAs

Este Anexo objetiva apresentar parte dos resultados constantes de [7], que constituem a base das recomendações constantes deste relatório. Neste particular, as Tabelas 1.1, 1.2 e 1.3 ilustram os valores básicos para as correlações dos valores de DRAs (ou δ) e FCAs.

Tabela 1.1 - Resultados do processamento e dados provenientes do DEPV

estação	longitude (graus)	latitude (graus)	altitude (m)	h (g/m ³)		δ (pu)		h/ δ (g/m ³)	
				média	desvio	média	desvio	média	desvio
BE - Belém	48,48	1,38	16	21,10	1,37	0,976	0,010	21,628	1,515
BH - B. Horizonte	43,95	19,85	787	13,64	2,66	0,913	0,017	14,985	3,061
BR - Brasília	47,92	15,87	1060	12,92	2,78	0,883	0,015	14,646	3,227
CG - C. Grande	54,67	20,47	558	15,72	3,59	0,927	0,017	17,008	4,054
CT - Curitiba	49,18	25,52	909	11,92	2,93	0,913	0,019	13,107	3,399
CV - Caravelas	39,25	17,28	3	18,43	2,22	0,987	0,013	18,688	2,410
FL - Florianópolis	48,55	27,67	7	15,00	3,58	1,001	0,019	15,051	3,817
FZ - Fortaleza	38,53	3,78	24	19,77	1,47	0,975	0,008	20,292	1,520
GL - Galeão (RJ)	43,25	22,83	9	17,36	2,73	0,990	0,016	17,567	2,965
KP - Campinas	47,13	23,00	661	13,15	2,91	0,926	0,018	14,246	3,284
MN - Manaus	59,98	3,15	83	21,22	1,26	0,968	0,010	21,938	1,381
MO - Maceió	35,78	9,51	116	18,45	1,63	0,973	0,011	18,969	1,764
NT - Natal	35,25	5,92	49	19,02	1,52	0,975	0,010	19,521	1,637
PA - Porto Alegre	11,18	30,00	20	13,38	3,65	1,004	0,024	13,412	3,893
RF - Recife	34,92	8,13	10	19,39	1,48	0,980	0,008	19,793	1,584
RJ - S. Dumont	43,15	22,92	5	16,94	2,67	0,991	0,014	17,118	2,865
SL - São Luiz	44,25	2,72	53	20,94	1,10	0,971	0,009	21,578	1,171
SP - São Paulo	46,65	23,17	805	12,87	2,62	0,918	0,016	14,058	3,005
SV - Salvador	38,35	12,90	6	19,12	1,95	0,983	0,010	19,474	2,110
VT - Vitória	40,30	20,30	60	17,92	2,59	0,991	0,015	18,123	2,823

Tabela 1.2 - Média \bar{x} e coeficiente de variação cv da série horária do FCA_{60Hz} , em 10 anos, função do comprimento do gape (d)

local	$d = 1 m$		$d = 3 m$		$d = 5 m$	
	\bar{x} (pu)	cv (%)	\bar{x} (pu)	cv (%)	\bar{x} (pu)	cv (%)
BE	1.091	0.96	1.062	0.68	1.041	0.45
BH	0.956	2.74	0.960	2.70	0.973	1.83
BR	0.922	3.37	0.925	3.66	0.947	2.77
CG	0.993	3.66	0.992	3.08	0.994	2.08
CT	0.936	2.69	0.939	2.90	0.959	2.03
CV	1.074	1.60	1.050	1.08	1.033	0.72
FL	1.047	2.72	1.033	1.85	1.022	1.24
FZ	1.079	1.43	1.053	0.98	1.035	0.65
GL	1.066	2.01	1.045	1.34	1.030	0.89
KP	0.961	3.13	0.965	3.06	0.976	2.10
MN	1.087	1.07	1.059	0.75	1.039	0.50
MO	1.065	1.59	1.044	1.04	1.029	0.69
NT	1.072	1.37	1.049	0.92	1.032	0.61
PA	1.031	2.79	1.022	1.95	1.015	1.31
RF	1.079	1.15	1.053	0.81	1.035	0.53
RJ	1.062	2.13	1.042	1.42	1.028	0.94
SL	1.087	0.99	1.059	0.71	1.039	0.47
SP	0.951	2.65	0.956	2.70	0.970	1.86
SV	1.078	1.42	1.053	0.97	1.035	0.65
VT	1.072	1.79	1.049	1.20	1.032	0.80

Tabela 1.3 - Média e coeficiente de variação da série horária do FCA_{man} , em 10 anos, função do comprimento do gape (d)

local	$d = 1 m$		$d = 3 m$		$d = 5 m$	
	\bar{x} (pu)	cv (%)	\bar{x} (pu)	cv (%)	\bar{x} (pu)	cv (%)
BE	1.075	1.51	1.041	0.53	1.025	0.32
BH	0.936	1.75	0.962	1.89	0.976	1.18
BR	0.902	1.99	0.932	2.88	0.957	1.82
CG	0.968	2.54	0.987	2.15	0.992	1.34
CT	0.925	1.46	0.948	1.99	0.967	1.25
CV	1.056	1.74	1.034	0.76	1.021	0.47
FL	1.036	2.07	1.023	1.2	1.014	0.74
FZ	1.058	1.85	1.035	0.75	1.021	0.46
GL	1.049	1.93	1.030	0.92	1.018	0.56
KP	0.946	2.01	0.967	2.17	0.979	1.36
MN	1.067	1.61	1.039	0.59	1.023	0.36
MO	1.041	1.65	1.028	0.78	1.017	0.48
NT	1.049	1.58	1.032	0.69	1.019	0.42
PA	1.025	1.92	1.015	1.27	1.009	0.78
RF	1.059	1.48	1.035	0.59	1.021	0.36
RJ	1.045	1.95	1.028	0.98	1.017	0.6
SL	1.067	1.57	1.039	0.57	1.023	0.34
SP	0.936	1.57	0.960	1.89	0.975	1.18
SV	1.059	1.66	1.035	0.69	1.021	0.42
VT	1.055	1.83	1.033	0.83	1.020	0.51

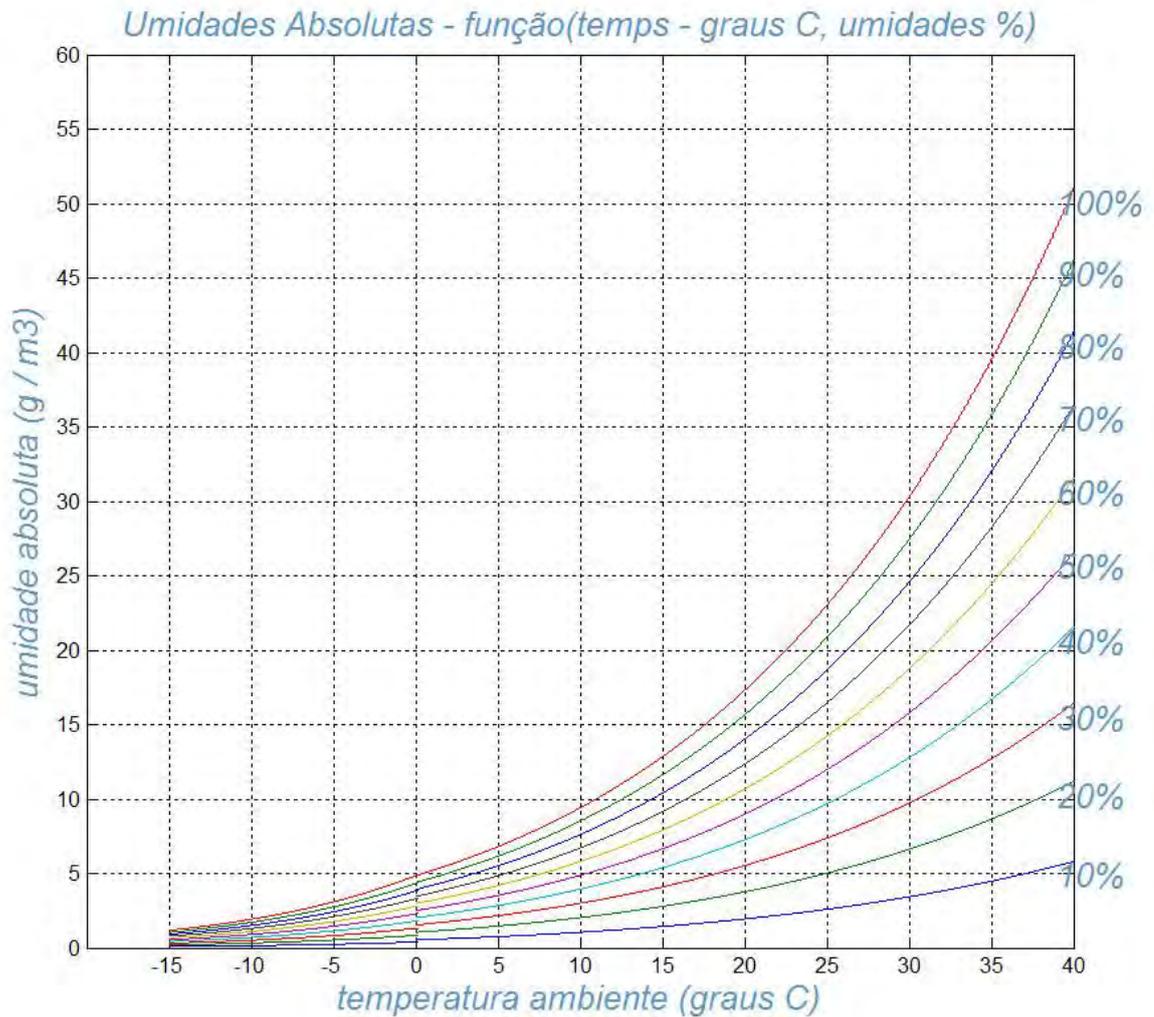


Figura 1.1 - Umidade absoluta do ar em função das leituras dos termômetros de bulbo seco e úmido

Uma vez de posse das condições climáticas na região de interesse, ou seja, das temperaturas de bulbo seco e úmido, da pressão atmosférica e da umidade relativa, determinam-se a umidade absoluta respectiva (u_{abs} ou h) e a densidade relativa do ar (DRA ou δ). Da relação entre essas 2 variáveis (h e δ), o coeficiente k é definido pela Figura 1.2, como segue.

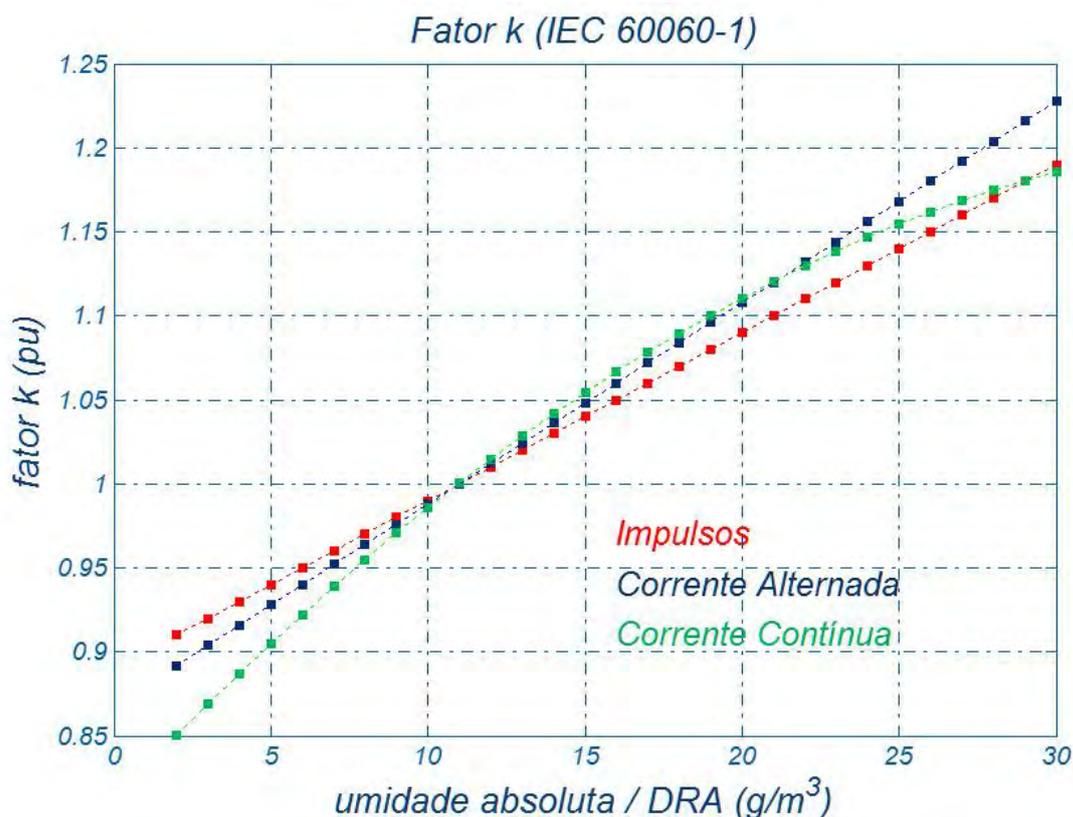


Figura 1.2 - Determinação do fator k em função de h / δ (g / m^3) e do tipo de tensão (60 Hz, impulso ou CC)

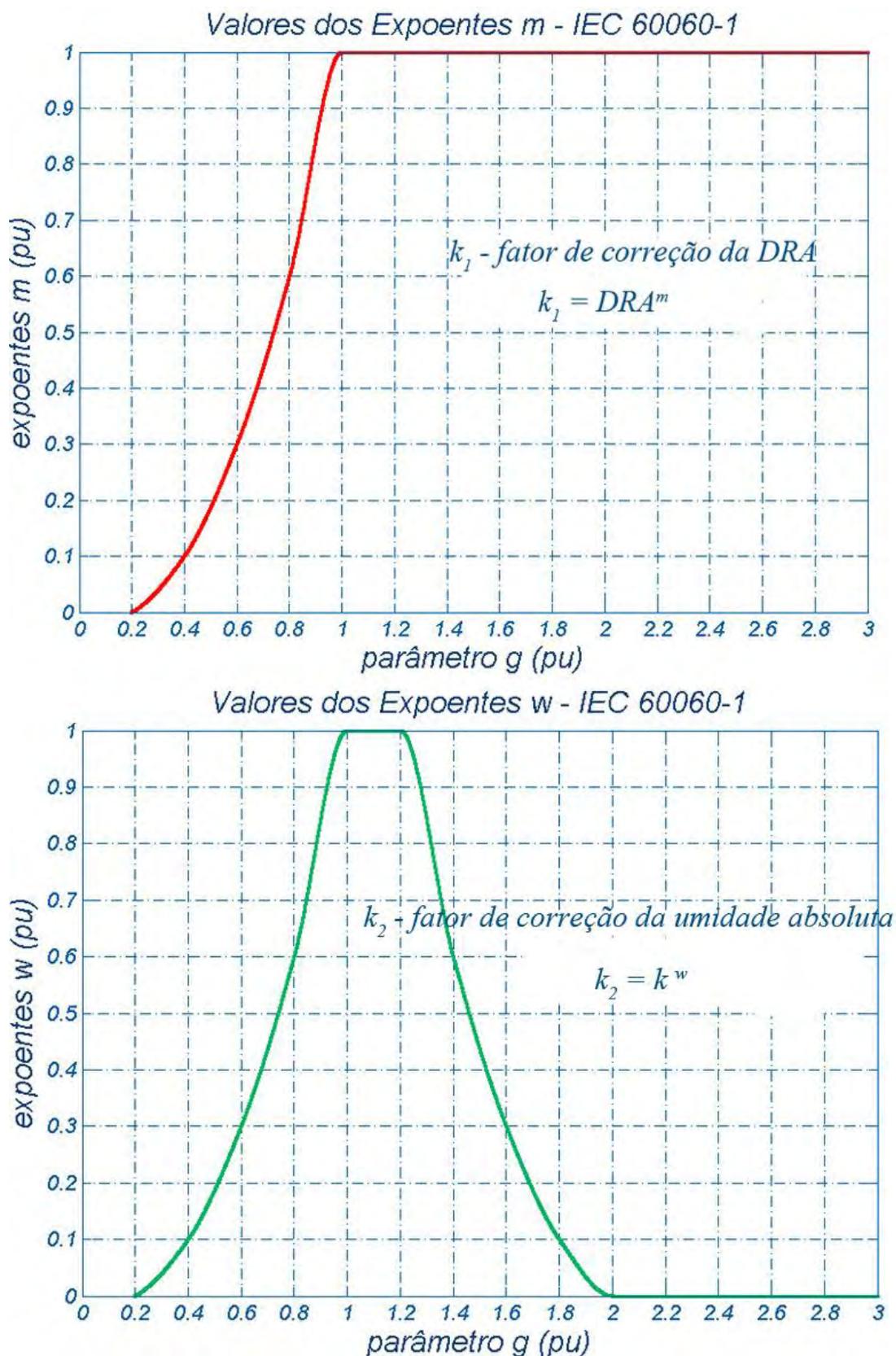


Figura 1.3 - Valores dos expoentes m para a DRA (superior) e w para a correção da umidade absoluta do ar (inferior), em função do parâmetro g

O parâmetro g , que determina os expoentes m e w , é determinado pela relação

$$g = \frac{U_{50}}{500 d \delta k}$$

a - distância do isolamento (ou gape em ar), em metros.

δ - densidade relativa do ar (pu), ou DRA

k - coeficiente obtido da Figura A 1.2, acima

U_{50} - valor de crista da tensão disruptiva com 50% de probabilidade de não ser excedido nas reais condições atmosféricas de trabalho, em kV, dado pelas expressões seguintes:

- tensões de frequência industrial

$$U_{50} = 750\sqrt{2} * \ln(1 + 0,55d^{1,2}) * (1,35K_g - 0,35K_g^2)$$

- sobretensões de frente lenta ou de manobra

$$U_{50} = 500 * d^{0,6} * K_g$$

$$K_g \text{ (fator de gape)} = 1,3$$

- sobretensões de frente rápida ou atmosféricas, polaridade positiva:

$$U_{50} = 530 * d$$

Os dados indicados nas Tabelas 1.1 a 1.3 foram determinados com base nas Figuras 1.1 a 1.3 e a metodologia adotada encontra-se detalhadamente descrita em [7 e 8]. Cabe aqui ressaltar que [1, 2, 3, 4 e 8] desempenharam um papel fundamental no equacionamento da DRA e dos FCAs para aplicação sistemática ao longo de linhas de transmissão, haja vista que as normas IEC que cuidam do assunto [3 e 6] foram originalmente desenvolvidas para aplicação em laboratórios de alta tensão. Os trabalhos citados introduziram simplificações cabíveis que tornaram possível estender os conceitos normativos com fins laboratoriais para aplicações em linhas de transmissão, quando uma visão mais espacial sempre se faz necessária. Ainda com relação aos valores constantes das Tabelas 1.1 a 1.3, algumas considerações de simplificação tornam-se cabíveis, quando se leva em conta que a aplicação primordial, neste estudo, concentra-se em linhas de transmissão aéreas. Inicialmente, observe-se

que a dispersão dos valores dos FCAs em função do comprimento do gape, de 1 a 5 m é pequena, senão desprezível. Verifique nas Tabelas 1.4 a 1.7 a seguir:

Tabela 1.4 - Valores médios de $FCA_{60\text{Hz}}^{\text{médio}}$, para $d = 1, 3$ e 5 m e os erros referidos a 3 m

cidade	longitude (graus)	latitude (graus)	altitude (m)	$FCA_{60\text{Hz}}^{\text{médio}}$ 1 m	$FCA_{60\text{Hz}}^{\text{médio}}$ 3 m	$FCA_{60\text{Hz}}^{\text{médio}}$ 5 m	$FCA_{60\text{Hz}}^{\text{médio}}$ médio	erro ($\pm\%$)
BE	48.48	1.38	16	1.091	1.062	1.041	1.065	2.35
BH	43.95	19.85	787	0.956	0.960	0.973	0.963	0.88
BR	47.92	15.87	1060	0.922	0.925	0.947	0.931	1.34
CG	54.67	20.47	558	0.993	0.992	0.994	0.993	0.05
CT	49.18	25.52	909	0.936	0.939	0.959	0.945	1.22
CV	39.25	17.28	3	1.074	1.050	1.033	1.052	1.95
FL	48.55	27.67	7	1.047	1.033	1.022	1.034	1.21
FZ	38.53	3.78	24	1.079	1.053	1.035	1.056	2.08
GL	43.25	22.83	9	1.066	1.045	1.030	1.047	1.72
KP	47.13	23.00	661	0.961	0.965	0.976	0.967	0.78
MN	59.98	3.15	83	1.087	1.059	1.039	1.062	2.26
MO	35.78	9.51	116	1.065	1.044	1.029	1.046	1.72
NT	35.25	5.92	49	1.072	1.049	1.032	1.051	1.90
PA	11.18	30.00	20	1.031	1.022	1.015	1.023	0.78
RF	34.92	8.13	10	1.079	1.053	1.035	1.056	2.08
RJ	43.15	22.92	5	1.062	1.042	1.028	1.044	1.63
SL	44.25	2.72	53	1.087	1.059	1.039	1.062	2.26
SP	46.65	23.17	805	0.951	0.956	0.970	0.959	0.99
SV	38.35	12.90	6	1.078	1.053	1.035	1.055	2.04
VT	40.30	20.30	60	1.072	1.049	1.032	1.051	1.90

Tabela 1.5 - Valores médios de $FCA_{60\text{Hz}}^{99\%}$, para $d = 1, 3$ e 5 m
e os erros referidos a 3 m

cidade	longitude (graus)	latitude (graus)	altitude (m)	$FCA_{60\text{Hz}}^{99\%}$ (1 m)	$FCA_{60\text{Hz}}^{99\%}$ (3 m)	$FCA_{60\text{Hz}}^{99\%}$ (5 m)	$FCA_{60\text{Hz}}^{99\%}$ médio	erro ($\pm\%$)
BE	48.48	1.38	16	1.067	1.045	1.030	1.05	1.74
BH	43.95	19.85	787	0.895	0.900	0.932	0.91	2.01
BR	47.92	15.87	1060	0.850	0.846	0.886	0.86	2.11
CG	54.67	20.47	558	0.908	0.921	0.946	0.92	2.03
CT	49.18	25.52	909	0.877	0.876	0.914	0.89	2.04
CV	39.25	17.28	3	1.034	1.024	1.016	1.02	0.89
FL	48.55	27.67	7	0.981	0.988	0.992	0.99	0.60
FZ	38.53	3.78	24	1.043	1.029	1.019	1.03	1.15
GL	43.25	22.83	9	1.016	1.012	1.009	1.01	0.37
KP	47.13	23.00	661	0.891	0.896	0.928	0.91	2.06
MN	59.98	3.15	83	1.060	1.040	1.027	1.04	1.58
MO	35.78	9.51	116	1.026	1.019	1.012	1.02	0.64
NT	35.25	5.92	49	1.038	1.027	1.017	1.03	1.00
PA	11.18	30.00	20	0.964	0.976	0.984	0.97	1.03
RF	34.92	8.13	10	1.050	1.033	1.022	1.04	1.35
RJ	43.15	22.92	5	1.009	1.008	1.005	1.01	0.19
SL	44.25	2.72	53	1.062	1.041	1.028	1.04	1.64
SP	46.65	23.17	805	0.892	0.896	0.928	0.91	1.97
SV	38.35	12.90	6	1.042	1.029	1.019	1.03	1.12
VT	40.30	20.30	60	1.027	1.020	1.013	1.02	0.71

Tabela 1.6 - Valores médios de $FCA_{imp}^{médio}$, para $d = 1, 3$ e 5 m
e os erros referidos a 3 m

<i>cidade</i>	<i>longitude</i> (graus)	<i>latitude</i> (graus)	<i>altitude</i> (m)	$FCA_{imp}^{médio}$ (1 m)	$FCA_{imp}^{médio}$ (3 m)	$FCA_{imp}^{médio}$ (5 m)	$FCA_{imp}^{médio}$ médio	<i>erro</i> (±%)
BE	48.48	1.38	16	1.075	1.041	1.025	1.047	2.39
BH	43.95	19.85	787	0.936	0.962	0.976	0.958	2.09
BR	47.92	15.87	1060	0.902	0.932	0.957	0.930	2.96
CG	54.67	20.47	558	0.968	0.987	0.992	0.982	1.22
CT	49.18	25.52	909	0.925	0.948	0.967	0.947	2.22
CV	39.25	17.28	3	1.056	1.034	1.021	1.037	1.69
FL	48.55	27.67	7	1.036	1.023	1.014	1.024	1.07
FZ	38.53	3.78	24	1.058	1.035	1.021	1.038	1.78
GL	43.25	22.83	9	1.049	1.030	1.018	1.032	1.50
KP	47.13	23.00	661	0.946	0.967	0.979	0.964	1.71
MN	59.98	3.15	83	1.067	1.039	1.023	1.043	2.11
MO	35.78	9.51	116	1.041	1.028	1.017	1.029	1.17
NT	35.25	5.92	49	1.049	1.032	1.019	1.033	1.45
PA	11.18	30.00	20	1.025	1.015	1.009	1.016	0.79
RF	34.92	8.13	10	1.059	1.035	1.021	1.038	1.83
RJ	43.15	22.92	5	1.045	1.028	1.017	1.030	1.36
SL	44.25	2.72	53	1.067	1.039	1.023	1.043	2.11
SP	46.65	23.17	805	0.936	0.960	0.975	0.957	2.04
SV	38.35	12.90	6	1.059	1.035	1.021	1.038	1.83
VT	40.30	20.30	60	1.055	1.033	1.020	1.036	1.69

Tabela 1.7 - Valores médios de $FCA_{imp}^{99\%}$, para $d = 1, 3$ e 5 m
e os erros referidos a 3 m

cidade	longitude (graus)	latitude (graus)	altitude (m)	$FCA_{imp}^{90\%}$ (1 m)	$FCA_{imp}^{90\%}$ (3 m)	$FCA_{imp}^{90\%}$ (5 m)	$FCA_{imp}^{90\%}$ médio	erro ($\pm\%$)
BE	48.48	1.38	16	1.0542	1.0339	1.0228	1.0370	1.51
BH	43.95	19.85	787	0.9150	0.9387	0.9475	0.9337	1.74
BR	47.92	15.87	1060	0.8790	0.8976	0.8899	0.8889	0.61
CG	54.67	20.47	558	0.9365	0.9598	0.9551	0.9505	0.98
CT	49.18	25.52	909	0.9077	0.9239	0.9352	0.9222	1.49
CV	39.25	17.28	3	1.0325	1.0239	1.0164	1.0243	0.78
FL	48.55	27.67	7	1.0086	1.0073	1.0026	1.0062	0.29
FZ	38.53	3.78	24	1.0329	1.0251	1.0166	1.0249	0.80
GL	43.25	22.83	9	1.0231	1.0179	1.0114	1.0175	0.57
KP	47.13	23.00	661	0.9217	0.9401	0.9412	0.9343	1.05
MN	59.98	3.15	83	1.0450	1.0312	1.0203	1.0321	1.20
MO	35.78	9.51	116	1.0190	1.0177	1.0122	1.0163	0.33
NT	35.25	5.92	49	1.0278	1.0229	1.0153	1.0220	0.61
PA	11.18	30.00	20	0.9998	0.9985	0.9963	0.9982	0.17
RF	34.92	8.13	10	1.0389	1.0272	1.0183	1.0281	1.00
RJ	43.15	22.92	5	1.0189	1.0151	1.0095	1.0145	0.47
SL	44.25	2.72	53	1.0456	1.0314	1.0205	1.0325	1.21
SP	46.65	23.17	805	0.9172	0.9368	0.9465	0.9335	1.57
SV	38.35	12.90	6	1.0365	1.0259	1.0173	1.0265	0.94
VT	40.30	20.30	60	1.0303	1.0220	1.0146	1.0223	0.77

Em consequência, é possível que se faça uso dos valores de FCA no entorno de 3 m, com erros médios de 1.56% , 1.31% e 1.75% respectivamente para $FCA_{60Hz}^{médio}$

, $FCA_{60Hz}^{99\%}$ e $FCA_{imp}^{médio}$, e aplicáveis na faixa de 1 a 5 m de comprimento de gapes em ar sem comprometimento da precisão.

Anexo 2 Características das estações do INMET

Tabela 2 - Características das estações meteorológicas

<i>cidade</i>	<i>longitude (graus)</i>	<i>latitude (graus)</i>	<i>altitude (m)</i>
<i>Aimorés</i>	<i>41.07</i>	<i>19.48</i>	<i>83</i>
<i>Araçuaí</i>	<i>42.07</i>	<i>16.87</i>	<i>284</i>
<i>Araxá</i>	<i>46.93</i>	<i>19.57</i>	<i>1004</i>
<i>B Jesus da Lapa</i>	<i>43.42</i>	<i>13.27</i>	<i>440</i>
<i>B Jesus do Piauí</i>	<i>44.12</i>	<i>9.10</i>	<i>332</i>
<i>Bambuí</i>	<i>45.98</i>	<i>20.00</i>	<i>661</i>
<i>Barbacena</i>	<i>43.77</i>	<i>21.25</i>	<i>1126</i>
<i>Barra</i>	<i>43.17</i>	<i>11.08</i>	<i>402</i>
<i>Barreiras</i>	<i>45.00</i>	<i>12.15</i>	<i>439</i>
<i>Belo Horizonte</i>	<i>43.93</i>	<i>19.93</i>	<i>850</i>
<i>Brasília</i>	<i>47.93</i>	<i>15.78</i>	<i>1160</i>
<i>C Mato Dentro</i>	<i>43.43</i>	<i>19.03</i>	<i>652</i>
<i>Cabo Frio</i>	<i>41.98</i>	<i>23.00</i>	<i>2</i>
<i>Cach. Itapemirim</i>	<i>41.10</i>	<i>20.85</i>	<i>78</i>
<i>Caetité</i>	<i>42.62</i>	<i>14.05</i>	<i>882</i>
<i>Campos do Jordão</i>	<i>45.58</i>	<i>22.73</i>	<i>1579</i>
<i>Caparaó</i>	<i>41.87</i>	<i>20.52</i>	<i>843</i>
<i>Caratinga</i>	<i>42.15</i>	<i>19.80</i>	<i>609</i>
<i>Carinhanha</i>	<i>43.92</i>	<i>14.17</i>	<i>440</i>
<i>Cataguases</i>	<i>42.68</i>	<i>21.38</i>	<i>168</i>

Tabela 2 - Características das estações meteorológicas (cont)

<i>cidade</i>	<i>longitude (graus)</i>	<i>latitude (graus)</i>	<i>altitude (m)</i>
<i>Catalão</i>	<i>47.95</i>	<i>18.18</i>	<i>840</i>
<i>Cel Pacheco</i>	<i>43.25</i>	<i>21.58</i>	<i>435</i>
<i>Cordeiro</i>	<i>42.37</i>	<i>22.03</i>	<i>485</i>
<i>Correntina</i>	<i>44.77</i>	<i>13.47</i>	<i>587</i>
<i>Diamantina</i>	<i>43.60</i>	<i>18.25</i>	<i>1296</i>
<i>Ecol. Agrícola</i>	<i>43.68</i>	<i>22.80</i>	<i>33</i>
<i>Espinosa</i>	<i>42.85</i>	<i>14.92</i>	<i>570</i>
<i>Formosa</i>	<i>47.33</i>	<i>15.53</i>	<i>912</i>
<i>Franca</i>	<i>47.43</i>	<i>20.55</i>	<i>1026</i>
<i>Gov Valadares</i>	<i>41.93</i>	<i>18.85</i>	<i>277</i>
<i>Ibirité</i>	<i>44.05</i>	<i>20.02</i>	<i>815</i>
<i>Ilha Guaíba</i>	<i>44.03</i>	<i>23.00</i>	<i>64</i>
<i>Irecê</i>	<i>41.87</i>	<i>11.30</i>	<i>747</i>
<i>Itaberaba</i>	<i>40.43</i>	<i>12.55</i>	<i>250</i>
<i>Itamarandiba</i>	<i>42.85</i>	<i>17.85</i>	<i>1097</i>
<i>Itaperuna</i>	<i>41.88</i>	<i>21.20</i>	<i>124</i>
<i>Ituaçu</i>	<i>41.30</i>	<i>13.82</i>	<i>531</i>
<i>Jacobina</i>	<i>40.47</i>	<i>11.18</i>	<i>485</i>
<i>João Pinheiro</i>	<i>46.17</i>	<i>17.70</i>	<i>760</i>
<i>Juiz de Fora</i>	<i>43.35</i>	<i>21.77</i>	<i>940</i>

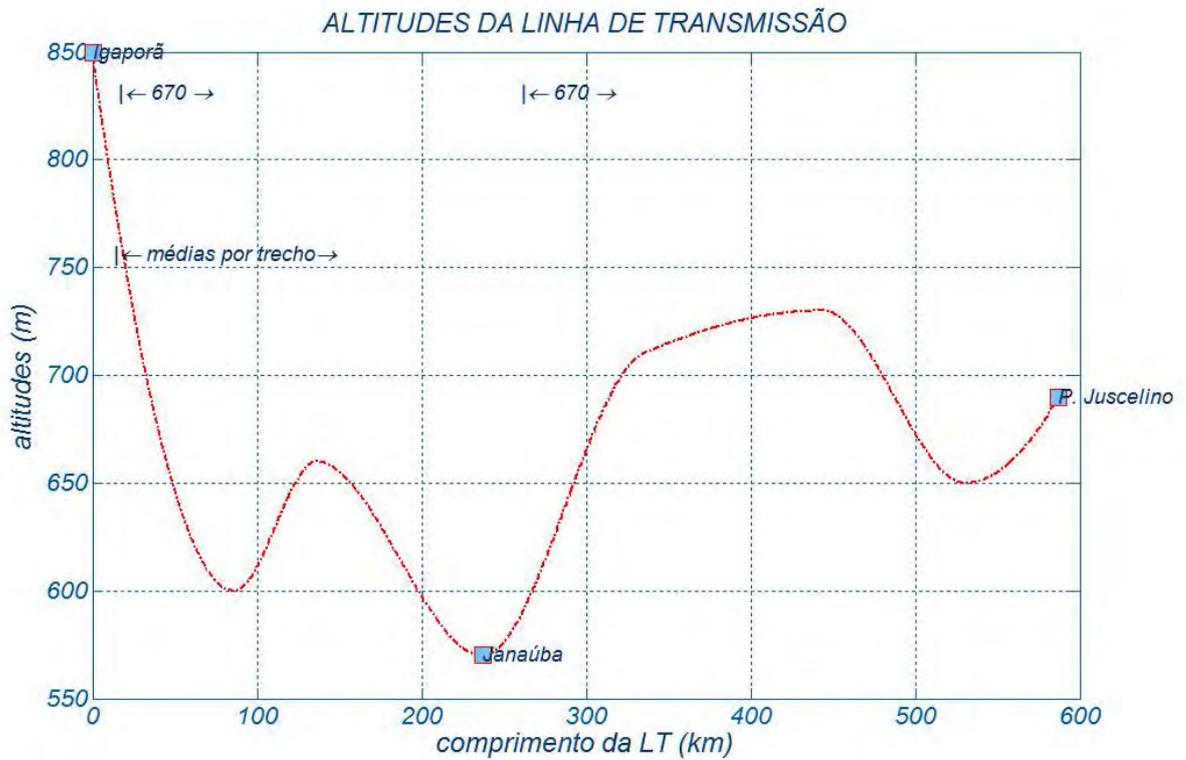
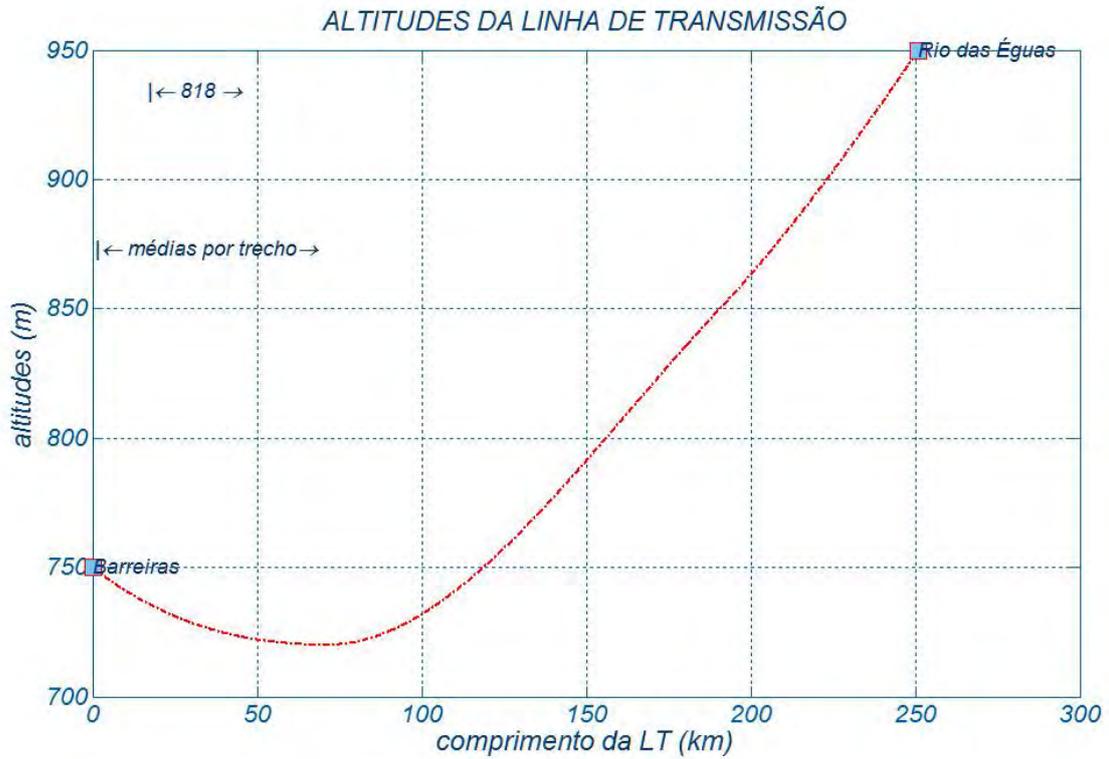
Tabela 2 - Características das estações meteorológicas(cont)

<i>cidade</i>	<i>longitude (graus)</i>	<i>latitude (graus)</i>	<i>altitude (m)</i>
<i>Lavras</i>	<i>45.00</i>	<i>21.23</i>	<i>919</i>
<i>Lençóis</i>	<i>41.38</i>	<i>12.57</i>	<i>439</i>
<i>Linhares</i>	<i>40.07</i>	<i>19.40</i>	<i>28</i>
<i>Machado</i>	<i>45.92</i>	<i>21.67</i>	<i>873</i>
<i>Monte Azul</i>	<i>42.75</i>	<i>15.08</i>	<i>604</i>
<i>Montes Claros</i>	<i>43.87</i>	<i>16.72</i>	<i>646</i>
<i>Morro do Chapéu</i>	<i>41.16</i>	<i>11.53</i>	<i>940</i>
<i>Nova Friburgo</i>	<i>42.53</i>	<i>22.28</i>	<i>857</i>
<i>Paracatu</i>	<i>46.87</i>	<i>17.22</i>	<i>711</i>
<i>Paranã</i>	<i>47.83</i>	<i>12.55</i>	<i>275</i>
<i>Patos de Minas</i>	<i>46.52</i>	<i>18.60</i>	<i>940</i>
<i>Pedra Azul</i>	<i>41.28</i>	<i>16.00</i>	<i>649</i>
<i>Petrolina</i>	<i>40.48</i>	<i>9.38</i>	<i>370</i>
<i>Pirai</i>	<i>43.90</i>	<i>22.63</i>	<i>367</i>
<i>Pompeu</i>	<i>45.00</i>	<i>19.22</i>	<i>691</i>
<i>Posse</i>	<i>46.37</i>	<i>14.10</i>	<i>826</i>
<i>Remanso</i>	<i>42.10</i>	<i>9.63</i>	<i>401</i>
<i>Rio de Janeiro</i>	<i>43.17</i>	<i>22.92</i>	<i>5</i>
<i>S. Rita de Cássia</i>	<i>44.52</i>	<i>11.02</i>	<i>550</i>
<i>São Carlos</i>	<i>47.88</i>	<i>22.02</i>	<i>856</i>

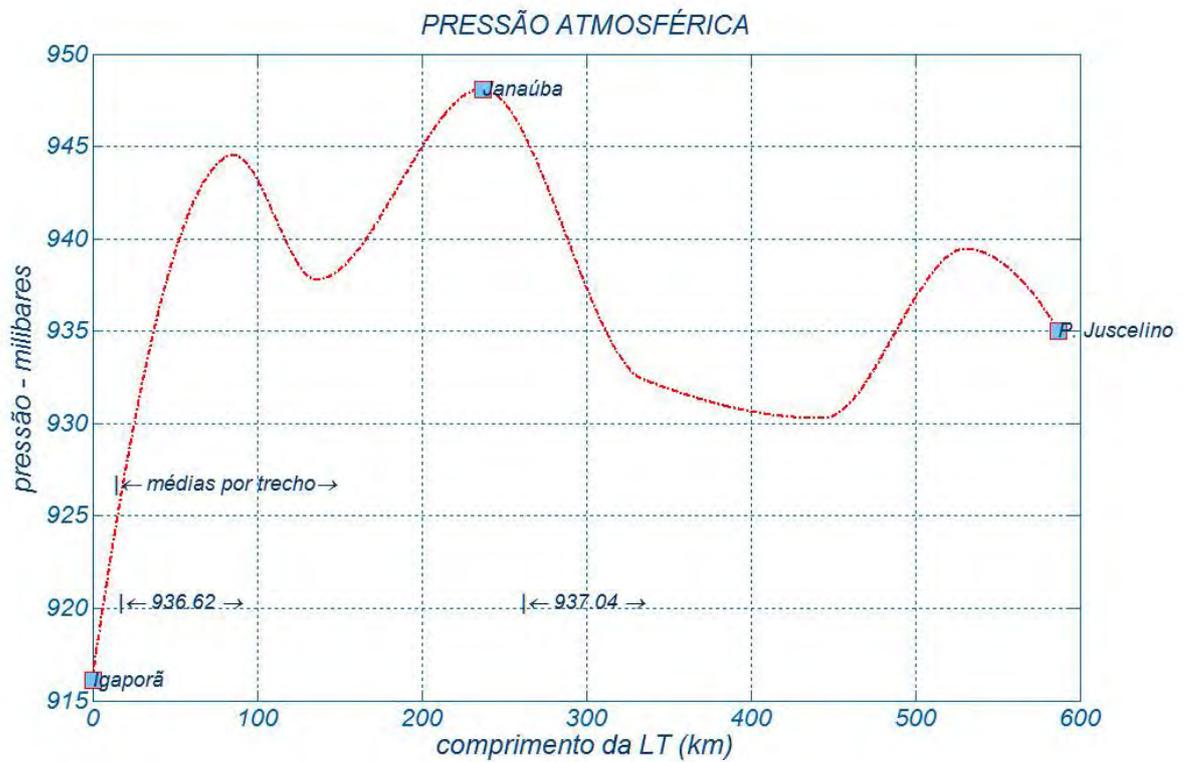
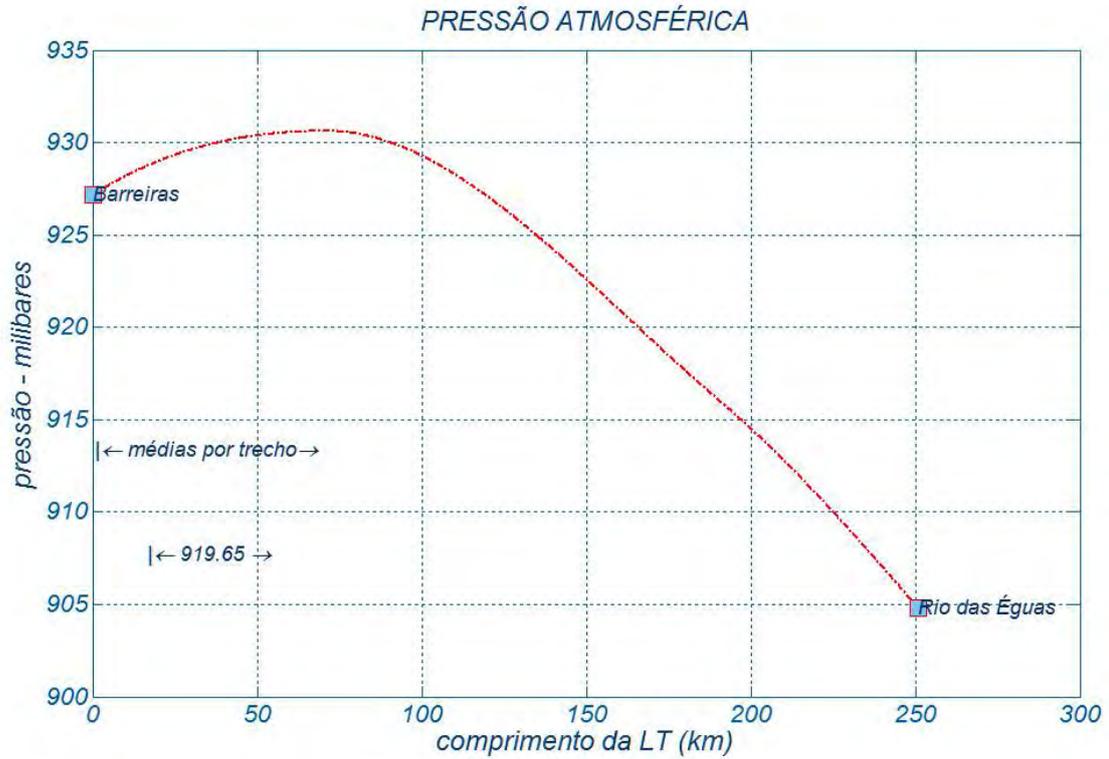
Tabela 2 - Características das estações meteorológicas(cont)

<i>cidade</i>	<i>longitude (graus)</i>	<i>latitude (graus)</i>	<i>altitude (m)</i>
<i>São Lourenço</i>	<i>45.02</i>	<i>22.10</i>	<i>900</i>
<i>São Simão</i>	<i>47.55</i>	<i>21.48</i>	<i>617</i>
<i>Senhor do Bonfim</i>	<i>40.18</i>	<i>10.47</i>	<i>558</i>
<i>Sete Lagoas</i>	<i>44.25</i>	<i>19.47</i>	<i>732</i>
<i>Taguatinga</i>	<i>46.43</i>	<i>12.40</i>	<i>604</i>
<i>Teófilo Otoni</i>	<i>41.52</i>	<i>17.85</i>	<i>356</i>
<i>Uberaba</i>	<i>47.92</i>	<i>19.75</i>	<i>743</i>
<i>Vassouras</i>	<i>43.67</i>	<i>22.33</i>	<i>437</i>
<i>Vigosa</i>	<i>42.85</i>	<i>20.75</i>	<i>690</i>
<i>Vitória</i>	<i>40.33</i>	<i>20.32</i>	<i>36</i>
<i>Vitória Conquista</i>	<i>40.88</i>	<i>14.62</i>	<i>839</i>
<i>Ibicoara</i>	<i>41.23</i>	<i>13.26</i>	<i>900</i>
<i>Brotas</i>	<i>42.49</i>	<i>12.10</i>	<i>900</i>
<i>Gilbués</i>	<i>45.39</i>	<i>9.48</i>	<i>550</i>
<i>Ourolândia</i>	<i>41.16</i>	<i>10.86</i>	<i>600</i>
<i>Umburanas</i>	<i>41.56</i>	<i>10.68</i>	<i>1000</i>
<i>Graúnas</i>	<i>40.63</i>	<i>10.92</i>	<i>900</i>
<i>Japerí</i>	<i>43.66</i>	<i>22.64</i>	<i>100</i>
<i>Rio do Ouro</i>	<i>42.67</i>	<i>11.28</i>	<i>850</i>

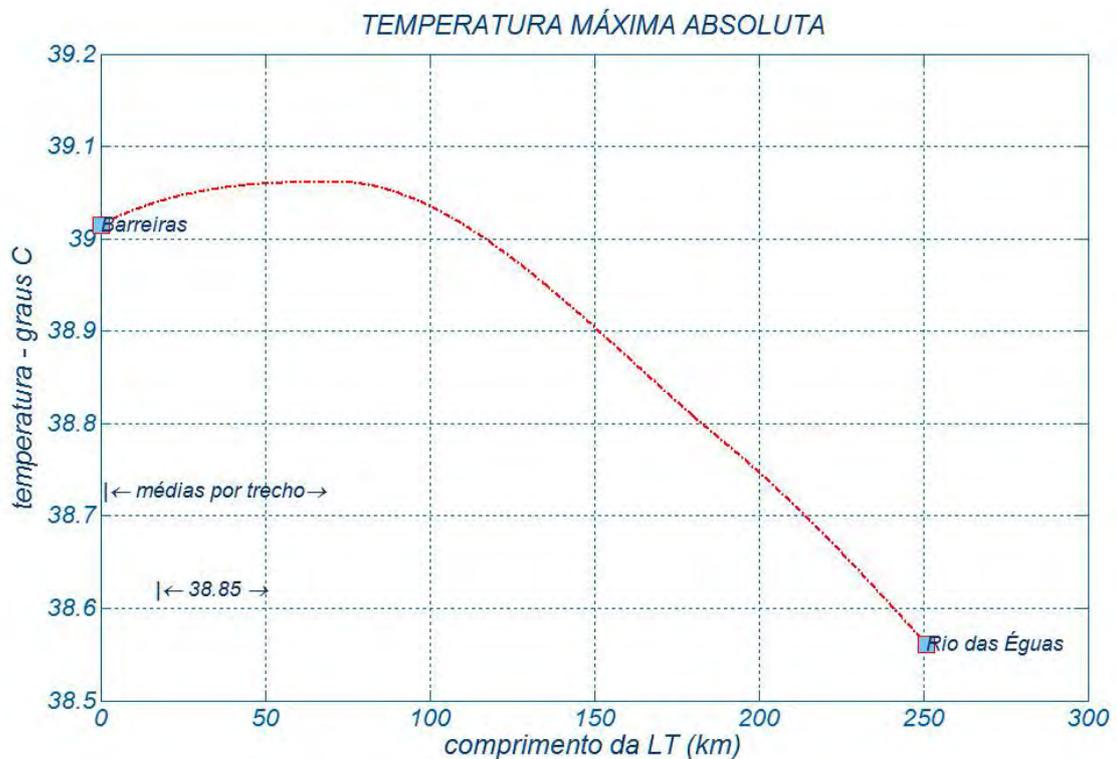
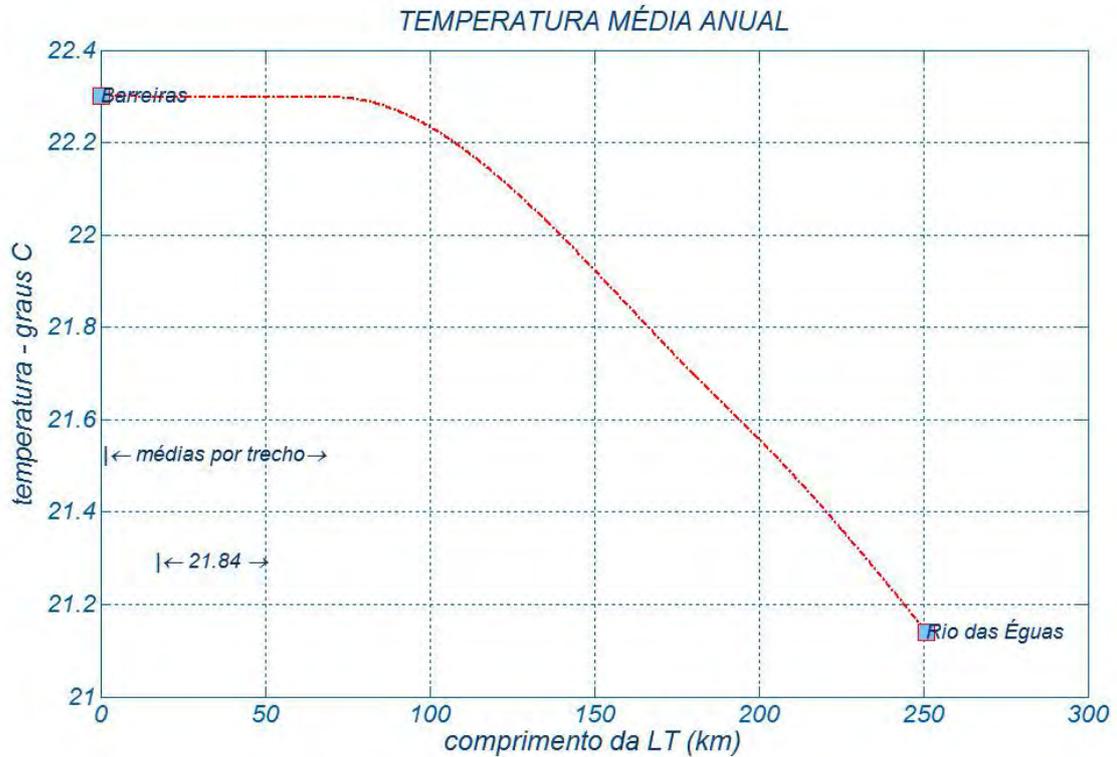
Anexo 3 Altitudes

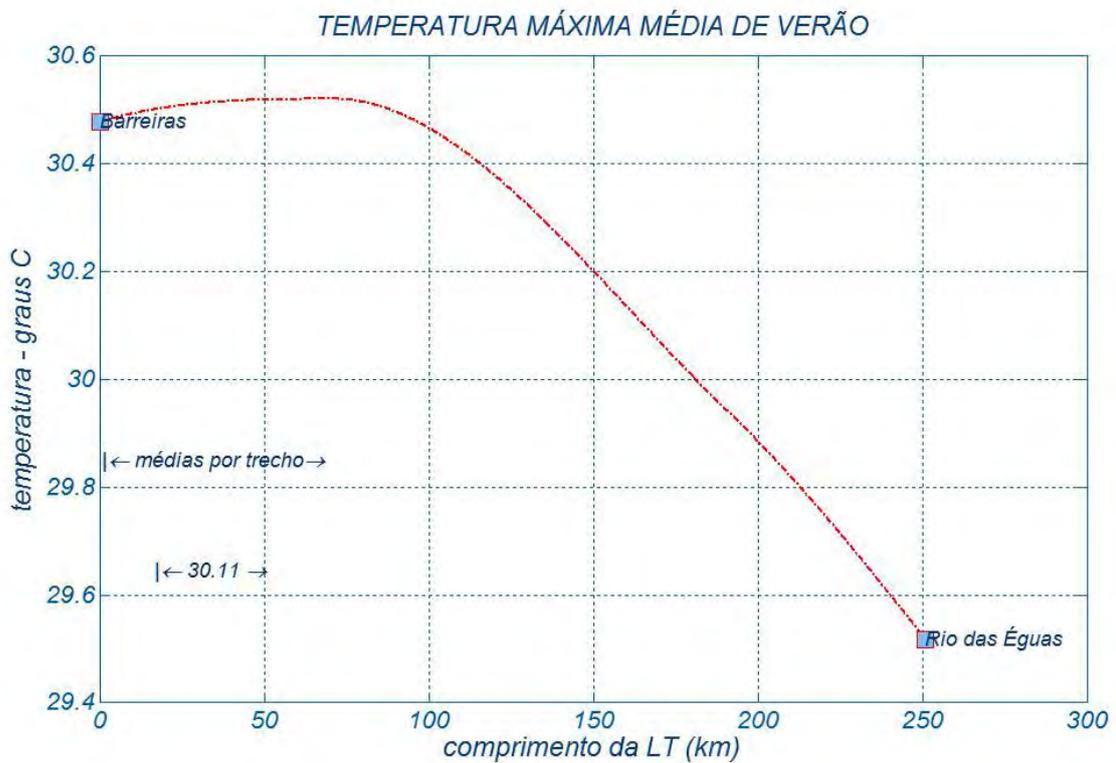
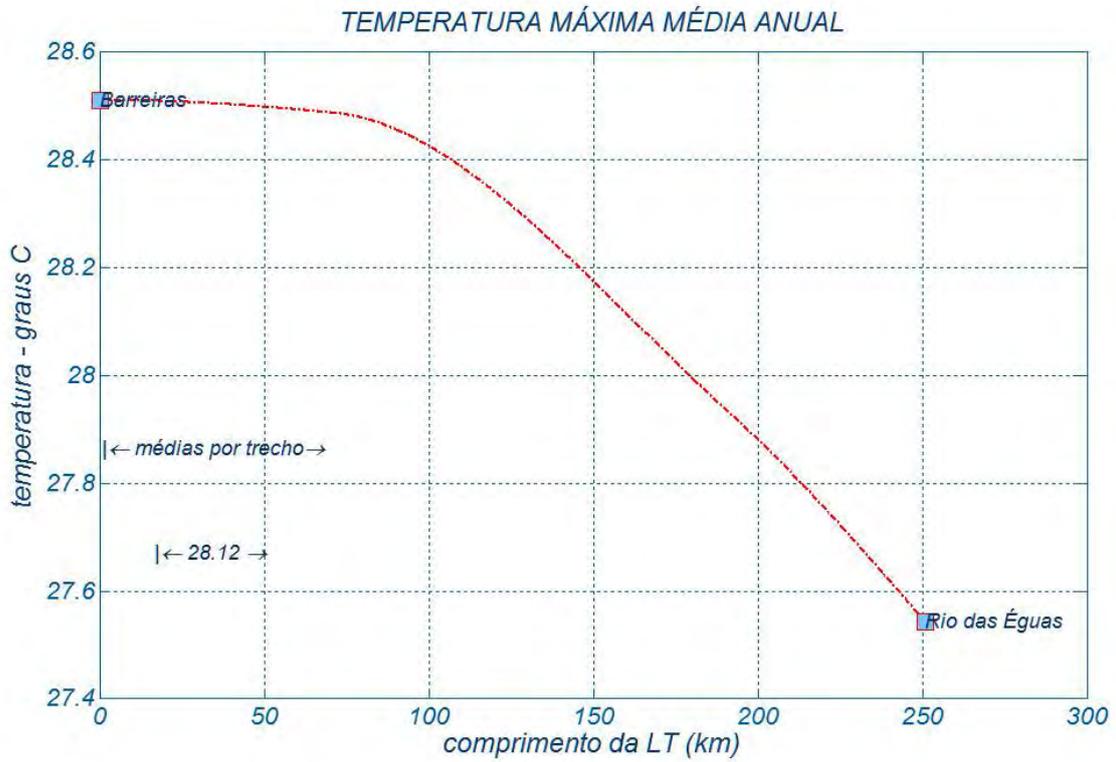


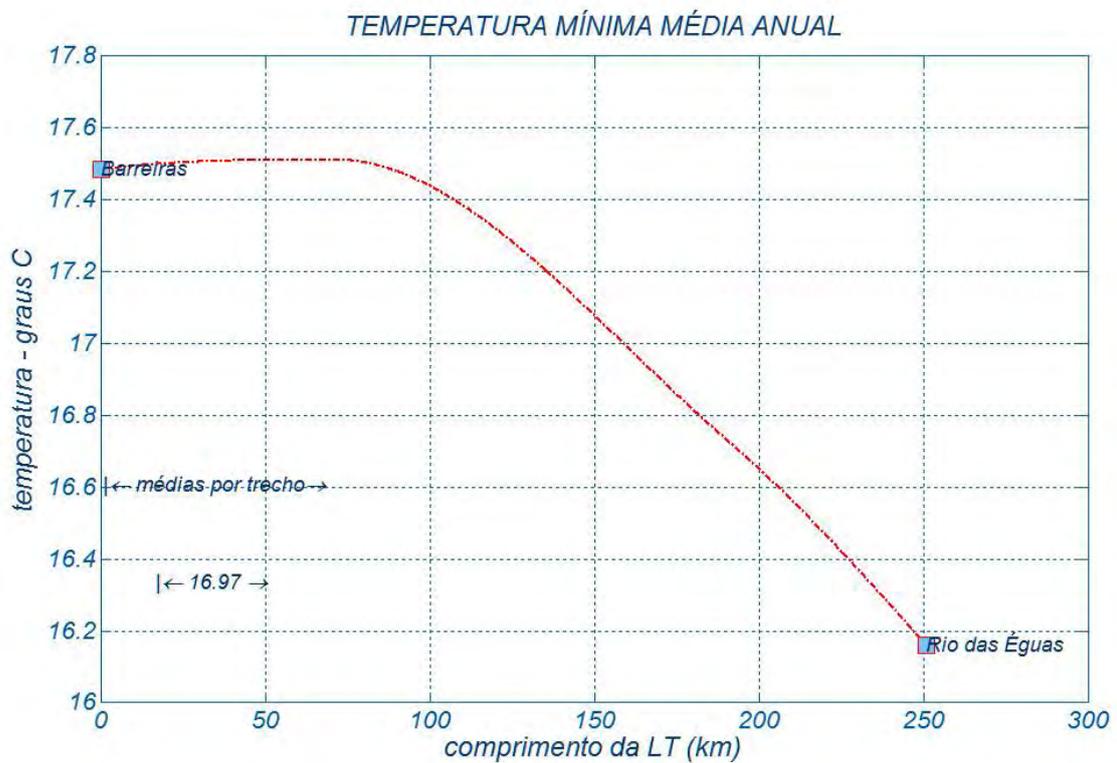
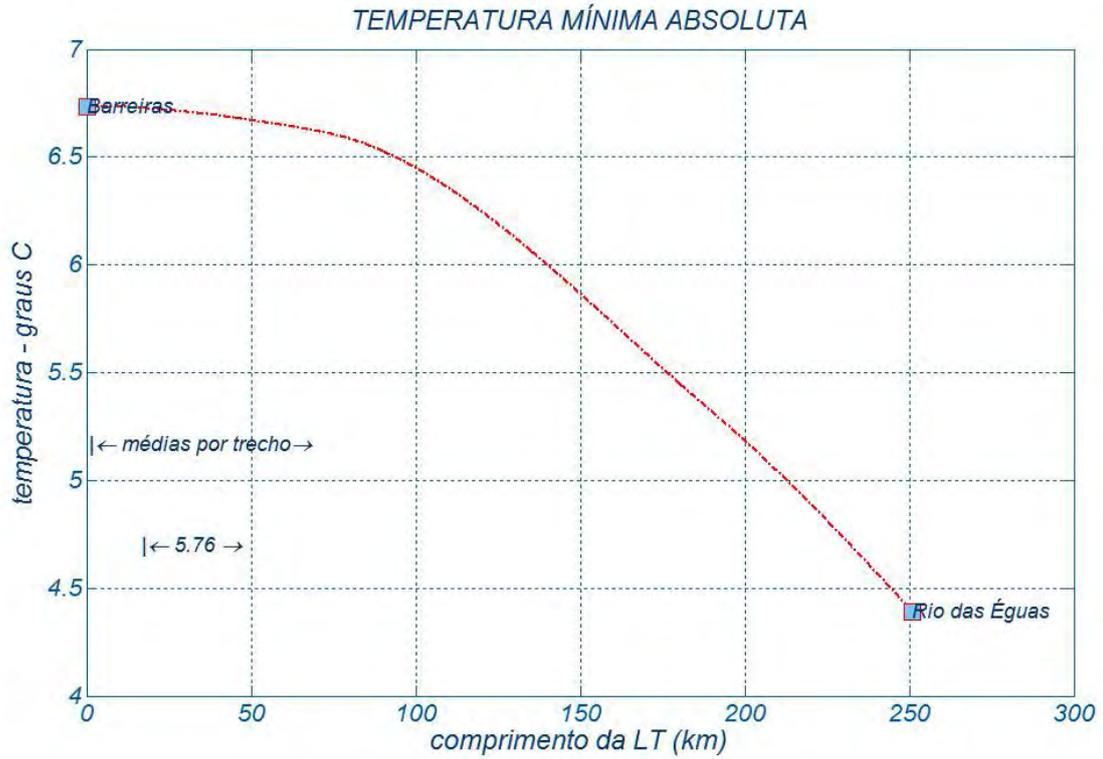
Anexo 4 Pressões atmosféricas

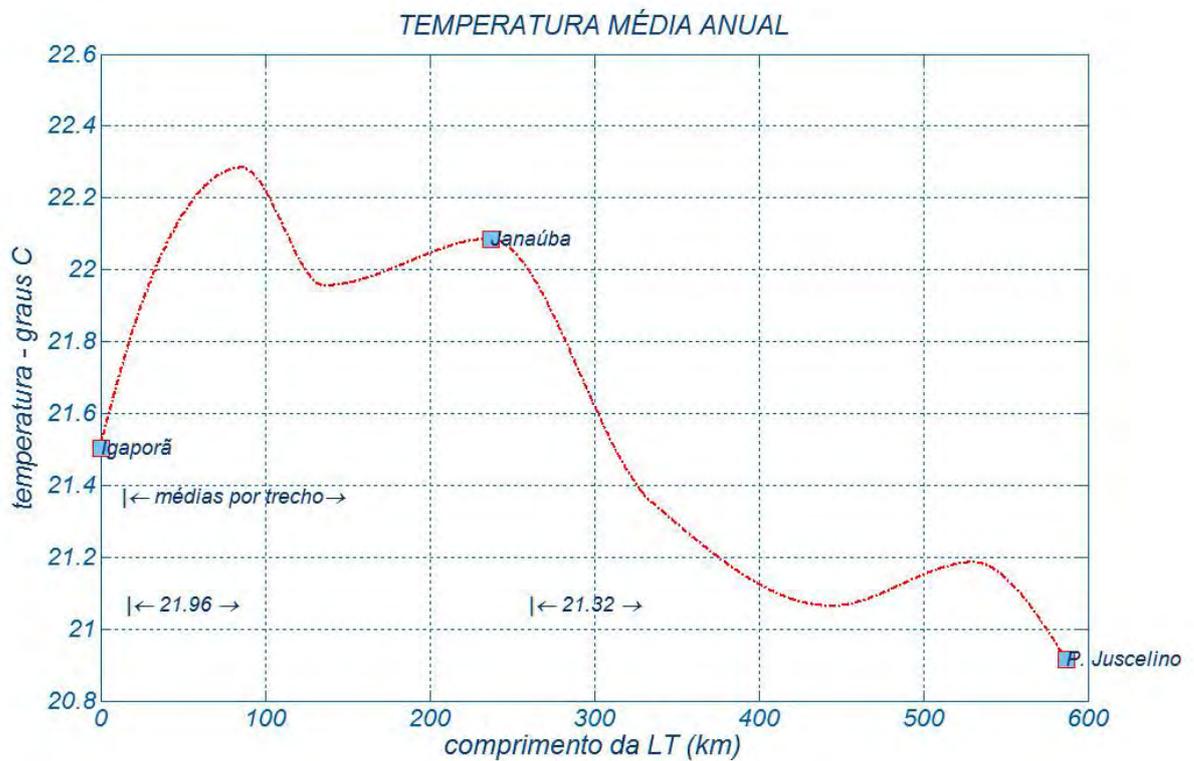
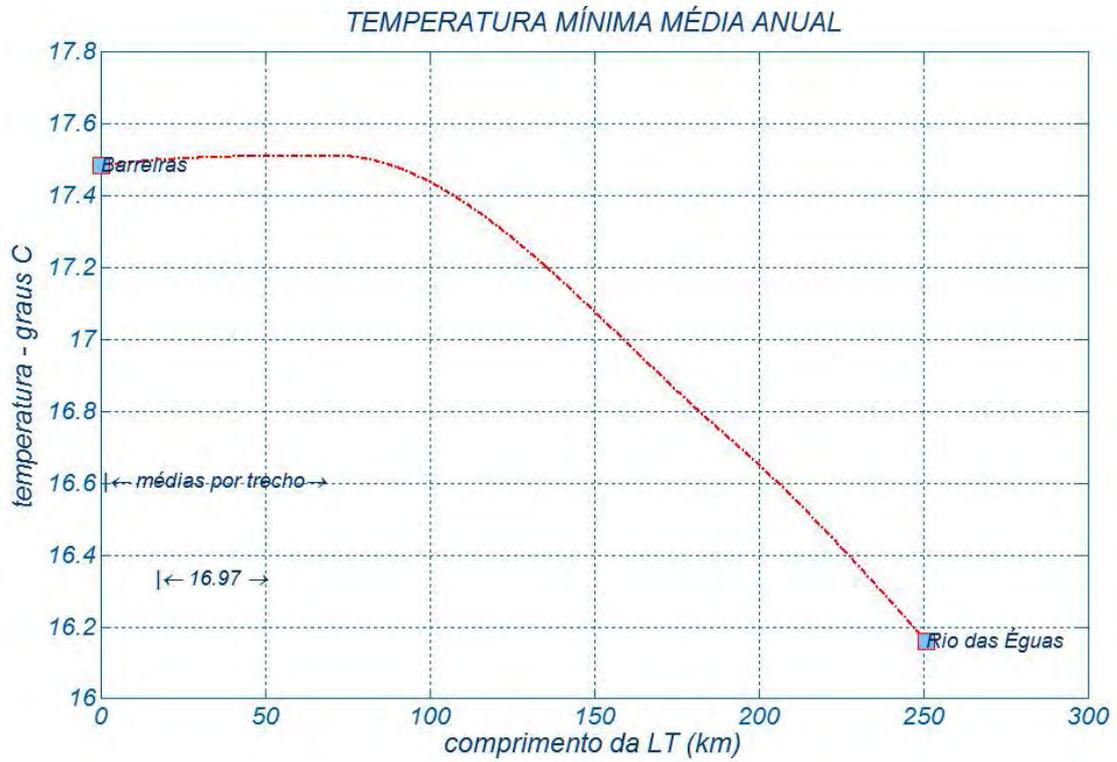


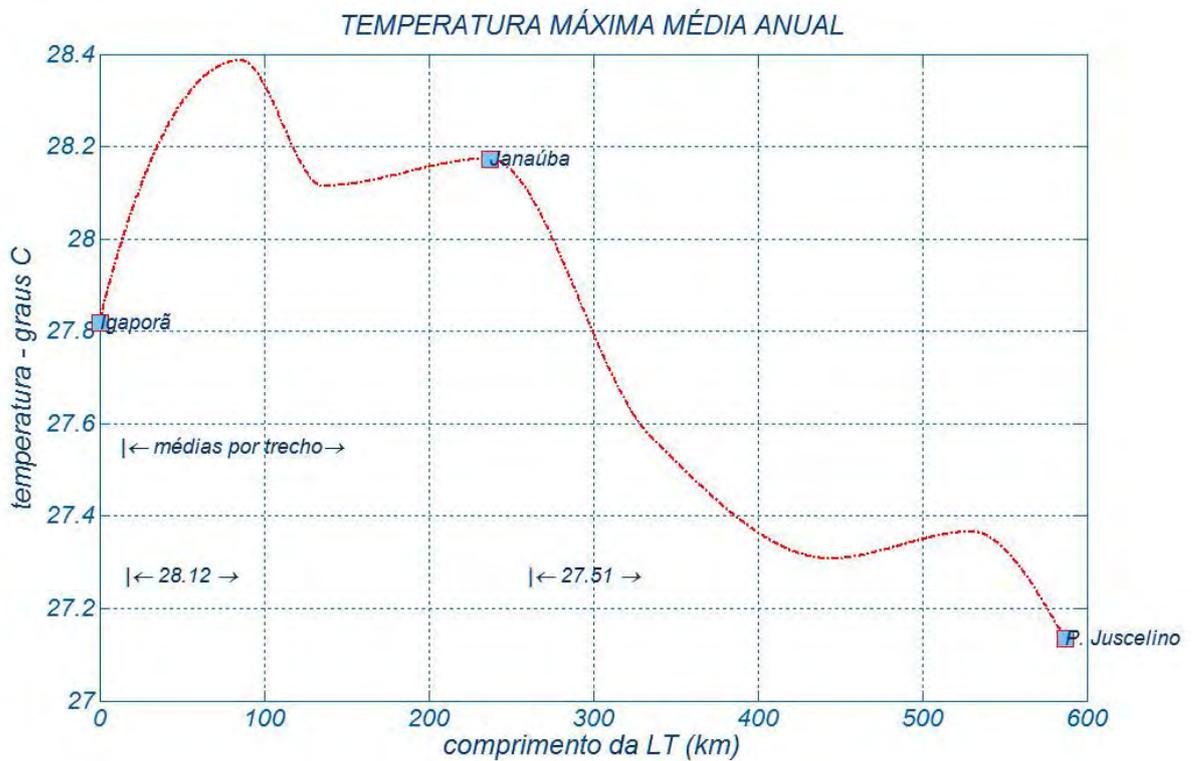
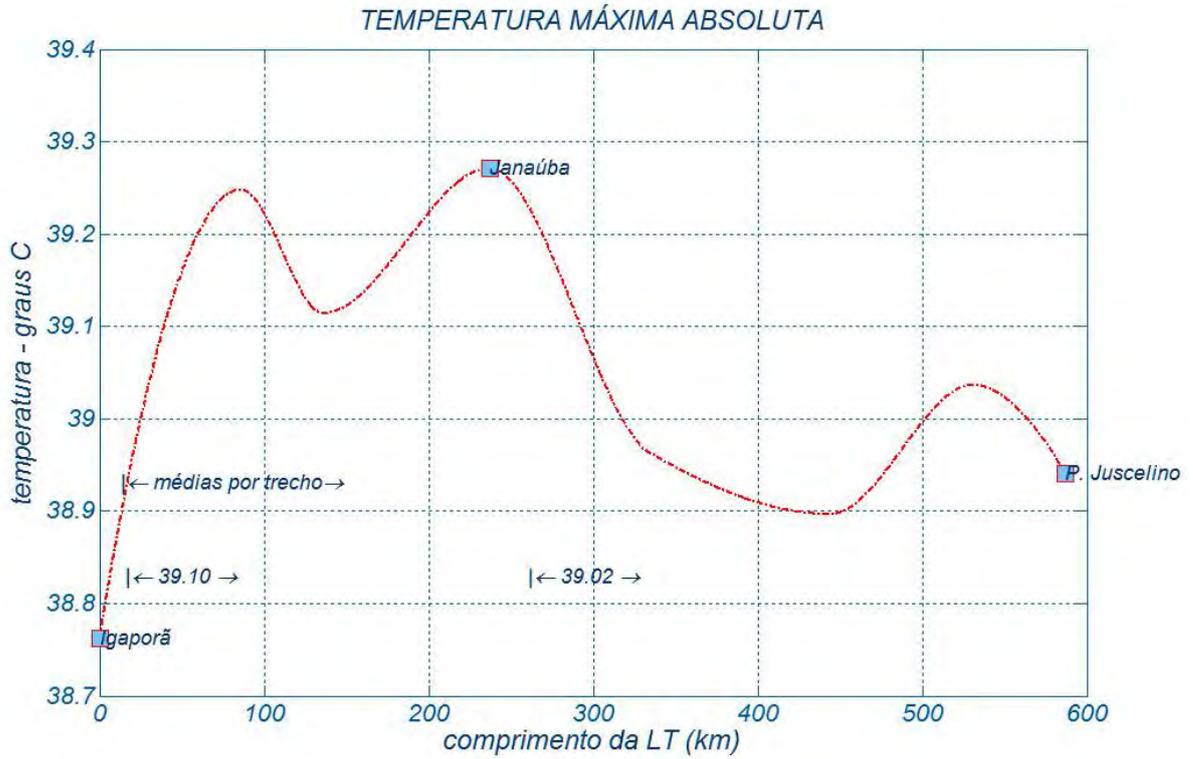
Anexo 5 Temperaturas ambientes

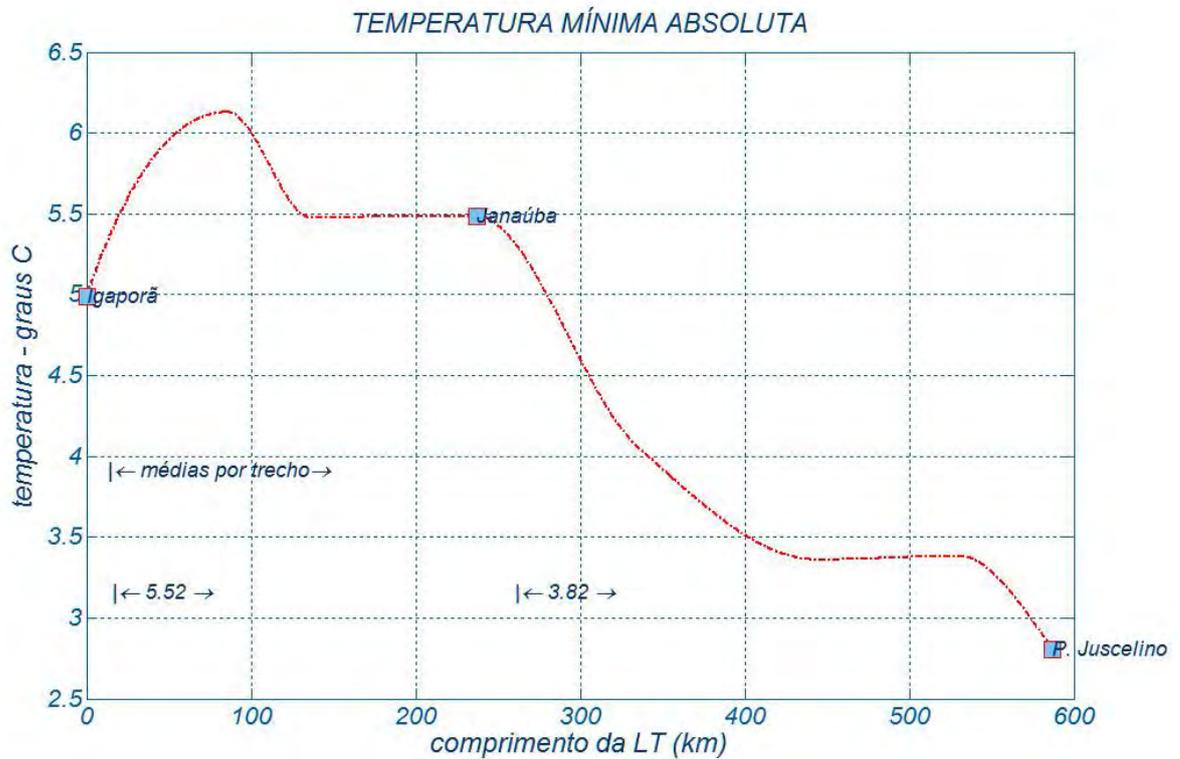
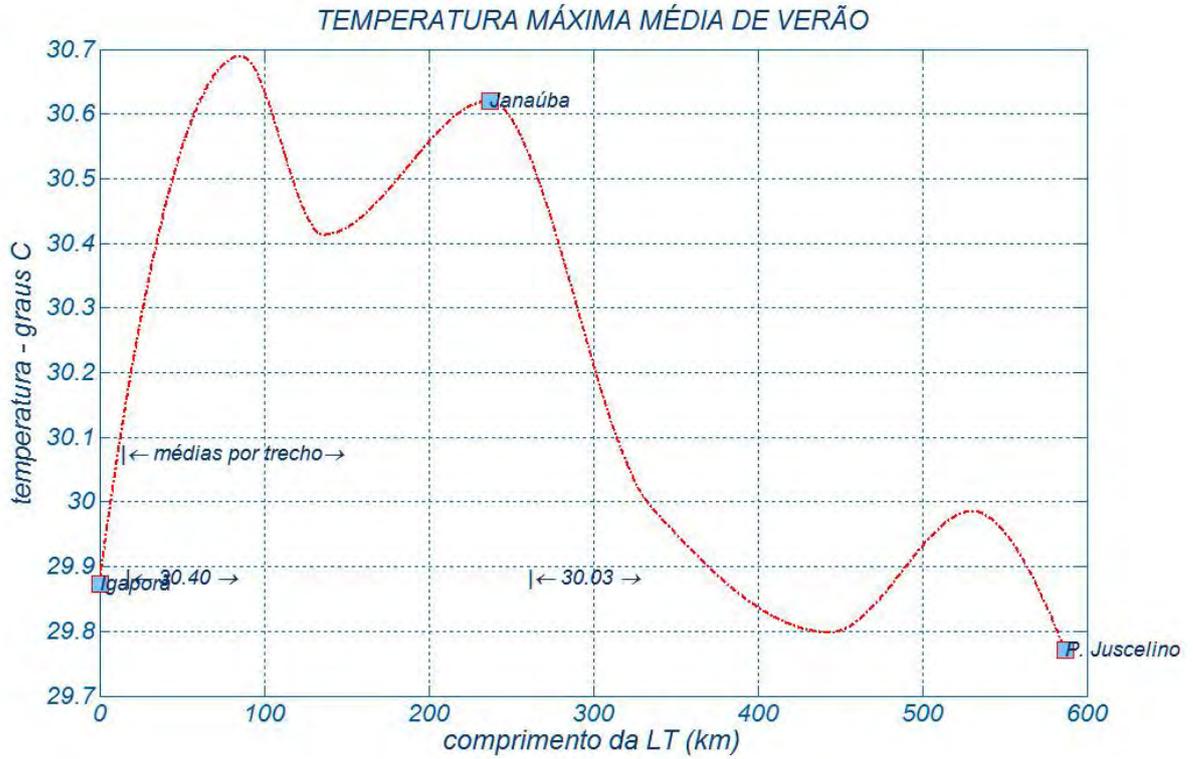




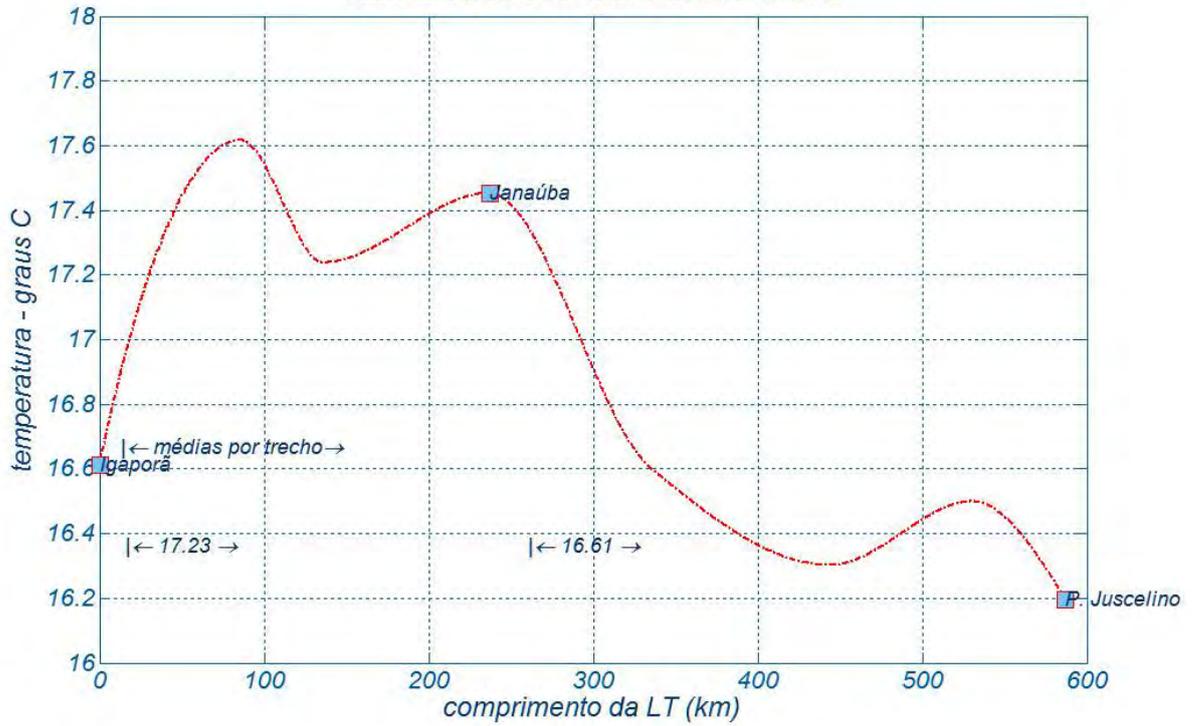




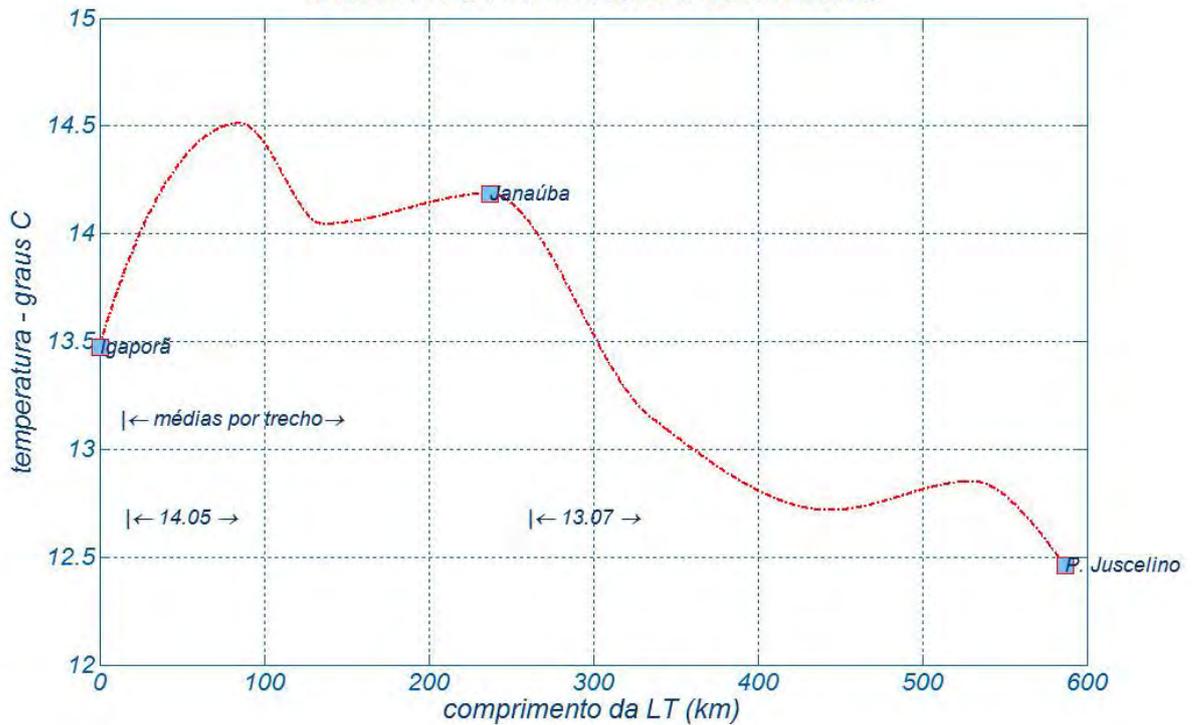




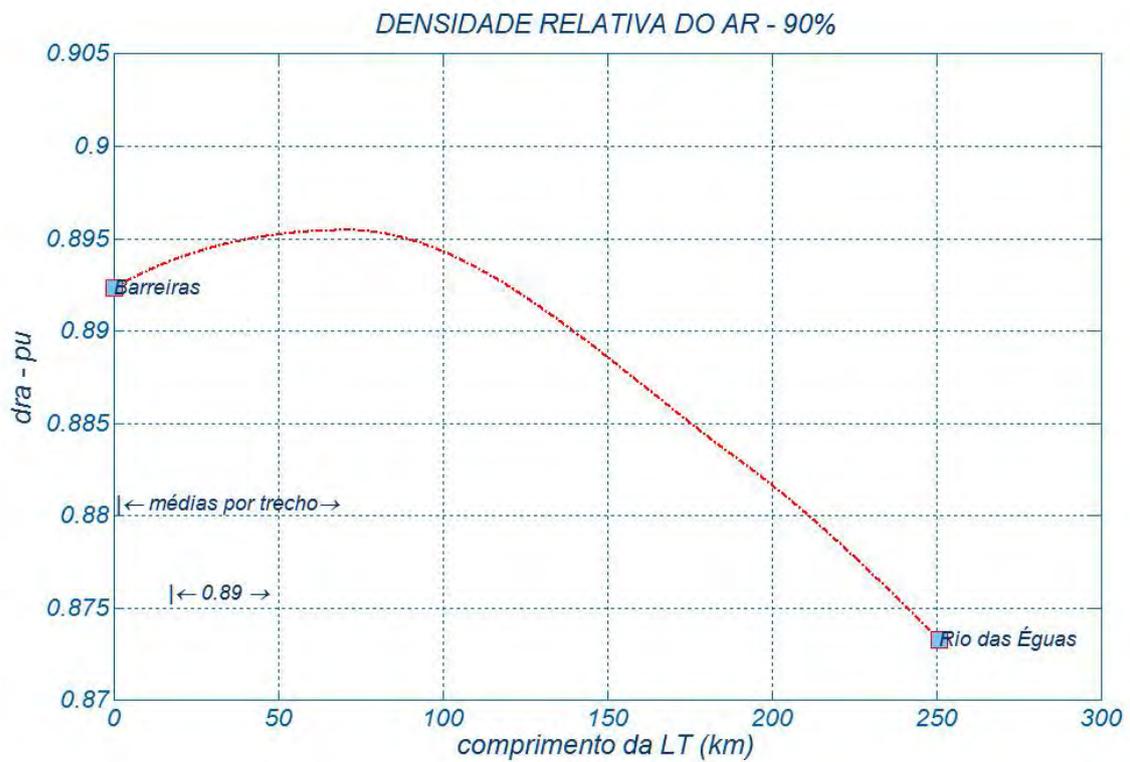
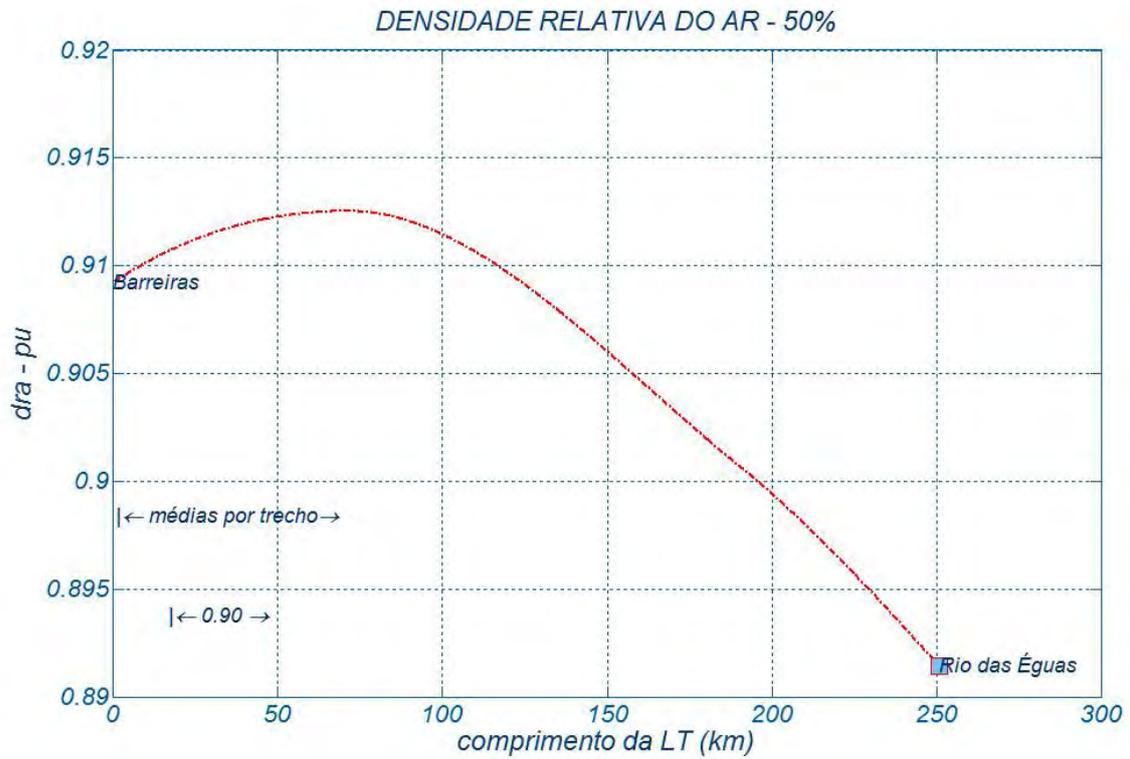
TEMPERATURA MÍNIMA MÉDIA ANUAL

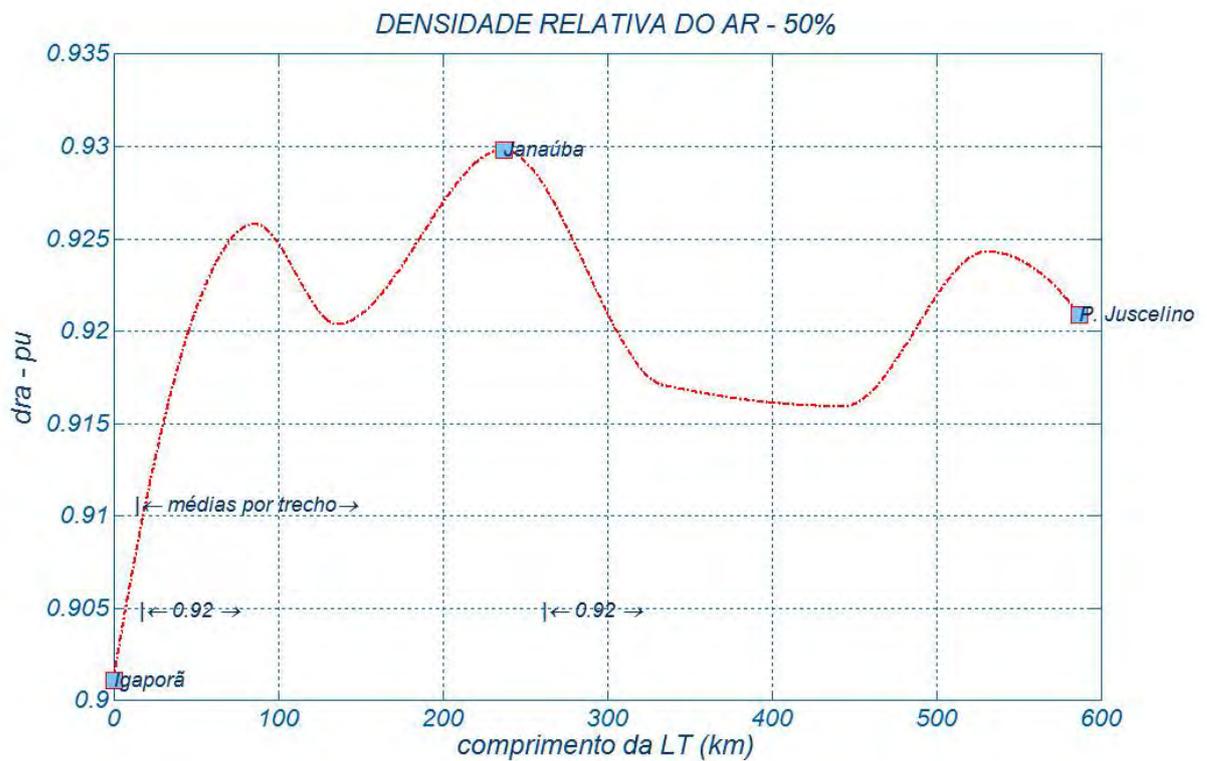
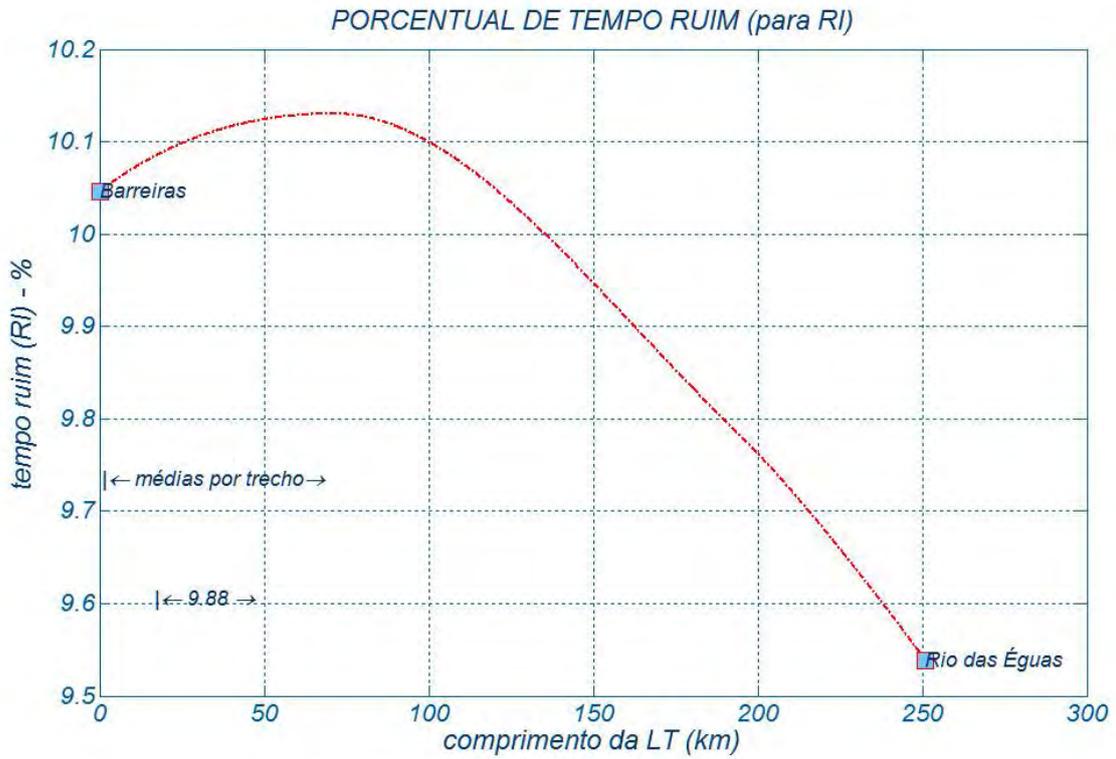


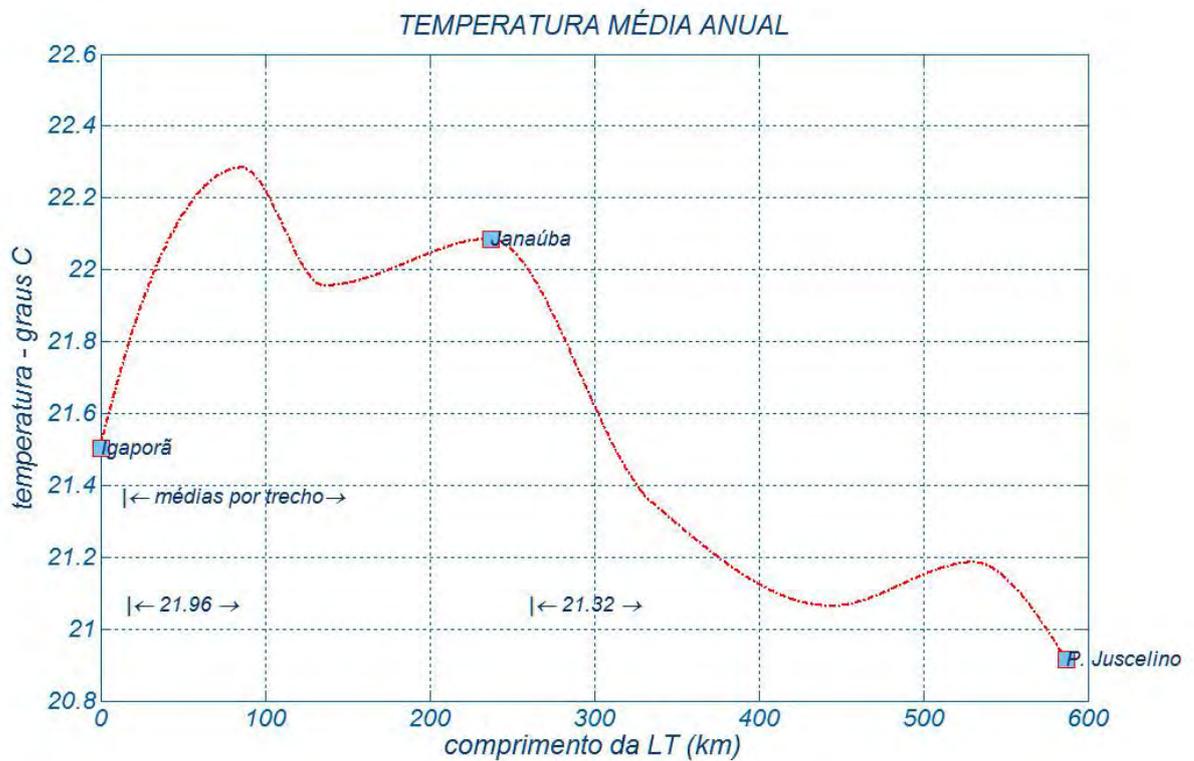
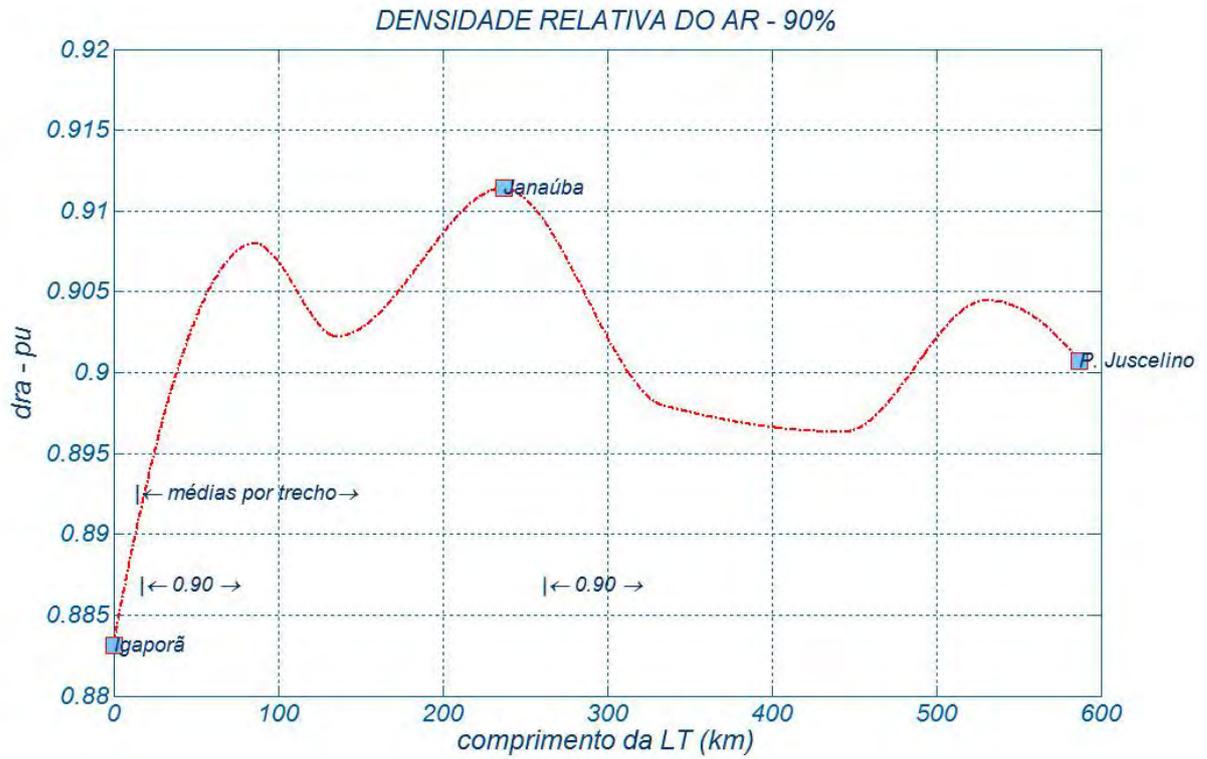
TEMPERATURA MÍNIMA MÉDIA DE INVERNO



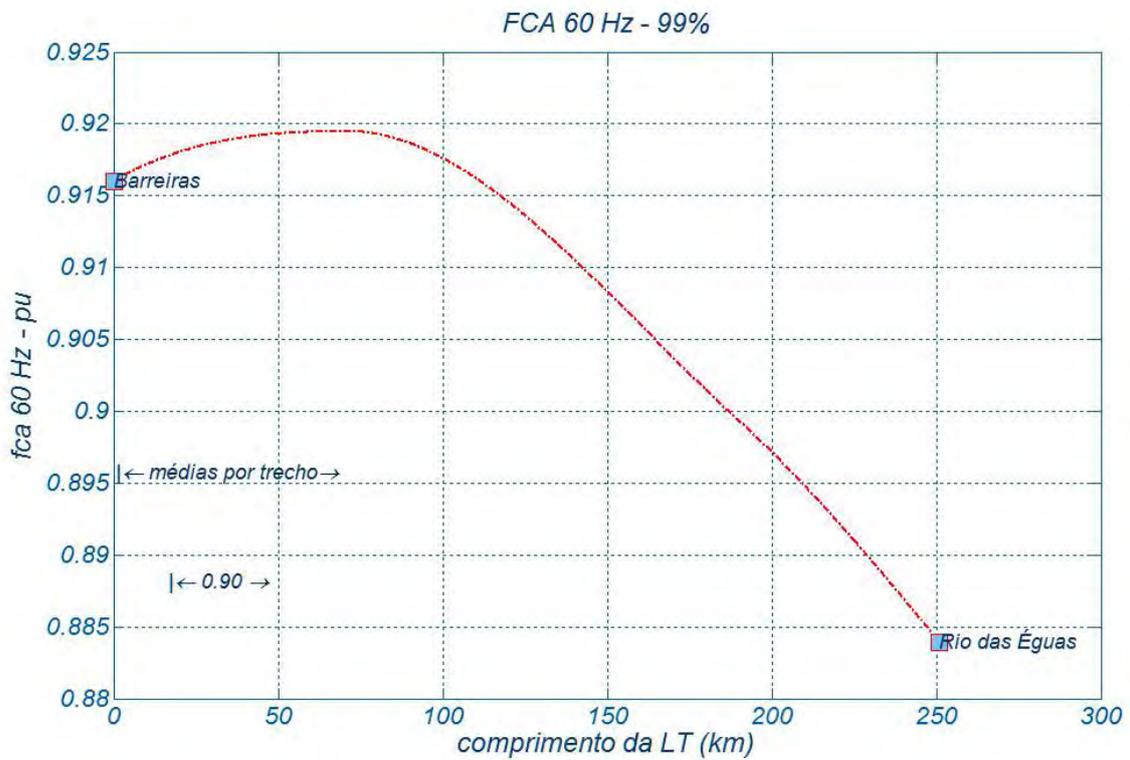
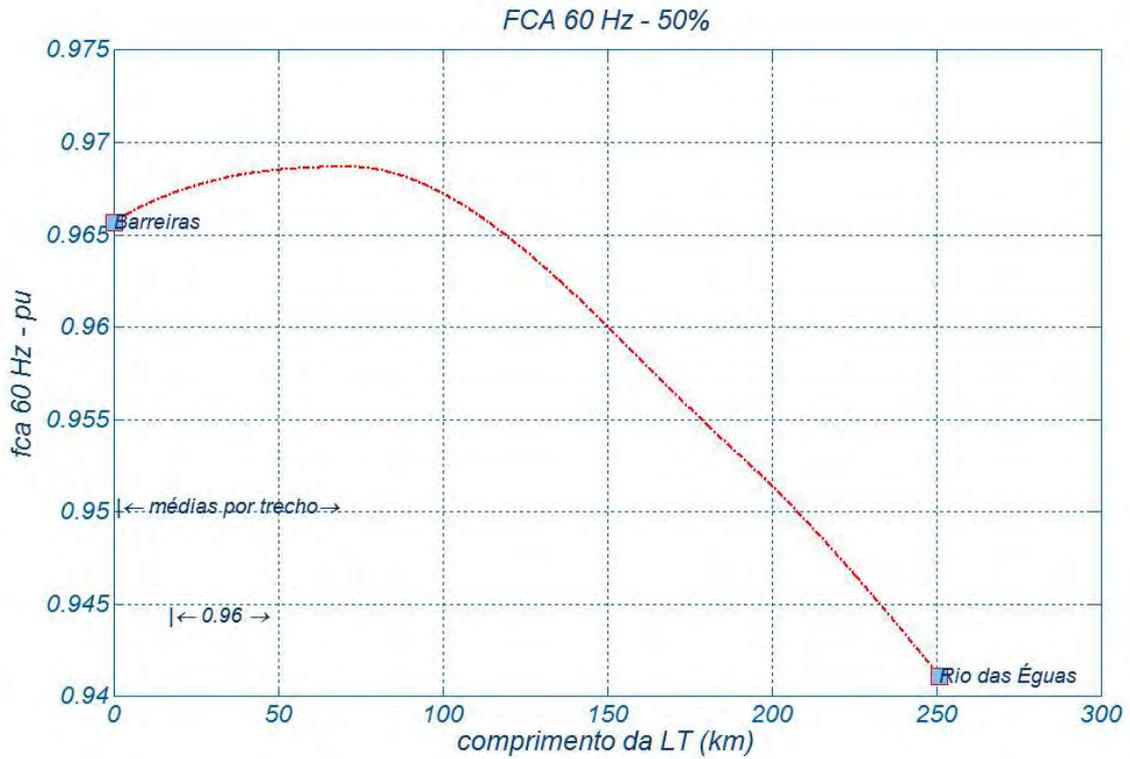
Anexo 6 DRAs e de “tempo - ruim”

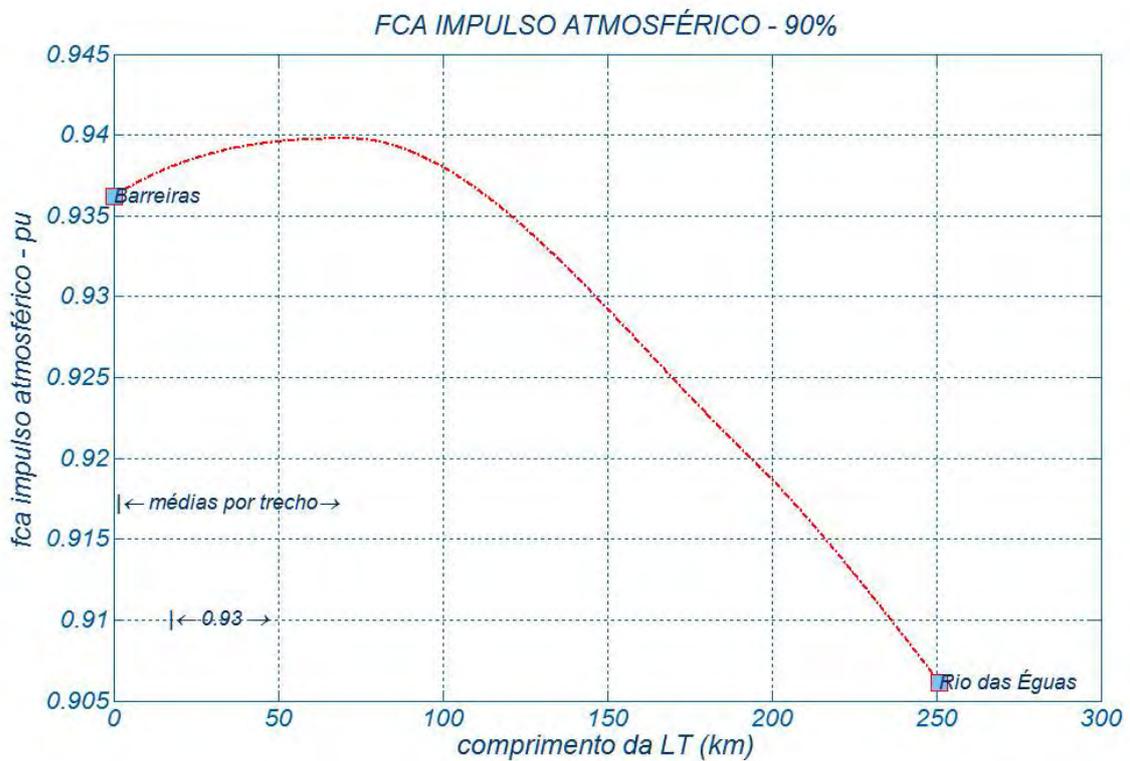
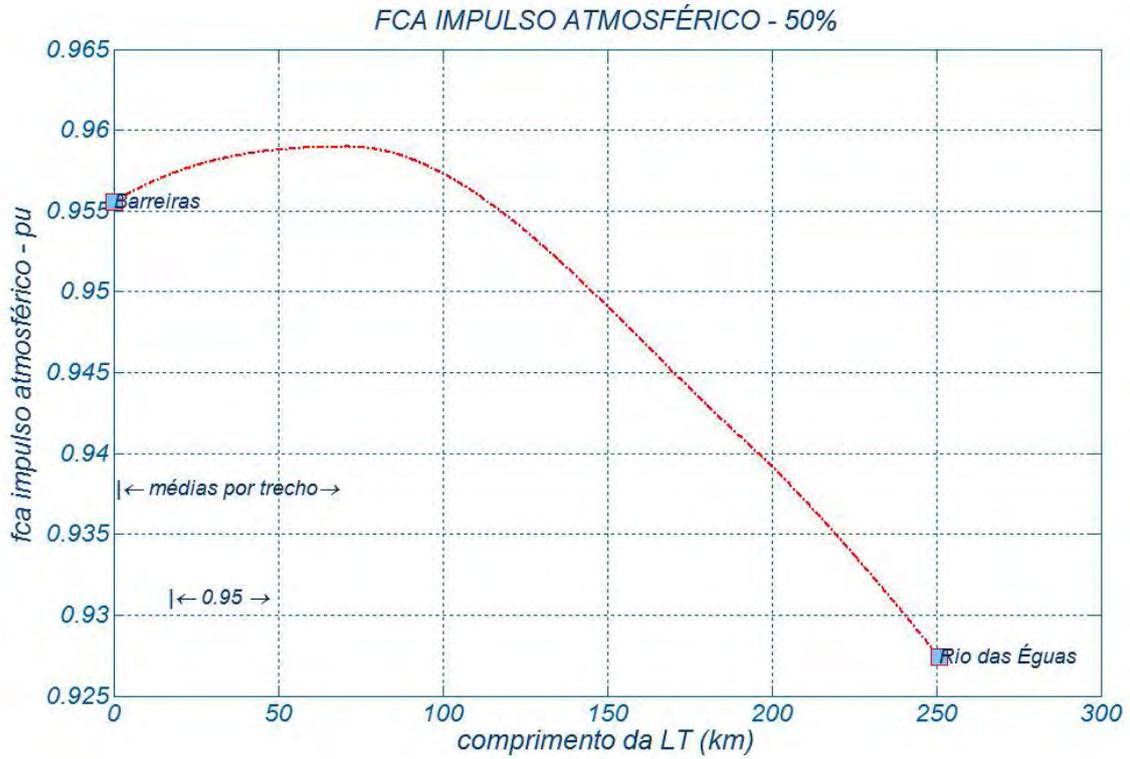




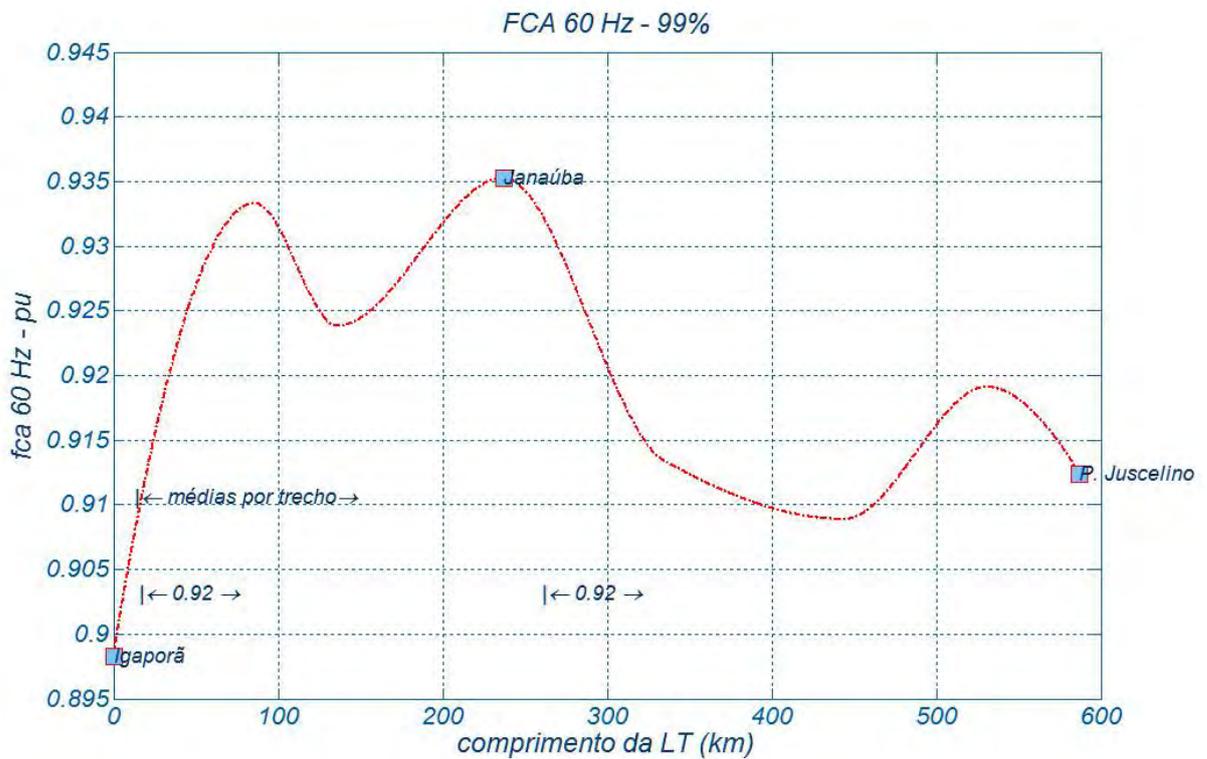
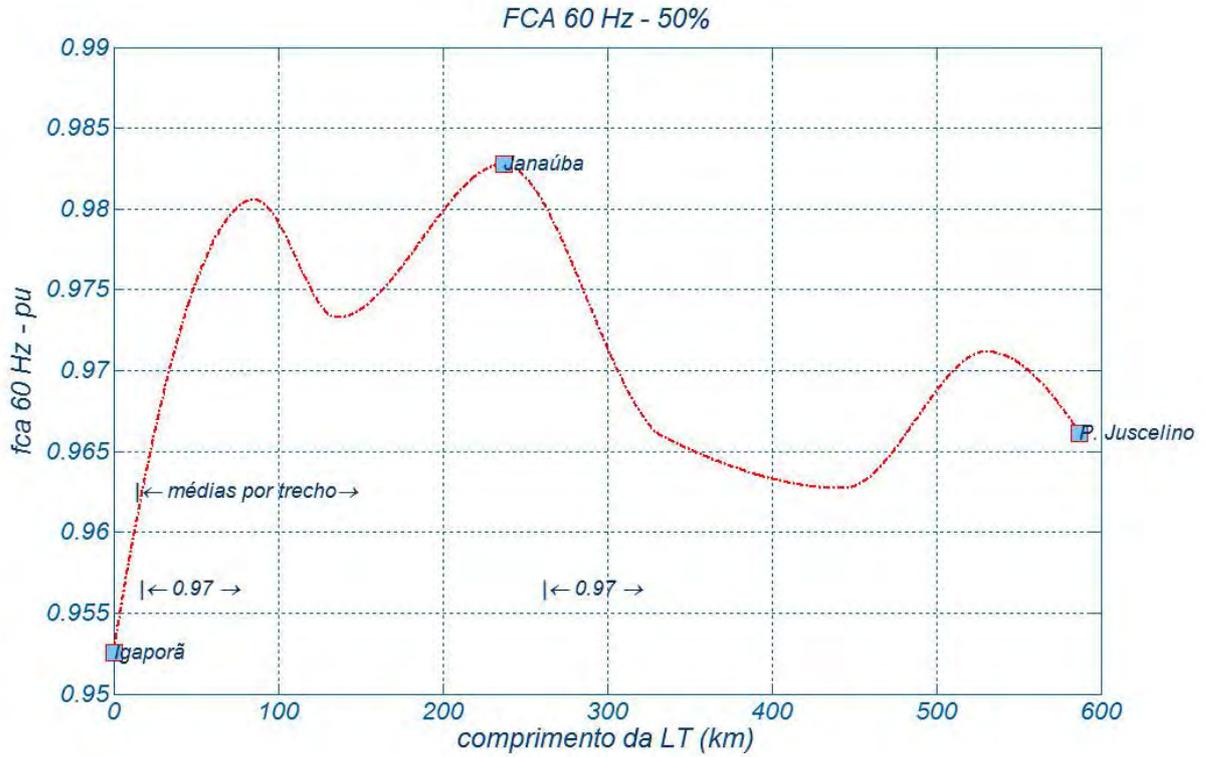


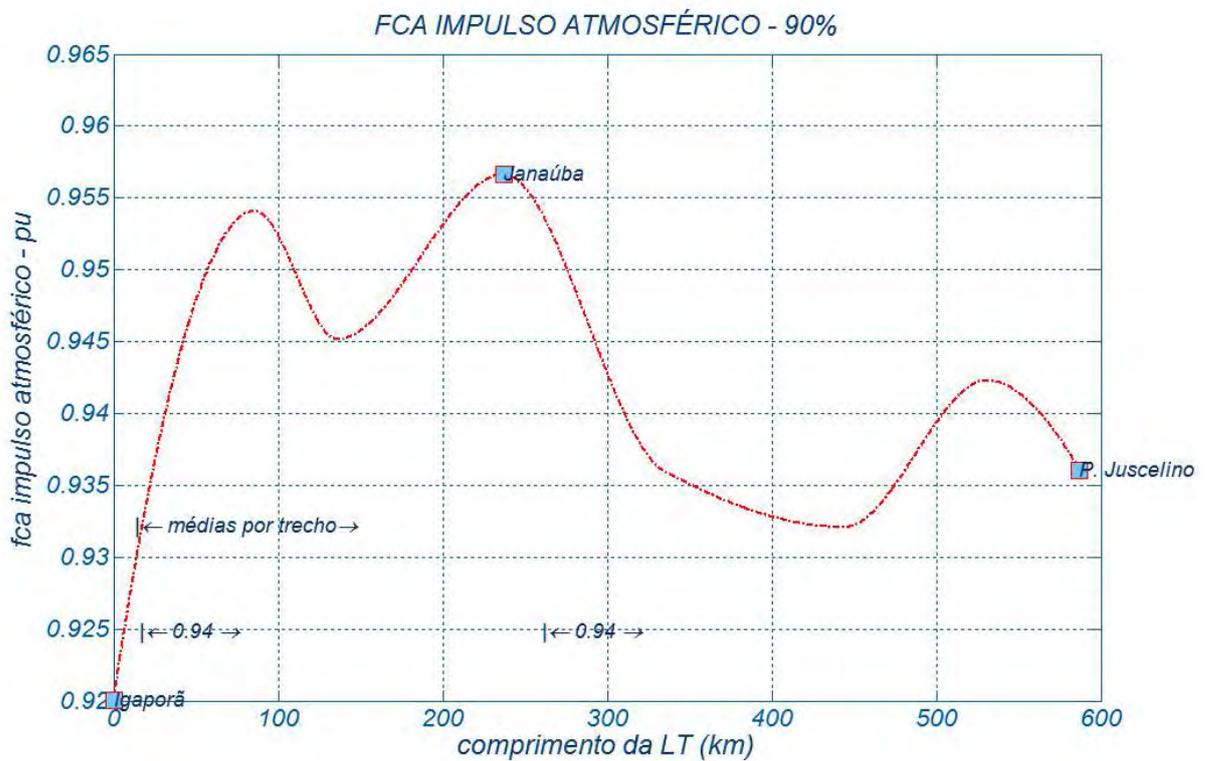
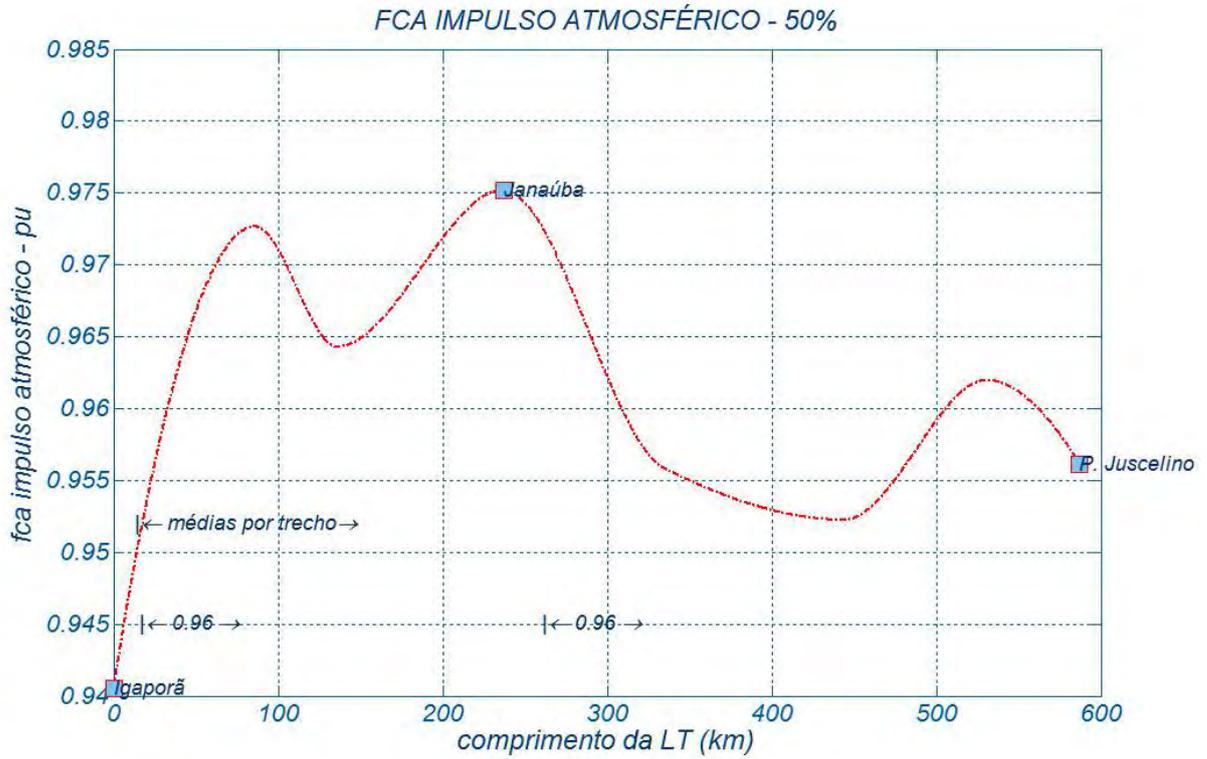
Anexo 7 Fatores de correção atmosféricos

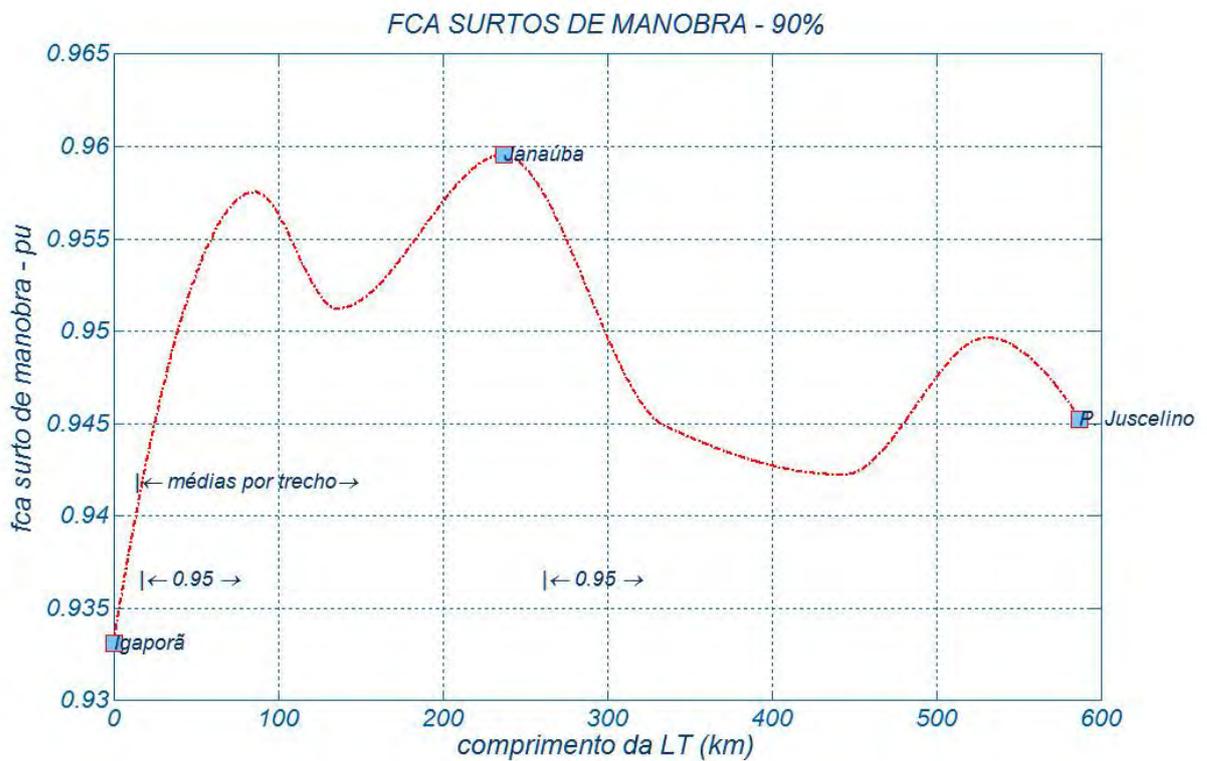
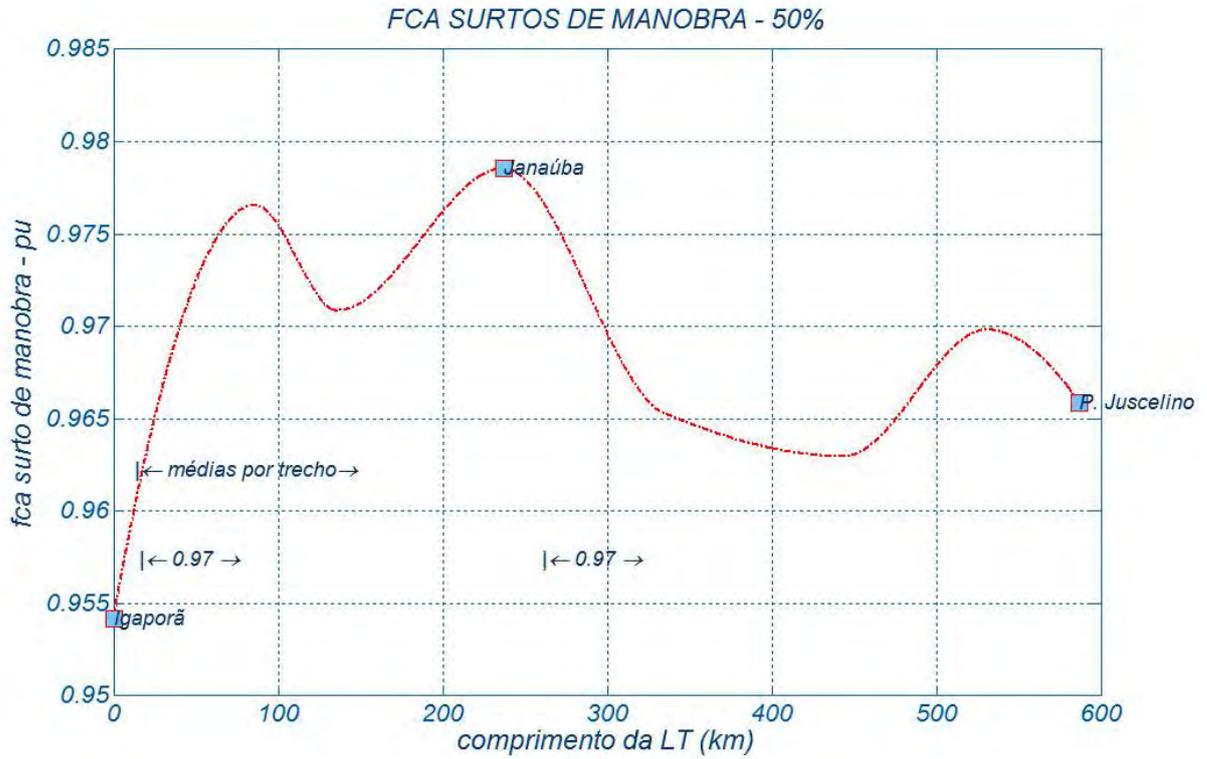




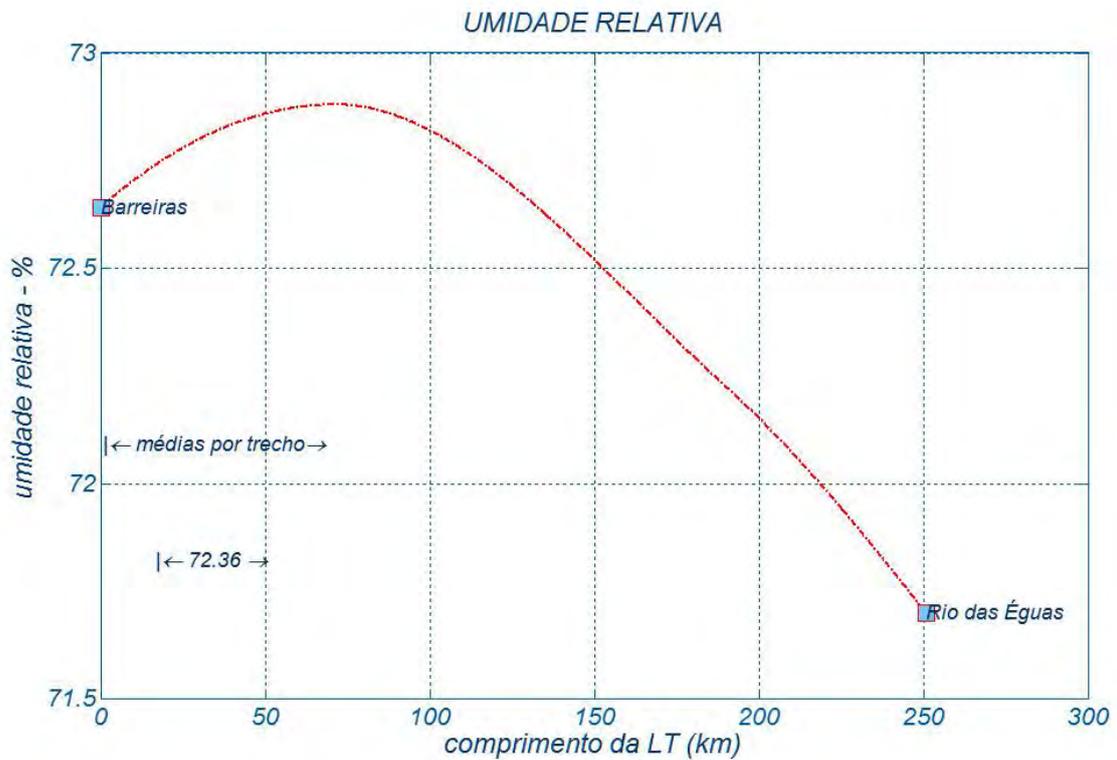
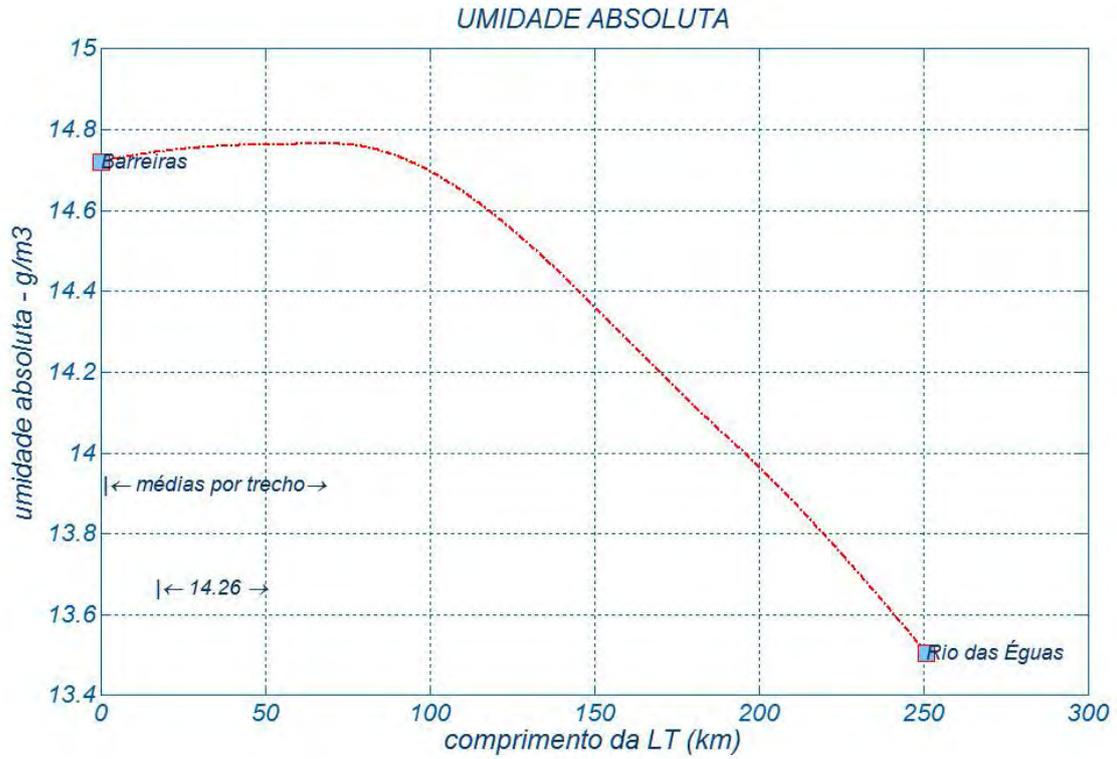


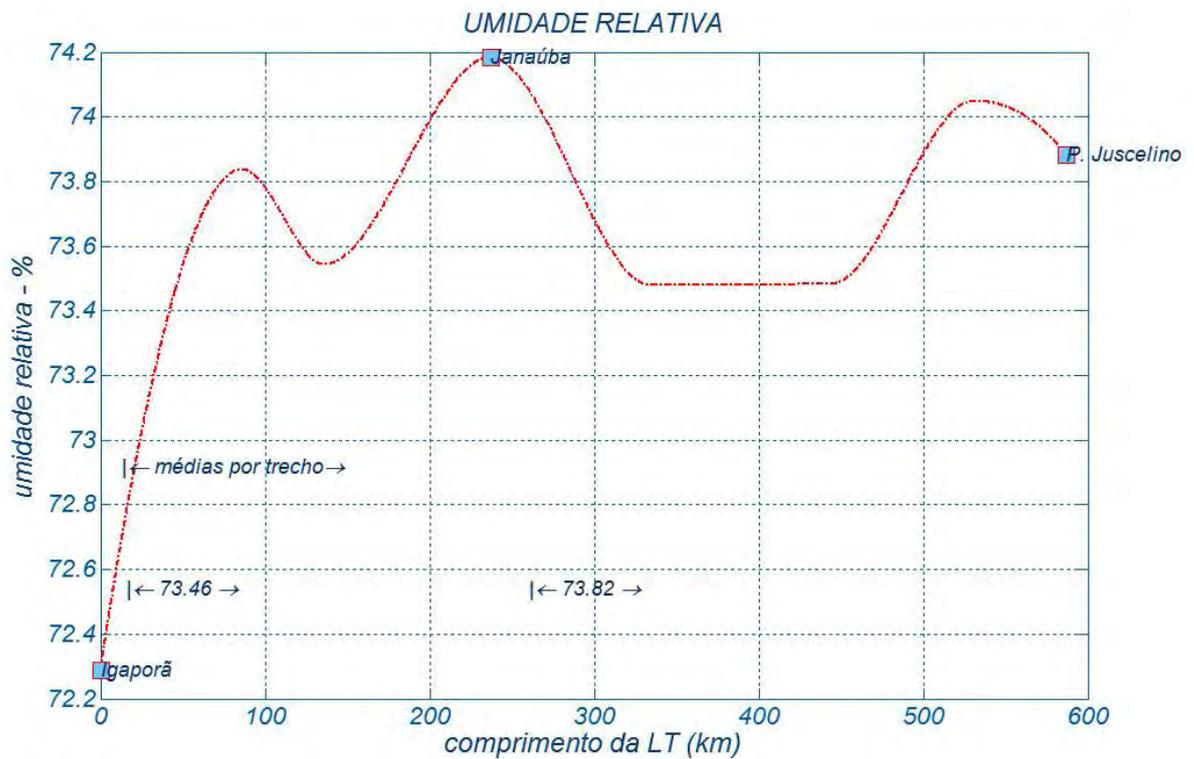
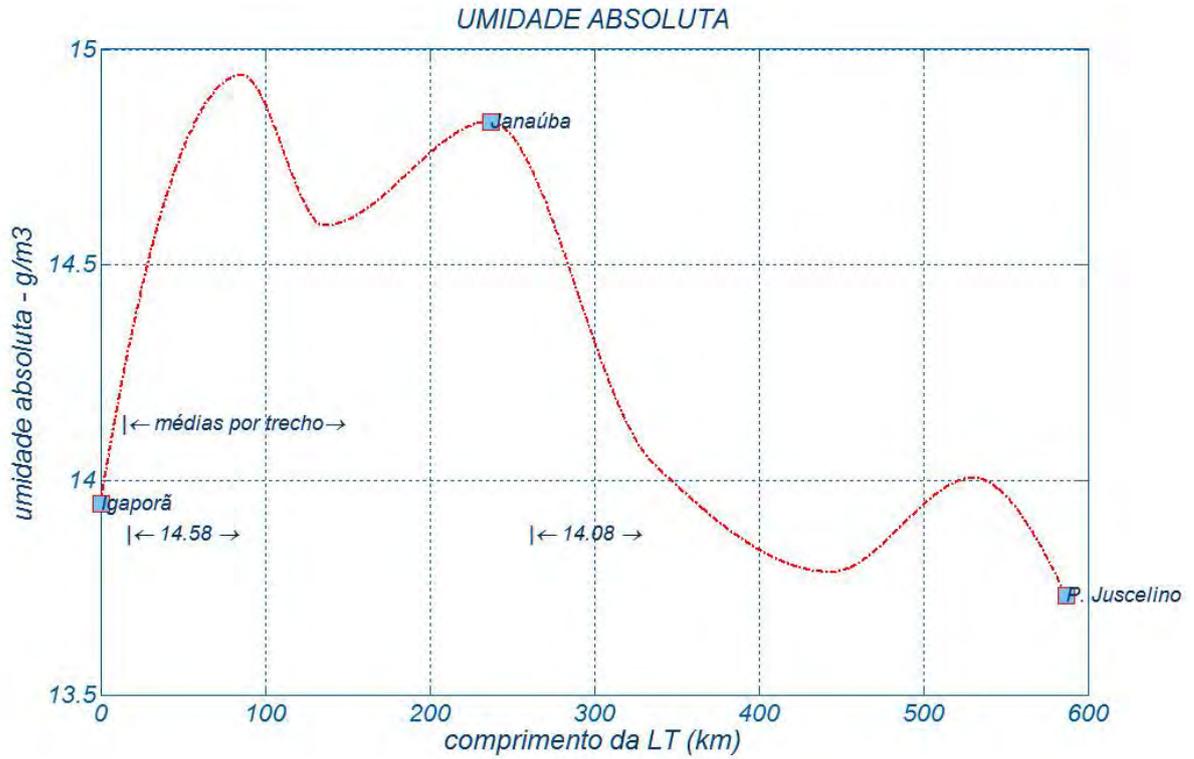






Anexo 8 Umidades do ar





02	15/05/17	Alterado Logotipo da AG	AQ	JCS	
01	05/05/17	Revisado Numeração do Documento	AQ	JCS	
00	22/02/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 6 SPE SA					
PROJETO BÁSICO					
ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	22/02/17
TÍTULO					
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2 Lote 16 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL RELATÓRIO DADOS CLIMATOLÓGICOS					
Nº DOCUMENTO				FOLHA	REVISÃO
RE-EQT6-L601-PB-ELM-0003-R02				1 de 57	02

ÍNDICE

1. OBJETIVO	3
2. RECOMENDAÇÕES.....	3
ANEXO 1 – RELATORIO DE PARAMETROS CLIMATOLOGICOS	4

1. OBJETIVO

- 1.1. Apresentar os dados climatológicos adotados no projeto da LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2, em circuito simples pertencentes ao Lote 16 do Leilão 0013/2015 – 2º parte.

2. RECOMENDAÇÕES

- 2.1. Conforme relatório apresentado no anexo 1, segue abaixo tabela com as principais recomendações para a Linha de transmissão em 500 kV.

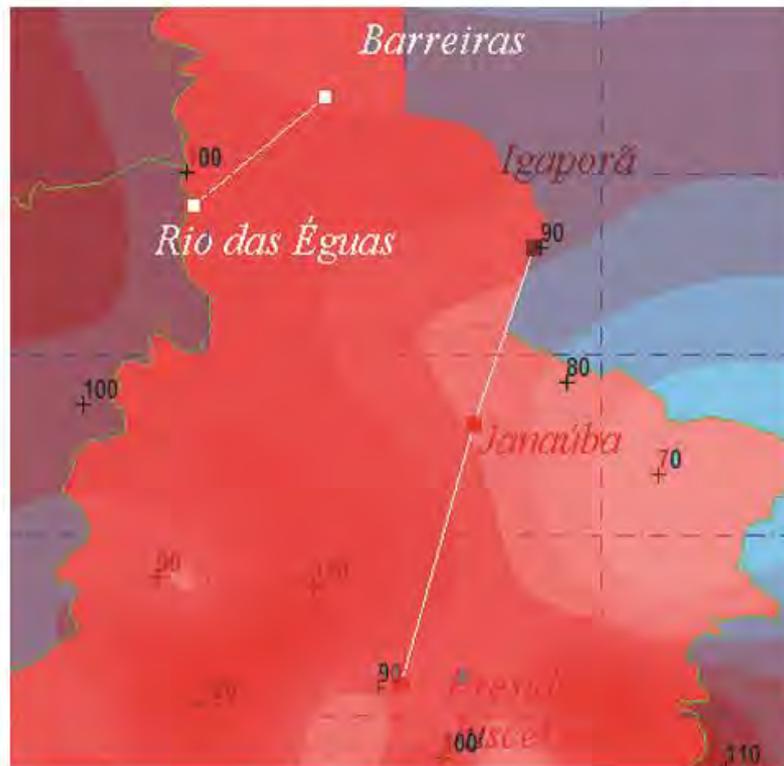
PARÂMETROS CLIMÁTICOS	JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C2
altitude média - (m)	700
temp média – (°C)	21
temp mín 50 anual – (°C)	17
temp mín 50 inverno – (°C)	13
temp mín absoluta – (°C)	4
temp máx 50 anual – (°C)	28
temp máx 50 verão – (°C)	30
temp máx abs – (°C)	39
pressão média – (mbar)	940
DRA 50% – (pu)	0.92
DRA 90% – (pu)	0.90
DRA médio 90% – (pu)	0.90
FCA _{60 Hz} 50% – (pu)	0.97
FCA _{60 Hz} 99% – (pu)	0.92
FCA _{man} 50% – (pu)	0.97
FCA _{man} 90% – (pu)	0.95
FCA _{atm} 50% – (pu)	0.96
FCA _{atm} 90% – (pu)	0.94
umi rel (U _{rel}) – (%)	74
umi abs (U _{abs}) - (g/m ³)	14
tempo ruim - (%)	10
Nivel Ceraunico (mapa ONS)	60

ANEXO 1 – RELATORIO DE ELEMENTOS CLIMATOLOGICOS

Relatório Técnico para ENGEPRO Engenharia

*Elementos Ambientais para as LTs
dos Lotes 8, 14, 15 e 16, Leilão 013/2015*

BATÁVIA
Engenharia



Preparado por Amauri A Menezes em 02/2017

Este Relatório Técnico apresenta o memorial descritivo para a determinação dos elementos climáticos relevantes na implantação das LTs acima citadas. A reprodução parcial ou total deste documento só deve ser feita com a permissão da ENGEPRO Engenharia

1	Objetivo	3
2	Conceituação Preliminar	4
3	Dados termométricos	5
4	Densidade Relativa do Ar e Fatores de Correção Atmosféricos	6
4.1	Valor médio da DRA e dos FCAs	6
4.2	Os desvios padrão da DRA e dos FCAs	9
5	Representação gráfica e mapeamento das variáveis	11
5.1	Densidades relativas do ar e nível de tempo - ruim	13
5.2	Fatores de Correção Atmosféricos	13
5.3	Umidades absolutas	14
5.3.1	Cálculo dos pontos de orvalho e de gelo	14
5.3.2	Cálculo das pressões de vapor	15
5.3.3	Cálculo das umidades absolutas	15
5.4	Densidades de descargas atmosféricas e níveis ceráunicos	15
6	Conclusões e recomendações	16
7	Comentários finais	18
8	Referências	18
Anexo 1	Dados para determinação espacial da DRA e dos FCAs	19
Anexo 2	Características das estações do INMET	30
Anexo 3	Altitudes	34
Anexo 4	Pressões atmosféricas	35
Anexo 5	Temperaturas ambientes	36
Anexo 6	DRA e de “tempo - ruim”	43
Anexo 7	Fatores de correção atmosféricos	46
Anexo 8	Umidades do ar	52

1 Objetivo

Este relatório objetiva quantificar as variabilidades espacial e temporal de fenômenos meteorológicos que tenham interferências com as LTs dos Lotes 8, 14, 15 e 16, descritas a seguir.

LT 500kV Rio das Éguas - Barreiras II - C2
 LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1
 LT 500kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1
 LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
 LT 500kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

As variáveis aqui objetivadas são:

Tabela 1 - Parâmetros do estudo

<i>Variáveis Ambientais</i>	<i>nomenclatura & unidades</i>
<i>altitude média</i>	<i>alt - metros</i>
<i>temperatura média</i>	<i>t_{med} - °C</i>
<i>temperatura mínima média anual</i>	<i>t_{min anual} - °C</i>
<i>temperatura mínima média no inverno</i>	<i>t_{min inv} - °C</i>
<i>temperatura mínima absoluta</i>	<i>t_{min abs} - °C</i>
<i>temperatura máxima média anual</i>	<i>t_{max anual} - °C</i>
<i>temperatura máxima média no verão</i>	<i>t_{max ver} - °C</i>
<i>temperatura máxima absoluta</i>	<i>t_{max abs} - °C</i>
<i>pressão atmosférica</i>	<i>p_{atm} - mbares</i>
<i>densidade relativa do ar (50 e 90 %)</i>	<i>DRA_{50%} e DRA_{90%} - (pu)</i>
<i>fator de correção atmosférico, 60 Hz, (50 e 99 %)</i>	<i>FCA_{60Hz-50%} e FCA_{60Hz-99%} - (pu)</i>
<i>fator de correção atmosférico, surtos de manobra (50 e 90 %)</i>	<i>FCA_{man50%} e FCA_{man90%} - (pu)</i>
<i>fator de correção atmosférico, impulsos atmosféricos (50 e 90 %)</i>	<i>FCA_{atm50%} e FCA_{atm90%} - (pu)</i>

<i>umidade relativa média do ar (anual)</i>	$u_{rel} - (\%)$
<i>umidade absoluta média do ar (anual)</i>	$u_{abs} - (g/m^3)$
<i>tempo ruim (para níveis de RI) - anual</i>	$TR - (\%)$

Linhas de transmissão aéreas constituem-se em empreendimentos com dimensões territoriais consideráveis e, não raro, atravessam áreas com diferentes condições geograficamente bem diferenciadas, resultando numa multiplicidade de elementos climáticos sobre elas atuantes. Portanto, torna-se relevante, para a execução de um projeto realista e coerente com seus próprios desafios, que haja a disponibilidade de métodos de inferências capazes de avaliar a evolução espacial das grandezas ambientais ao longo da rota da LT em estudo. A coleta de tais variáveis deve ser convenientemente feita em estações meteorológicas na mesma região e, obrigatoriamente, as suas variabilidades temporais devem ser quantificadas. Como certo número de variáveis ambientais aqui enfocadas é dependente da altitude, o estudo em curso considera também a altitude na região, como forma de dimensionar algumas variações espaciais do clima, através de modelos matemáticos de correlação linear múltipla. A densidade relativa do ar (DRA) e os fatores de correção atmosféricos (FCAs¹) não são variáveis meteorológicas, no rigor do conceito, mas encontram-se aqui incluídas por serem diretamente derivados da temperatura do ar, da pressão atmosférica e, para os FCAs, também da umidade absoluta do ar.

2 *Conceituação Preliminar*

A base de dados usada neste relatório origina-se de duas fontes diversas: do INMET [1] (Instituto nacional de Meteorologia - Ministério da Agricultura) e do DEPV [2, 7] (antiga Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Voo - Ministério da Aeronáutica). Tais fontes desempenham importantes e complementares papéis no modelo analítico aqui adotado para inferência estatística das variáveis ambientais, como exigido pelos procedimentos de projetos de LTs aéreas ora em curso no país. Especificamente, pode-se dizer que os dados do INMET (mensais e anuais, em 205 estações) cuidam das determinações médias e das suas evoluções espaciais sobre o território brasileiro, enquanto que os dados do DEPV (horários, em 20 estações) definem as flutuações dos respectivos desvios-padrão. Detalhes da elaboração desse modelo dual são fornecidos ao longo do trabalho e aplicam-se às variáveis aqui objetivadas.

¹ ou ainda RIS (Relative Insulation Strength)

3 Dados termométricos

Os dados de temperatura utilizados no estudo foram medidos em estações climatológicas operadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)² e instaladas no estado de implantação do empreendimento. Nessas estações, as temperaturas máximas e mínimas são medidas diariamente e as temperaturas correntes às 12, 18 e 24 horas, referidas ao horário de Greenwich (Greenwich Meridian Time - GMT). No procedimento de operação das estações do INMET, as temperaturas extremas diárias são caracterizadas com exatidão.

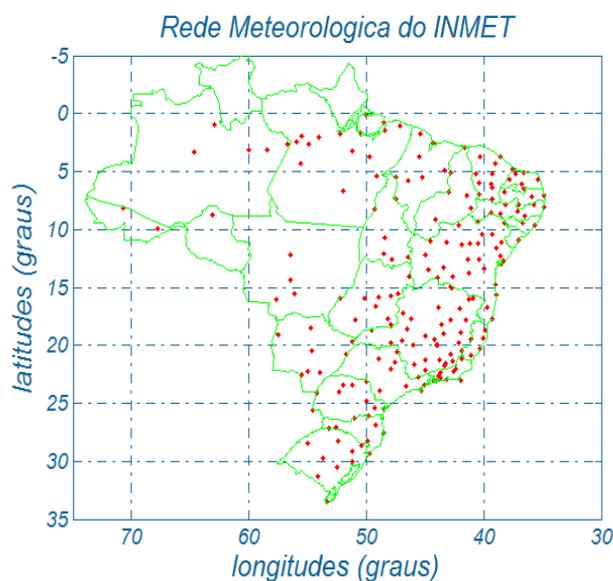


Figura 3.1 - Distribuição espacial das estações meteorológicas do INMET

A temperatura média diária é estimada através da seguinte equação, de uso rotineiro pelo INMET:

$$T_{med} = \frac{T_{12} + 2 \cdot T_{24} + T_{max} + T_{min}}{5}$$

T_{med} - temperatura média diária

T_{max} - temperatura máxima diária

T_{min} - temperatura mínima diária

T_{12} e T_{24} - temperaturas às 12 e 24 horas

As estatísticas dos valores de temperatura, medidos diariamente no período de 1961 a 1990, podem ser consultadas em [1]. Além dos valores médios anuais, buscou-se caracterizar as médias das temperaturas extremas, extraído-se do banco de dados os valores mínimos ou máximos ocorridos ao longo do ano e, também, os médios extremos no verão ou no inverno, garantindo-se, assim, mapas que refletissem valores extremos que fossem os mais conservadores.

Portanto, neste estudo, extremos médios de temperatura encontram-se também avaliados apropriadamente nos respectivos meses em que ocorrem.

² INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, Ministério da Agricultura

4 Densidade Relativa do Ar e Fatores de Correção Atmosféricos

A caracterização da média e do desvio padrão da densidade relativa do ar (DRA) e dos fatores de correção atmosféricos (FCAs), para frequência industrial e surtos de manobra ou atmosféricos, é aqui feita através de abordagens distintas.

4.1 Valor médio da DRA e dos FCAs

O valor médio dessas variáveis será feito por meio dos dados médios anuais medidos na rede do INMET (temperatura, pressão atmosférica para a DRA, acrescidos da umidade absoluta, para os valores dos FCAs). DRAs e FCAs têm distribuições normais para qualquer efeito prático [7] e seus valores médios podem ser calculados com as médias das variáveis indiretas (t_{med} , p_{med} e u_{abs}).

Para dirimir qualquer dúvida quanto a essa afirmativa, as Tabelas 4.1.1 e 4.1.2 apresentam os respectivos resultados, quando se usa um banco de dados horário em 10 anos, e quando se faz o cálculo com médias anuais. O banco de dados usado como referência é o do DEPV³, tal como apresentado em [7].

³ Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Voo, do Ministério da Aeronáutica.

Tabela 4.1.1 - Comparação dos valores para DRA calculados por (t_{med}, p_{med}) a cada hora e com valores médios anuais

<i>cidade</i>	<i>sigla</i>	<i>DRA_{50%} (pu) como em [7]</i>	<i>DRA_{50%} (pu) médias anuais</i>
<i>Belém</i>	<i>BE</i>	<i>0.976</i>	<i>0.980</i>
<i>Belo Horizonte</i>	<i>BH</i>	<i>0.913</i>	<i>0.900</i>
<i>Brasília</i>	<i>BR</i>	<i>0.883</i>	<i>0.870</i>
<i>Campo Grande</i>	<i>CG</i>	<i>0.927</i>	<i>0.930</i>
<i>Curitiba</i>	<i>CT</i>	<i>0.913</i>	<i>0.890</i>
<i>Caravelas</i>	<i>CV</i>	<i>0.987</i>	<i>0.990</i>
<i>Florianópolis</i>	<i>FL</i>	<i>1.001</i>	<i>1.000</i>
<i>Fortaleza</i>	<i>FZ</i>	<i>0.975</i>	<i>0.970</i>
<i>Galeão (RJ)</i>	<i>GL</i>	<i>0.990</i>	<i>0.990</i>
<i>Campinas</i>	<i>KP</i>	<i>0.926</i>	<i>0.926</i>
<i>Manaus</i>	<i>MN</i>	<i>0.968</i>	<i>0.970</i>
<i>Maceió</i>	<i>MO</i>	<i>0.973</i>	<i>0.980</i>
<i>Natal</i>	<i>NT</i>	<i>0.975</i>	<i>0.975</i>
<i>Porto Alegre</i>	<i>PA</i>	<i>1.004</i>	<i>0.990</i>
<i>Recife</i>	<i>RF</i>	<i>0.980</i>	<i>0.980</i>
<i>S. Dumont (RJ)</i>	<i>RJ</i>	<i>0.991</i>	<i>0.990</i>
<i>São Luiz</i>	<i>SL</i>	<i>0.971</i>	<i>0.980</i>
<i>São Paulo</i>	<i>SP</i>	<i>0.918</i>	<i>0.920</i>
<i>Salvador</i>	<i>SV</i>	<i>0.983</i>	<i>0.980</i>
<i>Vitória</i>	<i>VT</i>	<i>0.991</i>	<i>0.980</i>

Tabela 4.1.2 - valores dos FCAs para 60 Hz (FCA60Hz) e surtos de manobra (FCA_{man}), calculados por (t_{med} , p_{med} e u_{abs}) horários e com valores médios anuais, gaps de 1 a 5 metros

tensão a 60 Hz (gape de 3 m)			surtos de manobra (gape de 3 m)		
sigla	FCA _{50%} (pu) como em [7]	FCA _{50%} (pu) médias anuais	sigla	FCA _{50%} (pu) como em [7]	FCA _{50%} (pu) médias anuais
BE	1.062	1.061	BE	1.041	1.040
BH	0.960	0.959	BH	0.962	0.963
BR	0.925	0.922	BR	0.932	0.932
CG	0.992	0.994	CG	0.987	0.988
CT	0.939	0.936	CT	0.948	0.949
CV	1.050	1.050	CV	1.034	1.033
FL	1.033	1.034	FL	1.023	1.023
FZ	1.053	1.053	FZ	1.035	1.034
GL	1.045	1.045	GL	1.030	1.029
KP	0.965	0.964	KP	0.967	0.969
MN	1.059	1.059	MN	1.039	1.038
MO	1.044	1.044	MO	1.028	1.027
NT	1.049	1.049	NT	1.032	1.031
PA	1.022	1.023	PA	1.015	1.016
RF	1.053	1.053	RF	1.035	1.034
RJ	1.042	1.043	RJ	1.028	1.028
SL	1.059	1.058	SL	1.039	1.038
SP	0.956	0.953	SP	0.960	0.961
SV	1.053	1.053	SV	1.035	1.034
VT	1.049	1.049	VT	1.033	1.032

As diferenças verificadas nos três casos indicam que as médias podem ser aproximadas usando-se valores médios das variáveis indiretas (t_{med} , p_{med} e u_{abs}), em vez de se adotar ou exigir um cálculo bem mais requintado e trabalhoso, tal como é o de bancos de dados horários durante 10 anos, com todas as variáveis lidas simultaneamente. A simplificação é bastante apreciável, pois nem sempre, ou quase nunca, tais bancos encontram-se disponíveis. Portanto, os dados o INMET, que tem uma bem mais expressiva quantidade de estações (205, em todo o Brasil, por ocasião da elaboração de [1]) são capazes de fornecer valores médios para DRA e FCAs. Observe a Figura 4.2.1 onde a rede do DEPV encontra-se grafada com a sua restrita densidade. Entretanto, o valor

médio isolado dessas variáveis (valor 50 %) não é suficientemente seguro para a aplicação em LTs. É preciso associá-los a valores mais conservadores que levem em conta as incertezas espaciais típicas que estão amiúde vinculados a linhas de transmissão que atravessam variados micro e macro climas.

4.2 Os desvios padrão da DRA e dos FCAs

Os mais recentes Editais da ANEEL, no que se refere à DRA, exigem um valor ao longo da LT que seja garantido 90% do tempo, de forma a minimizar as influências do efeito Corona e suas manifestações (RI, RA, perdas). Portanto, os valores médios devem ser corrigidos pela conhecida fórmula genérica $Var_{90\%} = \mu - 1.28 \sigma$, onde Var é uma variável que se encontre estatisticamente em questão e (μ, σ) seus valores médios e desvios padrão respectivos. Como as variabilidades temporais da DRA e dos FCAs, medida por σ , não podem ser caracterizadas pelo banco de dados do INMET [1], é preciso que se recorra ao relevante trabalho desenvolvido em [7]. A Figura 4.2.1 apresenta a dispersão pouco densa da rede do DEPV, mas que é atualmente a única fonte para se processar um modelo de transferência espacial para os coeficientes de variação aqui objetivados. Complementando, a Tabela 4.2.1 apresenta os coeficientes de variação da DRA e dos FCA_{60Hz} e FCA_{man} .

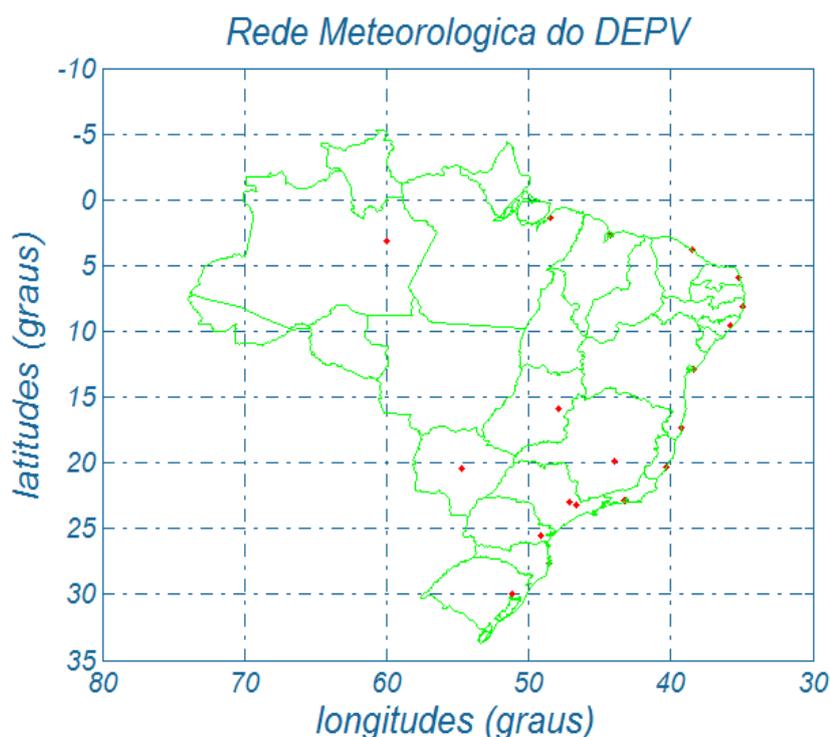


Figura 4.2.1 - Rede do DEPV, com as 20 estações da modelagem de [7]

Tabela 4.2.1 - Características geográficas das estações do DEPV e respectivos valores percentuais dos coeficientes de variação da DRA e dos FCAs

<i>sigla</i>	<i>latitude (°)</i>	<i>altitude (m)</i>	<i>CV_{DRA} (%)</i>	<i>CV_{60Hz} (%)</i>	<i>CV_{man} (%)</i>
<i>BE</i>	<i>1.38</i>	<i>16</i>	<i>1.00</i>	<i>0.68</i>	<i>0.53</i>
<i>BH</i>	<i>19.85</i>	<i>787</i>	<i>1.70</i>	<i>2.70</i>	<i>1.89</i>
<i>BR</i>	<i>15.87</i>	<i>1060</i>	<i>1.50</i>	<i>3.66</i>	<i>2.88</i>
<i>CG</i>	<i>20.47</i>	<i>558</i>	<i>1.70</i>	<i>3.08</i>	<i>2.15</i>
<i>CT</i>	<i>25.52</i>	<i>909</i>	<i>1.90</i>	<i>2.90</i>	<i>1.99</i>
<i>CV</i>	<i>17.28</i>	<i>3</i>	<i>1.30</i>	<i>1.08</i>	<i>0.76</i>
<i>FL</i>	<i>27.67</i>	<i>7</i>	<i>1.90</i>	<i>1.85</i>	<i>1.20</i>
<i>FZ</i>	<i>3.78</i>	<i>24</i>	<i>0.80</i>	<i>0.98</i>	<i>0.75</i>
<i>GL</i>	<i>22.83</i>	<i>9</i>	<i>1.60</i>	<i>1.34</i>	<i>0.92</i>
<i>KP</i>	<i>23.00</i>	<i>661</i>	<i>1.80</i>	<i>3.06</i>	<i>2.17</i>
<i>MN</i>	<i>3.15</i>	<i>83</i>	<i>1.00</i>	<i>0.75</i>	<i>0.59</i>
<i>MO</i>	<i>9.51</i>	<i>116</i>	<i>1.10</i>	<i>1.04</i>	<i>0.78</i>
<i>NT</i>	<i>5.92</i>	<i>49</i>	<i>1.00</i>	<i>0.92</i>	<i>0.69</i>
<i>PA</i>	<i>30.00</i>	<i>20</i>	<i>2.40</i>	<i>1.95</i>	<i>1.27</i>
<i>RF</i>	<i>8.13</i>	<i>10</i>	<i>0.80</i>	<i>0.81</i>	<i>0.59</i>
<i>RJ</i>	<i>22.92</i>	<i>5</i>	<i>1.40</i>	<i>1.42</i>	<i>0.98</i>
<i>SL</i>	<i>2.72</i>	<i>53</i>	<i>0.90</i>	<i>0.71</i>	<i>0.57</i>
<i>SP</i>	<i>23.17</i>	<i>805</i>	<i>1.60</i>	<i>2.70</i>	<i>1.89</i>
<i>SV</i>	<i>12.90</i>	<i>6</i>	<i>1.00</i>	<i>0.97</i>	<i>0.69</i>
<i>VT</i>	<i>20.30</i>	<i>60</i>	<i>1.50</i>	<i>1.20</i>	<i>0.83</i>

Com as informações acima, as seguintes equações de correlação linear múltipla podem ser inferidas objetivando a transferência espacial dos coeficientes de variação citados ou, respectivamente:

$$\begin{aligned} CV_{DRA} &= 0.7160 + 41.32 \text{ latitude}/1000 + 0.3268 \text{ altitude}/1000 \\ CV_{FCA_{60\text{Hz}}} &= 0.6050 + 39.28 \text{ latitude}/1000 + 1.5640 \text{ altitude}/1000 \\ CV_{FCA_{man}} &= 0.7790 + 15.61 \text{ latitude}/1000 + 0.8388 \text{ altitude}/1000 \end{aligned}$$

CV_{DRA} coeficiente de variação da distribuição da DRA (%)
 $CV_{FCA_{60\text{Hz}}}$ coeficiente de variação dos valores de FCAs para 60 Hz (%)
 $CV_{FCA_{man}}$ coeficiente de variação dos FCAs para surtos de manobra (%)

5 Representação gráfica e mapeamento das variáveis

As variáveis ambientais aqui abordadas correlacionam-se bem com a latitude e a altitude e serão, portanto, representadas pelas equações de regressão do tipo:

$$\text{variável} = a_0 + a_1 \text{ latitude} + a_2 \text{ altitude},$$

A latitude é dada em graus e a altitude em km.

A Tabela 5 indica os coeficientes definidos por correlação linear múltipla e os valores dos respectivos erros médios quadráticos (emq) atestam a qualidade da aderência entre valores reais e modelados.

Tabela 5 - Coeficientes das equações de regressão linear múltipla

<i>variável</i>	<i>coeficiente a₀</i>	<i>coeficiente a₁</i>	<i>coeficiente a₂</i>	<i>emq</i>
<i>temp média</i>	2.817E+01	-2.480E-01	-3.813E+00	1.335E+00
<i>temp min anual</i>	2.393E+01	-2.411E-01	-4.692E+00	1.176E+00
<i>temp min inverno</i>	2.319E+01	-3.824E-01	-5.217E+00	1.504E+00
<i>temp min abs</i>	1.959E+01	-6.624E-01	-6.417E+00	3.268E+00
<i>temp max anual</i>	3.361E+01	-2.386E-01	-2.936E+00	1.875E+00
<i>temp max verão</i>	3.495E+01	-1.423E-01	-3.660E+00	1.861E+00
<i>temp max abs</i>	4.090E+01	-3.000E-02	-2.028E+00	2.050E+00
<i>pressão</i>	1.013E+03	1.404E-01	-1.250E+02	1.761E+01
<i>umidade absoluta</i>	2.046E+01	-1.934E-01	-4.523E+00	1.266E+00
<i>umidade relativa</i>	7.533E+01	1.372E-01	-5.806E+00	7.085E+00
<i>DRA₅₀ %</i>	9.704E-01	9.057E-04	-9.624E-02	6.253E-03
<i>DRA₉₀ %</i>	9.613E-01	3.838E-04	-9.817E-02	6.146E-03
<i>FCA₆₀₋₅₀ %</i>	1.063E+00	-9.426E-04	-1.109E-01	1.070E-02
<i>FCA₆₀₋₉₉ %</i>	1.046E+00	-1.830E-03	-1.414E-01	1.059E-02
<i>FCA_{man 50%}</i>	1.040E+00	-6.011E-04	-9.100E-02	8.015E-03
<i>FCA_{man 90 %}</i>	1.029E+00	-7.923E-04	-9.979E-02	7.865E-03
<i>FCA_{atm 50 %}</i>	1.068E+00	-1.123E-03	-1.309E-01	1.387E-02
<i>FCA_{atm 90 %}</i>	1.057E+00	-1.305E-03	-1.392E-01	1.376E-02
<i>tempo - ruim (RI)</i>	2.393E+01	-2.411E-01	-4.692E+00	1.176E+00

5.1 Densidades relativas do ar e nível de tempo - ruim

Textualmente, os editais de Linhas de Transmissão da ANEEL exigem que:

(a) Corona visual

A linha de transmissão, com seus cabos e acessórios, bem como as ferragens das cadeias de isoladores, não deve apresentar corona visual em 90% do tempo nas condições de máxima tensão operativa e para as condições atmosféricas predominantes na região atravessada pela linha de transmissão aérea.

O $DRA_{90\%}$ corresponde a um maior rigor na aplicação do DRA, particularmente quando da sua utilização nas avaliações do efeito corona e suas manifestações em LTs, através da relação:

$$DRA_{90\%} = DRA_{\text{médio}} - 1.28 \sigma_{DRA}$$

onde o valor de σ_{DRA} já foi discutido e modelado tal como descrito em 4.2.

Ainda diretamente vinculado ao efeito Corona e suas manifestações, o Anexo 6 apresenta uma quantificação para o percentual de “tempo - ruim”, a ser aplicado na determinação dos níveis de rádio interferência ao longo de “todo o tempo”, tal como requer a metodologia de [8, Red Book]. Os resultados fundamentam-se na precipitação pluviométrica anual registrada nas estações do INMET e que serve de medição para variabilidade espacial do tempo ruim sobre o território brasileiro.

Para a inferência do % de tempo ruim, foi adotada uma média anual de 1,5 mm/h quando da precipitação pluviométrica média anual registrada nas estações do INMET. Tal consideração de 1.5 mm/h é certamente subjetiva, mas é mais realista do que se adotarem os padrões climáticos constantes de [8] como típicos do Brasil.

5.2 Fatores de Correção Atmosféricos

Os fatores de correção atmosféricos são definidos através de uma relação entre os fatores de correção da densidade relativa do ar (k_1) e da umidade absoluta (k_2), como segue e detalhadamente descrito em [7].

$$FCA = k_1 \cdot k_2$$

- $k_1 = \delta^m$ - fator de correção para a densidade relativa do ar, veja Figura 1.3 (superior) do Anexo 1
- $k_2 = k^w$ - fator de correção para a umidade absoluta do ar, veja Figura 1.3 (inferior) do Anexo 1

Para o caso de 60 Hz recomenda-se a utilização do valor referido a 99% pois as tensões dessa natureza devem ser suportadas em quaisquer condições atmosféricas, de forma que a qualidade de suprimento energético seja assegurada.

Para sobretensões de manobra ou atmosféricas, que correspondem a solicitações de ocorrência mais infrequente, o valor médio do FCA ($FCA_{man}^{médio}$ - manobra ou $FCA_{atm}^{médio}$ - atmosférico) pode ser adotado, mas recomenda-se o valor de 90% que é mais conservador, pois que há erros de avaliação que decorrem da variabilidade espacial dessa variável, além das simplificações descritas no Anexo 1.

As formulações para os FCAs acima valem para distâncias em ar de 1 a 5 m, com dispersão em torno da média de 1,3% para 60 Hz e 1,7% para impulsos. Para os casos de distâncias superiores a 5 m, os valores de FCA tendem para o valor de 1.0, indicando que para gaps mais longos, o FCA não mais depende das condições atmosféricas. Como os casos mais severos são aqueles em que o $FCA < 1.0$, nenhuma correção será aqui recomendada, pois os resultados encontram-se a favor da segurança.

5.3 Umidades absolutas

A umidade absoluta, que é relevante para as determinações dos FCAs, pode ser modelada através das equações que seguem:

5.3.1 Cálculo dos pontos de orvalho e de gelo

Inicialmente, são determinados os pontos de orvalho e de gelo, para as temperaturas ambientes em questão (bulbo seco):

$$T_d = \frac{237.3 \left[\frac{\ln(RH/100)}{17.270} + \frac{T}{237.3 + T} \right]}{1 - \left[\frac{\ln(RH/100)}{17.270} + \frac{T}{237.3 + T} \right]}$$

$$T_i = \frac{265.5 \left[\frac{\ln(RH/100)}{21.875} + \frac{T}{265.5 + T} \right]}{1 - \left[\frac{\ln(RH/100)}{21.875} + \frac{T}{265.5 + T} \right]}$$

- RH* - umidade relativa (%),
T_d e *T_i* - pontos de orvalho e de gelo (°K), respectivamente,
T - temperatura de bulbo seco do ambiente (°K).

5.3.2 Cálculo das pressões de vapor

As pressões de vapor saturado correspondentes aos pontos de orvalho (*e_d*) e de gelo (*e_i*) são dadas pelas fórmulas seguintes:

$$e_d = 0.6108 \exp\left[\frac{17.27 T_d}{T_d + 237.3}\right] \quad e_i = 0.6108 \exp\left[\frac{21.875 T_i}{T_i + 265.5}\right]$$

5.3.3 Cálculo das umidades absolutas

E finalmente, as umidades absolutas em g/m³ (*u_{abs}*) ou são calculadas como segue, onde *e* assume os valores de *e_d* ou de *e_i*:

$$u_{abs} = \frac{2165 e}{T + 273.16}$$

5.4 Densidades de descargas atmosféricas e níveis cerâmicos

As densidades de descargas atmosféricas segue uma digitalização possível do mapa recentemente publicado pelo Operador Nacional do Sistema (ONS), onde as densidades abaixo de 5 descargas/km²/ano foram descartadas, por não corresponderem à prática em curso no dimensionamento elétrico. Os respectivos Níveis Cerâmicos são determinados pela média de três formulações ora em uso e que são:

$$dens = 0.1 \text{ NC} , dens = 0.2 \text{ NC} \text{ e } dens = 0.04 \text{ NC}^{1,25}$$

Os valores indicados são de referência e sujeitos a modificações por parte do projetista, na medida que as avaliações espaciais são particularmente dispersas.

6 Conclusões e recomendações

Os mapas constantes deste relatório oferecem ao projetista de LTs recursos ora disponíveis para uma escolha paramétrica tecnicamente justificável no que se refere aos elementos climáticos aqui avaliados estatisticamente. De uma forma geral, os parâmetros recomendados são conservadores e visam garantir um desempenho superior ao mínimo exigido.

Com uma importância de destaque, encontra-se a densidade relativa do ar, caracterizada pelo seu valor médio e $DRA_{90\%}$ que é o valor excedido 90% do tempo, garantindo o que é exigido nos editais da ANEEL. Somente com os mapeamentos exclusivos das médias e dos desvios da DRA, não se torna imediata a identificação do local onde as condições do DRA são as mais adversas, pois a média mínima não coincide, necessariamente, com o máximo desvio padrão da DRA.

Assim sendo, para facilidade de interpretação e escolha, foram traçadas as isolinhas do Anexo 6 que apresenta os valores de $DRA_{médio}$ e de $DRA_{90\%}$, através da relação $DRA_{90\%} = DRA_{médio} - 1.28$ desvios-padrão. Os mesmos conceitos se aplicam aos fatores de correção atmosféricos aqui sugeridos ($FCA_{60Hz}^{99\%}$, $FCA_{man}^{90\%}$ e $FCA_{atm}^{90\%}$), muito embora a sua utilização ainda não esteja regulamentada e nem mesmo exigida, embora correspondam à prática segura de escolha paramétrica.

Vale ainda sublinhar que FCAs acima de 1.00 pu são típicos de regiões com elevada umidade absoluta, tal como é o caso da região amazônica e do planalto no centro-oeste. No entanto, com a descontrolada continuidade de queimadas e desmatamentos, que vêm ocorrendo há décadas, a tendência é de que os valores de FCA venham se reduzindo com o tempo. O alerta serve para que valores de FCA acima de 1.00 pu sejam usados com certa reserva, a critério do projetista. Os valores indicados na Tabela 6.1 já seguem esse viés no sentido da segurança. A Tabela seguinte apresenta um resumo das leituras feitas nas Figuras dos Anexos 3 a 7:

Tabela 6.1 - Resumo das recomendações

<i>Parâmetros climáticos</i>	<i>Rio das Éguas - Barreiras</i>	<i>Igaporã - Janaúba C1 e C2</i>	<i>Janaúba - P. Juscelino C1 e C2</i>
<i>altitude média - (m)</i>	800	700	700
<i>temp média – (°C)</i>	22	22	21
<i>temp mín 50 anual – (°C)</i>	17	17	17
<i>temp mín 50 inverno – (°C)</i>	14	14	13
<i>temp mín absoluta – (°C)</i>	5	5	4
<i>temp máx 50 anual – (°C)</i>	28	28	28
<i>temp máx 50 verão – (°C)</i>	30	30	30
<i>temp máx abs – (°C)</i>	39	39	39
<i>pressão média – (mbar)</i>	920	940	940
<i>DRA 50% – (pu)</i>	0.90	0.91	0.92
<i>DRA 90% – (pu)</i>	0.88	0.89	0.90
<i>FCA_{60 Hz} 50% – (pu)</i>	0.95	0.96	0.97
<i>FCA_{60 Hz} 99% – (pu)</i>	0.89	0.91	0.92
<i>FCA_{man}50% – (pu)</i>	0.95	0.96	0.97
<i>FCA_{man} 90% – (pu)</i>	0.93	0.94	0.95
<i>FCA_{atm}50% – (pu)</i>	0.94	0.95	0.96
<i>FCA_{atm} 90% – (pu)</i>	0.92	0.93	0.94
<i>umi rel (U_{rel}) – (%)</i>	72	73	74
<i>umi abs (U_{abs}) - (g/m³)</i>	14	15	14
<i>tempo ruim - (%)</i>	10	10	10

7 Comentários finais

As recomendações relativas à quantificação de elementos climáticos constantes deste relatório seguem as orientações e cálculos apresentados basicamente pelas referências [2, 3, 4, 6, 7 e 8], enquanto que as bases de dados provêm de [1, 2 e 7]. Vale sempre lembrar que [2 e 7] contêm sínteses metodológicas pioneiras que permitiram uma avaliação estatística mais aprofundada no que se refere aos percentis da densidade relativa do ar e dos variados fatores de correção atmosféricos aqui considerados, através, objetivando a determinação dos seus respectivos desvios-padrão. Além disso, há que se dar a devida ênfase ao que [3] declara a respeito dos FCAs sempre que o fator u_{abs} / DRA excede 15 g/m^3 (sic):

Para valores de U_{abs} / DRA acima de 15 g/m^3 , o valor do parâmetro k pode chegar a (- 15%), veja também a Figura 1.1.

Tal observação tem influência expressiva sobre os resultados de cálculo, na medida em que valores acima de 15 g/m^3 são frequentemente encontrados no Brasil.

8 Referências

- 1 *INMET – Instituto Nacional de Meteorologia – “Normais climatológicas” (1961-1990).*
- 2 *Andrade, V. H. G et ali – Dados meteorológicos e parâmetros correlatos que influenciam os isolamentos em ar – Estatística de valores, VII SNPTEE.*
- 3 *IEC 60-1 - High Voltage Test Techniques - Part 1: General definitions and test requirements, 2010.*
- 4 *Menezes Jr A. A., Silva Filho J. I. - Transferência espacial de informações meteorológicas - Modelos matemáticos. Relatório Técnico CEPEL/1983*
- 5 *IEC 60826 - Overhead Transmission Line Design Criteria*
- 6 *NBR 5422 - Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica, Procedimentos, 1985.*
- 7 *Azevedo, R. M., Silva Filho, J. I. Andrade, V. H. G., - Fatores de correção atmosféricos aplicados ao dimensionamento de isolamentos em ar - Nova metodologia de cálculo, XVII SNPTEE, 2003*
- 8 *Transmission Line Reference Book, 345 kV and Above, Electric Power Research Institute, Palo Alto*

Anexo 1 Dados para determinação espacial da DRA e dos FCAs

Este Anexo objetiva apresentar parte dos resultados constantes de [7], que constituem a base das recomendações constantes deste relatório. Neste particular, as Tabelas 1.1, 1.2 e 1.3 ilustram os valores básicos para as correlações dos valores de DRAs (ou δ) e FCAs.

Tabela 1.1 - Resultados do processamento e dados provenientes do DEPV

estação	longitude (graus)	latitude (graus)	altitude (m)	h (g/m ³)		δ (pu)		h/ δ (g/m ³)	
				média	desvio	média	desvio	média	desvio
BE - Belém	48,48	1,38	16	21,10	1,37	0,976	0,010	21,628	1,515
BH - B. Horizonte	43,95	19,85	787	13,64	2,66	0,913	0,017	14,985	3,061
BR - Brasília	47,92	15,87	1060	12,92	2,78	0,883	0,015	14,646	3,227
CG - C. Grande	54,67	20,47	558	15,72	3,59	0,927	0,017	17,008	4,054
CT - Curitiba	49,18	25,52	909	11,92	2,93	0,913	0,019	13,107	3,399
CV - Caravelas	39,25	17,28	3	18,43	2,22	0,987	0,013	18,688	2,410
FL - Florianópolis	48,55	27,67	7	15,00	3,58	1,001	0,019	15,051	3,817
FZ - Fortaleza	38,53	3,78	24	19,77	1,47	0,975	0,008	20,292	1,520
GL - Galeão (RJ)	43,25	22,83	9	17,36	2,73	0,990	0,016	17,567	2,965
KP - Campinas	47,13	23,00	661	13,15	2,91	0,926	0,018	14,246	3,284
MN - Manaus	59,98	3,15	83	21,22	1,26	0,968	0,010	21,938	1,381
MO - Maceió	35,78	9,51	116	18,45	1,63	0,973	0,011	18,969	1,764
NT - Natal	35,25	5,92	49	19,02	1,52	0,975	0,010	19,521	1,637
PA - Porto Alegre	11,18	30,00	20	13,38	3,65	1,004	0,024	13,412	3,893
RF - Recife	34,92	8,13	10	19,39	1,48	0,980	0,008	19,793	1,584
RJ - S. Dumont	43,15	22,92	5	16,94	2,67	0,991	0,014	17,118	2,865
SL - São Luiz	44,25	2,72	53	20,94	1,10	0,971	0,009	21,578	1,171
SP - São Paulo	46,65	23,17	805	12,87	2,62	0,918	0,016	14,058	3,005
SV - Salvador	38,35	12,90	6	19,12	1,95	0,983	0,010	19,474	2,110
VT - Vitória	40,30	20,30	60	17,92	2,59	0,991	0,015	18,123	2,823

Tabela 1.2 - Média \bar{x} e coeficiente de variação cv da série horária do FCA_{60Hz} , em 10 anos, função do comprimento do gape (d)

local	$d = 1 m$		$d = 3 m$		$d = 5 m$	
	\bar{x} (pu)	cv (%)	\bar{x} (pu)	cv (%)	\bar{x} (pu)	cv (%)
BE	1.091	0.96	1.062	0.68	1.041	0.45
BH	0.956	2.74	0.960	2.70	0.973	1.83
BR	0.922	3.37	0.925	3.66	0.947	2.77
CG	0.993	3.66	0.992	3.08	0.994	2.08
CT	0.936	2.69	0.939	2.90	0.959	2.03
CV	1.074	1.60	1.050	1.08	1.033	0.72
FL	1.047	2.72	1.033	1.85	1.022	1.24
FZ	1.079	1.43	1.053	0.98	1.035	0.65
GL	1.066	2.01	1.045	1.34	1.030	0.89
KP	0.961	3.13	0.965	3.06	0.976	2.10
MN	1.087	1.07	1.059	0.75	1.039	0.50
MO	1.065	1.59	1.044	1.04	1.029	0.69
NT	1.072	1.37	1.049	0.92	1.032	0.61
PA	1.031	2.79	1.022	1.95	1.015	1.31
RF	1.079	1.15	1.053	0.81	1.035	0.53
RJ	1.062	2.13	1.042	1.42	1.028	0.94
SL	1.087	0.99	1.059	0.71	1.039	0.47
SP	0.951	2.65	0.956	2.70	0.970	1.86
SV	1.078	1.42	1.053	0.97	1.035	0.65
VT	1.072	1.79	1.049	1.20	1.032	0.80

Tabela 1.3 - Média e coeficiente de variação da série horária do FCA_{man} , em 10 anos, função do comprimento do gape (d)

local	$d = 1 m$		$d = 3 m$		$d = 5 m$	
	\bar{x} (pu)	cv (%)	\bar{x} (pu)	cv (%)	\bar{x} (pu)	cv (%)
BE	1.075	1.51	1.041	0.53	1.025	0.32
BH	0.936	1.75	0.962	1.89	0.976	1.18
BR	0.902	1.99	0.932	2.88	0.957	1.82
CG	0.968	2.54	0.987	2.15	0.992	1.34
CT	0.925	1.46	0.948	1.99	0.967	1.25
CV	1.056	1.74	1.034	0.76	1.021	0.47
FL	1.036	2.07	1.023	1.2	1.014	0.74
FZ	1.058	1.85	1.035	0.75	1.021	0.46
GL	1.049	1.93	1.030	0.92	1.018	0.56
KP	0.946	2.01	0.967	2.17	0.979	1.36
MN	1.067	1.61	1.039	0.59	1.023	0.36
MO	1.041	1.65	1.028	0.78	1.017	0.48
NT	1.049	1.58	1.032	0.69	1.019	0.42
PA	1.025	1.92	1.015	1.27	1.009	0.78
RF	1.059	1.48	1.035	0.59	1.021	0.36
RJ	1.045	1.95	1.028	0.98	1.017	0.6
SL	1.067	1.57	1.039	0.57	1.023	0.34
SP	0.936	1.57	0.960	1.89	0.975	1.18
SV	1.059	1.66	1.035	0.69	1.021	0.42
VT	1.055	1.83	1.033	0.83	1.020	0.51

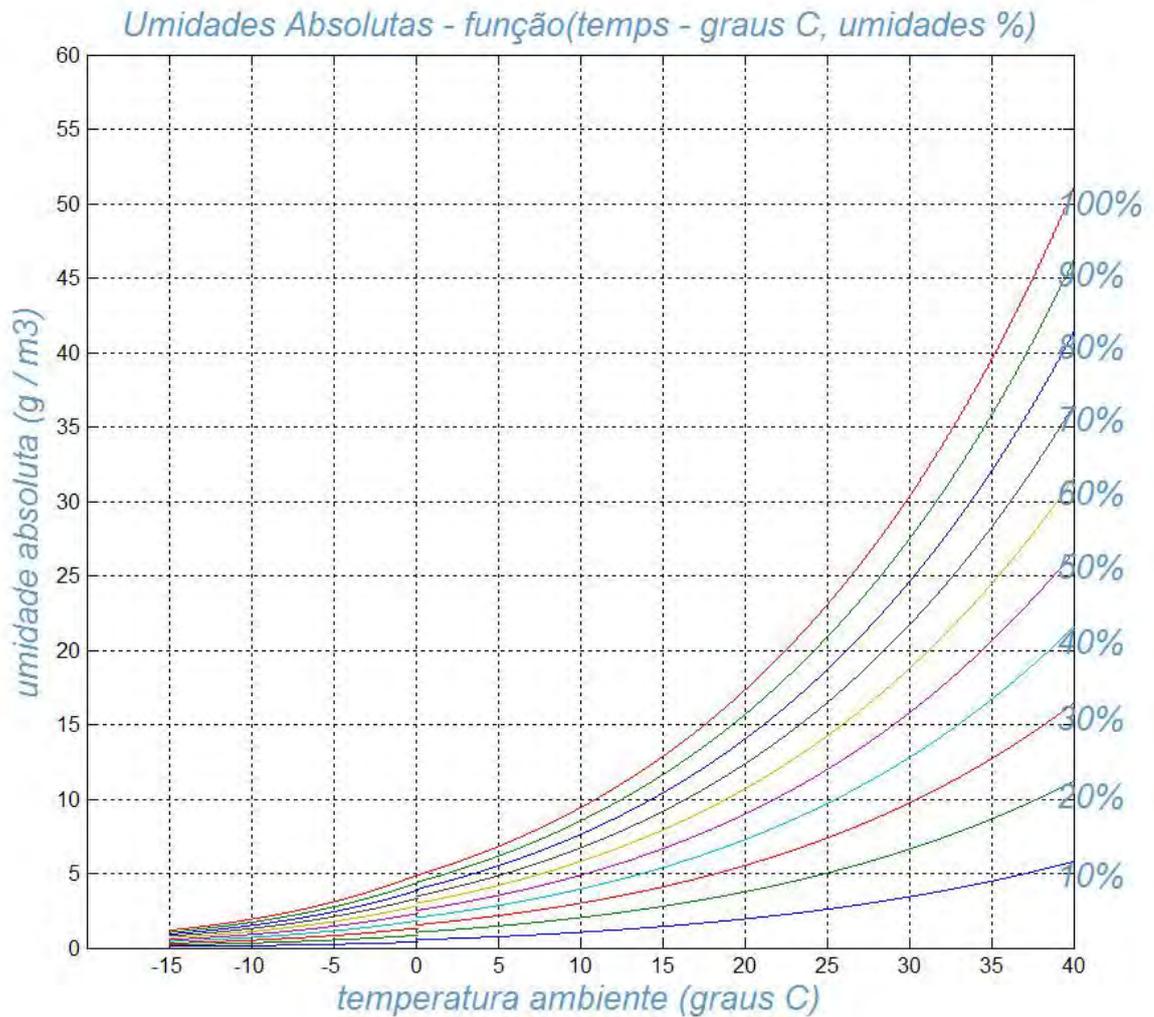


Figura 1.1 - Umidade absoluta do ar em função das leituras dos termômetros de bulbo seco e úmido

Uma vez de posse das condições climáticas na região de interesse, ou seja, das temperaturas de bulbo seco e úmido, da pressão atmosférica e da umidade relativa, determinam-se a umidade absoluta respectiva (u_{abs} ou h) e a densidade relativa do ar (DRA ou δ). Da relação entre essas 2 variáveis (h e δ), o coeficiente k é definido pela Figura 1.2, como segue.

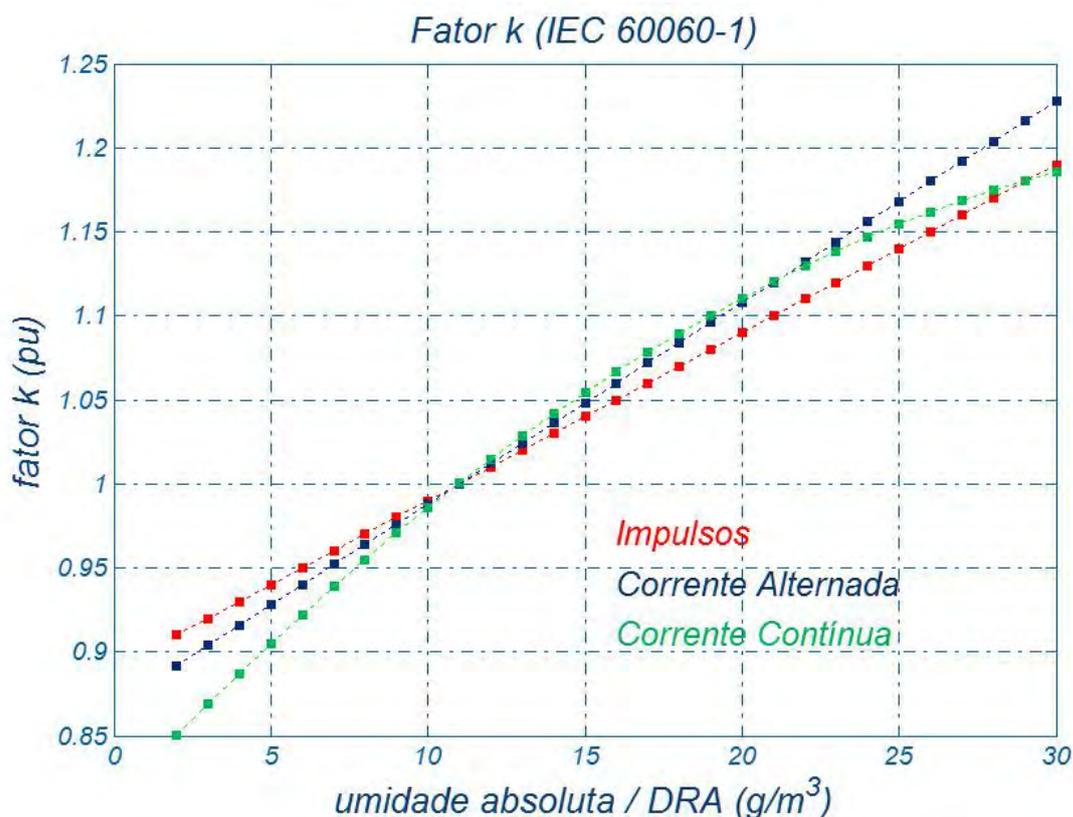


Figura 1.2 - Determinação do fator k em função de h / δ (g / m^3) e do tipo de tensão (60 Hz, impulso ou CC)

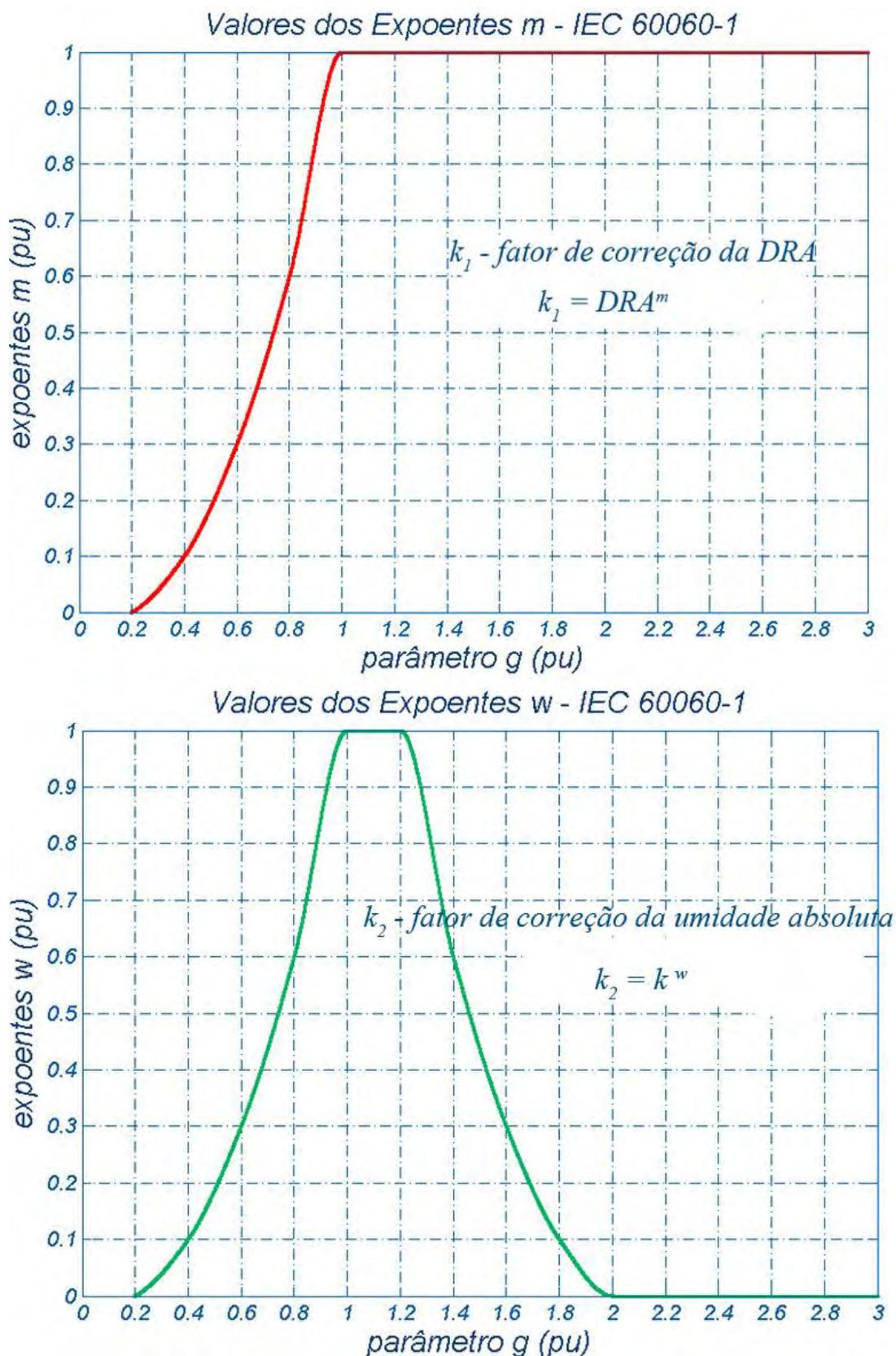


Figura 1.3 - Valores dos expoentes m para a DRA (superior) e w para a correção da umidade absoluta do ar (inferior), em função do parâmetro g

O parâmetro g , que determina os expoentes m e w , é determinado pela relação

$$g = \frac{U_{50}}{500 d \delta k}$$

a - distância do isolamento (ou gape em ar), em metros.

δ - densidade relativa do ar (pu), ou DRA

k - coeficiente obtido da Figura A 1.2, acima

U_{50} - valor de crista da tensão disruptiva com 50% de probabilidade de não ser excedido nas reais condições atmosféricas de trabalho, em kV, dado pelas expressões seguintes:

- tensões de frequência industrial

$$U_{50} = 750\sqrt{2} * \ln(1 + 0,55d^{1,2}) * (1,35K_g - 0,35K_g^2)$$

- sobretensões de frente lenta ou de manobra

$$U_{50} = 500 * d^{0,6} * K_g$$

$$K_g \text{ (fator de gape)} = 1,3$$

- sobretensões de frente rápida ou atmosféricas, polaridade positiva:

$$U_{50} = 530 * d$$

Os dados indicados nas Tabelas 1.1 a 1.3 foram determinados com base nas Figuras 1.1 a 1.3 e a metodologia adotada encontra-se detalhadamente descrita em [7 e 8]. Cabe aqui ressaltar que [1, 2, 3, 4 e 8] desempenharam um papel fundamental no equacionamento da DRA e dos FCAs para aplicação sistemática ao longo de linhas de transmissão, haja vista que as normas IEC que cuidam do assunto [3 e 6] foram originalmente desenvolvidas para aplicação em laboratórios de alta tensão. Os trabalhos citados introduziram simplificações cabíveis que tornaram possível estender os conceitos normativos com fins laboratoriais para aplicações em linhas de transmissão, quando uma visão mais espacial sempre se faz necessária. Ainda com relação aos valores constantes das Tabelas 1.1 a 1.3, algumas considerações de simplificação tornam-se cabíveis, quando se leva em conta que a aplicação primordial, neste estudo, concentra-se em linhas de transmissão aéreas. Inicialmente, observe-se

que a dispersão dos valores dos FCAs em função do comprimento do gape, de 1 a 5 m é pequena, senão desprezível. Verifique nas Tabelas 1.4 a 1.7 a seguir:

Tabela 1.4 - Valores médios de $FCA_{60\text{Hz}}^{\text{médio}}$, para $d = 1, 3$ e 5 m e os erros referidos a 3 m

cidade	longitude (graus)	latitude (graus)	altitude (m)	$FCA_{60\text{Hz}}^{\text{médio}}$ 1 m	$FCA_{60\text{Hz}}^{\text{médio}}$ 3 m	$FCA_{60\text{Hz}}^{\text{médio}}$ 5 m	$FCA_{60\text{Hz}}^{\text{médio}}$ médio	erro ($\pm\%$)
BE	48.48	1.38	16	1.091	1.062	1.041	1.065	2.35
BH	43.95	19.85	787	0.956	0.960	0.973	0.963	0.88
BR	47.92	15.87	1060	0.922	0.925	0.947	0.931	1.34
CG	54.67	20.47	558	0.993	0.992	0.994	0.993	0.05
CT	49.18	25.52	909	0.936	0.939	0.959	0.945	1.22
CV	39.25	17.28	3	1.074	1.050	1.033	1.052	1.95
FL	48.55	27.67	7	1.047	1.033	1.022	1.034	1.21
FZ	38.53	3.78	24	1.079	1.053	1.035	1.056	2.08
GL	43.25	22.83	9	1.066	1.045	1.030	1.047	1.72
KP	47.13	23.00	661	0.961	0.965	0.976	0.967	0.78
MN	59.98	3.15	83	1.087	1.059	1.039	1.062	2.26
MO	35.78	9.51	116	1.065	1.044	1.029	1.046	1.72
NT	35.25	5.92	49	1.072	1.049	1.032	1.051	1.90
PA	11.18	30.00	20	1.031	1.022	1.015	1.023	0.78
RF	34.92	8.13	10	1.079	1.053	1.035	1.056	2.08
RJ	43.15	22.92	5	1.062	1.042	1.028	1.044	1.63
SL	44.25	2.72	53	1.087	1.059	1.039	1.062	2.26
SP	46.65	23.17	805	0.951	0.956	0.970	0.959	0.99
SV	38.35	12.90	6	1.078	1.053	1.035	1.055	2.04
VT	40.30	20.30	60	1.072	1.049	1.032	1.051	1.90

Tabela 1.5 - Valores médios de $FCA_{60Hz}^{99\%}$, para $d = 1, 3$ e 5 m
e os erros referidos a 3 m

cidade	longitude (graus)	latitude (graus)	altitude (m)	$FCA_{60Hz}^{99\%}$ (1 m)	$FCA_{60Hz}^{99\%}$ (3 m)	$FCA_{60Hz}^{99\%}$ (5 m)	$FCA_{60Hz}^{99\%}$ médio	erro ($\pm\%$)
BE	48.48	1.38	16	1.067	1.045	1.030	1.05	1.74
BH	43.95	19.85	787	0.895	0.900	0.932	0.91	2.01
BR	47.92	15.87	1060	0.850	0.846	0.886	0.86	2.11
CG	54.67	20.47	558	0.908	0.921	0.946	0.92	2.03
CT	49.18	25.52	909	0.877	0.876	0.914	0.89	2.04
CV	39.25	17.28	3	1.034	1.024	1.016	1.02	0.89
FL	48.55	27.67	7	0.981	0.988	0.992	0.99	0.60
FZ	38.53	3.78	24	1.043	1.029	1.019	1.03	1.15
GL	43.25	22.83	9	1.016	1.012	1.009	1.01	0.37
KP	47.13	23.00	661	0.891	0.896	0.928	0.91	2.06
MN	59.98	3.15	83	1.060	1.040	1.027	1.04	1.58
MO	35.78	9.51	116	1.026	1.019	1.012	1.02	0.64
NT	35.25	5.92	49	1.038	1.027	1.017	1.03	1.00
PA	11.18	30.00	20	0.964	0.976	0.984	0.97	1.03
RF	34.92	8.13	10	1.050	1.033	1.022	1.04	1.35
RJ	43.15	22.92	5	1.009	1.008	1.005	1.01	0.19
SL	44.25	2.72	53	1.062	1.041	1.028	1.04	1.64
SP	46.65	23.17	805	0.892	0.896	0.928	0.91	1.97
SV	38.35	12.90	6	1.042	1.029	1.019	1.03	1.12
VT	40.30	20.30	60	1.027	1.020	1.013	1.02	0.71

Tabela 1.6 - Valores médios de $FCA_{imp}^{médio}$, para $d = 1, 3$ e 5 m
e os erros referidos a 3 m

<i>cidade</i>	<i>longitude</i> (graus)	<i>latitude</i> (graus)	<i>altitude</i> (m)	$FCA_{imp}^{médio}$ (1 m)	$FCA_{imp}^{médio}$ (3 m)	$FCA_{imp}^{médio}$ (5 m)	$FCA_{imp}^{médio}$ médio	<i>erro</i> (±%)
BE	48.48	1.38	16	1.075	1.041	1.025	1.047	2.39
BH	43.95	19.85	787	0.936	0.962	0.976	0.958	2.09
BR	47.92	15.87	1060	0.902	0.932	0.957	0.930	2.96
CG	54.67	20.47	558	0.968	0.987	0.992	0.982	1.22
CT	49.18	25.52	909	0.925	0.948	0.967	0.947	2.22
CV	39.25	17.28	3	1.056	1.034	1.021	1.037	1.69
FL	48.55	27.67	7	1.036	1.023	1.014	1.024	1.07
FZ	38.53	3.78	24	1.058	1.035	1.021	1.038	1.78
GL	43.25	22.83	9	1.049	1.030	1.018	1.032	1.50
KP	47.13	23.00	661	0.946	0.967	0.979	0.964	1.71
MN	59.98	3.15	83	1.067	1.039	1.023	1.043	2.11
MO	35.78	9.51	116	1.041	1.028	1.017	1.029	1.17
NT	35.25	5.92	49	1.049	1.032	1.019	1.033	1.45
PA	11.18	30.00	20	1.025	1.015	1.009	1.016	0.79
RF	34.92	8.13	10	1.059	1.035	1.021	1.038	1.83
RJ	43.15	22.92	5	1.045	1.028	1.017	1.030	1.36
SL	44.25	2.72	53	1.067	1.039	1.023	1.043	2.11
SP	46.65	23.17	805	0.936	0.960	0.975	0.957	2.04
SV	38.35	12.90	6	1.059	1.035	1.021	1.038	1.83
VT	40.30	20.30	60	1.055	1.033	1.020	1.036	1.69

Tabela 1.7 - Valores médios de $FCA_{imp}^{99\%}$, para $d = 1, 3$ e 5 m
e os erros referidos a 3 m

cidade	longitude (graus)	latitude (graus)	altitude (m)	$FCA_{imp}^{90\%}$ (1 m)	$FCA_{imp}^{90\%}$ (3 m)	$FCA_{imp}^{90\%}$ (5 m)	$FCA_{imp}^{90\%}$ médio	erro ($\pm\%$)
BE	48.48	1.38	16	1.0542	1.0339	1.0228	1.0370	1.51
BH	43.95	19.85	787	0.9150	0.9387	0.9475	0.9337	1.74
BR	47.92	15.87	1060	0.8790	0.8976	0.8899	0.8889	0.61
CG	54.67	20.47	558	0.9365	0.9598	0.9551	0.9505	0.98
CT	49.18	25.52	909	0.9077	0.9239	0.9352	0.9222	1.49
CV	39.25	17.28	3	1.0325	1.0239	1.0164	1.0243	0.78
FL	48.55	27.67	7	1.0086	1.0073	1.0026	1.0062	0.29
FZ	38.53	3.78	24	1.0329	1.0251	1.0166	1.0249	0.80
GL	43.25	22.83	9	1.0231	1.0179	1.0114	1.0175	0.57
KP	47.13	23.00	661	0.9217	0.9401	0.9412	0.9343	1.05
MN	59.98	3.15	83	1.0450	1.0312	1.0203	1.0321	1.20
MO	35.78	9.51	116	1.0190	1.0177	1.0122	1.0163	0.33
NT	35.25	5.92	49	1.0278	1.0229	1.0153	1.0220	0.61
PA	11.18	30.00	20	0.9998	0.9985	0.9963	0.9982	0.17
RF	34.92	8.13	10	1.0389	1.0272	1.0183	1.0281	1.00
RJ	43.15	22.92	5	1.0189	1.0151	1.0095	1.0145	0.47
SL	44.25	2.72	53	1.0456	1.0314	1.0205	1.0325	1.21
SP	46.65	23.17	805	0.9172	0.9368	0.9465	0.9335	1.57
SV	38.35	12.90	6	1.0365	1.0259	1.0173	1.0265	0.94
VT	40.30	20.30	60	1.0303	1.0220	1.0146	1.0223	0.77

Em consequência, é possível que se faça uso dos valores de FCA no entorno de 3 m, com erros médios de 1.56% , 1.31% e 1.75% respectivamente para $FCA_{60Hz}^{médio}$

, $FCA_{60Hz}^{99\%}$ e $FCA_{imp}^{médio}$, e aplicáveis na faixa de 1 a 5 m de comprimento de gapes em ar sem comprometimento da precisão.

Anexo 2 Características das estações do INMET

Tabela 2 - Características das estações meteorológicas

<i>cidade</i>	<i>longitude (graus)</i>	<i>latitude (graus)</i>	<i>altitude (m)</i>
<i>Aimorés</i>	<i>41.07</i>	<i>19.48</i>	<i>83</i>
<i>Araçuaí</i>	<i>42.07</i>	<i>16.87</i>	<i>284</i>
<i>Araxá</i>	<i>46.93</i>	<i>19.57</i>	<i>1004</i>
<i>B Jesus da Lapa</i>	<i>43.42</i>	<i>13.27</i>	<i>440</i>
<i>B Jesus do Piauí</i>	<i>44.12</i>	<i>9.10</i>	<i>332</i>
<i>Bambuí</i>	<i>45.98</i>	<i>20.00</i>	<i>661</i>
<i>Barbacena</i>	<i>43.77</i>	<i>21.25</i>	<i>1126</i>
<i>Barra</i>	<i>43.17</i>	<i>11.08</i>	<i>402</i>
<i>Barreiras</i>	<i>45.00</i>	<i>12.15</i>	<i>439</i>
<i>Belo Horizonte</i>	<i>43.93</i>	<i>19.93</i>	<i>850</i>
<i>Brasília</i>	<i>47.93</i>	<i>15.78</i>	<i>1160</i>
<i>C Mato Dentro</i>	<i>43.43</i>	<i>19.03</i>	<i>652</i>
<i>Cabo Frio</i>	<i>41.98</i>	<i>23.00</i>	<i>2</i>
<i>Cach. Itapemirim</i>	<i>41.10</i>	<i>20.85</i>	<i>78</i>
<i>Caetité</i>	<i>42.62</i>	<i>14.05</i>	<i>882</i>
<i>Campos do Jordão</i>	<i>45.58</i>	<i>22.73</i>	<i>1579</i>
<i>Caparaó</i>	<i>41.87</i>	<i>20.52</i>	<i>843</i>
<i>Caratinga</i>	<i>42.15</i>	<i>19.80</i>	<i>609</i>
<i>Carinhanha</i>	<i>43.92</i>	<i>14.17</i>	<i>440</i>
<i>Cataguases</i>	<i>42.68</i>	<i>21.38</i>	<i>168</i>

Tabela 2 - Características das estações meteorológicas (cont)

<i>cidade</i>	<i>longitude (graus)</i>	<i>latitude (graus)</i>	<i>altitude (m)</i>
<i>Catalão</i>	<i>47.95</i>	<i>18.18</i>	<i>840</i>
<i>Cel Pacheco</i>	<i>43.25</i>	<i>21.58</i>	<i>435</i>
<i>Cordeiro</i>	<i>42.37</i>	<i>22.03</i>	<i>485</i>
<i>Correntina</i>	<i>44.77</i>	<i>13.47</i>	<i>587</i>
<i>Diamantina</i>	<i>43.60</i>	<i>18.25</i>	<i>1296</i>
<i>Ecol. Agrícola</i>	<i>43.68</i>	<i>22.80</i>	<i>33</i>
<i>Espinosa</i>	<i>42.85</i>	<i>14.92</i>	<i>570</i>
<i>Formosa</i>	<i>47.33</i>	<i>15.53</i>	<i>912</i>
<i>Franca</i>	<i>47.43</i>	<i>20.55</i>	<i>1026</i>
<i>Gov Valadares</i>	<i>41.93</i>	<i>18.85</i>	<i>277</i>
<i>Ibirité</i>	<i>44.05</i>	<i>20.02</i>	<i>815</i>
<i>Ilha Guaíba</i>	<i>44.03</i>	<i>23.00</i>	<i>64</i>
<i>Irecê</i>	<i>41.87</i>	<i>11.30</i>	<i>747</i>
<i>Itaberaba</i>	<i>40.43</i>	<i>12.55</i>	<i>250</i>
<i>Itamarandiba</i>	<i>42.85</i>	<i>17.85</i>	<i>1097</i>
<i>Itaperuna</i>	<i>41.88</i>	<i>21.20</i>	<i>124</i>
<i>Ituaçu</i>	<i>41.30</i>	<i>13.82</i>	<i>531</i>
<i>Jacobina</i>	<i>40.47</i>	<i>11.18</i>	<i>485</i>
<i>João Pinheiro</i>	<i>46.17</i>	<i>17.70</i>	<i>760</i>
<i>Juiz de Fora</i>	<i>43.35</i>	<i>21.77</i>	<i>940</i>

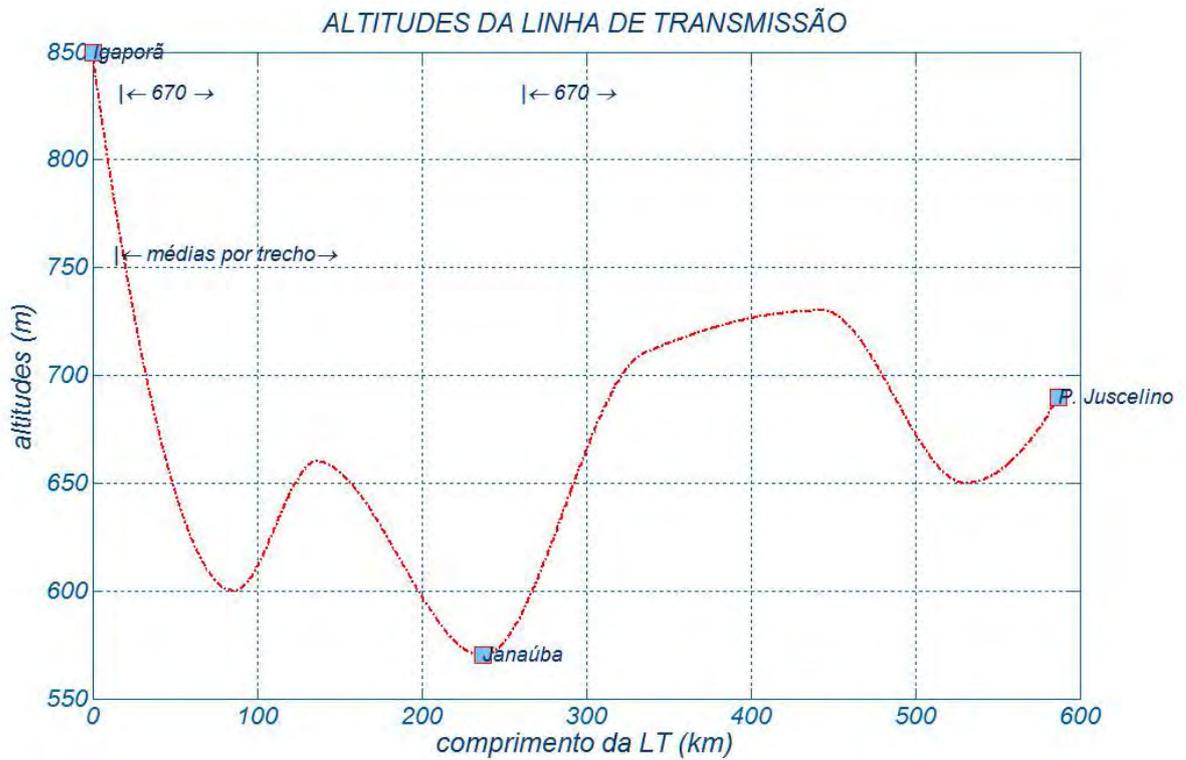
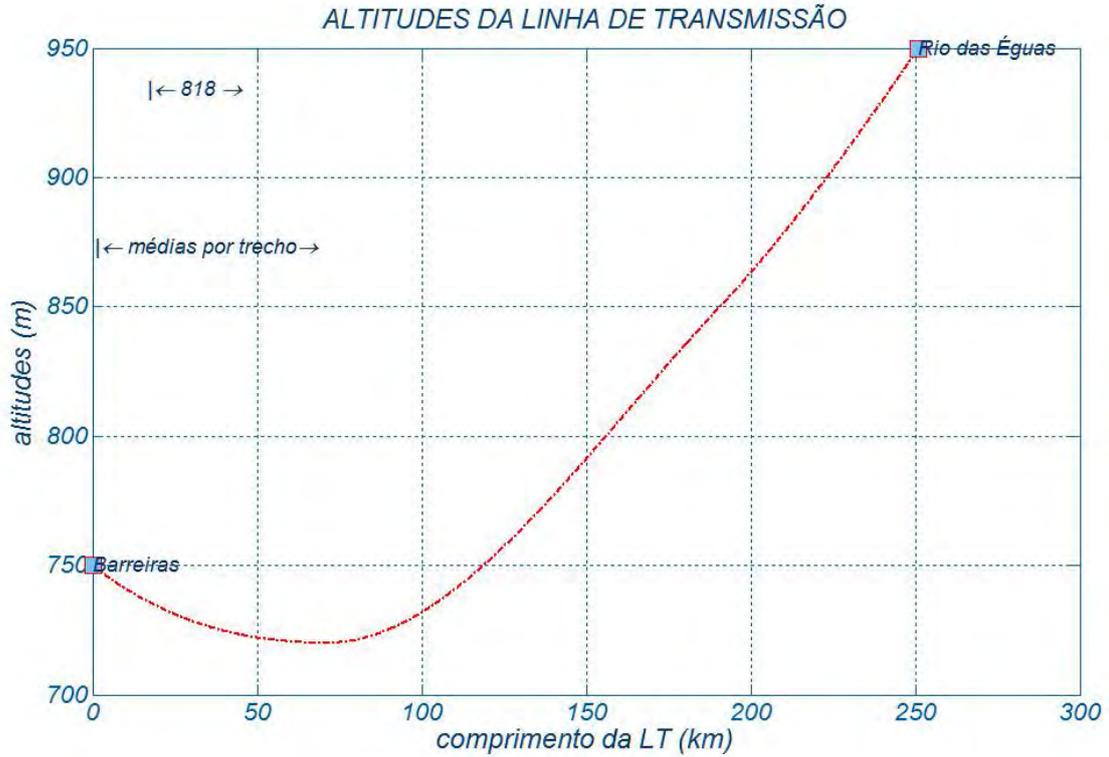
Tabela 2 - Características das estações meteorológicas(cont)

<i>cidade</i>	<i>longitude (graus)</i>	<i>latitude (graus)</i>	<i>altitude (m)</i>
<i>Lavras</i>	<i>45.00</i>	<i>21.23</i>	<i>919</i>
<i>Lençóis</i>	<i>41.38</i>	<i>12.57</i>	<i>439</i>
<i>Linhares</i>	<i>40.07</i>	<i>19.40</i>	<i>28</i>
<i>Machado</i>	<i>45.92</i>	<i>21.67</i>	<i>873</i>
<i>Monte Azul</i>	<i>42.75</i>	<i>15.08</i>	<i>604</i>
<i>Montes Claros</i>	<i>43.87</i>	<i>16.72</i>	<i>646</i>
<i>Morro do Chapéu</i>	<i>41.16</i>	<i>11.53</i>	<i>940</i>
<i>Nova Friburgo</i>	<i>42.53</i>	<i>22.28</i>	<i>857</i>
<i>Paracatu</i>	<i>46.87</i>	<i>17.22</i>	<i>711</i>
<i>Paranã</i>	<i>47.83</i>	<i>12.55</i>	<i>275</i>
<i>Patos de Minas</i>	<i>46.52</i>	<i>18.60</i>	<i>940</i>
<i>Pedra Azul</i>	<i>41.28</i>	<i>16.00</i>	<i>649</i>
<i>Petrolina</i>	<i>40.48</i>	<i>9.38</i>	<i>370</i>
<i>Pirai</i>	<i>43.90</i>	<i>22.63</i>	<i>367</i>
<i>Pompeu</i>	<i>45.00</i>	<i>19.22</i>	<i>691</i>
<i>Posse</i>	<i>46.37</i>	<i>14.10</i>	<i>826</i>
<i>Remanso</i>	<i>42.10</i>	<i>9.63</i>	<i>401</i>
<i>Rio de Janeiro</i>	<i>43.17</i>	<i>22.92</i>	<i>5</i>
<i>S. Rita de Cássia</i>	<i>44.52</i>	<i>11.02</i>	<i>550</i>
<i>São Carlos</i>	<i>47.88</i>	<i>22.02</i>	<i>856</i>

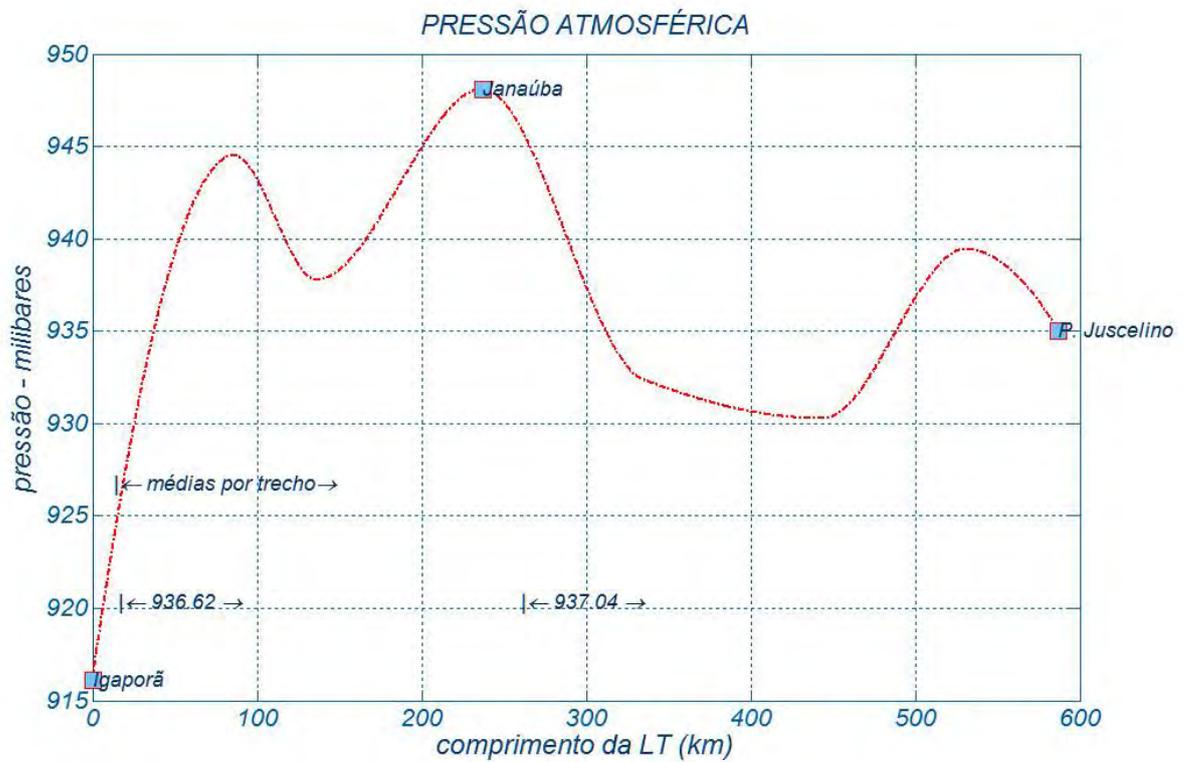
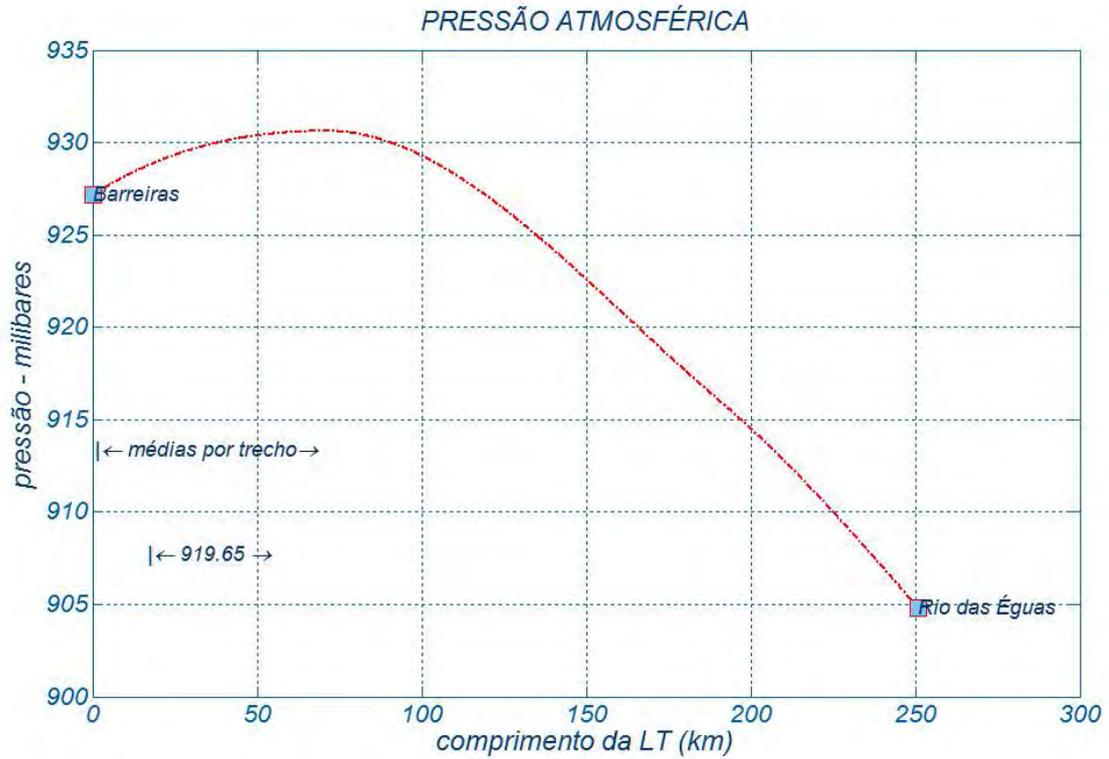
Tabela 2 - Características das estações meteorológicas(cont)

<i>cidade</i>	<i>longitude (graus)</i>	<i>latitude (graus)</i>	<i>altitude (m)</i>
<i>São Lourenço</i>	<i>45.02</i>	<i>22.10</i>	<i>900</i>
<i>São Simão</i>	<i>47.55</i>	<i>21.48</i>	<i>617</i>
<i>Senhor do Bonfim</i>	<i>40.18</i>	<i>10.47</i>	<i>558</i>
<i>Sete Lagoas</i>	<i>44.25</i>	<i>19.47</i>	<i>732</i>
<i>Taguatinga</i>	<i>46.43</i>	<i>12.40</i>	<i>604</i>
<i>Teófilo Otoni</i>	<i>41.52</i>	<i>17.85</i>	<i>356</i>
<i>Uberaba</i>	<i>47.92</i>	<i>19.75</i>	<i>743</i>
<i>Vassouras</i>	<i>43.67</i>	<i>22.33</i>	<i>437</i>
<i>Vigosa</i>	<i>42.85</i>	<i>20.75</i>	<i>690</i>
<i>Vitória</i>	<i>40.33</i>	<i>20.32</i>	<i>36</i>
<i>Vitória Conquista</i>	<i>40.88</i>	<i>14.62</i>	<i>839</i>
<i>Ibicoara</i>	<i>41.23</i>	<i>13.26</i>	<i>900</i>
<i>Brotas</i>	<i>42.49</i>	<i>12.10</i>	<i>900</i>
<i>Gilbués</i>	<i>45.39</i>	<i>9.48</i>	<i>550</i>
<i>Ourolândia</i>	<i>41.16</i>	<i>10.86</i>	<i>600</i>
<i>Umburanas</i>	<i>41.56</i>	<i>10.68</i>	<i>1000</i>
<i>Graúnas</i>	<i>40.63</i>	<i>10.92</i>	<i>900</i>
<i>Japerí</i>	<i>43.66</i>	<i>22.64</i>	<i>100</i>
<i>Rio do Ouro</i>	<i>42.67</i>	<i>11.28</i>	<i>850</i>

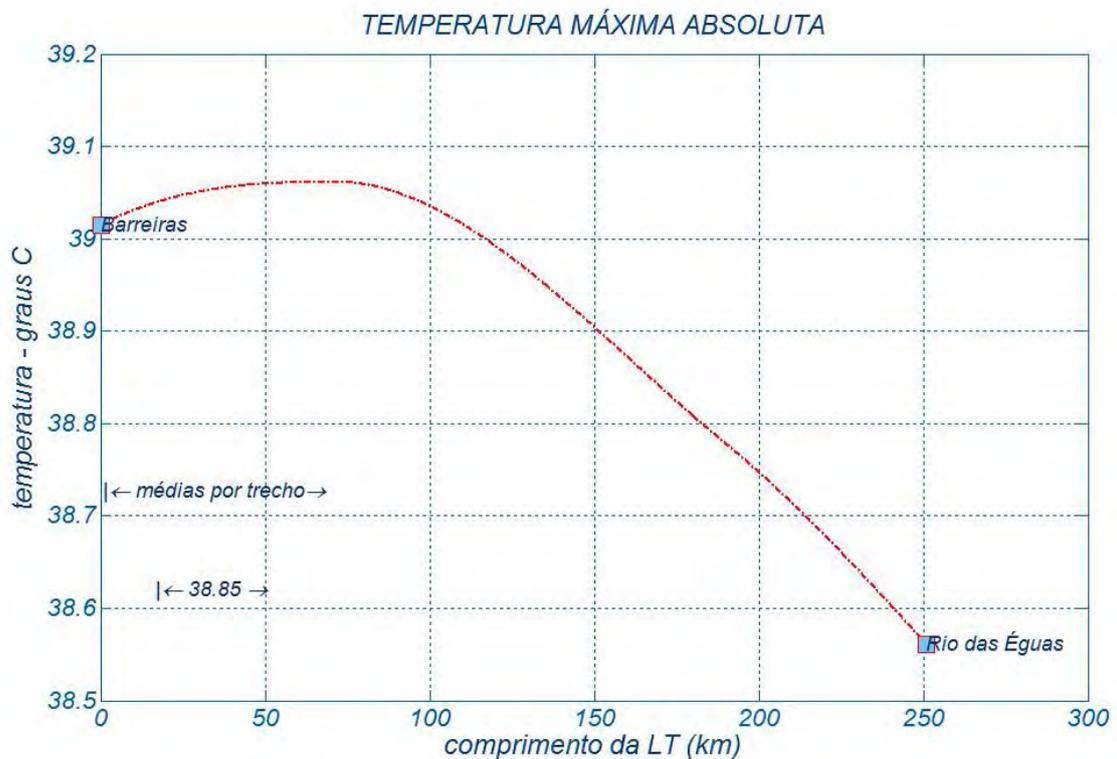
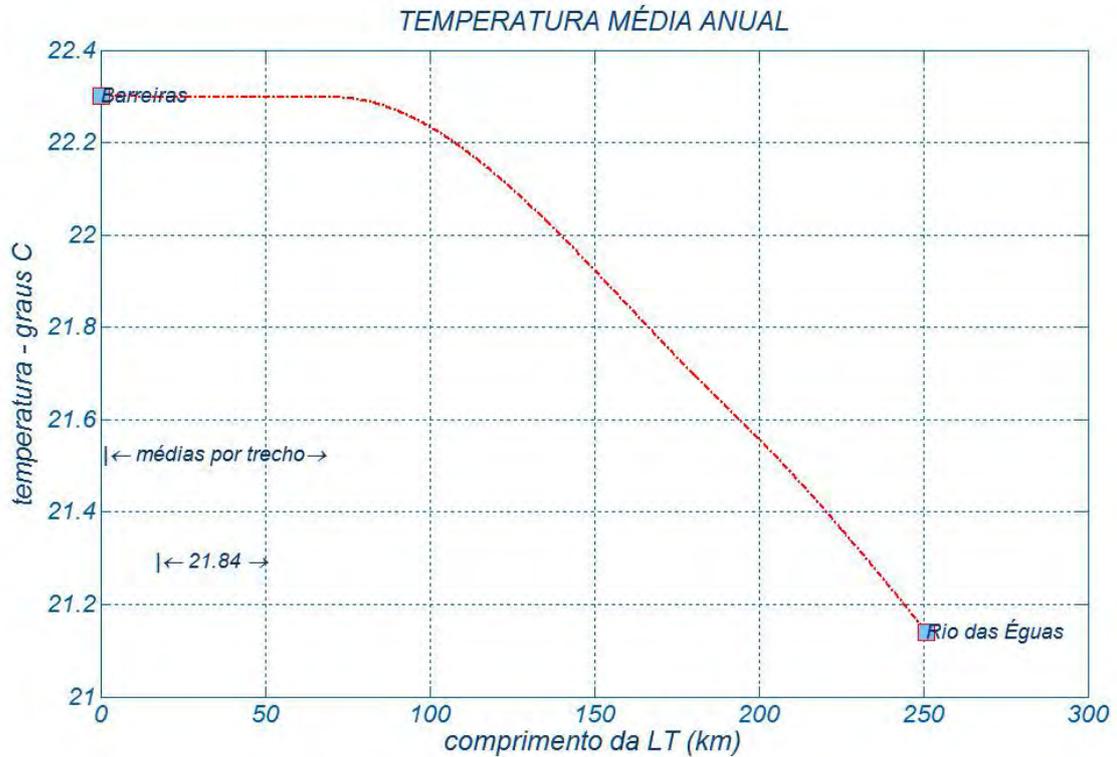
Anexo 3 Altitudes

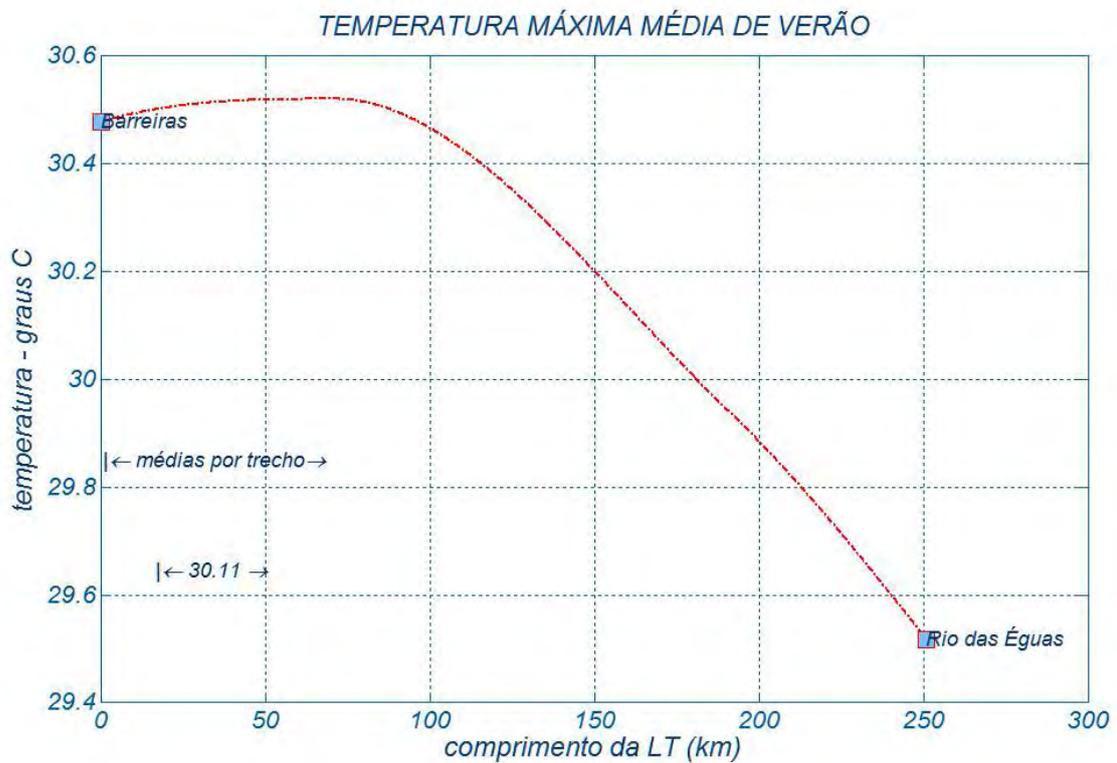
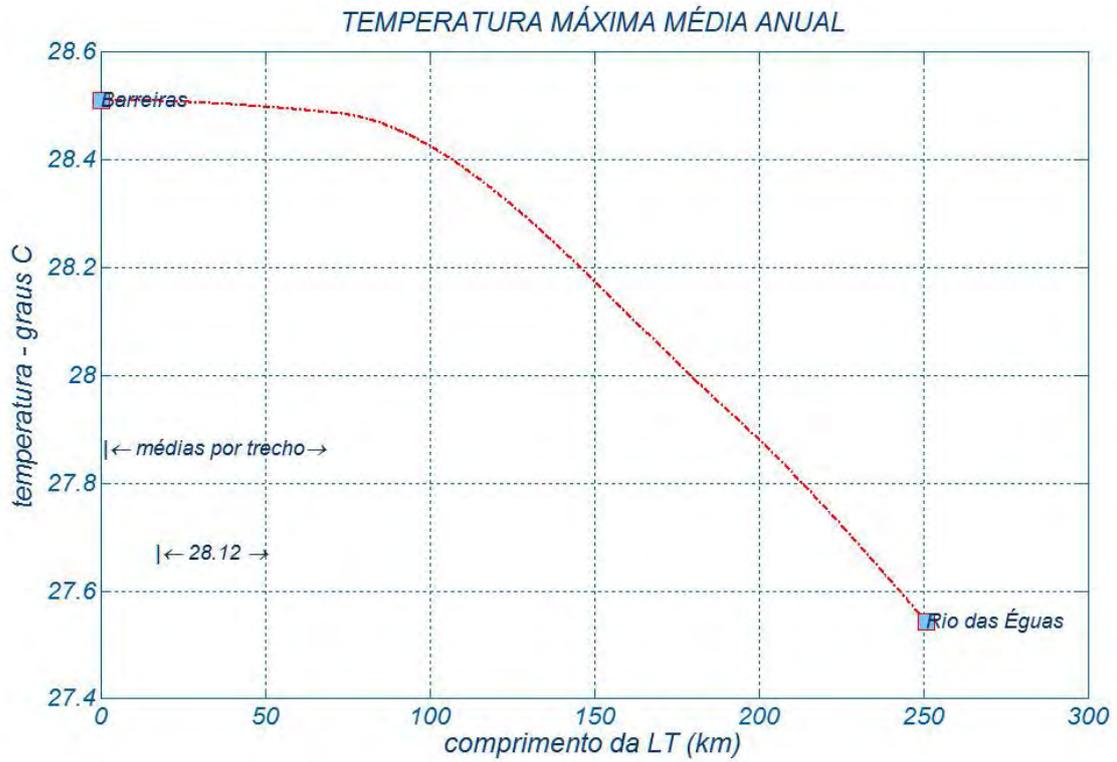


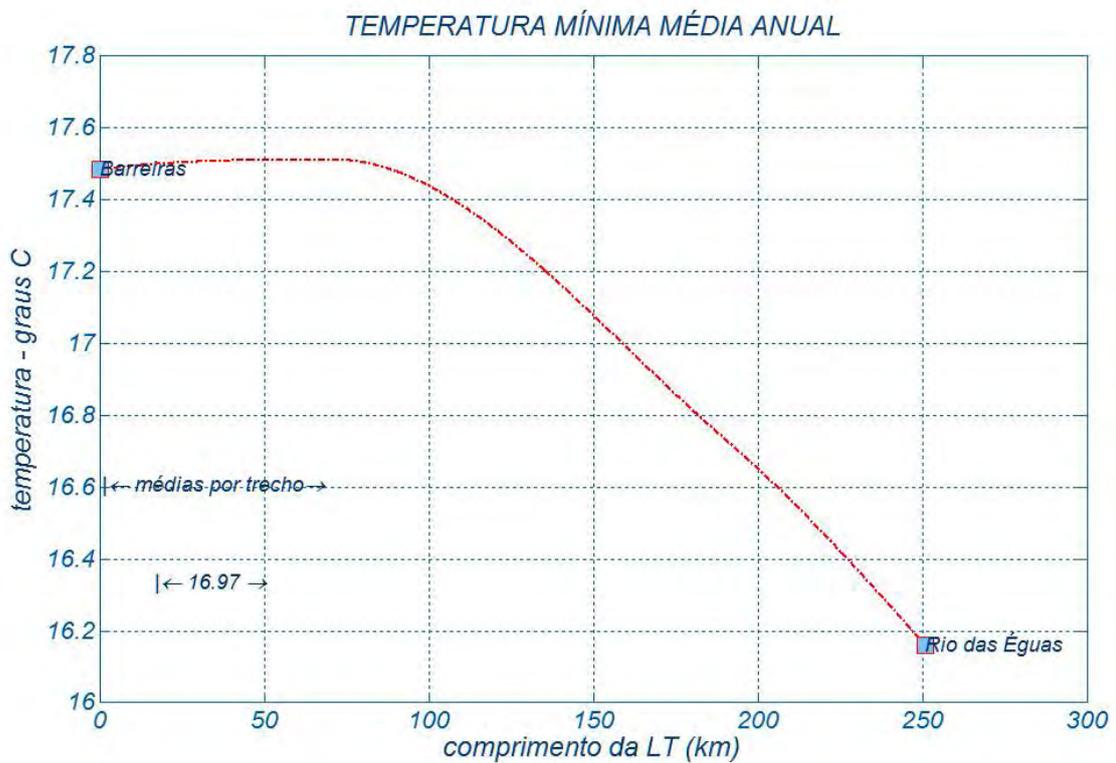
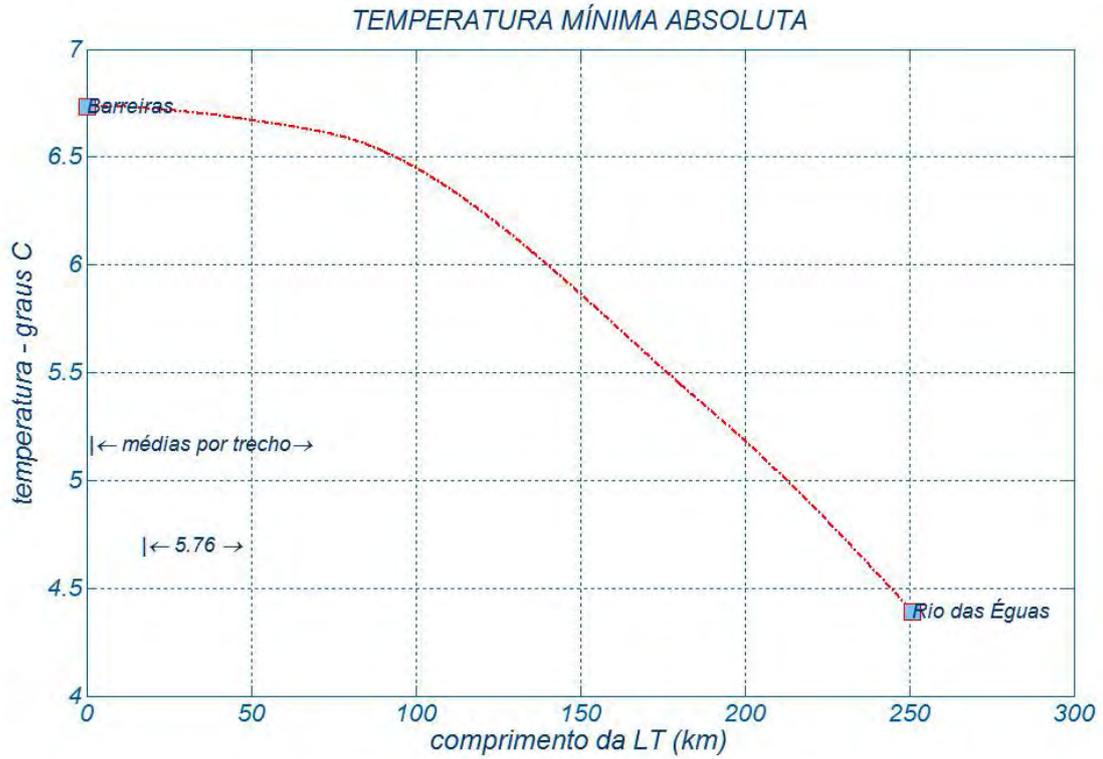
Anexo 4 Pressões atmosféricas

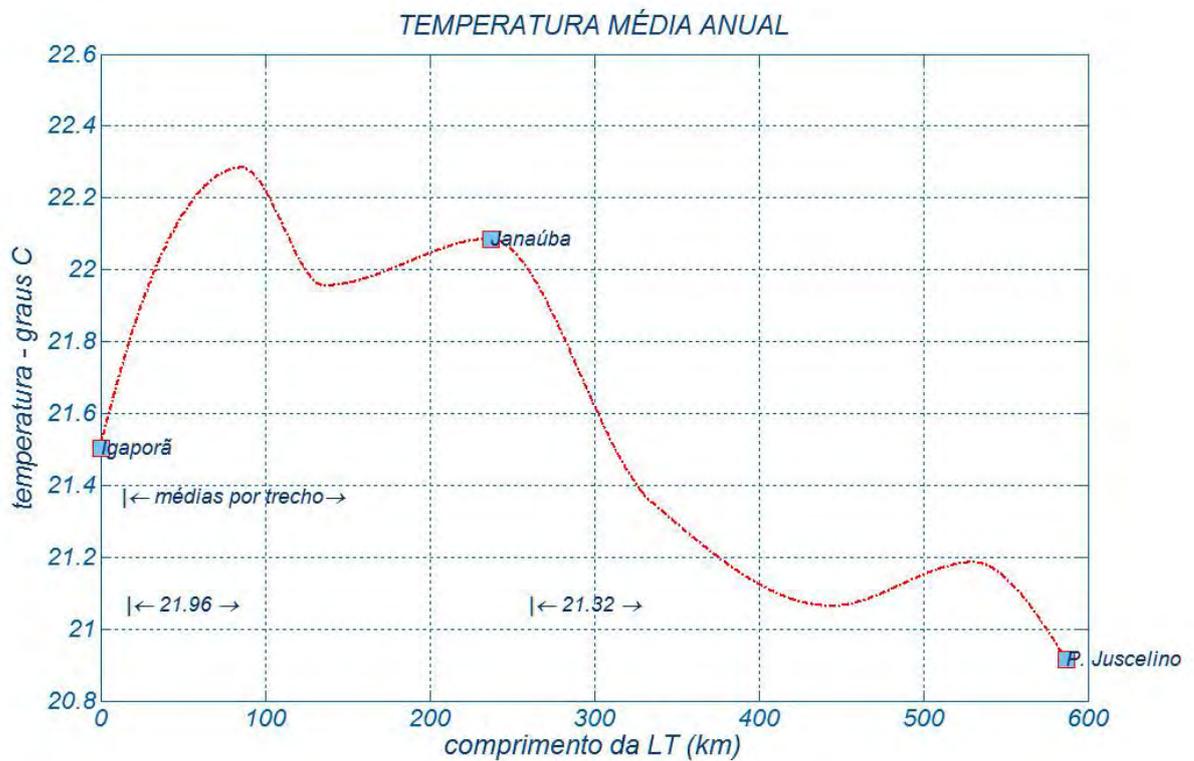
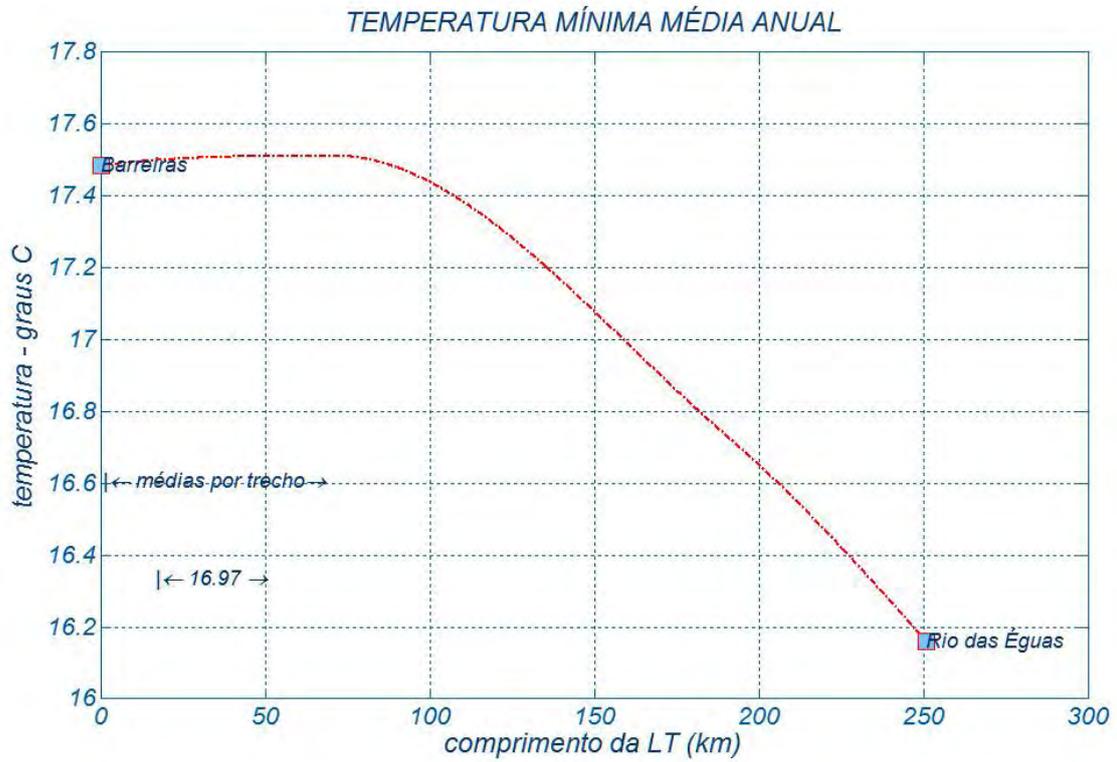


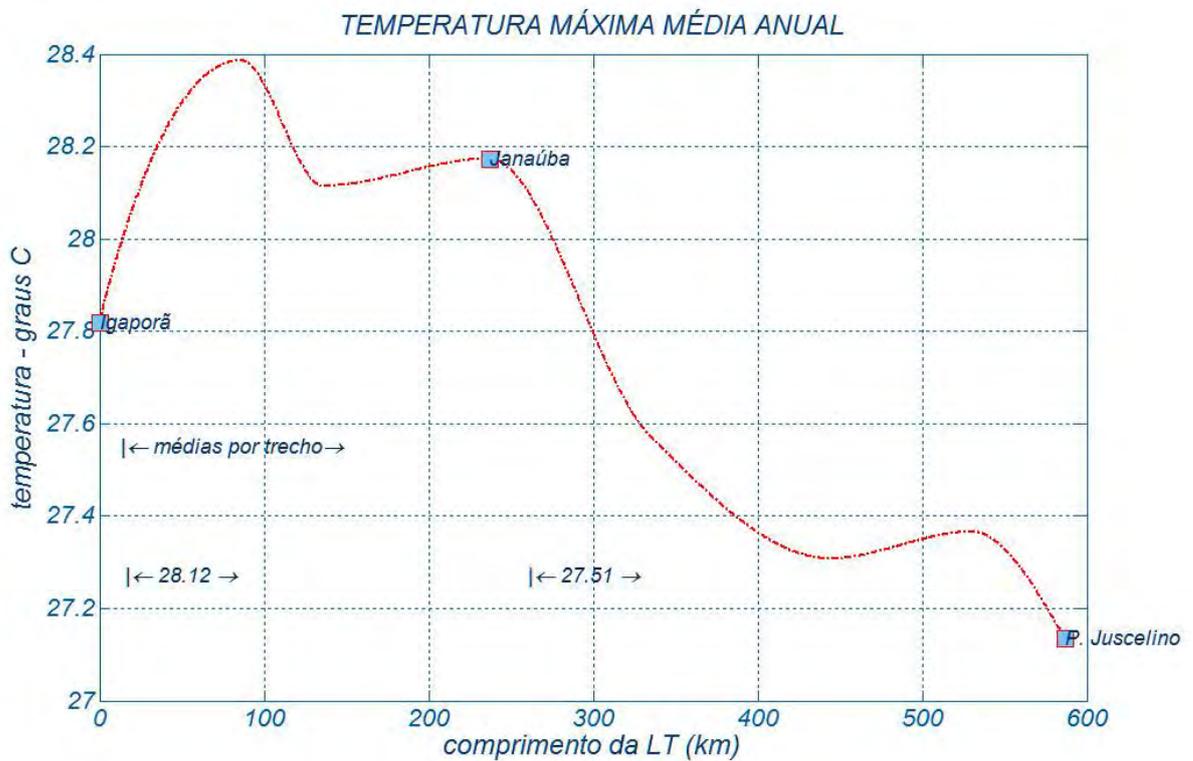
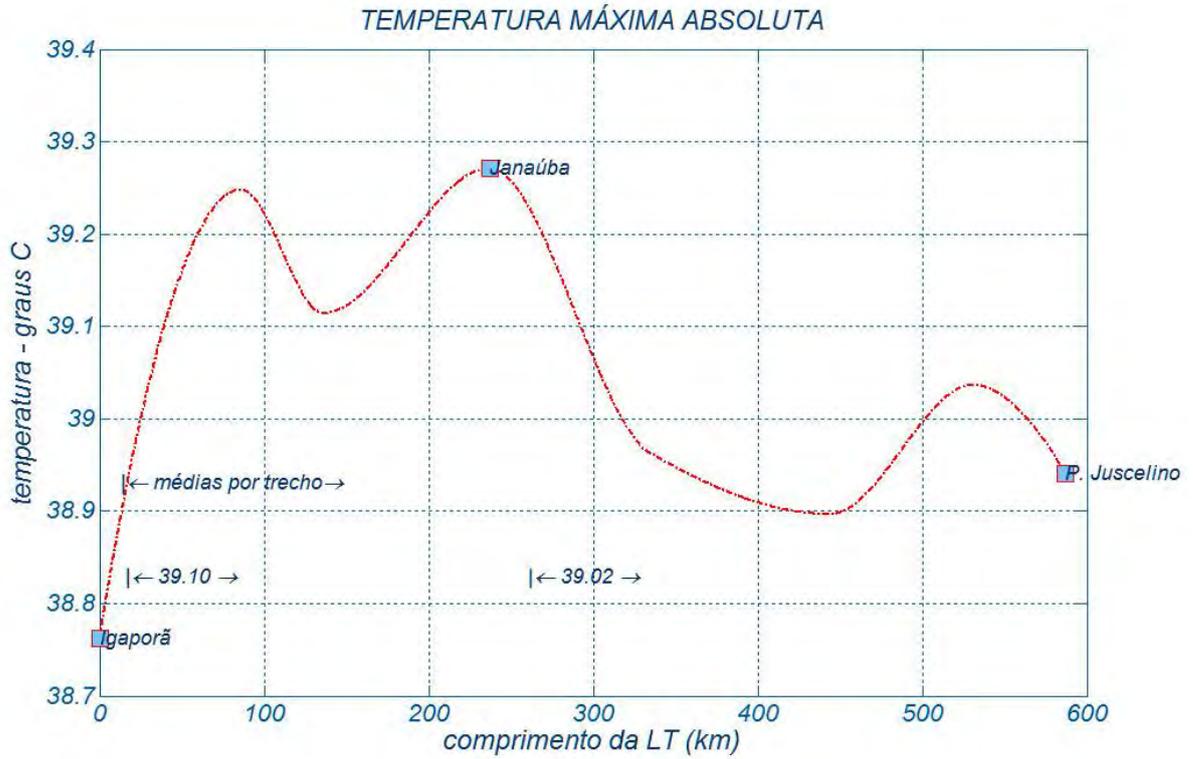
Anexo 5 Temperaturas ambientes

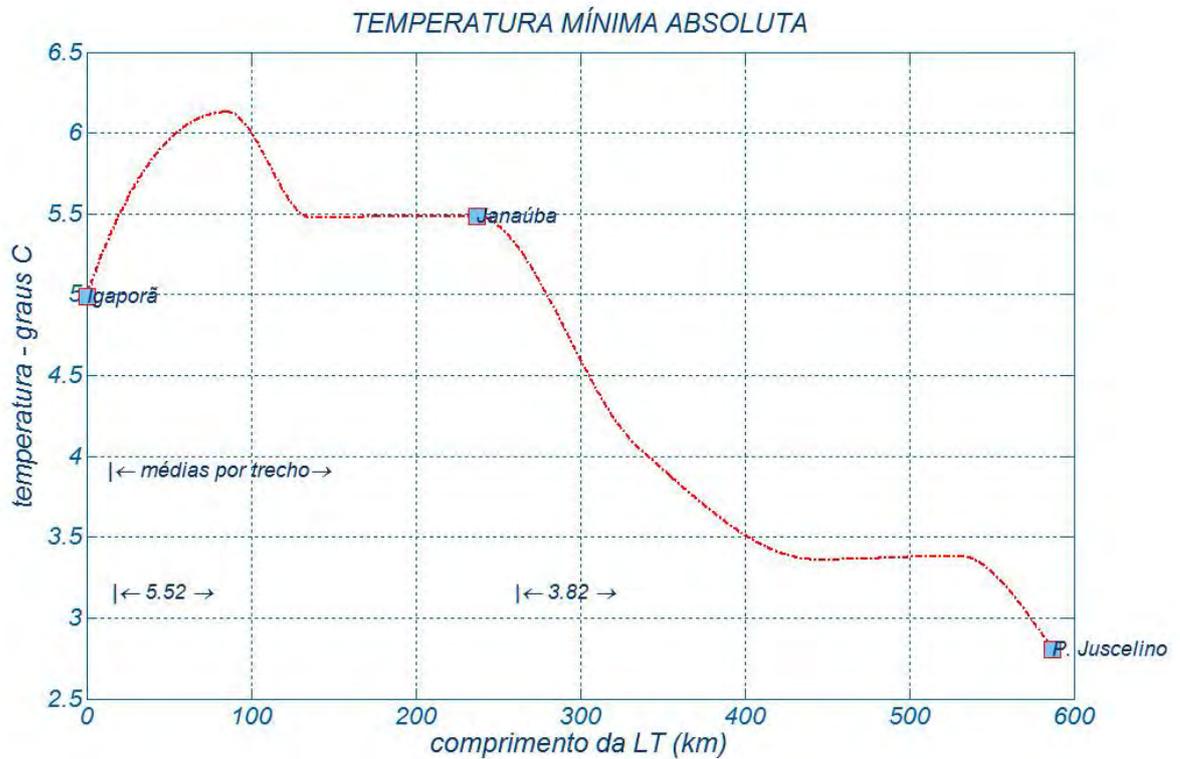
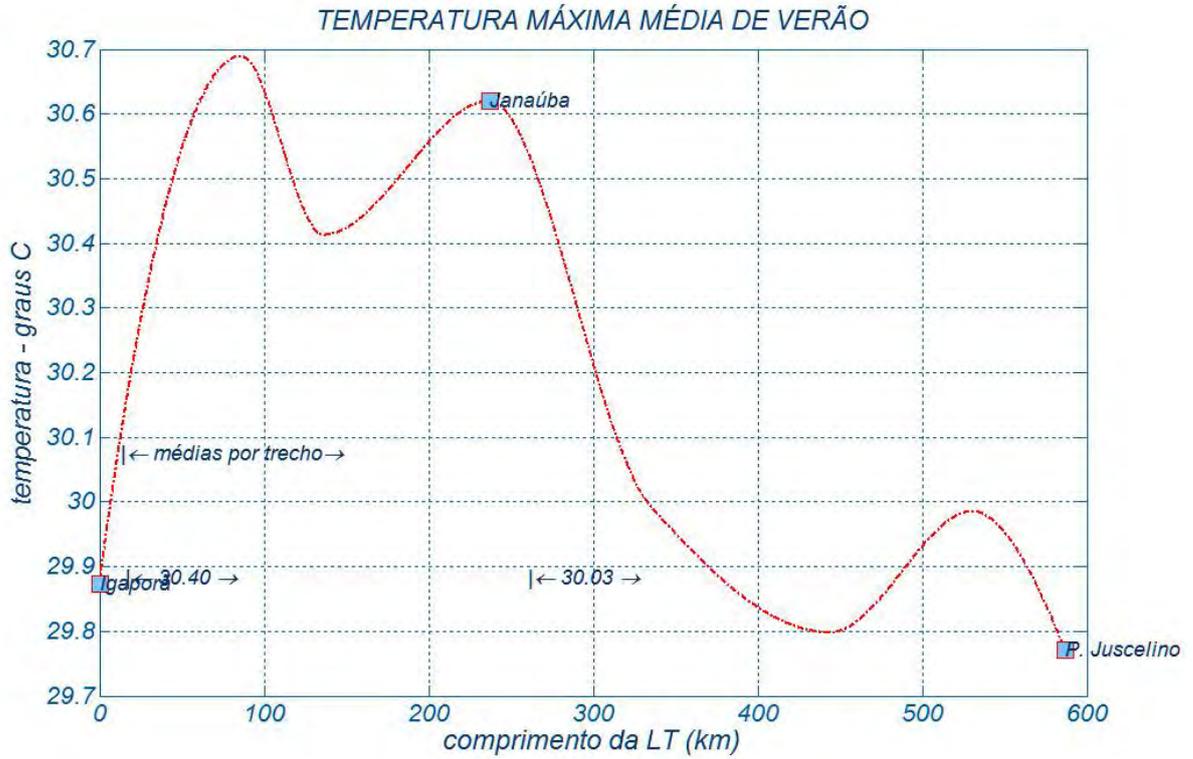




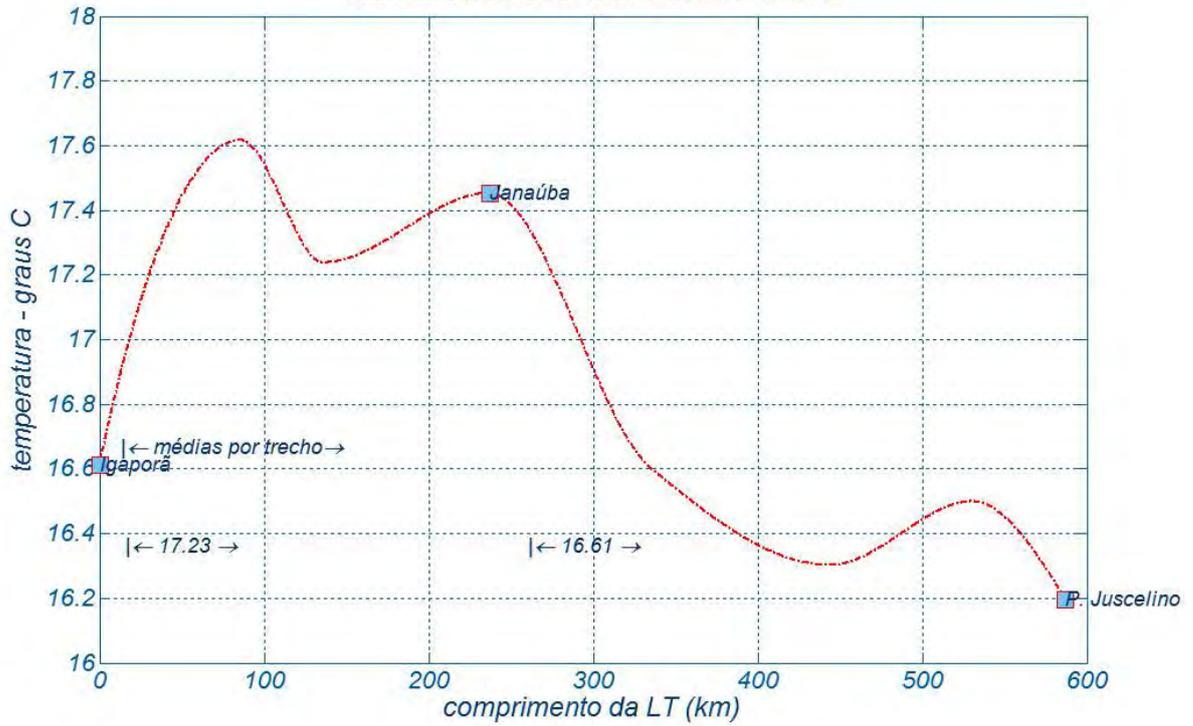




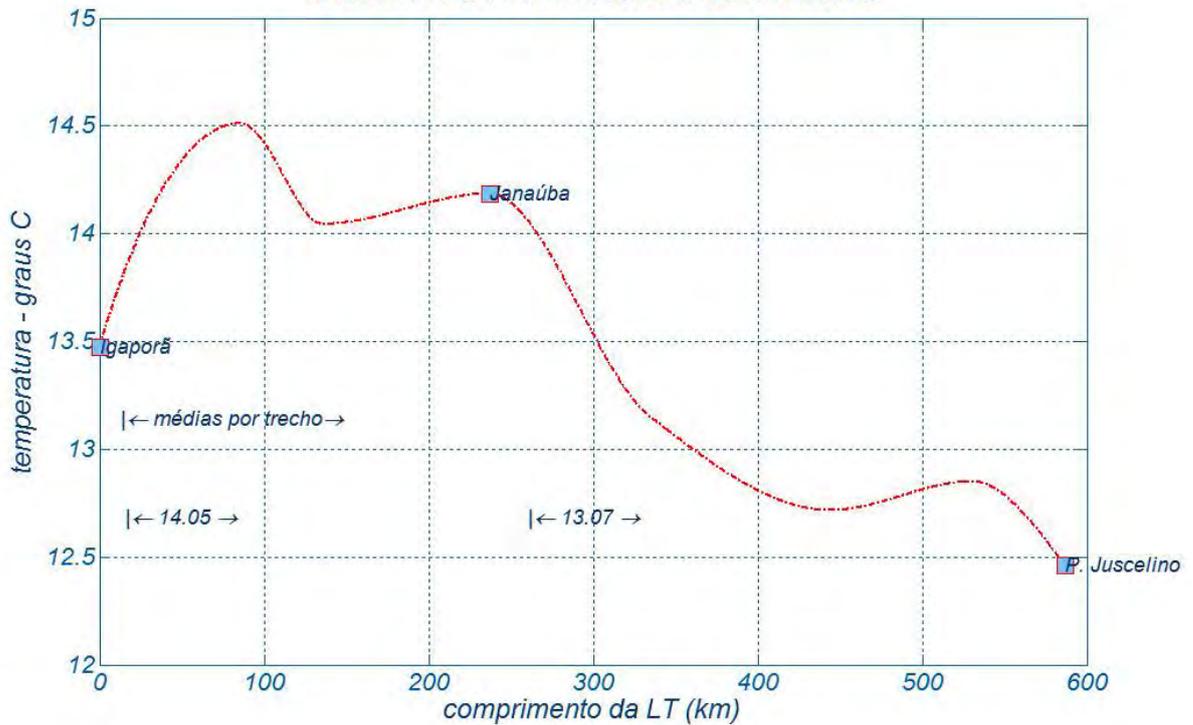




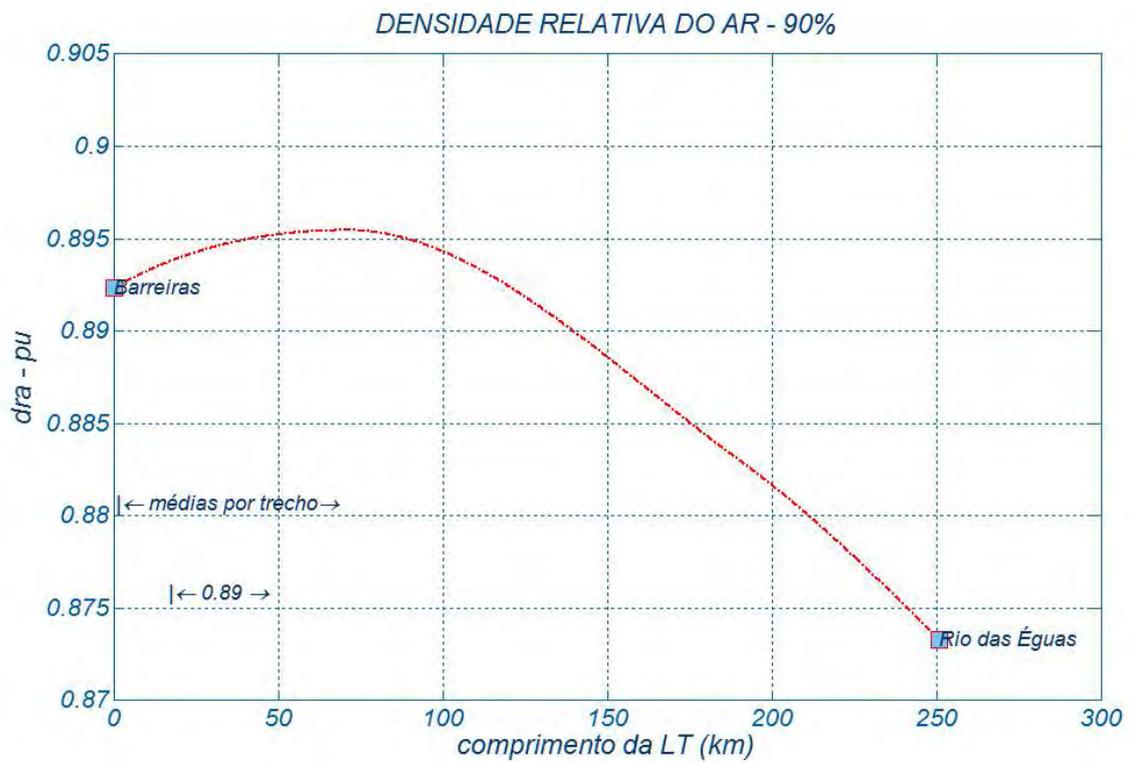
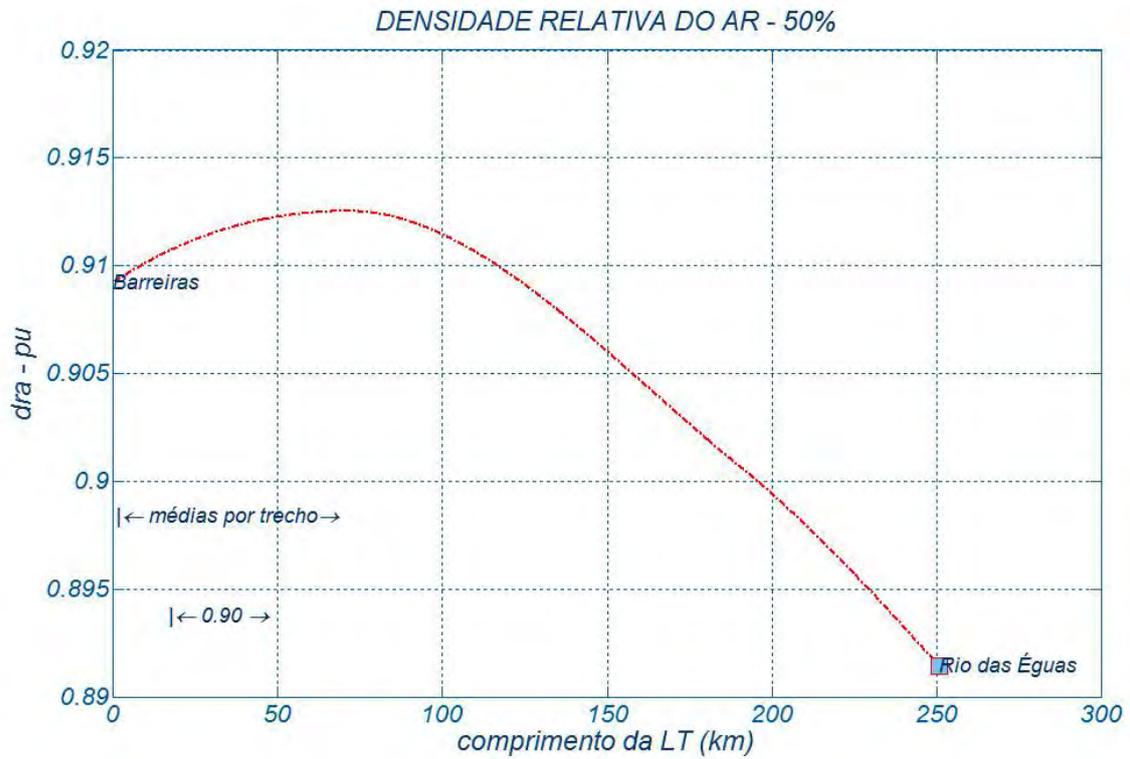
TEMPERATURA MÍNIMA MÉDIA ANUAL

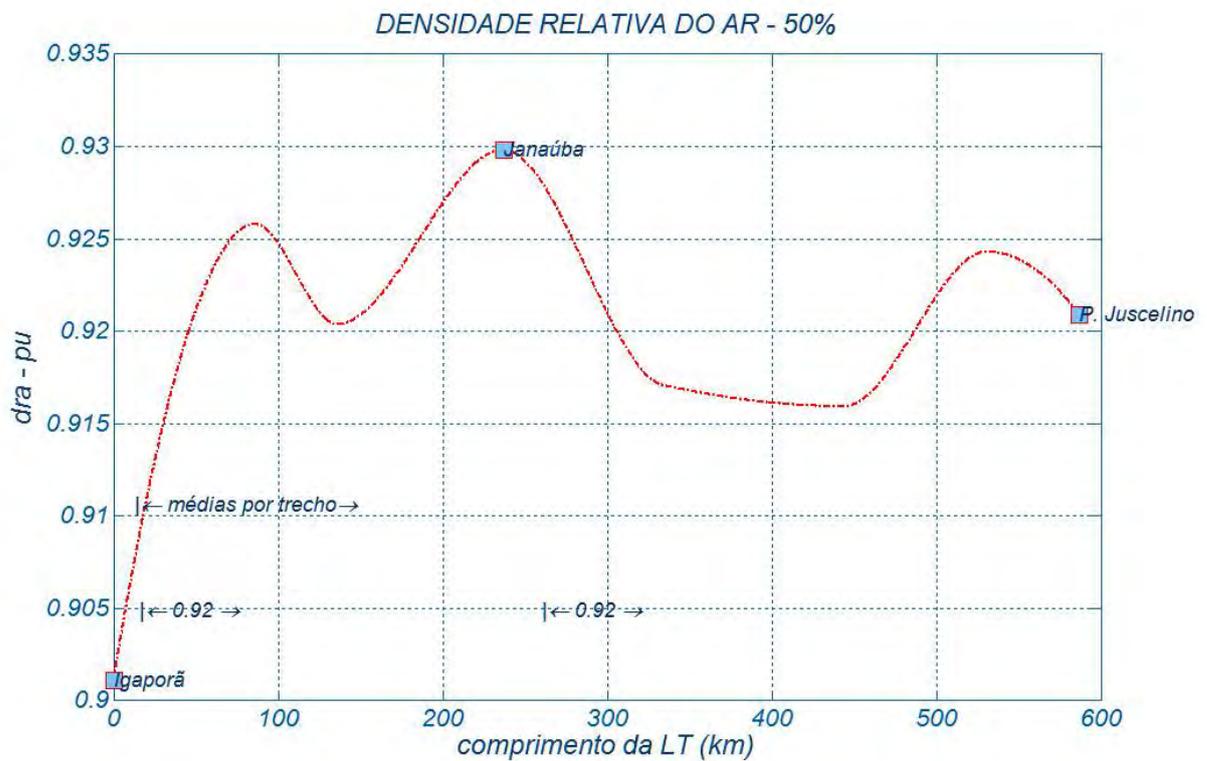
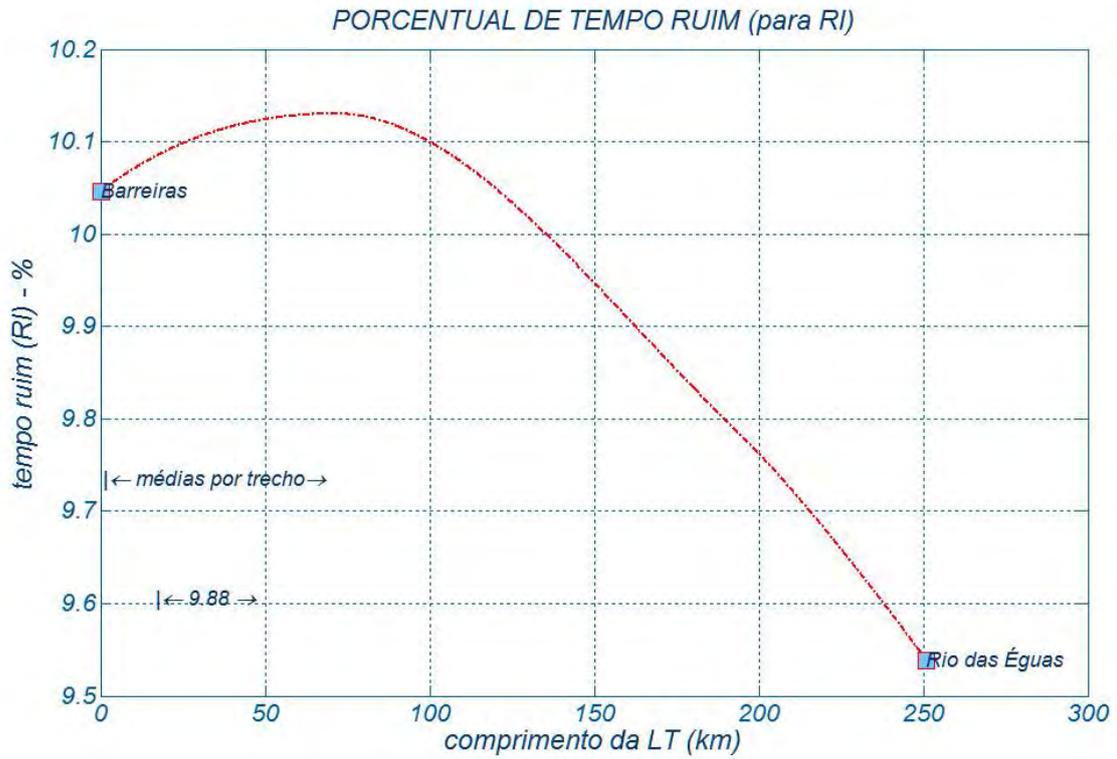


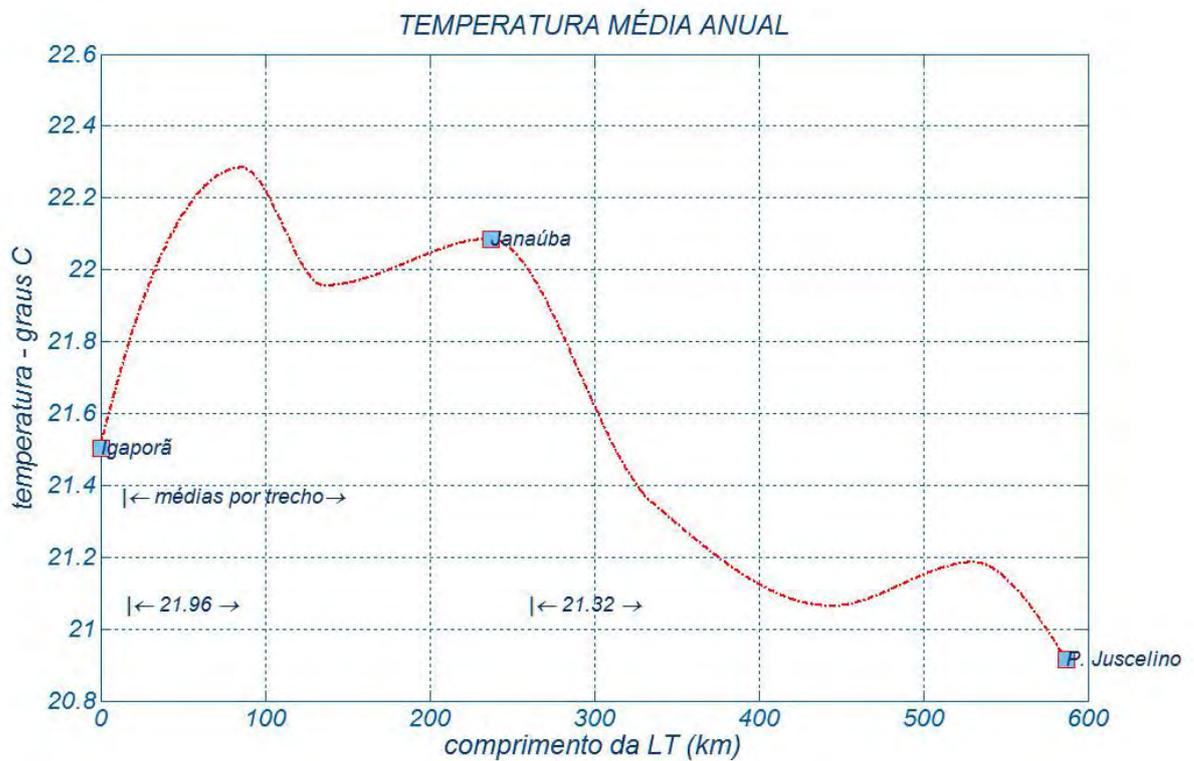
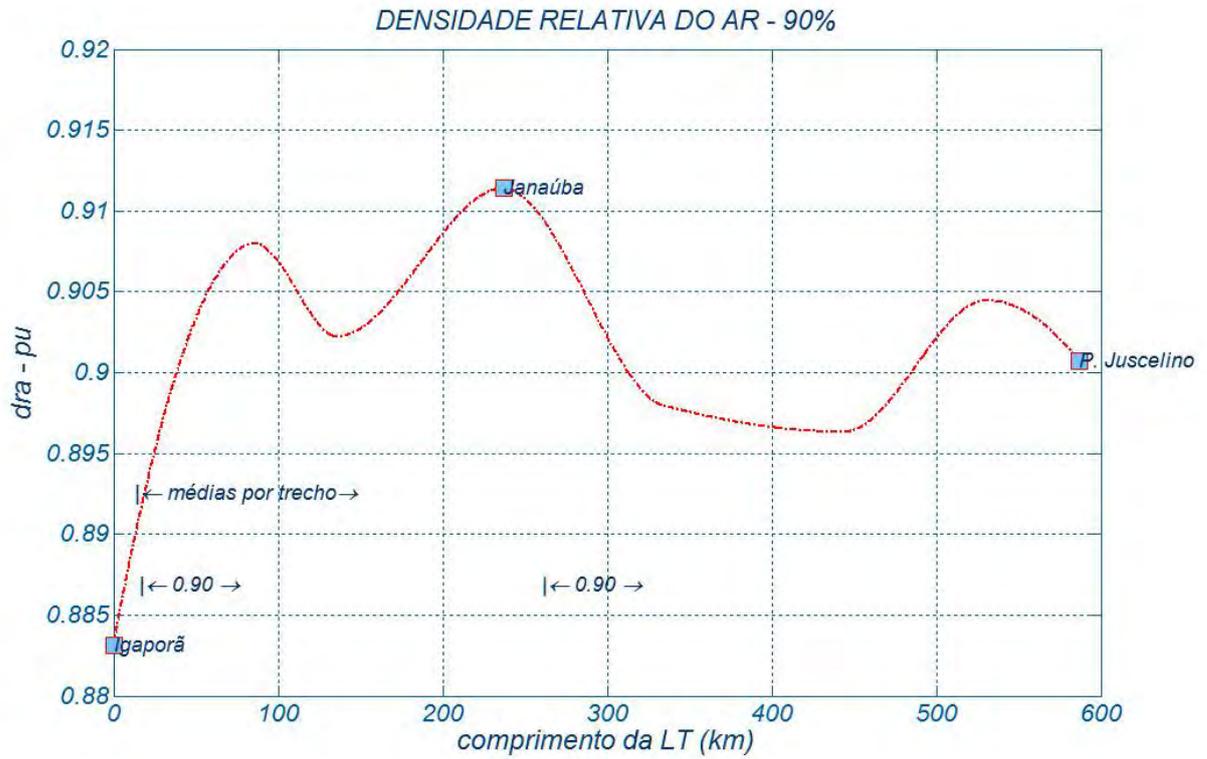
TEMPERATURA MÍNIMA MÉDIA DE INVERNO



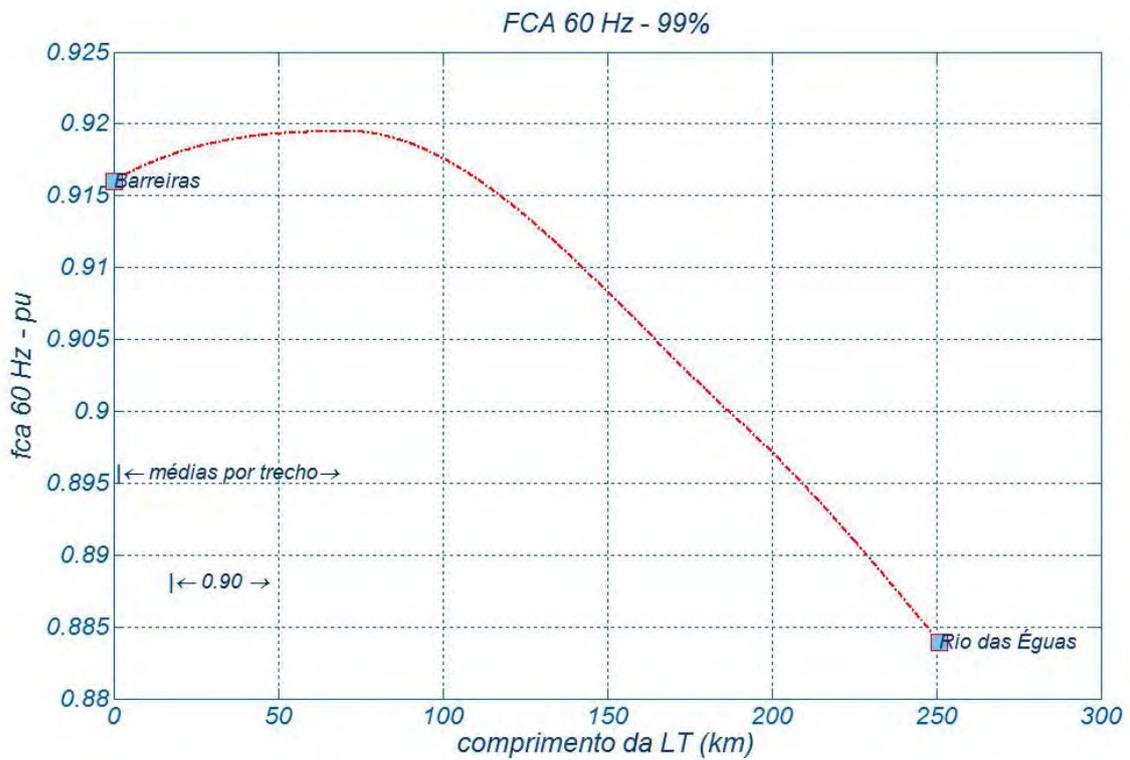
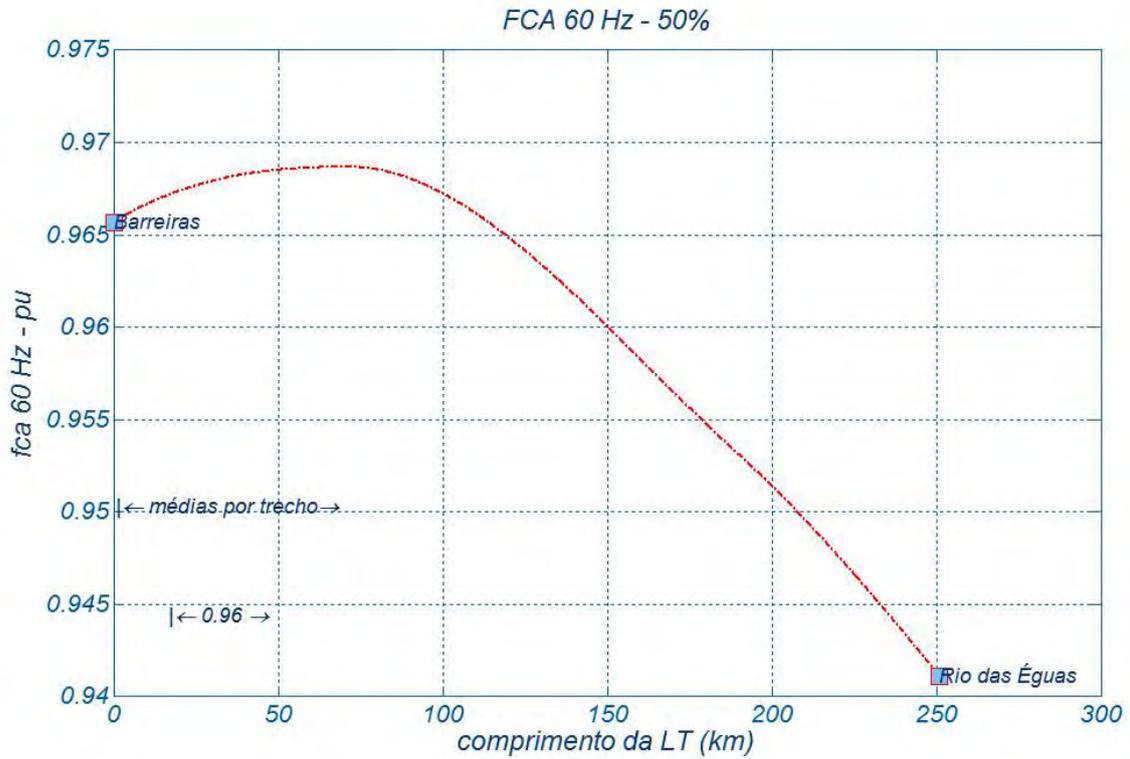
Anexo 6 DRAs e de “tempo - ruim”

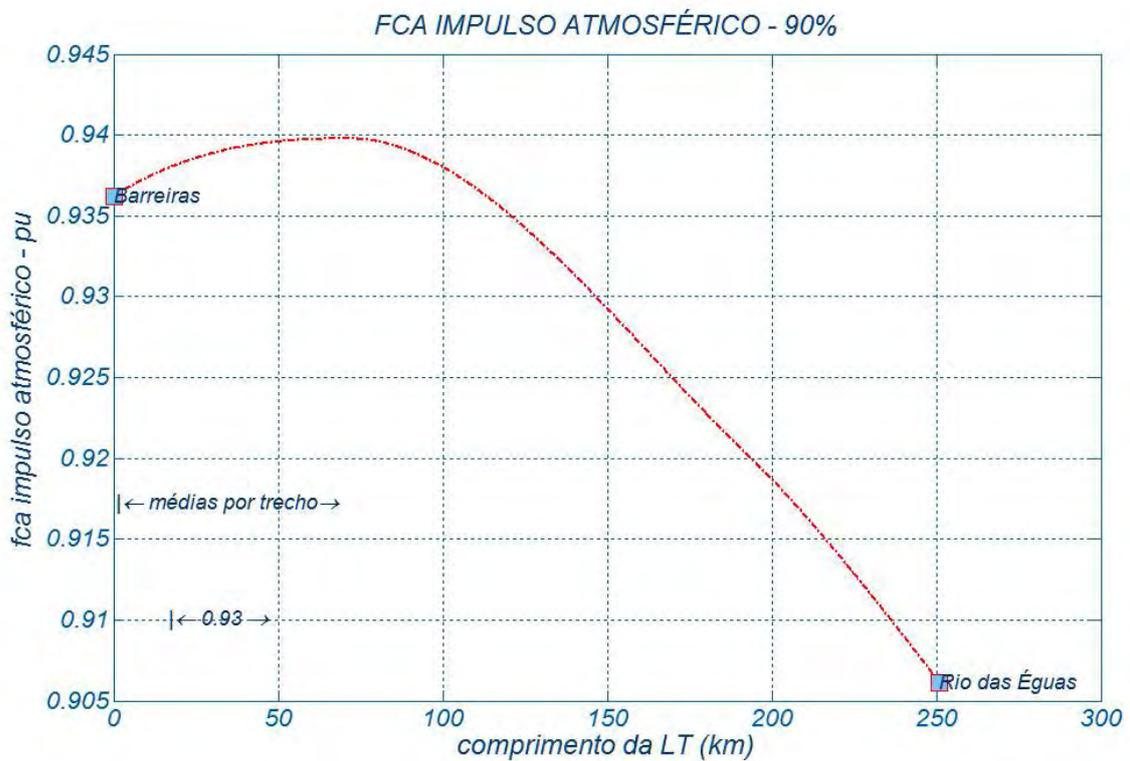
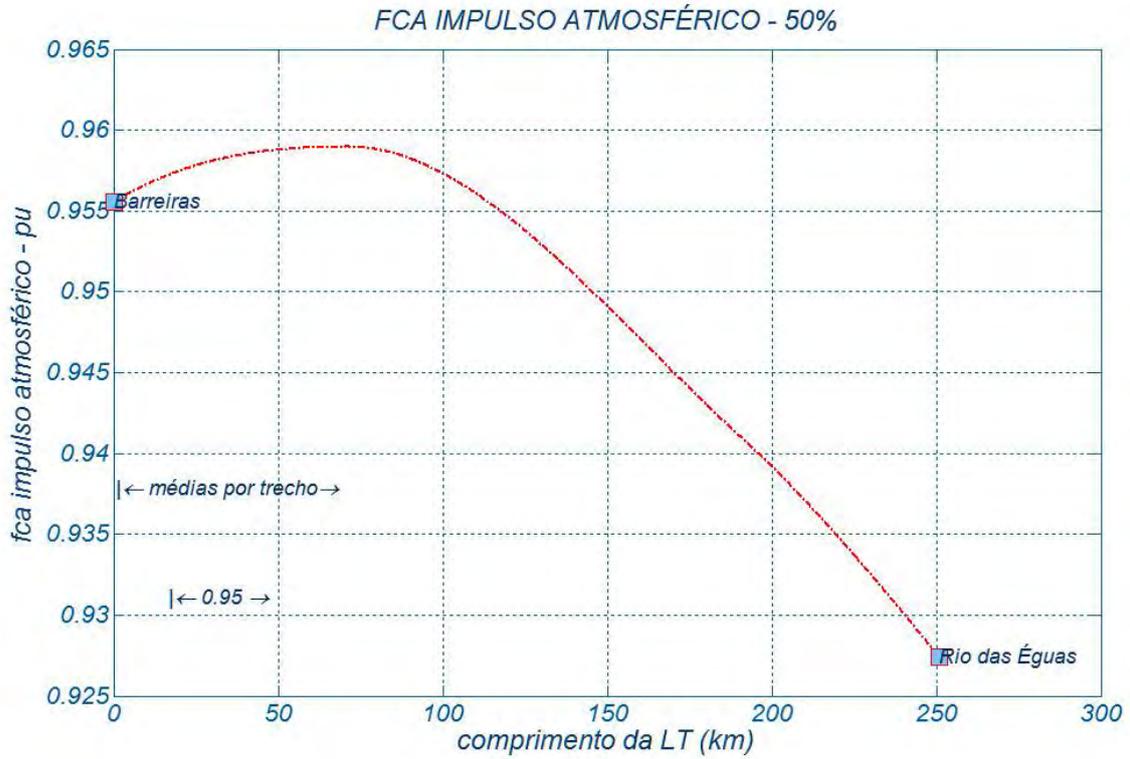




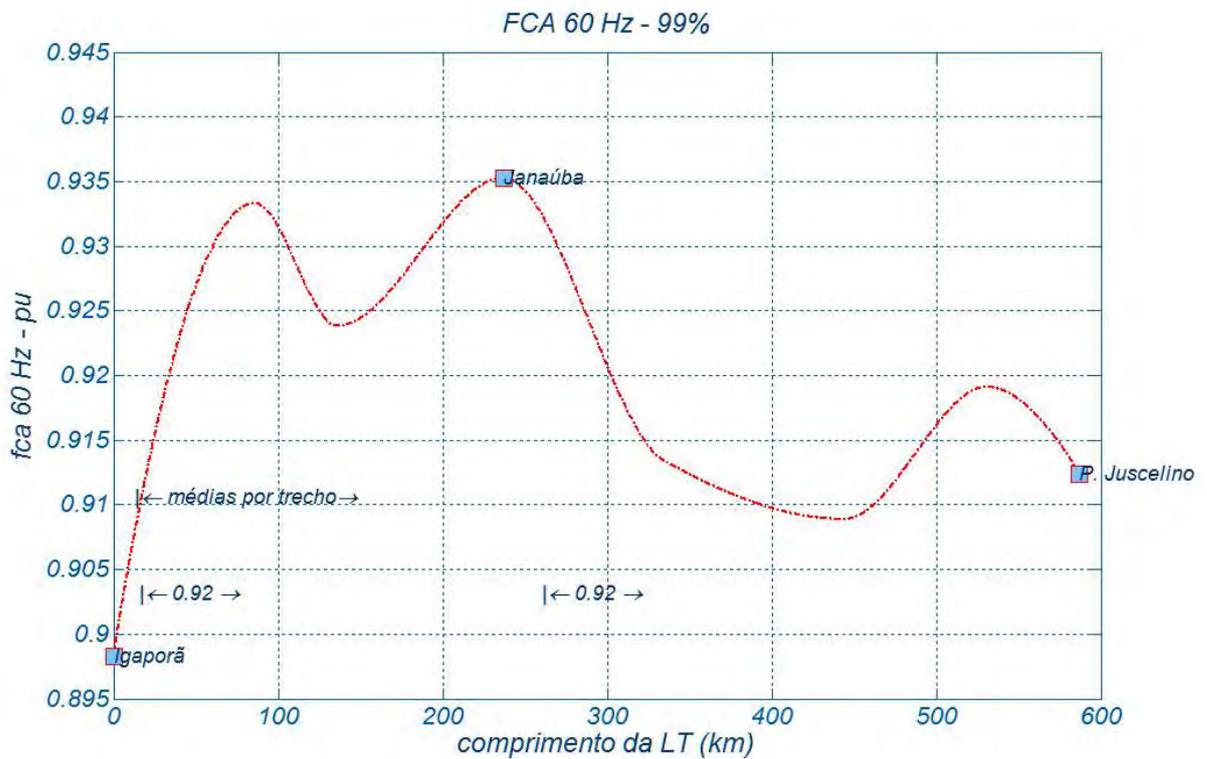
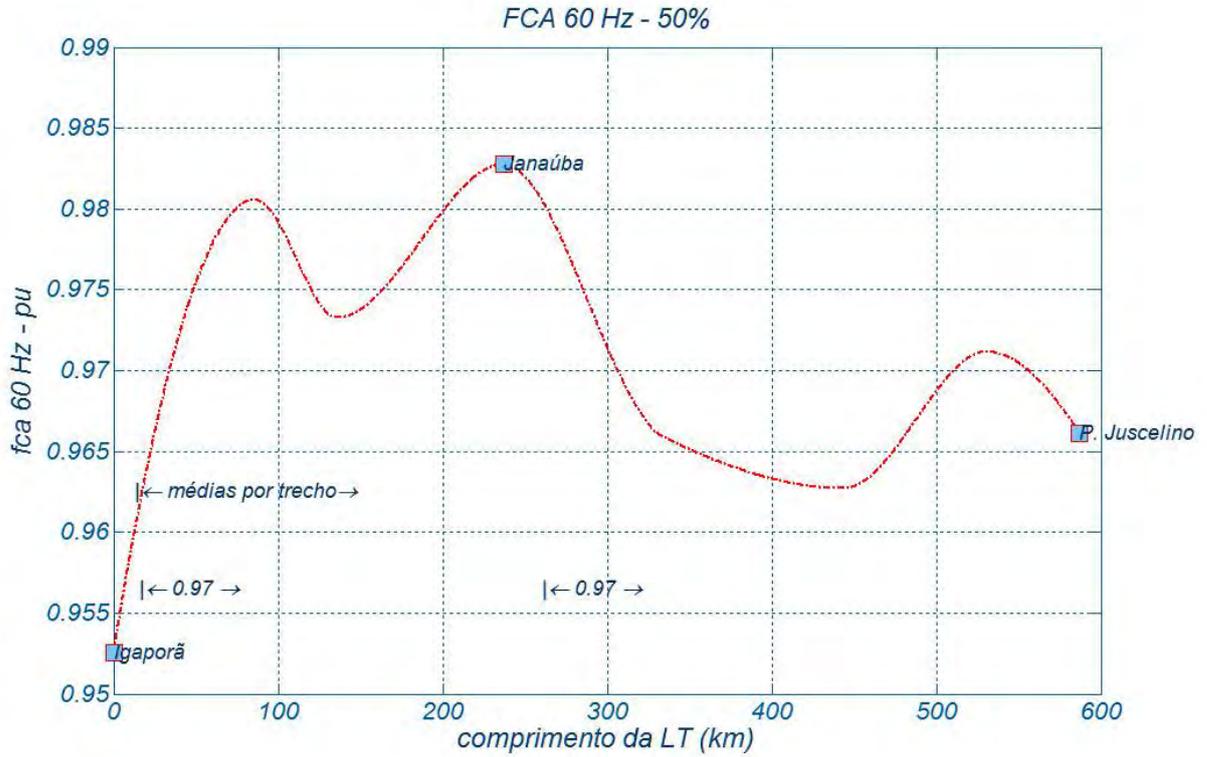


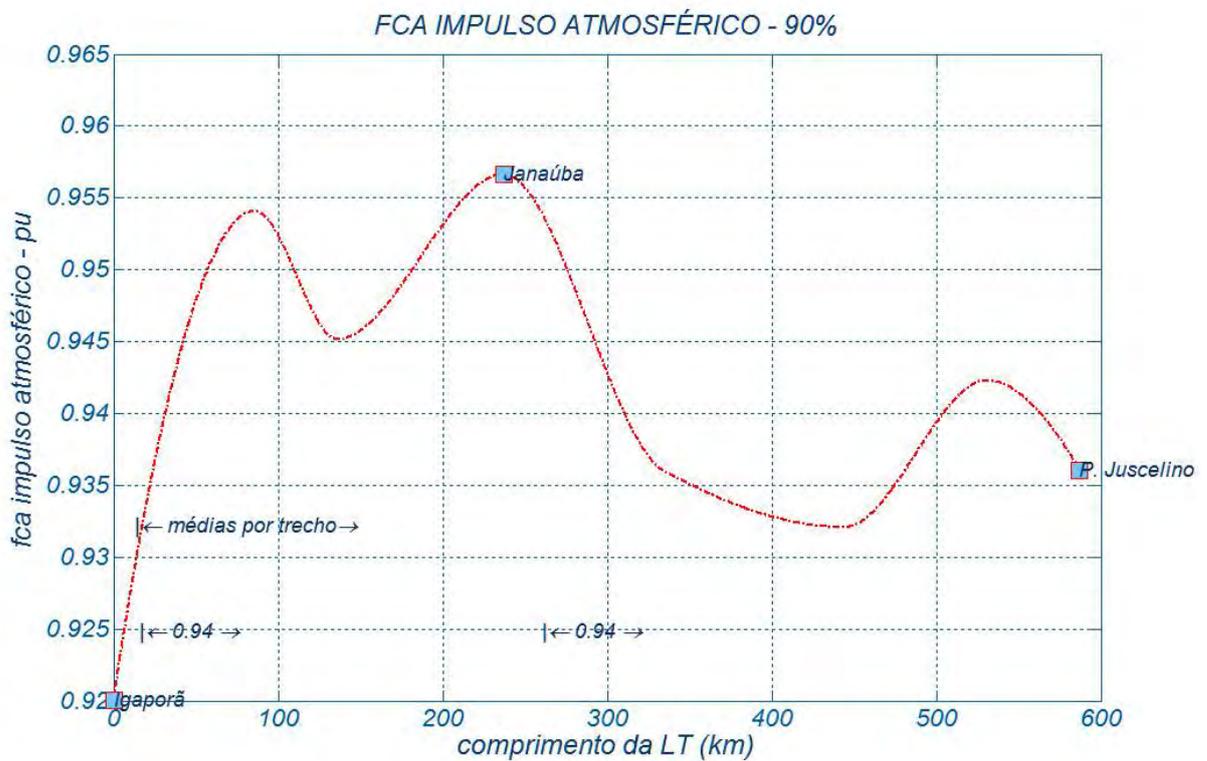
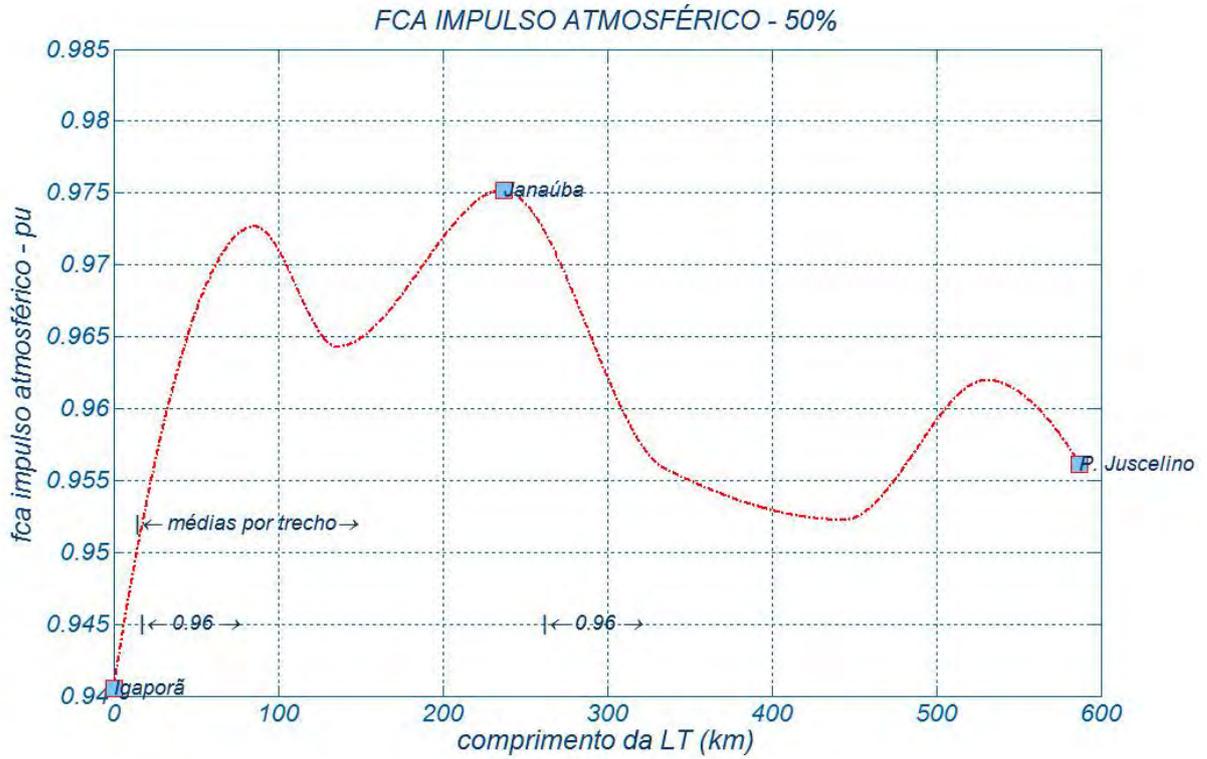
Anexo 7 Fatores de correção atmosféricos

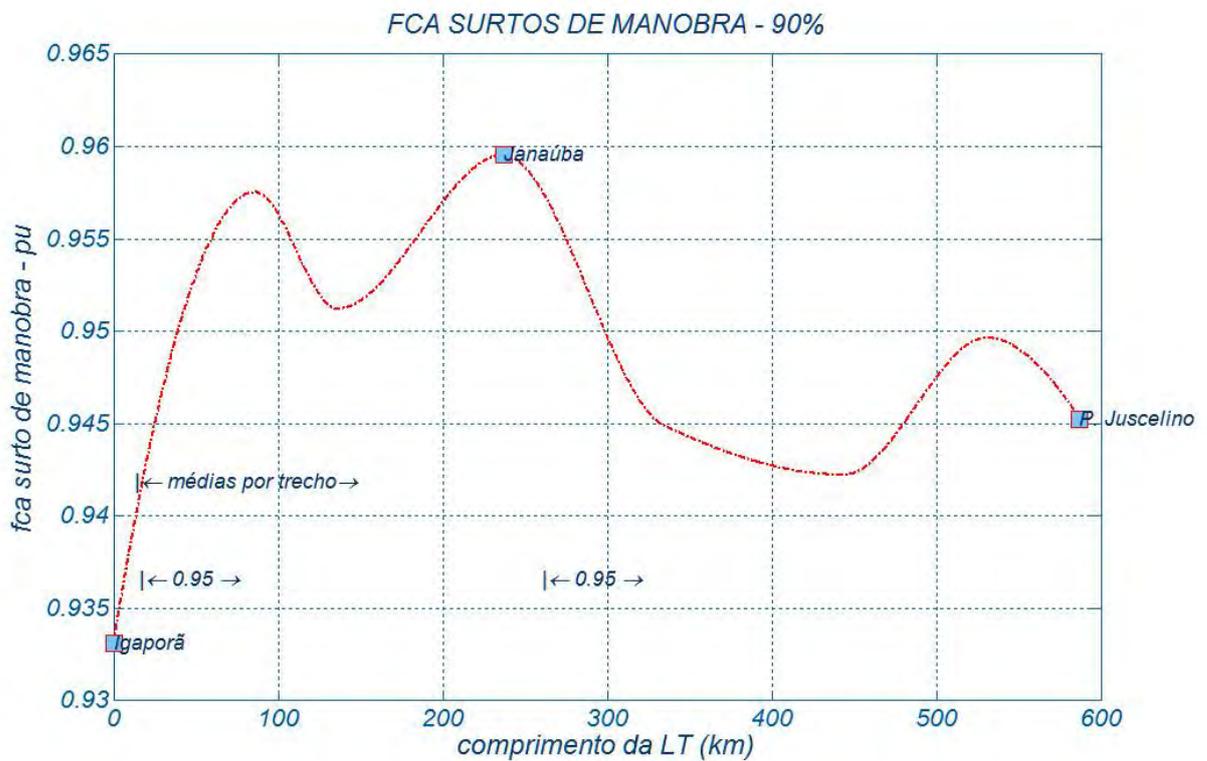
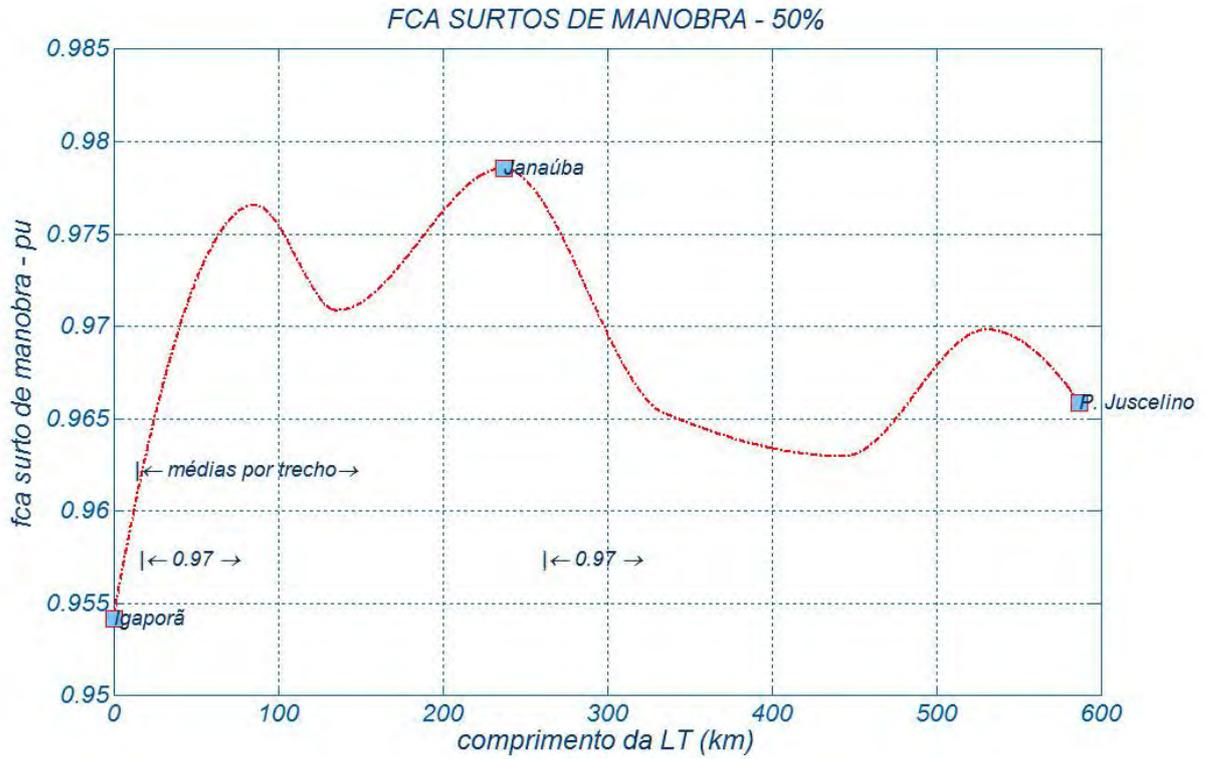




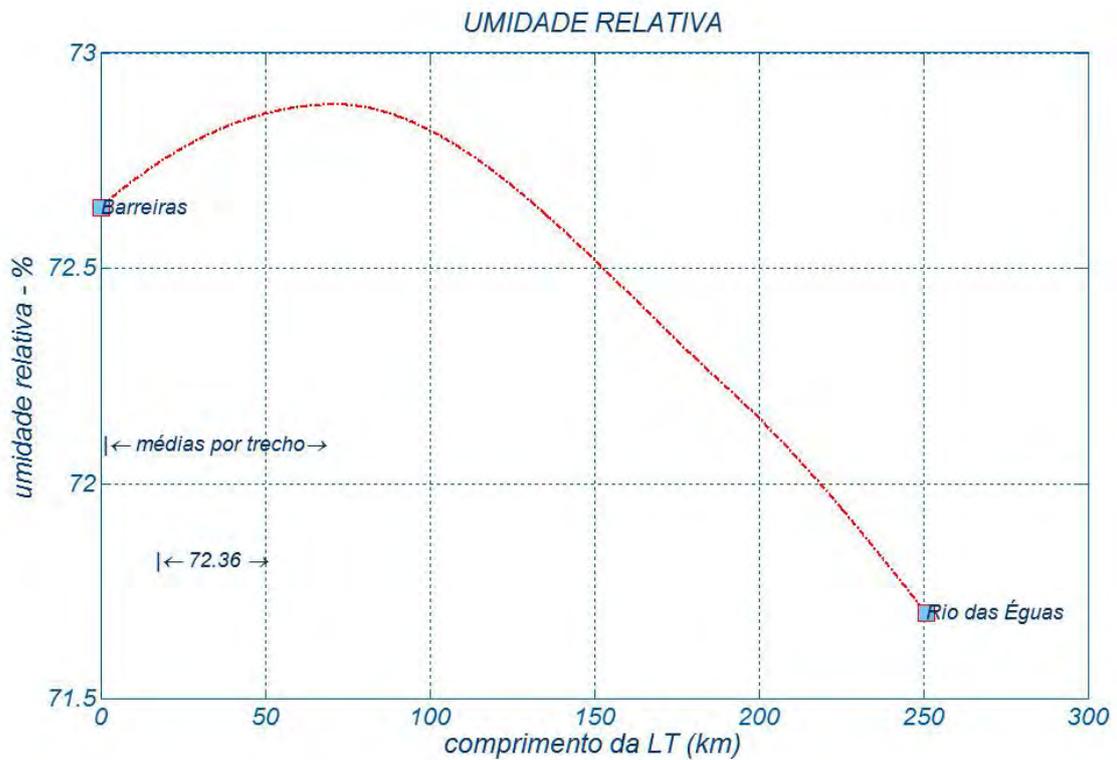
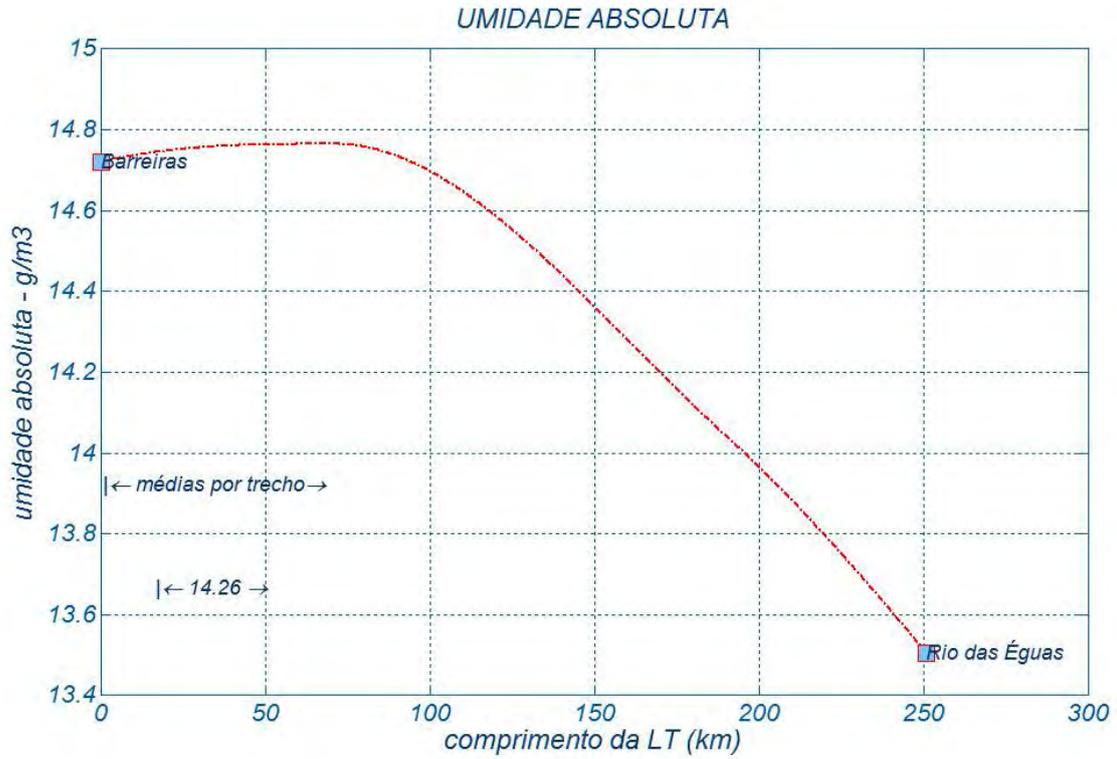


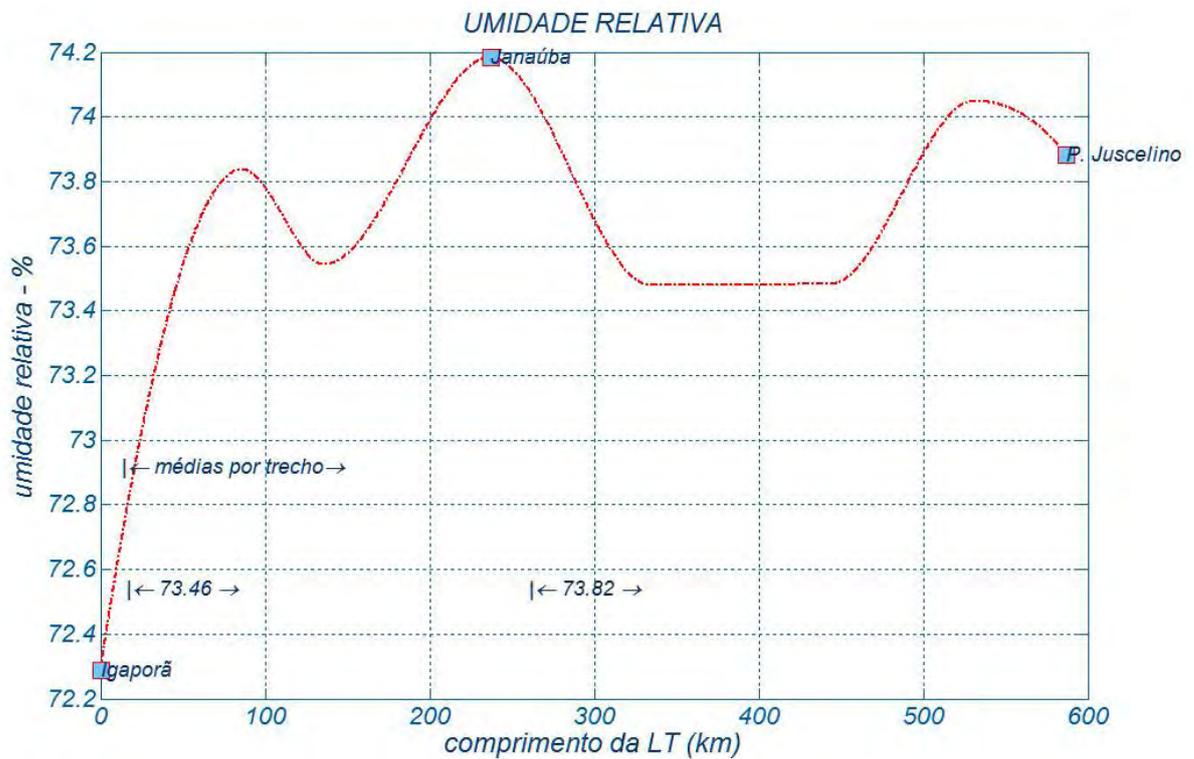
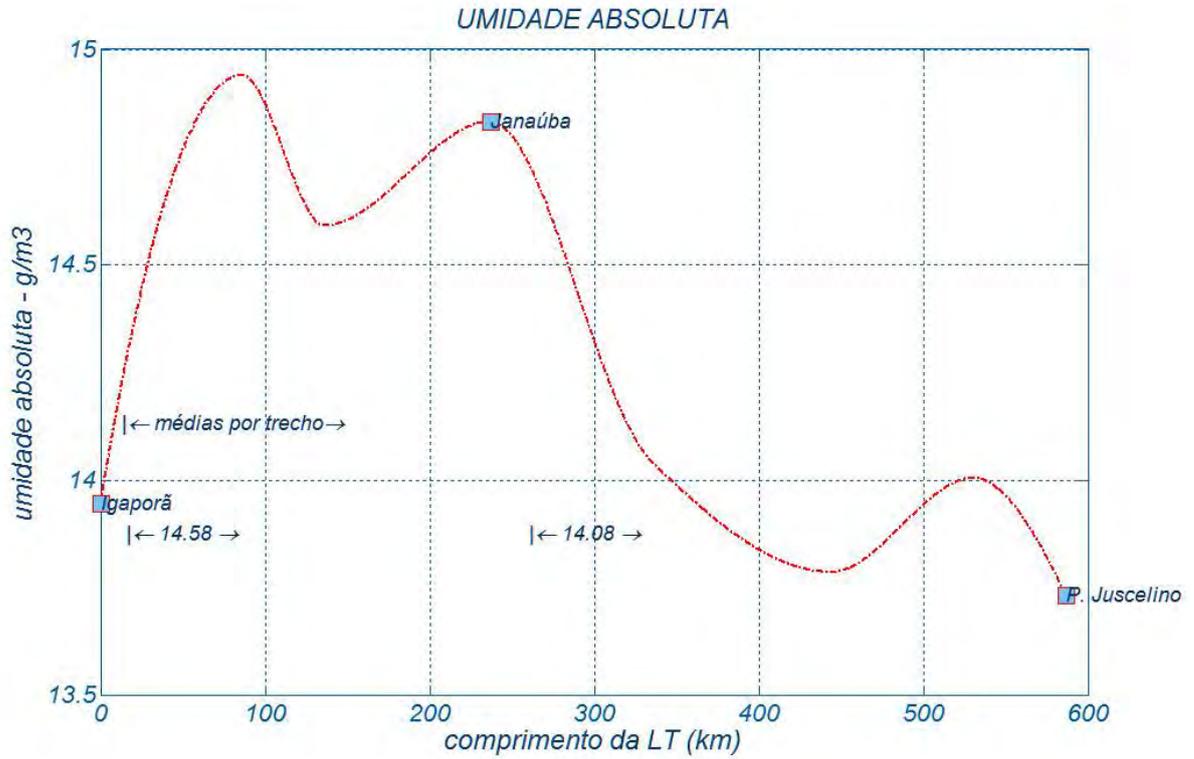


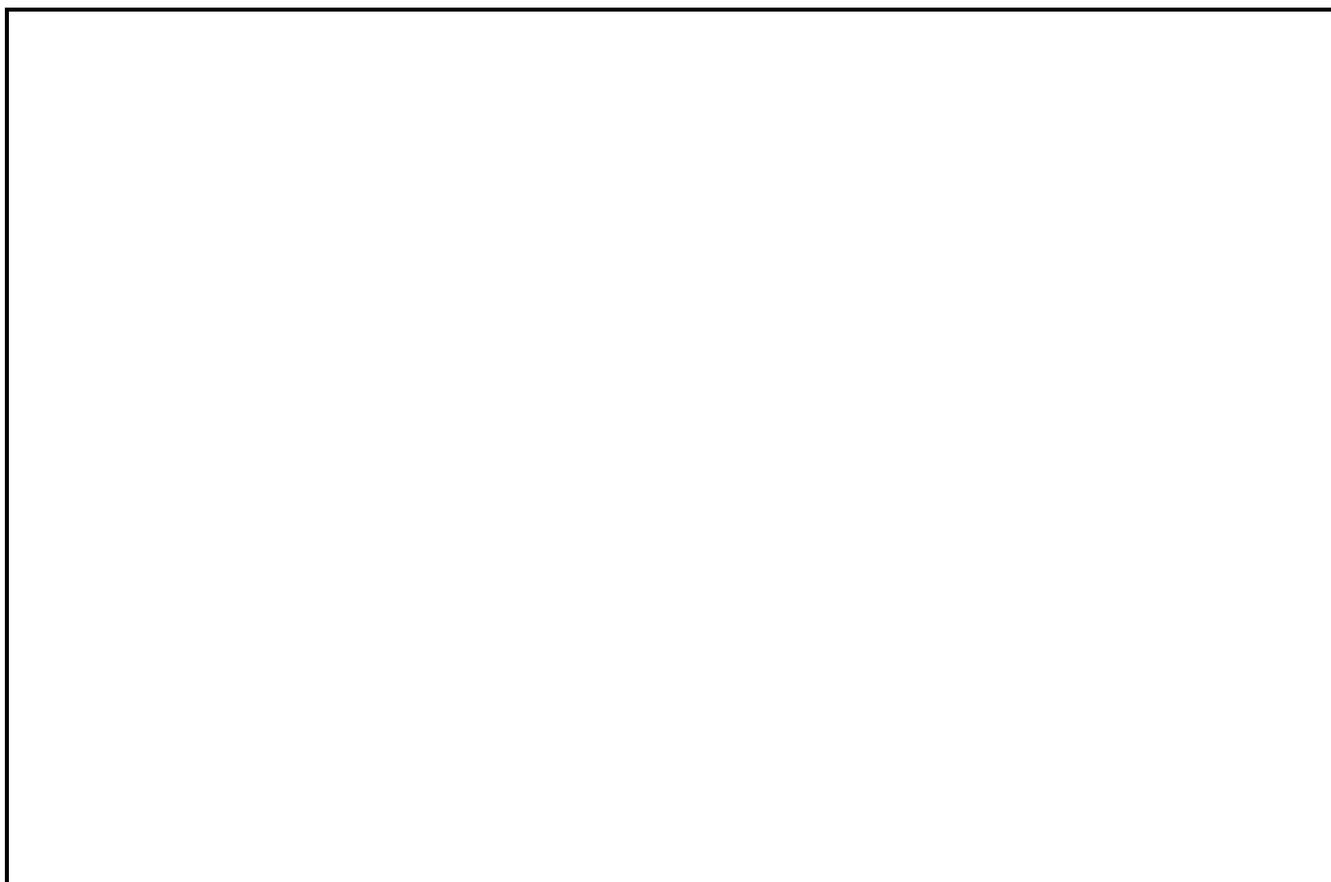




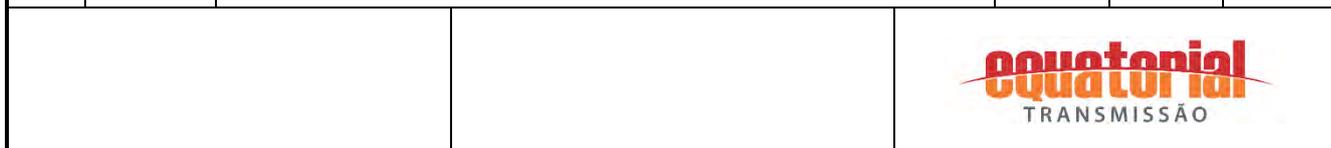
Anexo 8 Umidades do ar







Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
01	03/05/17	Atendimento aos comentários da EP e adequação a estrutura final	AQ	JCS	
00	22/02/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	



EQUATORIAL TRANSMISSORA 6 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	22/02/17

TÍTULO

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2
Lote 16 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO VELOCIDADES DE VENTO E CARREGAMENTO DEVIDO AO VENTO

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT6-L601-PB-ELM-0004 – R01	1 de 71	01

ÍNDICE

1. OBJETIVO	3
2. Ventos Básicos de Projeto	3
2.2. Períodos de Retorno Adotados	3
3. Carregamentos Devidos ao Vento.....	5
3.1. Vento Extremo	5
3.2. Pressão de Vento de Tormentas Elétricas	6
3.3. Ventos para Cálculo dos Ângulos de Balanço.....	7
4. Referências	8
Anexo 1 – memorial descritivo das velocidades de vento.....	9

1. OBJETIVO

- 1.1 Definir as Velocidades de vento a serem utilizadas no projeto da LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2 em circuito simples pertencentes ao Lote 16 do Leilão 013/2015 – 2º parte.
- 1.2 Definir as pressões associadas a essas velocidades atuando nos cabos, cadeias de isoladores e estruturas, necessárias para as seguintes fases do projeto:
 - a) Cálculo das cargas e definição das hipóteses de carregamento a serem consideradas no dimensionamento das estruturas;
 - b) Cálculo dos ângulos de balanço das cadeias a serem considerados nos estudos de coordenação do isolamento;
 - c) Cálculo do ângulo de balanço dos cabos e cadeias a ser considerado na definição da largura da faixa de servidão;
 - d) Cálculo mecânico dos condutores e cabos para-raios.

2. VENTOS BÁSICOS DE PROJETO

- 2.1. Conforme relatório de relatório técnico de isotacas máximas apresentado no Anexo 1 foram recomendadas as velocidades de vento constantes da Tabela 2.1, para terreno tipo B (conforme tabela 1 da NBR 5422), de forma a subsidiarem as hipóteses de carga normalmente utilizadas no dimensionamento de estruturas aéreas de transmissão.

Tabela 2.1 – Velocidades de projeto (km/h), terrenos tipo B, medições feitas a 10 m de altura

período de retorno/ tempo de média	Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2
250 anos, 10 minutos	100
250 anos, 3 segundos	170
50 anos, 10 minutos	85
50 anos, 30 segundos	115
2 anos, 30 segundos	75

2.2. Períodos de Retorno Adotados

- 2.2.1 Conforme exigido no Edital as linhas de transmissão estão sendo projetadas para resistir, sem falhas, às cargas mecânicas produzidas por ventos com períodos de retorno de 250 anos.
- 2.2.2 As cargas atuando nos cabos, cadeias de isoladores e estruturas estão sendo calculadas utilizando a metodologia constante da norma IEC 60826.
- 2.2.3 Adicionalmente, as estruturas serão dimensionadas para suportar ação de ventos

de alta intensidade decorrentes de tormentas elétricas.

2.2.4 Para cálculo dos ângulos de balanço das cadeias associados aos espaçamentos elétricos correspondentes à tensão máxima operativa está sendo adotada velocidade do vento com período de retorno de 50 anos, superior ao especificado no Edital (30 anos).

2.2.5 Para cálculo dos ângulos de balanço das cadeias associados aos espaçamentos elétricos correspondentes a surtos de manobra está sendo adotada velocidade do vento com período de retorno de 2 anos (vento frequente).

2.2.6 Para cálculo do balanço de cabos e cadeias associado à definição da largura da faixa de servidão está sendo adotada velocidade do vento com período de retorno de 50 anos, superior ao estabelecido na NBR 5422.

2.2.7 A altura média dos cabos condutores é dada pelas expressão abaixo:

a) Altura média do Conductor:

Flecha para temperatura mínima vão médio 510 m: 19,26 m

Flecha na temperatura máxima para vão médio de 510 m: 21,87 m

Distancia Vertical do condutor inferior e o centro de gravidade das fases: 1,3 m

Altura mínima cabo solo: 12,5 m

$h = 12,5 + 21,82 + 1,3 - 2/3 \times 19,26 = 22,78$ Adotado = 23 m

2.2.8 A conversão dos valores indicados na tabela 2.2.8 para o cálculo dos ângulos de balanço e considerando a altura média dos condutores é obtida utilizando a seguinte expressão, conforme NBR 5422:

$$V_H = V \cdot \left(\frac{h}{10} \right)^{1/n}$$

onde:

V_H Velocidade do vento atuando na altura "h"

h Altura média dos condutores

n Coeficiente obtido da tabela 2 da NBR 5422 para t = 30 s (n = 11, terreno B)

V Velocidade do vento para h = 10 m, tabela 2.1

Tabela 2.2.8 – Velocidade de Vento para Ângulo de Balanço

Linhas de transmissão	Altura de vento (m)	50 anos 30 segundos (m/s)	2 anos 30 segundos (m/s)
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	23	34,46	22,47

3. CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO

3.1. Vento Extremo

3.1.1 Pressão Dinâmica de Referência

A partir do item 6.2.5 da norma IEC 60826, obtém-se:

$$q_0 = \frac{1}{2 \times 9,81} \mu V_R^2 \quad \text{onde:}$$

q_0 Pressão dinâmica de referência, em kgf/m^2

μ Massa específica do ar em kg/m^3

V_R Velocidade do vento extremo (250 anos, 10 min) em m/s (tabela 2.1)

Tendo como resultado:

Linhas de transmissão	μ (kg/m^3)	V_R (m/s)	q_0 (kgf/m^2)
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	1,1213	27,78	44,1

3.1.2 Pressão do Vento Extremo nos Cabos

A partir do item 6.2.6.1 e figuras 3 e 4 da norma IEC 60826, obtém-se:

$$P_{\text{cabos}} = q_0 C_{XC} G_C G_L \text{sen}^2 \Omega \quad \text{onde:}$$

q_0 Pressão dinâmica de referência, em kgf/m^2

C_{XC} 1,00

G_C Fator de vento combinado para cabos obtido em função da altura média do condutor ou da altura média (h_m cond) do cabo para-raios (h_m P-raios) .

G_L Fator de vão obtido em função do vão adotado para cálculo (510 m)

Ω Ângulo formado pela direção do vento com a direção dos cabos

Para ventos atuando no sentido transversal ($\Omega = 90^\circ$), foram calculadas as seguintes pressões:

Linhas de transmissão	q_0 (kgf/m^2)	h_m cond (m)	G_C Cond	h_m P-raios (m)	G_C P-raio	G_L	P cabos (kgf/m^2)	
							Cond	P raios
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	44,1	23	2,1467	34	2,2926	0,9123	87	93

3.1.3 Pressão do Vento Extremo nas Cadeias de Isoladores

A partir do item 6.2.6.3 e figura 5 da norma IEC 60826, obtém-se:

$$P_{\text{isol}} = q_0 C_{Xi} G_T \quad \text{onde:}$$

q_0 (Ver item 3.1.1)

C_{Xi} 1,20

G_T Fator de vento combinado obtido em função da altura média (h_m Isol) dos isoladores

Resultando em:

Linhas de transmissão	h_m isol (m)	G_t	P isol(kgf/m ²)
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	39	2,4464	130

3.1.4 Carga do Vento Extremo nas Estruturas Atuando na Direção do Vento

A partir do item 6.2.6.4.1 e figuras 5, 6 e 7 da norma IEC 60826, obtém-se:

$$F_{\text{estrut}} = q_0 G_T (1 + 0,2 \text{sen}^2 2\Theta) (S_{T1} C_{XT1} \cos^2 \Theta + S_{T2} C_{XT2} \text{sen}^2 \Theta) \text{ kgf} \quad \text{onde:}$$

q_0 (Ver item 3.1.1)

G_T Fator de vento combinado, obtido da figura 5 da norma IEC 60826 em função da altura em relação ao solo do centro de gravidade do painel em consideração

S_{T1} e S_{T2} Área líquida das faces 1 e 2 do painel em consideração, em m²

C_{XT1} e C_{XT2} Coeficiente de arrasto das faces 1 e 2 do painel em consideração, obtido da figura 7 da norma IEC 60826

Θ Ângulo formado pela direção do vento com a perpendicular à face 1, conforme figura 6 da norma IEC 60826

Para $\Theta = 0^\circ$ (vento transversal), obtém-se:

$$F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot G_T \cdot S_{T1} \cdot C_{XT1} \text{ kgf}$$

Para $\Theta = 15^\circ$, obtém-se:

$$F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot 1,05 \cdot G_T \cdot (0,933 S_{T1} C_{XT1} + 0,067 S_{T2} C_{XT2}) \text{ kgf}$$

Para $\Theta = 30^\circ$, obtém-se:

$$F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot 1,15 \cdot G_T \cdot (0,75 S_{T1} C_{XT1} + 0,25 S_{T2} C_{XT2}) \text{ kgf}$$

Para $\Theta = 45^\circ$, obtém-se:

$$F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot 0,6 \cdot G_T \cdot (S_{T1} C_{XT1} + S_{T2} C_{XT2}) \text{ kgf}$$

3.2. Pressão de Vento de Tormentas Elétricas

3.2.1 Introdução

3.2.1.1 Os ventos decorrentes de tormentas elétricas apresentam as seguintes características:

- Alta intensidade;
- Pouca variação em relação à altura de atuação;
- Frente estreita, não superior a 100 metros.

3.3.1.2 As velocidades de vento assinaladas como de 3 segundos já retratam a real relação entre as séries históricas de 10 minutos e de 3 segundos. Os seus valores numéricos incorporam um fator de rajada realista e não requer correção adicional.

3.3.1.3 Como esse tipo de vento tem frente estreita, se o mesmo atingir uma estrutura da linha de transmissão (caso mais desfavorável), atuará simultaneamente sobre um trecho significativamente reduzido dos cabos situados nos vãos adjacentes à estrutura afetada.

3.2.1.4 De modo a levar em conta essa característica a pressão resultante desse vento atuando sobre os cabos será multiplicada por um fator redutor igual a 0,25. O vento de tormentas não será corrigido para variações da altura de atuação.

3.2.2 Pressão Dinâmica de Referência

3.2.2.1 Considerando a fórmula da pressão dinâmica de referência indicada no item 3.1.1 e sendo a velocidade do vento de tormentas (250 anos , 3 segundos) indicada no item 2.1, tem-se:

Linhas de transmissão	μ (kg/m ³)	VR (m/s)	q0 (kgf/m ²)
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	1,1213	47,22	128

3.2.3 Pressões Atuando nos Cabos

3.2.3.1 Conforme item 3.3.1.4, tem-se:

$$P_{\text{cabos}} = q_0 \times 0,25 \text{ kgf/m}^2$$

Linhas de transmissão	P_{cabos} (kgf/m ²)
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	32

3.2.4 Pressão Atuando nas Cadeias de Isoladores

$$P_{\text{isol}} = q_0 \times 1,2 \text{ kgf/m}^2$$

Linhas de transmissão	P_{isol} (kgf/m ²)
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	154

3.2.5 Carga de Vento de Tormenta nas Estruturas Atuando na Direção do Vento

Para $\Theta = 0^\circ$ (vento transversal), obtém-se:

$$F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot S_{T1} \cdot C_{XT1} \text{ kgf}$$

Para $\Theta = 15^\circ$, obtém-se:

$$F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot 1,05 \cdot (0,933S_{T1}C_{XT1} + 0,067S_{T2}C_{XT2}) \text{ kgf}$$

Para $\Theta = 30^\circ$, obtém-se:

$$F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot 1,15 \cdot (0,75S_{T1}C_{XT1} + 0,25S_{T2}C_{XT2}) \text{ kgf}$$

Para $\Theta = 45^\circ$, obtém-se:

$$F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot 0,6 \cdot (S_{T1}C_{XT1} + S_{T2}C_{XT2}) \text{ kgf}$$

3.3 Ventos para Cálculo dos Ângulos de Balanço

3.3.1 Utilizando a expressão constante do item 3.1.1 anterior obtém-se as seguintes pressões dinâmicas de referência para os ventos indicados na tabela 2.2.8:

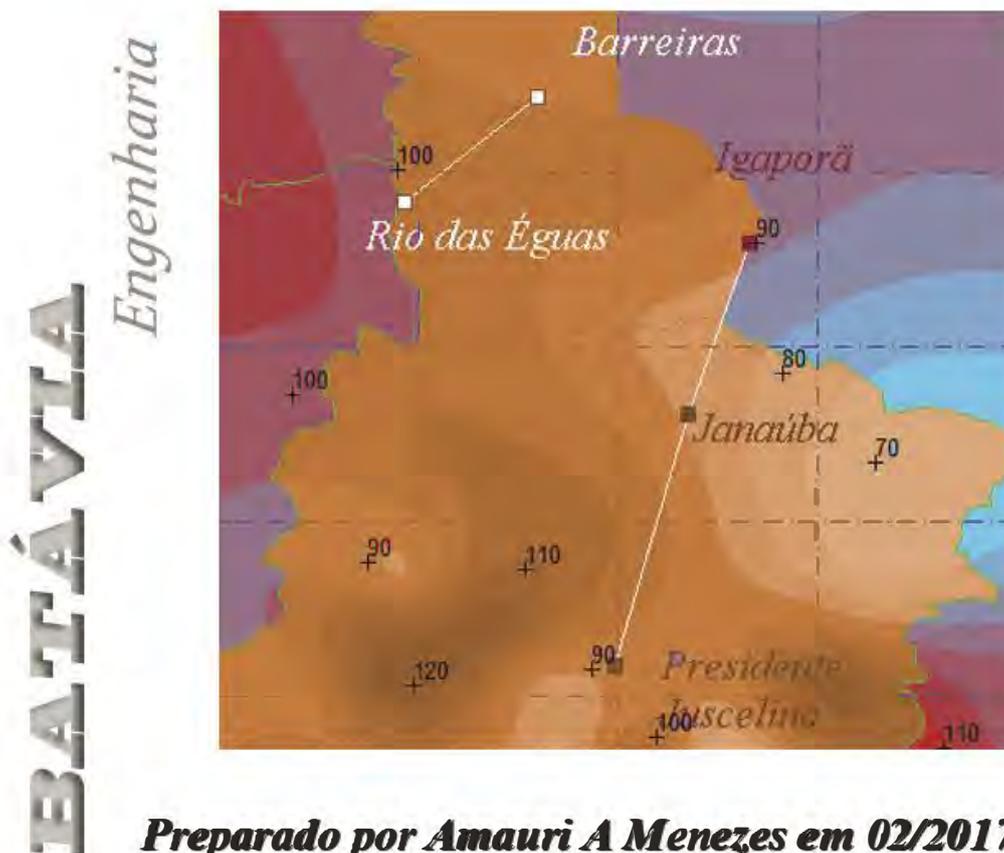
Linhas de transmissão	T = 50 anos		T = 2 anos	
	VR (m/s)	q0 (kgf/m ²)	VR (m/s)	q0 (kgf/m ²)
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	34,46	68	22,47	29

4. REFERÊNCIAS

- 1 NBR 5422 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 2 Norma IEC 60826 – Design criteria of overhead transmission lines.
- 3 Relatório R3 – Caracterização e Análise Socioambiental - Linha de Transmissão Lote 16
- 4 Relatório RT-EQT6-L601-PB-ELM-0003_DADOS CLIMATOLÓGICOS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 5 Kendall, G. R. – Statistical Analysis of Extreme Values – First Canadian Hydrology Conference, July 1959.
- 6 Cigré Working Group 22.06, “Probabilistic Design of Overhead Transmission (CIGRÉ Brochure 109 - 22-00 (WG-06)01, 1996
- 7 Silva Filho, J. I., Menezes Jr, A. A. – Mapeamento de Isótopos do Brasil, Relatório Técnico Cepel 851/82.

ANEXO 1 – MEMORIAL DESCRITIVO DAS VELOCIDADES DE VENTO

**RELATÓRIO TÉCNICO PARA
ENGEPRO ENGENHARIA**
**Isótacas máximas para as LTs
dos Lotes 8, 14, 15 e 16, Leilão 013/2015**



Este Relatório Técnico apresenta o memorial descritivo para a determinação dos isótacas máximas para a implantação das LTs acima citadas. A reprodução parcial ou total deste documento só deve ser feita com a permissão da ENGEPRO Engenharia

<i>1</i>	<i>Objetivo</i>	<i>3</i>
<i>2</i>	<i>Introdução.....</i>	<i>3</i>
<i>3</i>	<i>Características das estações</i>	<i>5</i>
<i>3.1</i>	<i>Critérios de regionalização.....</i>	<i>5</i>
<i>3.2</i>	<i>Rugosidade dos terrenos</i>	<i>12</i>
<i>4</i>	<i>Os mapeamentos</i>	<i>12</i>
<i>5</i>	<i>Ventos básicos de projeto.....</i>	<i>13</i>
<i>Anexo I</i>	<i>Critérios a serem atendidos.....</i>	<i>15</i>
<i>A.I.1</i>	<i>Critérios para projeto mecânico</i>	<i>15</i>
<i>Anexo II</i>	<i>Distribuição de Gumbel e velocidades máximas de vento</i>	<i>16</i>
<i>Anexo III</i>	<i>Os ajustes da distribuição de Gumbel às amostras</i>	<i>17</i>
<i>Anexo IV</i>	<i>Os mapeamentos de isótasas da região.....</i>	<i>49</i>
<i>Anexo V</i>	<i>O problema da turbulência dos ventos no Brasil.....</i>	<i>60</i>
<i>Anexo VI</i>	<i>Regionalização dos CVs das séries históricas.....</i>	<i>61</i>
	<i>Critérios de regionalização dos coeficientes de variação</i>	<i>61</i>
<i>AVI.1</i>	<i>Para as séries de 10 minutos.....</i>	<i>61</i>
<i>AVI.2</i>	<i>Para as séries de 3 segundos</i>	<i>62</i>
<i>AVI.3</i>	<i>Para as séries de 30 segundos</i>	<i>62</i>

1 Objetivo

Este relatório apresenta os cálculos das velocidades elevadas de vento a serem esperadas para a região de implantação das LTs dos Lotes Lotes 8, 14, 15 e 16. descritas a seguir.

*LT 500kV Rio das Éguas - Barreiras II - C2
LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1
LT 500kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1
LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
LT 500kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2*

O objetivo deste relatório é o de prover os setores de projeto com velocidades de vento máximas prospectivas e seguras que atendam às exigências técnicas constantes dos mais recentes Editais da ANEEL, relativo ao sistema de transmissão aéreo nacional.

2 Introdução

O estudo admitirá a região de localização da linha de transmissão citada, tal como indicada nos mapas de isótagas e será subsidiado pelas estações abaixo indicadas (veja também a Tabela 3.1.1). Às séries de dados de velocidades máximas anuais, coletados nas estações localizadas nas vizinhanças do empreendimento, será aplicado o conceito da distribuição estatística de extremos de Gumbel. O Anexo II apresenta uma descrição dos métodos usuais mencionados para a determinação dos ajustes de Gumbel do Anexo III.

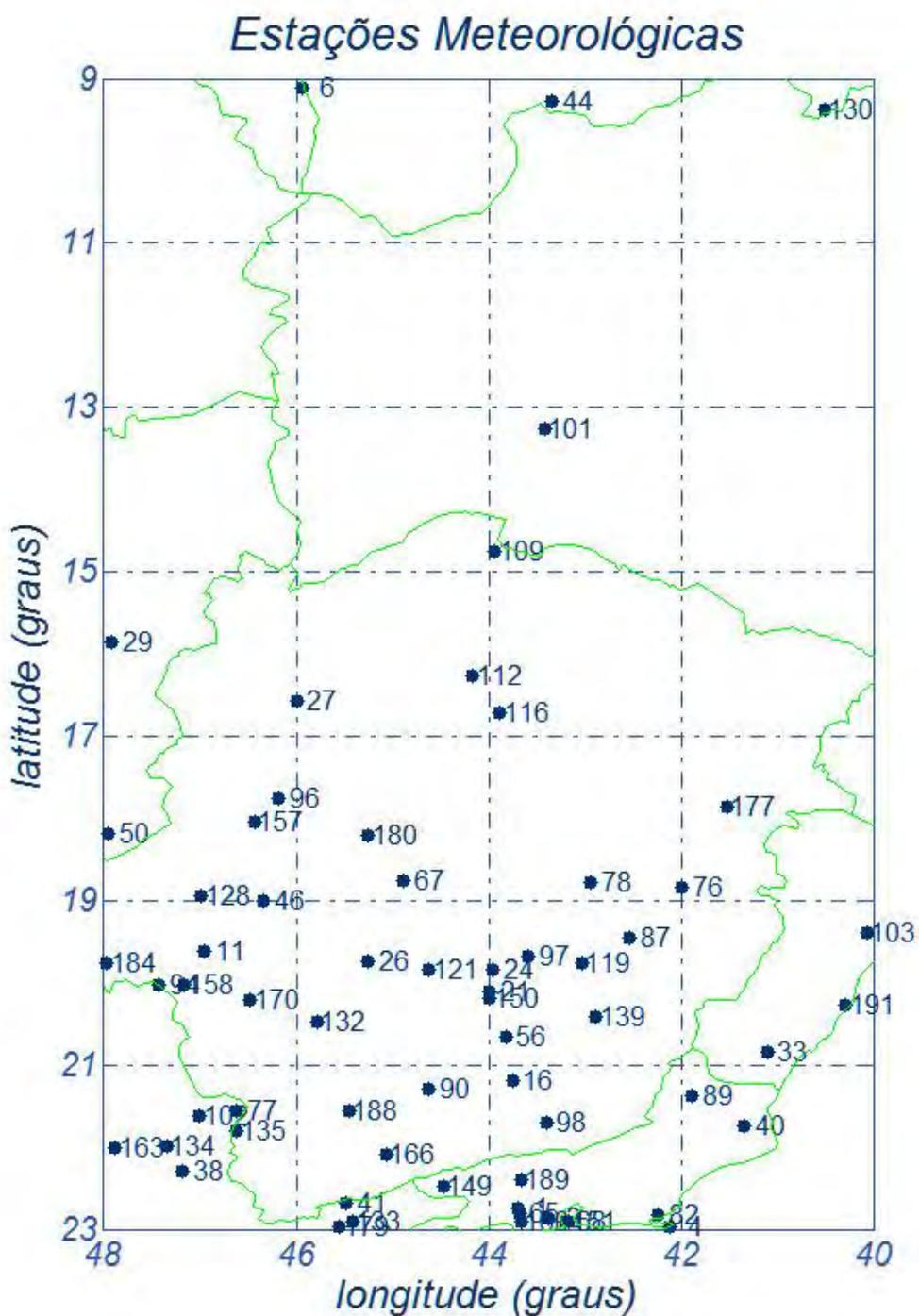


Figura 2.1 - Região de implantação do sistema elétrico de transmissão em foco

De particular importância reveste-se a escolha das estações meteorológicas que constituirão o fundamento do cálculo. A região em questão é razoavelmente densa e até mesmo esparsa no que tange a anemometria. Os cálculos que se seguem fundamentam, portanto, seu escopo nas estações mais próximas do empreendimento mencionado, a fim de subsidiar as determinações paramétricas necessárias à consecução do estudo. O item seguinte apresenta alguns detalhes sobre os dados aqui usados e sobre os tratamentos estatísticos a que foram submetidos.

3 Características das estações

Para dar maior confiabilidade nos resultados, foram utilizadas as estações mais próximas do empreendimento em questão, pois é senso comum que os resultados de uma rede mais completa são mais sólidos do que aqueles relacionados com esquemas muito dispersos e escassos. A distribuição espacial das estações encontra-se caracterizada na Figura 2.1, apresentada anteriormente, enquanto as suas características fisiográficas e paramétricas relevantes constam das Tabelas 3.1.1 e 3.1.2.

3.1 Critérios de regionalização

O processo de determinação de médias regionais para os CVs (coeficientes de variação)¹ e os FRs (fatores de rajada)² seguem prática comum em meteorologia, já que parâmetros médios são mais representativos e mais confiáveis do que os de estações tomadas isoladamente, com variados tempos de coleta. Há diversos critérios para se proceder a uma homogeneização regional de parâmetros climáticos, tal como adotar-se a média dos valores paramétricos determinados nas estações mais próximas, ou média ponderada, em função dos anos de coleta, de tal sorte que estações com mais tempo de coleta tenham uma influência majorada no fenômeno espacial em questão. Pode-se recorrer, ainda, a um valor médio acrescido de um determinado número de desvios-padrão, dependendo do grau de confiabilidade que se deseja conferir ao estudo.

Este estudo adota os critérios de regionalização dos CVs descritos no Anexo VI. Além disso, as velocidades médias do vento com tempo de média de 10 minutos encontram-se corrigidas, como justificado e sugerido³ em [6 e 7].

¹ CV = (média) / (desvio padrão)

² FR = (velocidade de 3 s) / (velocidade de 10 min)

³ para compensar o excesso de turbulência verificado nos ventos que ocorrem no Brasil

Tabela 3.1.1 - Características gerais das estações anemométricas

<i># no mapa</i>	<i>nome</i>
<i>1</i>	<i>Adrianópolis</i>
<i>2</i>	<i>Afonso</i>
<i>4</i>	<i>Álcalis</i>
<i>6</i>	<i>Alto Parnaíba</i>
<i>11</i>	<i>Araxá</i>
<i>16</i>	<i>Barbacena</i>
<i>21</i>	<i>Barreiro</i>
<i>24</i>	<i>Belo Horizonte</i>
<i>26</i>	<i>Bom Despacho</i>
<i>27</i>	<i>Bonfim Minas</i>
<i>29</i>	<i>Brasília</i>
<i>33</i>	<i>Cacho. Itapemirim</i>
<i>38</i>	<i>Campininha</i>
<i>40</i>	<i>Campos</i>
<i>41</i>	<i>Campos do Jordão</i>
<i>44</i>	<i>Caracol</i>
<i>46</i>	<i>Carmo Parnaíba</i>
<i>50</i>	<i>Catalão</i>
<i>56</i>	<i>Cons. Lafaiete</i>
<i>65</i>	<i>Ecologia Agrícola</i>
<i>67</i>	<i>Felixlândia</i>

Tabela 3.1.1 - Características gerais das estações anemométricas (cont.)

<i># no mapa</i>	<i>nome</i>
68	<i>Flamengo</i>
76	<i>Gov. Valadares</i>
77	<i>Graminha</i>
78	<i>Guanhães</i>
82	<i>Iguaba Grande</i>
87	<i>Ipatinga</i>
89	<i>Itaperuna</i>
90	<i>Itutinga</i>
94	<i>Jaguará</i>
96	<i>João Pinheiro</i>
97	<i>José Melo</i>
98	<i>Juiz de Fora</i>
101	<i>Lapa (B Jesus)</i>
102	<i>Limoeiro</i>
103	<i>Linhares</i>
109	<i>Manga</i>
112	<i>Mirabela</i>
116	<i>Montes Claros</i>
119	<i>Nova Era</i>
121	<i>Pará de Minas</i>
128	<i>Patrocínio</i>

Tabela 3.1.1 - Características gerais das estações anemométricas (cont.)

<i># no mapa</i>	<i>nome</i>
<i>130</i>	<i>Petrolina</i>
<i>132</i>	<i>Pimenta</i>
<i>133</i>	<i>Pindamonhangaba</i>
<i>134</i>	<i>Pirassununga</i>
<i>135</i>	<i>Poços Caldas</i>
<i>139</i>	<i>Ponte Nova</i>
<i>149</i>	<i>Resende</i>
<i>150</i>	<i>Retiro Pedras</i>
<i>151</i>	<i>Rio de Janeiro</i>
<i>157</i>	<i>S Pedro P Firme</i>
<i>158</i>	<i>Sacramento</i>
<i>160</i>	<i>Santa Cruz</i>
<i>163</i>	<i>São Carlos</i>
<i>166</i>	<i>São Lourenço</i>
<i>170</i>	<i>São Roque</i>
<i>177</i>	<i>Teófilo Otoni</i>
<i>179</i>	<i>Tremembé</i>
<i>180</i>	<i>Três Marias</i>
<i>184</i>	<i>Uberaba</i>
<i>188</i>	<i>Varginha</i>
<i>189</i>	<i>Vassouras</i>
<i>191</i>	<i>Vitoria</i>

Tabela 3.1.2 - Características paramétricas das estações anemométricas

<i>nome</i>	<i>latitude</i> <i>(graus)</i>	<i>longitude</i> <i>(graus)</i>	<i>anos</i>	<i>V</i> _{médio} <i>10 min</i> <i>(km/h)</i>	<i>CV</i> <i>10 min</i> <i>(%)</i>	<i>V</i> _{médio} <i>3 seg</i> <i>(km/h)</i>	<i>CV</i> <i>3 seg</i> <i>(%)</i>	<i>FR3s</i> <i>(pu)</i>	<i>FR30s</i> <i>(pu)</i>
<i>Adrianópolis</i>	<i>22.75</i>	<i>43.70</i>	<i>8</i>	<i>55.89</i>	<i>13</i>	<i>89.42</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Afonso</i>	<i>22.87</i>	<i>43.37</i>	<i>14</i>	<i>50.30</i>	<i>16</i>	<i>80.48</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Álcalis</i>	<i>22.96</i>	<i>42.11</i>	<i>11</i>	<i>69.27</i>	<i>13</i>	<i>110.83</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Alto Parnaíba</i>	<i>9.12</i>	<i>45.93</i>	<i>6</i>	<i>39.56</i>	<i>16</i>	<i>67.25</i>	<i>16</i>	<i>1.70</i>	<i>1.35</i>
<i>Araxá</i>	<i>19.62</i>	<i>46.95</i>	<i>10</i>	<i>57.23</i>	<i>13</i>	<i>91.57</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Barbacena</i>	<i>21.18</i>	<i>43.75</i>	<i>12</i>	<i>53.76</i>	<i>13</i>	<i>86.02</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Barreiro</i>	<i>20.10</i>	<i>43.98</i>	<i>12</i>	<i>65.97</i>	<i>13</i>	<i>105.55</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Belo Horizonte</i>	<i>19.85</i>	<i>43.95</i>	<i>25</i>	<i>39.50</i>	<i>16</i>	<i>63.20</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Bom Despacho</i>	<i>19.75</i>	<i>45.25</i>	<i>20</i>	<i>52.86</i>	<i>16</i>	<i>84.58</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Bonfim Minas</i>	<i>16.57</i>	<i>46.00</i>	<i>6</i>	<i>51.07</i>	<i>16</i>	<i>81.71</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Brasília</i>	<i>15.87</i>	<i>47.92</i>	<i>15</i>	<i>51.08</i>	<i>19</i>	<i>81.73</i>	<i>19</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Cacho. Itapemirim</i>	<i>20.85</i>	<i>41.10</i>	<i>4</i>	<i>60.37</i>	<i>13</i>	<i>96.59</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Campininha</i>	<i>22.30</i>	<i>47.18</i>	<i>15</i>	<i>41.90</i>	<i>13</i>	<i>67.04</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Campos</i>	<i>21.75</i>	<i>41.33</i>	<i>8</i>	<i>37.74</i>	<i>19</i>	<i>60.39</i>	<i>19</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Campos do Jordão</i>	<i>22.68</i>	<i>45.48</i>	<i>17</i>	<i>52.86</i>	<i>13</i>	<i>84.58</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Caracol</i>	<i>9.28</i>	<i>43.33</i>	<i>8</i>	<i>42.80</i>	<i>16</i>	<i>72.77</i>	<i>16</i>	<i>1.70</i>	<i>1.35</i>
<i>Carmo Parnaíba</i>	<i>19.00</i>	<i>46.33</i>	<i>4</i>	<i>62.05</i>	<i>13</i>	<i>99.28</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Catalão</i>	<i>18.18</i>	<i>47.95</i>	<i>6</i>	<i>44.02</i>	<i>19</i>	<i>70.43</i>	<i>19</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Cons. Lafaiete</i>	<i>20.67</i>	<i>43.82</i>	<i>6</i>	<i>58.46</i>	<i>13</i>	<i>93.54</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Ecologia Agrícola</i>	<i>22.80</i>	<i>43.68</i>	<i>21</i>	<i>61.04</i>	<i>16</i>	<i>97.66</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Felixlândia</i>	<i>18.75</i>	<i>44.88</i>	<i>11</i>	<i>54.88</i>	<i>13</i>	<i>87.81</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>

Tabela 3.1.2 - Características paramétricas das estações anemométricas (cont.)

<i>nome</i>	<i>latitude</i> <i>(graus)</i>	<i>longitude</i> <i>(graus)</i>	<i>anos</i>	<i>V_{médio}</i> <i>10 min</i> <i>(km/h)</i>	<i>CV</i> <i>10 min</i> <i>(%)</i>	<i>V_{médio}</i> <i>3 seg</i> <i>(km/h)</i>	<i>CV</i> <i>3 seg</i> <i>(%)</i>	<i>FR3s</i> <i>(pu)</i>	<i>FR30s</i> <i>(pu)</i>
<i>Flamengo</i>	<i>22.92</i>	<i>43.20</i>	<i>19</i>	<i>54.88</i>	<i>13</i>	<i>87.81</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Gov. Valadares</i>	<i>18.85</i>	<i>41.98</i>	<i>4</i>	<i>55.33</i>	<i>16</i>	<i>88.53</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Graminha</i>	<i>21.57</i>	<i>46.62</i>	<i>16</i>	<i>46.26</i>	<i>16</i>	<i>74.01</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Guanhães</i>	<i>18.78</i>	<i>42.93</i>	<i>8</i>	<i>53.20</i>	<i>13</i>	<i>85.12</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Iguaba Grande</i>	<i>22.83</i>	<i>42.23</i>	<i>11</i>	<i>56.67</i>	<i>19</i>	<i>90.68</i>	<i>19</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Ipatinga</i>	<i>19.45</i>	<i>42.53</i>	<i>13</i>	<i>53.65</i>	<i>13</i>	<i>85.84</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Itaperuna</i>	<i>21.37</i>	<i>41.88</i>	<i>9</i>	<i>39.98</i>	<i>19</i>	<i>63.97</i>	<i>19</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Itutinga</i>	<i>21.30</i>	<i>44.62</i>	<i>13</i>	<i>56.67</i>	<i>13</i>	<i>90.67</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Jaguará</i>	<i>20.02</i>	<i>47.43</i>	<i>6</i>	<i>64.18</i>	<i>13</i>	<i>102.69</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>João Pinheiro</i>	<i>17.75</i>	<i>46.18</i>	<i>7</i>	<i>52.08</i>	<i>13</i>	<i>83.33</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>José Melo</i>	<i>19.68</i>	<i>43.58</i>	<i>4</i>	<i>54.99</i>	<i>13</i>	<i>87.98</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Juiz de Fora</i>	<i>21.70</i>	<i>43.40</i>	<i>8</i>	<i>54.10</i>	<i>13</i>	<i>86.56</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Lapa (B Jesus)</i>	<i>13.27</i>	<i>43.42</i>	<i>8</i>	<i>51.00</i>	<i>16</i>	<i>86.70</i>	<i>16</i>	<i>1.70</i>	<i>1.35</i>
<i>Limoeiro</i>	<i>21.62</i>	<i>47.00</i>	<i>16</i>	<i>56.67</i>	<i>13</i>	<i>90.67</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Linhares</i>	<i>19.40</i>	<i>40.07</i>	<i>4</i>	<i>51.63</i>	<i>13</i>	<i>82.61</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Manga</i>	<i>14.75</i>	<i>43.93</i>	<i>6</i>	<i>50.00</i>	<i>13</i>	<i>85.00</i>	<i>13</i>	<i>1.70</i>	<i>1.35</i>
<i>Mirabela</i>	<i>16.27</i>	<i>44.17</i>	<i>4</i>	<i>52.00</i>	<i>13</i>	<i>83.20</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Montes Claros</i>	<i>16.72</i>	<i>43.88</i>	<i>9</i>	<i>58.46</i>	<i>13</i>	<i>93.54</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Nova Era</i>	<i>19.77</i>	<i>43.03</i>	<i>10</i>	<i>41.66</i>	<i>13</i>	<i>66.66</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Pará de Minas</i>	<i>19.85</i>	<i>44.62</i>	<i>13</i>	<i>49.20</i>	<i>13</i>	<i>78.72</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Patrocínio</i>	<i>18.95</i>	<i>46.98</i>	<i>14</i>	<i>53.60</i>	<i>16</i>	<i>85.76</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>

Tabela 3.1.2 - Características paramétricas das estações anemométricas (cont.)

<i>nome</i>	<i>latitude</i> <i>(graus)</i>	<i>longitude</i> <i>(graus)</i>	<i>anos</i>	<i>V</i> _{médio} <i>10 min</i> <i>(km/h)</i>	<i>CV</i> <i>10 min</i> <i>(%)</i>	<i>V</i> _{médio} <i>3 seg</i> <i>(km/h)</i>	<i>CV</i> <i>3 seg</i> <i>(%)</i>	<i>FR3s</i> <i>(pu)</i>	<i>FR30s</i> <i>(pu)</i>
<i>Petrolina</i>	<i>9.38</i>	<i>40.50</i>	<i>6</i>	<i>50.23</i>	<i>13</i>	<i>85.39</i>	<i>13</i>	<i>1.70</i>	<i>1.35</i>
<i>Pimenta</i>	<i>20.47</i>	<i>45.78</i>	<i>12</i>	<i>52.86</i>	<i>13</i>	<i>84.58</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Pindamonhangaba</i>	<i>22.90</i>	<i>45.42</i>	<i>12</i>	<i>53.31</i>	<i>13</i>	<i>85.30</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Pirassununga</i>	<i>21.98</i>	<i>47.35</i>	<i>15</i>	<i>53.80</i>	<i>16</i>	<i>86.08</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Poços Caldas</i>	<i>21.80</i>	<i>46.62</i>	<i>11</i>	<i>63.95</i>	<i>13</i>	<i>102.32</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Ponte Nova</i>	<i>20.42</i>	<i>42.88</i>	<i>7</i>	<i>42.67</i>	<i>13</i>	<i>68.27</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Resende</i>	<i>22.48</i>	<i>44.47</i>	<i>28</i>	<i>66.07</i>	<i>13</i>	<i>105.71</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Retiro Pedras</i>	<i>20.18</i>	<i>43.98</i>	<i>15</i>	<i>70.05</i>	<i>13</i>	<i>112.08</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Rio de Janeiro</i>	<i>22.90</i>	<i>43.17</i>	<i>25</i>	<i>49.20</i>	<i>16</i>	<i>78.72</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>S Pedro P Firme</i>	<i>18.05</i>	<i>46.43</i>	<i>7</i>	<i>56.11</i>	<i>16</i>	<i>89.78</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Sacramento</i>	<i>20.03</i>	<i>47.17</i>	<i>5</i>	<i>57.23</i>	<i>13</i>	<i>91.57</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Santa Cruz</i>	<i>22.92</i>	<i>43.67</i>	<i>25</i>	<i>67.30</i>	<i>16</i>	<i>107.68</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>São Carlos</i>	<i>22.02</i>	<i>47.88</i>	<i>12</i>	<i>58.35</i>	<i>13</i>	<i>93.36</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>São Lourenço</i>	<i>22.10</i>	<i>45.07</i>	<i>13</i>	<i>58.69</i>	<i>13</i>	<i>93.90</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>São Roque</i>	<i>20.22</i>	<i>46.48</i>	<i>22</i>	<i>61.26</i>	<i>13</i>	<i>98.02</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Teófilo Otoni</i>	<i>17.87</i>	<i>41.52</i>	<i>10</i>	<i>39.98</i>	<i>16</i>	<i>63.97</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Tremembé</i>	<i>22.97</i>	<i>45.55</i>	<i>14</i>	<i>40.99</i>	<i>19</i>	<i>65.59</i>	<i>19</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Três Marias</i>	<i>18.22</i>	<i>45.25</i>	<i>22</i>	<i>67.98</i>	<i>16</i>	<i>108.77</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Uberaba</i>	<i>19.77</i>	<i>47.97</i>	<i>18</i>	<i>58.69</i>	<i>13</i>	<i>93.90</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Varginha</i>	<i>21.57</i>	<i>45.45</i>	<i>11</i>	<i>52.08</i>	<i>13</i>	<i>83.33</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Vassouras</i>	<i>22.40</i>	<i>43.67</i>	<i>11</i>	<i>44.35</i>	<i>19</i>	<i>70.96</i>	<i>19</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Vitoria</i>	<i>20.28</i>	<i>40.29</i>	<i>7</i>	<i>63.50</i>	<i>13</i>	<i>101.61</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>

nomenclatura:

CV	<i>coeficiente de variação (%) regionalizado (10 min e 3 s)</i>
FR3s	<i>fator de rajada de 3 segundos (pu) regionalizado</i>
FR30s	<i>fator de rajada de 30 segundos (pu) regionalizado</i>

3.2 Rugosidade dos terrenos

Quanto à rugosidade do terreno no entorno das estações consideradas nesse estudo, admitiu-se que as velocidades medidas nas estações estão associadas a terrenos com grau de rugosidade B, tal como classificado pelas Normas IEC 60826 e NBR 5422, significando terrenos planos com poucos obstáculos. A escolha se deve ao fato de que as estações meteorológicas normalmente se encontram em regiões de rugosidade B, por imposições naturais das redes meteorológicas que, grosso modo, requerem localizações em terrenos desprovidos de obstáculos para evitar distorções nas medições.

4 Os mapeamentos

Considerados os valores paramétricos constantes das Tabelas 3.1.1 e 3.1.2, as exigências do Anexo I, a metodologia estatística descrita no Anexo II e, ainda, os ajustes das amostras à estatística de Gumbel, foram elaborados os mapeamentos de isótagas apresentados no Anexo IV. Quanto ao modelo matemático de ajuste utilizado neste estudo, há algumas ponderações a serem feitas.

O ajuste mais conservador é o dos mínimos quadrados, pois, tal como pode ser visto no Anexo II, possui uma correção de majoração do ajuste em função do número de anos de coleta, ou seja, quanto menor a amostra, maior será a correção ou majoração no valor do ajuste. Esse método tem sido extensivamente usado no Brasil, por ser mais seguro e por assim compensar em parte as incertezas e imprecisões advindas da dispersa rede de medição eólica nacional.

Este estudo faz as regionalizações amostrais sugeridas nos editais da ANEEL, estabelecendo critérios para inferir valores esperados para os coeficientes de variação (Anexo VI). Adota ainda as correções das médias em função do exposto em [6 e 7], e define o método dos mínimos quadrados como adotado,

para produzir valores mais conservadores que façam face à baixa densidade de estações.

5 Ventos básicos de projeto

Dos mapeamentos obtidos, podem ser recomendadas as velocidades de vento constantes da Tabela 5.1, de forma a subsidiarem as hipóteses de carga normalmente utilizadas no dimensionamento de estruturas aéreas de transmissão. Os cálculos das velocidades foram feitos seguindo a formulação do Anexo II.

*Tabela 5.1 - Velocidades de projeto (km/h),
terrenos tipo A e B, medições feitas a 10 m de altura*

<i>período de retorno/ tempo de média</i>	<i>Rio das Éguas - Barreiras</i>	<i>Igaporã- Janaúba C1 e C2</i>	<i>Janaúba- P. Juscelino C1 e C2</i>
<i>250/10</i>	<i>100</i>	<i>90</i>	<i>100</i>
<i>250/3</i>	<i>160</i>	<i>160</i>	<i>170</i>
<i>50/10</i>	<i>85</i>	<i>80</i>	<i>85</i>
<i>50/30</i>	<i>115</i>	<i>105</i>	<i>115</i>
<i>2/30</i>	<i>70</i>	<i>65</i>	<i>75</i>

Nota 1 *A velocidade de vento assinalada como sendo a de 3 segundos (valor instantâneo ou de rajada) já retrata a real relação entre as séries históricas de 10 minutos e de 3 segundos. O seu valor numérico incorpora um fator de rajada realista e não requer correção adicional.*

Nota 2 *As velocidades indicadas na tabela acima são o resultado de uma avaliação espacial das figuras do Anexo IV, feitas como médias mentais das leituras dos mapas. Nos mapas de isolinhas, as velocidades múltiplas de 5 são indicadas pelos seus valores modais, enquanto que os demais “dégradés” servem como ferramentas de interpolação. O traçado das isótagas usa um modelo clássico para a determinação de isolinhas, modelo esse que parte do*

princípio de que “a influência de cada estação em qualquer ponto da rede se faz inversamente proporcional à sua distância a esse ponto”.

Nota 3 *As velocidades em cada estação, indicadas nos mapas respectivos, evitam que eventuais extrapolações do modelo matemático das distâncias sejam escolhidas como “velocidades de projeto”. Como qualquer estudo estatístico que envolve avaliações espaciais, há sempre um subjetivismo nas operações de arredondamentos e de interpolações, o que impede que haja sempre uma unanimidade nas escolhas.*

Referências

- [1] Kendall, G.R. – *Statistical Analysis of Extreme Values – First Canadian Hydrology Conference, July 1959.*
- [2] IEC – *International Electrotechnical Commission, “IEC 60826 - Design Criteria of Overhead Transmission Lines”, Technical Committee nº 11, Secretariats 27 & 28, Recommendations for Overhead Lines, Ed. 3, 2000.*
- [3] Cigré Working Group 22.06, *“Probabilistic Design of Overhead Transmission (CIGRÉ Brochure 109 - 22-00 (WG-06)01, 1996*
- [4] Silva Filho, J. I., Menezes Jr, A. A. – *Mapeamento de Isótasas do Brasil, Relatório Técnico Cepel 851/82.*
- [5] Menezes Jr, A. A., Tan A. L., Fernandes D. - *Velocidades de vento de elevada intensidade ocorridas em Florianópolis e Passo Fundo - Um enfoque metodológico estatístico - XVII SNPTEE, Uberlândia, 2003*
- [6] Silva Filho, J. I., Alves Menezes Jr, A., et alli, *Esforços devidos ao vento sobre componentes de LTs e fatores de correção normativos compatíveis com a realidade brasileira - XVIII SNPTEE, Curitiba 2005*
- [7] Silva Filho, J. I., Alves Menezes Jr, A., et alli, *“Assessment of Environmental Statistics as an Accessible Breakthrough to Improve OHTLs Design”, Bienal CIGRÉ, 2006*

Anexo I Critérios a serem atendidos

A.I.1 Critérios para projeto mecânico (sic)

8.1 Confiabilidade

8.1.1 O projeto mecânico de uma LT aérea deve ser desenvolvido segundo a IEC 60826.

8.1.2 O período de retorno do vento extremo, que caracteriza o nível de confiabilidade do projeto eletromecânico da LT aérea, deve ser igual ou superior a 150 anos, que corresponde ao nível 2 da IEC 60826, para LT com tensão nominal igual ou inferior a 230 kV e igual ou superior a 250 anos, que corresponde a um nível intermediário entre os níveis 2 e 3 da IEC 60826, para LT com tensão nominal superior a 230 kV.

8.2 Parâmetros de vento

8.2.1 Para o projeto mecânico de uma LT aérea, os carregamentos oriundos da ação do vento nos componentes físicos dessa LT devem ser estabelecidos a partir da caracterização probabilística das velocidades de vento da região, com tratamento para fenômenos meteorológicos severos, tais como, sistemas frontais, tempestades, tornados, furacões etc.

8.2.2 Os parâmetros explicitados a seguir devem ser obtidos a partir de dados fornecidos por estações anemométricas selecionadas adequadamente para caracterizar a região atravessada pela LT aérea:

(a) média e coeficiente de variação (em porcentagem) das séries de velocidades máximas anuais de vento a 10 m de altura, com tempos de integração da média de 3 (três) segundos (rajada) e 10 (dez) minutos (vento médio);

(b) velocidade máxima anual de vento a 10 m de altura, com período de retorno correspondente ao vento extremo, como definido no item 8.1.2 deste submódulo, e tempos de integração para o cálculo da média de 3 (três) segundos e 10 (dez) minutos. Se o número de anos da série de dados de velocidade for pequeno, na estimativa da velocidade máxima anual deve ser adotado, no mínimo, um coeficiente de variação compatível com as séries mais longas de dados de velocidades de ventos medidas na região;

(c) coeficiente de rajada para a velocidade do vento a 10 m de altura, referenciado ao tempo de integração da média de 10 (dez) minutos;

(d) velocidade máxima anual de vento a 10 m de altura, com período de retorno de 50 anos e tempo de integração para o cálculo da média de 10 (dez) minutos;

(e) categoria do terreno adotada para o local das medições.

8.2.3 No tratamento das velocidades de vento, para fins de dimensionamento, deve ser considerada a categoria de terreno, conforme definida na IEC 60826, que melhor se ajuste à topologia do corredor da LT aérea.

Anexo II Distribuição de Gumbel⁴ e velocidades máximas de vento

A distribuição de valores máximos de Gumbel culminou por se constituir numa unanimidade para explicar os eventos de velocidades máximas anuais de vento no setor elétrico mundial, o brasileiro aí incluído.

Os esforços atuais convergem no sentido de otimizar a aplicação da distribuição de Gumbel com base em dados coletados no próprio país e colocá-los em consonância com os protocolos normativos de outros países, tal como é o caso da IEC 60826 e da NBR - 5422. De uma forma genérica, a referida distribuição pode ser definida por [2]:

$$V_T = V_m + s (Y - C_2) / C_1 \qquad Y = - \ln [- \ln (1 - 1 / T)]$$

V_m	velocidade média da amostra de máximos anuais (km/h)
s	desvio-padrão da amostra de máximos anuais (km/h)
V_T	velocidade de vento referida a um período de retorno T (anos)
C_1 e C_2	coeficientes da distribuição de Gumbel (ver Tabela A1)

Os citados coeficientes são calculados pelas equações:

n	tamanho da amostra	
$Z_i = - \ln [- \ln(1 - i/(n + 1))]$		<i>i variando de 1 até n</i>
C_2	valor médio de Z_i	
C_1	desvio-padrão de Z_i	

Como os valores de C_1 e de C_2 só dependem do tamanho da mostra, os seus respectivos valores encontram-se definidos na Tabela A1.

⁴ Emil Julius Gumbel, nascido a 18 de julho de 1891, em Munique. Estatístico de origem judia, era considerado pela República de Weimar como um dos seus maiores inimigos, pelos seus discursos pacifistas e socialistas.

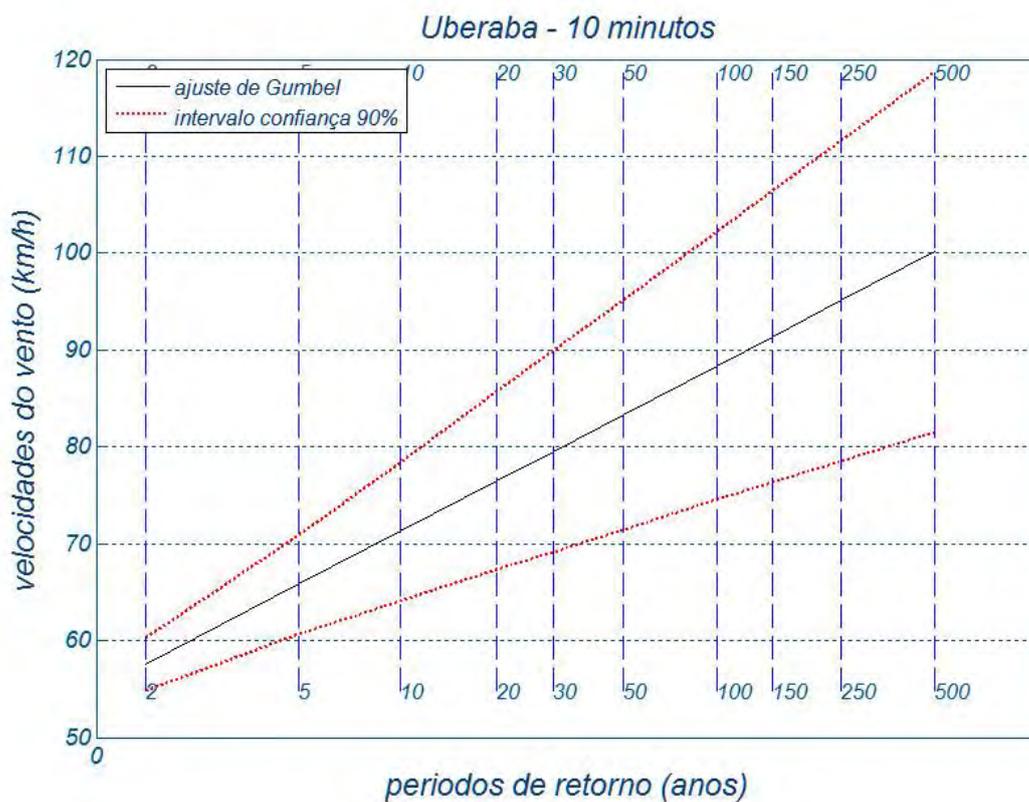
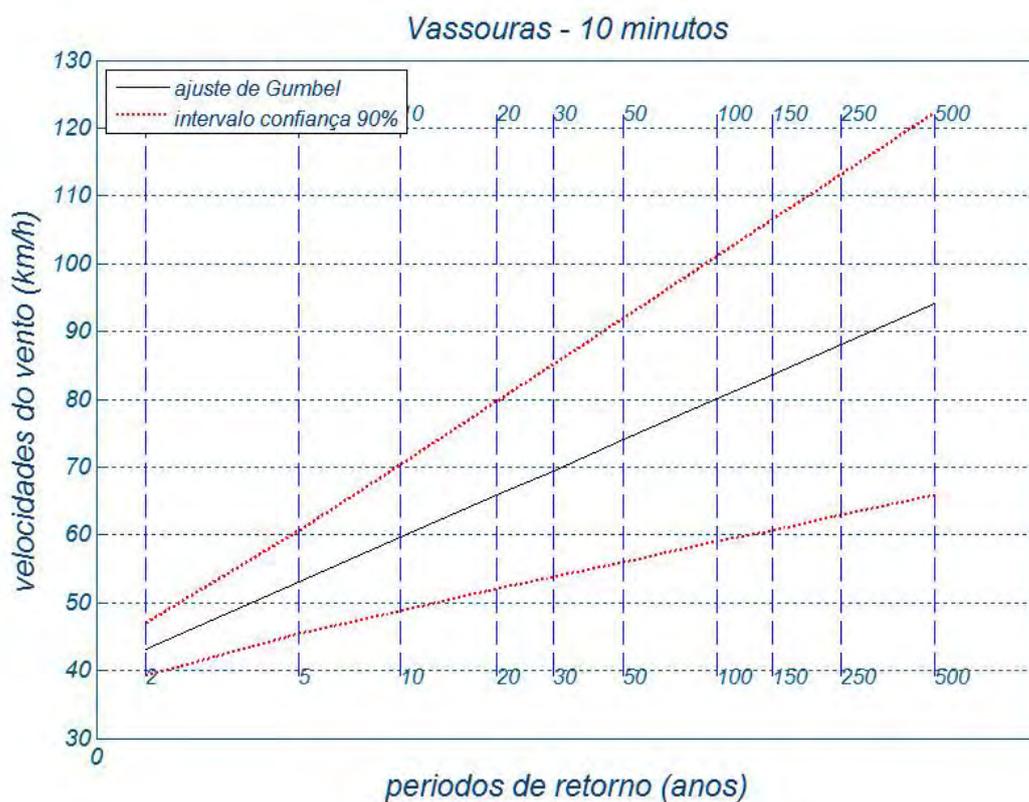
Tabela A1 - Valores dos coeficientes C_1 e C_2

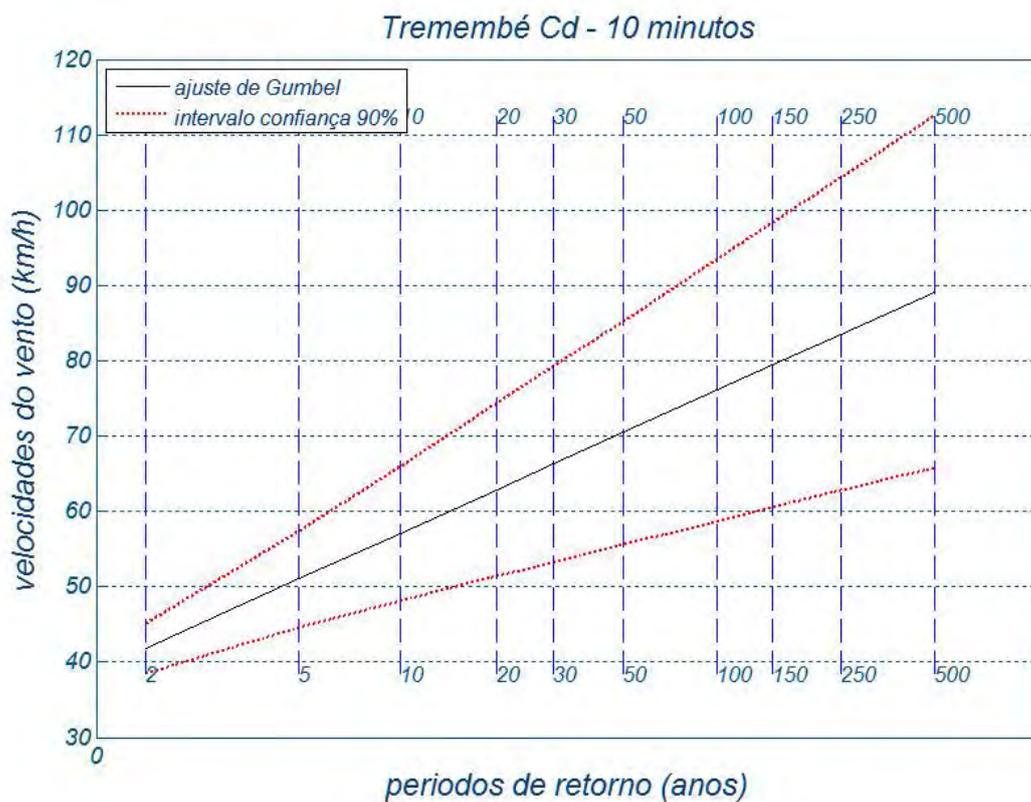
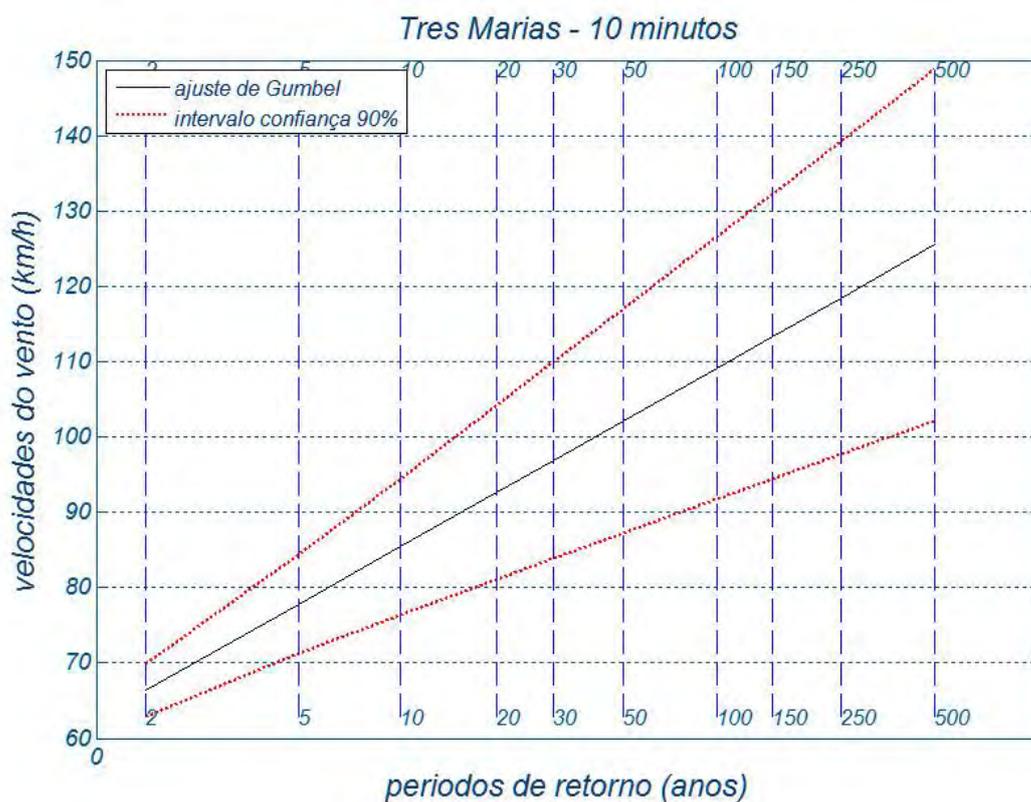
n	C_1			n	C_2		
2	0.49838	17	1.03970	2	0.40434	17	0.51768
3	0.64348	18	1.04810	3	0.42859	18	0.51980
4	0.73147	19	1.05570	4	0.44580	19	0.52175
5	0.79278	20	1.06280	5	0.45879	20	0.52355
6	0.83877	21	1.06940	6	0.46903	21	0.52522
7	0.87493	22	1.07550	7	0.47735	22	0.52678
8	0.90432	23	1.08120	8	0.48428	23	0.52823
9	0.92882	24	1.08650	9	0.49015	24	0.52959
10	0.94963	25	1.09140	10	0.49521	25	0.53086
11	0.96758	26	1.09610	11	0.49961	26	0.53206
12	0.98327	27	1.10050	12	0.50350	27	0.53319
13	0.99713	28	1.10470	13	0.50695	28	0.53426
14	1.00950	29	1.10860	14	0.51004	29	0.53527
15	1.02060	30	1.11240	15	0.51284	30	0.53622
16	1.03060	∞	1.28255	16	0.51537	∞	0.57722

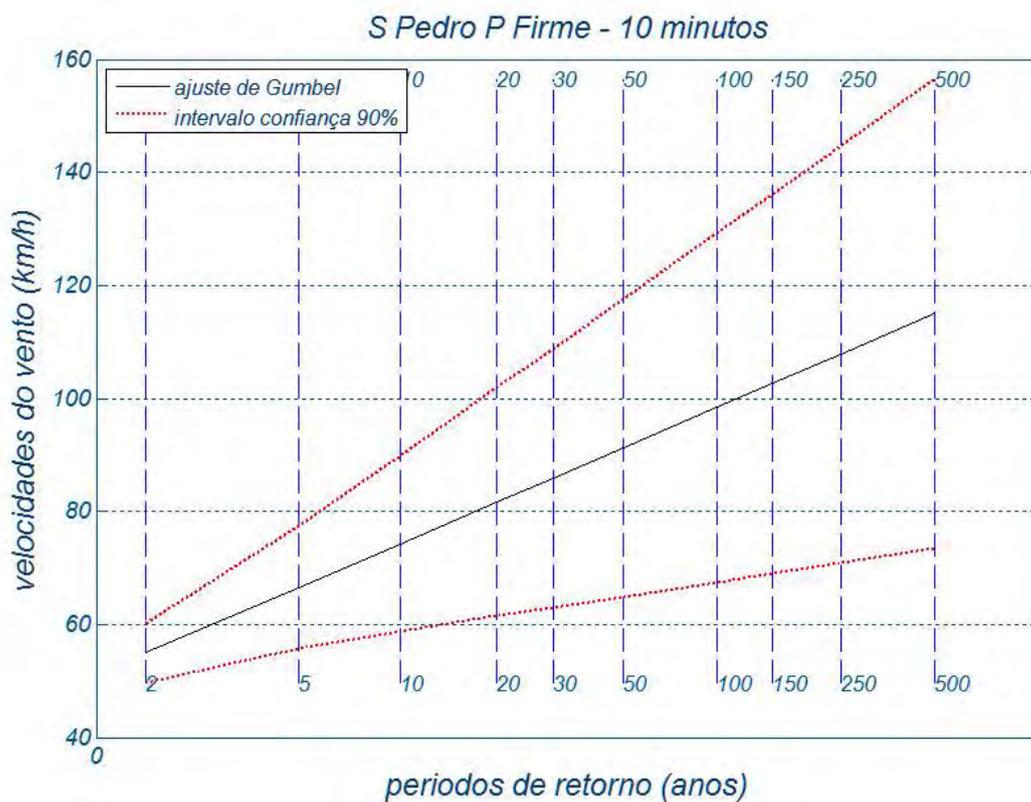
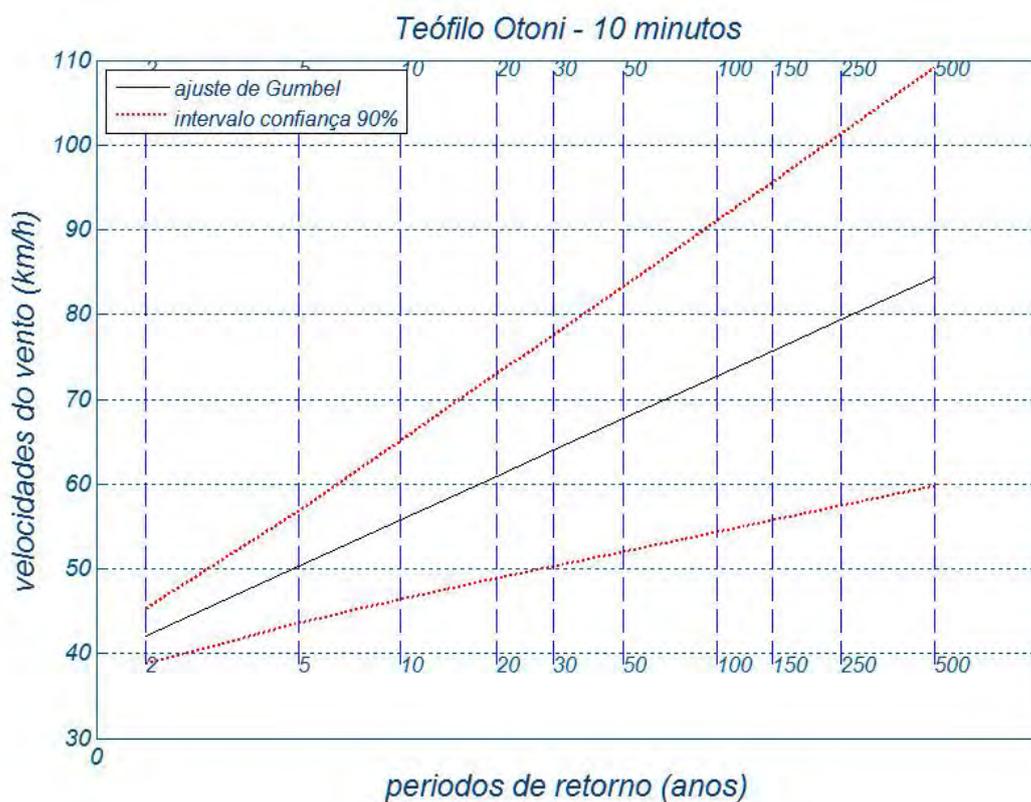
No caso dos valores de C_1 e C_2 serem assumidos para $n = \infty$, o método acima se identifica com o método dos momentos, que é menos conservador e raramente usado.

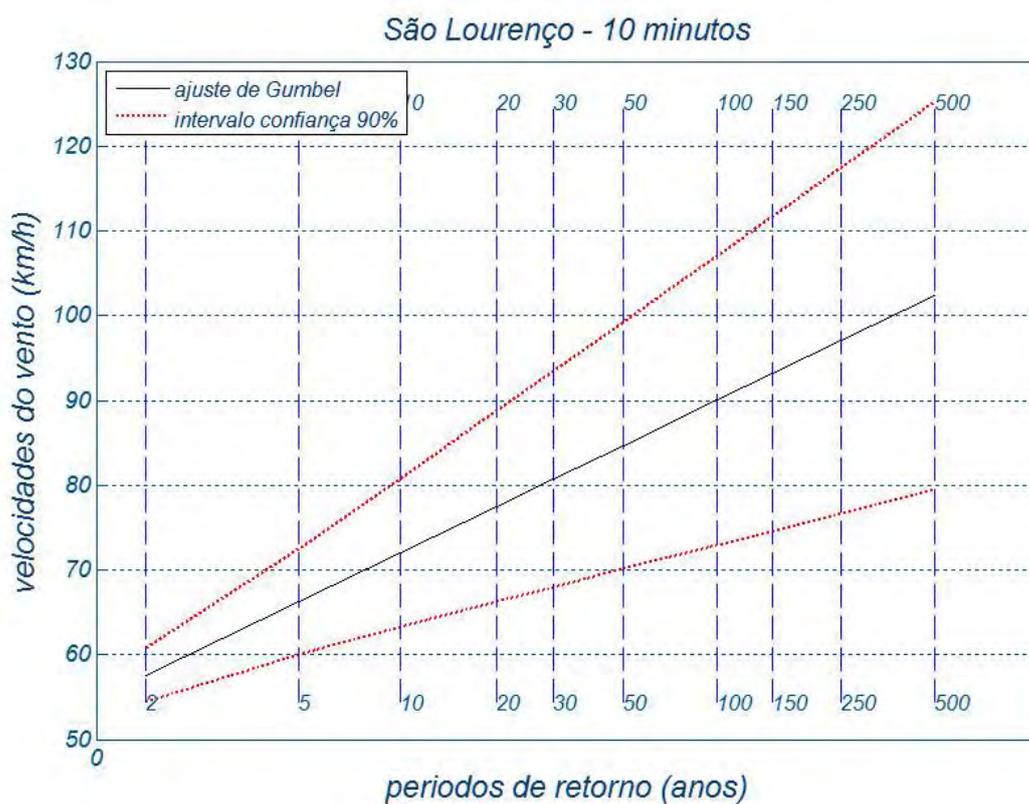
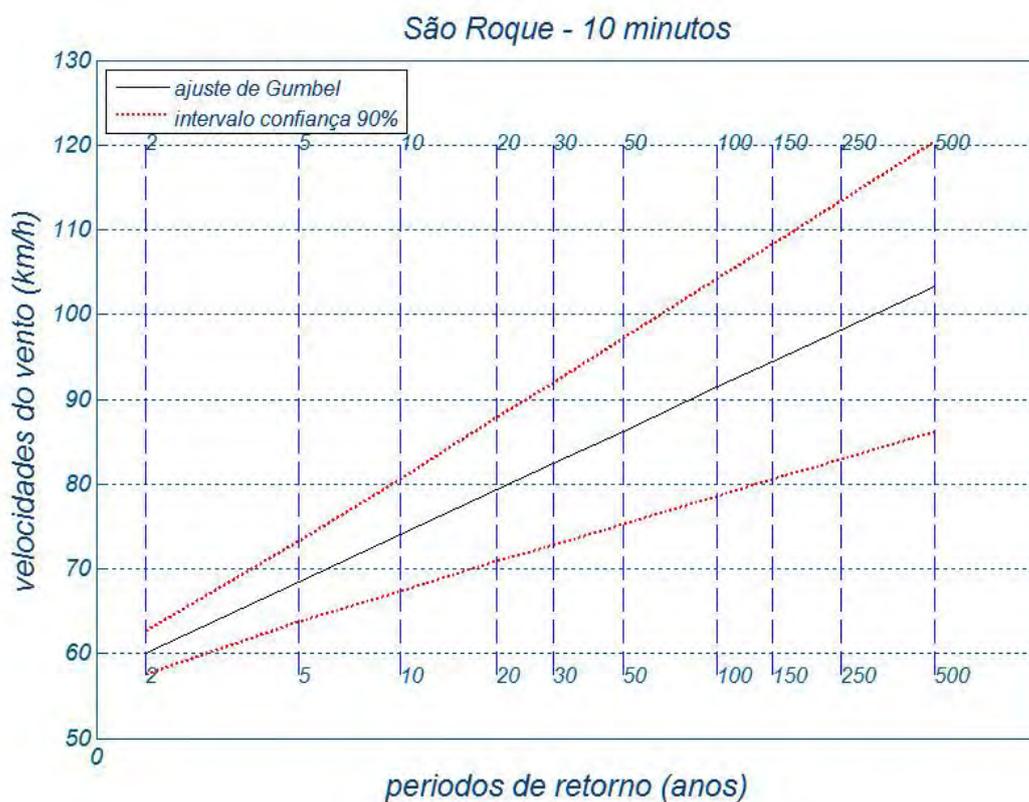
Anexo III Os ajustes da distribuição de Gumbel às amostras

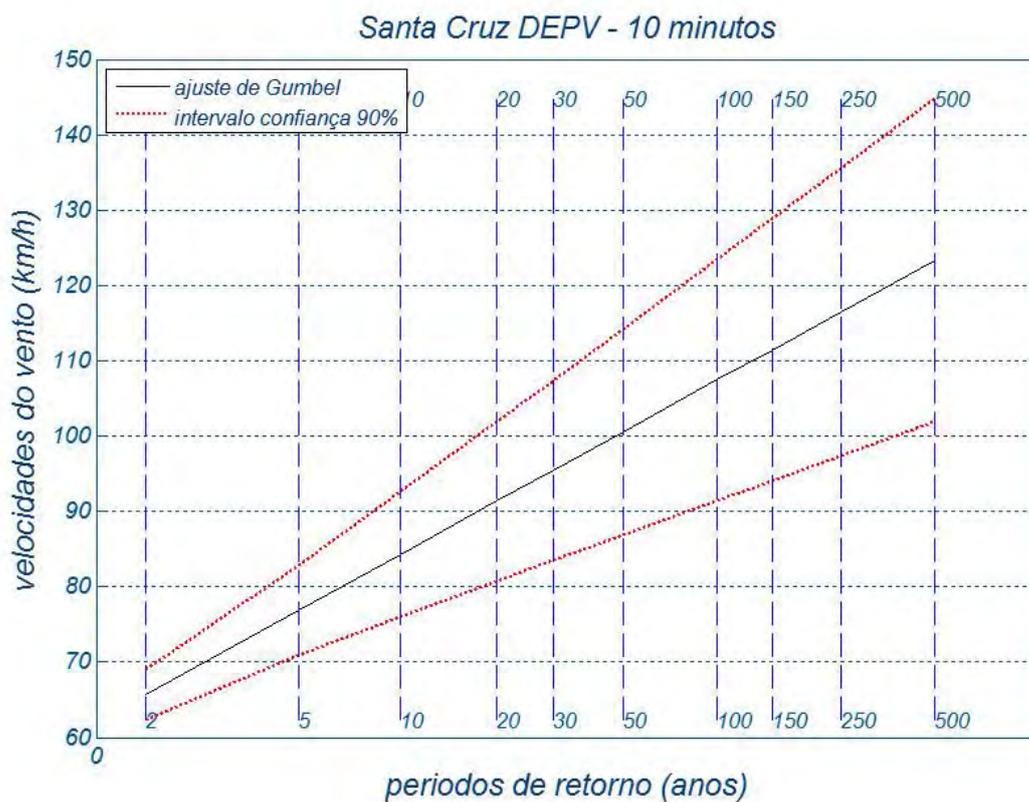
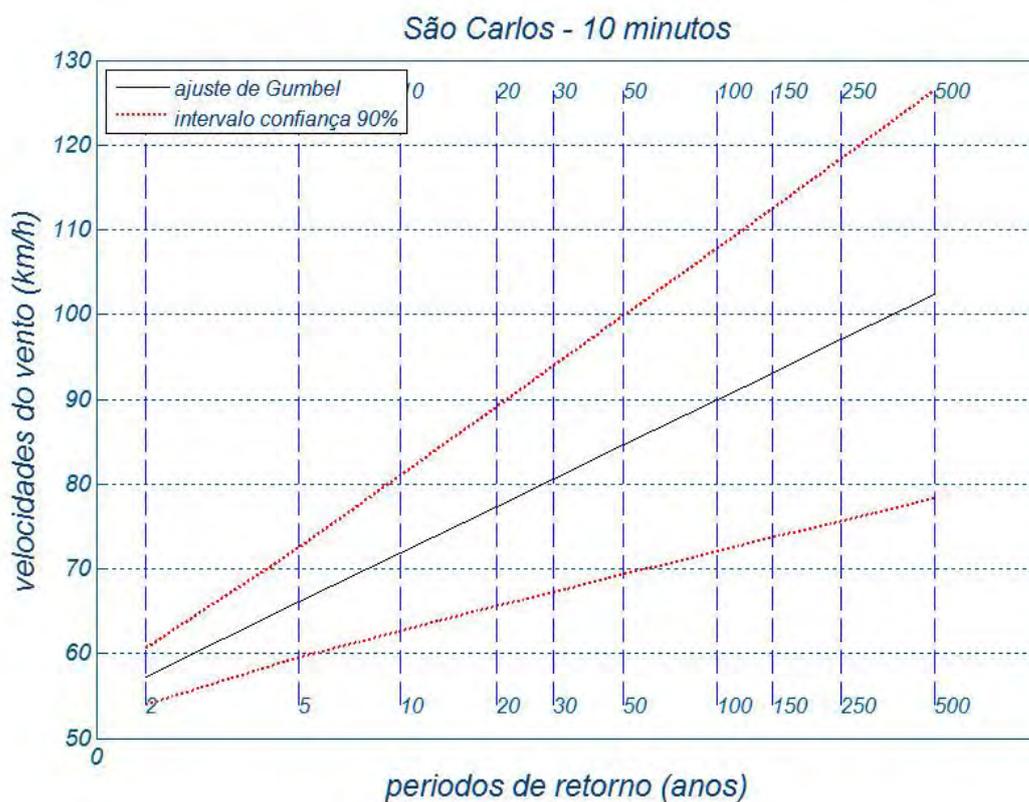
As figuras seguintes ilustram os ajustes de Gumbel em cada estação, tempo de média de 10 minutos. Para os demais tempos de média, os coeficientes da Tabela 3 podem ser usados.

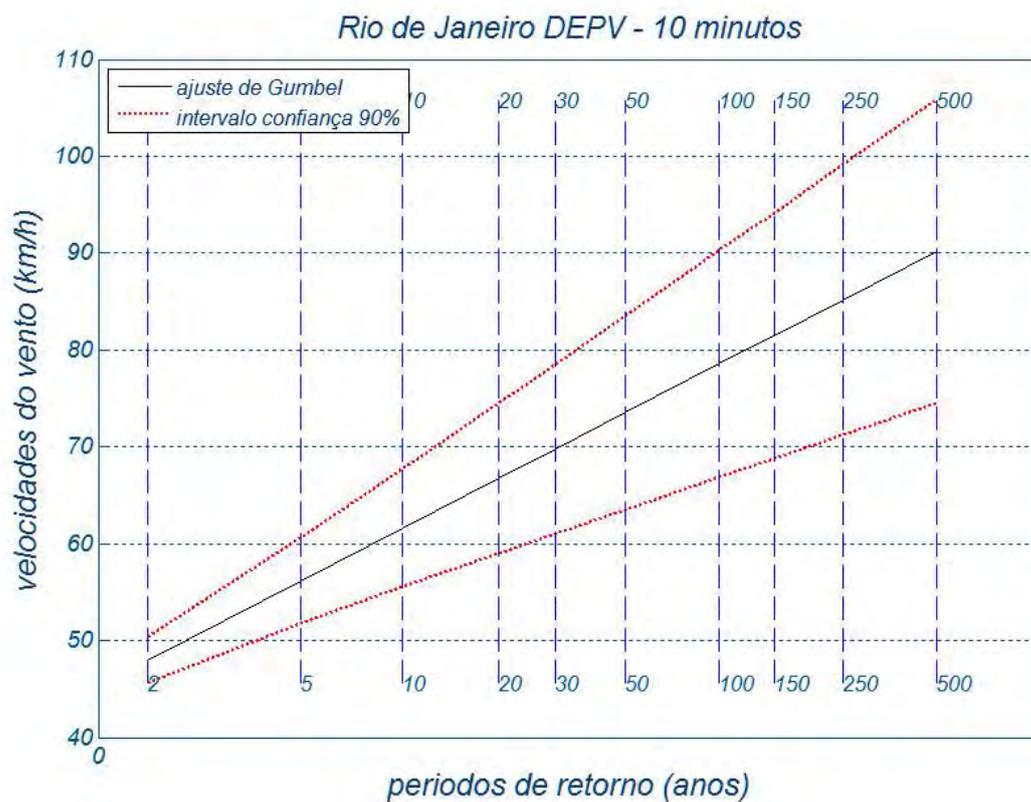
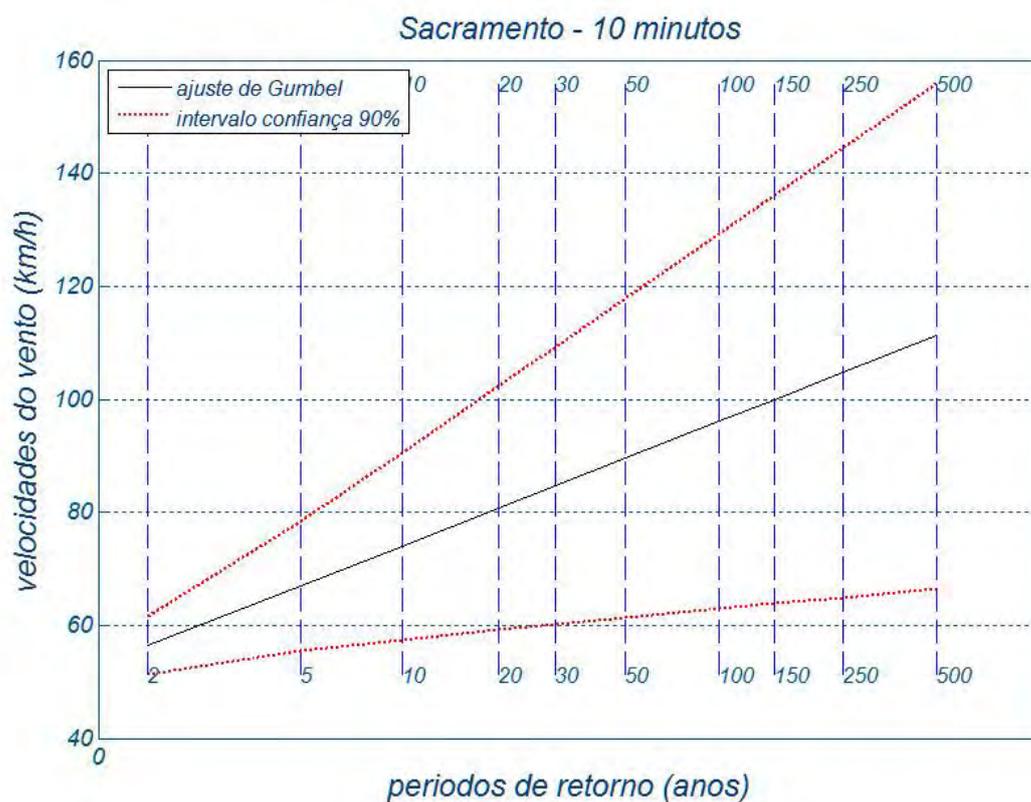


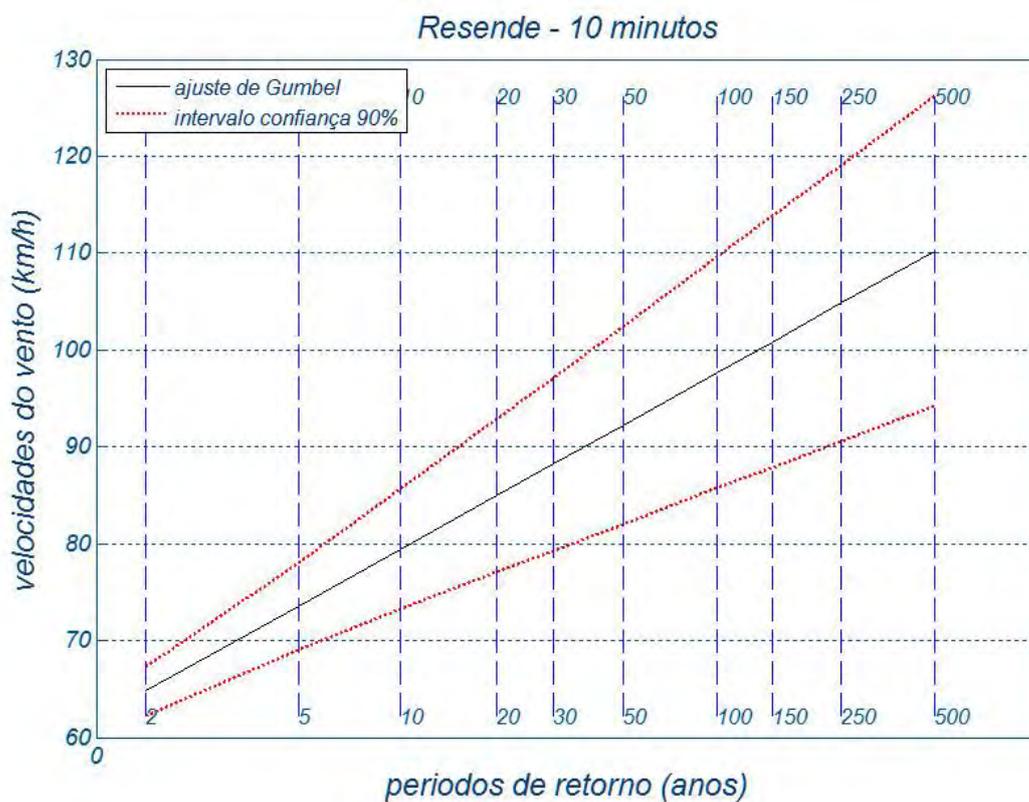
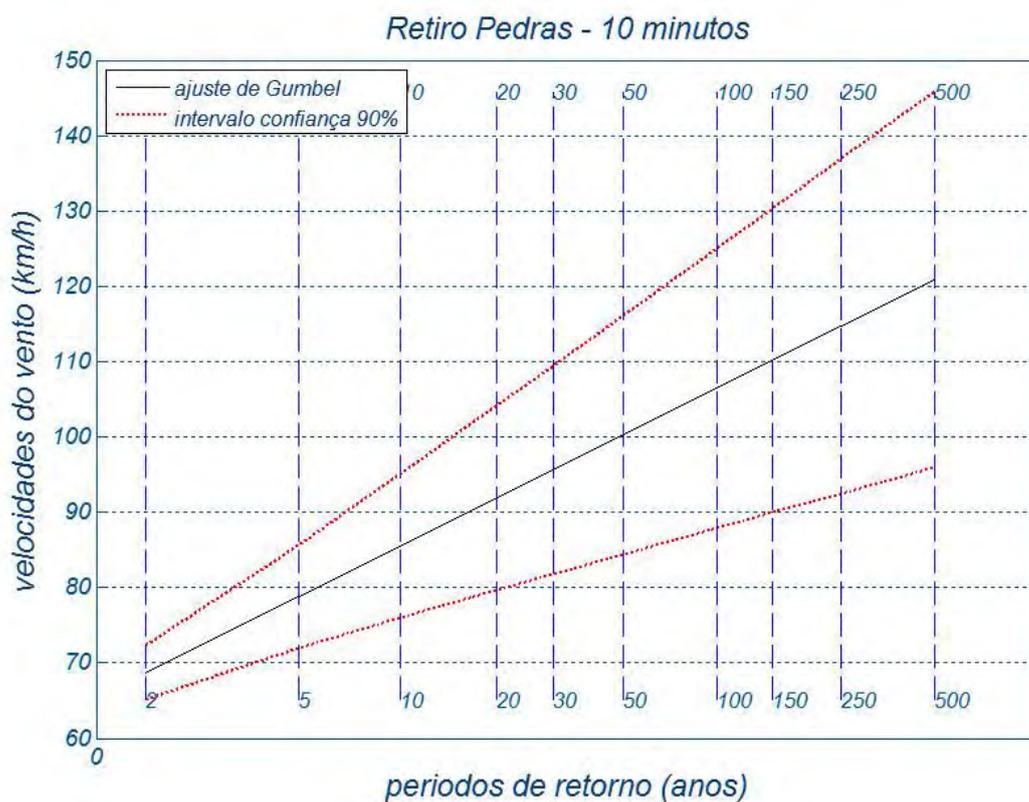


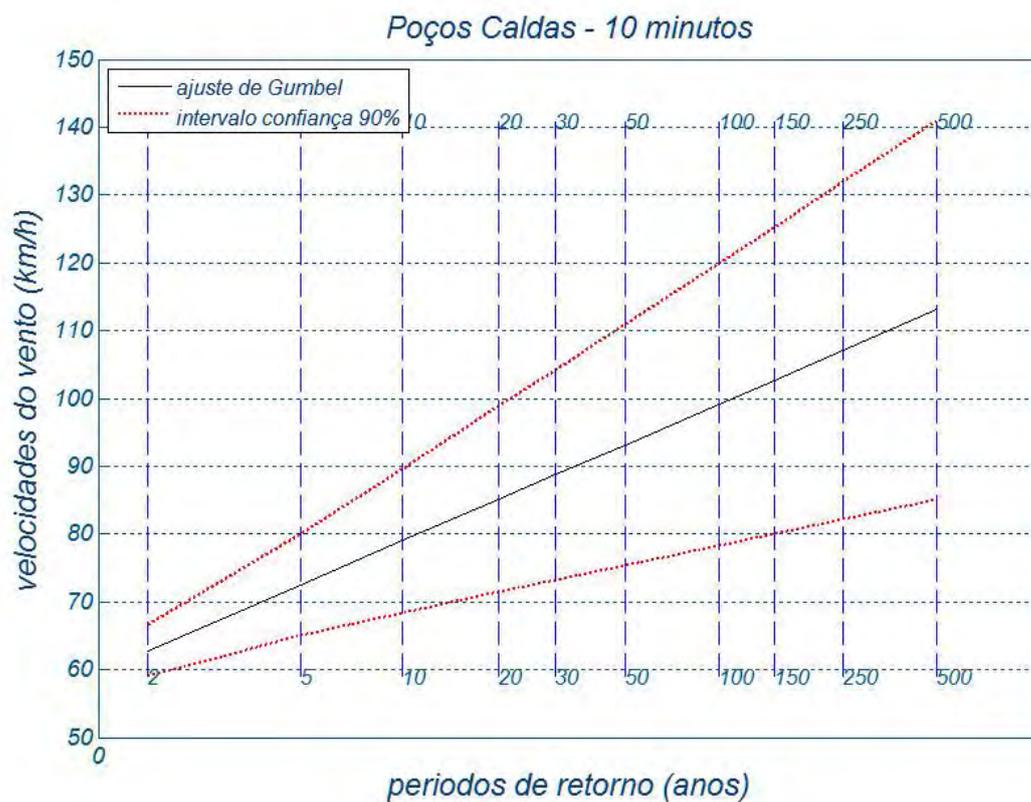
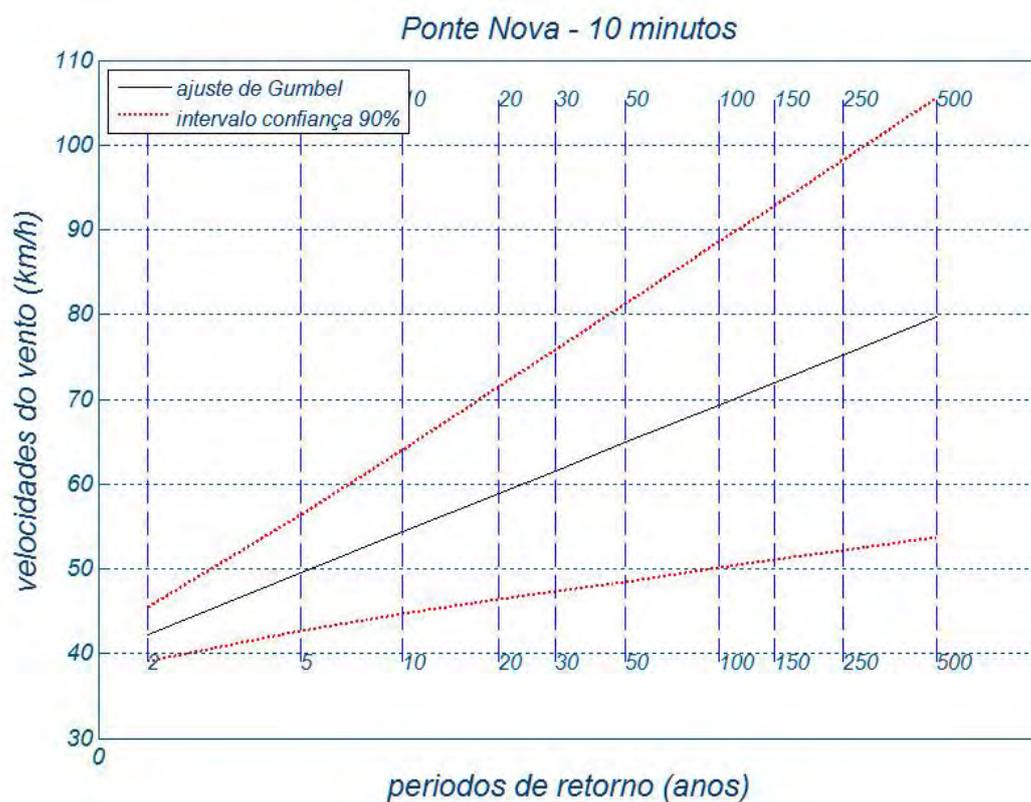


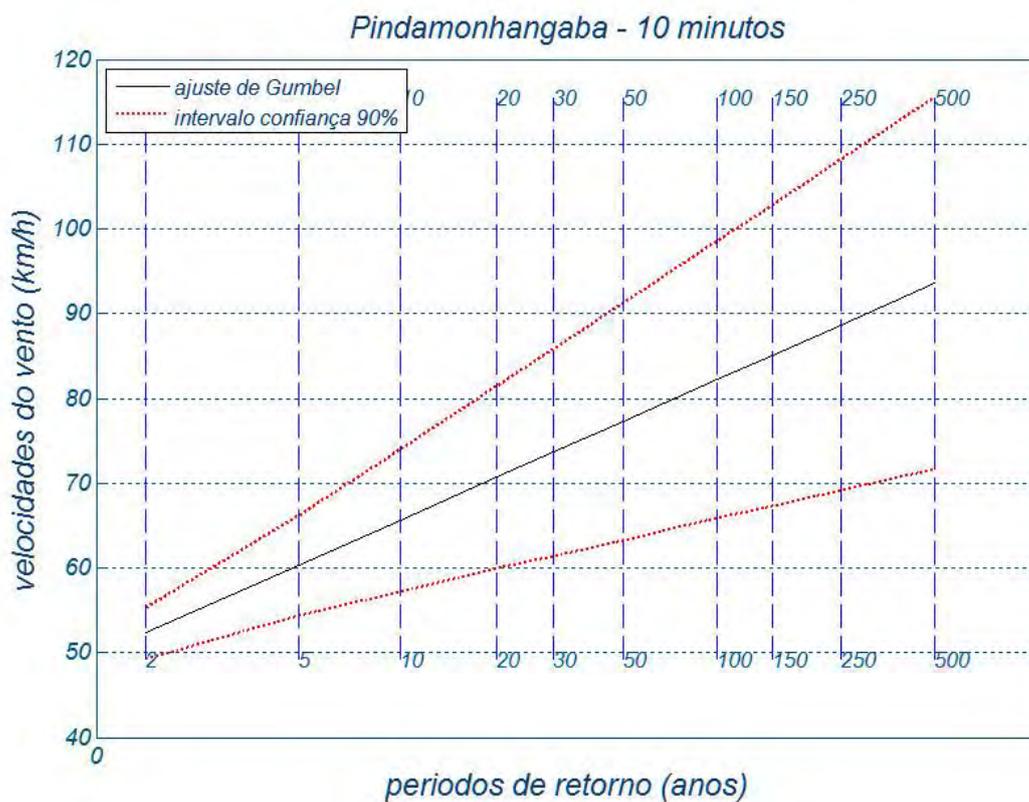
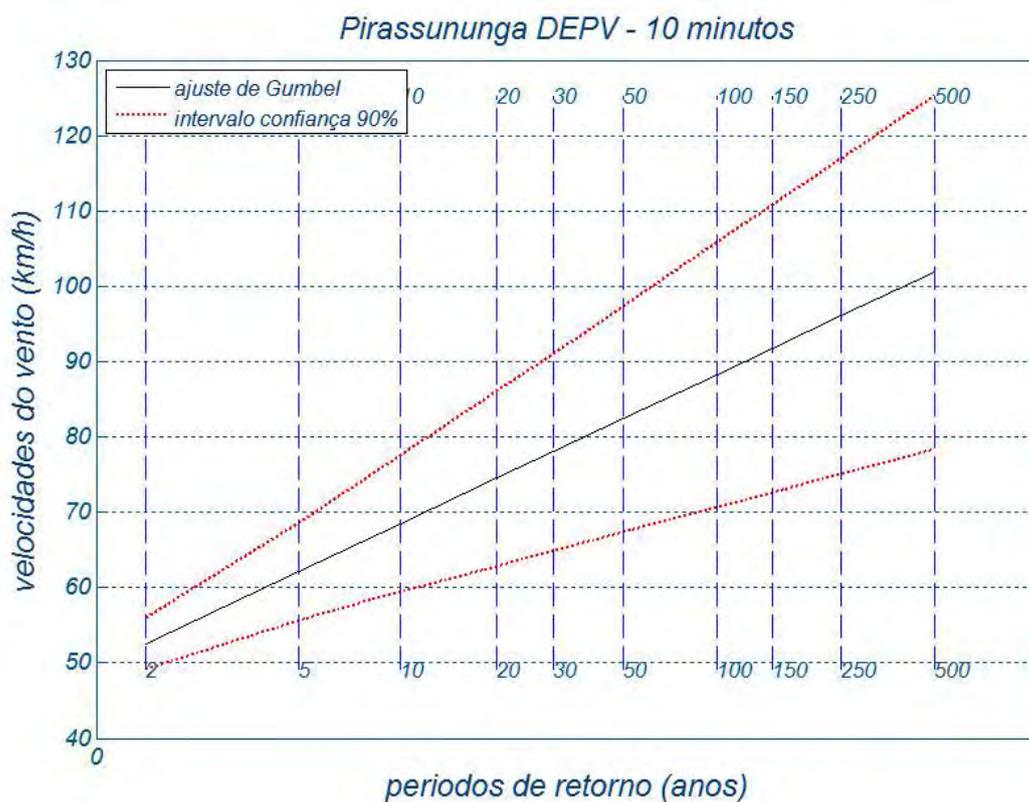


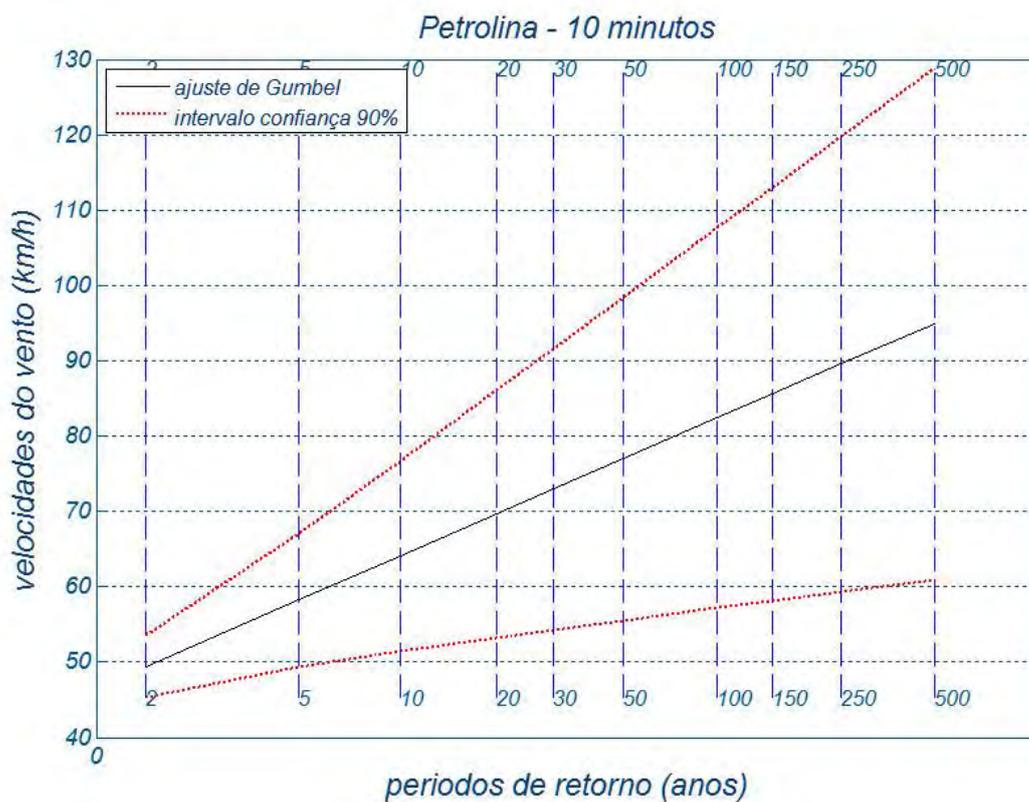
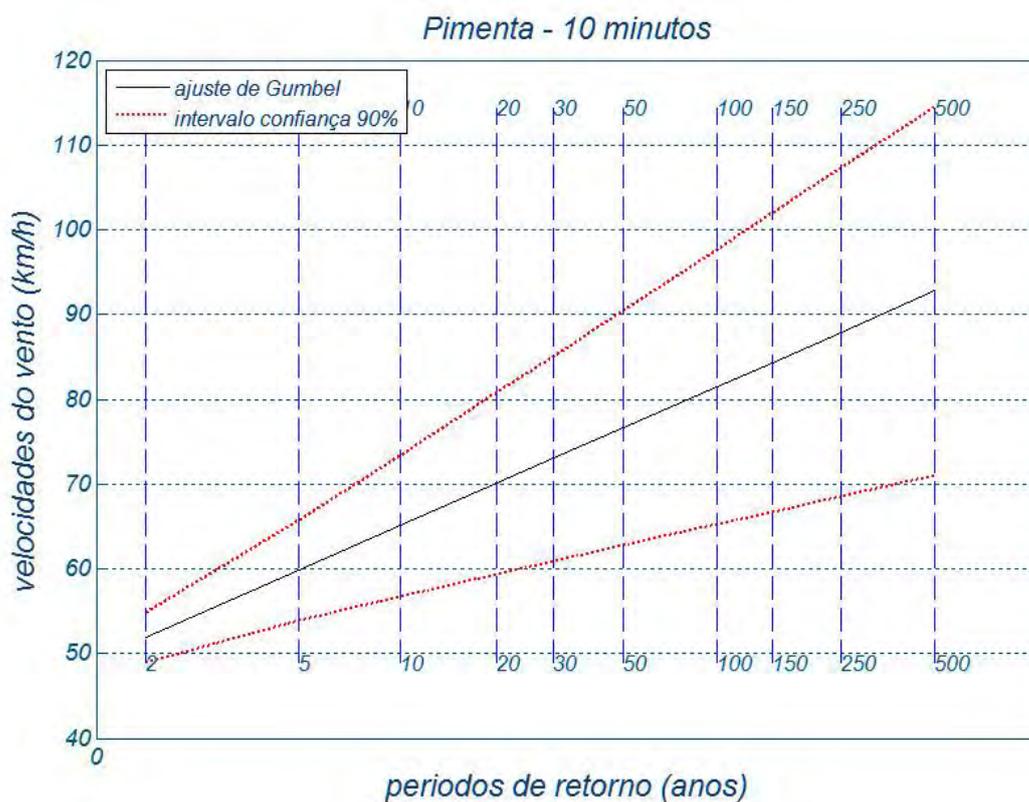


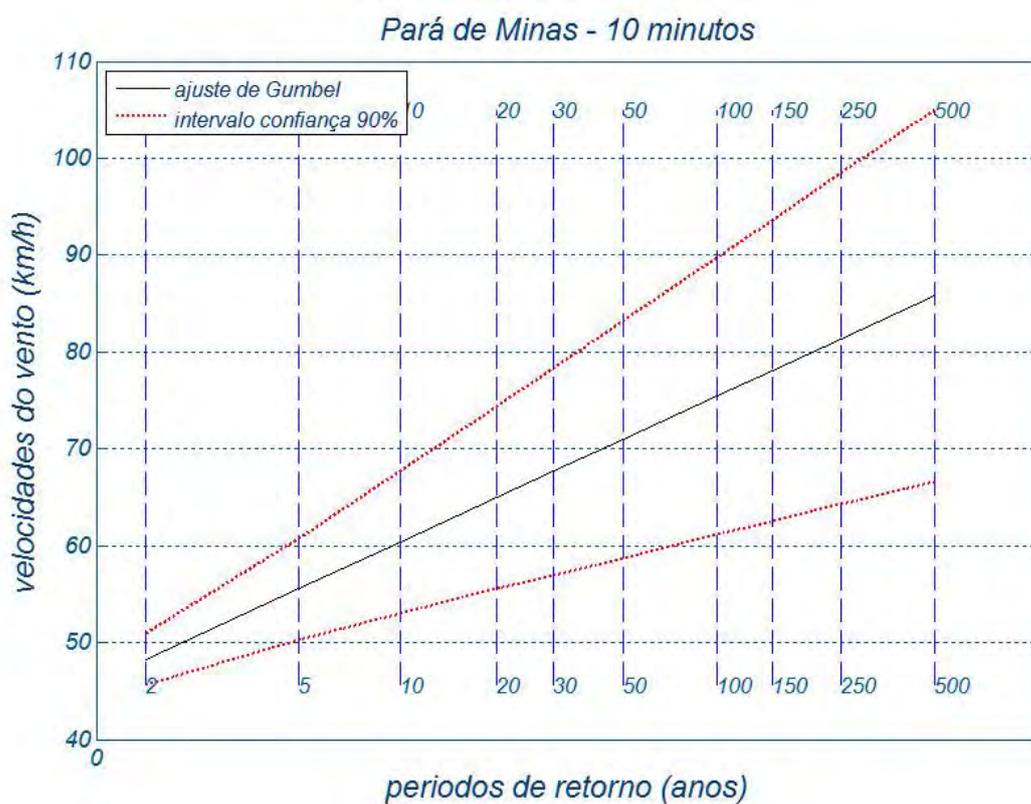
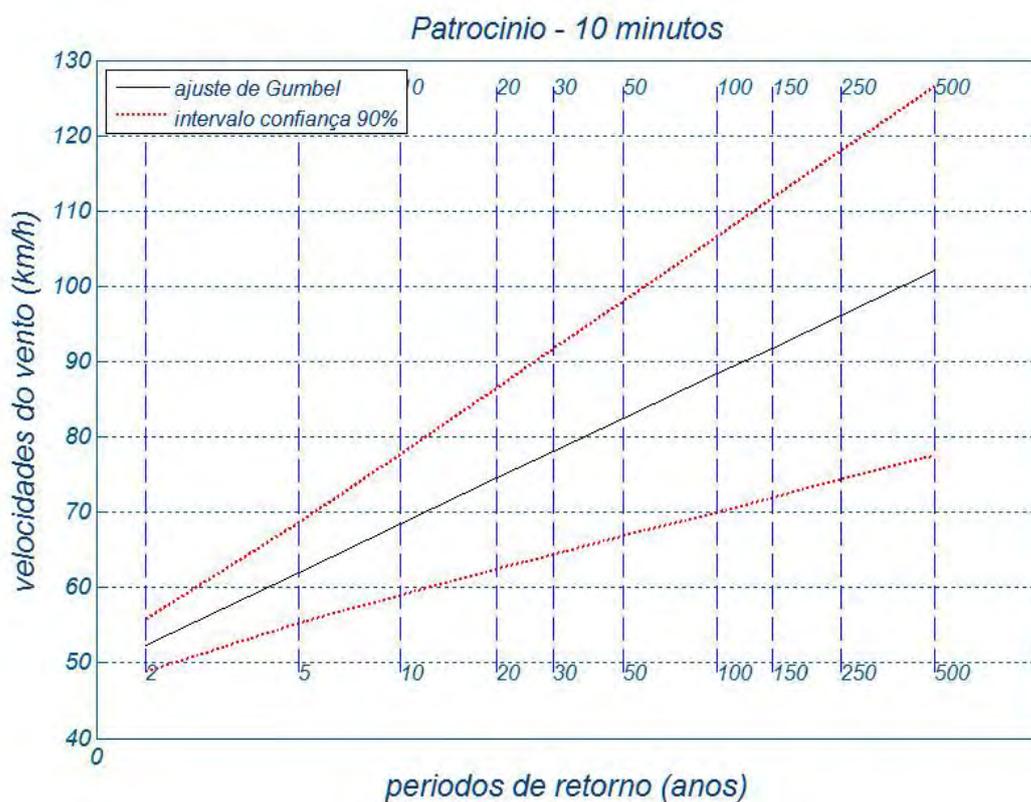


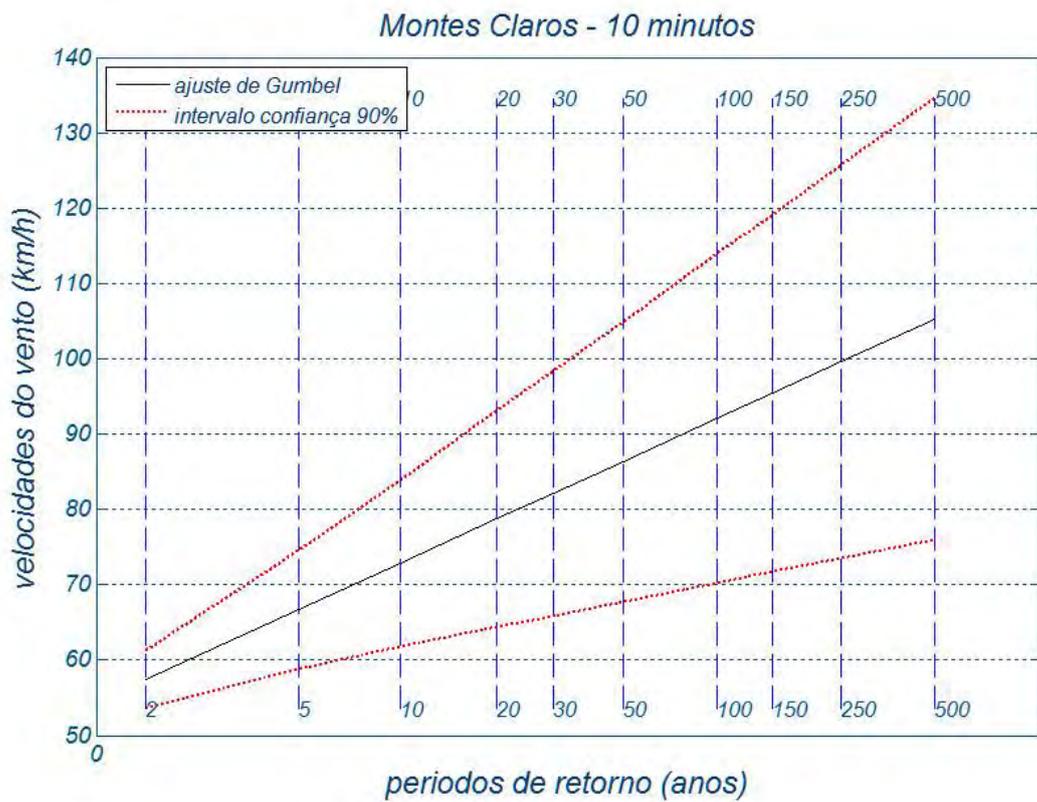
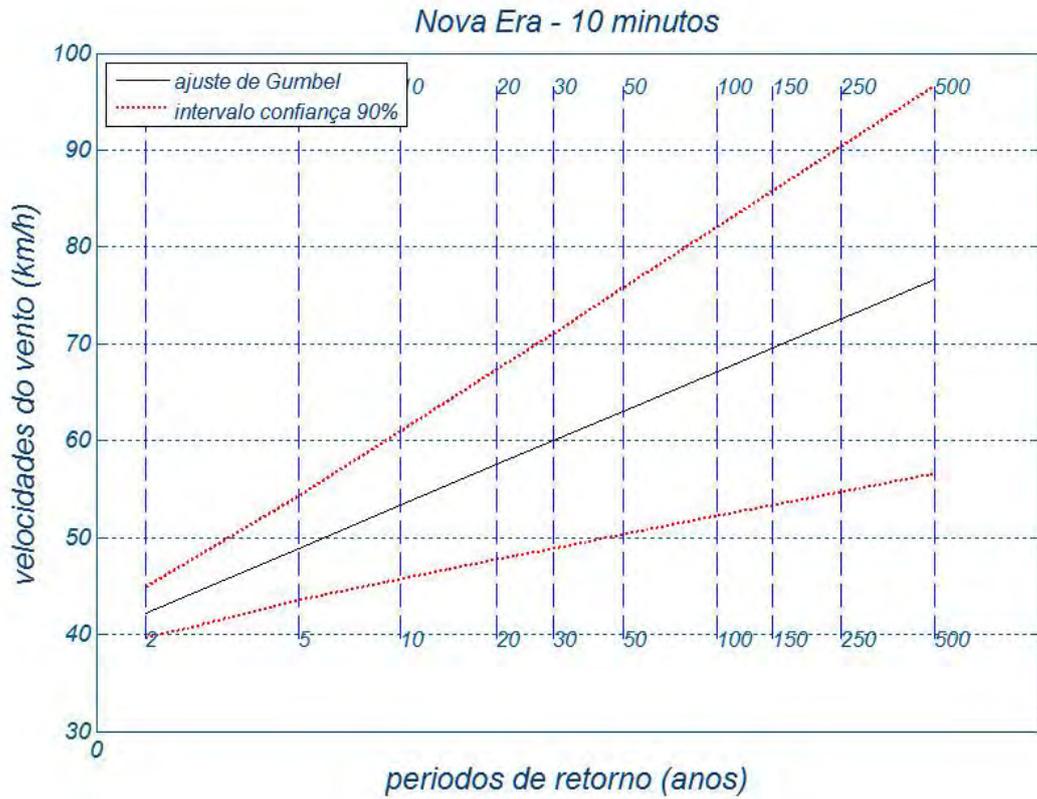


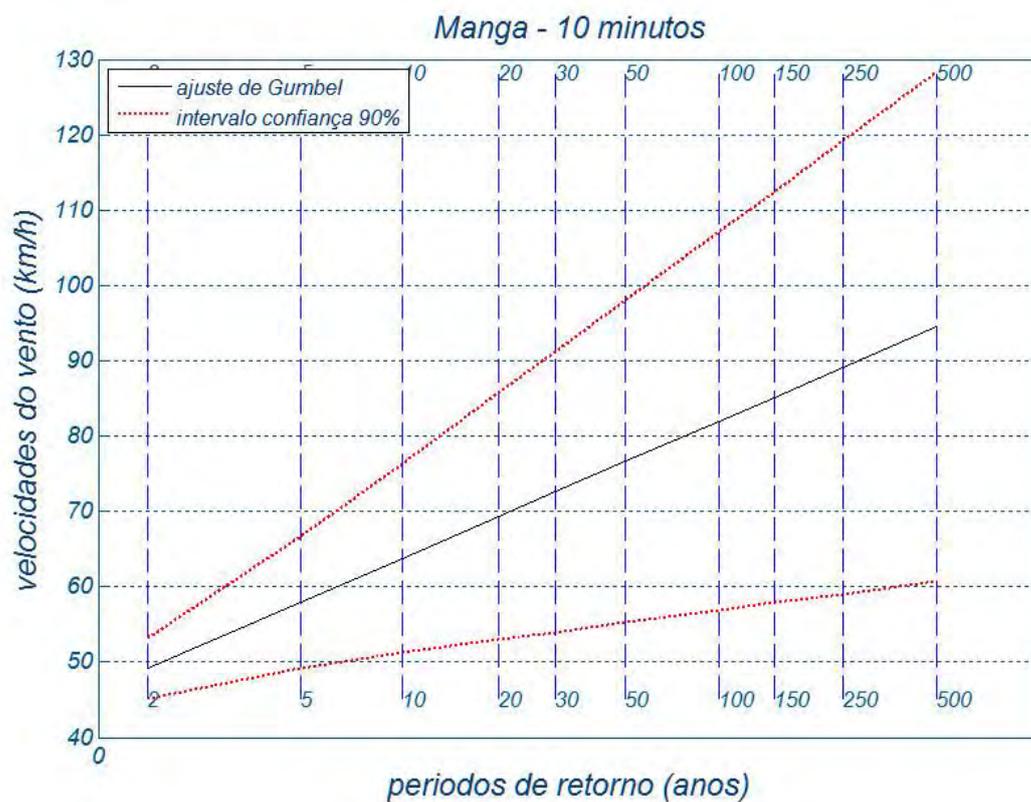
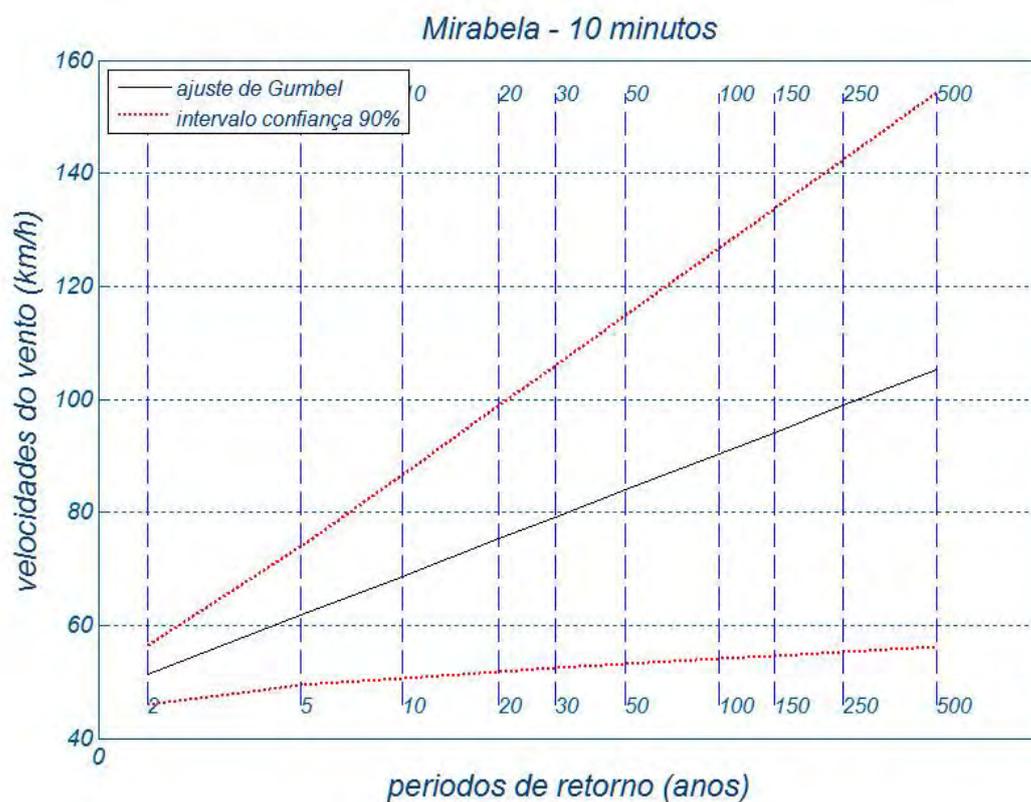


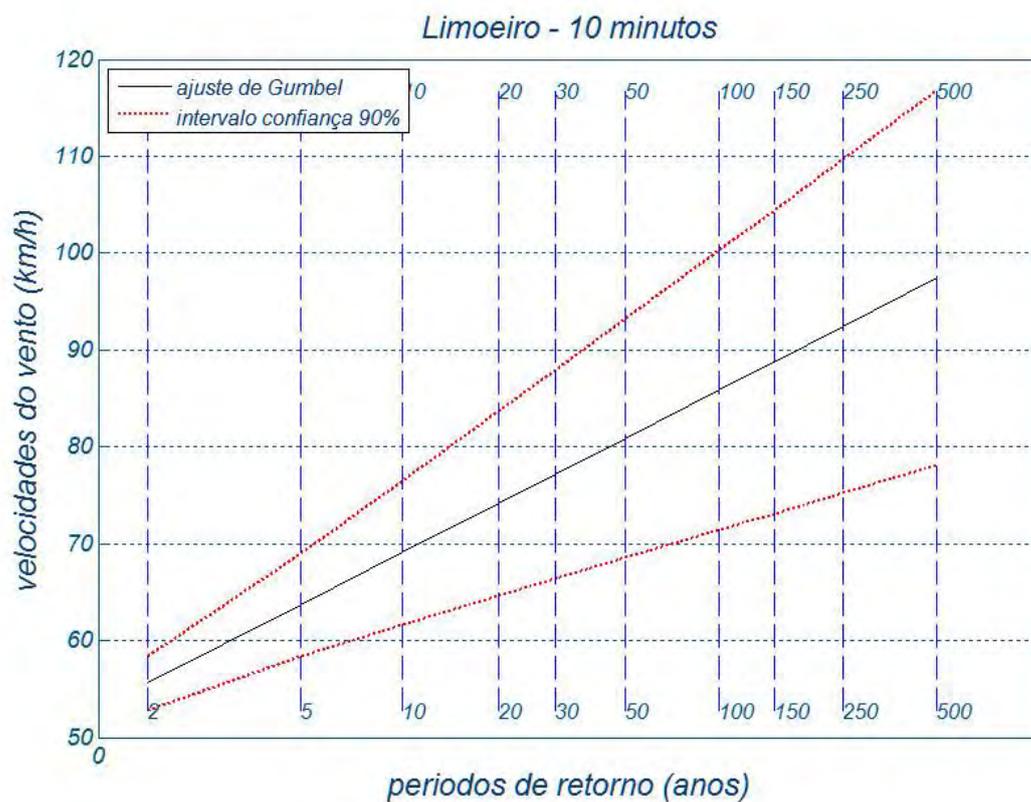
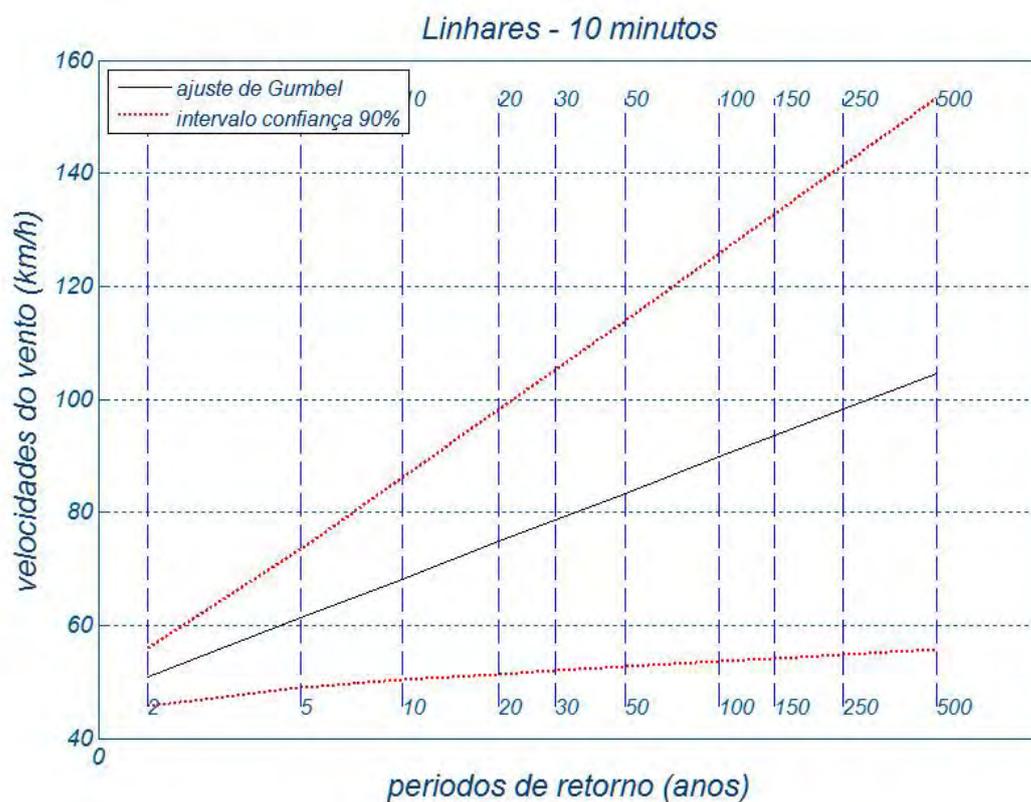


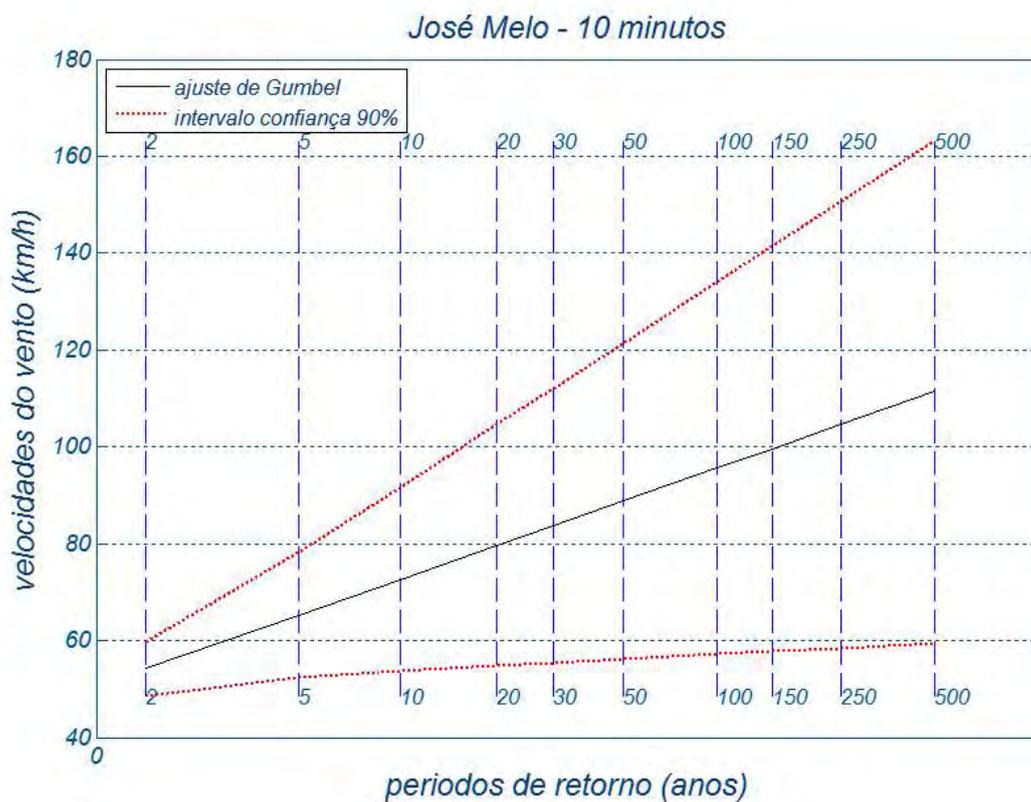
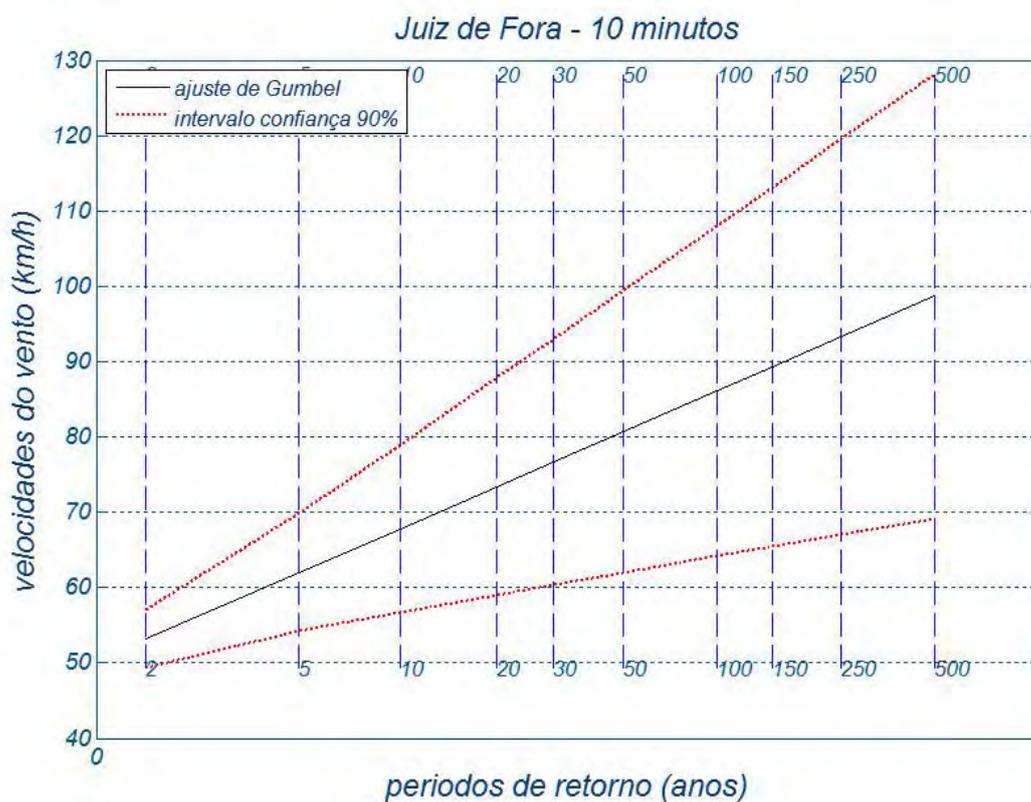


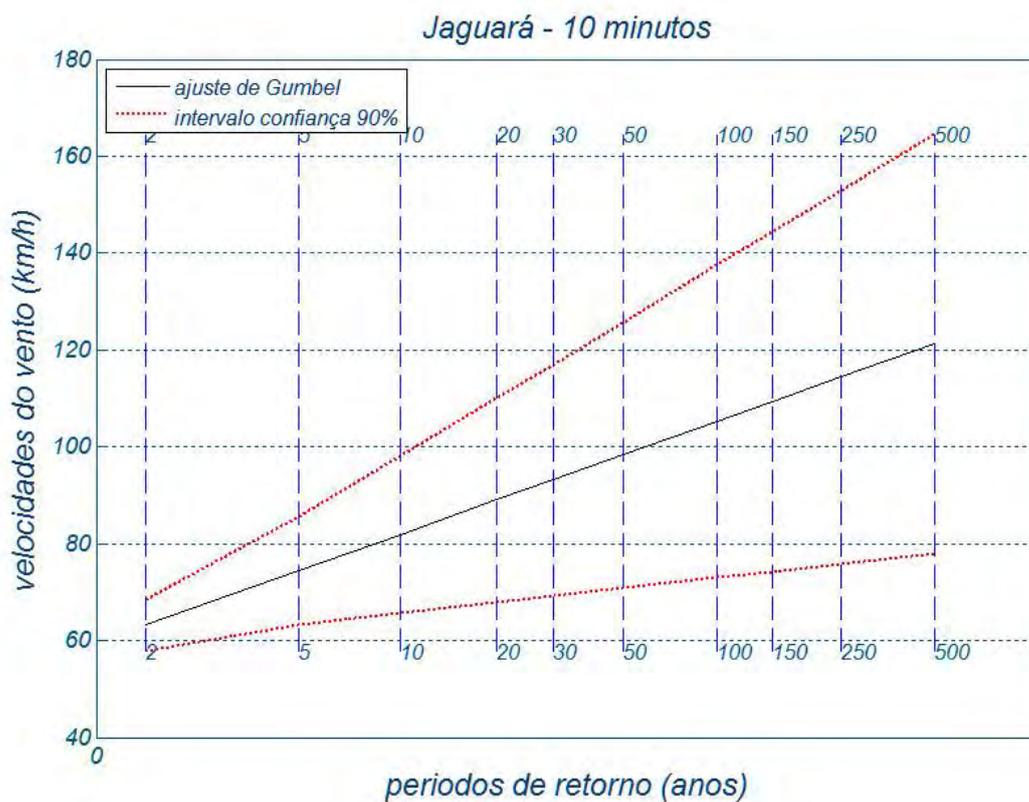
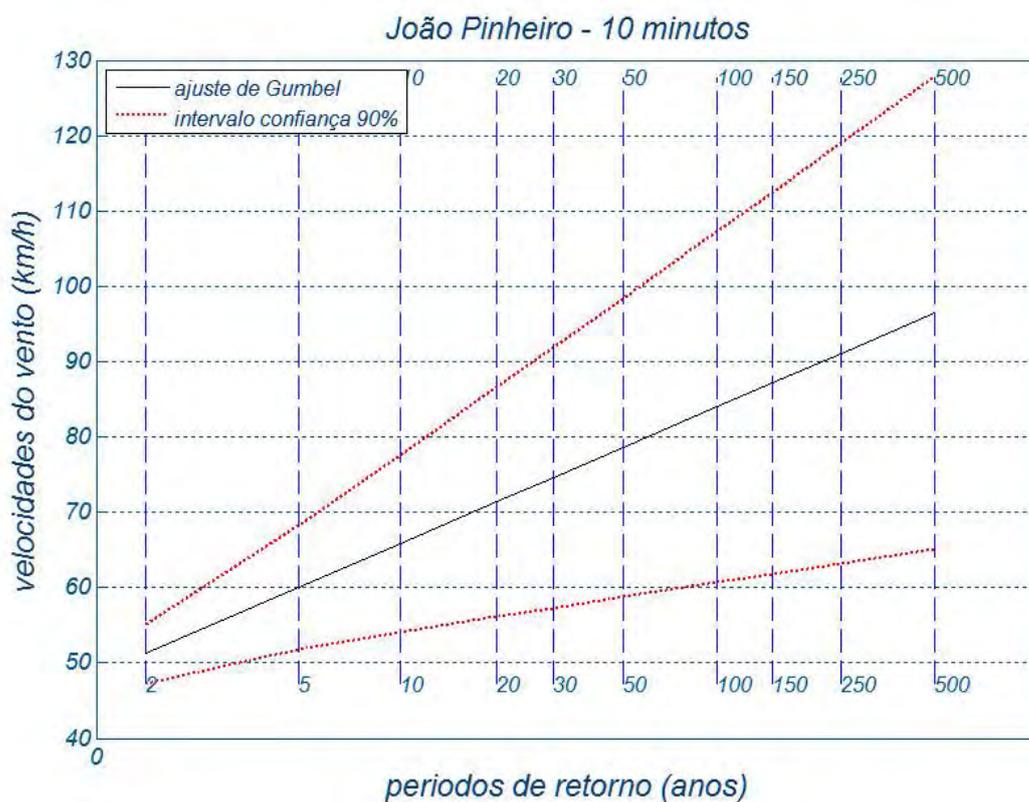


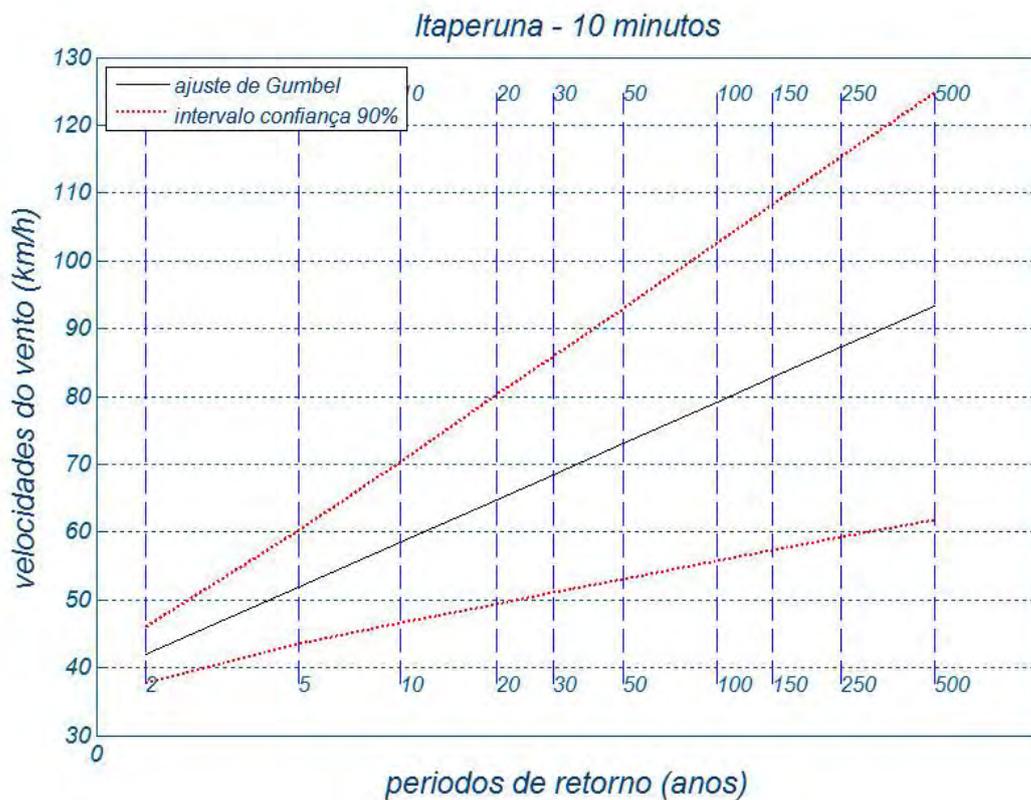
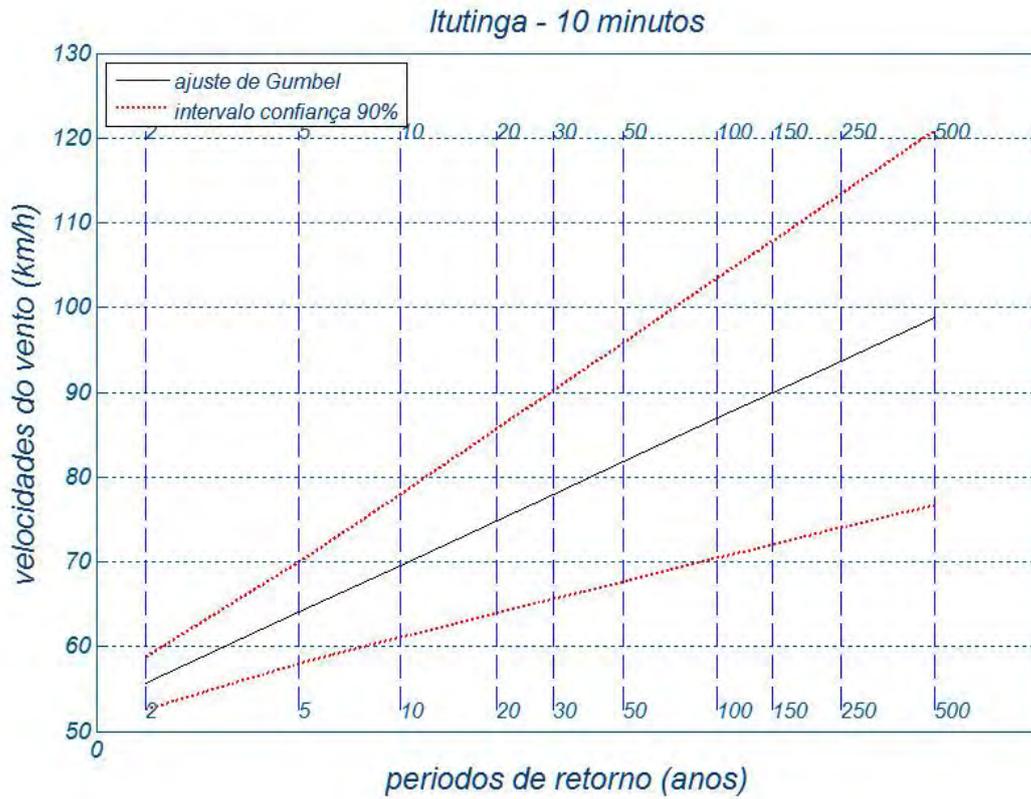


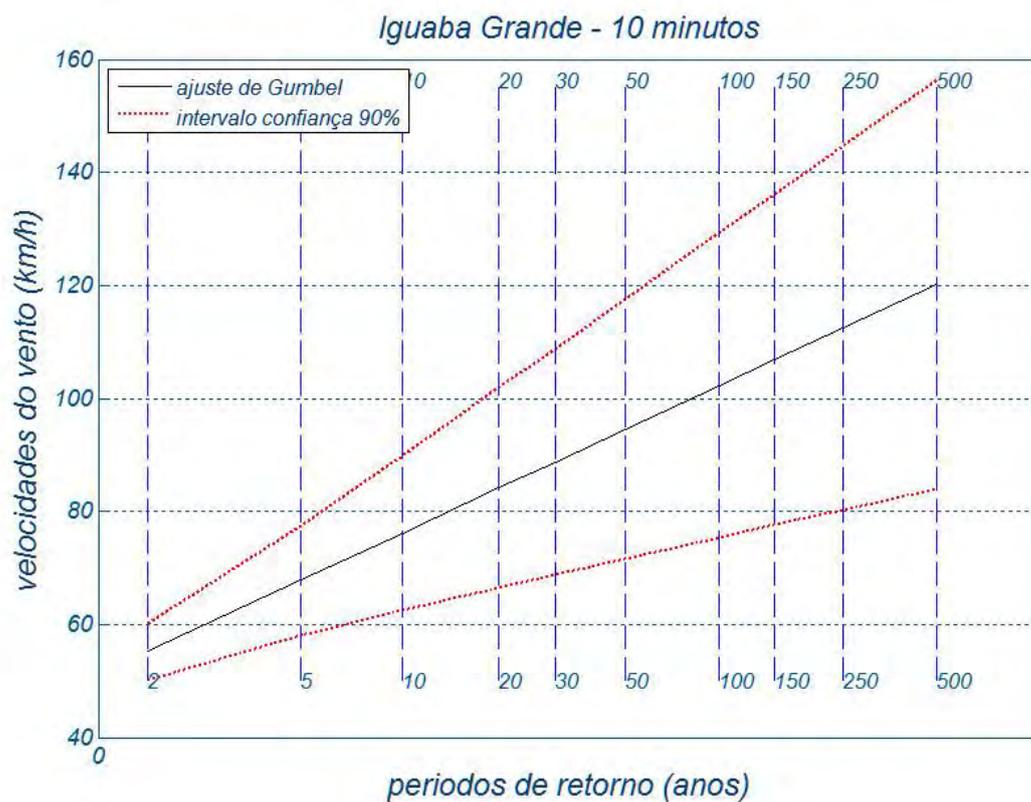
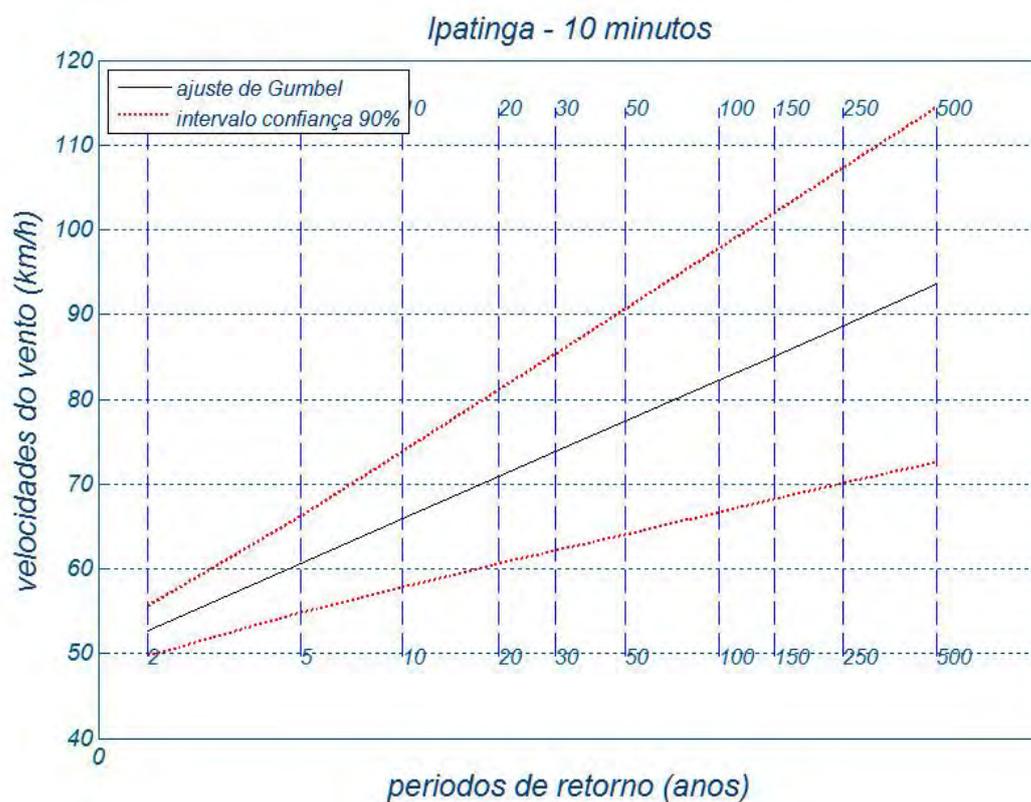


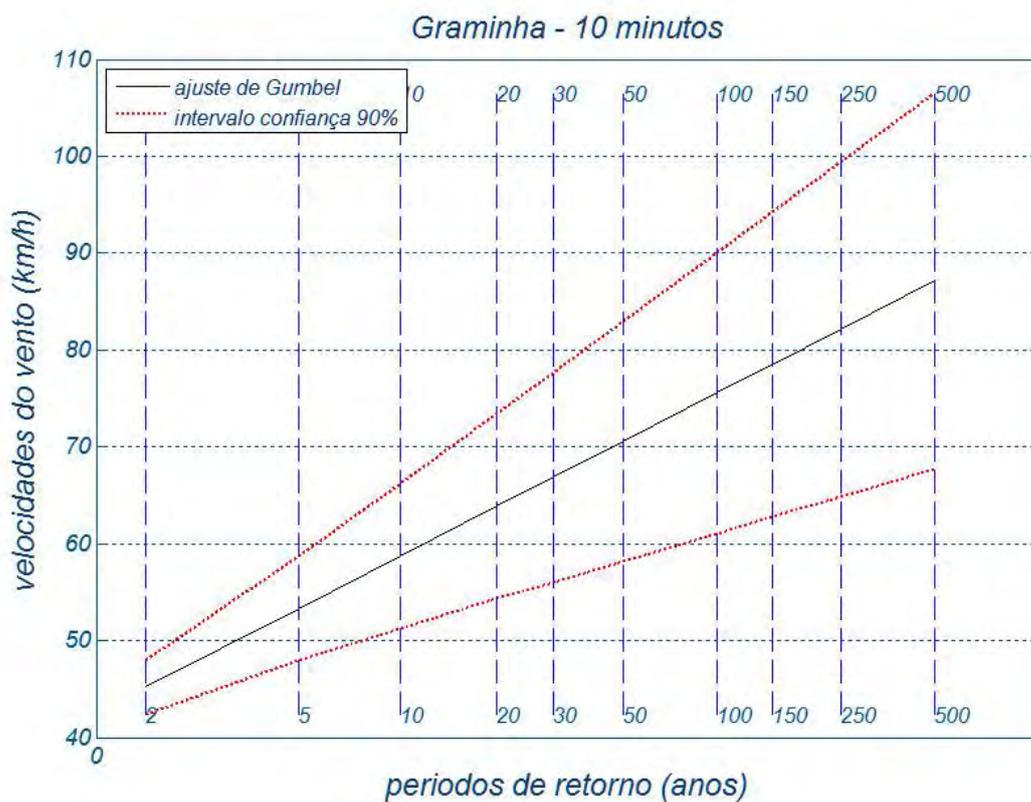


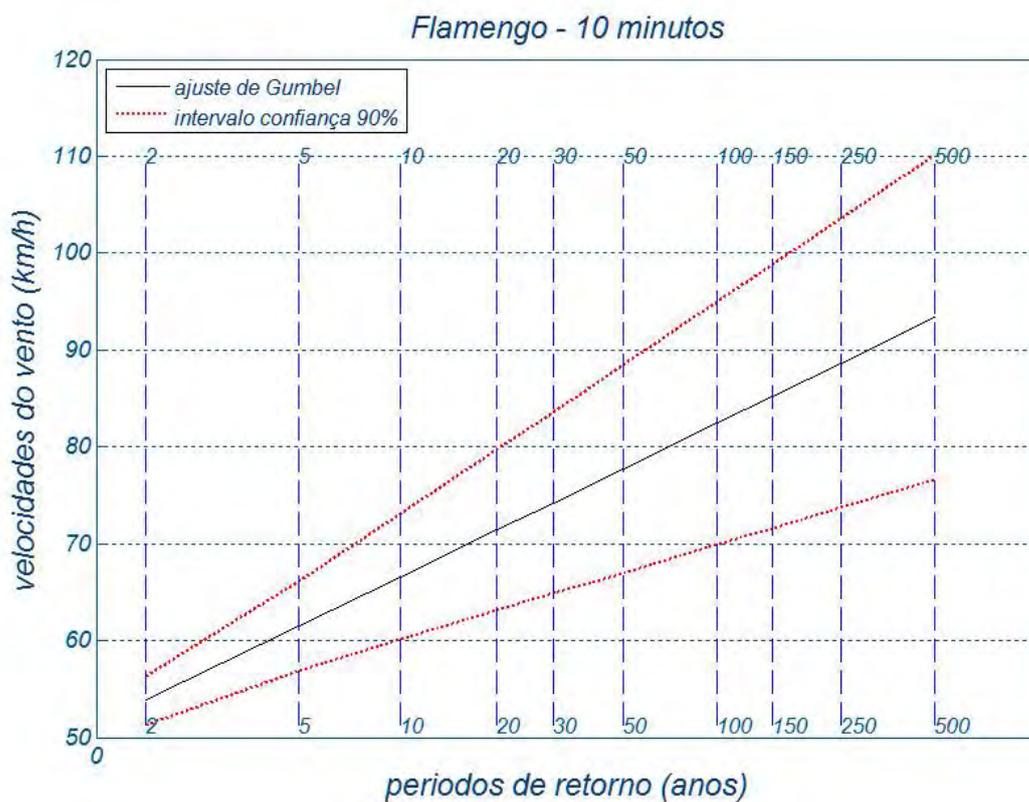
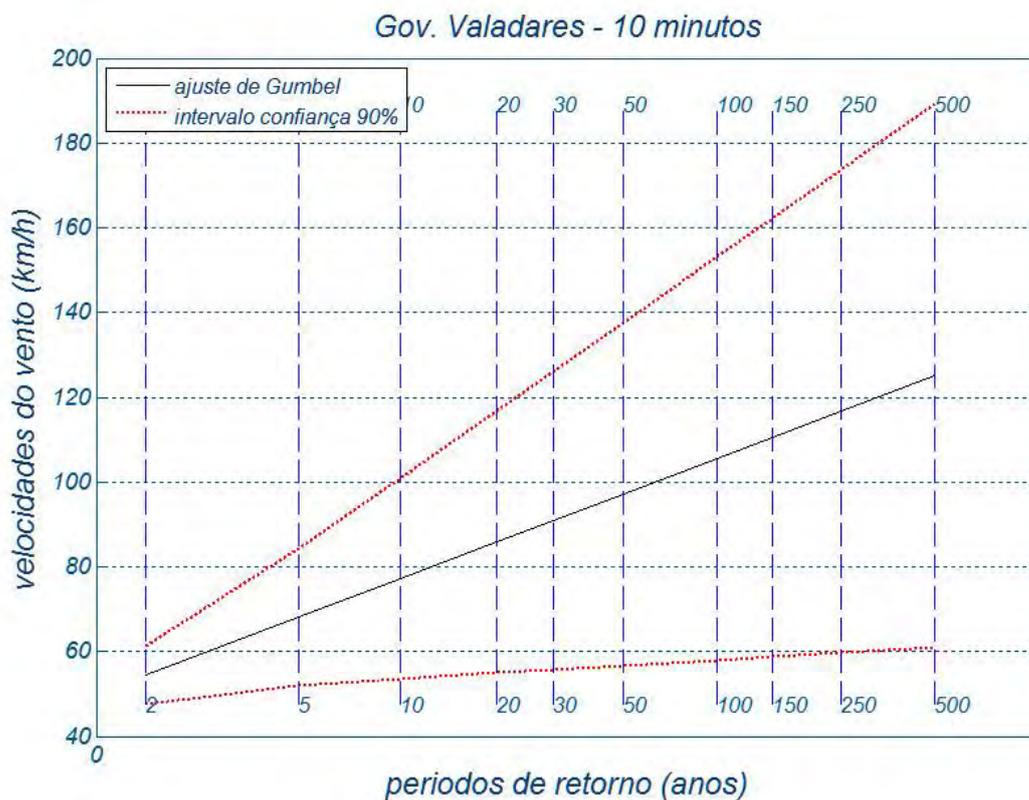


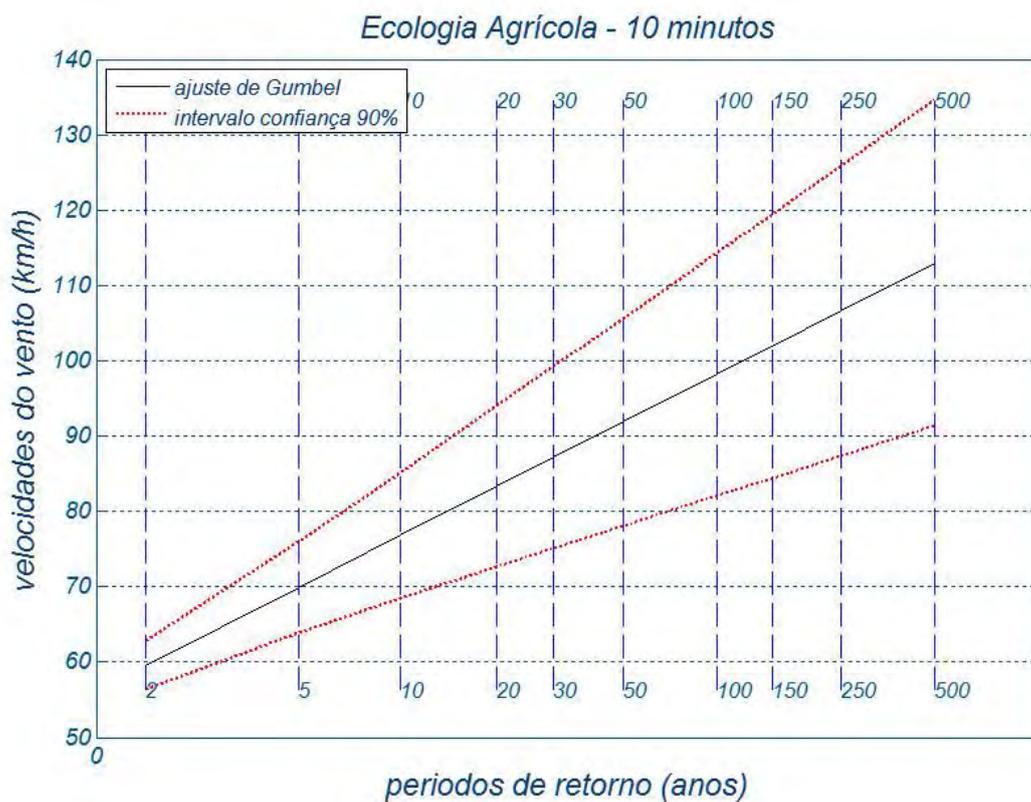
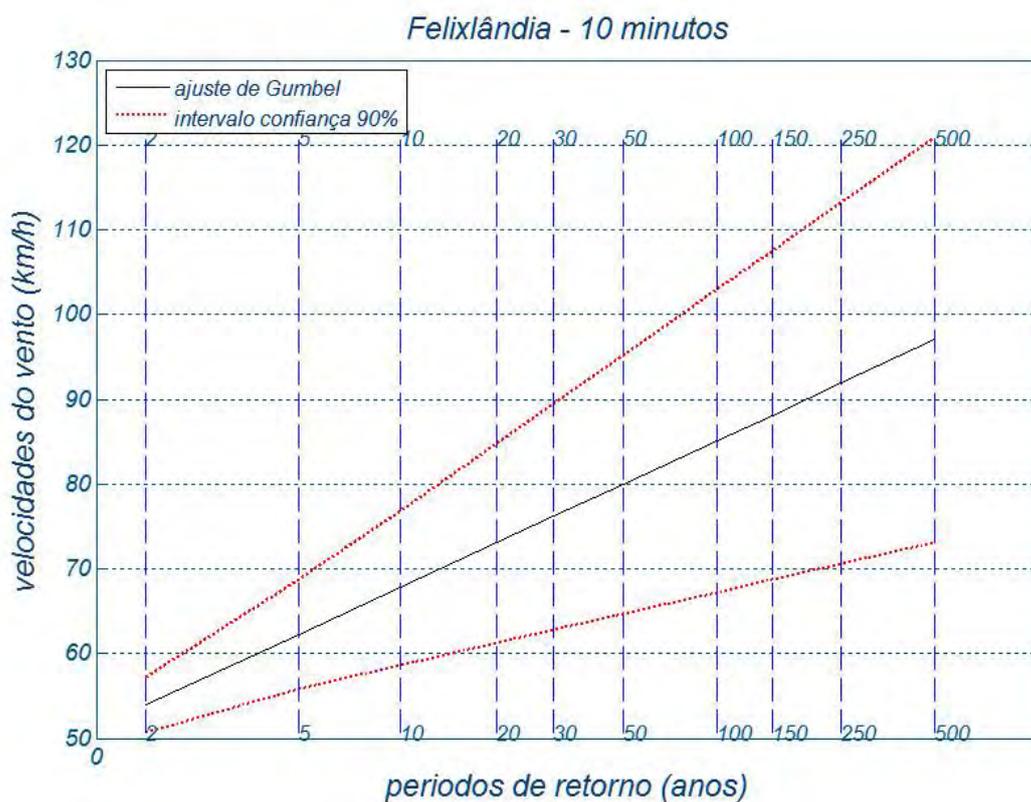


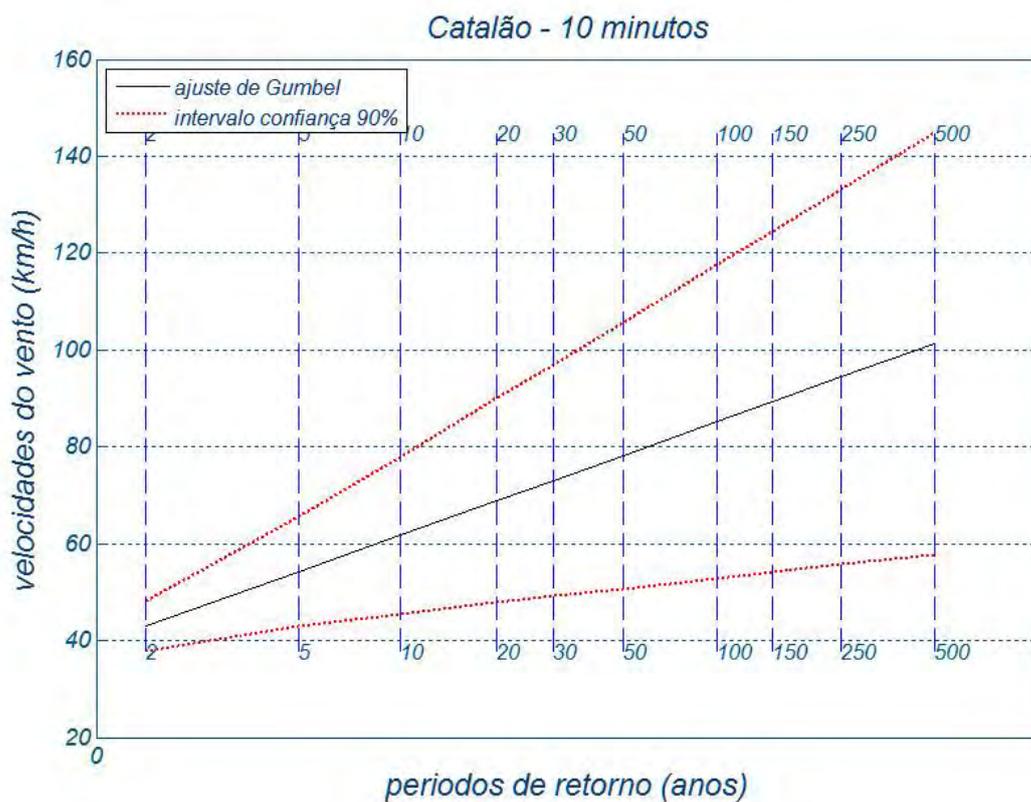
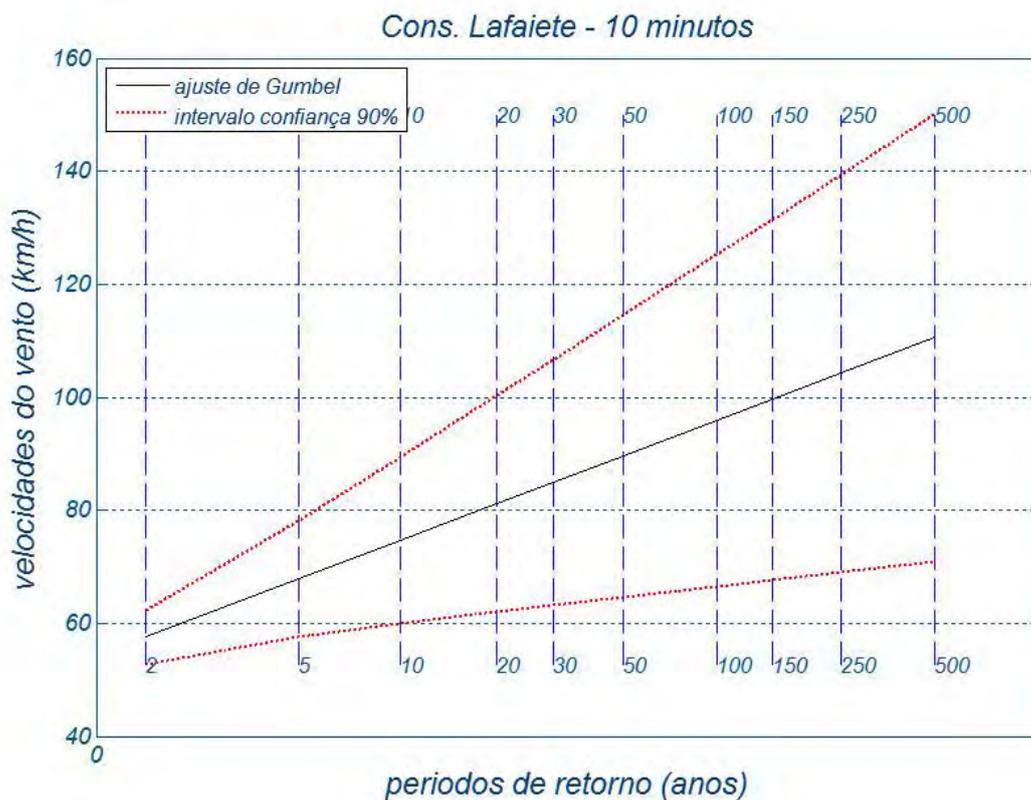


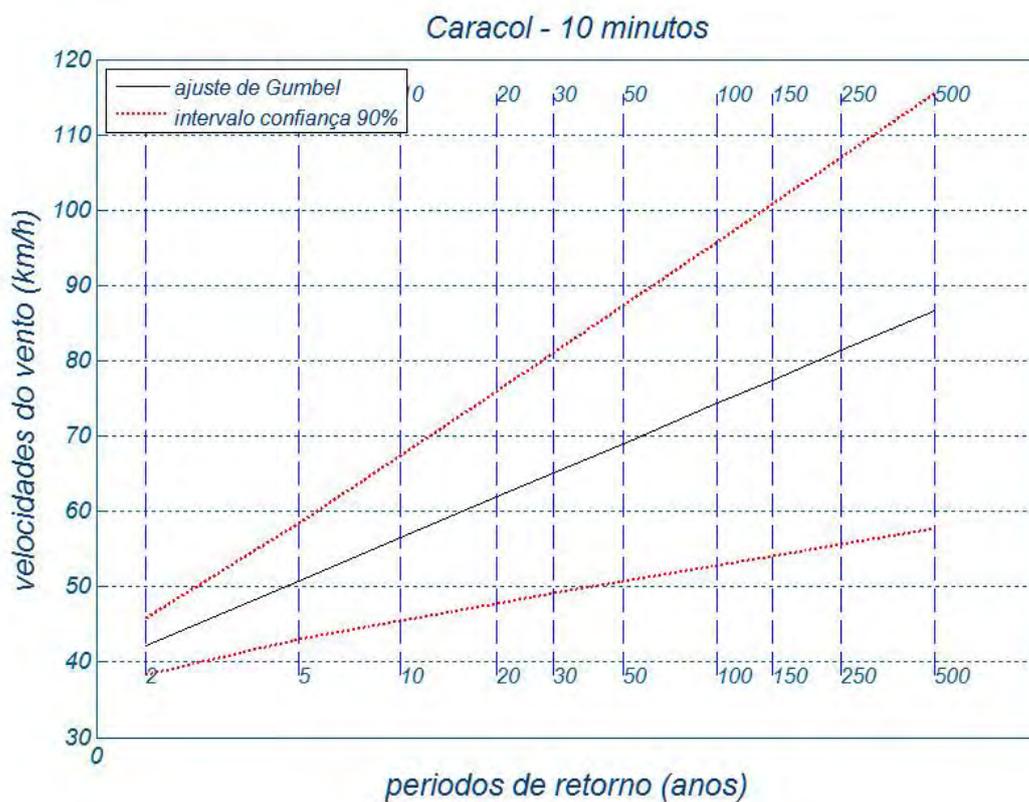
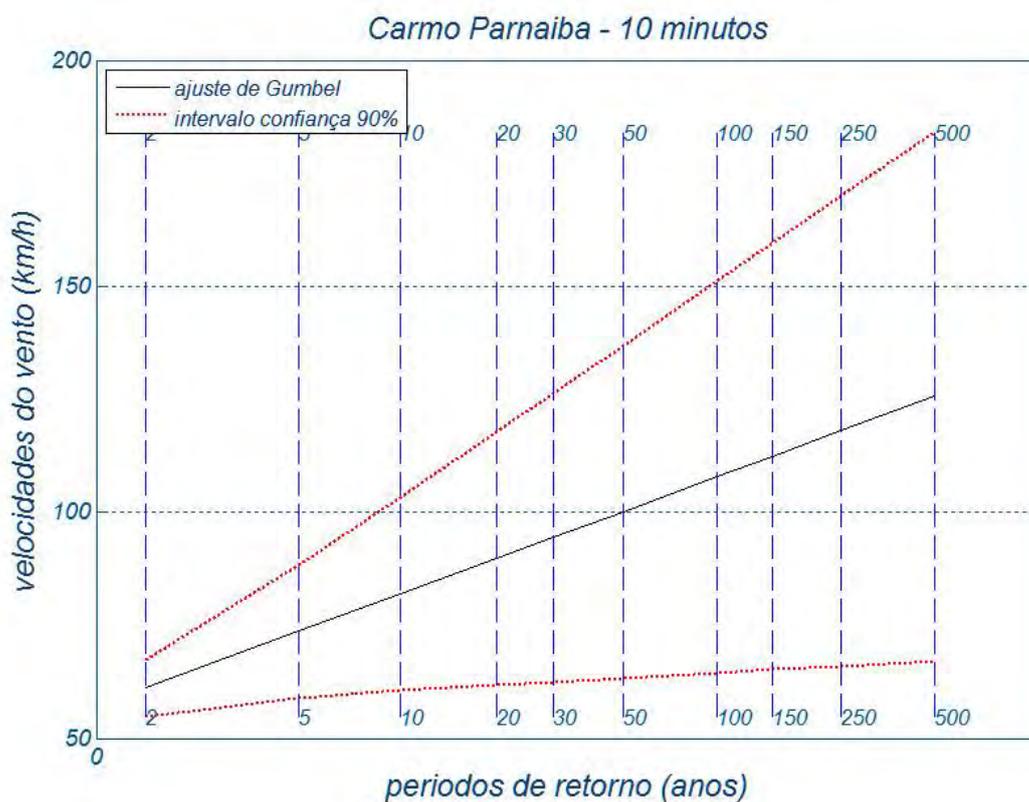


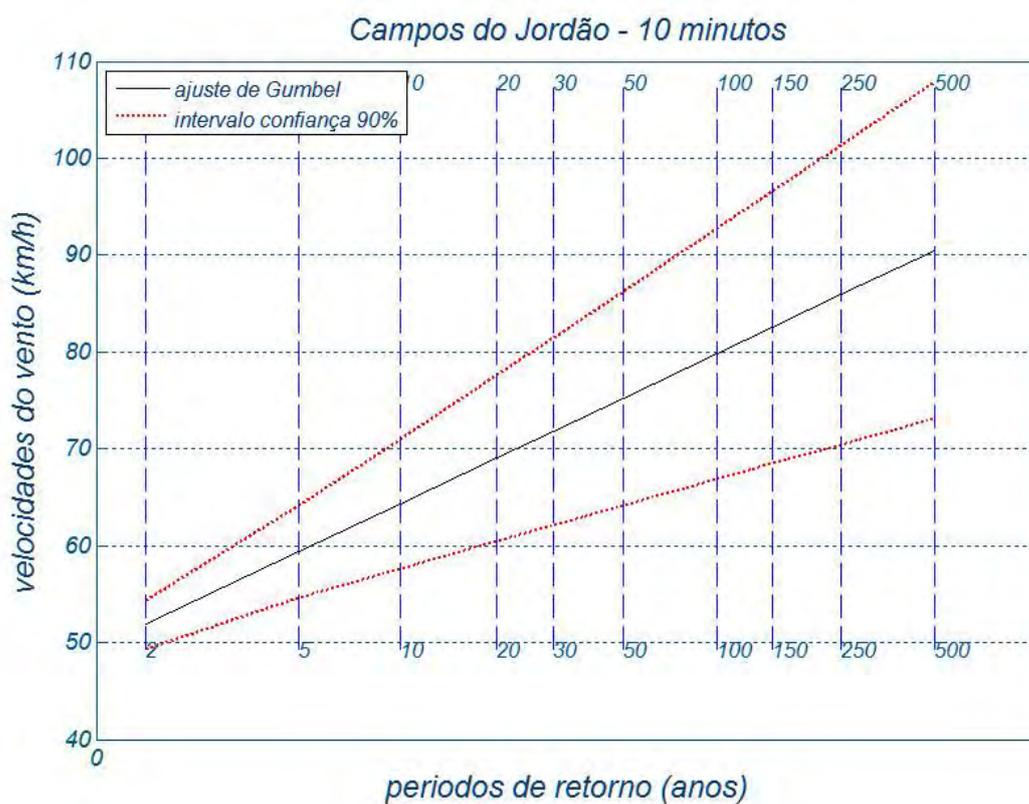
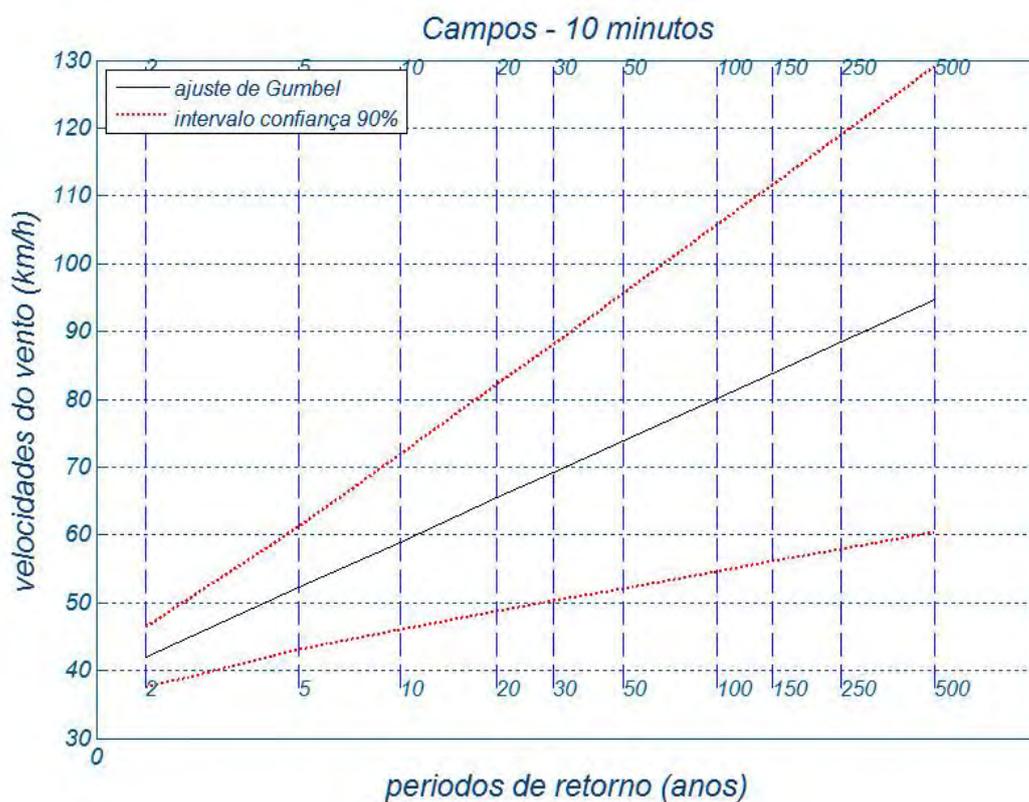


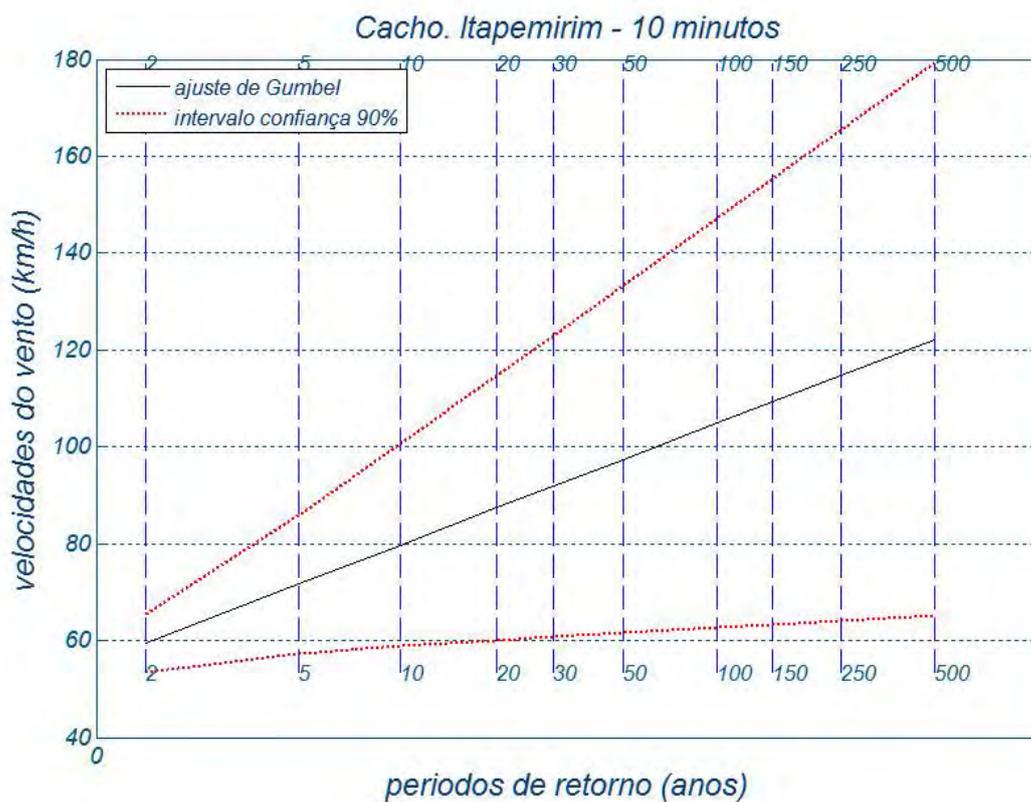
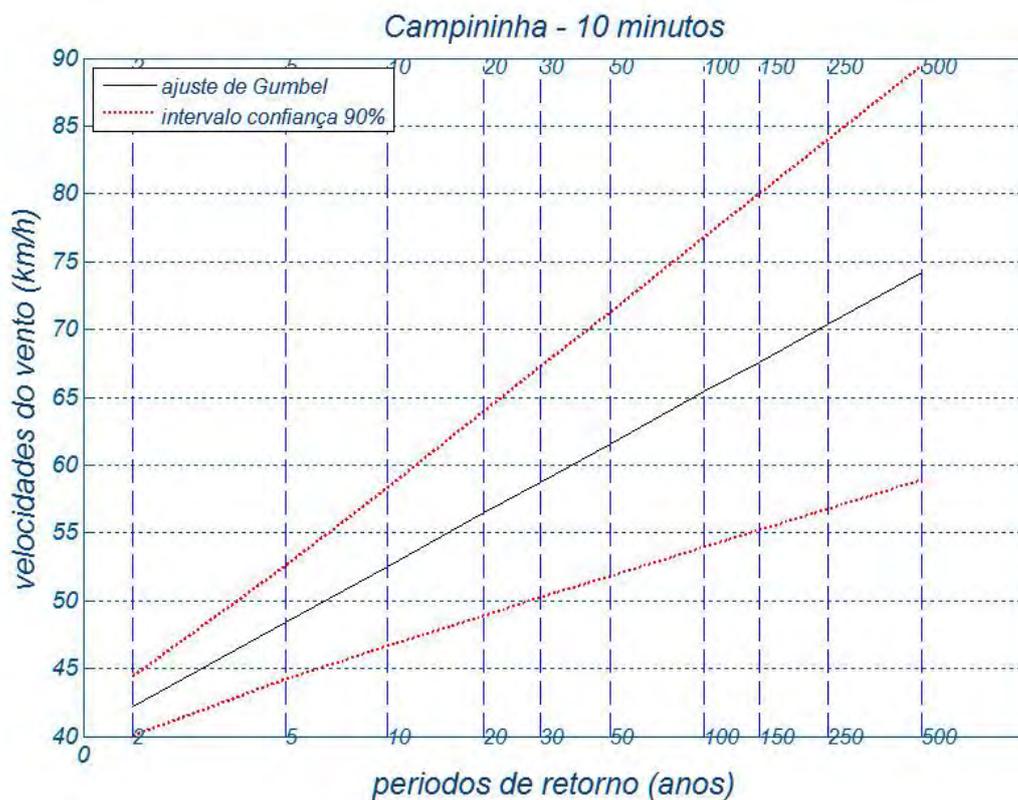


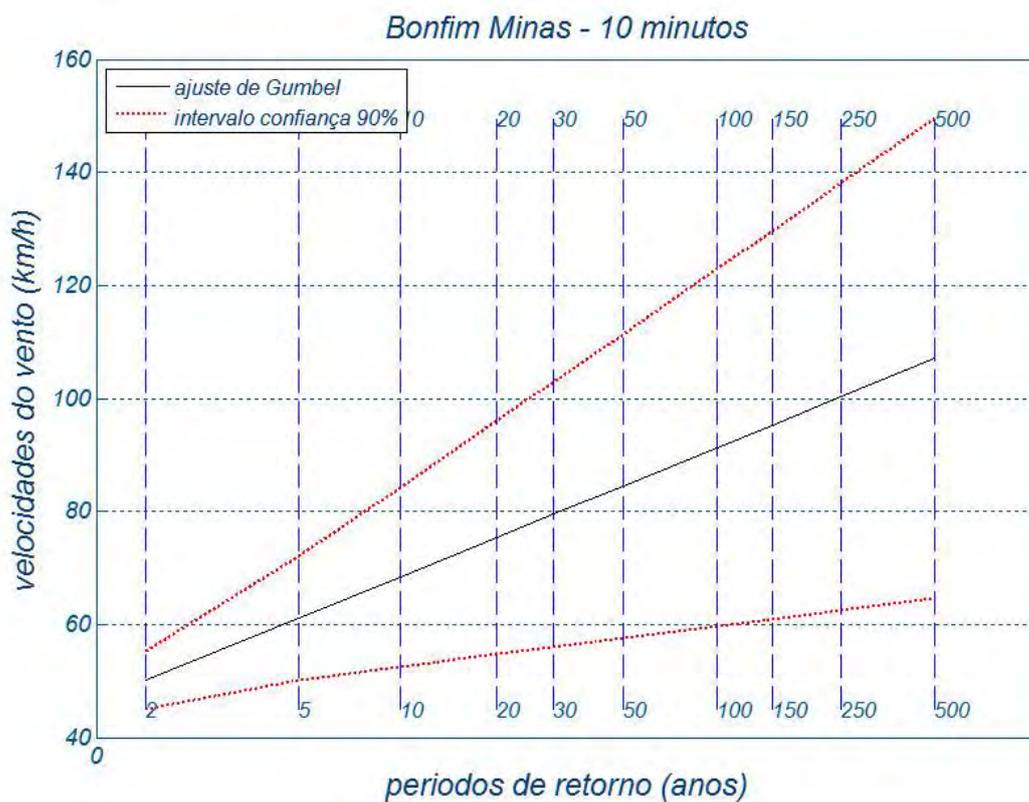
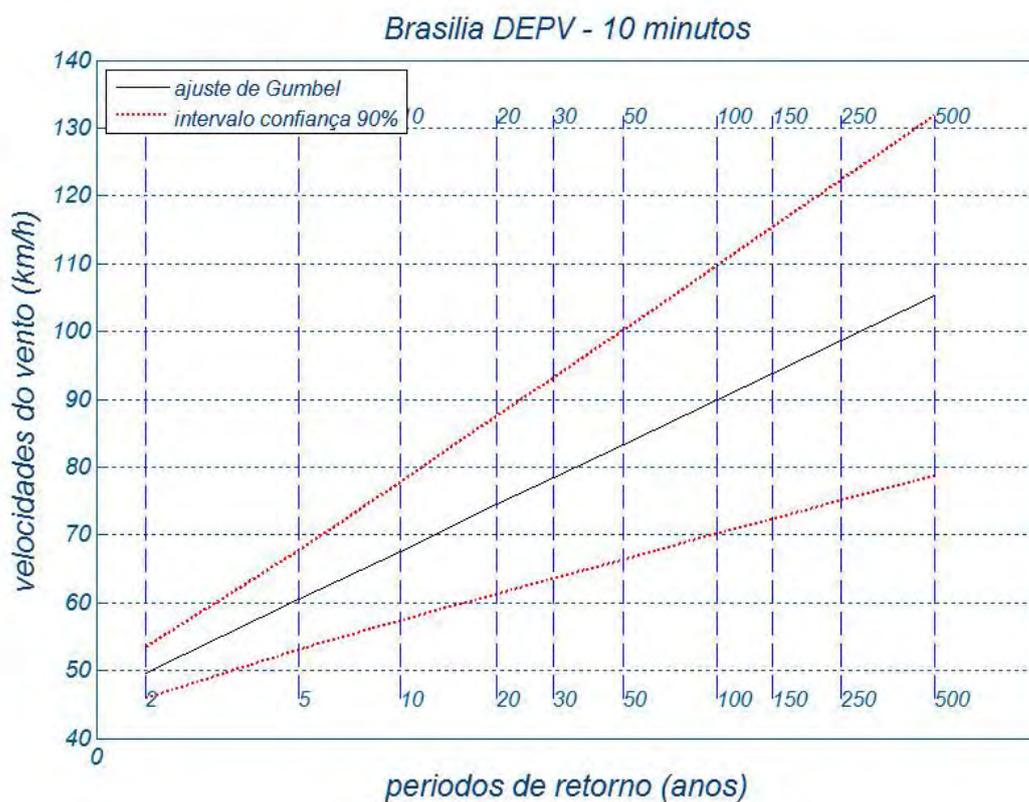


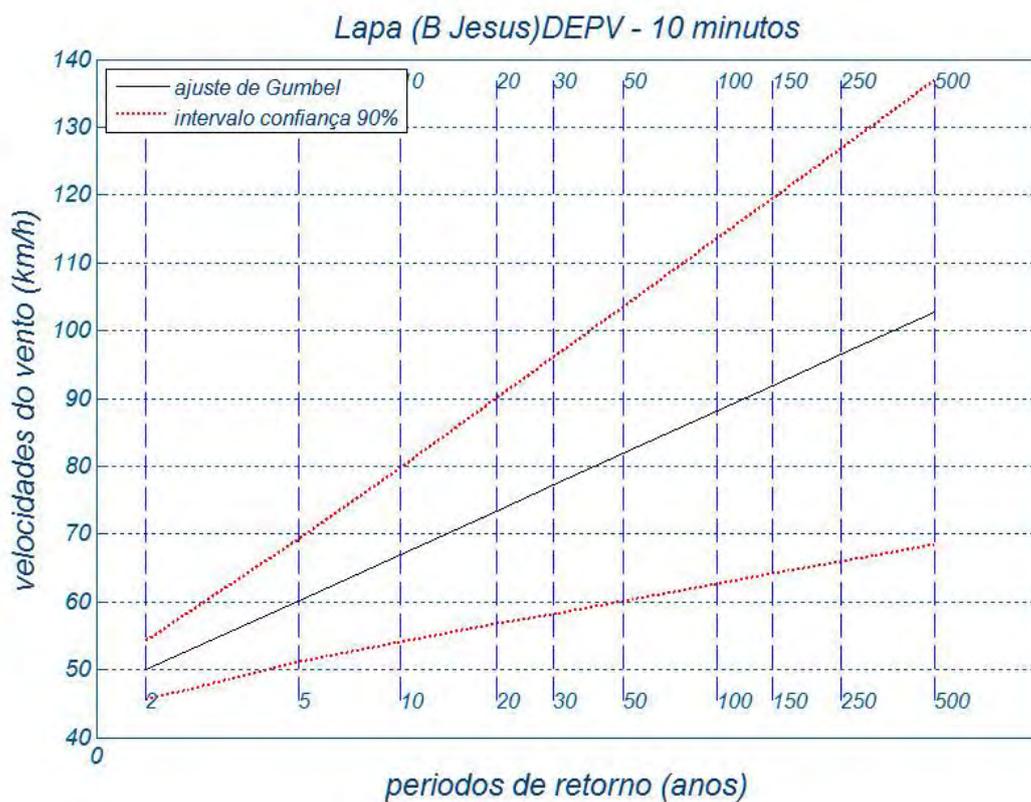
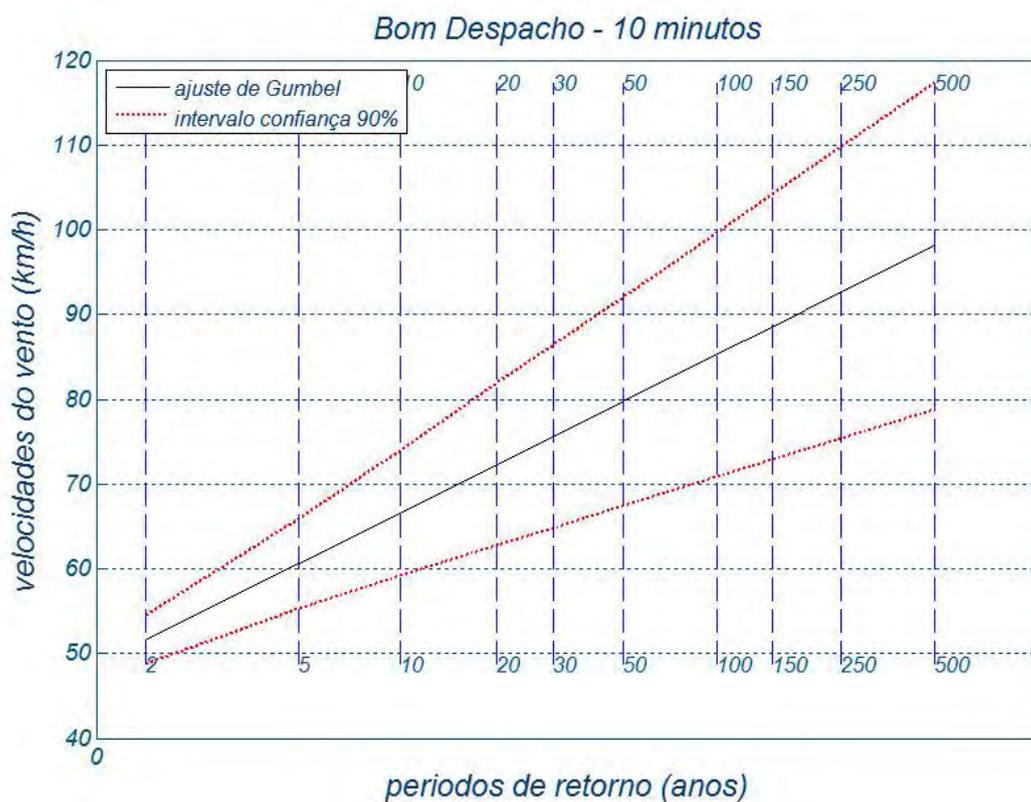


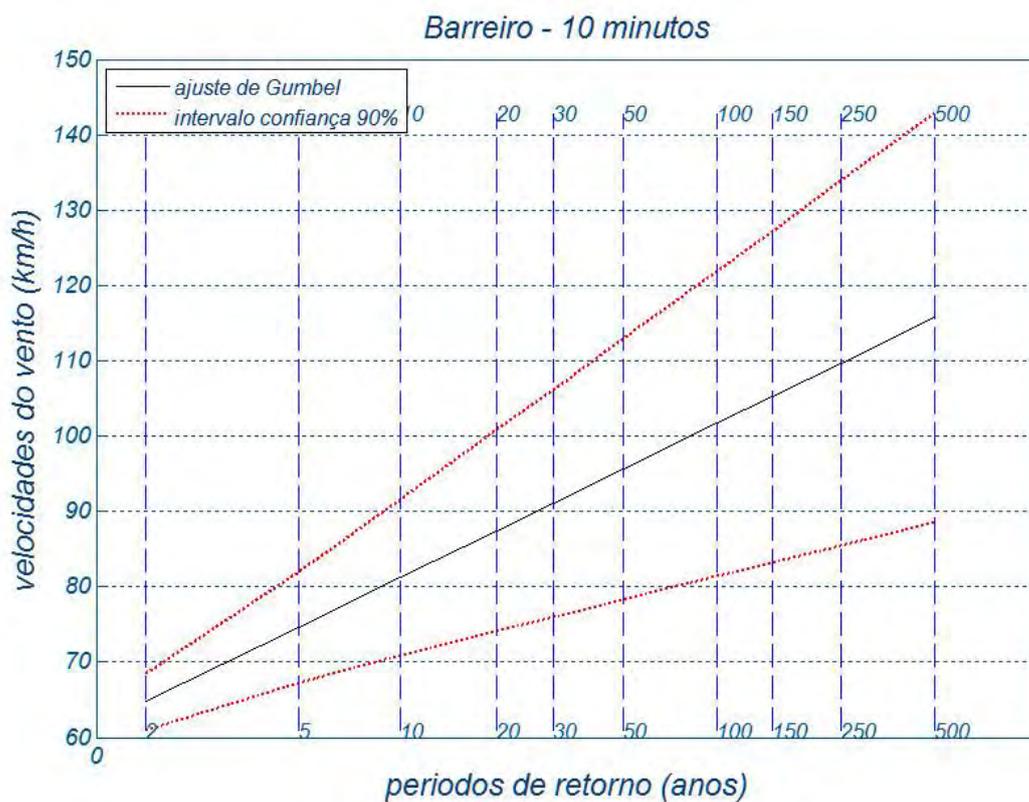
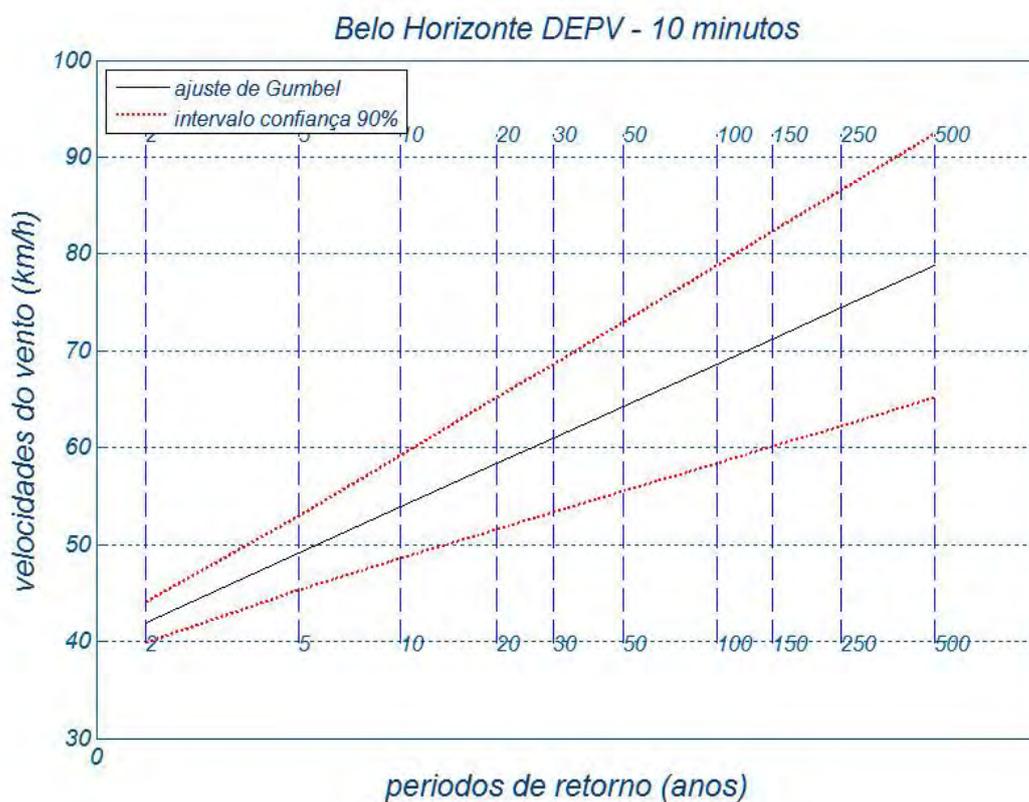


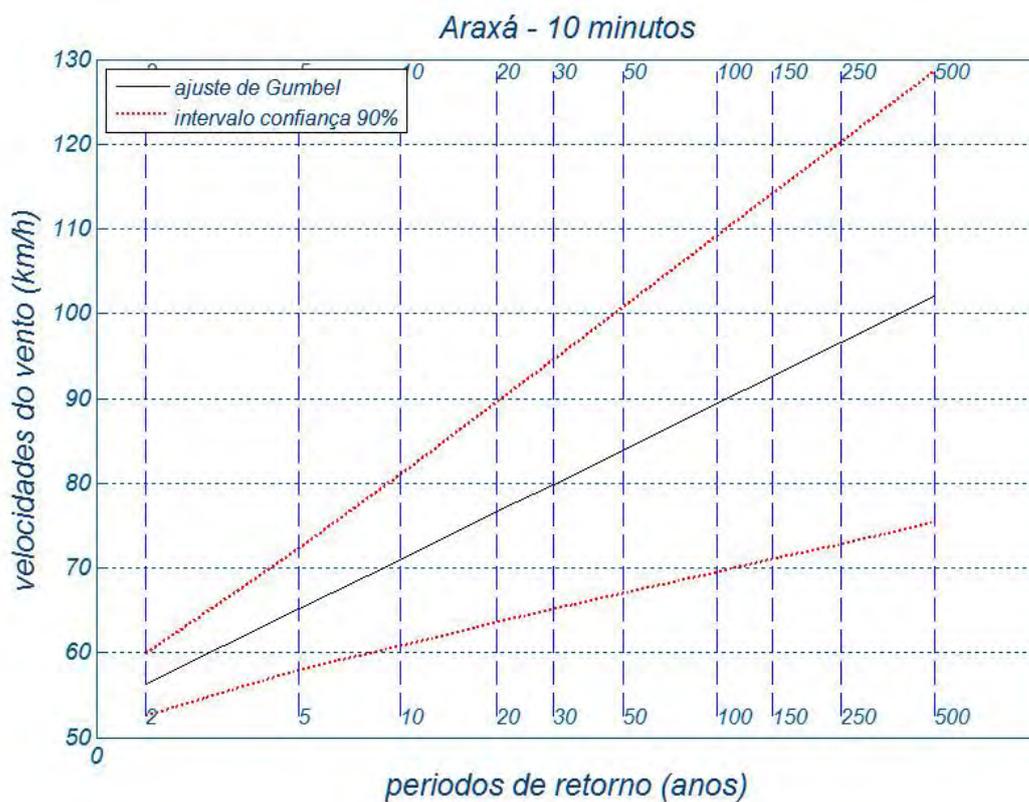
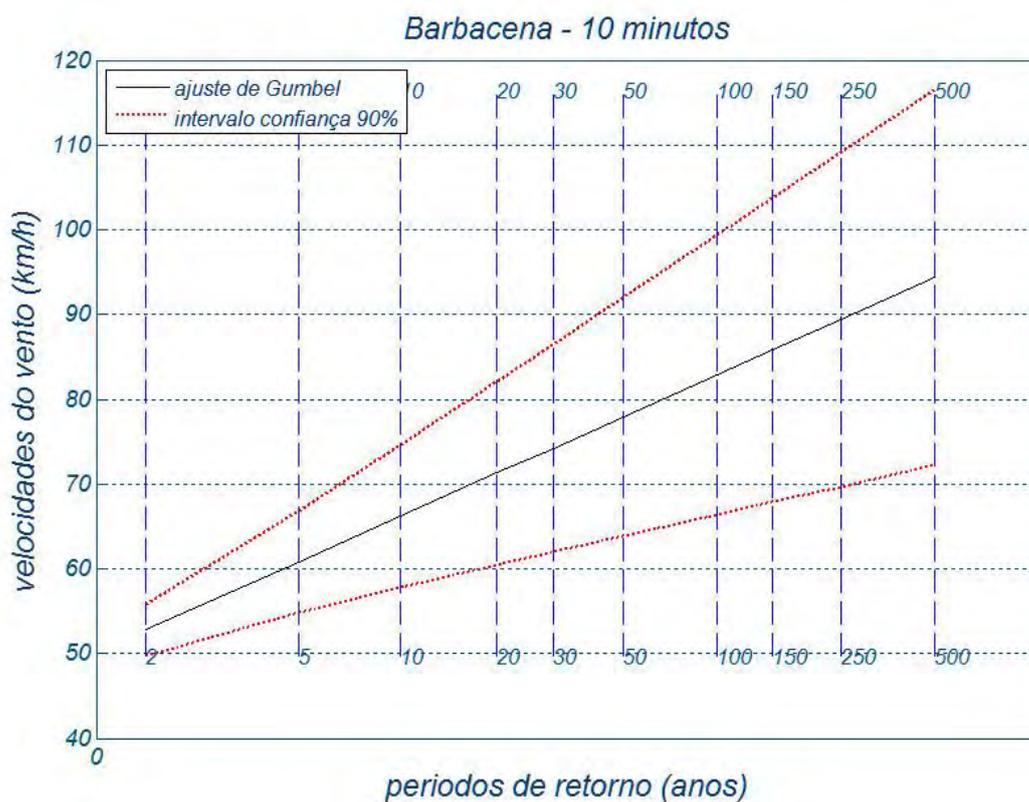


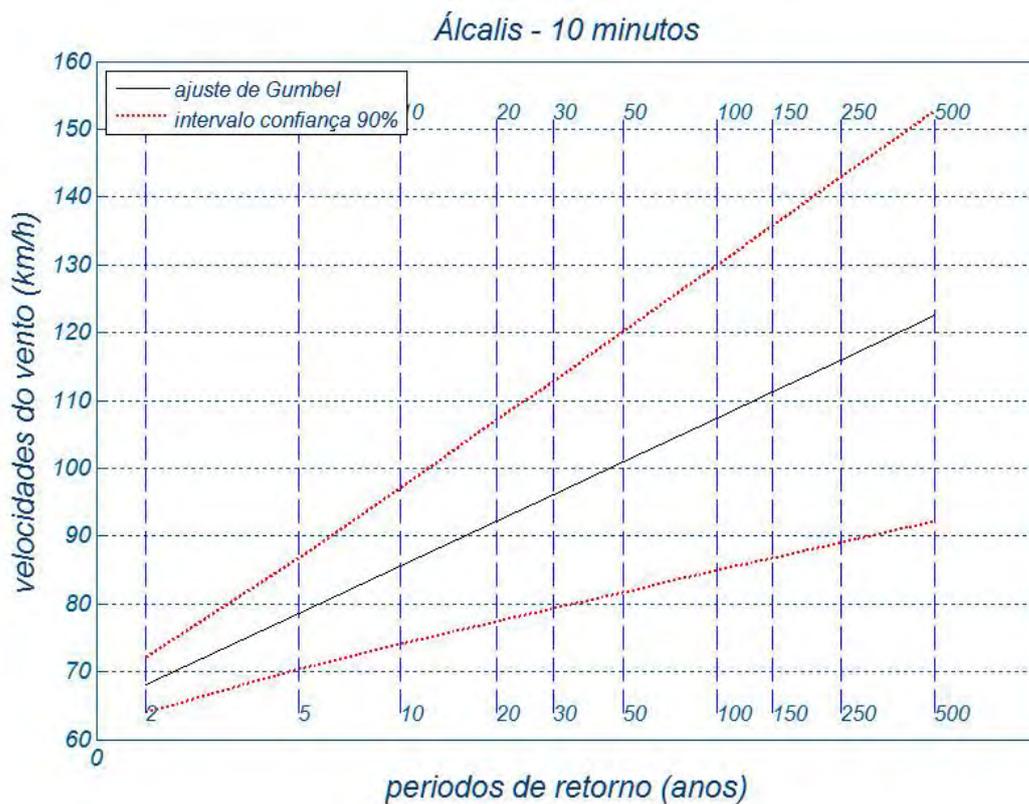
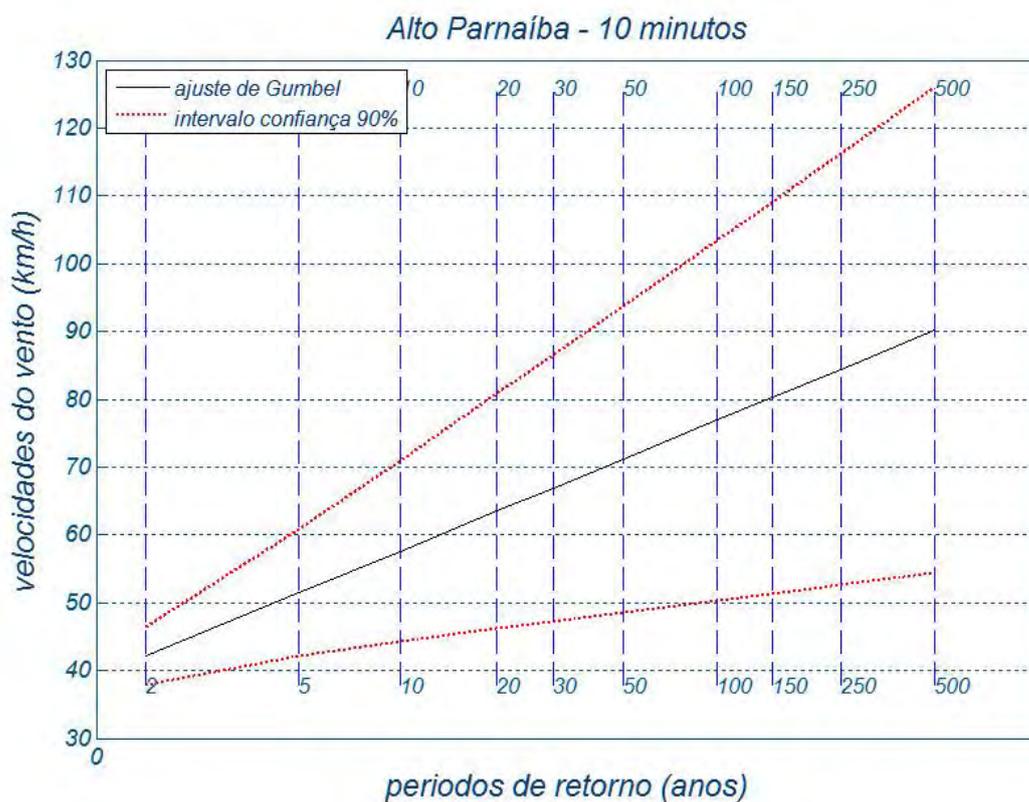


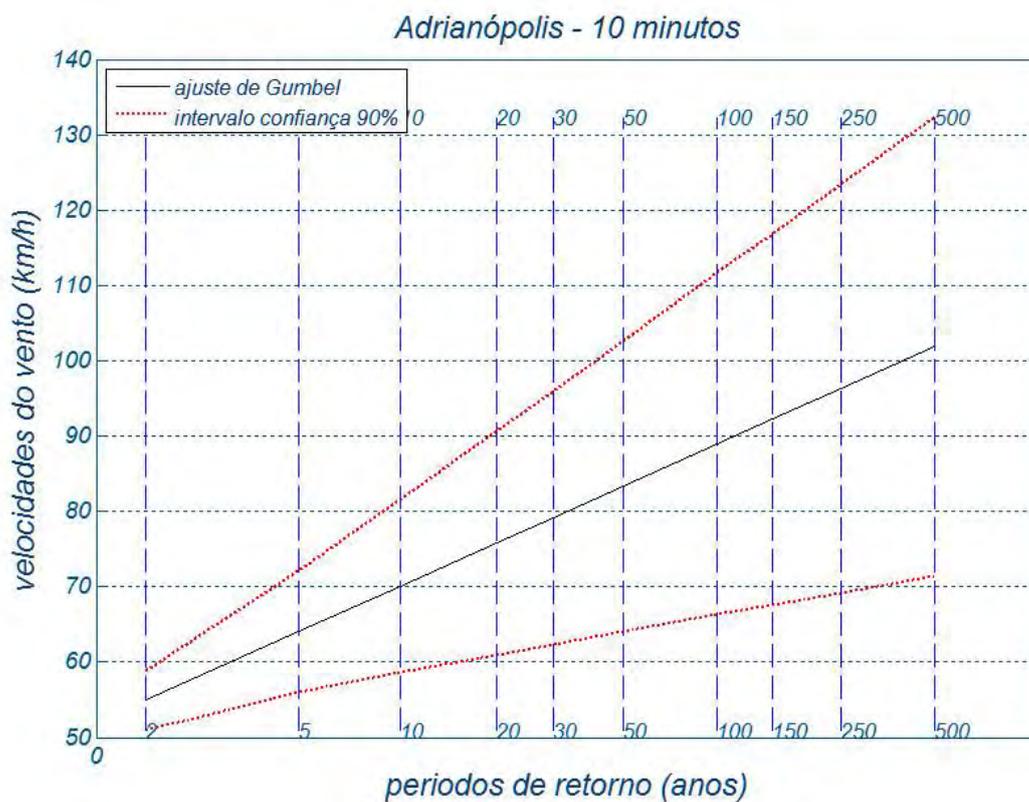
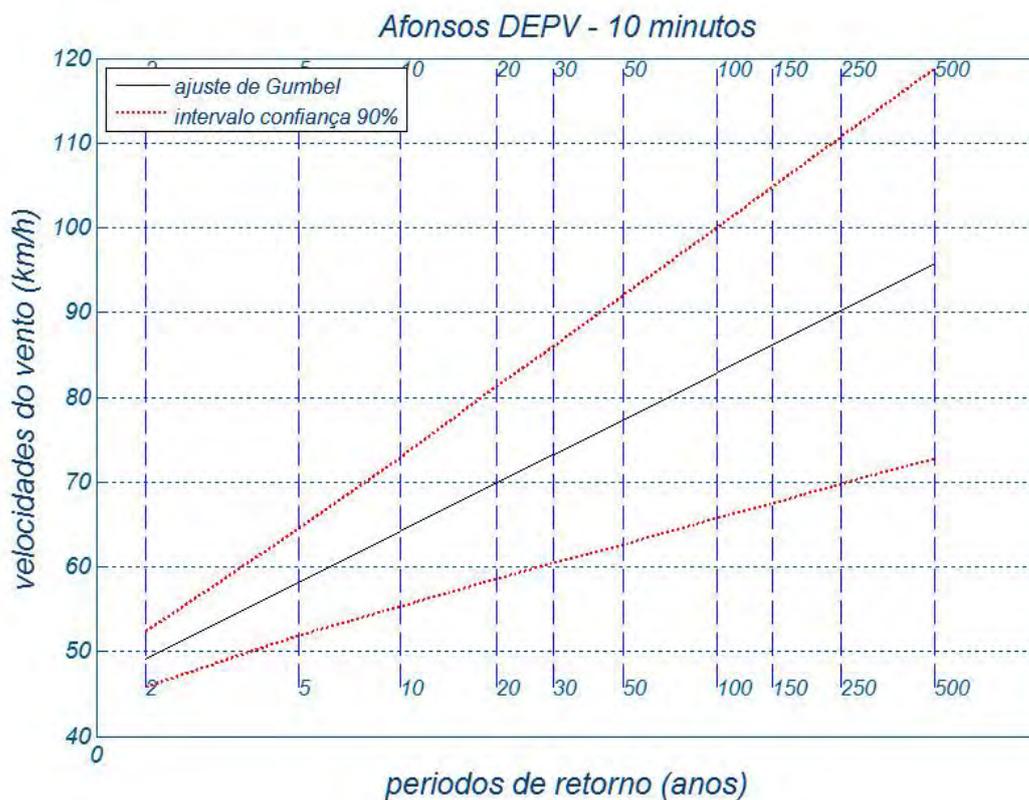










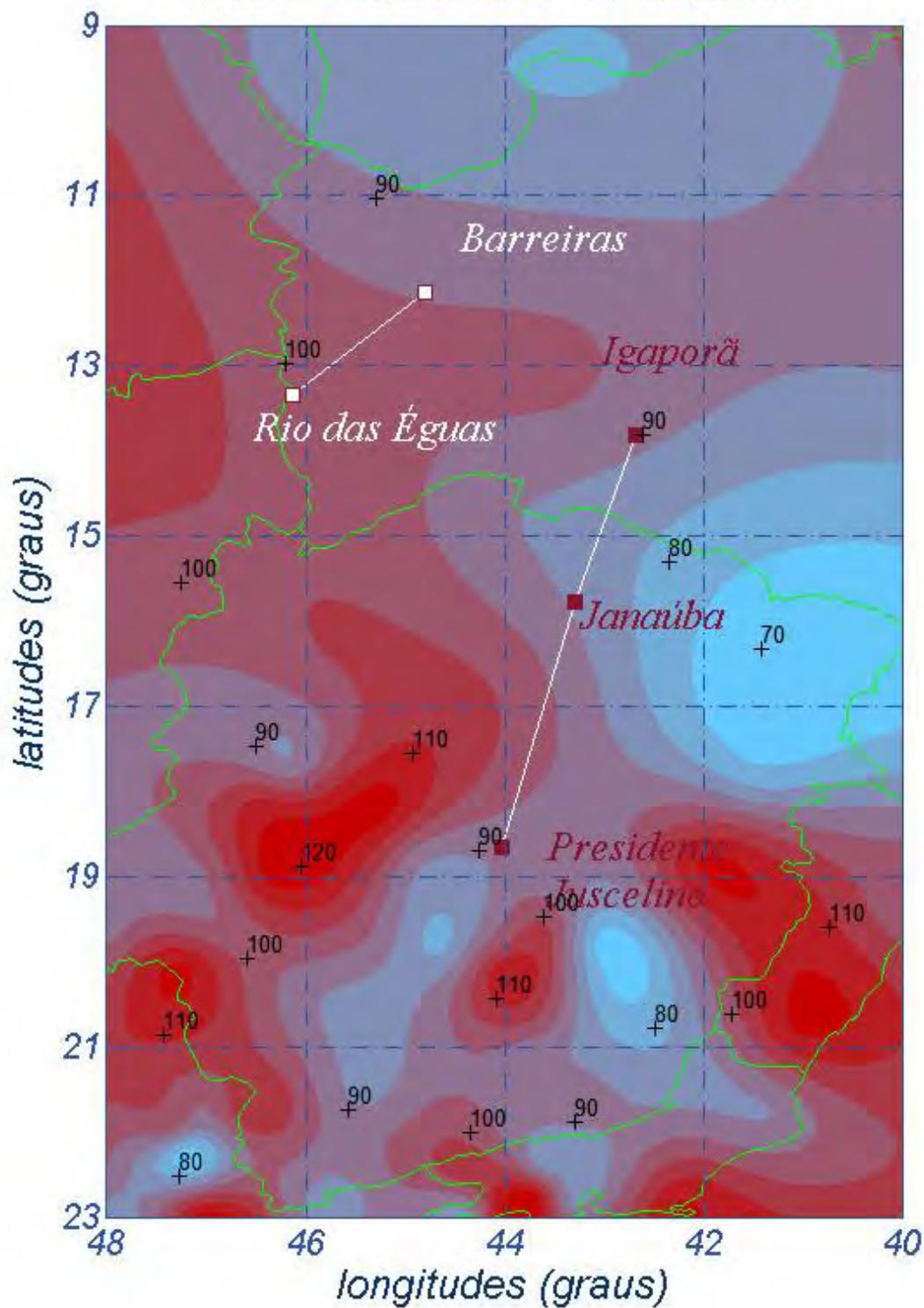




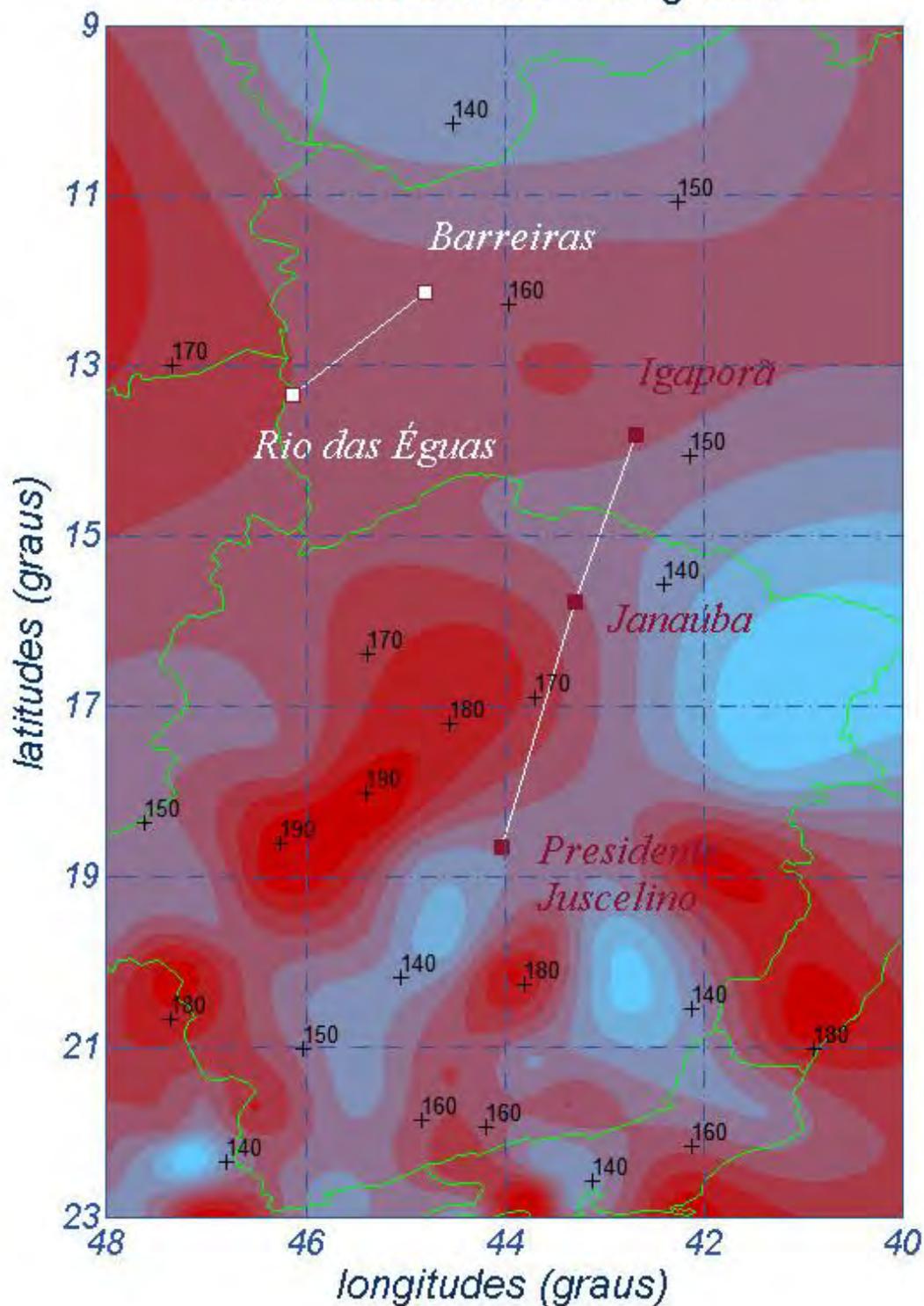
Anexo IV Os mapeamentos de isótopas da região

Seguem as isótopas para a região em estudo. Os mapas com as velocidades em cada estação (10 m de altura, terreno B) completam os resultados obtidos.

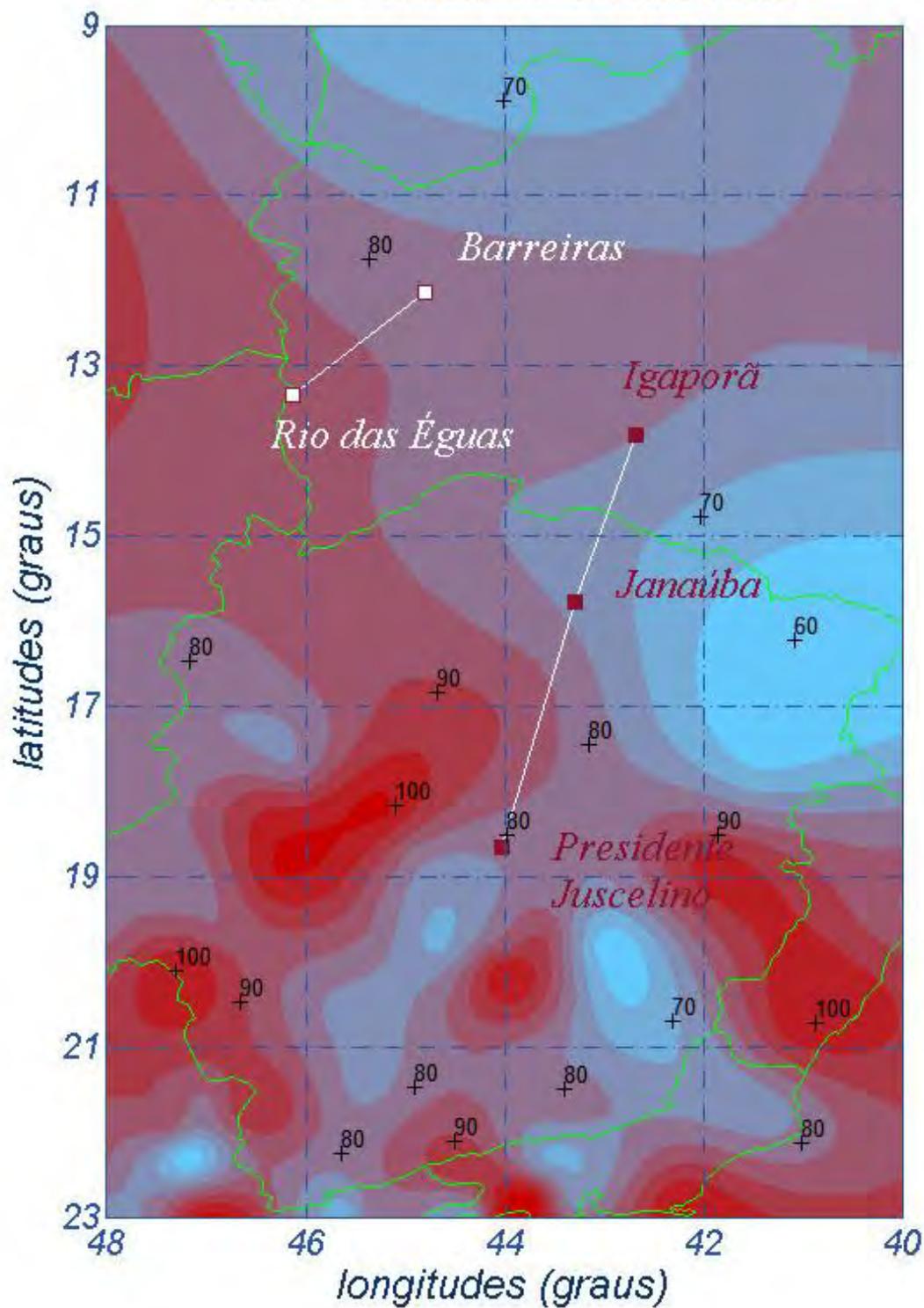
km/h - 250 anos / 10 minutos



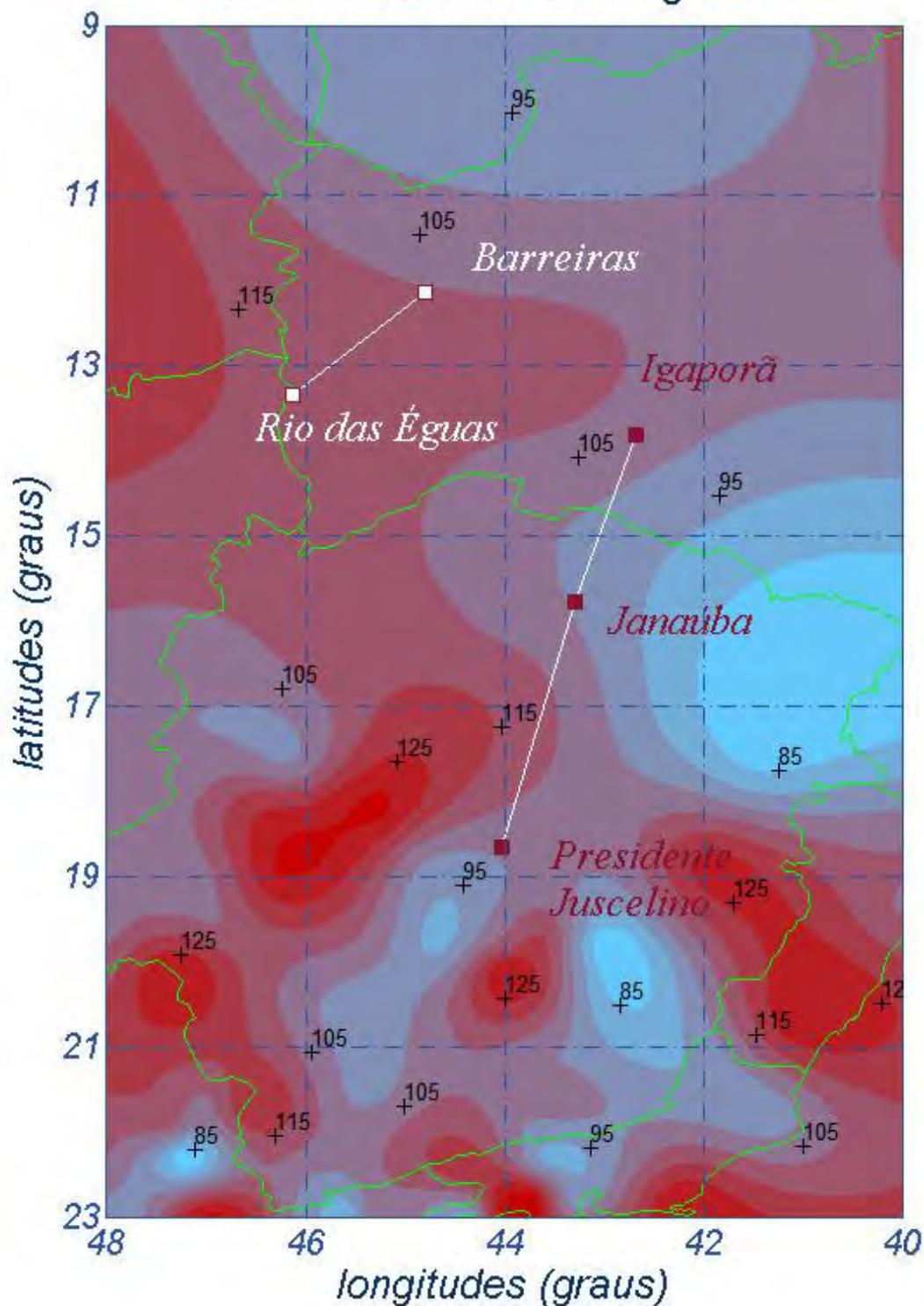
km/h - 250 anos / 3 segundos

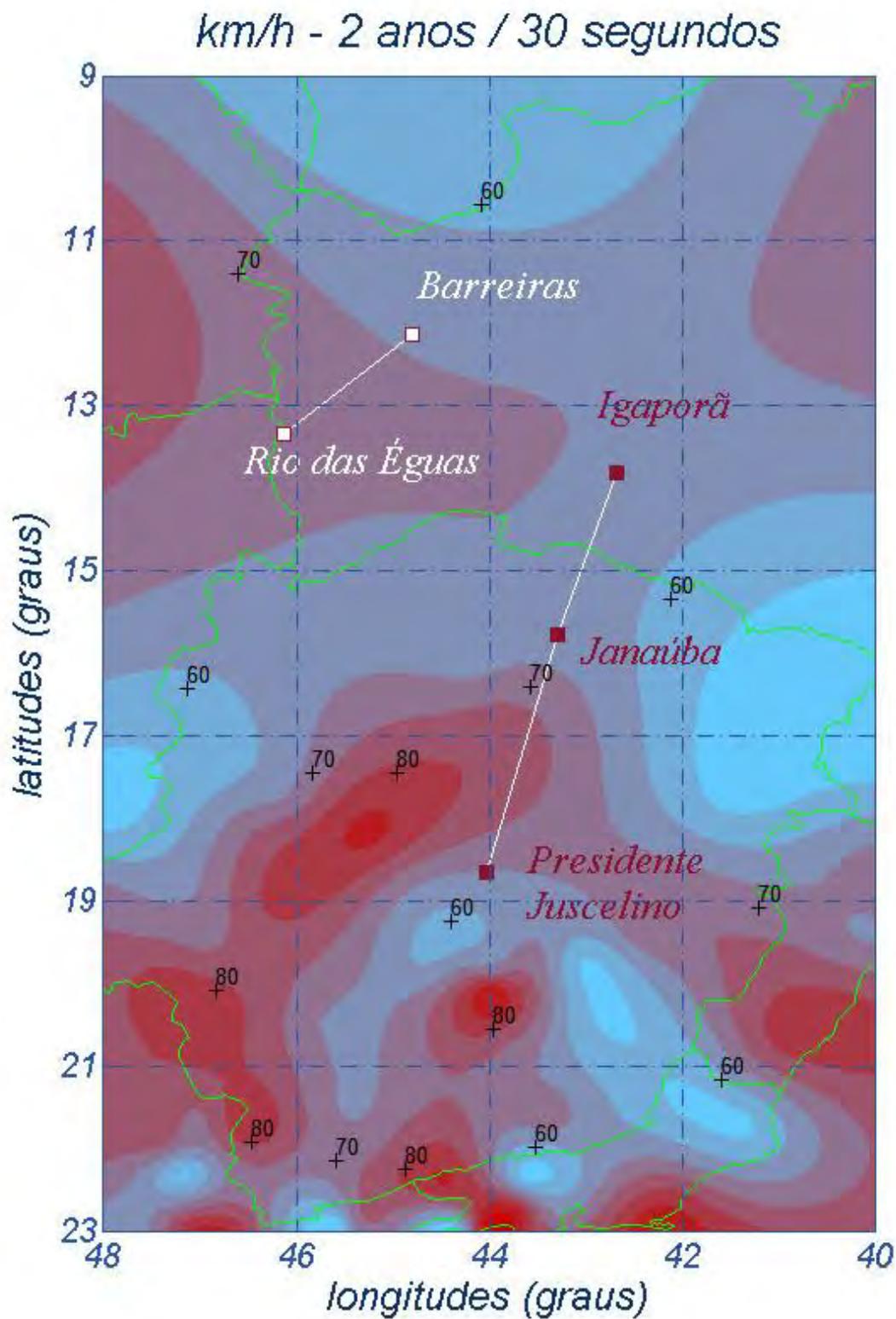


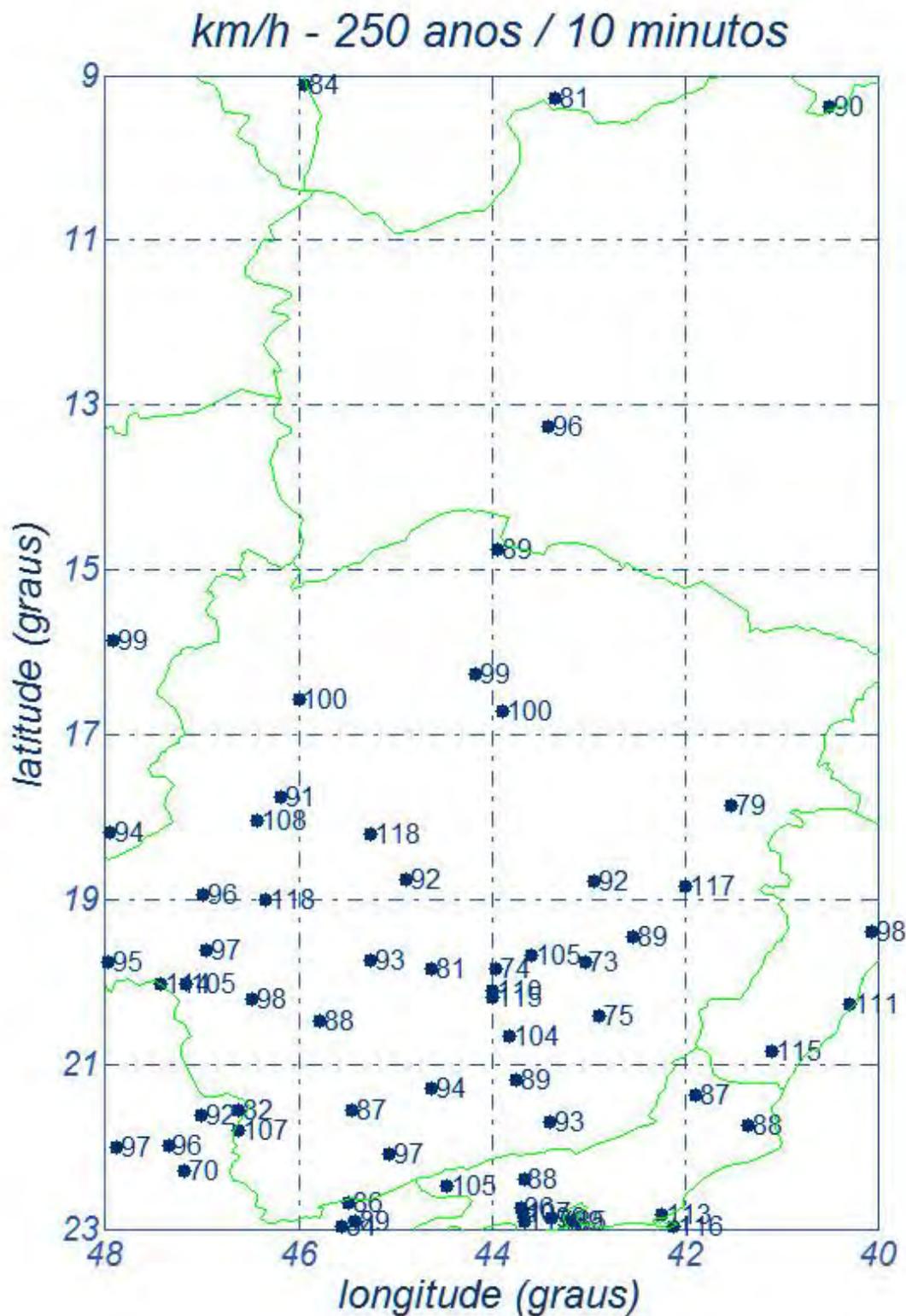
km/h - 50 anos / 10 minutos

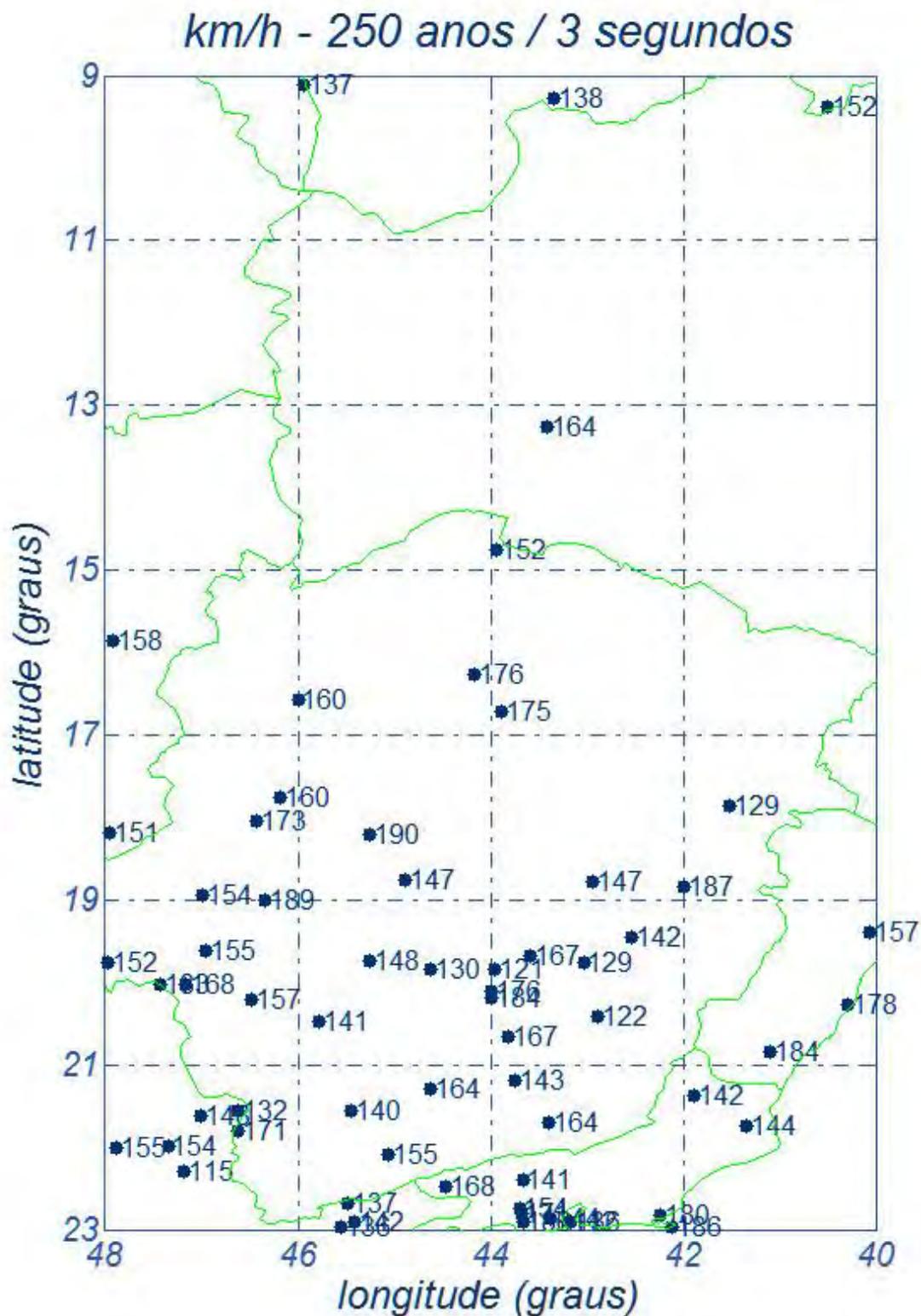


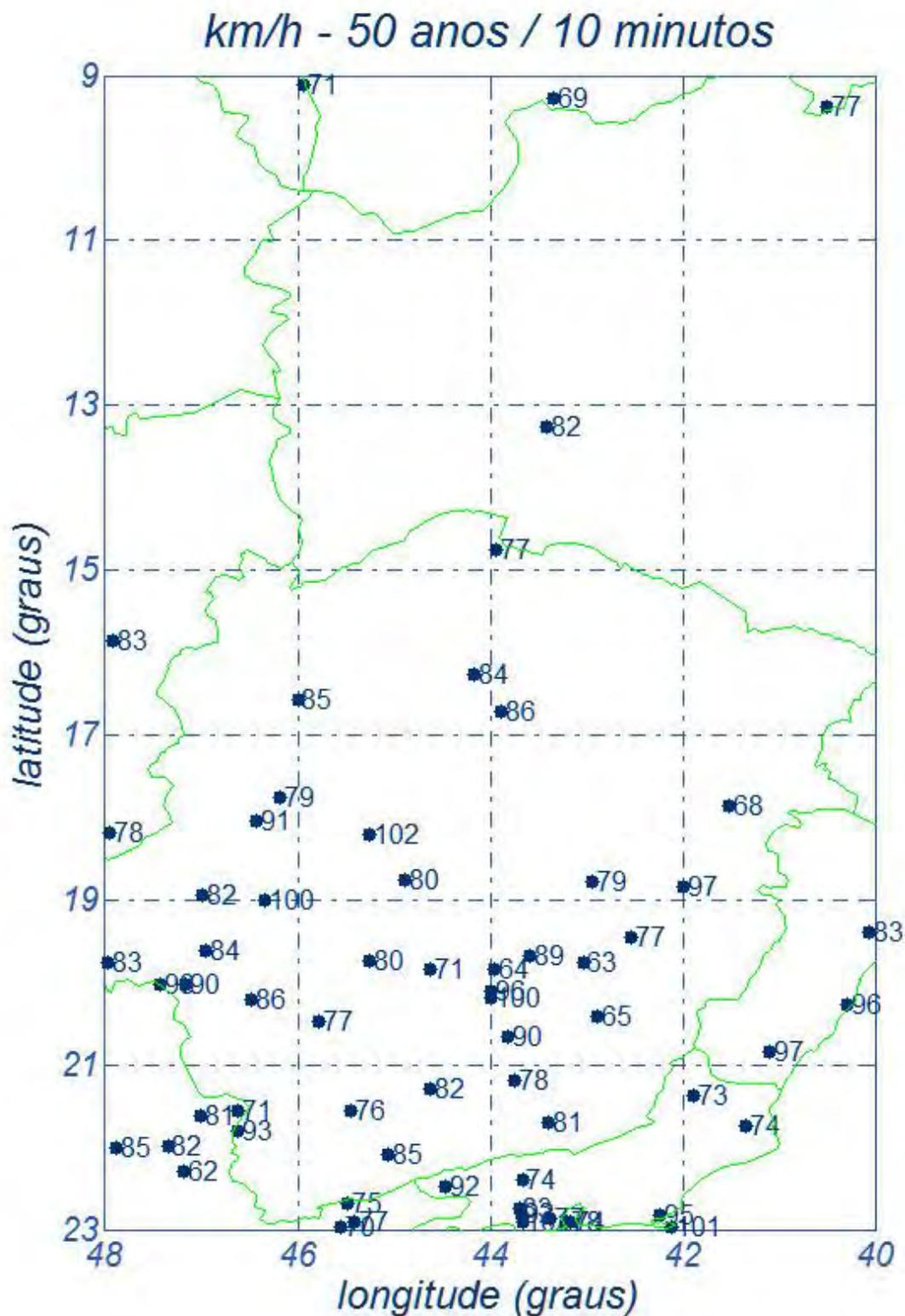
km/h - 50 anos / 30 segundos

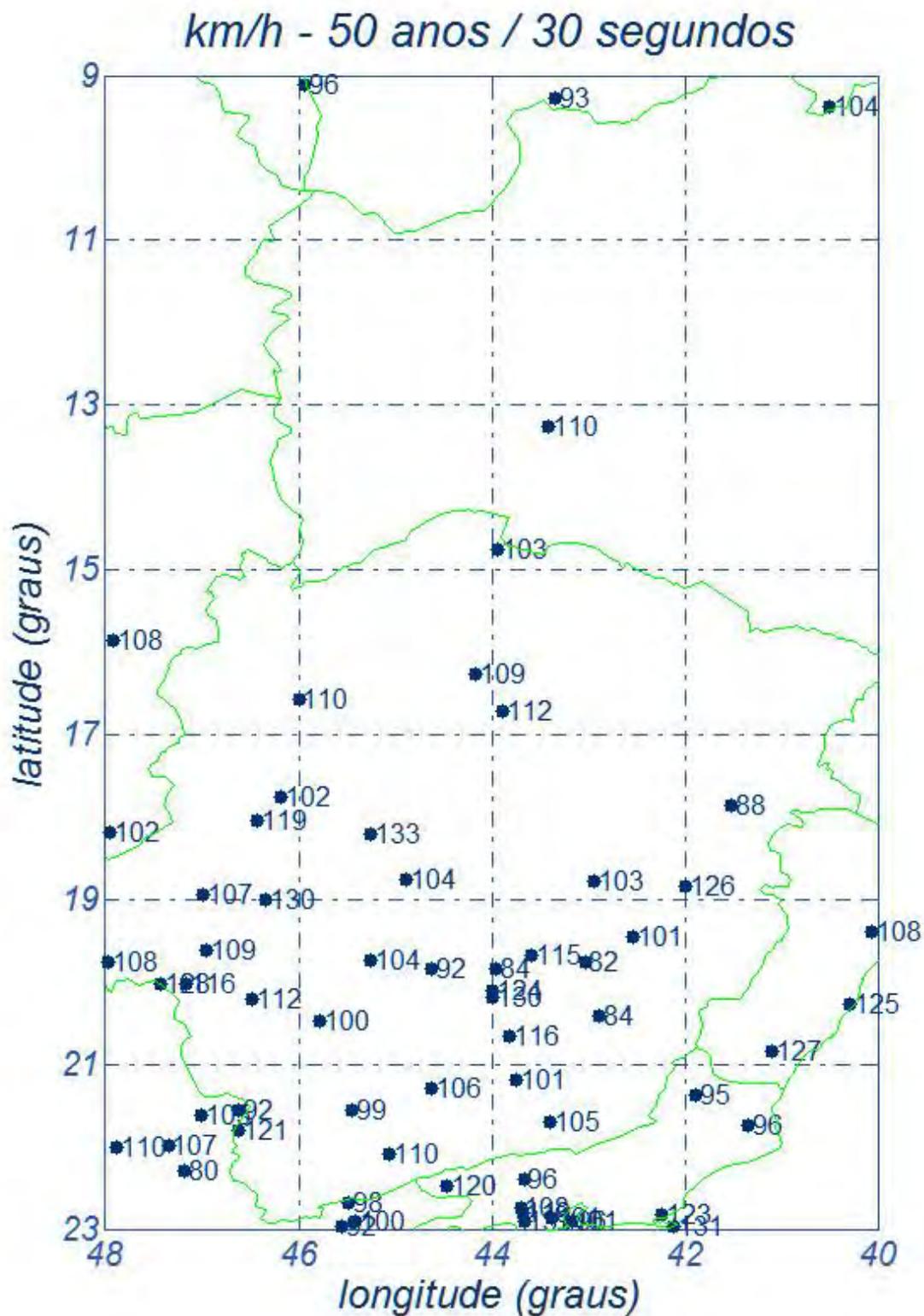


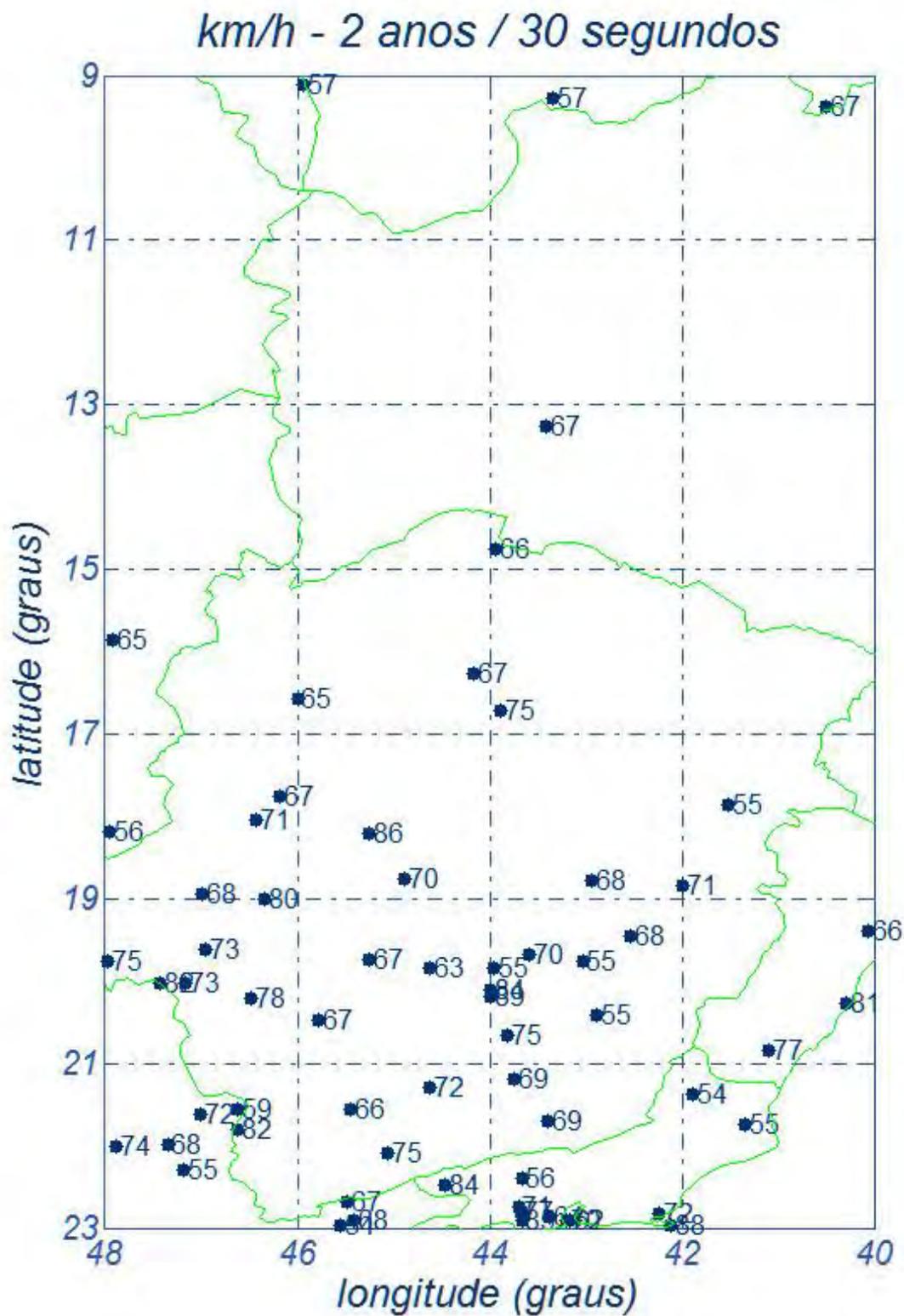












Anexo V O problema da turbulência dos ventos no Brasil

As preocupações relativas aos esforços resultantes da ação do vento sobre componentes de linhas aéreas de transmissão vêm se avolumando no Brasil, como em outros países. As ocorrências de quedas de estruturas tomam a sua devida importância num sistema de fornecimento de energia elétrica cada vez mais interligado e mais dependente de uma uniformidade de parâmetros de projeto capazes de estabelecer uma base uniforme e comparativa. Pelas suas características aleatórias, a ação do vento em LTs aéreas é sempre polêmica e sujeita a enfoques nacionais que possam introduzir alternativas sobre fenômenos típicos de cada região. Isto implica um esforço de procura de medições e modelagens próprias por parte da engenharia nacional, tal como vem se verificando no Brasil. De uma forma geral, a norma brasileira que rege o assunto em muito se serve da experiência continental adquirida ao longo de décadas e também do acervo publicado em normas internacionais (IEC 60826 e EN 50341, por exemplo).

Essa simbiose produz naturalmente alguns elementos que podem gerar certa dualidade conceitual no que trata do conhecimento estatístico que embasa o estudo, no seu todo, e nas aplicações dos seus resultados. Em poucas palavras, as análises de velocidades de vento de elevada intensidade no Brasil vêm sistematicamente revelando uma falta de aderência entre os valores locais e os divulgados como básicos para adoção internacional.

Com base nos elementos já colocados, o CEPEL e a BATÁVIA apresentaram um artigo técnico no XVII SNTTEE (Uberlândia) [6], no sentido de alertar que as velocidades de vento de elevada intensidade, e características próprias do território brasileiro, implicam uma necessidade de repensar (ou mesmo majorar) os resultados preconizados pela IEC, quando se segue sem alterações, os atuais cálculos de cargas mecânicas devidas ao vento. Posteriormente, o mesmo assunto foi aprofundado e apresentado na bienal do CIGRÉ - Paris de 2006.

É bastante realístico admitir que dados locais analisados segundo a ótica de qualquer procedimento estatístico, não raro, conduzem a valores numéricos ou a decisões práticas que diferem do que é publicado para uso generalizado, nos casos em que não se dispõe de coleta específica de dados. Esse polêmico e estimulante assunto pode ser avaliado nos seus detalhes em [7]. De forma resumida, os estudos supracitados concluíram pela necessidade de majorar as velocidades médias de 10 minutos em 8% (região sul), 12% (regiões centro-

oeste e sudeste) e 16% (regiões norte e nordeste), para fazer face à maior turbulência constatada nas velocidades de vento registradas no Brasil. Com a aludida correção, a metodologia da Norma IEC 60826 pode ser usada com maior segurança. Esse estudo já incorpora tal modificação paramétrica.

Anexo VI Regionalização dos CVs das séries históricas

Critérios de regionalização dos coeficientes de variação

A regionalização dos coeficientes de variação das séries de máximos anuais de velocidades de vento tem sido recomendada e utilizada como forma de compensar o fato de que as séries de valores disponíveis em cada estação têm variações entre limites afastados (4-5 anos até 20-25 anos) e têm, em consequência, precisão diferenciada. Os procedimentos de regionalização são, no entanto, muito variados e subjetivos, dependendo dos critérios mais afeitos ou preferidos, por parte de quem realiza essas determinações. Médias lineares, ou ponderadas pelos tempos de coleta, médias móveis, extremos de distribuições são algumas das possibilidades, aqui citadas para exemplificar.

AVI.1 Para as séries de 10 minutos

Para fins de regionalização dos valores dos coeficientes de variação das séries de velocidades máximas anuais, referidas ao tempo de média de 10 minutos, hajam vista as inúmeras tentativas isoladas feitas aqui no Brasil, levam às seguintes conclusões que se encontram ora em prática:

- 1 O valor mínimo genérico será de 13% ($CV = 13\%$), válido para qualquer estação coletora.
- 2 As estações que eventualmente apresentem valores superiores a 13% e inferiores a 16%, no estágio de medição em que se encontram, quanto aos períodos de coleta, serão consideradas como típicas de 16% ($CV=16\%$). Este mesmo valor será adotado nas estações do DEPV, face às conhecidas incertezas tanto no que se refere aos valores médios das séries como quanto aos respectivos desvios-padrão.
- 3 As estações que eventualmente apresentem valores superiores a 16%, no estágio de medição em que se encontram, quanto aos

períodos de coleta, serão consideradas como típicas de 19% (CV = 19%).

AVI.2 Para as séries de 3 segundos

Quanto aos valores da regionalização paramétrica das séries de 3 s, as seguintes ponderações são aplicáveis:

a) Para se proceder a uma regionalização paramétrica das séries de 3 s, pode-se fazer uso dos conceitos de uma análise exploratória de dados envolvendo as duas séries em questão: as de 10 minutos e as de 3 segundos, esta última também dita de valores instantâneos. Assim é que há uma relação média entre os valores médios de 3 segundos e os de 10 minutos, ~1,70 para as regiões NORTE e NORDESTE, e ~1,60 para as regiões SUDESTE, CENTRO-OESTE e SUL, valores esses obtidos por média ponderada pelos anos de coleta.

b) Além disso, verifica-se para as regiões NORTE e NORDESTE que o coeficiente de variação médio ponderado das séries de 3 s é ligeiramente inferior ao médio atualmente praticado no Brasil (12% contra 16%). Nas demais regiões, constata-se que o CV médio ponderado para 3 s é muito próximo ao que se pratica com as séries de 10 minutos (16,5% contra 16,0%). Portanto, os coeficientes de variação das séries de 3 s serão mantidos os mesmos ora praticados no Brasil, para 10 minutos, como medida conservadora.

AVI.3 Para as séries de 30 segundos

Para as séries de 30 segundos, os fatores de rajada são os obtidos por interpolação entre os valores de 3 s e de 10 minutos, ou seja, 1,35 para as regiões NORTE e NORDESTE e 1,30 para as regiões SUDESTE, CENTRO-OESTE e SUL, respectivamente.

As regiões NORTE e NORDESTE devem ser entendidas como a parte do território brasileiro situada até o paralelo 15° sul; as regiões SUDESTE e CENTRO-OESTE se estendem de mais de 15° sul até 23° sul (próximo ao trópico do Capricórnio) e a região SUL segue daí até o limite extremo do Rio Grande do Sul.

02	15/05/17	Alterado Logotipo da AG	AQ	JCS	
01	03/05/17	Atendimento aos comentários da EP e adequação a estrutura final	AQ	JCS	
00	22/02/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 6 SPE SA					
PROJETO BÁSICO					
ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	22/02/17
TÍTULO					
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2 Lote 16 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL RELATÓRIO VELOCIDADES DE VENTO E CARREGAMENTO DEVIDO AO VENTO					
Nº DOCUMENTO				FOLHA	REVISÃO
RE-EQT6-L601-PB-ELM-0004 – R02				1 de 71	02

ÍNDICE

1. OBJETIVO	3
2. Ventos Básicos de Projeto	3
2.2. Períodos de Retorno Adotados	3
3. Carregamentos Devidos ao Vento.....	5
3.1. Vento Extremo	5
3.2. Pressão de Vento de Tormentas Elétricas	6
3.3. Ventos para Cálculo dos Ângulos de Balanço.....	7
4. Referências	8
Anexo 1 – memorial descritivo das velocidades de vento.....	9

1. OBJETIVO

- 1.1 Definir as Velocidades de vento a serem utilizadas no projeto da LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2 em circuito simples pertencentes ao Lote 16 do Leilão 013/2015 – 2º parte.
- 1.2 Definir as pressões associadas a essas velocidades atuando nos cabos, cadeias de isoladores e estruturas, necessárias para as seguintes fases do projeto:
 - a) Cálculo das cargas e definição das hipóteses de carregamento a serem consideradas no dimensionamento das estruturas;
 - b) Cálculo dos ângulos de balanço das cadeias a serem considerados nos estudos de coordenação do isolamento;
 - c) Cálculo do ângulo de balanço dos cabos e cadeias a ser considerado na definição da largura da faixa de servidão;
 - d) Cálculo mecânico dos condutores e cabos para-raios.

2. VENTOS BÁSICOS DE PROJETO

- 2.1. Conforme relatório de relatório técnico de isotacas máximas apresentado no Anexo 1 foram recomendadas as velocidades de vento constantes da Tabela 2.1, para terreno tipo B (conforme tabela 1 da NBR 5422), de forma a subsidiarem as hipóteses de carga normalmente utilizadas no dimensionamento de estruturas aéreas de transmissão.

Tabela 2.1 – Velocidades de projeto (km/h), terrenos tipo B, medições feitas a 10 m de altura

período de retorno/ tempo de média	Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2
250 anos, 10 minutos	100
250 anos, 3 segundos	170
50 anos, 10 minutos	85
50 anos, 30 segundos	115
2 anos, 30 segundos	75

2.2. Períodos de Retorno Adotados

- 2.2.1 Conforme exigido no Edital as linhas de transmissão estão sendo projetadas para resistir, sem falhas, às cargas mecânicas produzidas por ventos com períodos de retorno de 250 anos.
- 2.2.2 As cargas atuando nos cabos, cadeias de isoladores e estruturas estão sendo calculadas utilizando a metodologia constante da norma IEC 60826.
- 2.2.3 Adicionalmente, as estruturas serão dimensionadas para suportar ação de ventos

de alta intensidade decorrentes de tormentas elétricas.

2.2.4 Para cálculo dos ângulos de balanço das cadeias associados aos espaçamentos elétricos correspondentes à tensão máxima operativa está sendo adotada velocidade do vento com período de retorno de 50 anos, superior ao especificado no Edital (30 anos).

2.2.5 Para cálculo dos ângulos de balanço das cadeias associados aos espaçamentos elétricos correspondentes a surtos de manobra está sendo adotada velocidade do vento com período de retorno de 2 anos (vento frequente).

2.2.6 Para cálculo do balanço de cabos e cadeias associado à definição da largura da faixa de servidão está sendo adotada velocidade do vento com período de retorno de 50 anos, superior ao estabelecido na NBR 5422.

2.2.7 A altura média dos cabos condutores é dada pelas expressão abaixo:

a) Altura média do Conductor:

Flecha para temperatura mínima vão médio 510 m: 19,26 m

Flecha na temperatura máxima para vão médio de 510 m: 21,87 m

Distancia Vertical do condutor inferior e o centro de gravidade das fases: 1,3 m

Altura mínima cabo solo: 12,5 m

$h = 12,5 + 21,82 + 1,3 - 2/3 \times 19,26 = 22,78$ Adotado = 23 m

2.2.8 A conversão dos valores indicados na tabela 2.2.8 para o cálculo dos ângulos de balanço e considerando a altura média dos condutores é obtida utilizando a seguinte expressão, conforme NBR 5422:

$$V_H = V \cdot \left(\frac{h}{10} \right)^{1/n}$$

onde:

V_H Velocidade do vento atuando na altura "h"

h Altura média dos condutores

n Coeficiente obtido da tabela 2 da NBR 5422 para t = 30 s (n = 11, terreno B)

V Velocidade do vento para h = 10 m, tabela 2.1

Tabela 2.2.8 – Velocidade de Vento para Ângulo de Balanço

Linhas de transmissão	Altura de vento (m)	50 anos 30 segundos (m/s)	2 anos 30 segundos (m/s)
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	23	34,46	22,47

3. CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO

3.1. Vento Extremo

3.1.1 Pressão Dinâmica de Referência

A partir do item 6.2.5 da norma IEC 60826, obtém-se:

$$q_0 = \frac{1}{2 \times 9,81} \mu V_R^2 \quad \text{onde:}$$

q_0 Pressão dinâmica de referência, em kgf/m²

μ Massa específica do ar em kg/m³

V_R Velocidade do vento extremo (250 anos, 10 min) em m/s (tabela 2.1)

Tendo como resultado:

Linhas de transmissão	μ (kg/m ³)	V_R (m/s)	q_0 (kgf/m)
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	1,1213	27,78	44,1

3.1.2 Pressão do Vento Extremo nos Cabos

A partir do item 6.2.6.1 e figuras 3 e 4 da norma IEC 60826, obtém-se:

$$P_{\text{cabos}} = q_0 C_{XC} G_C G_L \text{sen}^2 \Omega \quad \text{onde:}$$

q_0 Pressão dinâmica de referência, em kgf/m²

C_{XC} 1,00

G_C Fator de vento combinado para cabos obtido em função da altura média do condutor (h_m cond) ou da altura média do cabo para-raios (h_m P-raios) .

G_L Fator de vão obtido em função do vão adotado para cálculo (510 m)

Ω Ângulo formado pela direção do vento com a direção dos cabos

Para ventos atuando no sentido transversal ($\Omega = 90^\circ$), foram calculadas as seguintes pressões:

Linhas de transmissão	q_0 (kgf/m ²)	h_m cond (m)	G_C Cond	h_m P-raios (m)	G_C P-raio	G_L	P cabos (kgf/m ²)	
							Cond	P raios
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	44,1	23	2,1467	34	2,2926	0,9123	87	93

3.1.3 Pressão do Vento Extremo nas Cadeias de Isoladores

A partir do item 6.2.6.3 e figura 5 da norma IEC 60826, obtém-se:

$$P_{\text{isol}} = q_0 C_{Xi} G_T \quad \text{onde:}$$

q_0 (Ver item 3.1.1)

C_{Xi} 1,20

G_T Fator de vento combinado obtido em função da altura média (h_m Isol) dos isoladores

Resultando em:

Linhas de transmissão	h _{m isol} (m)	G _t	P isol(kgf/m ²)
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	39	2,4464	130

3.1.4 Carga do Vento Extremo nas Estruturas Atuando na Direção do Vento

A partir do item 6.2.6.4.1 e figuras 5, 6 e 7 da norma IEC 60826, obtém-se:

$$F_{\text{estrut}} = q_0 G_T (1 + 0,2 \sin^2 2\Theta) (S_{T1} C_{XT1} \cos^2 \Theta + S_{T2} C_{XT2} \sin^2 \Theta) \text{ kgf} \quad \text{onde:}$$

q_0 (Ver item 3.1.1)

G_T Fator de vento combinado, obtido da figura 5 da norma IEC 60826 em função da altura em relação ao solo do centro de gravidade do painel em consideração

S_{T1} e S_{T2} Área líquida das faces 1 e 2 do painel em consideração, em m²

C_{XT1} e C_{XT2} Coeficiente de arrasto das faces 1 e 2 do painel em consideração, obtido da figura 7 da norma IEC 60826

Θ Ângulo formado pela direção do vento com a perpendicular à face 1, conforme figura 6 da norma IEC 60826

Para $\Theta = 0^\circ$ (vento transversal), obtém-se:

$$F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot G_T \cdot S_{T1} \cdot C_{XT1} \text{ kgf}$$

Para $\Theta = 15^\circ$, obtém-se:

$$F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot 1,05 \cdot G_T \cdot (0,933 S_{T1} C_{XT1} + 0,067 S_{T2} C_{XT2}) \text{ kgf}$$

Para $\Theta = 30^\circ$, obtém-se:

$$F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot 1,15 \cdot G_T \cdot (0,75 S_{T1} C_{XT1} + 0,25 S_{T2} C_{XT2}) \text{ kgf}$$

Para $\Theta = 45^\circ$, obtém-se:

$$F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot 0,6 \cdot G_T \cdot (S_{T1} C_{XT1} + S_{T2} C_{XT2}) \text{ kgf}$$

3.2. Pressão de Vento de Tormentas Elétricas

3.2.1 Introdução

3.2.1.1 Os ventos decorrentes de tormentas elétricas apresentam as seguintes características:

- Alta intensidade;
- Pouca variação em relação à altura de atuação;
- Frente estreita, não superior a 100 metros.

3.3.1.2 As velocidades de vento assinaladas como de 3 segundos já retratam a real relação entre as séries históricas de 10 minutos e de 3 segundos. Os seus valores numéricos incorporam um fator de rajada realista e não requer correção adicional.

3.3.1.3 Como esse tipo de vento tem frente estreita, se o mesmo atingir uma estrutura da linha de transmissão (caso mais desfavorável), atuará simultaneamente sobre um trecho significativamente reduzido dos cabos situados nos vãos adjacentes à estrutura afetada.

3.2.1.4 De modo a levar em conta essa característica a pressão resultante desse vento atuando sobre os cabos será multiplicada por um fator redutor igual a 0,25. O vento de tormentas não será corrigido para variações da altura de atuação.

3.2.2 Pressão Dinâmica de Referência

3.2.2.1 Considerando a fórmula da pressão dinâmica de referência indicada no item 3.1.1 e sendo a velocidade do vento de tormentas (250 anos , 3 segundos) indicada no item 2.1, tem-se:

Linhas de transmissão	μ (kg/m ³)	VR (m/s)	q0 (kgf/m ²)
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	1,1213	47,22	128

3.2.3 Pressões Atuando nos Cabos

3.2.3.1 Conforme item 3.3.1.4, tem-se:

$$P_{\text{cabos}} = q_0 \times 0,25 \text{ kgf/m}^2$$

Linhas de transmissão	P_{cabos} (kgf/m ²)
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	32

3.2.4 Pressão Atuando nas Cadeias de Isoladores

$$P_{\text{isol}} = q_0 \times 1,2 \text{ kgf/m}^2$$

Linhas de transmissão	P_{isol} (kgf/m ²)
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	154

3.2.5 Carga de Vento de Tormenta nas Estruturas Atuando na Direção do Vento

Para $\Theta = 0^\circ$ (vento transversal), obtém-se:

$$F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot S_{T1} \cdot C_{XT1} \text{ kgf}$$

Para $\Theta = 15^\circ$, obtém-se:

$$F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot 1,05 \cdot (0,933S_{T1}C_{XT1} + 0,067S_{T2}C_{XT2}) \text{ kgf}$$

Para $\Theta = 30^\circ$, obtém-se:

$$F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot 1,15 \cdot (0,75S_{T1}C_{XT1} + 0,25S_{T2}C_{XT2}) \text{ kgf}$$

Para $\Theta = 45^\circ$, obtém-se:

$$F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot 0,6 \cdot (S_{T1}C_{XT1} + S_{T2}C_{XT2}) \text{ kgf}$$

3.3 Ventos para Cálculo dos Ângulos de Balanço

3.3.1 Utilizando a expressão constante do item 3.1.1 anterior obtém-se as seguintes pressões dinâmicas de referência para os ventos indicados na tabela 2.2.8:

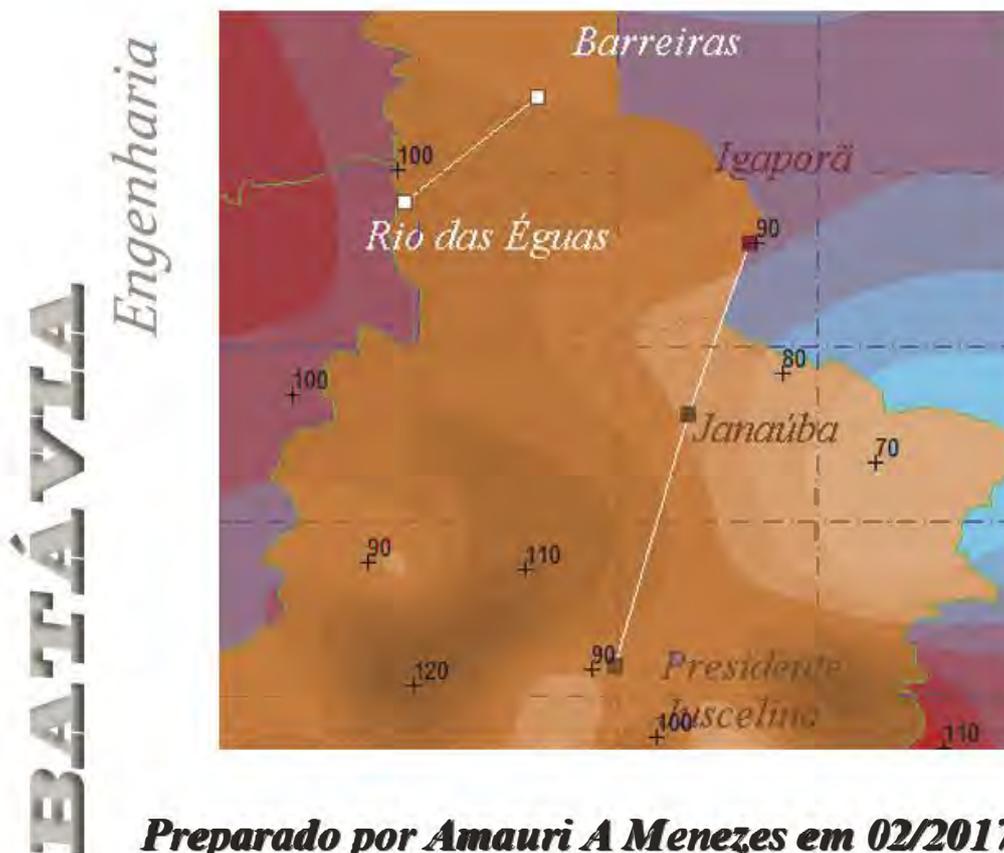
Linhas de transmissão	T = 50 anos		T = 2 anos	
	VR (m/s)	q0 (kgf/m ²)	VR (m/s)	q0 (kgf/m ²)
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	34,46	68	22,47	29

4. REFERÊNCIAS

- 1 NBR 5422 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 2 Norma IEC 60826 – Design criteria of overhead transmission lines.
- 3 Relatório R3 – Caracterização e Análise Socioambiental - Linha de Transmissão Lote 16
- 4 Relatório RT-EQT6-L601-PB-ELM-0003_DADOS CLIMATOLÓGICOS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 5 Kendall, G. R. – Statistical Analysis of Extreme Values – First Canadian Hydrology Conference, July 1959.
- 6 Cigré Working Group 22.06, “Probabilistic Design of Overhead Transmission (CIGRÉ Brochure 109 - 22-00 (WG-06)01, 1996
- 7 Silva Filho, J. I., Menezes Jr, A. A. – Mapeamento de Isótopos do Brasil, Relatório Técnico Cepel 851/82.

ANEXO 1 – MEMORIAL DESCRITIVO DAS VELOCIDADES DE VENTO

**RELATÓRIO TÉCNICO PARA
ENGEPRO ENGENHARIA**
**Isótacas máximas para as LTs
dos Lotes 8, 14, 15 e 16, Leilão 013/2015**



Preparado por Amauri A Menezes em 02/2017

Este Relatório Técnico apresenta o memorial descritivo para a determinação dos isótacas máximas para a implantação das LTs acima citadas. A reprodução parcial ou total deste documento só deve ser feita com a permissão da ENGEPRO Engenharia

<i>1</i>	<i>Objetivo</i>	<i>3</i>
<i>2</i>	<i>Introdução.....</i>	<i>3</i>
<i>3</i>	<i>Características das estações</i>	<i>5</i>
<i>3.1</i>	<i>Critérios de regionalização.....</i>	<i>5</i>
<i>3.2</i>	<i>Rugosidade dos terrenos</i>	<i>12</i>
<i>4</i>	<i>Os mapeamentos</i>	<i>12</i>
<i>5</i>	<i>Ventos básicos de projeto.....</i>	<i>13</i>
<i>Anexo I</i>	<i>Critérios a serem atendidos.....</i>	<i>15</i>
<i>A.I.1</i>	<i>Critérios para projeto mecânico</i>	<i>15</i>
<i>Anexo II</i>	<i>Distribuição de Gumbel e velocidades máximas de vento</i>	<i>16</i>
<i>Anexo III</i>	<i>Os ajustes da distribuição de Gumbel às amostras</i>	<i>17</i>
<i>Anexo IV</i>	<i>Os mapeamentos de isótasas da região.....</i>	<i>49</i>
<i>Anexo V</i>	<i>O problema da turbulência dos ventos no Brasil.....</i>	<i>60</i>
<i>Anexo VI</i>	<i>Regionalização dos CVs das séries históricas.....</i>	<i>61</i>
	<i>Critérios de regionalização dos coeficientes de variação</i>	<i>61</i>
<i>AVI.1</i>	<i>Para as séries de 10 minutos.....</i>	<i>61</i>
<i>AVI.2</i>	<i>Para as séries de 3 segundos</i>	<i>62</i>
<i>AVI.3</i>	<i>Para as séries de 30 segundos</i>	<i>62</i>

1 Objetivo

Este relatório apresenta os cálculos das velocidades elevadas de vento a serem esperadas para a região de implantação das LTs dos Lotes Lotes 8, 14, 15 e 16. descritas a seguir.

*LT 500kV Rio das Éguas - Barreiras II - C2
LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1
LT 500kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1
LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2
LT 500kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2*

O objetivo deste relatório é o de prover os setores de projeto com velocidades de vento máximas prospectivas e seguras que atendam às exigências técnicas constantes dos mais recentes Editais da ANEEL, relativo ao sistema de transmissão aéreo nacional.

2 Introdução

O estudo admitirá a região de localização da linha de transmissão citada, tal como indicada nos mapas de isótacas e será subsidiado pelas estações abaixo indicadas (veja também a Tabela 3.1.1). Às séries de dados de velocidades máximas anuais, coletados nas estações localizadas nas vizinhanças do empreendimento, será aplicado o conceito da distribuição estatística de extremos de Gumbel. O Anexo II apresenta uma descrição dos métodos usuais mencionados para a determinação dos ajustes de Gumbel do Anexo III.

De particular importância reveste-se a escolha das estações meteorológicas que constituirão o fundamento do cálculo. A região em questão é razoavelmente densa e até mesmo esparsa no que tange a anemometria. Os cálculos que se seguem fundamentam, portanto, seu escopo nas estações mais próximas do empreendimento mencionado, a fim de subsidiar as determinações paramétricas necessárias à consecução do estudo. O item seguinte apresenta alguns detalhes sobre os dados aqui usados e sobre os tratamentos estatísticos a que foram submetidos.

3 Características das estações

Para dar maior confiabilidade nos resultados, foram utilizadas as estações mais próximas do empreendimento em questão, pois é senso comum que os resultados de uma rede mais completa são mais sólidos do que aqueles relacionados com esquemas muito dispersos e escassos. A distribuição espacial das estações encontra-se caracterizada na Figura 2.1, apresentada anteriormente, enquanto as suas características fisiográficas e paramétricas relevantes constam das Tabelas 3.1.1 e 3.1.2.

3.1 Critérios de regionalização

O processo de determinação de médias regionais para os CVs (coeficientes de variação)¹ e os FRs (fatores de rajada)² seguem prática comum em meteorologia, já que parâmetros médios são mais representativos e mais confiáveis do que os de estações tomadas isoladamente, com variados tempos de coleta. Há diversos critérios para se proceder a uma homogeneização regional de parâmetros climáticos, tal como adotar-se a média dos valores paramétricos determinados nas estações mais próximas, ou média ponderada, em função dos anos de coleta, de tal sorte que estações com mais tempo de coleta tenham uma influência majorada no fenômeno espacial em questão. Pode-se recorrer, ainda, a um valor médio acrescido de um determinado número de desvios-padrão, dependendo do grau de confiabilidade que se deseja conferir ao estudo.

Este estudo adota os critérios de regionalização dos CVs descritos no Anexo VI. Além disso, as velocidades médias do vento com tempo de média de 10 minutos encontram-se corrigidas, como justificado e sugerido³ em [6 e 7].

¹ $CV = (\text{média}) / (\text{desvio padrão})$

² $FR = (\text{velocidade de 3 s}) / (\text{velocidade de 10 min})$

³ para compensar o excesso de turbulência verificado nos ventos que ocorrem no Brasil

Tabela 3.1.1 - Características gerais das estações anemométricas

<i># no mapa</i>	<i>nome</i>
<i>1</i>	<i>Adrianópolis</i>
<i>2</i>	<i>Afonso</i>
<i>4</i>	<i>Álcalis</i>
<i>6</i>	<i>Alto Parnaíba</i>
<i>11</i>	<i>Araxá</i>
<i>16</i>	<i>Barbacena</i>
<i>21</i>	<i>Barreiro</i>
<i>24</i>	<i>Belo Horizonte</i>
<i>26</i>	<i>Bom Despacho</i>
<i>27</i>	<i>Bonfim Minas</i>
<i>29</i>	<i>Brasília</i>
<i>33</i>	<i>Cacho. Itapemirim</i>
<i>38</i>	<i>Campininha</i>
<i>40</i>	<i>Campos</i>
<i>41</i>	<i>Campos do Jordão</i>
<i>44</i>	<i>Caracol</i>
<i>46</i>	<i>Carmo Parnaíba</i>
<i>50</i>	<i>Catalão</i>
<i>56</i>	<i>Cons. Lafaiete</i>
<i>65</i>	<i>Ecologia Agrícola</i>
<i>67</i>	<i>Felixlândia</i>

Tabela 3.1.1 - Características gerais das estações anemométricas (cont.)

<i># no mapa</i>	<i>nome</i>
68	<i>Flamengo</i>
76	<i>Gov. Valadares</i>
77	<i>Graminha</i>
78	<i>Guanhães</i>
82	<i>Iguaba Grande</i>
87	<i>Ipatinga</i>
89	<i>Itaperuna</i>
90	<i>Itutinga</i>
94	<i>Jaguará</i>
96	<i>João Pinheiro</i>
97	<i>José Melo</i>
98	<i>Juiz de Fora</i>
101	<i>Lapa (B Jesus)</i>
102	<i>Limoeiro</i>
103	<i>Linhares</i>
109	<i>Manga</i>
112	<i>Mirabela</i>
116	<i>Montes Claros</i>
119	<i>Nova Era</i>
121	<i>Pará de Minas</i>
128	<i>Patrocínio</i>

Tabela 3.1.1 - Características gerais das estações anemométricas (cont.)

<i># no mapa</i>	<i>nome</i>
<i>130</i>	<i>Petrolina</i>
<i>132</i>	<i>Pimenta</i>
<i>133</i>	<i>Pindamonhangaba</i>
<i>134</i>	<i>Pirassununga</i>
<i>135</i>	<i>Poços Caldas</i>
<i>139</i>	<i>Ponte Nova</i>
<i>149</i>	<i>Resende</i>
<i>150</i>	<i>Retiro Pedras</i>
<i>151</i>	<i>Rio de Janeiro</i>
<i>157</i>	<i>S Pedro P Firme</i>
<i>158</i>	<i>Sacramento</i>
<i>160</i>	<i>Santa Cruz</i>
<i>163</i>	<i>São Carlos</i>
<i>166</i>	<i>São Lourenço</i>
<i>170</i>	<i>São Roque</i>
<i>177</i>	<i>Teófilo Otoni</i>
<i>179</i>	<i>Tremembé</i>
<i>180</i>	<i>Três Marias</i>
<i>184</i>	<i>Uberaba</i>
<i>188</i>	<i>Varginha</i>
<i>189</i>	<i>Vassouras</i>
<i>191</i>	<i>Vitoria</i>

Tabela 3.1.2 - Características paramétricas das estações anemométricas

<i>nome</i>	<i>latitude</i> <i>(graus)</i>	<i>longitude</i> <i>(graus)</i>	<i>anos</i>	<i>V</i> _{médio} <i>10 min</i> <i>(km/h)</i>	<i>CV</i> <i>10 min</i> <i>(%)</i>	<i>V</i> _{médio} <i>3 seg</i> <i>(km/h)</i>	<i>CV</i> <i>3 seg</i> <i>(%)</i>	<i>FR3s</i> <i>(pu)</i>	<i>FR30s</i> <i>(pu)</i>
<i>Adrianópolis</i>	<i>22.75</i>	<i>43.70</i>	<i>8</i>	<i>55.89</i>	<i>13</i>	<i>89.42</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Afonso</i>	<i>22.87</i>	<i>43.37</i>	<i>14</i>	<i>50.30</i>	<i>16</i>	<i>80.48</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Álcalis</i>	<i>22.96</i>	<i>42.11</i>	<i>11</i>	<i>69.27</i>	<i>13</i>	<i>110.83</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Alto Parnaíba</i>	<i>9.12</i>	<i>45.93</i>	<i>6</i>	<i>39.56</i>	<i>16</i>	<i>67.25</i>	<i>16</i>	<i>1.70</i>	<i>1.35</i>
<i>Araxá</i>	<i>19.62</i>	<i>46.95</i>	<i>10</i>	<i>57.23</i>	<i>13</i>	<i>91.57</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Barbacena</i>	<i>21.18</i>	<i>43.75</i>	<i>12</i>	<i>53.76</i>	<i>13</i>	<i>86.02</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Barreiro</i>	<i>20.10</i>	<i>43.98</i>	<i>12</i>	<i>65.97</i>	<i>13</i>	<i>105.55</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Belo Horizonte</i>	<i>19.85</i>	<i>43.95</i>	<i>25</i>	<i>39.50</i>	<i>16</i>	<i>63.20</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Bom Despacho</i>	<i>19.75</i>	<i>45.25</i>	<i>20</i>	<i>52.86</i>	<i>16</i>	<i>84.58</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Bonfim Minas</i>	<i>16.57</i>	<i>46.00</i>	<i>6</i>	<i>51.07</i>	<i>16</i>	<i>81.71</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Brasília</i>	<i>15.87</i>	<i>47.92</i>	<i>15</i>	<i>51.08</i>	<i>19</i>	<i>81.73</i>	<i>19</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Cacho. Itapemirim</i>	<i>20.85</i>	<i>41.10</i>	<i>4</i>	<i>60.37</i>	<i>13</i>	<i>96.59</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Campininha</i>	<i>22.30</i>	<i>47.18</i>	<i>15</i>	<i>41.90</i>	<i>13</i>	<i>67.04</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Campos</i>	<i>21.75</i>	<i>41.33</i>	<i>8</i>	<i>37.74</i>	<i>19</i>	<i>60.39</i>	<i>19</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Campos do Jordão</i>	<i>22.68</i>	<i>45.48</i>	<i>17</i>	<i>52.86</i>	<i>13</i>	<i>84.58</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Caracol</i>	<i>9.28</i>	<i>43.33</i>	<i>8</i>	<i>42.80</i>	<i>16</i>	<i>72.77</i>	<i>16</i>	<i>1.70</i>	<i>1.35</i>
<i>Carmo Parnaíba</i>	<i>19.00</i>	<i>46.33</i>	<i>4</i>	<i>62.05</i>	<i>13</i>	<i>99.28</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Catalão</i>	<i>18.18</i>	<i>47.95</i>	<i>6</i>	<i>44.02</i>	<i>19</i>	<i>70.43</i>	<i>19</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Cons. Lafaiete</i>	<i>20.67</i>	<i>43.82</i>	<i>6</i>	<i>58.46</i>	<i>13</i>	<i>93.54</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Ecologia Agrícola</i>	<i>22.80</i>	<i>43.68</i>	<i>21</i>	<i>61.04</i>	<i>16</i>	<i>97.66</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Felixlândia</i>	<i>18.75</i>	<i>44.88</i>	<i>11</i>	<i>54.88</i>	<i>13</i>	<i>87.81</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>

Tabela 3.1.2 - Características paramétricas das estações anemométricas (cont.)

<i>nome</i>	<i>latitude (graus)</i>	<i>longitude (graus)</i>	<i>anos</i>	<i>V_{médio} 10 min (km/h)</i>	<i>CV 10 min (%)</i>	<i>V_{médio} 3 seg (km/h)</i>	<i>CV 3 seg (%)</i>	<i>FR3s (pu)</i>	<i>FR30s (pu)</i>
<i>Flamengo</i>	<i>22.92</i>	<i>43.20</i>	<i>19</i>	<i>54.88</i>	<i>13</i>	<i>87.81</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Gov. Valadares</i>	<i>18.85</i>	<i>41.98</i>	<i>4</i>	<i>55.33</i>	<i>16</i>	<i>88.53</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Graminha</i>	<i>21.57</i>	<i>46.62</i>	<i>16</i>	<i>46.26</i>	<i>16</i>	<i>74.01</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Guanhães</i>	<i>18.78</i>	<i>42.93</i>	<i>8</i>	<i>53.20</i>	<i>13</i>	<i>85.12</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Iguaba Grande</i>	<i>22.83</i>	<i>42.23</i>	<i>11</i>	<i>56.67</i>	<i>19</i>	<i>90.68</i>	<i>19</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Ipatinga</i>	<i>19.45</i>	<i>42.53</i>	<i>13</i>	<i>53.65</i>	<i>13</i>	<i>85.84</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Itaperuna</i>	<i>21.37</i>	<i>41.88</i>	<i>9</i>	<i>39.98</i>	<i>19</i>	<i>63.97</i>	<i>19</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Itutinga</i>	<i>21.30</i>	<i>44.62</i>	<i>13</i>	<i>56.67</i>	<i>13</i>	<i>90.67</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Jaguará</i>	<i>20.02</i>	<i>47.43</i>	<i>6</i>	<i>64.18</i>	<i>13</i>	<i>102.69</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>João Pinheiro</i>	<i>17.75</i>	<i>46.18</i>	<i>7</i>	<i>52.08</i>	<i>13</i>	<i>83.33</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>José Melo</i>	<i>19.68</i>	<i>43.58</i>	<i>4</i>	<i>54.99</i>	<i>13</i>	<i>87.98</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Juiz de Fora</i>	<i>21.70</i>	<i>43.40</i>	<i>8</i>	<i>54.10</i>	<i>13</i>	<i>86.56</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Lapa (B Jesus)</i>	<i>13.27</i>	<i>43.42</i>	<i>8</i>	<i>51.00</i>	<i>16</i>	<i>86.70</i>	<i>16</i>	<i>1.70</i>	<i>1.35</i>
<i>Limoeiro</i>	<i>21.62</i>	<i>47.00</i>	<i>16</i>	<i>56.67</i>	<i>13</i>	<i>90.67</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Linhares</i>	<i>19.40</i>	<i>40.07</i>	<i>4</i>	<i>51.63</i>	<i>13</i>	<i>82.61</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Manga</i>	<i>14.75</i>	<i>43.93</i>	<i>6</i>	<i>50.00</i>	<i>13</i>	<i>85.00</i>	<i>13</i>	<i>1.70</i>	<i>1.35</i>
<i>Mirabela</i>	<i>16.27</i>	<i>44.17</i>	<i>4</i>	<i>52.00</i>	<i>13</i>	<i>83.20</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Montes Claros</i>	<i>16.72</i>	<i>43.88</i>	<i>9</i>	<i>58.46</i>	<i>13</i>	<i>93.54</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Nova Era</i>	<i>19.77</i>	<i>43.03</i>	<i>10</i>	<i>41.66</i>	<i>13</i>	<i>66.66</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Pará de Minas</i>	<i>19.85</i>	<i>44.62</i>	<i>13</i>	<i>49.20</i>	<i>13</i>	<i>78.72</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Patrocínio</i>	<i>18.95</i>	<i>46.98</i>	<i>14</i>	<i>53.60</i>	<i>16</i>	<i>85.76</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>

Tabela 3.1.2 - Características paramétricas das estações anemométricas (cont.)

<i>nome</i>	<i>latitude (graus)</i>	<i>longitude (graus)</i>	<i>anos</i>	<i>V_{médio} 10 min (km/h)</i>	<i>CV 10 min (%)</i>	<i>V_{médio} 3 seg (km/h)</i>	<i>CV 3 seg (%)</i>	<i>FR3s (pu)</i>	<i>FR30s (pu)</i>
<i>Petrolina</i>	<i>9.38</i>	<i>40.50</i>	<i>6</i>	<i>50.23</i>	<i>13</i>	<i>85.39</i>	<i>13</i>	<i>1.70</i>	<i>1.35</i>
<i>Pimenta</i>	<i>20.47</i>	<i>45.78</i>	<i>12</i>	<i>52.86</i>	<i>13</i>	<i>84.58</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Pindamonhangaba</i>	<i>22.90</i>	<i>45.42</i>	<i>12</i>	<i>53.31</i>	<i>13</i>	<i>85.30</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Pirassununga</i>	<i>21.98</i>	<i>47.35</i>	<i>15</i>	<i>53.80</i>	<i>16</i>	<i>86.08</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Poços Caldas</i>	<i>21.80</i>	<i>46.62</i>	<i>11</i>	<i>63.95</i>	<i>13</i>	<i>102.32</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Ponte Nova</i>	<i>20.42</i>	<i>42.88</i>	<i>7</i>	<i>42.67</i>	<i>13</i>	<i>68.27</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Resende</i>	<i>22.48</i>	<i>44.47</i>	<i>28</i>	<i>66.07</i>	<i>13</i>	<i>105.71</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Retiro Pedras</i>	<i>20.18</i>	<i>43.98</i>	<i>15</i>	<i>70.05</i>	<i>13</i>	<i>112.08</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Rio de Janeiro</i>	<i>22.90</i>	<i>43.17</i>	<i>25</i>	<i>49.20</i>	<i>16</i>	<i>78.72</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>S Pedro P Firme</i>	<i>18.05</i>	<i>46.43</i>	<i>7</i>	<i>56.11</i>	<i>16</i>	<i>89.78</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Sacramento</i>	<i>20.03</i>	<i>47.17</i>	<i>5</i>	<i>57.23</i>	<i>13</i>	<i>91.57</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Santa Cruz</i>	<i>22.92</i>	<i>43.67</i>	<i>25</i>	<i>67.30</i>	<i>16</i>	<i>107.68</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>São Carlos</i>	<i>22.02</i>	<i>47.88</i>	<i>12</i>	<i>58.35</i>	<i>13</i>	<i>93.36</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>São Lourenço</i>	<i>22.10</i>	<i>45.07</i>	<i>13</i>	<i>58.69</i>	<i>13</i>	<i>93.90</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>São Roque</i>	<i>20.22</i>	<i>46.48</i>	<i>22</i>	<i>61.26</i>	<i>13</i>	<i>98.02</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Teófilo Otoni</i>	<i>17.87</i>	<i>41.52</i>	<i>10</i>	<i>39.98</i>	<i>16</i>	<i>63.97</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Tremembé</i>	<i>22.97</i>	<i>45.55</i>	<i>14</i>	<i>40.99</i>	<i>19</i>	<i>65.59</i>	<i>19</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Três Marias</i>	<i>18.22</i>	<i>45.25</i>	<i>22</i>	<i>67.98</i>	<i>16</i>	<i>108.77</i>	<i>16</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Uberaba</i>	<i>19.77</i>	<i>47.97</i>	<i>18</i>	<i>58.69</i>	<i>13</i>	<i>93.90</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Varginha</i>	<i>21.57</i>	<i>45.45</i>	<i>11</i>	<i>52.08</i>	<i>13</i>	<i>83.33</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Vassouras</i>	<i>22.40</i>	<i>43.67</i>	<i>11</i>	<i>44.35</i>	<i>19</i>	<i>70.96</i>	<i>19</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>
<i>Vitoria</i>	<i>20.28</i>	<i>40.29</i>	<i>7</i>	<i>63.50</i>	<i>13</i>	<i>101.61</i>	<i>13</i>	<i>1.60</i>	<i>1.30</i>

nomenclatura:

CV	<i>coeficiente de variação (%) regionalizado (10 min e 3 s)</i>
FR3s	<i>fator de rajada de 3 segundos (pu) regionalizado</i>
FR30s	<i>fator de rajada de 30 segundos (pu) regionalizado</i>

3.2 Rugosidade dos terrenos

Quanto à rugosidade do terreno no entorno das estações consideradas nesse estudo, admitiu-se que as velocidades medidas nas estações estão associadas a terrenos com grau de rugosidade B, tal como classificado pelas Normas IEC 60826 e NBR 5422, significando terrenos planos com poucos obstáculos. A escolha se deve ao fato de que as estações meteorológicas normalmente se encontram em regiões de rugosidade B, por imposições naturais das redes meteorológicas que, grosso modo, requerem localizações em terrenos desprovidos de obstáculos para evitar distorções nas medições.

4 Os mapeamentos

Considerados os valores paramétricos constantes das Tabelas 3.1.1 e 3.1.2, as exigências do Anexo I, a metodologia estatística descrita no Anexo II e, ainda, os ajustes das amostras à estatística de Gumbel, foram elaborados os mapeamentos de isótagas apresentados no Anexo IV. Quanto ao modelo matemático de ajuste utilizado neste estudo, há algumas ponderações a serem feitas.

O ajuste mais conservador é o dos mínimos quadrados, pois, tal como pode ser visto no Anexo II, possui uma correção de majoração do ajuste em função do número de anos de coleta, ou seja, quanto menor a amostra, maior será a correção ou majoração no valor do ajuste. Esse método tem sido extensivamente usado no Brasil, por ser mais seguro e por assim compensar em parte as incertezas e imprecisões advindas da dispersa rede de medição eólica nacional.

Este estudo faz as regionalizações amostrais sugeridas nos editais da ANEEL, estabelecendo critérios para inferir valores esperados para os coeficientes de variação (Anexo VI). Adota ainda as correções das médias em função do exposto em [6 e 7], e define o método dos mínimos quadrados como adotado,

para produzir valores mais conservadores que façam face à baixa densidade de estações.

5 Ventos básicos de projeto

Dos mapeamentos obtidos, podem ser recomendadas as velocidades de vento constantes da Tabela 5.1, de forma a subsidiarem as hipóteses de carga normalmente utilizadas no dimensionamento de estruturas aéreas de transmissão. Os cálculos das velocidades foram feitos seguindo a formulação do Anexo II.

*Tabela 5.1 - Velocidades de projeto (km/h),
terrenos tipo A e B, medições feitas a 10 m de altura*

<i>período de retorno/ tempo de média</i>	<i>Rio das Éguas - Barreiras</i>	<i>Igaporã- Janaúba C1 e C2</i>	<i>Janaúba- P. Juscelino C1 e C2</i>
<i>250/10</i>	<i>100</i>	<i>90</i>	<i>100</i>
<i>250/3</i>	<i>160</i>	<i>160</i>	<i>170</i>
<i>50/10</i>	<i>85</i>	<i>80</i>	<i>85</i>
<i>50/30</i>	<i>115</i>	<i>105</i>	<i>115</i>
<i>2/30</i>	<i>70</i>	<i>65</i>	<i>75</i>

Nota 1 *A velocidade de vento assinalada como sendo a de 3 segundos (valor instantâneo ou de rajada) já retrata a real relação entre as séries históricas de 10 minutos e de 3 segundos. O seu valor numérico incorpora um fator de rajada realista e não requer correção adicional.*

Nota 2 *As velocidades indicadas na tabela acima são o resultado de uma avaliação espacial das figuras do Anexo IV, feitas como médias mentais das leituras dos mapas. Nos mapas de isolinhas, as velocidades múltiplas de 5 são indicadas pelos seus valores modais, enquanto que os demais “dégradés” servem como ferramentas de interpolação. O traçado das isótopas usa um modelo clássico para a determinação de isolinhas, modelo esse que parte do*

princípio de que “a influência de cada estação em qualquer ponto da rede se faz inversamente proporcional à sua distância a esse ponto”.

Nota 3 *As velocidades em cada estação, indicadas nos mapas respectivos, evitam que eventuais extrapolações do modelo matemático das distâncias sejam escolhidas como “velocidades de projeto”. Como qualquer estudo estatístico que envolve avaliações espaciais, há sempre um subjetivismo nas operações de arredondamentos e de interpolações, o que impede que haja sempre uma unanimidade nas escolhas.*

Referências

- [1] Kendall, G.R. – *Statistical Analysis of Extreme Values – First Canadian Hydrology Conference, July 1959.*
- [2] IEC – *International Electrotechnical Commission, “IEC 60826 - Design Criteria of Overhead Transmission Lines”, Technical Committee nº 11, Secretariats 27 & 28, Recommendations for Overhead Lines, Ed. 3, 2000.*
- [3] Cigré Working Group 22.06, *“Probabilistic Design of Overhead Transmission (CIGRÉ Brochure 109 - 22-00 (WG-06)01, 1996*
- [4] Silva Filho, J. I., Menezes Jr, A. A. – *Mapeamento de Isótasas do Brasil, Relatório Técnico Cepel 851/82.*
- [5] Menezes Jr, A. A., Tan A. L., Fernandes D. - *Velocidades de vento de elevada intensidade ocorridas em Florianópolis e Passo Fundo - Um enfoque metodológico estatístico - XVII SNPTEE, Uberlândia, 2003*
- [6] Silva Filho, J. I., Alves Menezes Jr, A., et alli, *Esforços devidos ao vento sobre componentes de LTs e fatores de correção normativos compatíveis com a realidade brasileira - XVIII SNPTEE, Curitiba 2005*
- [7] Silva Filho, J. I., Alves Menezes Jr, A., et alli, *“Assessment of Environmental Statistics as an Accessible Breakthrough to Improve OHTLs Design”, Bienal CIGRÉ, 2006*

Anexo I Critérios a serem atendidos

A.I.1 Critérios para projeto mecânico (sic)

8.1 Confiabilidade

8.1.1 O projeto mecânico de uma LT aérea deve ser desenvolvido segundo a IEC 60826.

8.1.2 O período de retorno do vento extremo, que caracteriza o nível de confiabilidade do projeto eletromecânico da LT aérea, deve ser igual ou superior a 150 anos, que corresponde ao nível 2 da IEC 60826, para LT com tensão nominal igual ou inferior a 230 kV e igual ou superior a 250 anos, que corresponde a um nível intermediário entre os níveis 2 e 3 da IEC 60826, para LT com tensão nominal superior a 230 kV.

8.2 Parâmetros de vento

8.2.1 Para o projeto mecânico de uma LT aérea, os carregamentos oriundos da ação do vento nos componentes físicos dessa LT devem ser estabelecidos a partir da caracterização probabilística das velocidades de vento da região, com tratamento para fenômenos meteorológicos severos, tais como, sistemas frontais, tempestades, tornados, furacões etc.

8.2.2 Os parâmetros explicitados a seguir devem ser obtidos a partir de dados fornecidos por estações anemométricas selecionadas adequadamente para caracterizar a região atravessada pela LT aérea:

(a) média e coeficiente de variação (em porcentagem) das séries de velocidades máximas anuais de vento a 10 m de altura, com tempos de integração da média de 3 (três) segundos (rajada) e 10 (dez) minutos (vento médio);

(b) velocidade máxima anual de vento a 10 m de altura, com período de retorno correspondente ao vento extremo, como definido no item 8.1.2 deste submódulo, e tempos de integração para o cálculo da média de 3 (três) segundos e 10 (dez) minutos. Se o número de anos da série de dados de velocidade for pequeno, na estimativa da velocidade máxima anual deve ser adotado, no mínimo, um coeficiente de variação compatível com as séries mais longas de dados de velocidades de ventos medidas na região;

(c) coeficiente de rajada para a velocidade do vento a 10 m de altura, referenciado ao tempo de integração da média de 10 (dez) minutos;

(d) velocidade máxima anual de vento a 10 m de altura, com período de retorno de 50 anos e tempo de integração para o cálculo da média de 10 (dez) minutos;

(e) categoria do terreno adotada para o local das medições.

8.2.3 No tratamento das velocidades de vento, para fins de dimensionamento, deve ser considerada a categoria de terreno, conforme definida na IEC 60826, que melhor se ajuste à topologia do corredor da LT aérea.

Anexo II Distribuição de Gumbel⁴ e velocidades máximas de vento

A distribuição de valores máximos de Gumbel culminou por se constituir numa unanimidade para explicar os eventos de velocidades máximas anuais de vento no setor elétrico mundial, o brasileiro aí incluído.

Os esforços atuais convergem no sentido de otimizar a aplicação da distribuição de Gumbel com base em dados coletados no próprio país e colocá-los em consonância com os protocolos normativos de outros países, tal como é o caso da IEC 60826 e da NBR - 5422. De uma forma genérica, a referida distribuição pode ser definida por [2]:

$$V_T = V_m + s (Y - C_2) / C_1 \qquad Y = - \ln [- \ln (1 - 1 / T)]$$

V_m	velocidade média da amostra de máximos anuais (km/h)
s	desvio-padrão da amostra de máximos anuais (km/h)
V_T	velocidade de vento referida a um período de retorno T (anos)
C_1 e C_2	coeficientes da distribuição de Gumbel (ver Tabela A1)

Os citados coeficientes são calculados pelas equações:

n	tamanho da amostra	
$Z_i = - \ln [- \ln(1 - i/(n + 1))]$		<i>i variando de 1 até n</i>
C_2	valor médio de Z_i	
C_1	desvio-padrão de Z_i	

Como os valores de C_1 e de C_2 só dependem do tamanho da mostra, os seus respectivos valores encontram-se definidos na Tabela A1.

⁴ Emil Julius Gumbel, nascido a 18 de julho de 1891, em Munique. Estatístico de origem judia, era considerado pela República de Weimar como um dos seus maiores inimigos, pelos seus discursos pacifistas e socialistas.

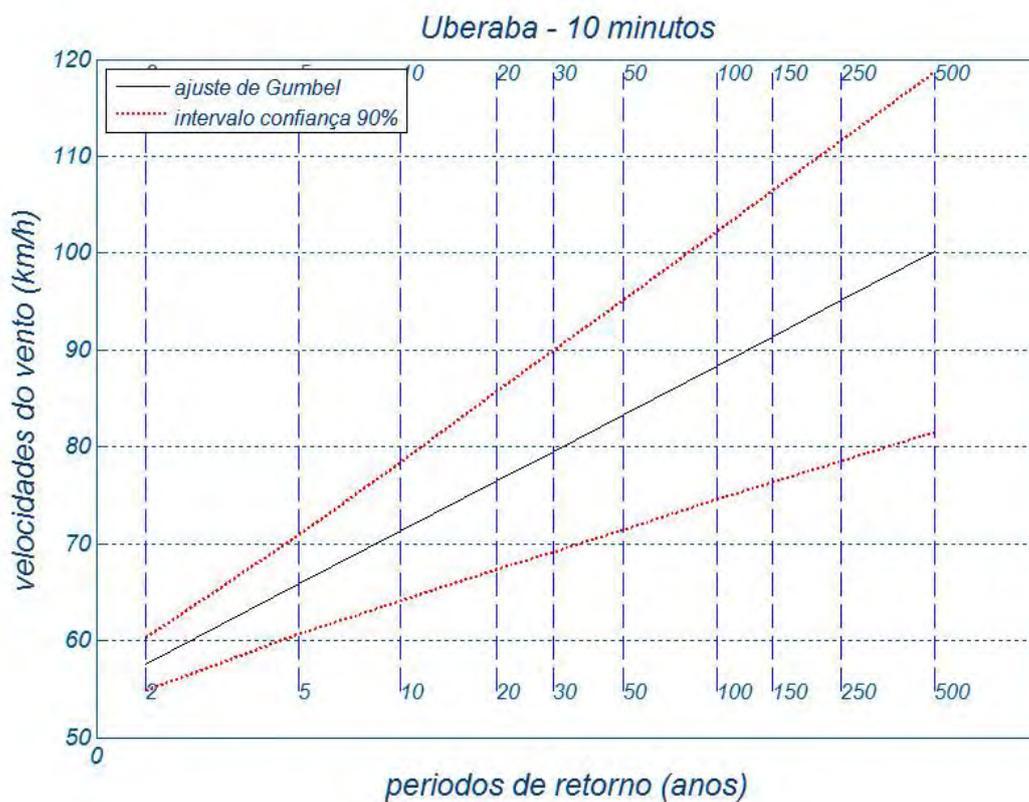
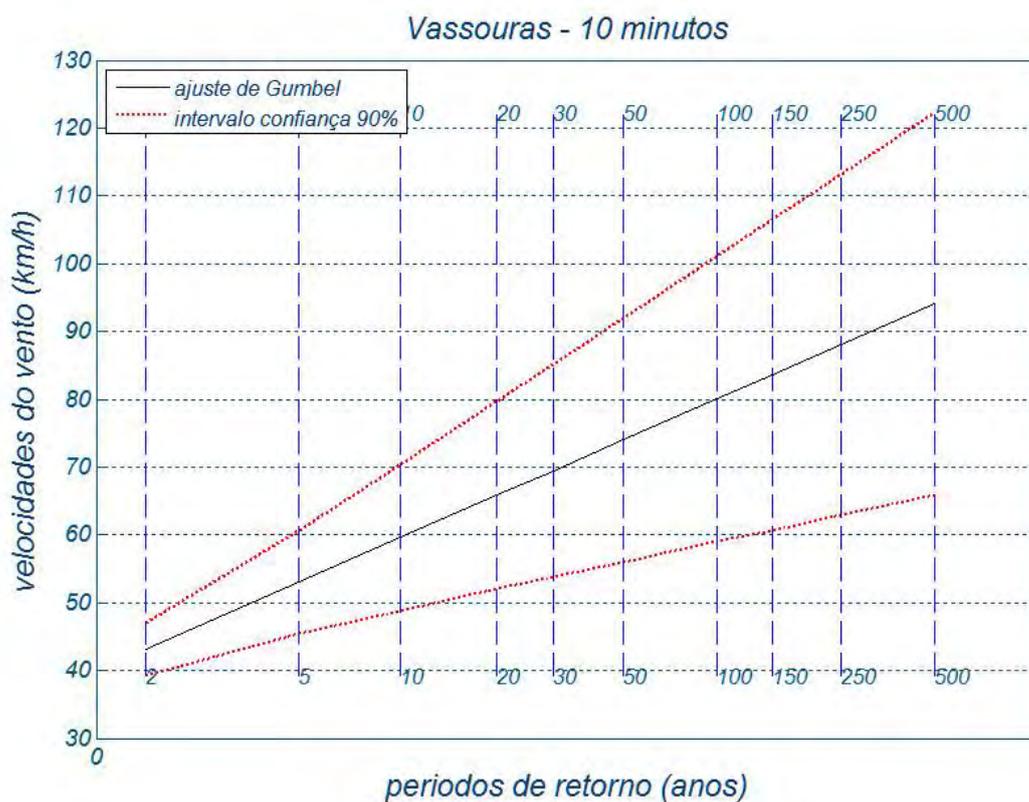
Tabela A1 - Valores dos coeficientes C_1 e C_2

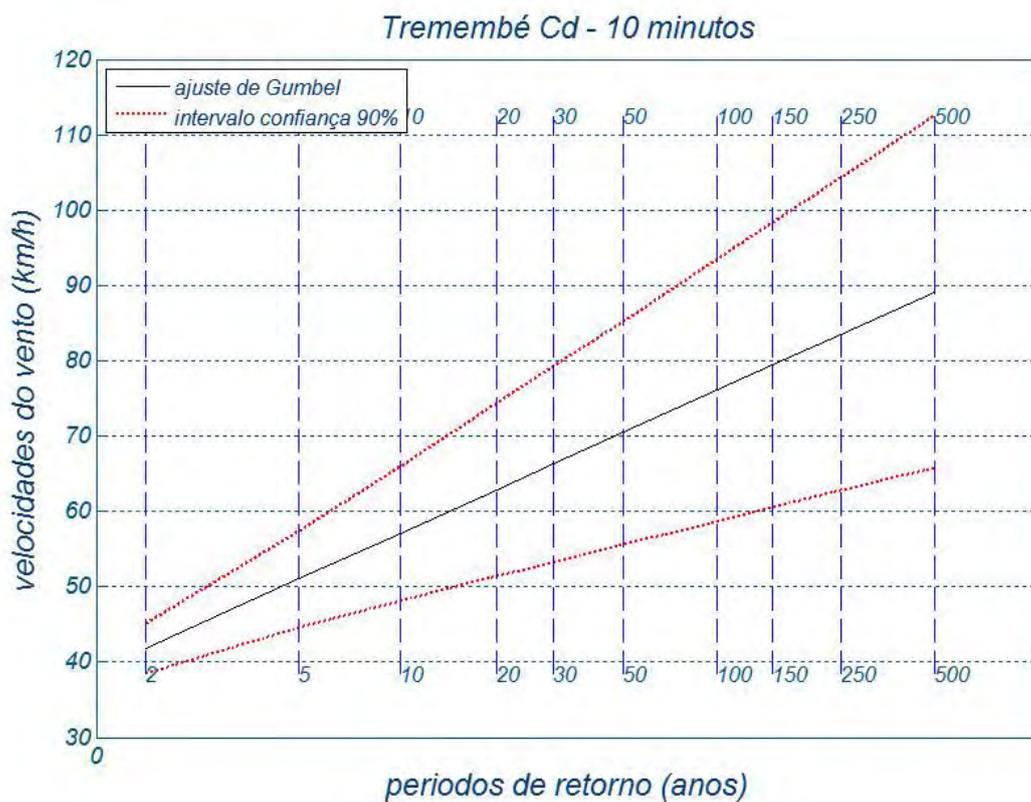
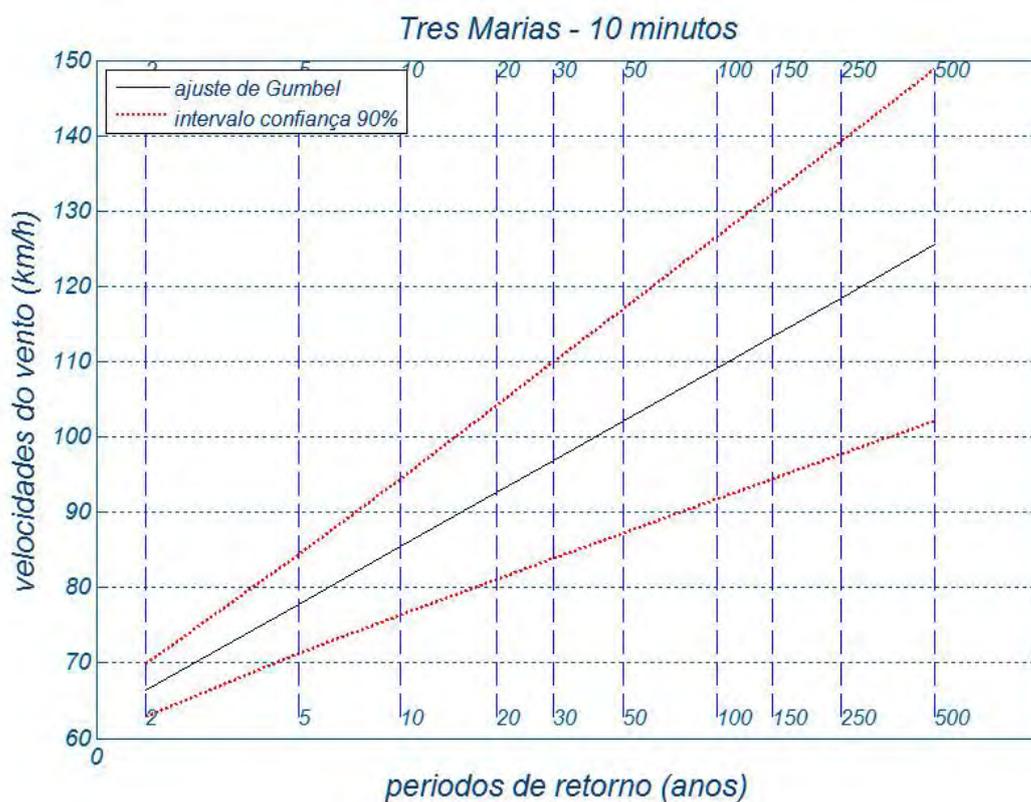
n	C_1			n	C_2		
2	0.49838	17	1.03970	2	0.40434	17	0.51768
3	0.64348	18	1.04810	3	0.42859	18	0.51980
4	0.73147	19	1.05570	4	0.44580	19	0.52175
5	0.79278	20	1.06280	5	0.45879	20	0.52355
6	0.83877	21	1.06940	6	0.46903	21	0.52522
7	0.87493	22	1.07550	7	0.47735	22	0.52678
8	0.90432	23	1.08120	8	0.48428	23	0.52823
9	0.92882	24	1.08650	9	0.49015	24	0.52959
10	0.94963	25	1.09140	10	0.49521	25	0.53086
11	0.96758	26	1.09610	11	0.49961	26	0.53206
12	0.98327	27	1.10050	12	0.50350	27	0.53319
13	0.99713	28	1.10470	13	0.50695	28	0.53426
14	1.00950	29	1.10860	14	0.51004	29	0.53527
15	1.02060	30	1.11240	15	0.51284	30	0.53622
16	1.03060	∞	1.28255	16	0.51537	∞	0.57722

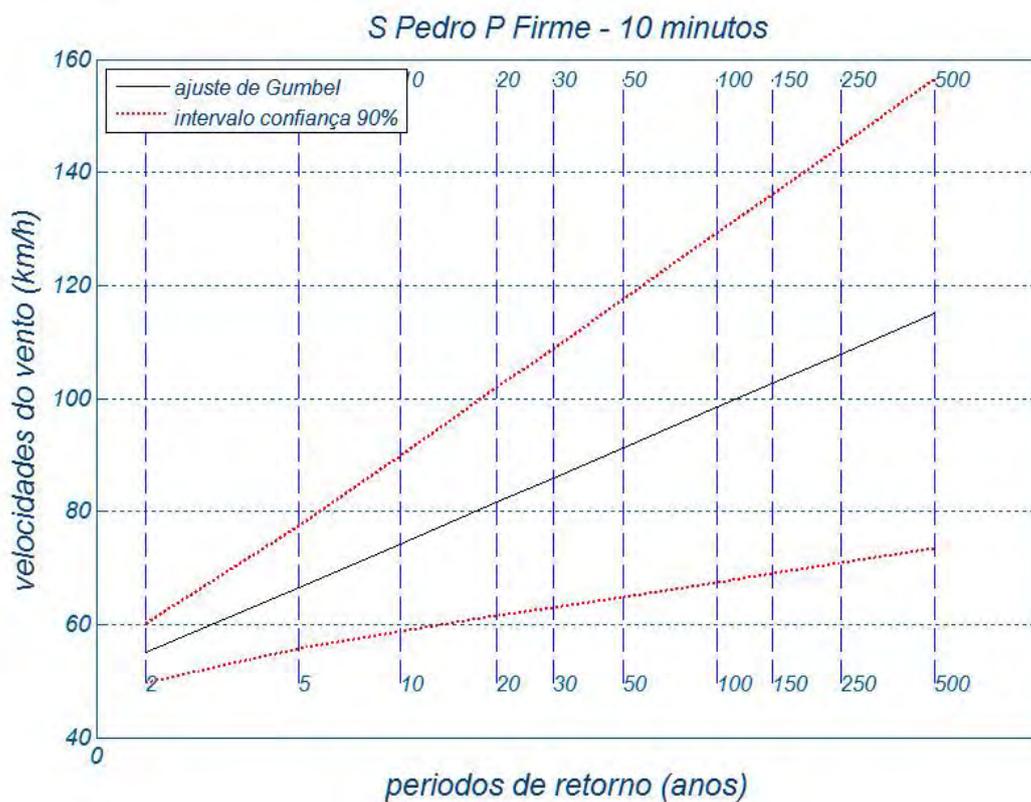
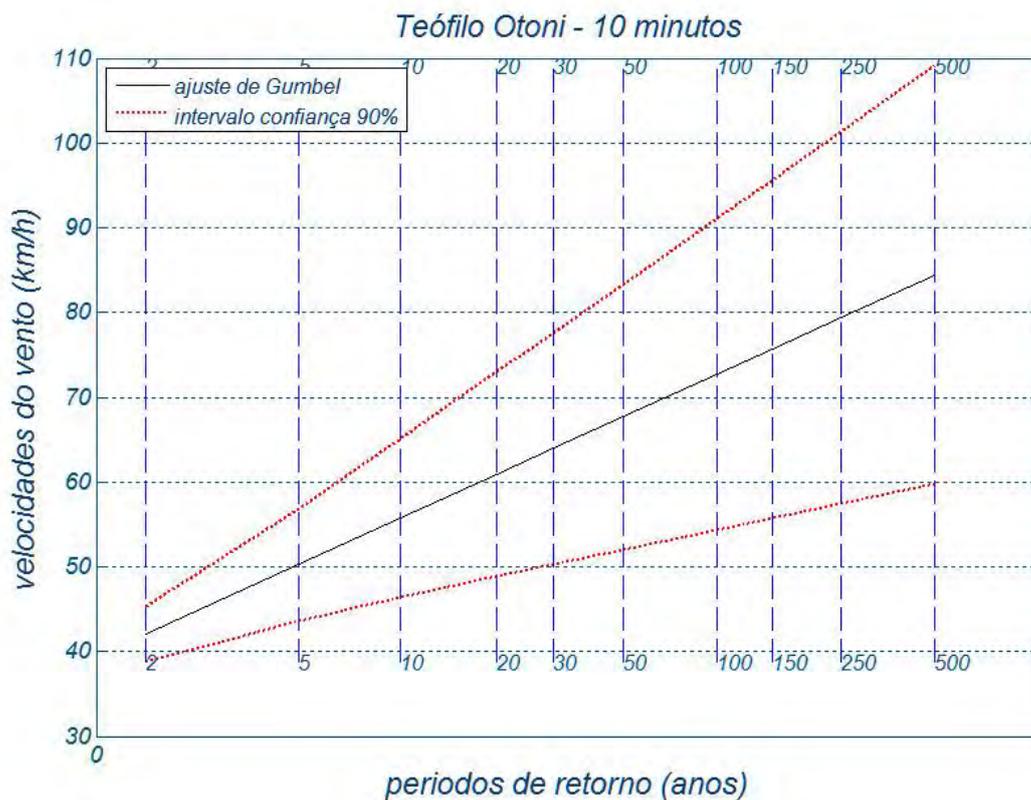
No caso dos valores de C_1 e C_2 serem assumidos para $n = \infty$, o método acima se identifica com o método dos momentos, que é menos conservador e raramente usado.

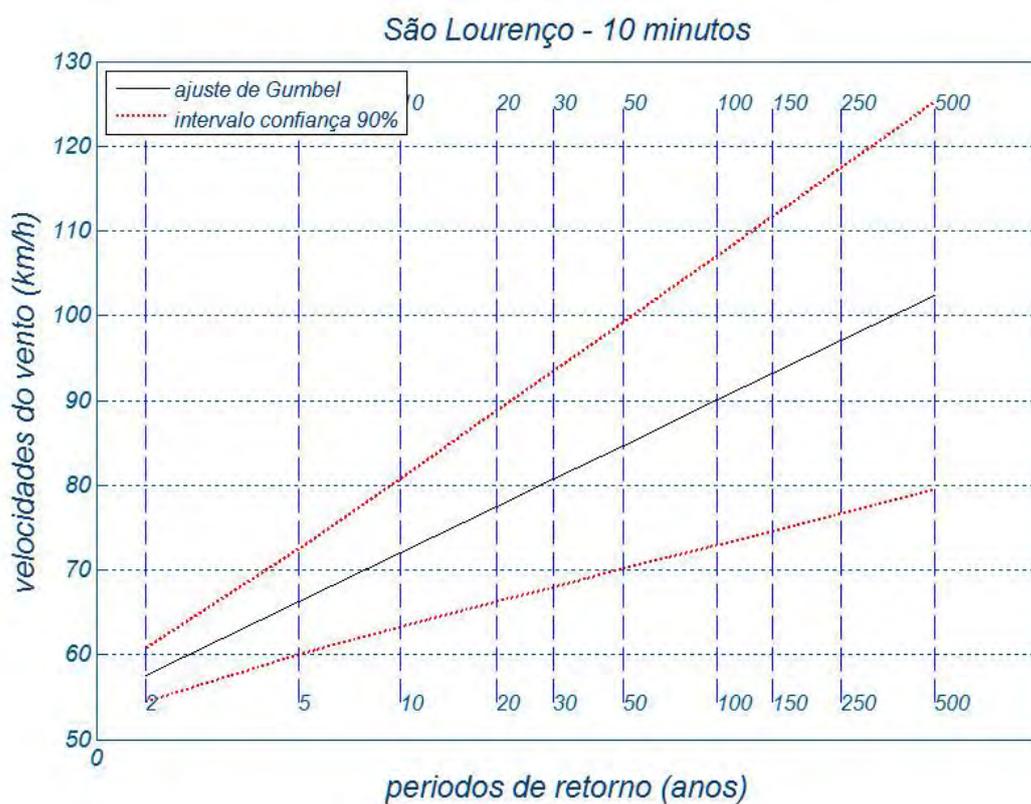
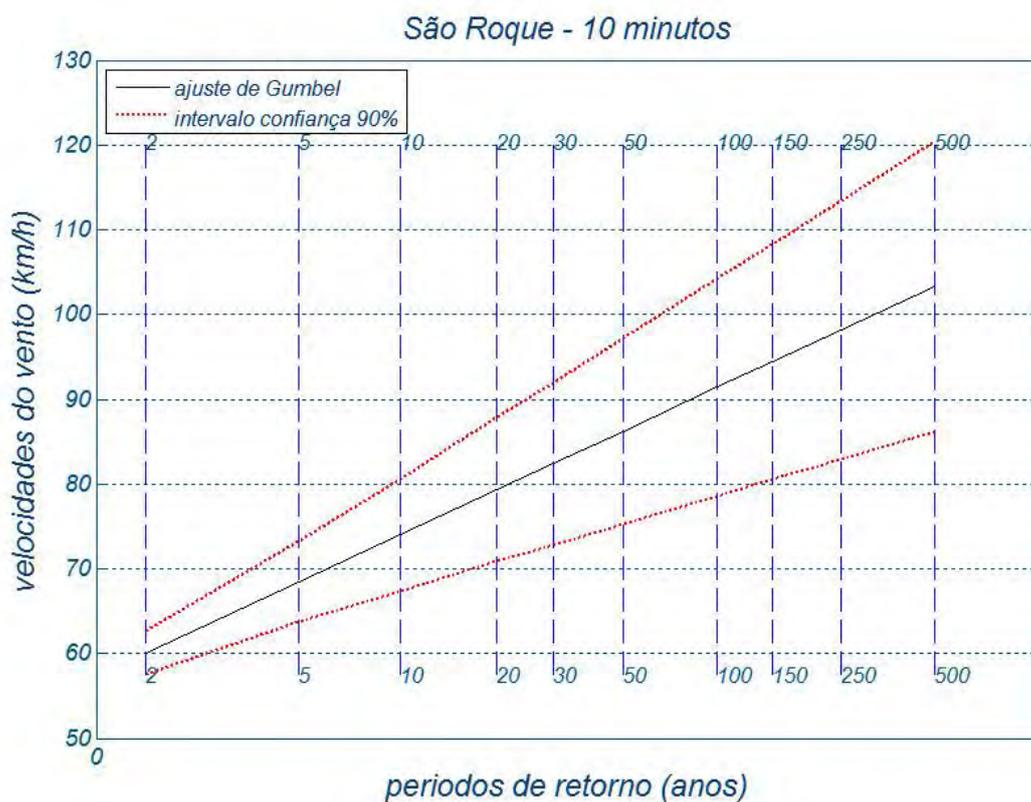
Anexo III Os ajustes da distribuição de Gumbel às amostras

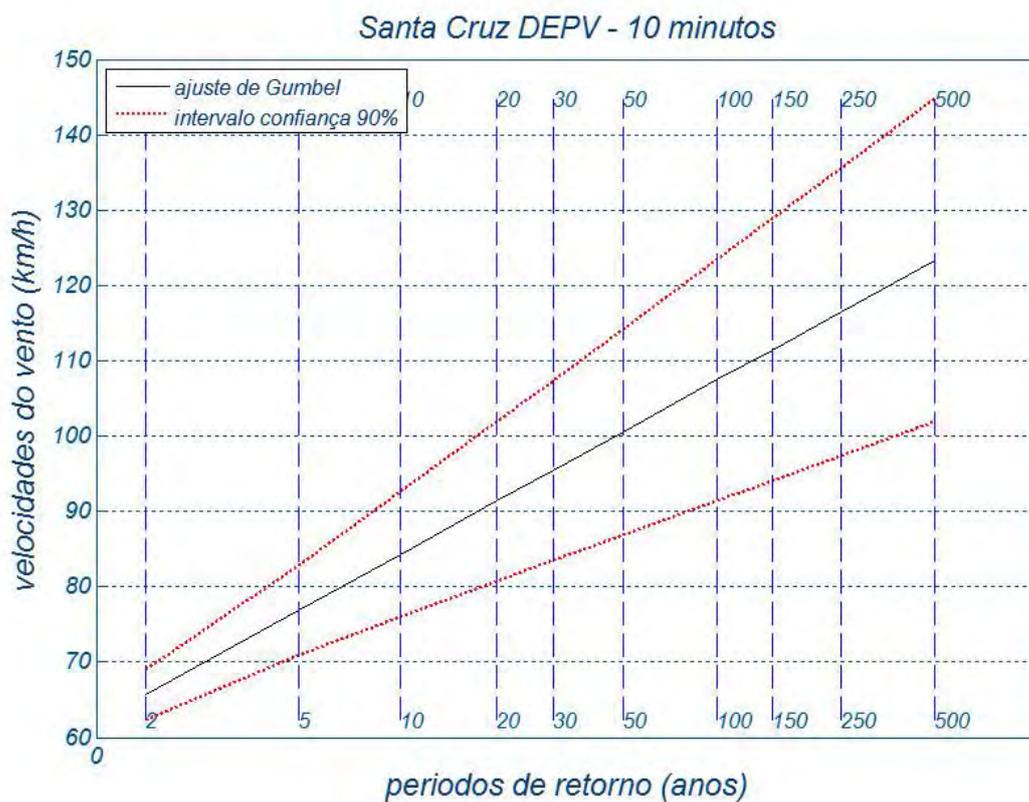
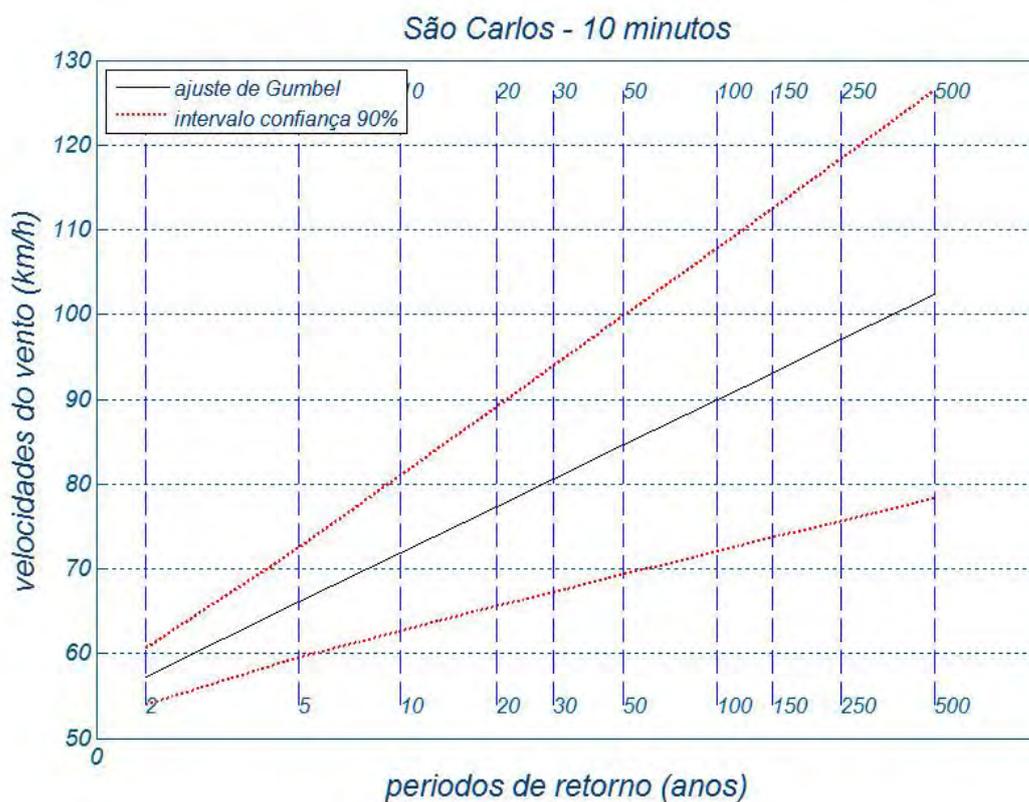
As figuras seguintes ilustram os ajustes de Gumbel em cada estação, tempo de média de 10 minutos. Para os demais tempos de média, os coeficientes da Tabela 3 podem ser usados.

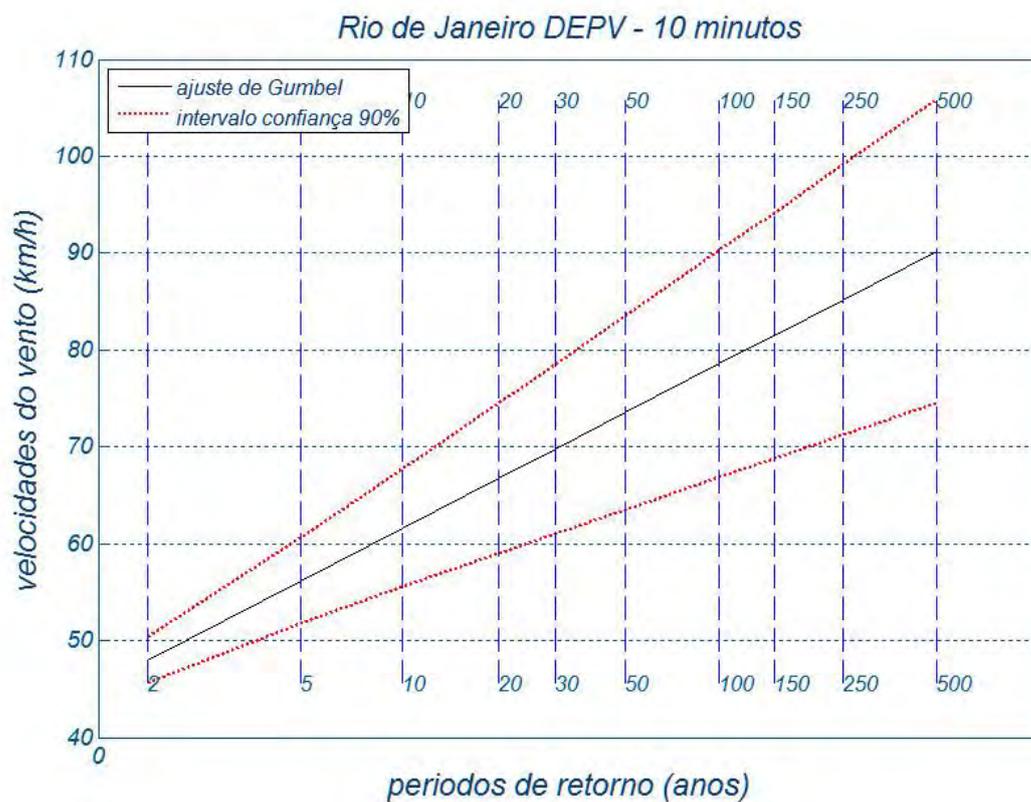
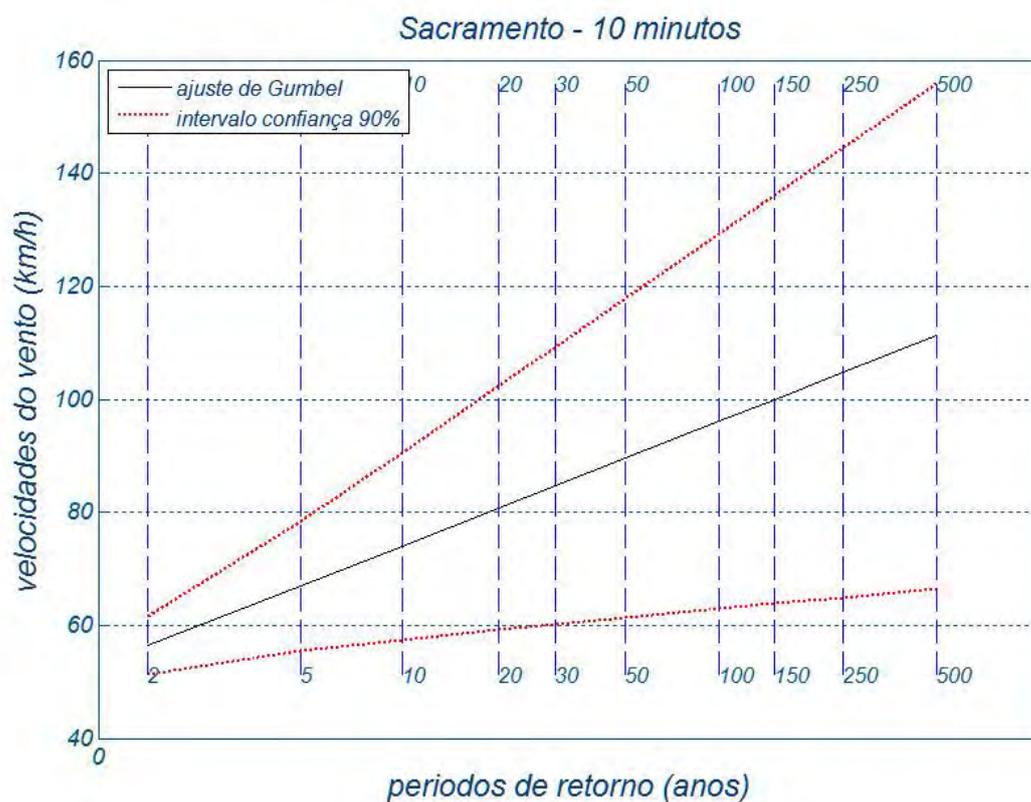


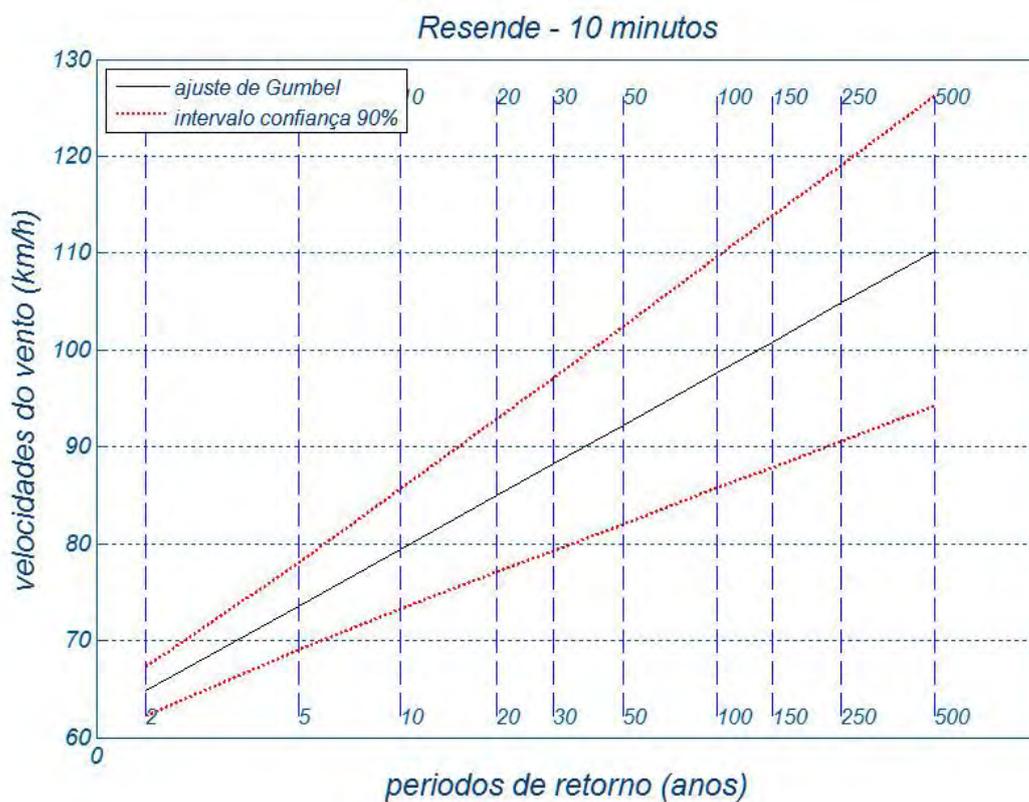
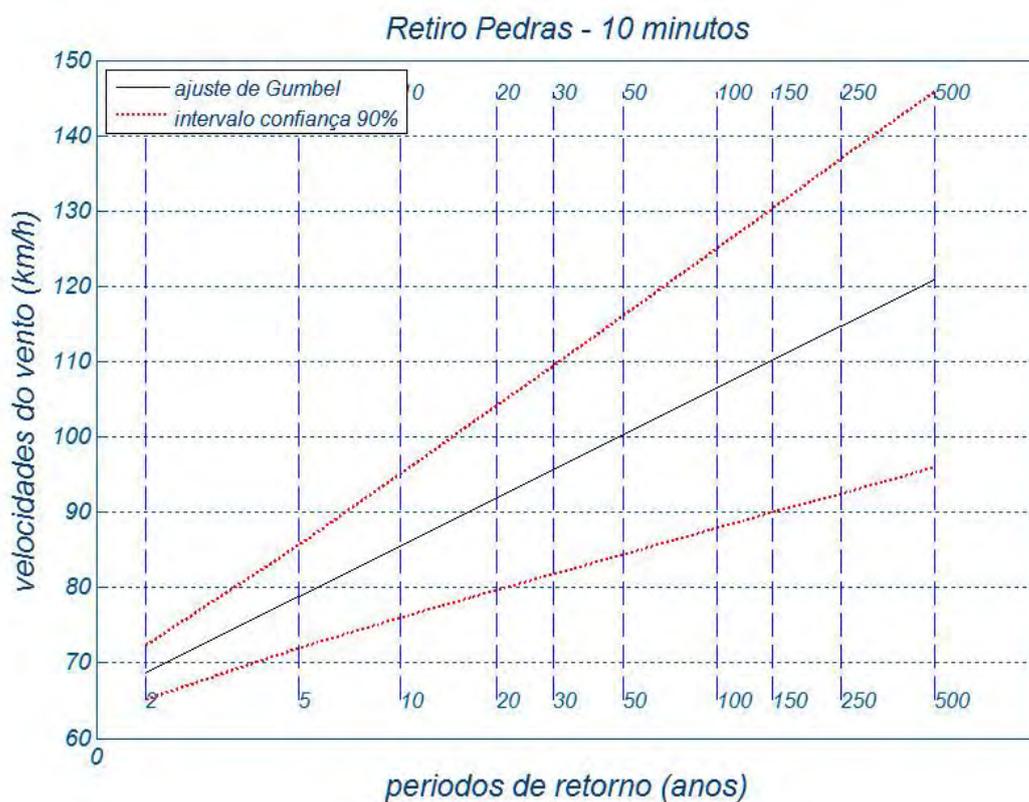


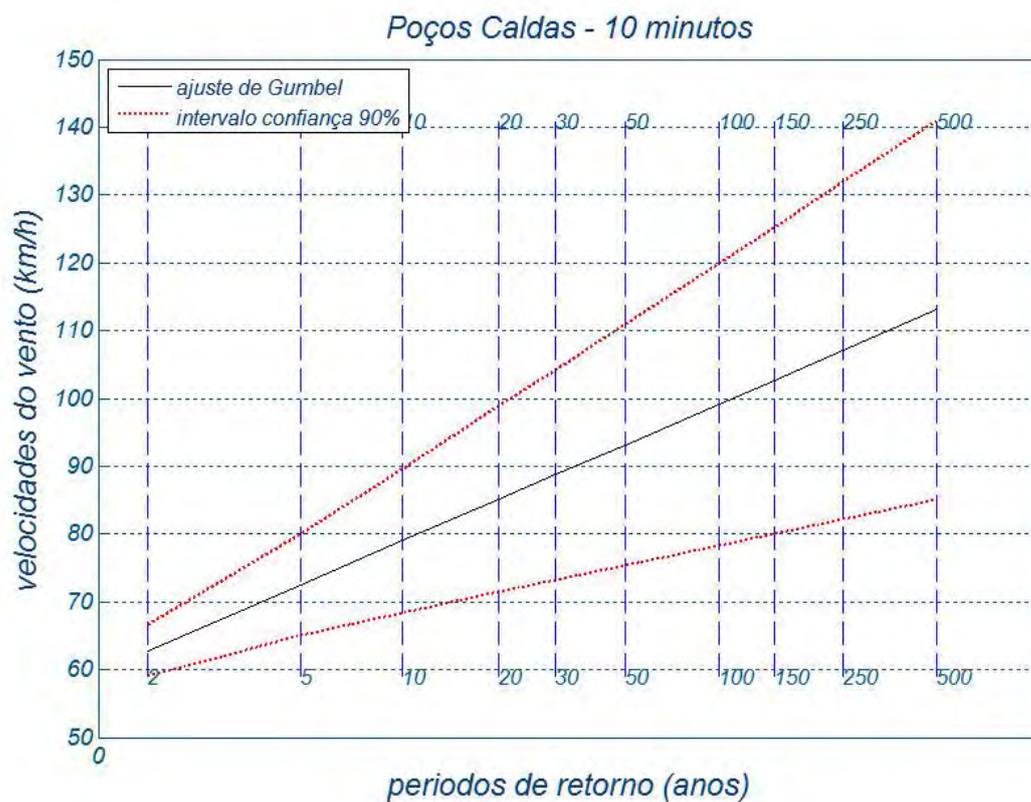
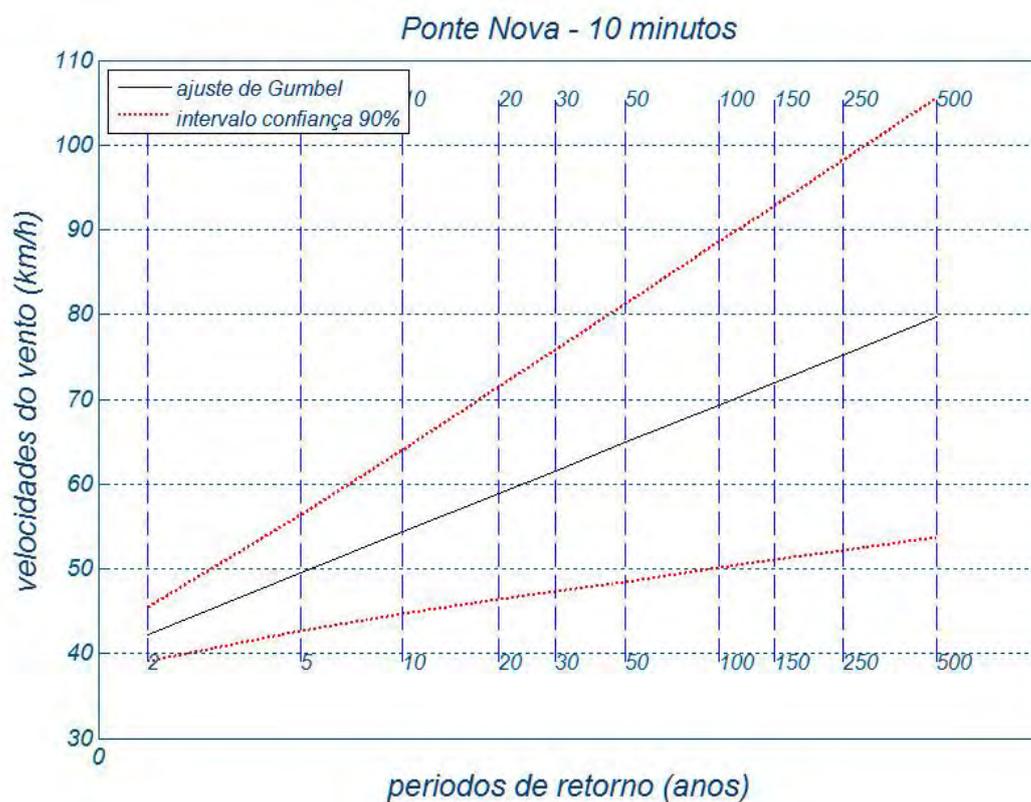


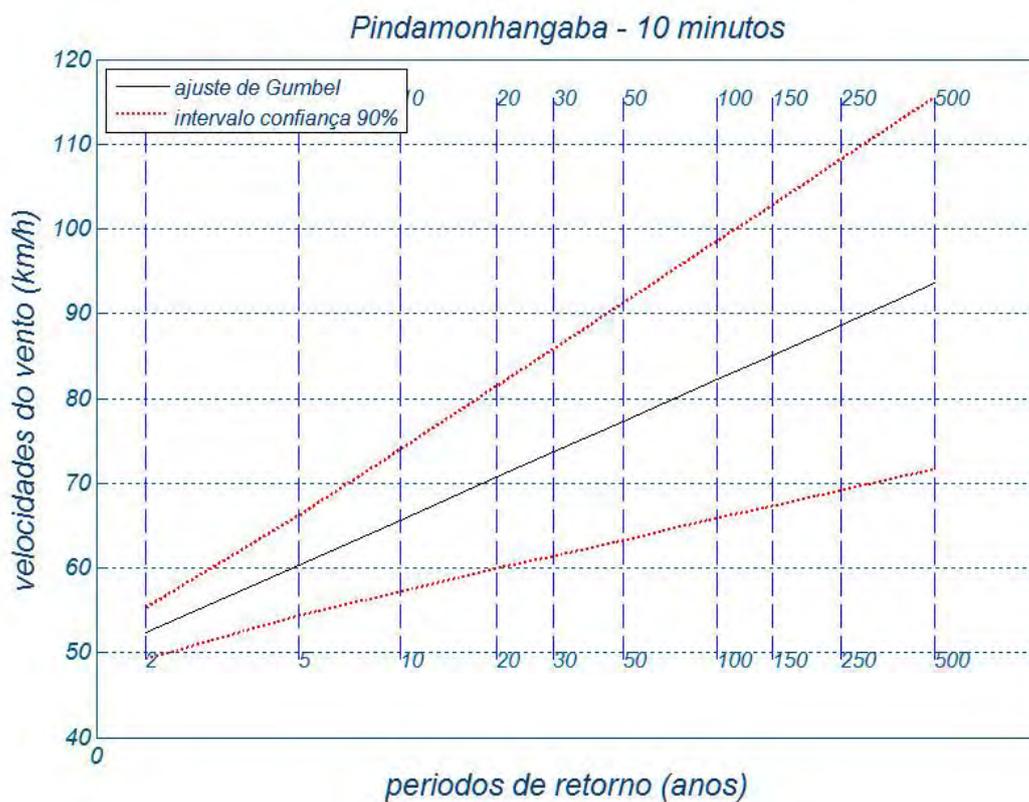
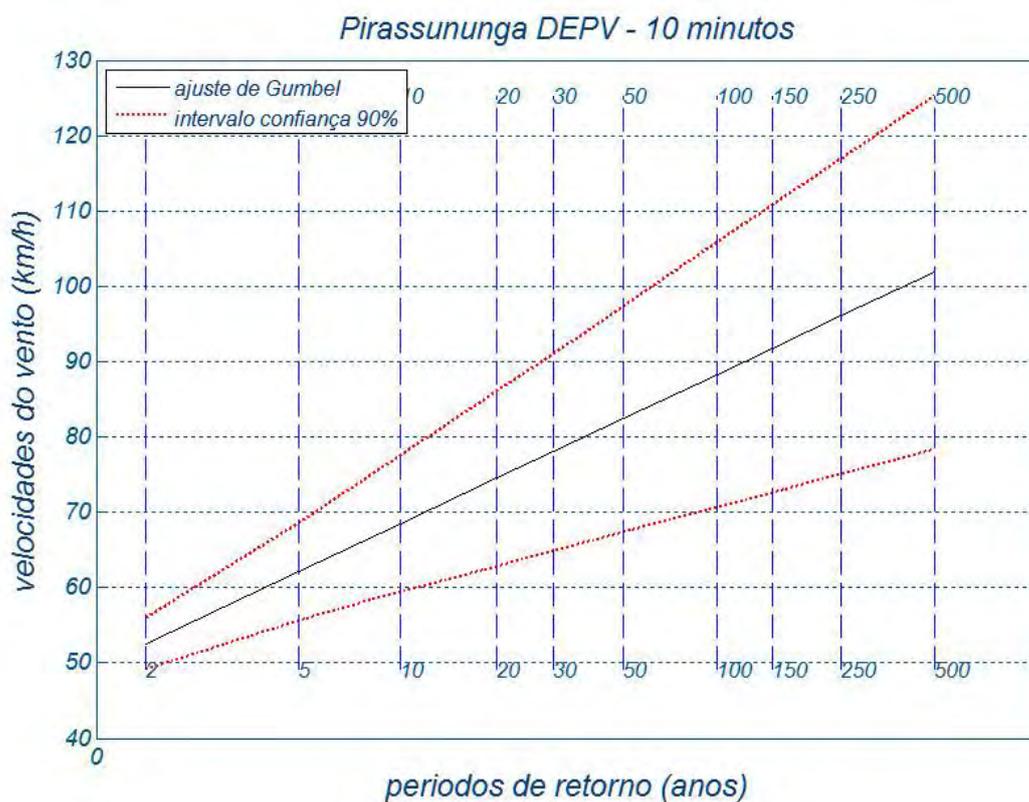


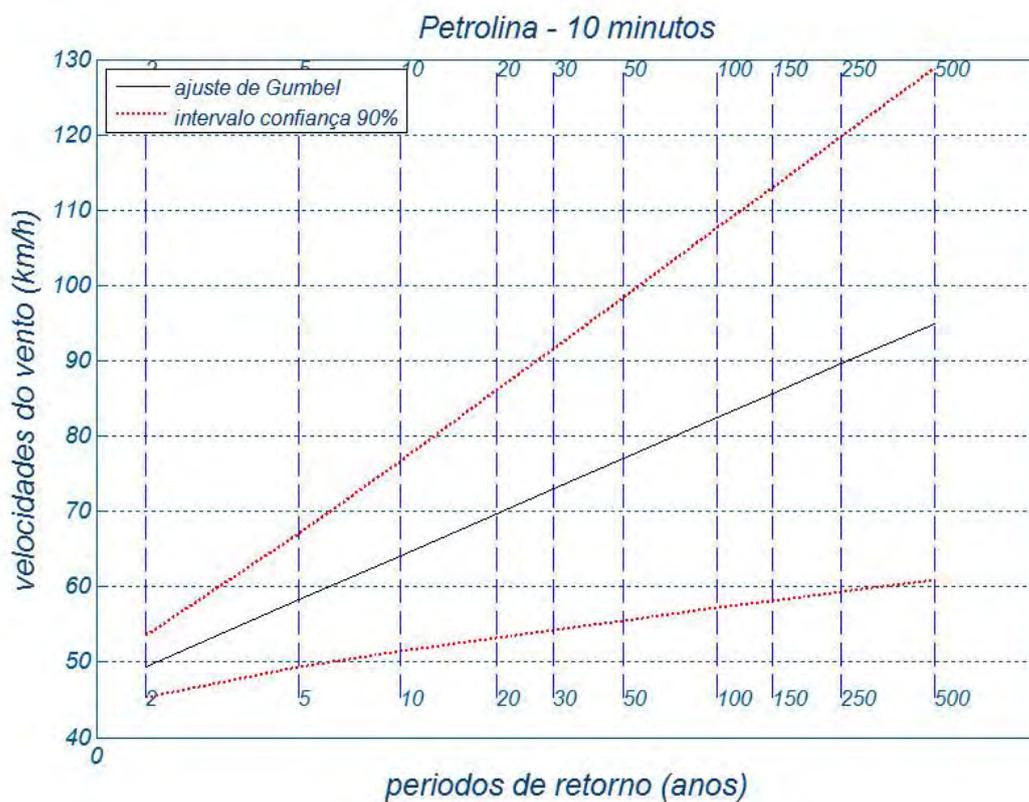
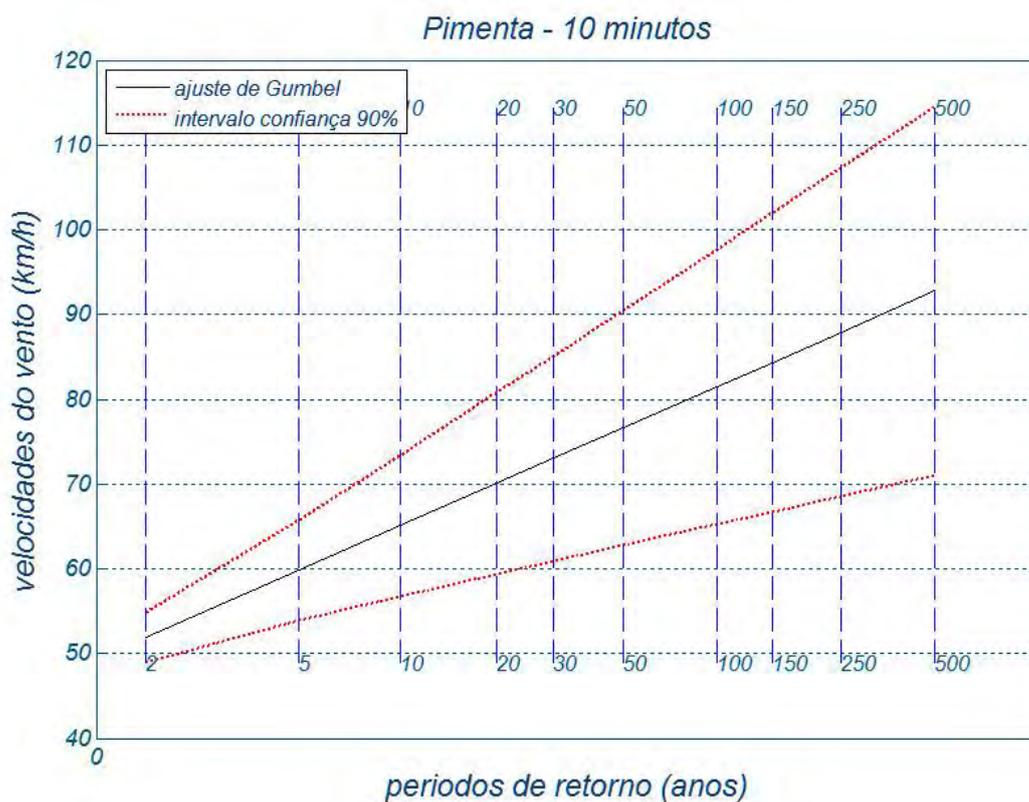


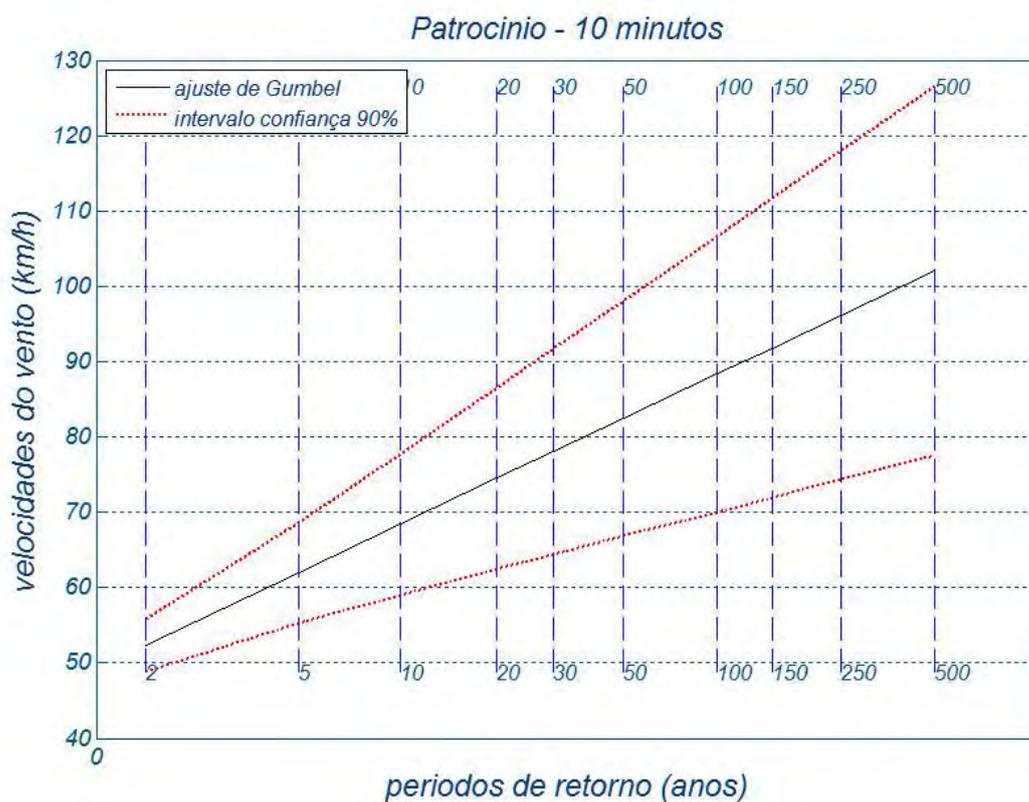


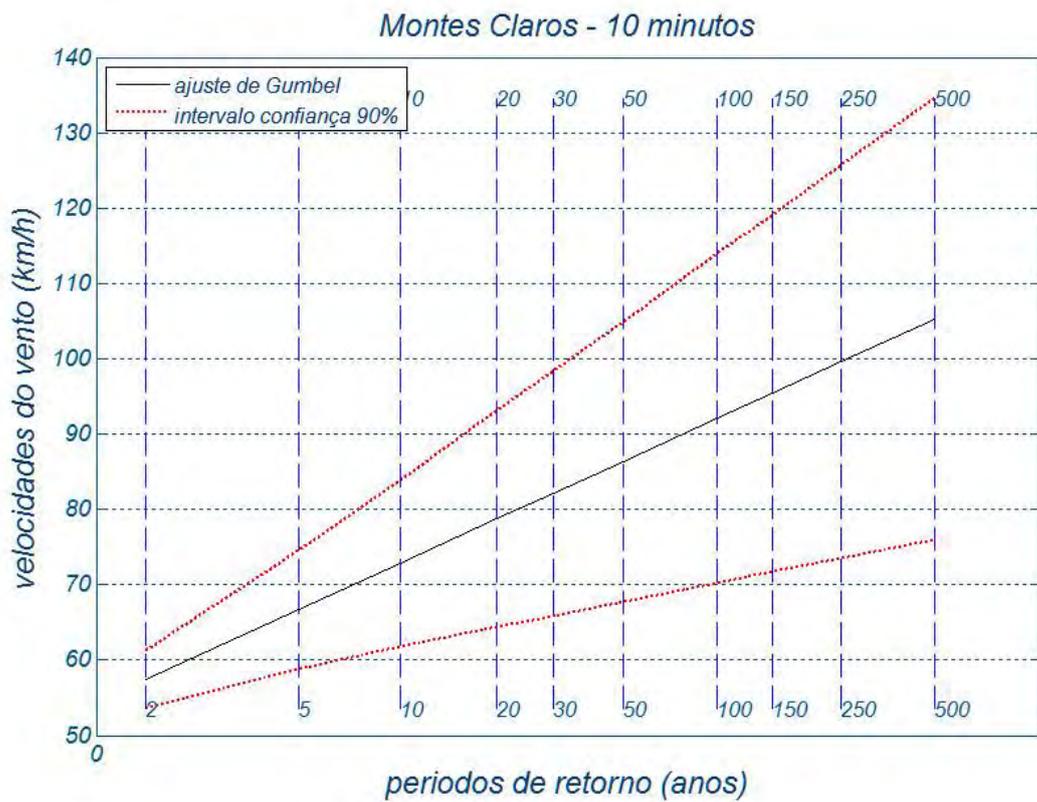
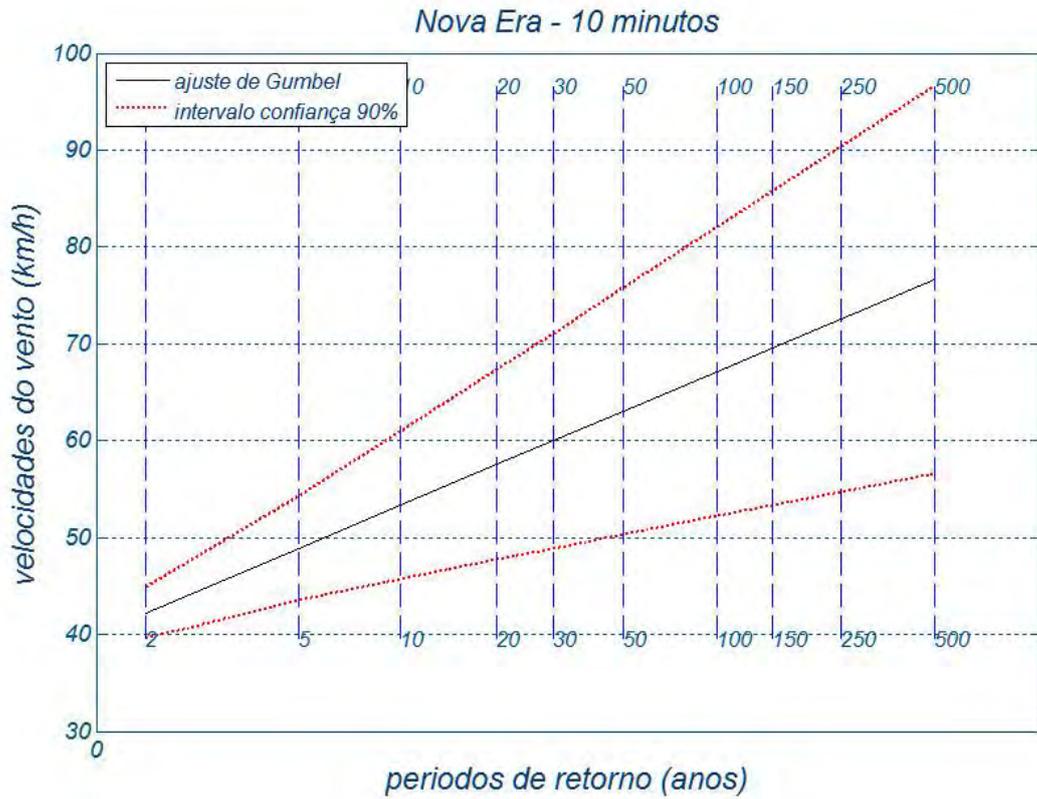


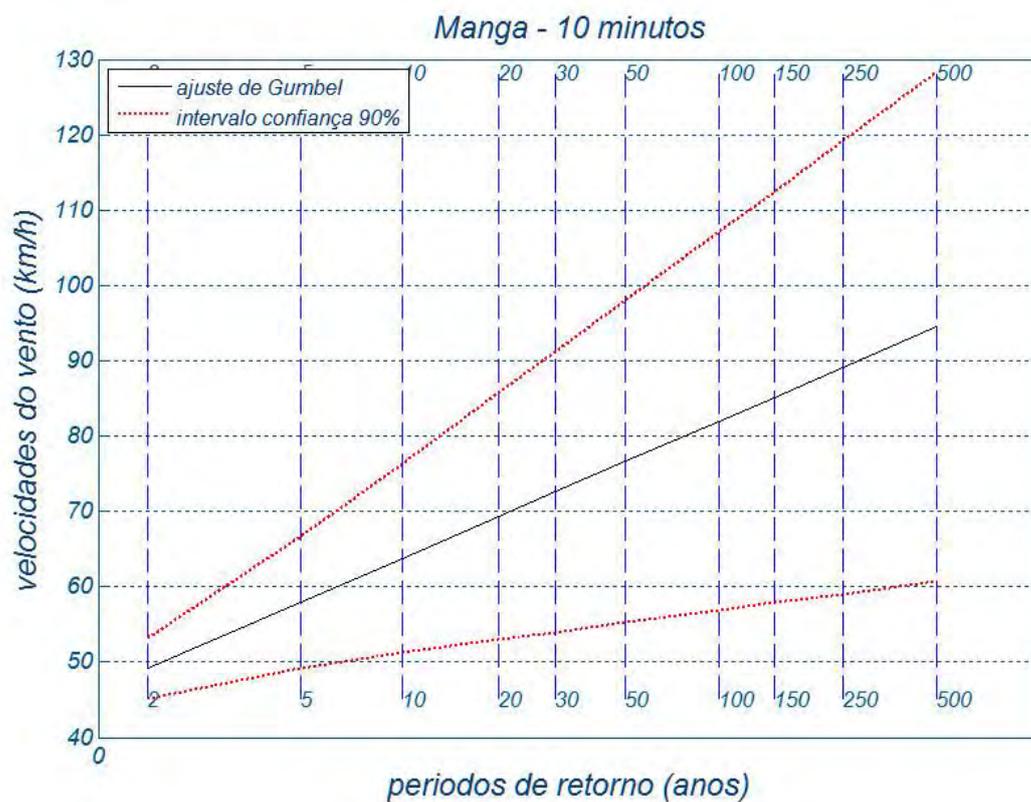
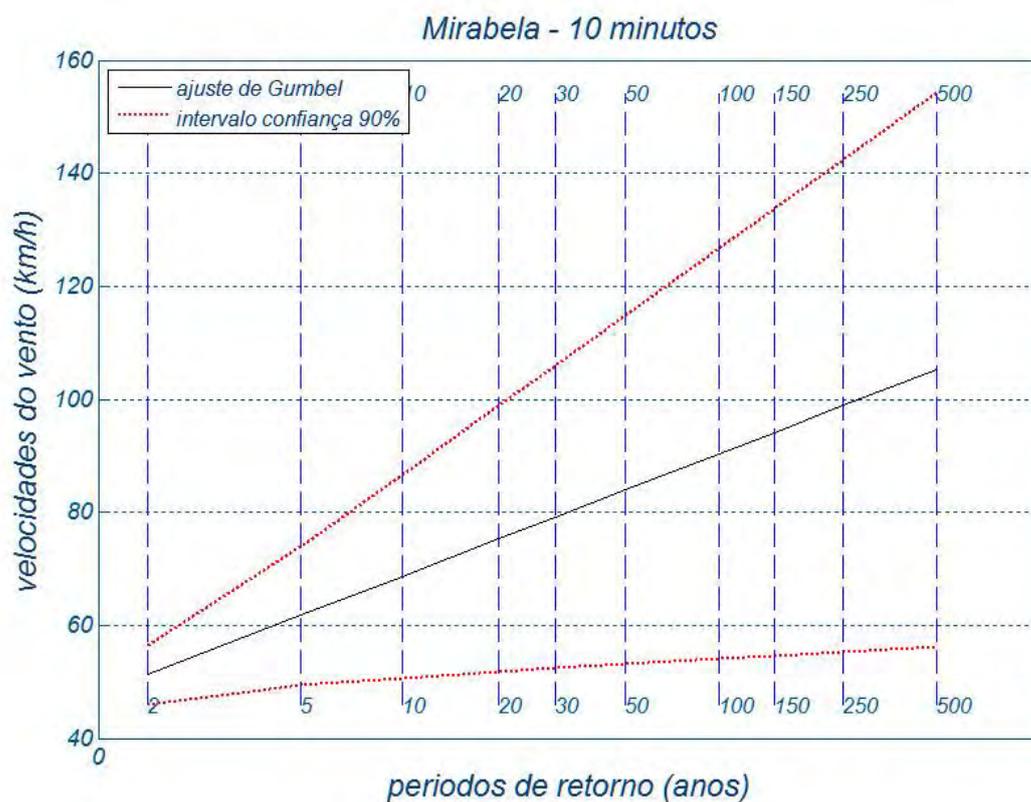


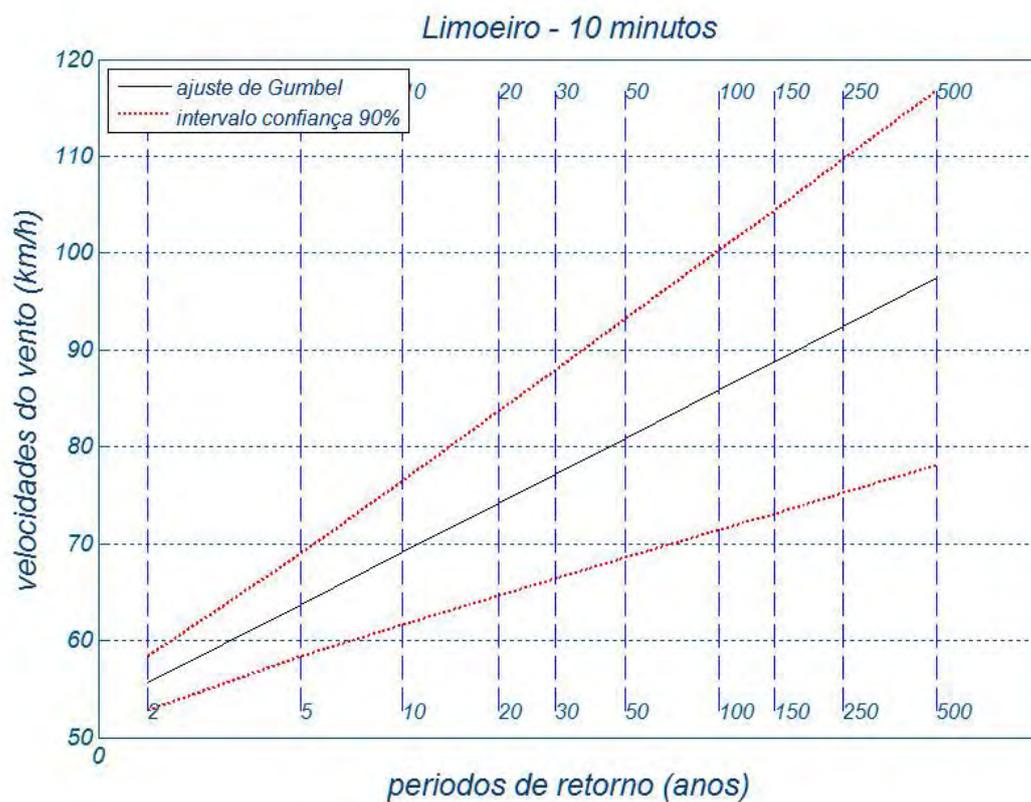
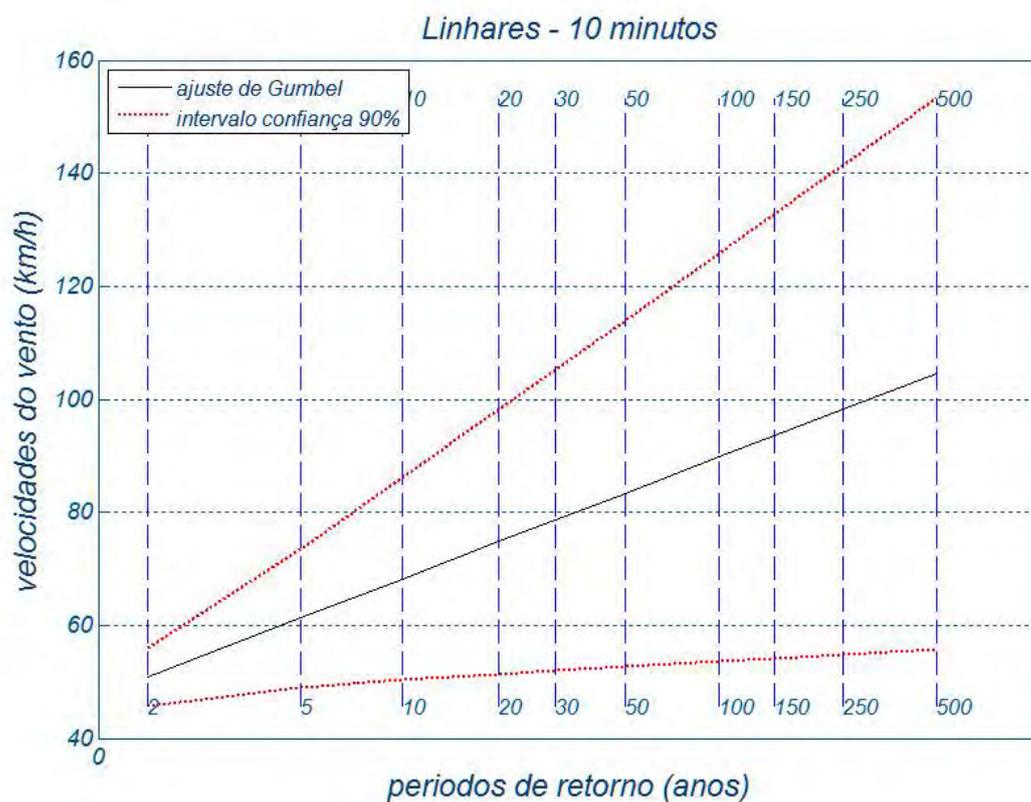


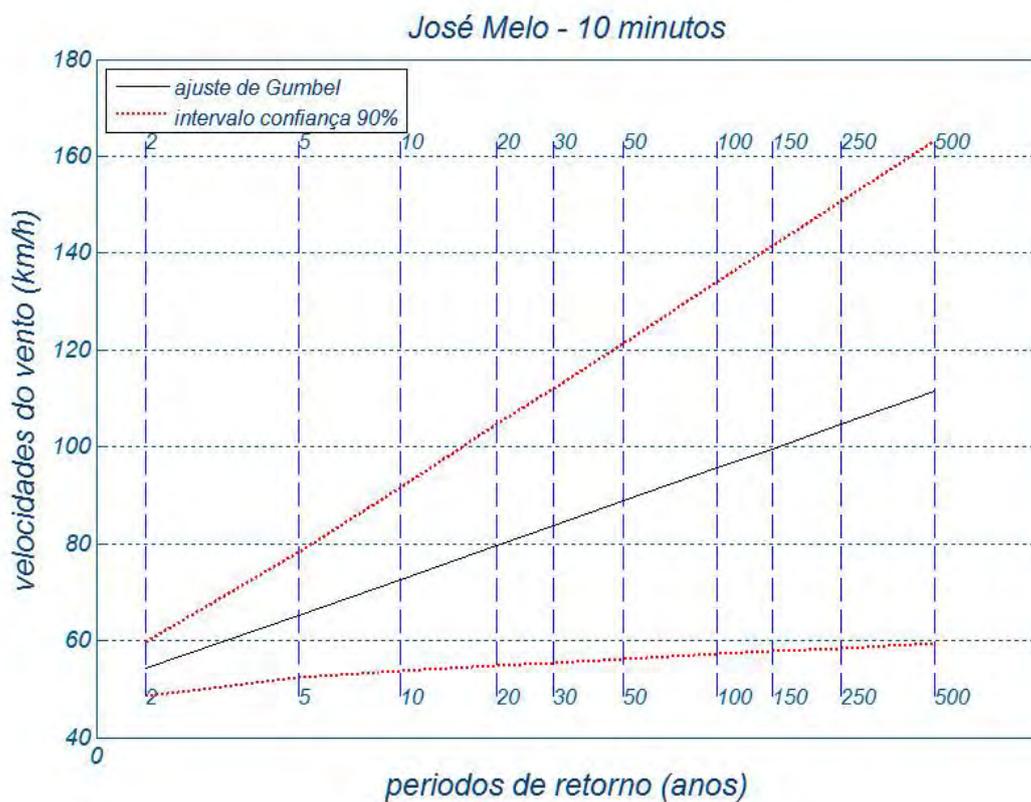
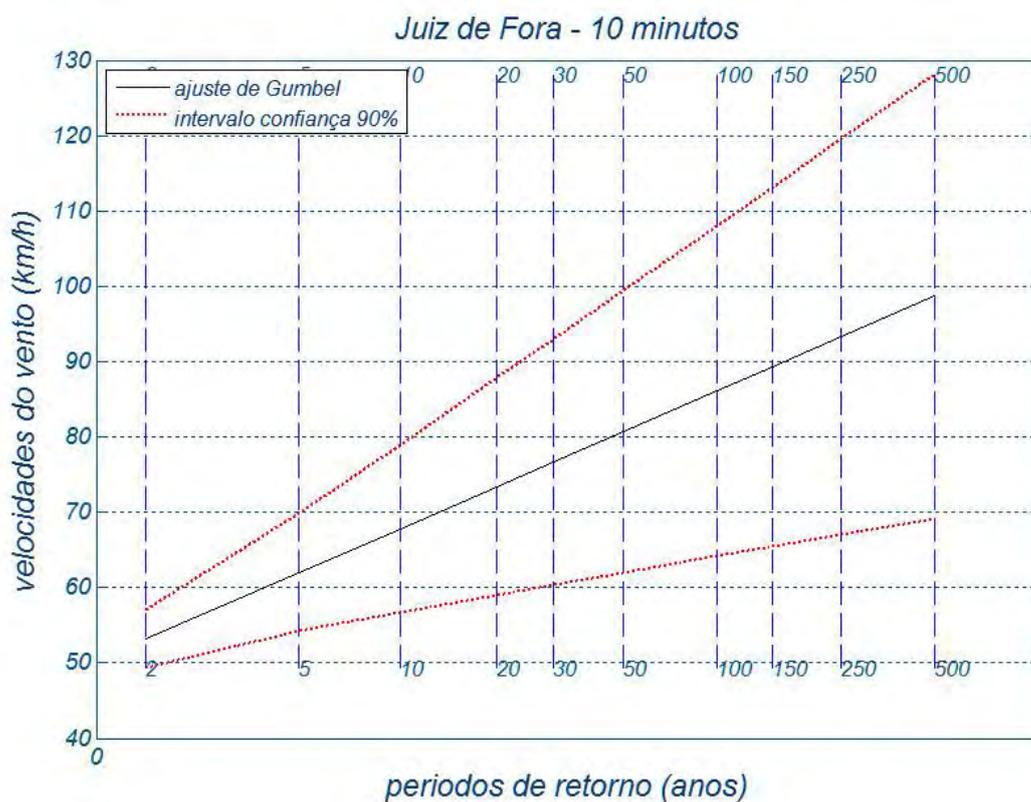


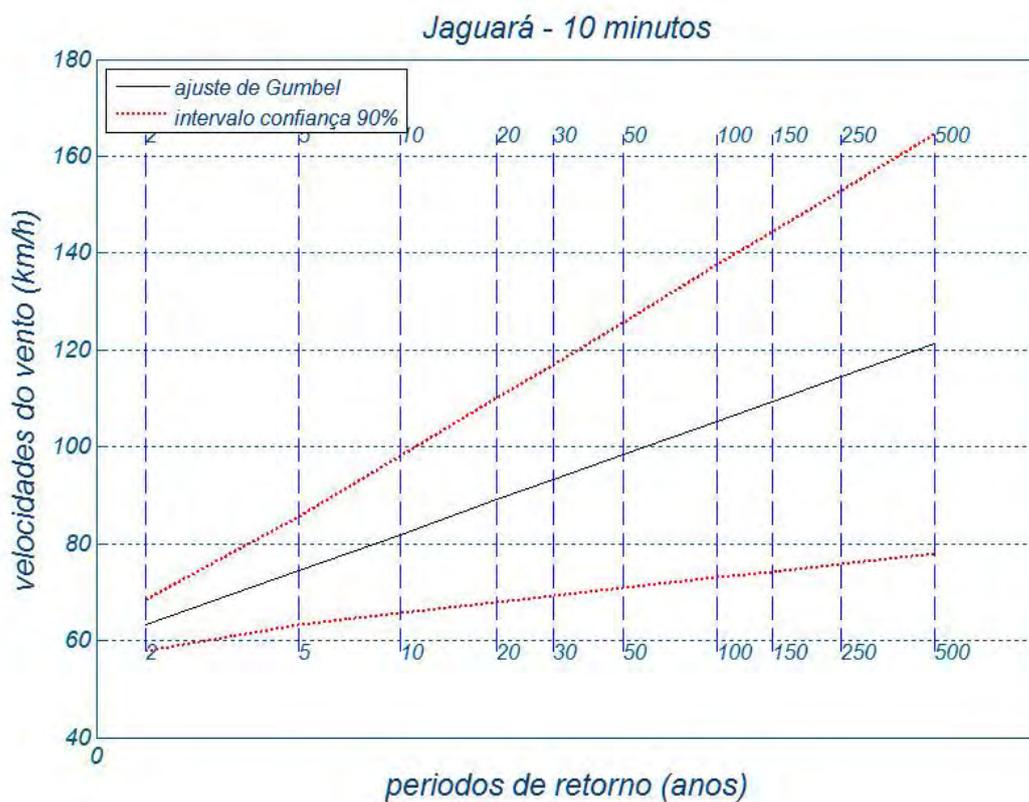
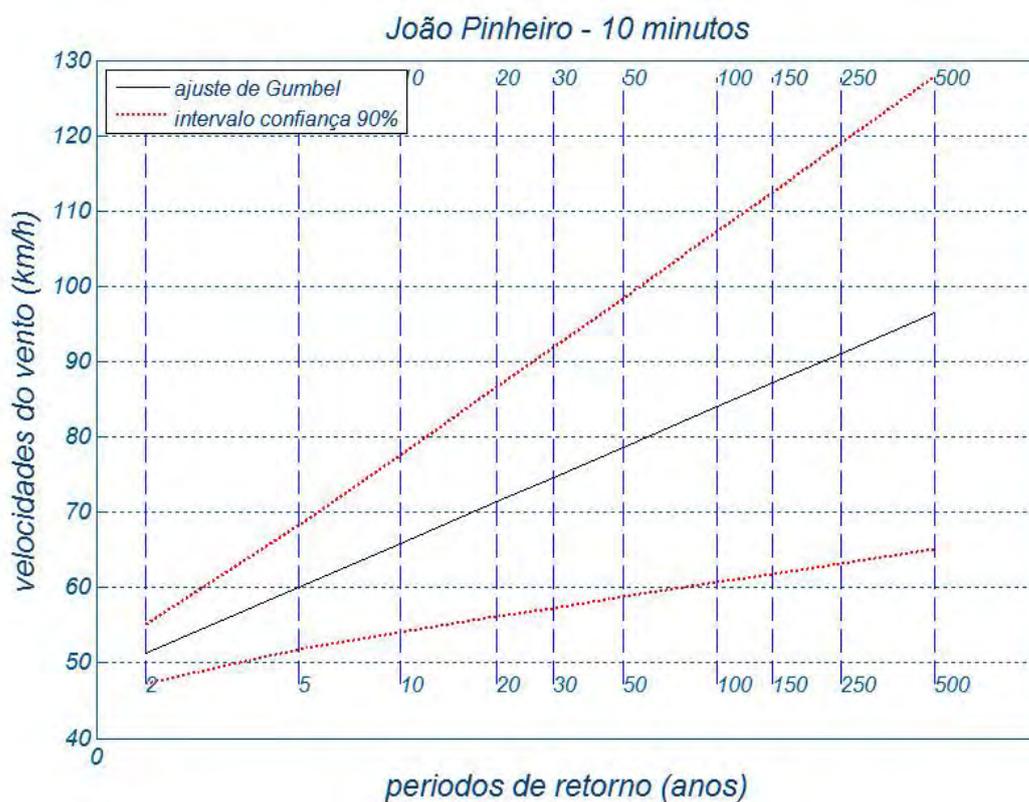


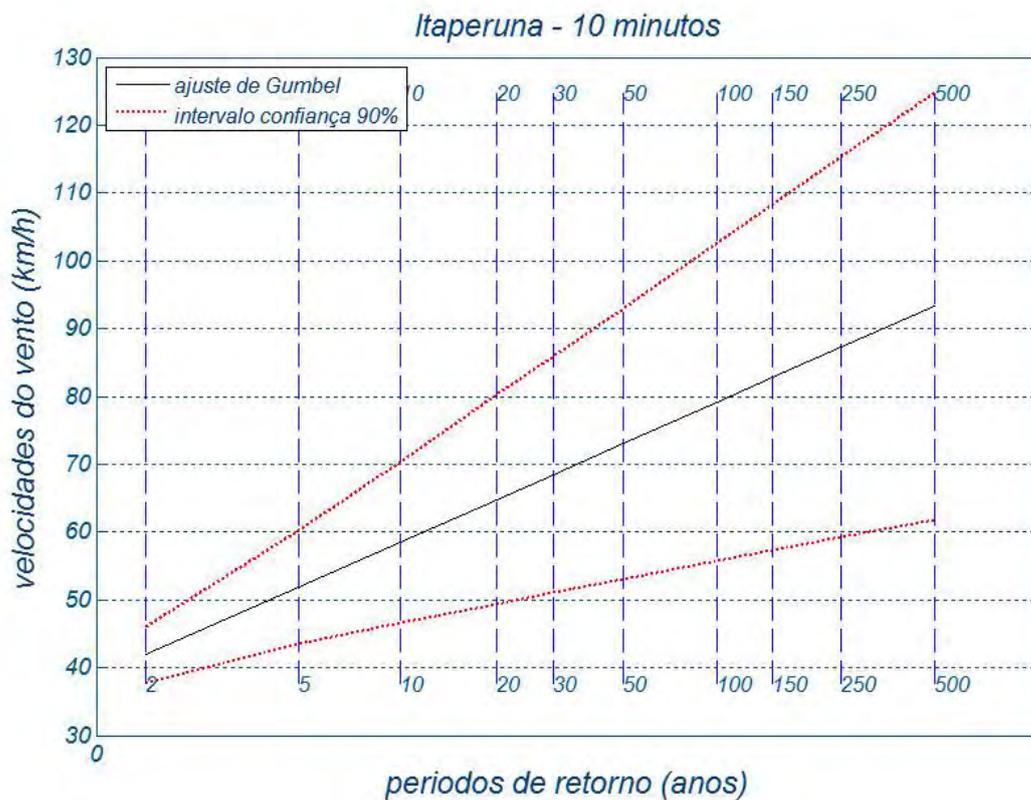
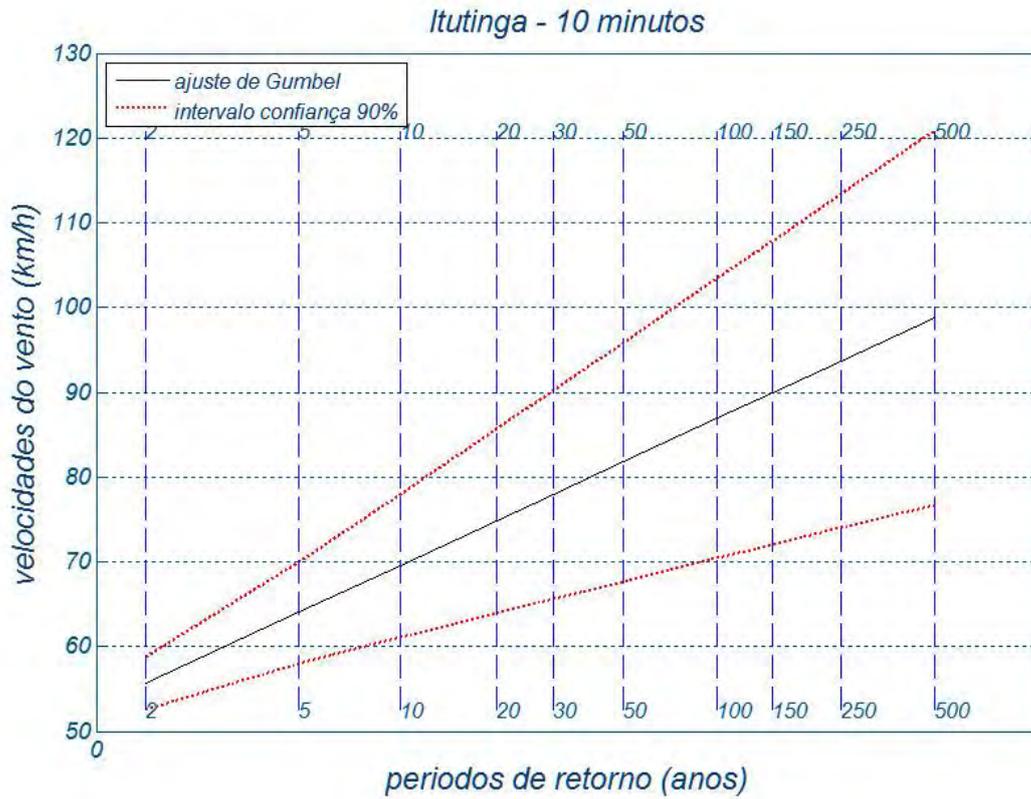


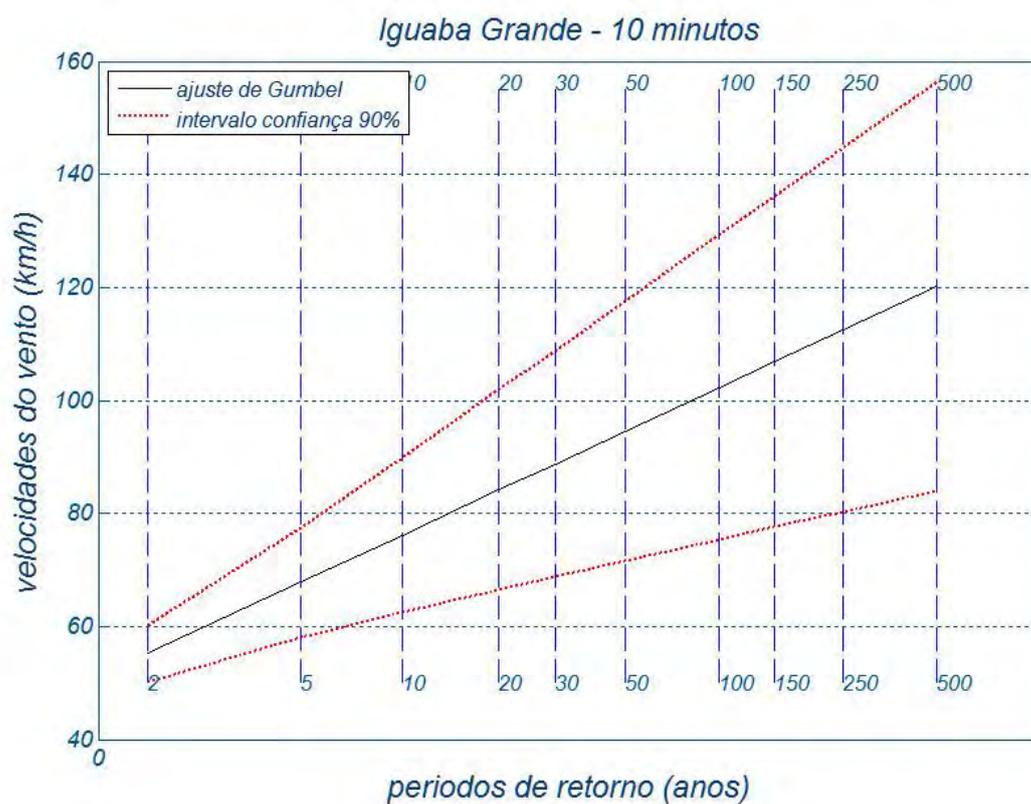
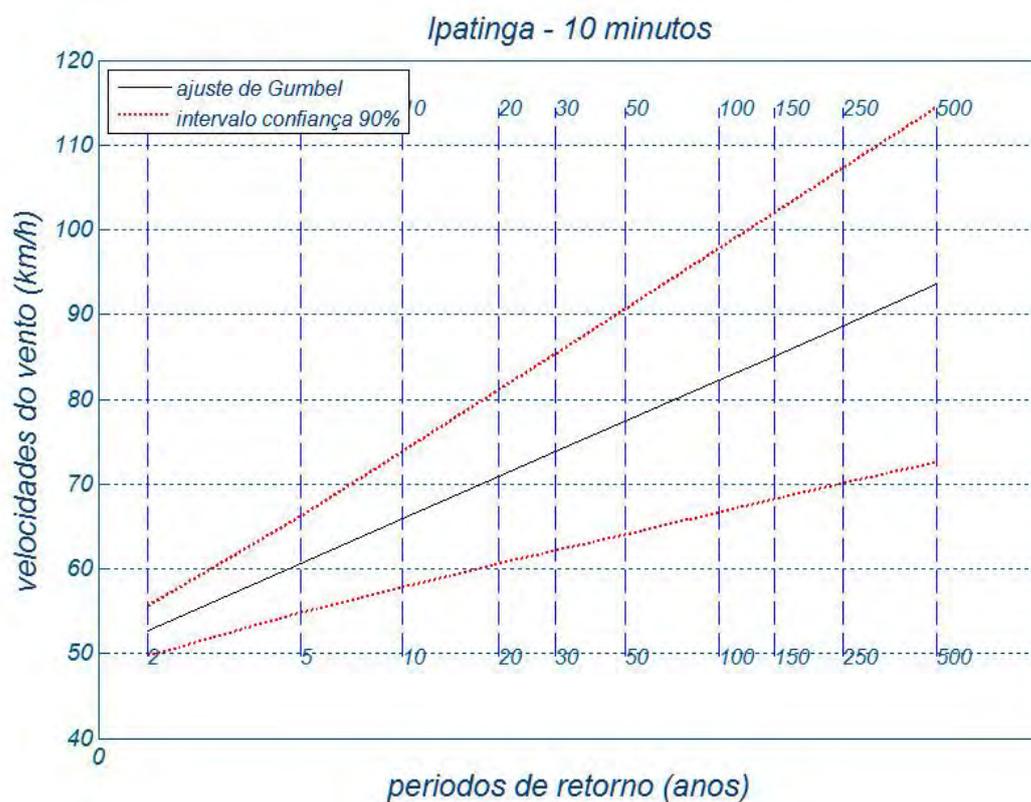


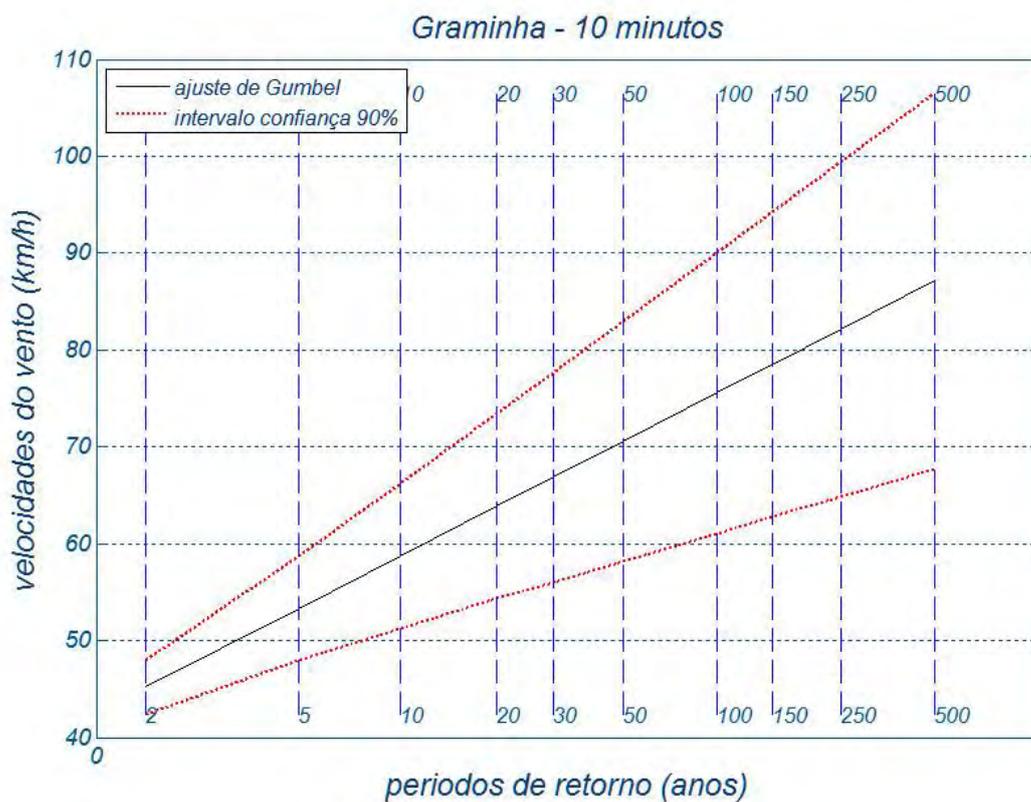


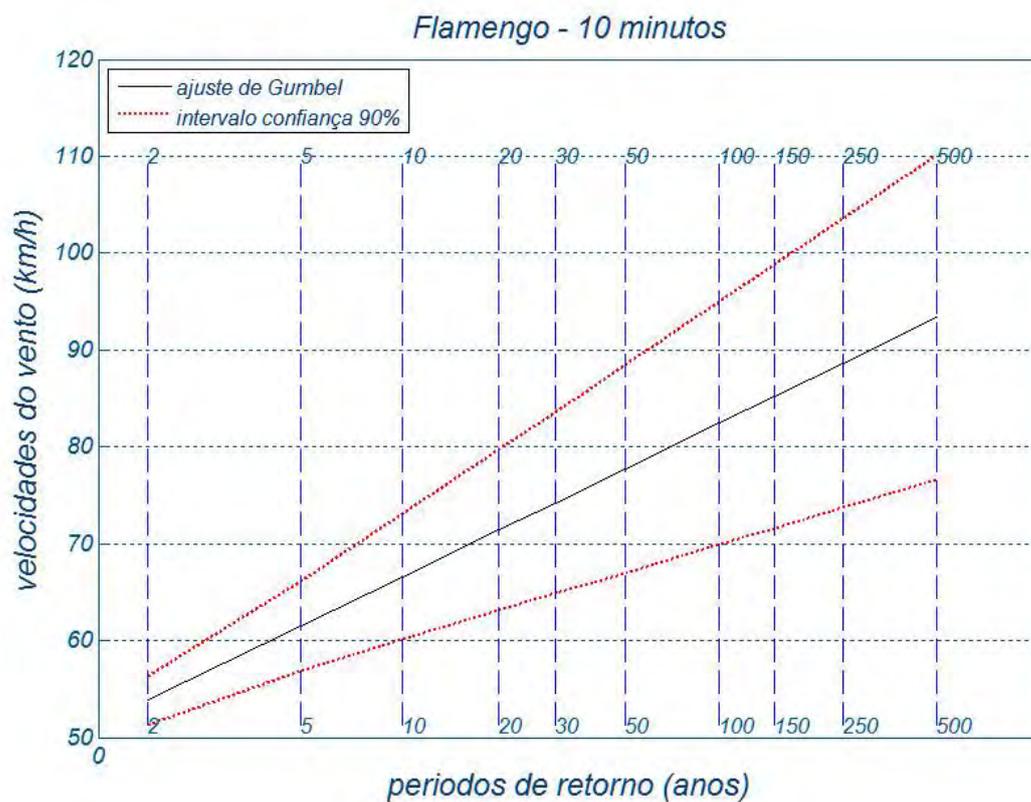
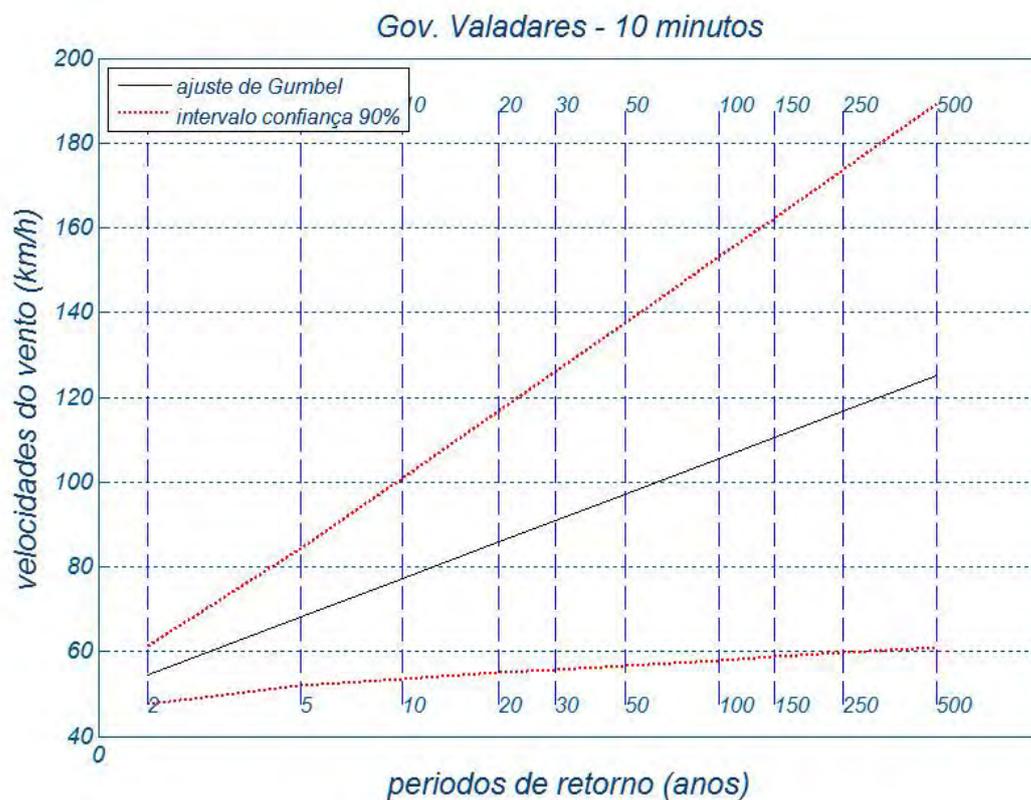


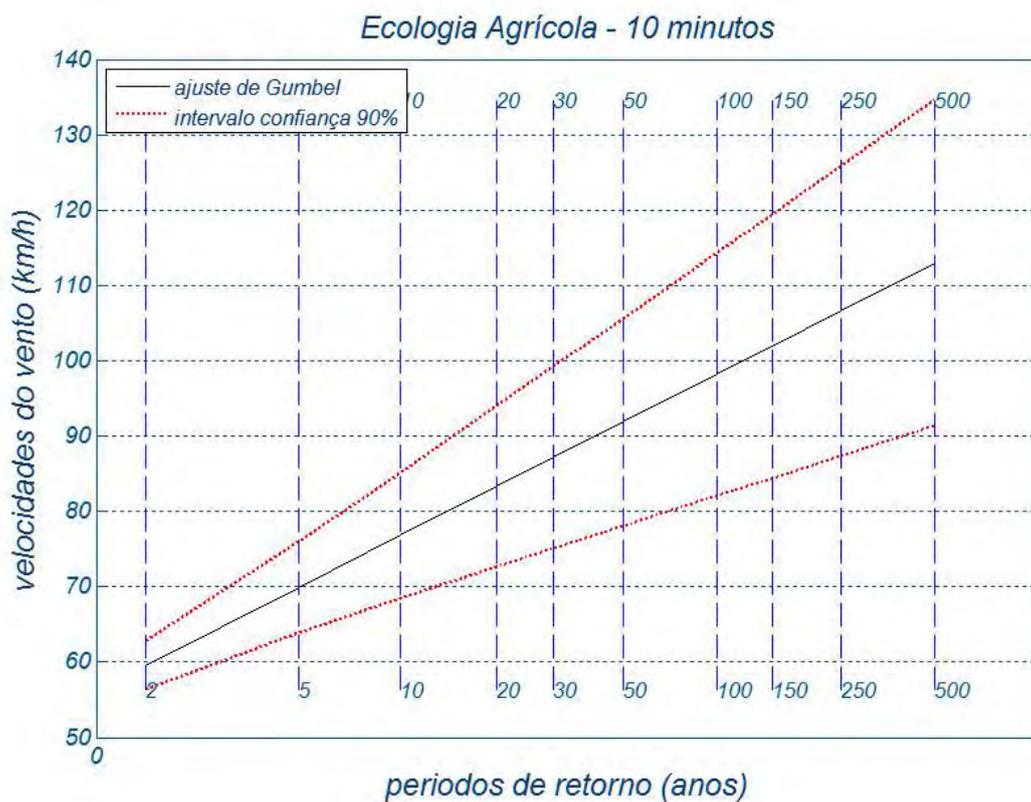
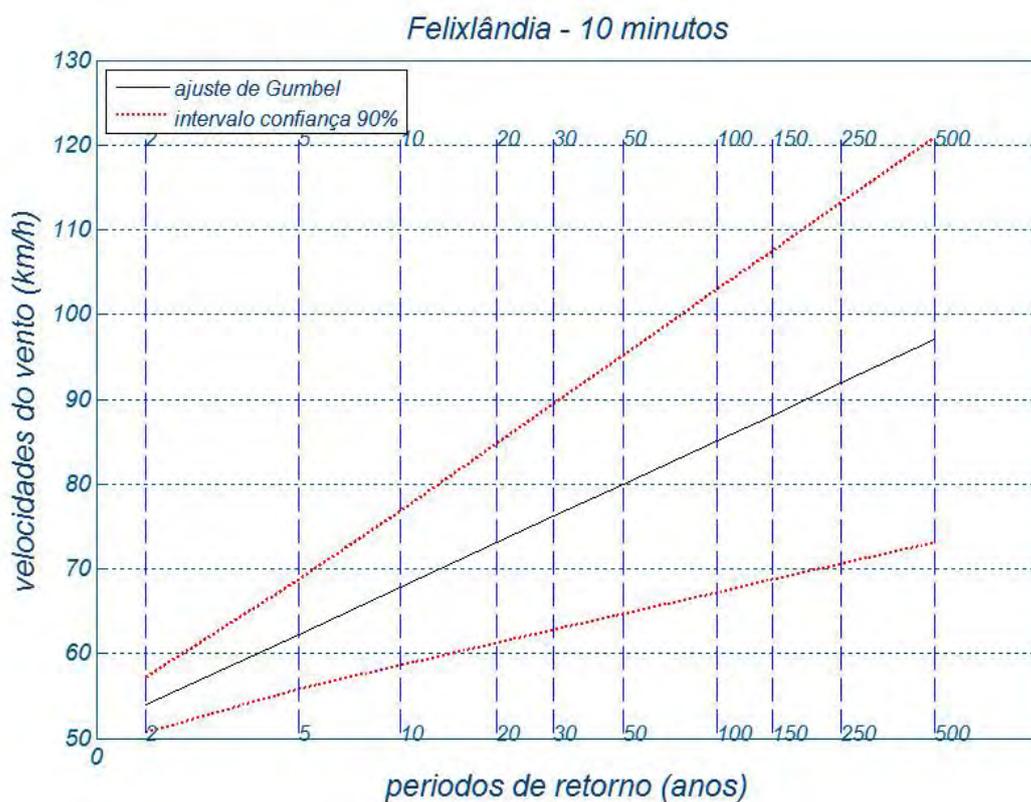


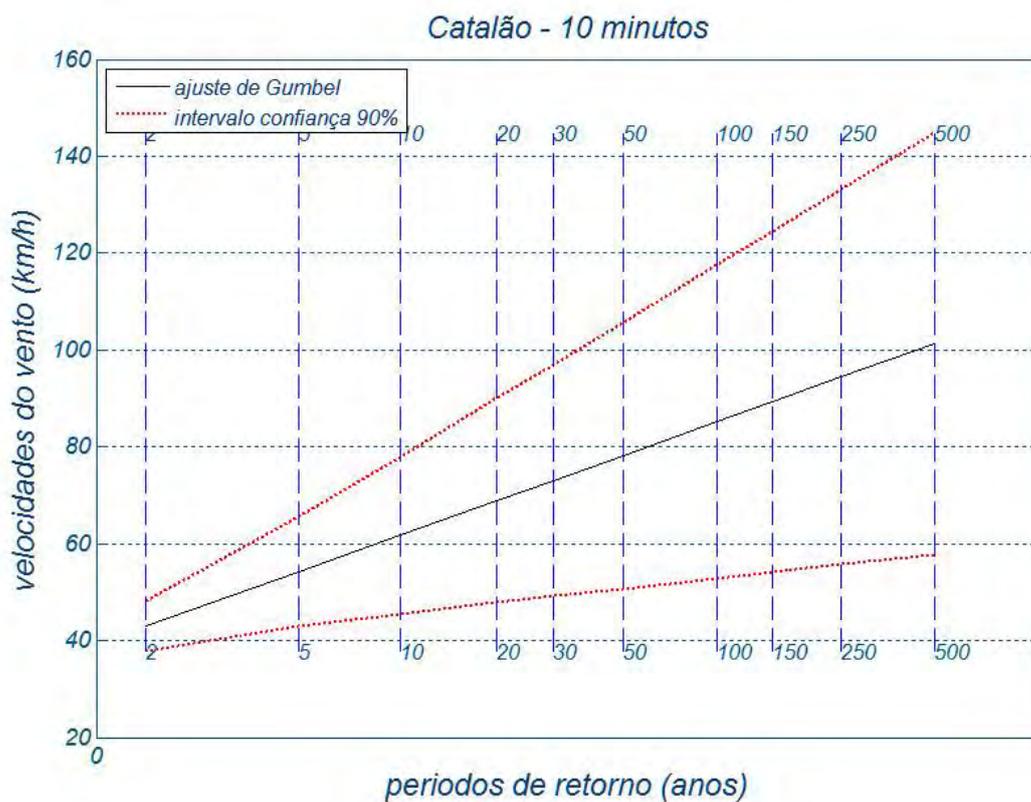
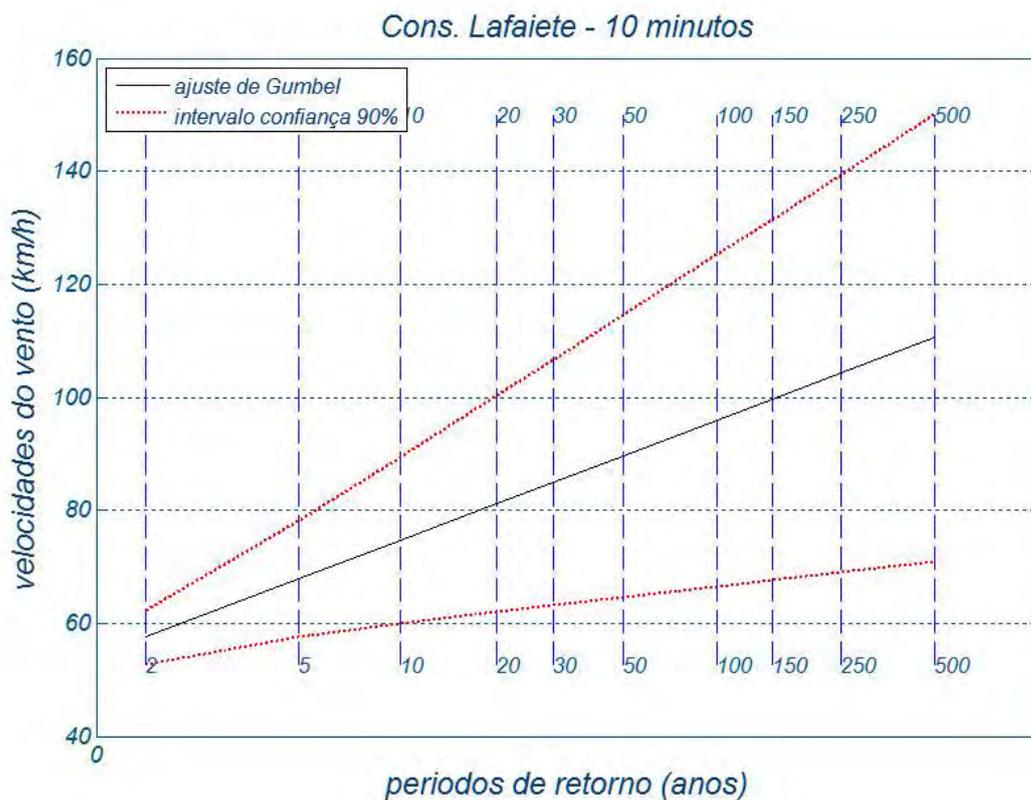


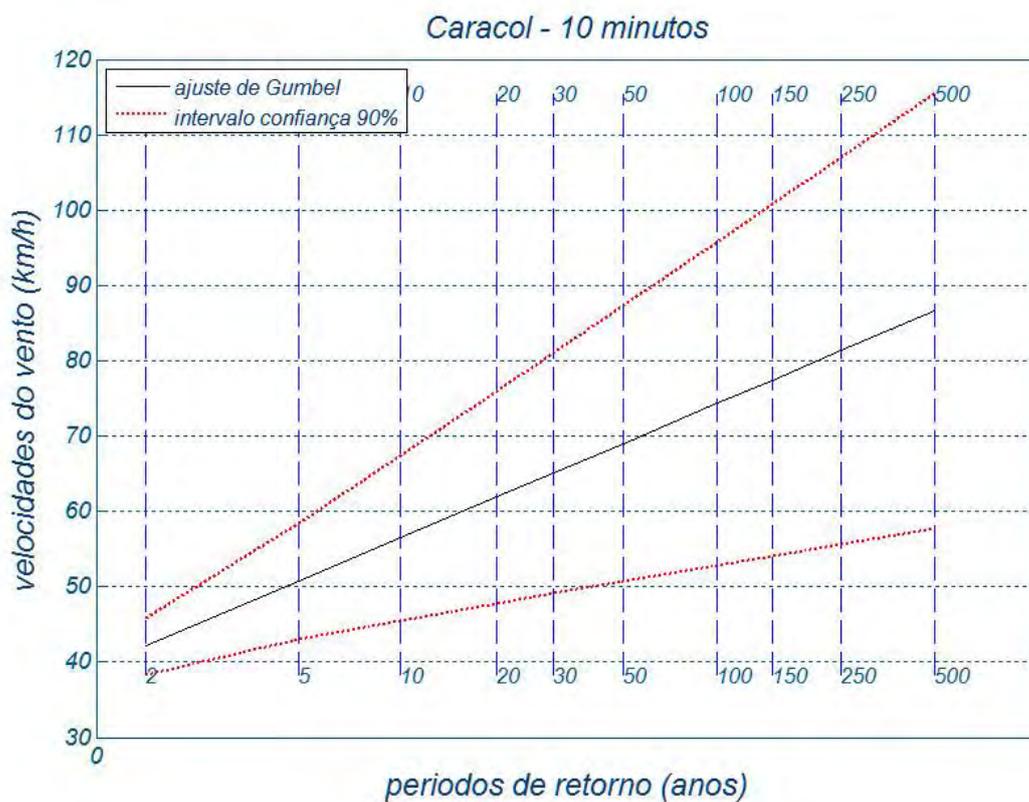
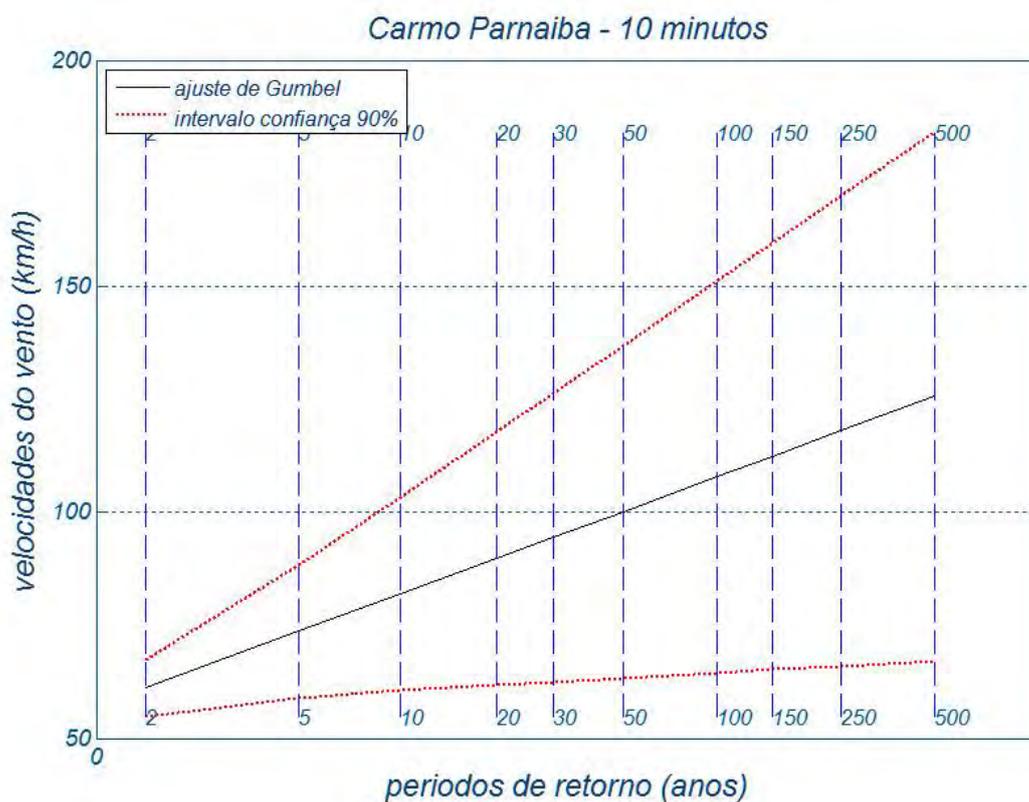


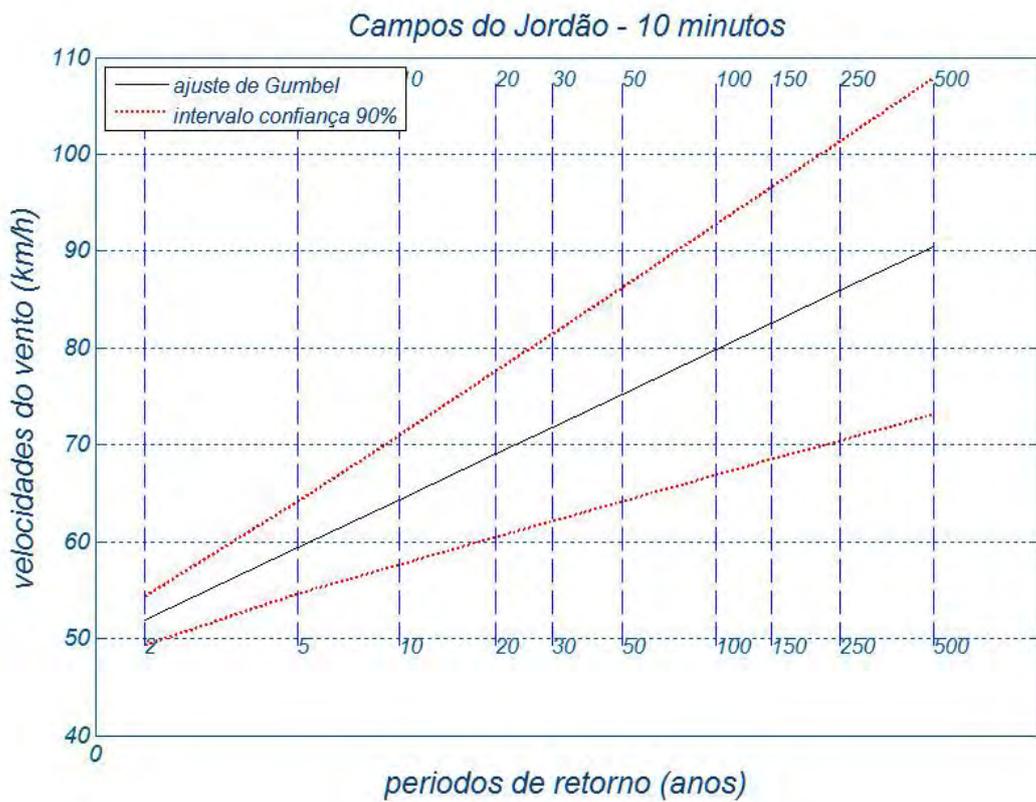
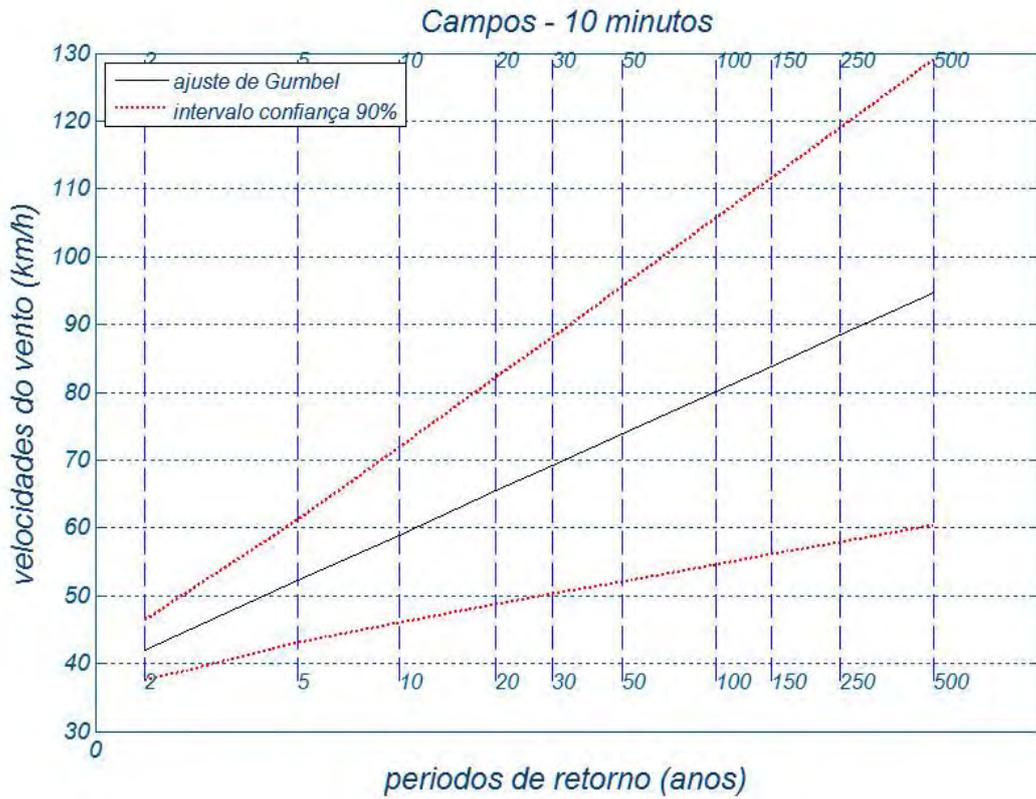


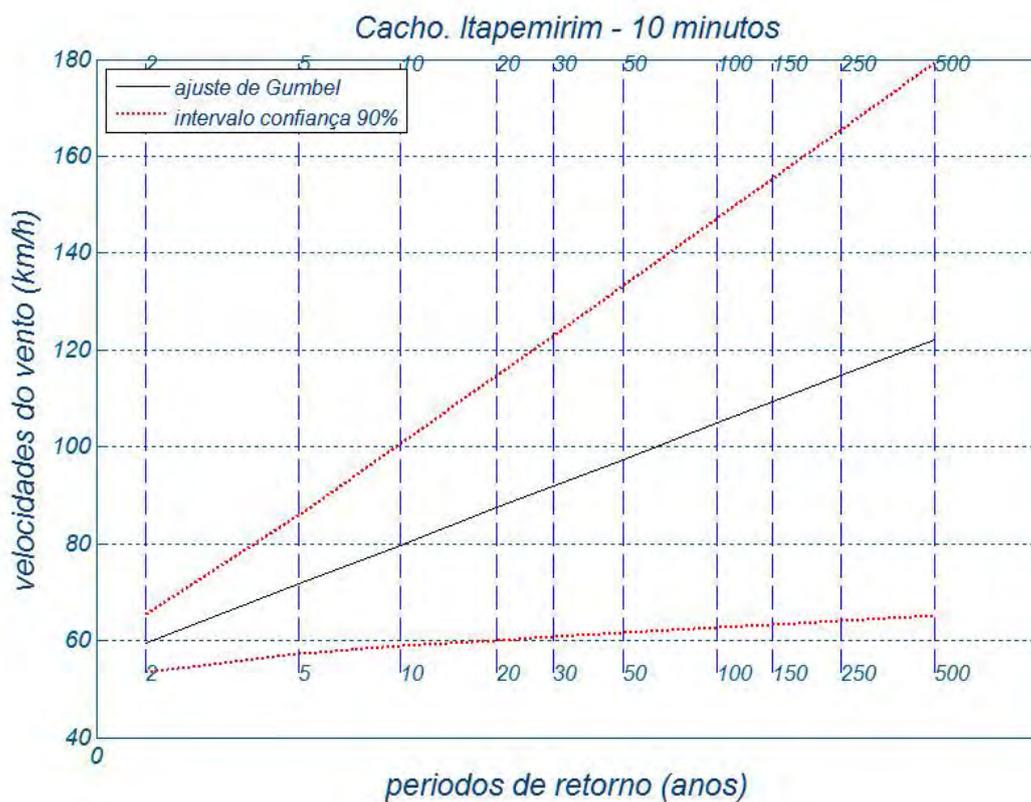
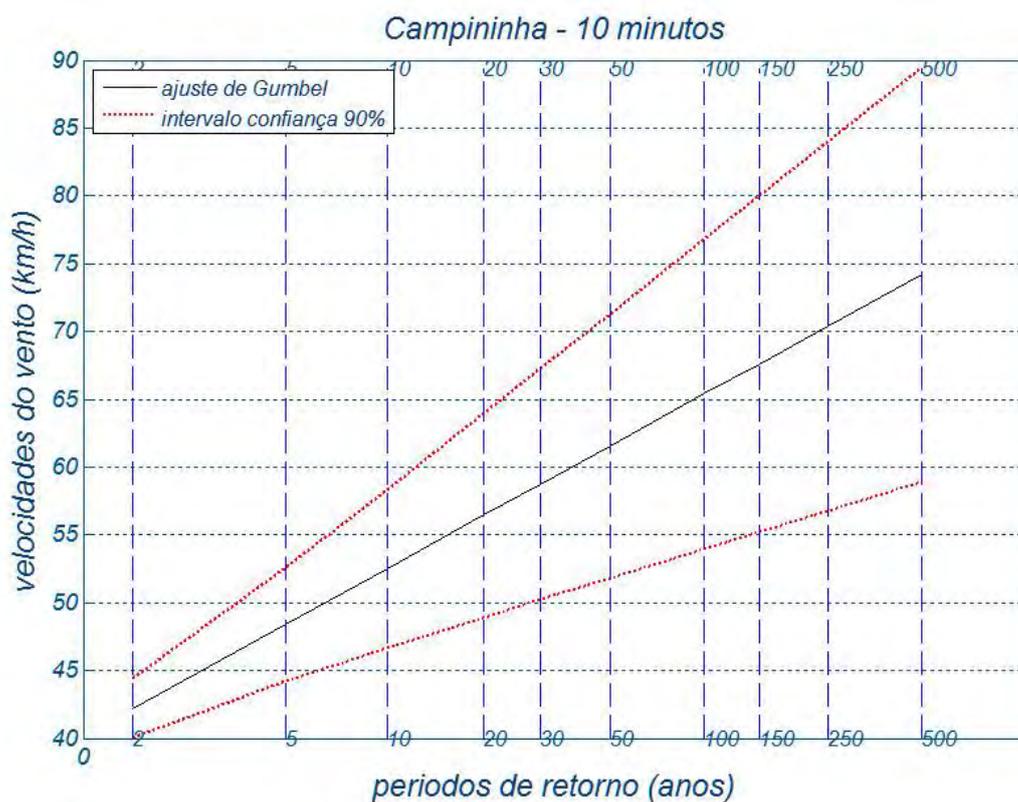


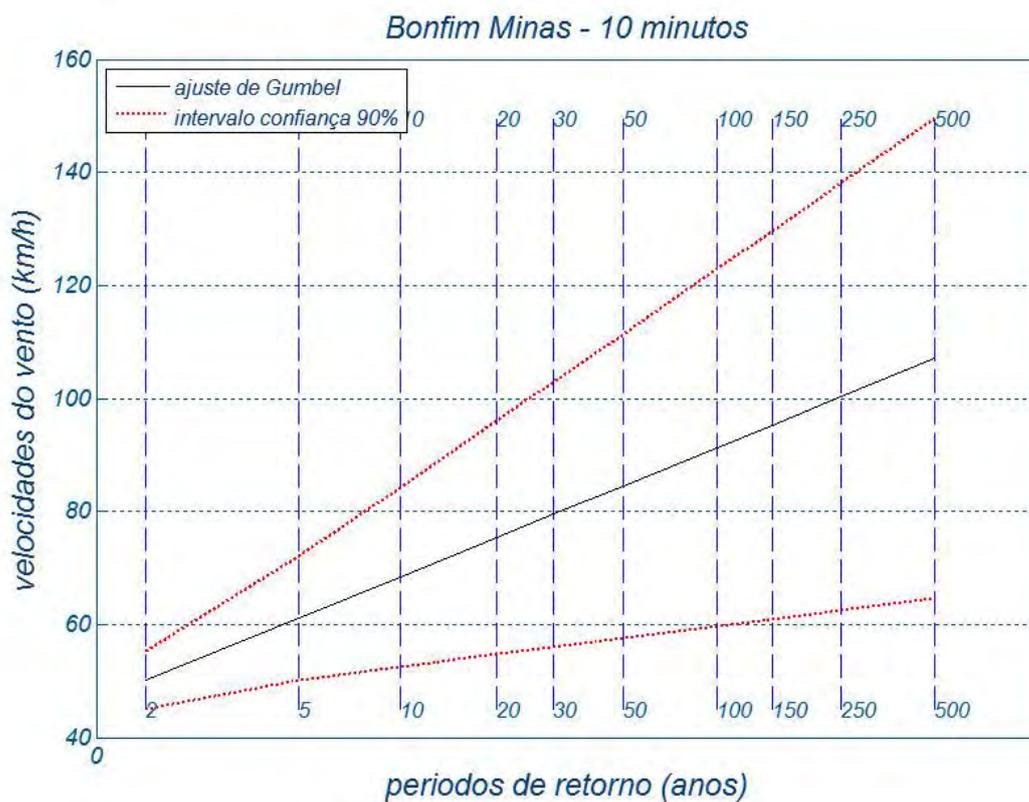
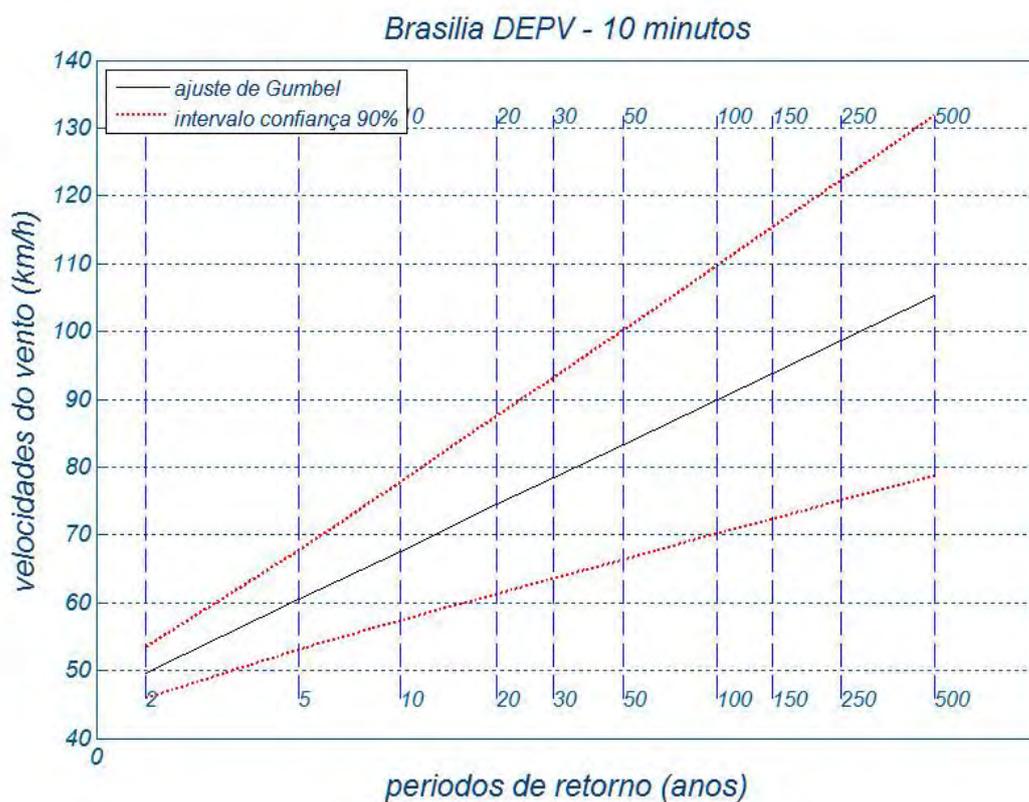


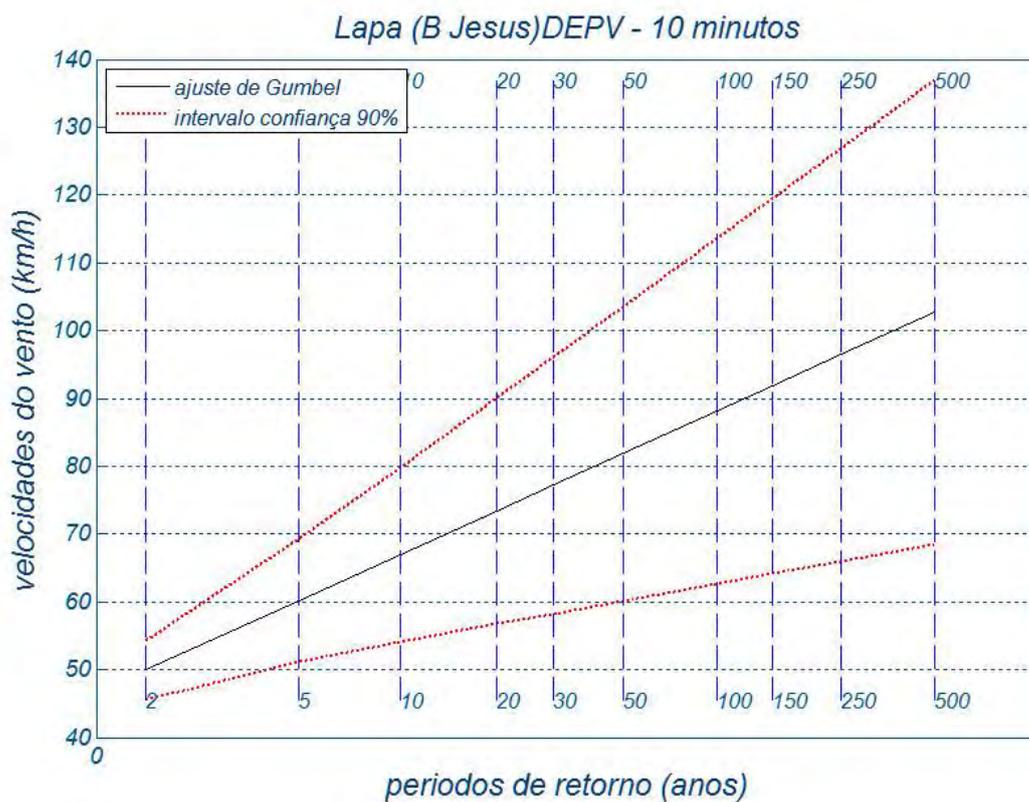
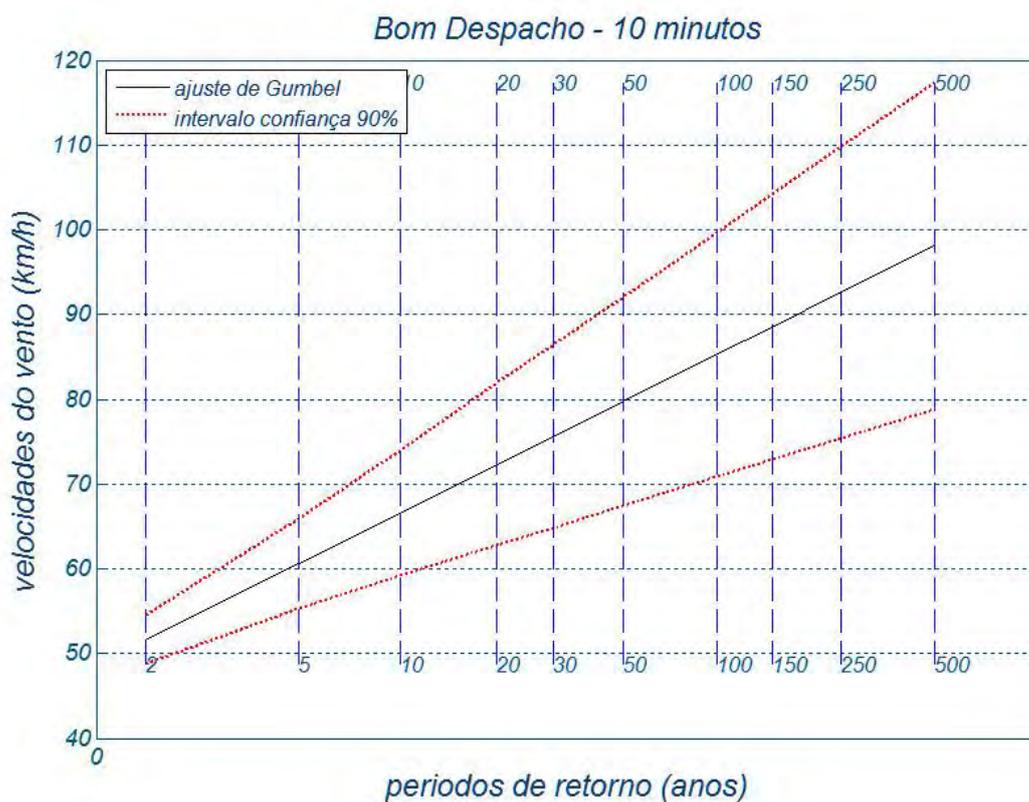


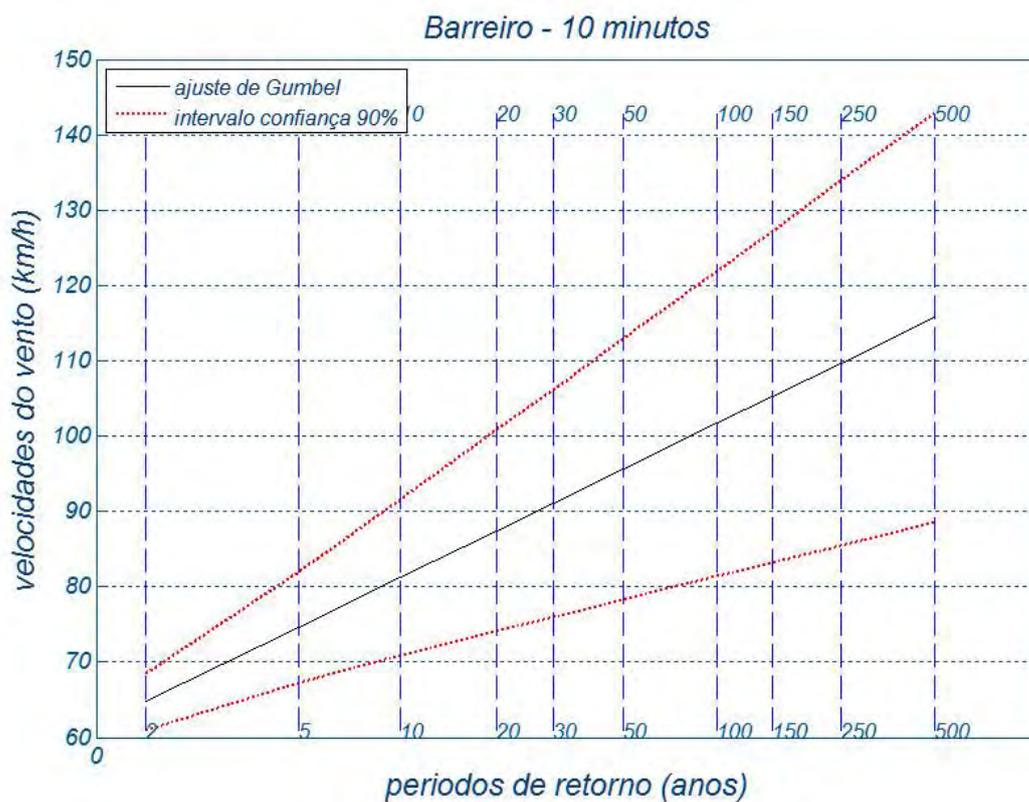
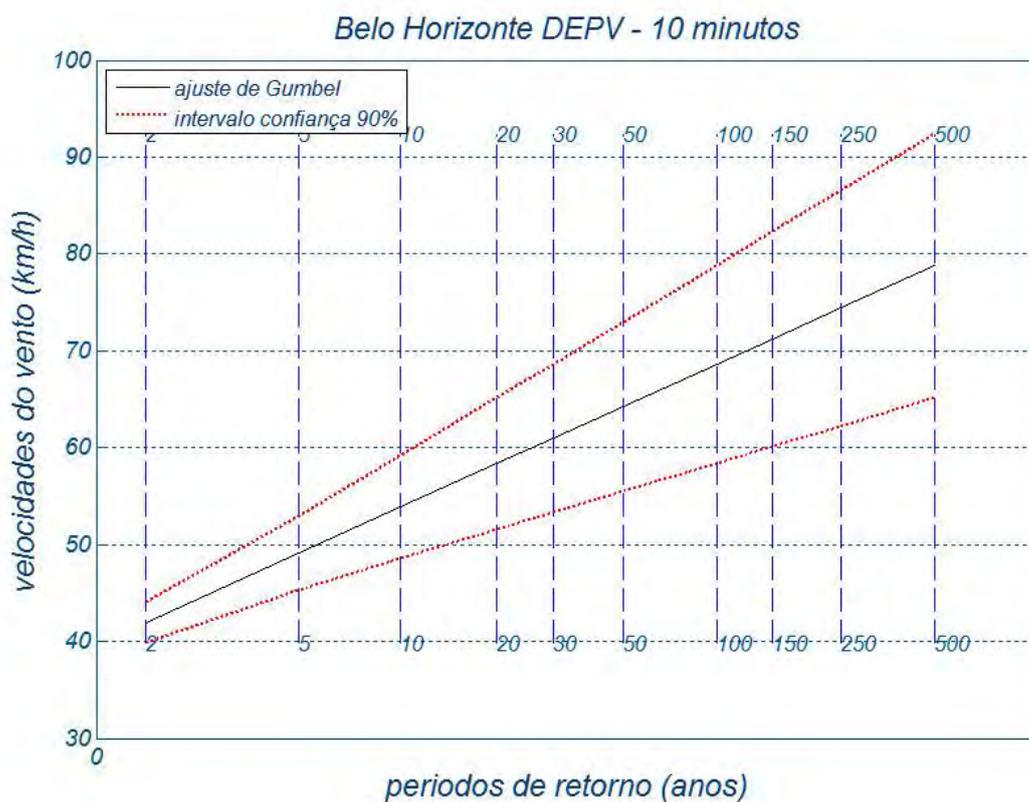


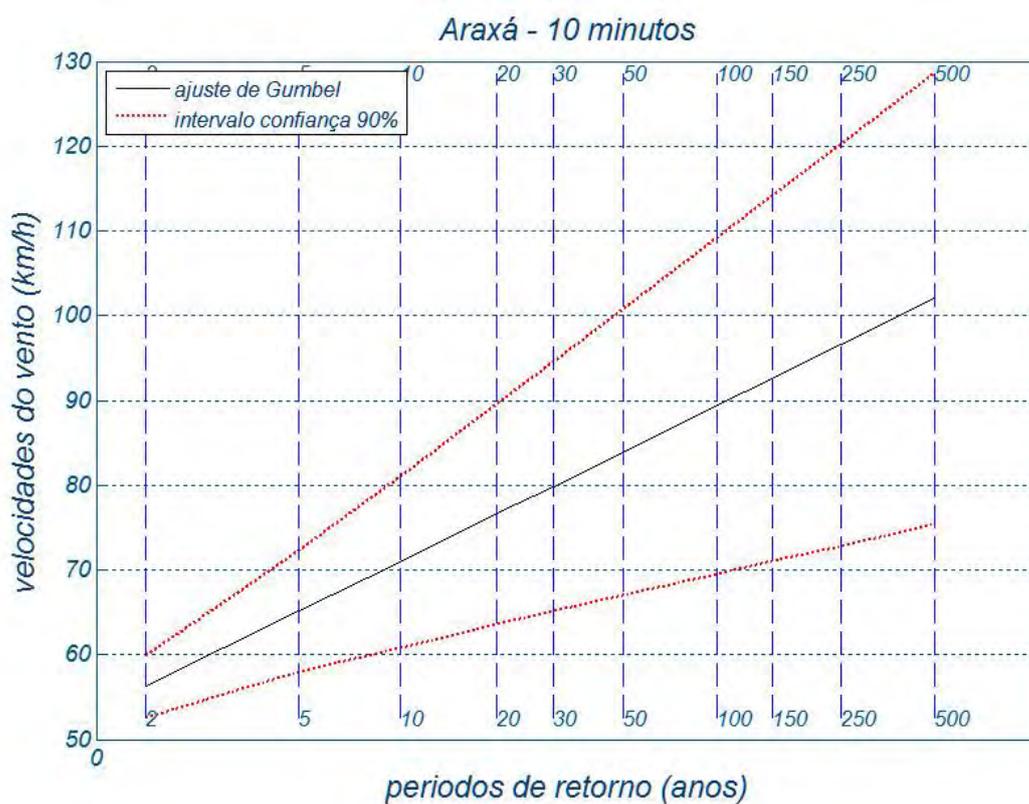
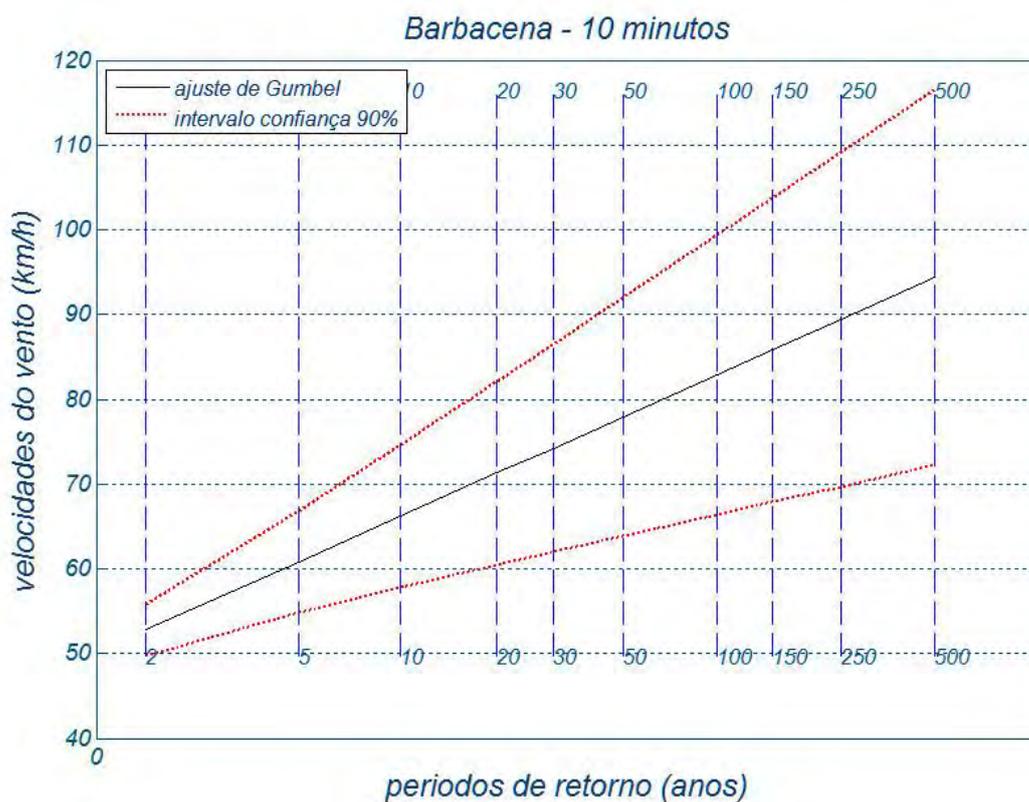


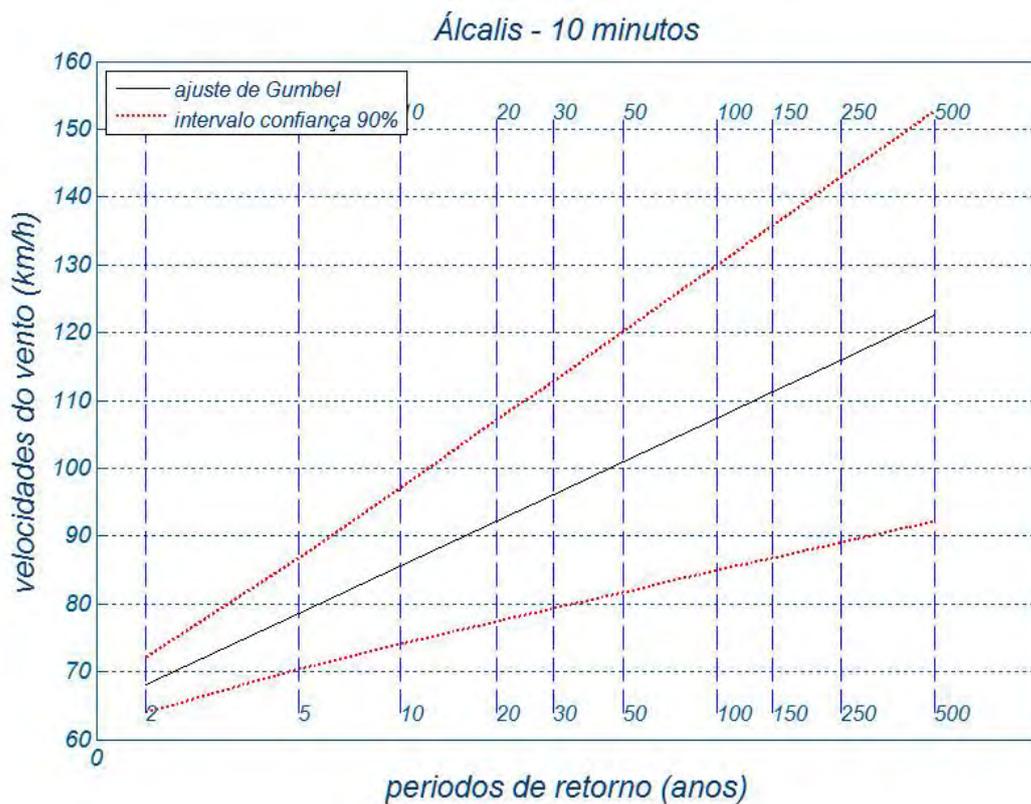
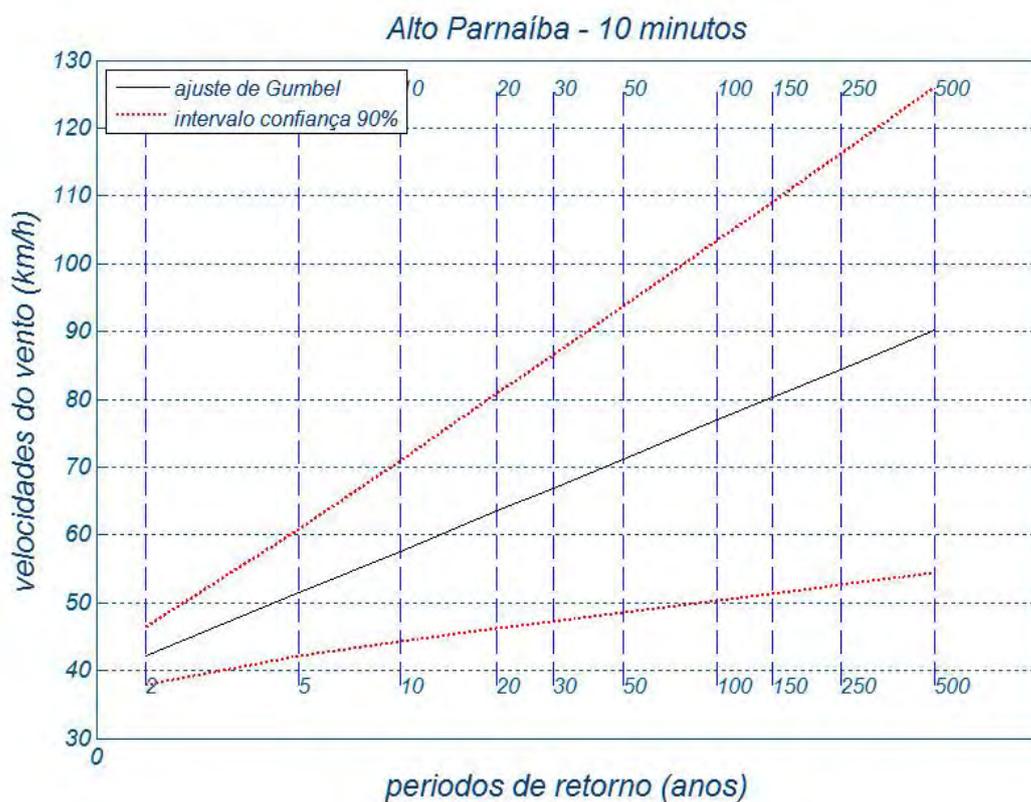


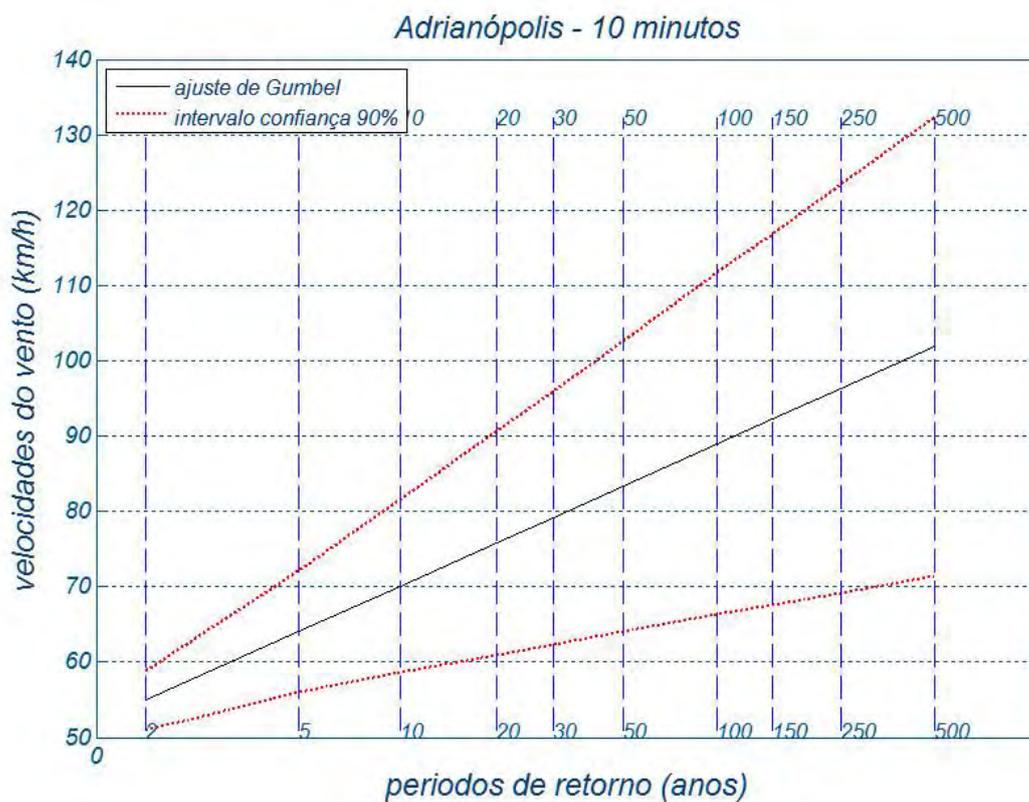
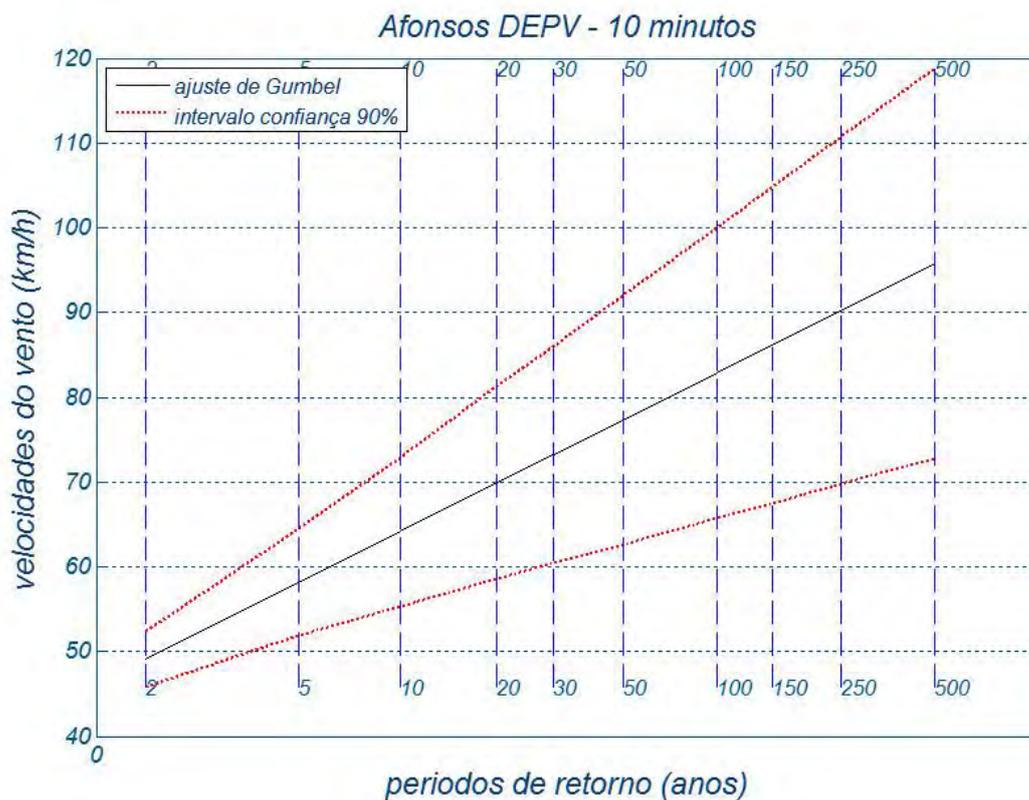


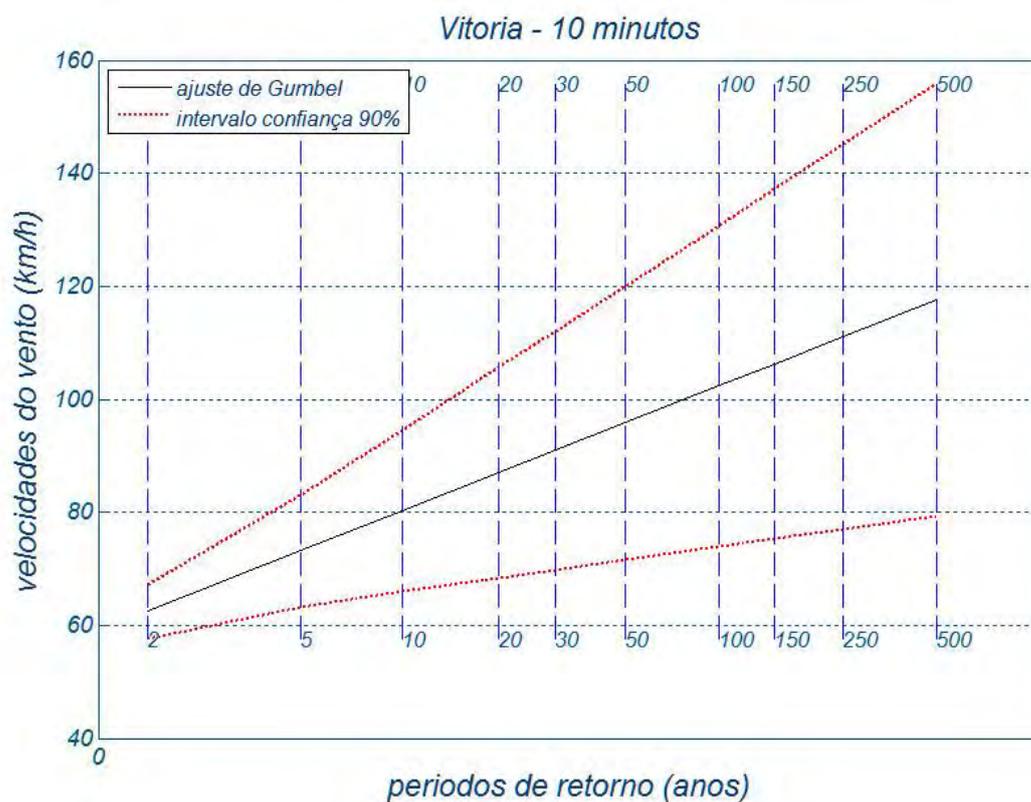








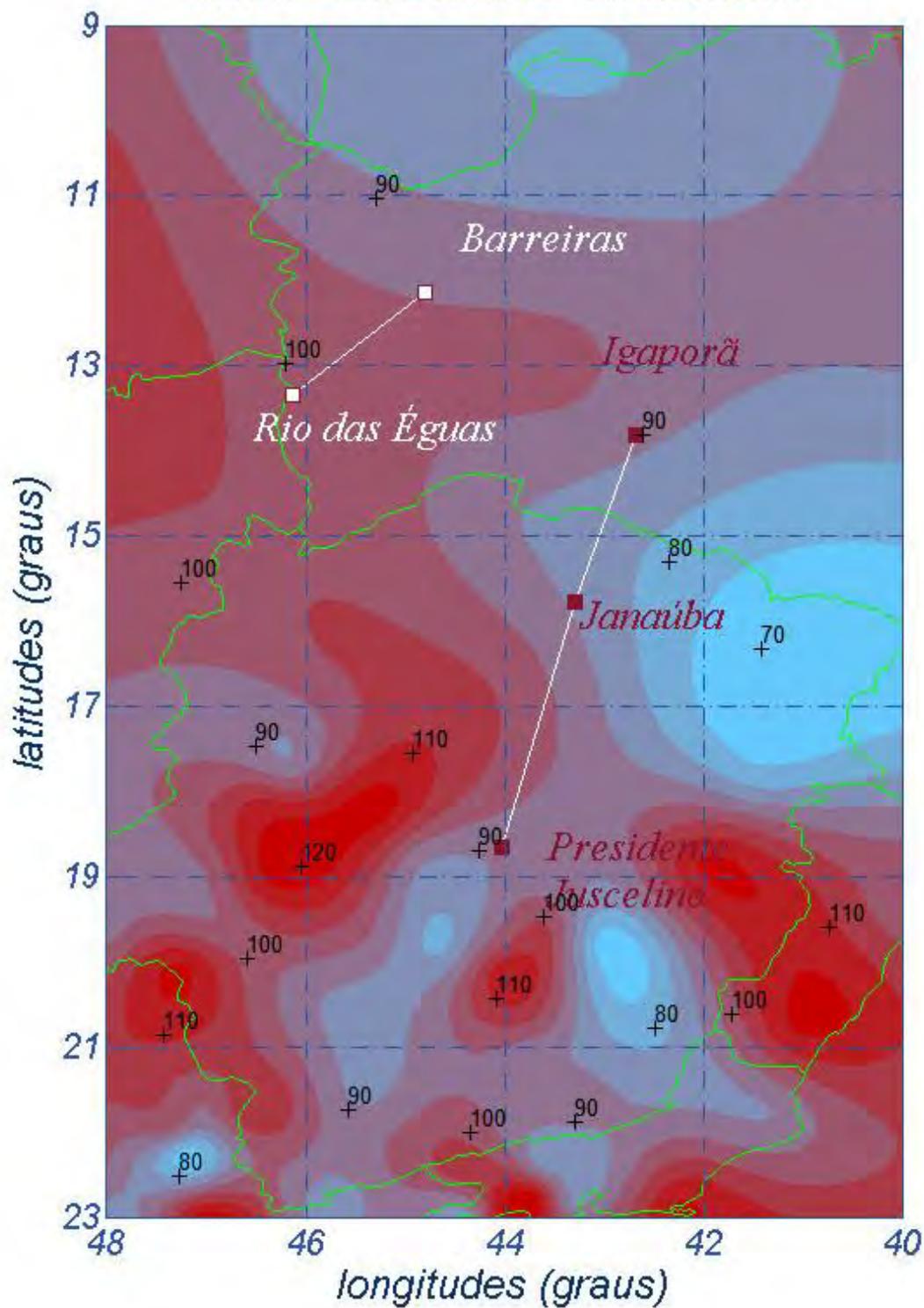




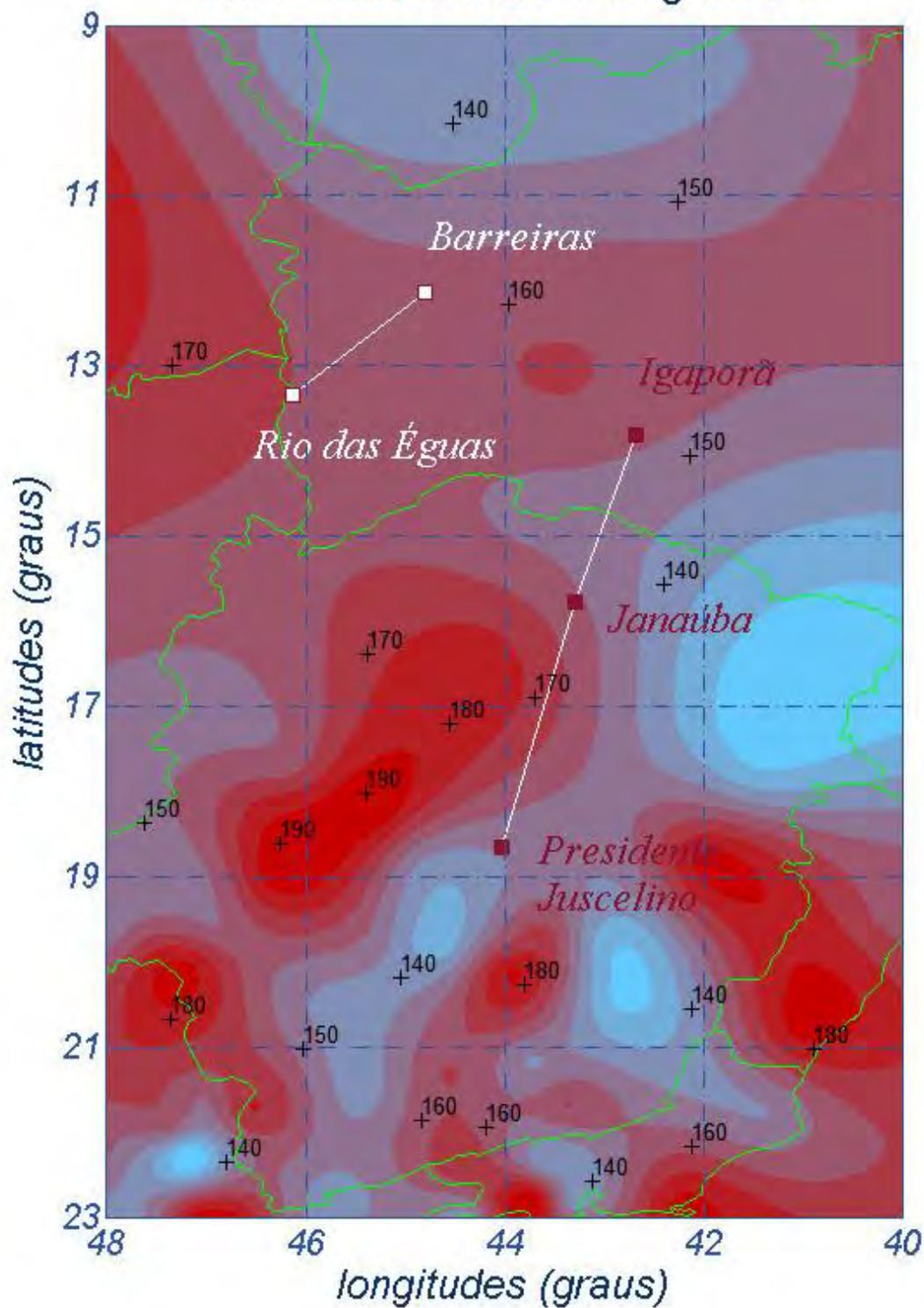
Anexo IV Os mapeamentos de isótopas da região

Seguem as isótopas para a região em estudo. Os mapas com as velocidades em cada estação (10 m de altura, terreno B) completam os resultados obtidos.

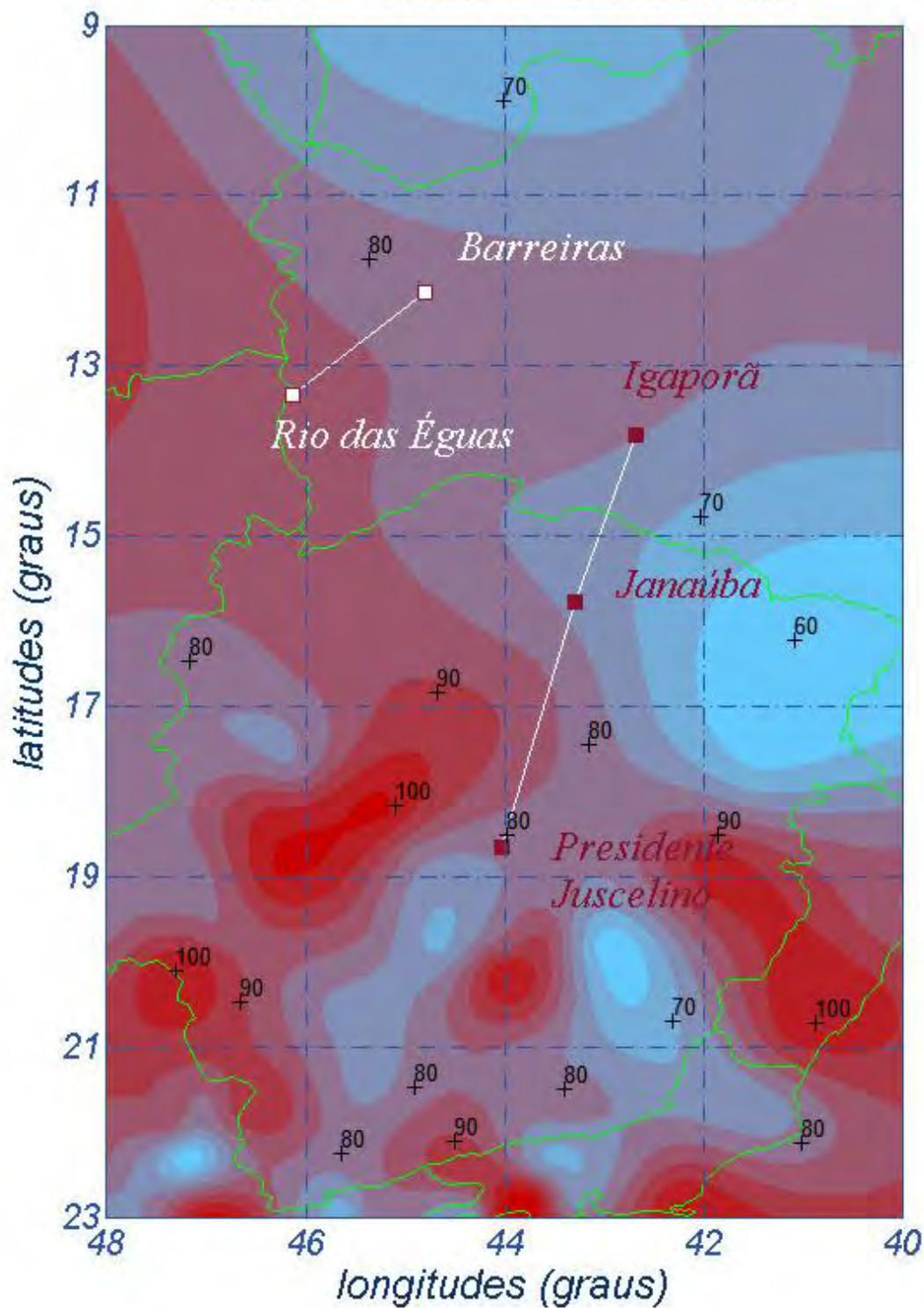
km/h - 250 anos / 10 minutos



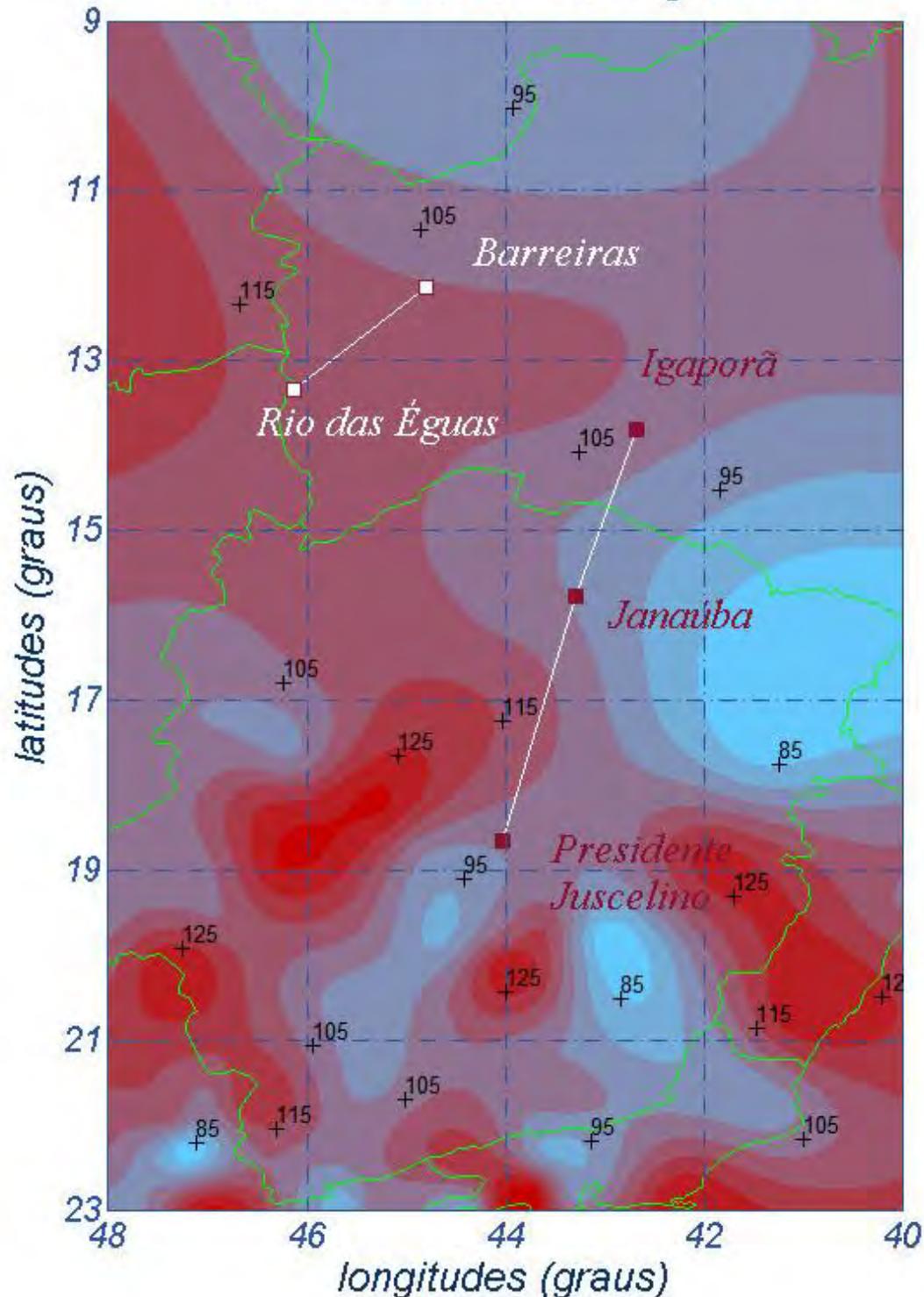
km/h - 250 anos / 3 segundos



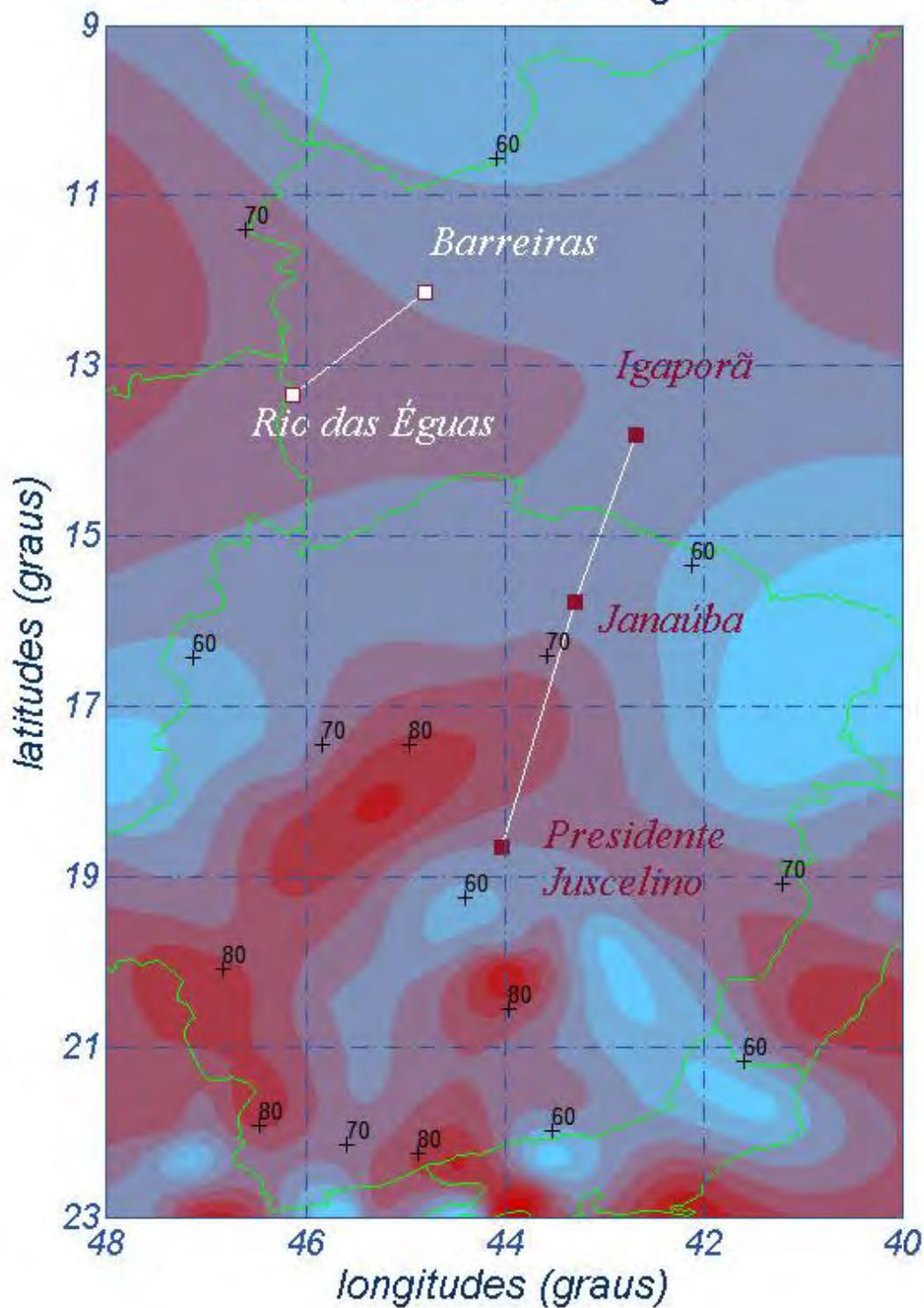
km/h - 50 anos / 10 minutos

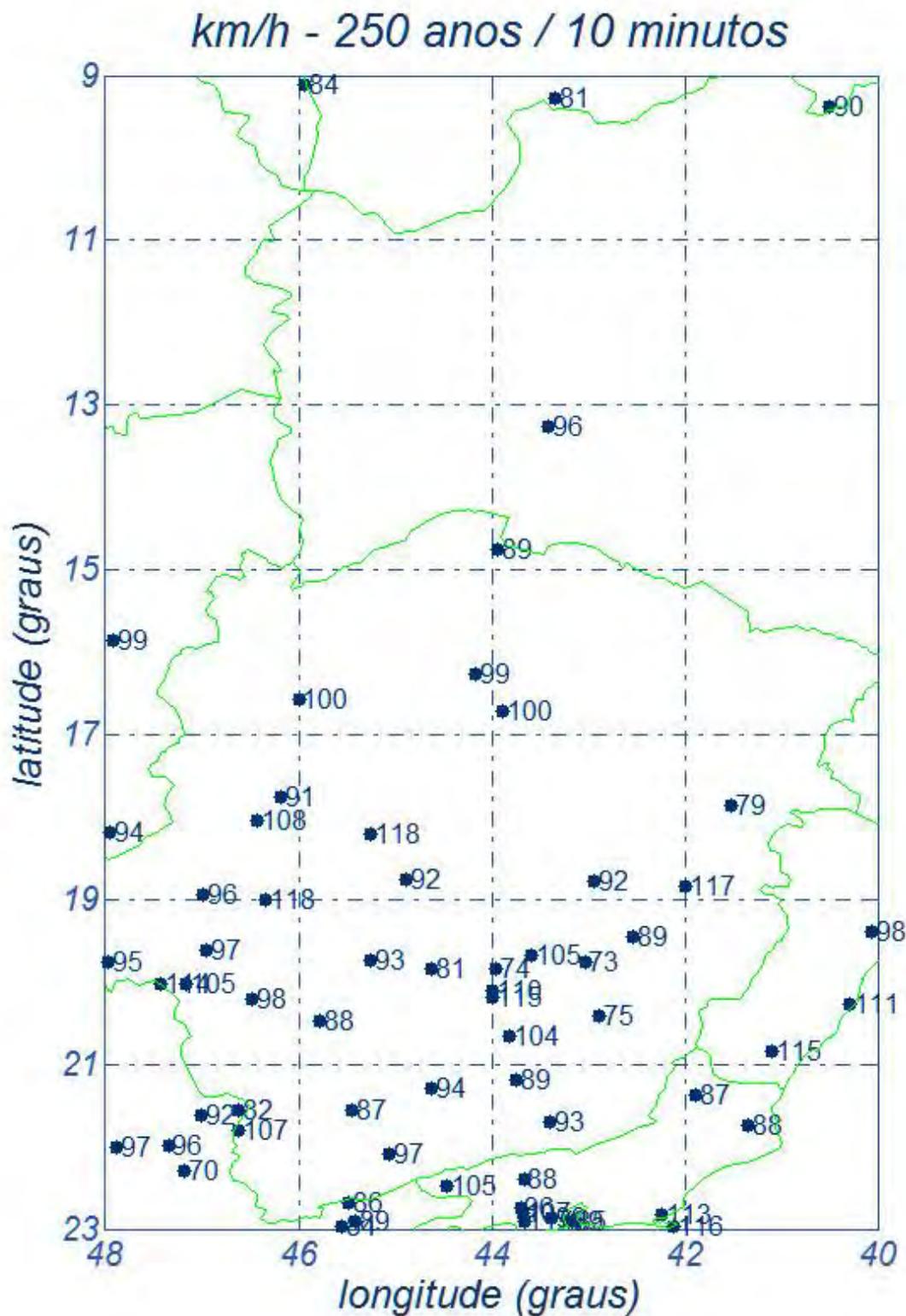


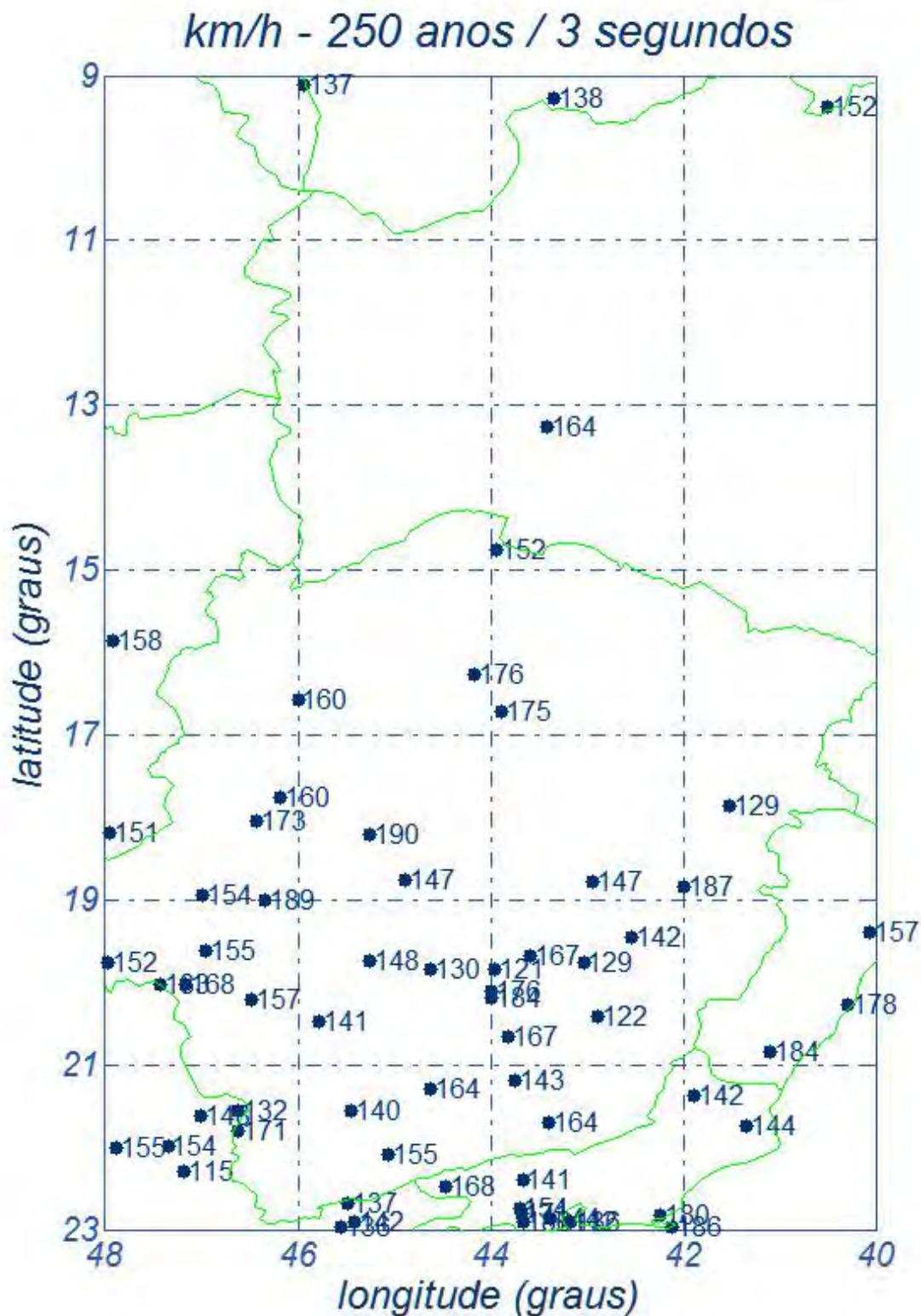
km/h - 50 anos / 30 segundos

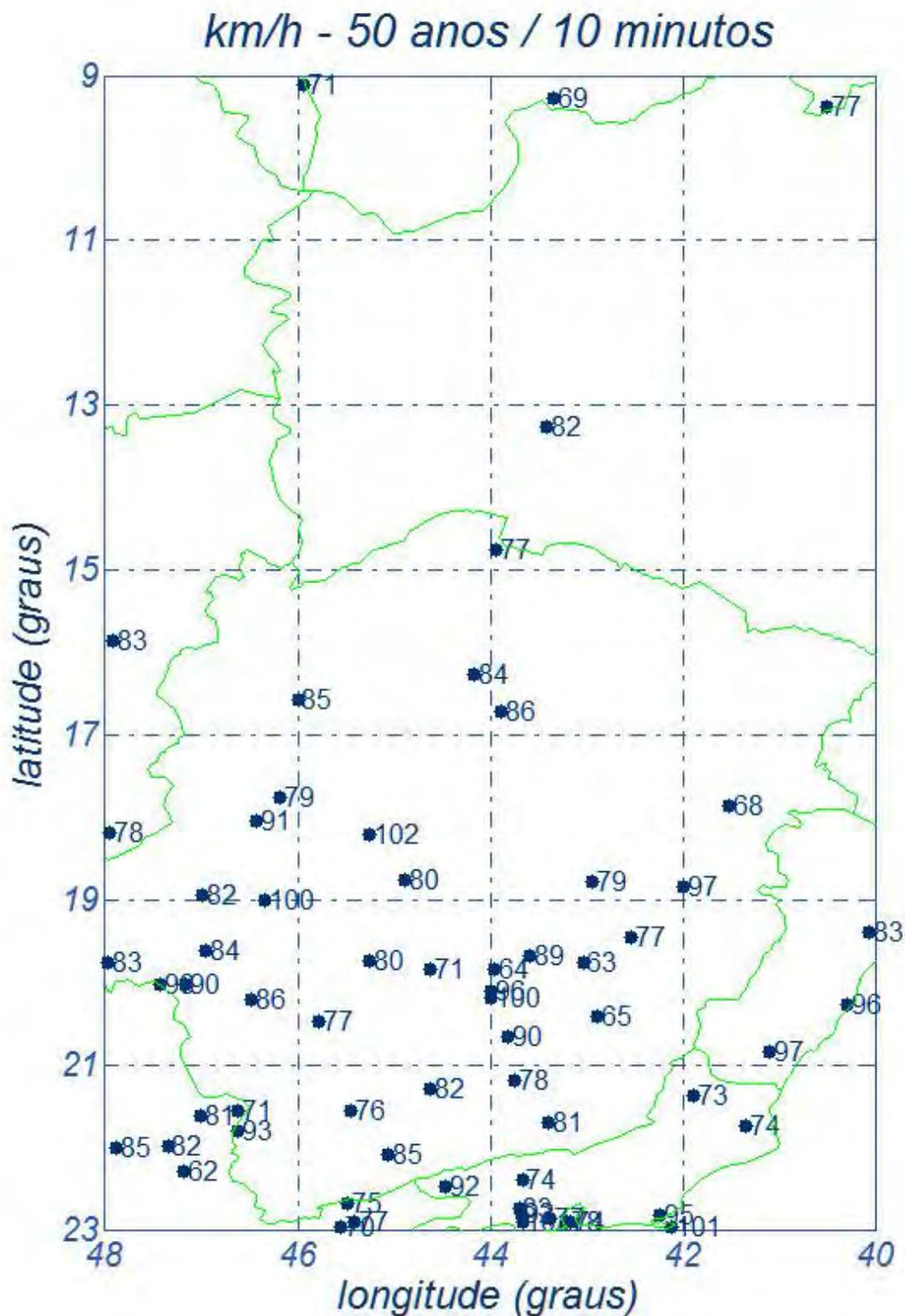


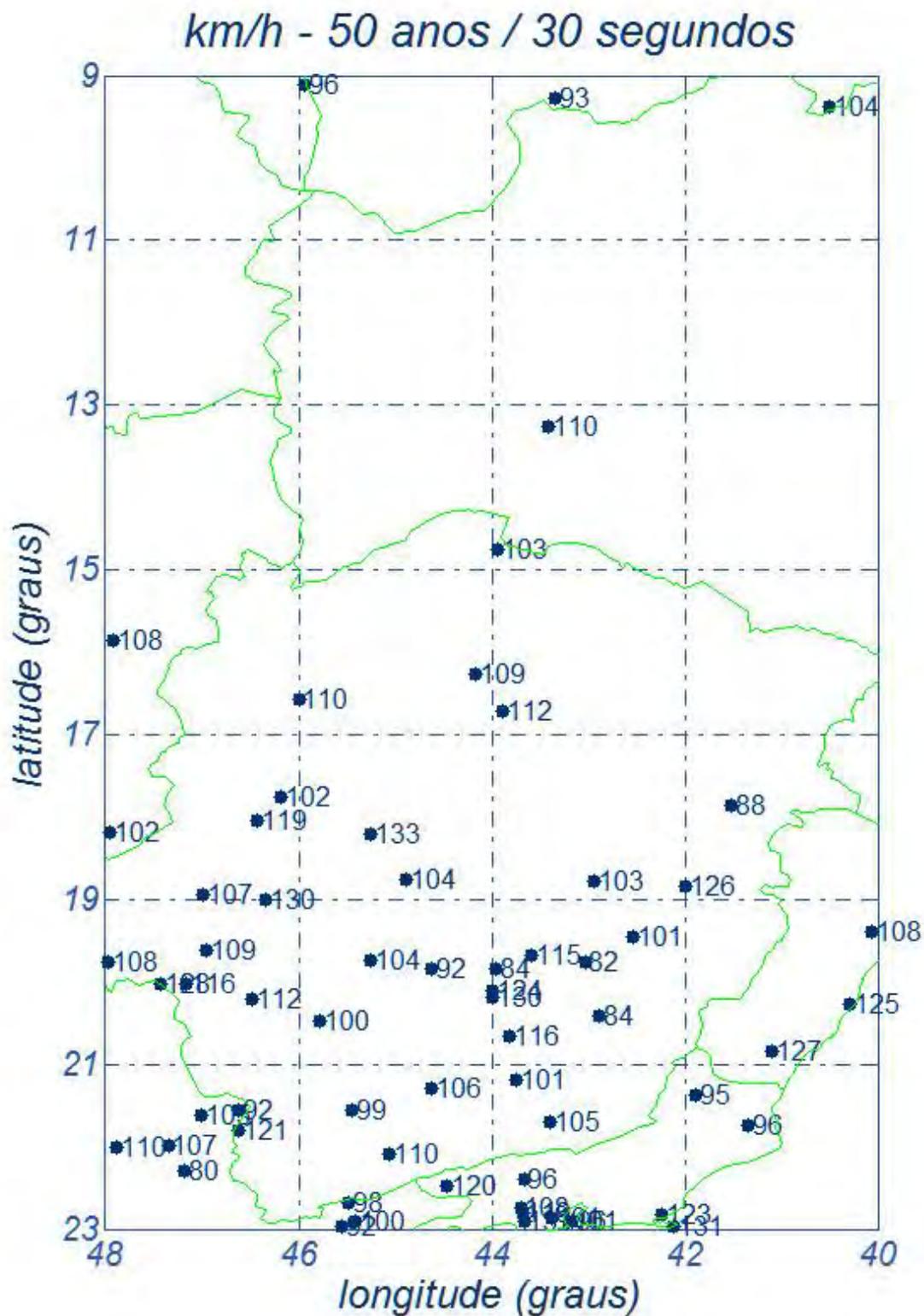
km/h - 2 anos / 30 segundos

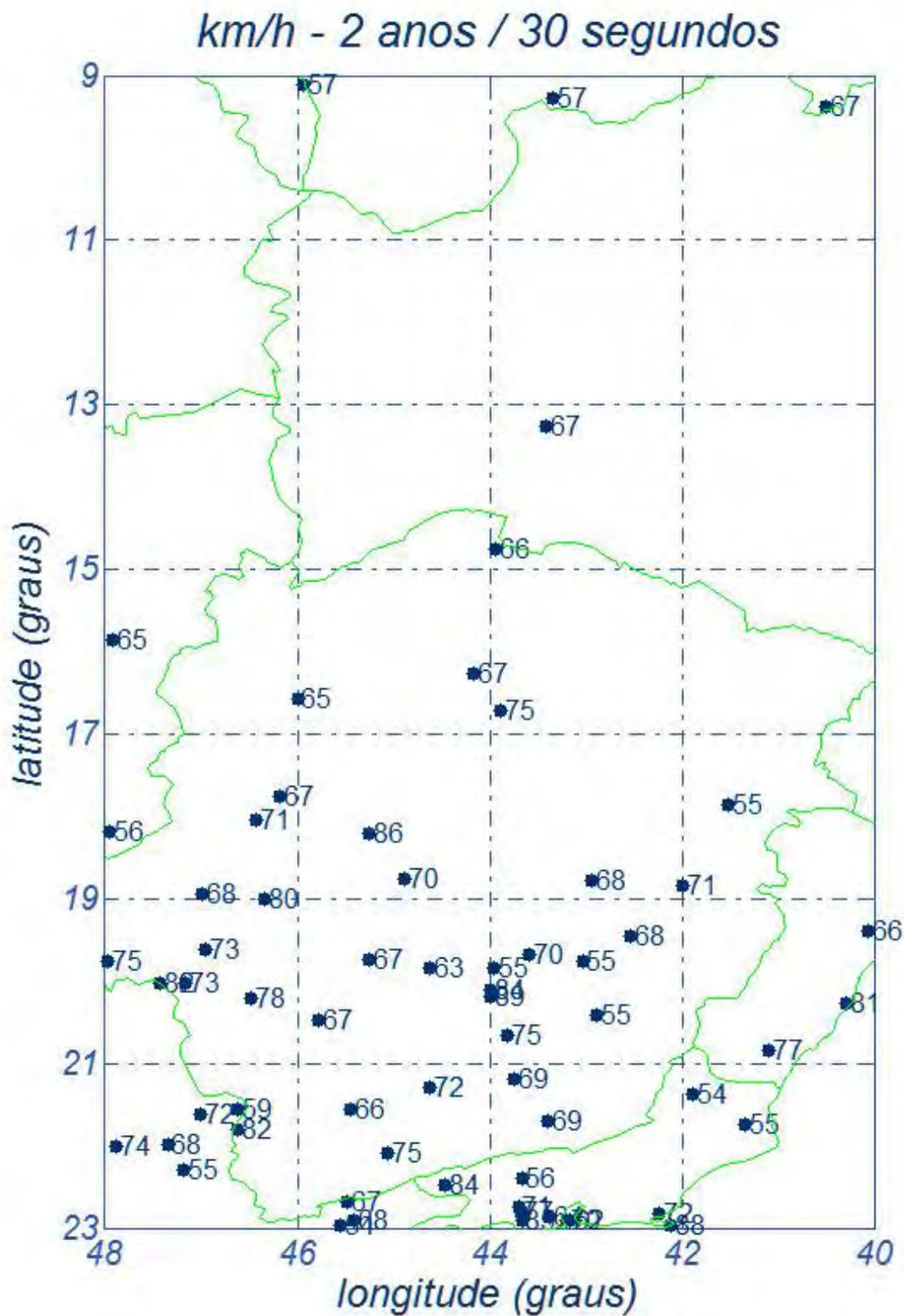












Anexo V O problema da turbulência dos ventos no Brasil

As preocupações relativas aos esforços resultantes da ação do vento sobre componentes de linhas aéreas de transmissão vêm se avolumando no Brasil, como em outros países. As ocorrências de quedas de estruturas tomam a sua devida importância num sistema de fornecimento de energia elétrica cada vez mais interligado e mais dependente de uma uniformidade de parâmetros de projeto capazes de estabelecer uma base uniforme e comparativa. Pelas suas características aleatórias, a ação do vento em LTs aéreas é sempre polêmica e sujeita a enfoques nacionais que possam introduzir alternativas sobre fenômenos típicos de cada região. Isto implica um esforço de procura de medições e modelagens próprias por parte da engenharia nacional, tal como vem se verificando no Brasil. De uma forma geral, a norma brasileira que rege o assunto em muito se serve da experiência continental adquirida ao longo de décadas e também do acervo publicado em normas internacionais (IEC 60826 e EN 50341, por exemplo).

Essa simbiose produz naturalmente alguns elementos que podem gerar certa dualidade conceitual no que trata do conhecimento estatístico que embasa o estudo, no seu todo, e nas aplicações dos seus resultados. Em poucas palavras, as análises de velocidades de vento de elevada intensidade no Brasil vêm sistematicamente revelando uma falta de aderência entre os valores locais e os divulgados como básicos para adoção internacional.

Com base nos elementos já colocados, o CEPEL e a BATÁVIA apresentaram um artigo técnico no XVII SNTTEE (Uberlândia) [6], no sentido de alertar que as velocidades de vento de elevada intensidade, e características próprias do território brasileiro, implicam uma necessidade de repensar (ou mesmo majorar) os resultados preconizados pela IEC, quando se segue sem alterações, os atuais cálculos de cargas mecânicas devidas ao vento. Posteriormente, o mesmo assunto foi aprofundado e apresentado na bienal do CIGRÉ - Paris de 2006.

É bastante realístico admitir que dados locais analisados segundo a ótica de qualquer procedimento estatístico, não raro, conduzem a valores numéricos ou a decisões práticas que diferem do que é publicado para uso generalizado, nos casos em que não se dispõe de coleta específica de dados. Esse polêmico e estimulante assunto pode ser avaliado nos seus detalhes em [7]. De forma resumida, os estudos supracitados concluíram pela necessidade de majorar as velocidades médias de 10 minutos em 8% (região sul), 12% (regiões centro-

oeste e sudeste) e 16% (regiões norte e nordeste), para fazer face à maior turbulência constatada nas velocidades de vento registradas no Brasil. Com a aludida correção, a metodologia da Norma IEC 60826 pode ser usada com maior segurança. Esse estudo já incorpora tal modificação paramétrica.

Anexo VI Regionalização dos CVs das séries históricas

Critérios de regionalização dos coeficientes de variação

A regionalização dos coeficientes de variação das séries de máximos anuais de velocidades de vento tem sido recomendada e utilizada como forma de compensar o fato de que as séries de valores disponíveis em cada estação têm variações entre limites afastados (4-5 anos até 20-25 anos) e têm, em consequência, precisão diferenciada. Os procedimentos de regionalização são, no entanto, muito variados e subjetivos, dependendo dos critérios mais afeitos ou preferidos, por parte de quem realiza essas determinações. Médias lineares, ou ponderadas pelos tempos de coleta, médias móveis, extremos de distribuições são algumas das possibilidades, aqui citadas para exemplificar.

AVI.1 Para as séries de 10 minutos

Para fins de regionalização dos valores dos coeficientes de variação das séries de velocidades máximas anuais, referidas ao tempo de média de 10 minutos, hajam vista as inúmeras tentativas isoladas feitas aqui no Brasil, levam às seguintes conclusões que se encontram ora em prática:

- 1 O valor mínimo genérico será de 13% ($CV = 13\%$), válido para qualquer estação coletora.
- 2 As estações que eventualmente apresentem valores superiores a 13% e inferiores a 16%, no estágio de medição em que se encontram, quanto aos períodos de coleta, serão consideradas como típicas de 16% ($CV=16\%$). Este mesmo valor será adotado nas estações do DEPV, face às conhecidas incertezas tanto no que se refere aos valores médios das séries como quanto aos respectivos desvios-padrão.
- 3 As estações que eventualmente apresentem valores superiores a 16%, no estágio de medição em que se encontram, quanto aos

períodos de coleta, serão consideradas como típicas de 19% (CV = 19%).

AVI.2 Para as séries de 3 segundos

Quanto aos valores da regionalização paramétrica das séries de 3 s, as seguintes ponderações são aplicáveis:

a) Para se proceder a uma regionalização paramétrica das séries de 3 s, pode-se fazer uso dos conceitos de uma análise exploratória de dados envolvendo as duas séries em questão: as de 10 minutos e as de 3 segundos, esta última também dita de valores instantâneos. Assim é que há uma relação média entre os valores médios de 3 segundos e os de 10 minutos, ~1,70 para as regiões NORTE e NORDESTE, e ~1,60 para as regiões SUDESTE, CENTRO-OESTE e SUL, valores esses obtidos por média ponderada pelos anos de coleta.

b) Além disso, verifica-se para as regiões NORTE e NORDESTE que o coeficiente de variação médio ponderado das séries de 3 s é ligeiramente inferior ao médio atualmente praticado no Brasil (12% contra 16%). Nas demais regiões, constata-se que o CV médio ponderado para 3 s é muito próximo ao que se pratica com as séries de 10 minutos (16,5% contra 16,0%). Portanto, os coeficientes de variação das séries de 3 s serão mantidos os mesmos ora praticados no Brasil, para 10 minutos, como medida conservadora.

AVI.3 Para as séries de 30 segundos

Para as séries de 30 segundos, os fatores de rajada são os obtidos por interpolação entre os valores de 3 s e de 10 minutos, ou seja, 1,35 para as regiões NORTE e NORDESTE e 1,30 para as regiões SUDESTE, CENTRO-OESTE e SUL, respectivamente.

As regiões NORTE e NORDESTE devem ser entendidas como a parte do território brasileiro situada até o paralelo 15° sul; as regiões SUDESTE e CENTRO-OESTE se estendem de mais de 15° sul até 23° sul (próximo ao trópico do Capricórnio) e a região SUL segue daí até o limite extremo do Rio Grande do Sul.

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	CABOS CONDUTORES	3
3.	CABOS PARA-RAIOS E OPGW	5
4.	VERIFICAÇÃO DAS PERDAS JOULE NA LT	6
5.	TRANSPOSIÇÃO DE FASES E DESEQUILÍBRIO DE TENSÕES	7
6.	REFERÊNCIAS	7
	ANEXO 1 - ATP	8
	ANEXO 2 - TEMPCOND	17
	ANEXO 3 - SAIDA PROGRAMA ATP DRAW	20
	ANEXO 4 – ESQUEMA DE TROCA DE PARA-RAIOS	23
	ANEXO 5 – PERDAS - LT	25
	ANEXO 6 – TRANPOSIÇÃO DE FASES	30
	ANEXO 7 – DESENHO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE V2CRL	32

1. OBJETIVO

- 1.1 Apresentar a seleção e as características principais dos cabos condutor e para-raios da LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2 em circuito simples pertencentes ao Lote 16 do Leilão 013/2015 – 2º parte.

2. CABOS CONDUTORES

2.1 CRITÉRIO E SELEÇÃO DOS CABOS

- 2.1.1 Os cabos condutores foram selecionados (Tabelas 1 a 3) em atendimento às exigências do Edital (1) e com base em critérios técnicos-econômicos, que levam em conta aspectos de mercado e as experiências desses cabos instalados no Brasil. Primordialmente a seleção dos condutores partiu da definição da configuração dos feixes condutores e da cabeça das estruturas da LT em conformidade com o Anexo Técnico do Edital (1)(8), e de forma a se obter o desempenho para a LT equivalente àquele requerido pela alternativa de referência do Edital (2) que sinaliza um SIL em torno de 1680MW, considerando a capacidade de corrente dos cabos.

TABELA 1 - QUANTO A PERDA JOULE						
REFERÊNCIA EDITAL					CONDUTOR SELECIONADO	
LT	(km)	R2 (Ref.)	Condutor R2 - Edital (CABOS X TIPO / fase)	Resistência 50°C-AC (Ω/km)	CABOS X TIPO / fase	Resistência 50°C-AC (Ω/km)
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	330	(2)	6 x 975MCM (TERN)	0,0139	6 X AAAC 838MCM (liga 1120 - AS 1531)	0,0138

TABELA 2 - QUANTO AOS PARÂMETROS ELÉTRICOS DE SEQUENCIA POSITIVA							
LT	CONDUTOR SELECIONADO	Resistência R (Ω/km)	Reatância X (Ω/km)	Susceptância B (mho/km)	Impedância Zc(Ω)	SIL (MW)	Anexo ATP
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	6 x AAAC 838MCM (liga 1120 - AS 1531)	0,0138	0,192	0,00000865	149	1680	1

TABELA 3 - QUANTO AOS PARÂMETROS ELÉTRICOS DE SEQUENCIA ZERO						
LT	CONDUTOR SELECIONADO	Resistência (Ω/km)	Reatância (Ω/km)	Susceptância (mho/km)	Impedância Zc(Ω)	Anexo ATP
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	6 x AAAC 838MCM (liga 1120 - AS 1531)	0,348	1,137	0,00000317	612	1

2.1.2 CONFIGURAÇÃO DAS FASES NAS ESTRUTURAS

A configuração das fases nas estruturas que implicam nos resultados das Tabelas 1 a 3 têm como base a cabeça da estrutura predominante definida no Relatório de Coordenação de Isolamento (7), a qual segue anexada a este relatório (anexo 8).

2.1.3 CARACTERÍSTICAS DO CABO CONDUTOR

Características dos Cabo Condutores

Aplicação	Toda a LT em cadeias de suspensão	Apenas Jumper
Tipo	AAAC	AAC
Código	LIGA 1120	AL 1350
Bitola	838 kcmil	2500 kcmil
Formação	37 FIOS	91 FIOS
Quantidade por fase ⁽¹⁾	6	3
Galvanização da alma de aço	Classe A	Classe A
Área do cabo	425,16 mm ²	1266,76 mm ²
Peso unitário	1,172 kgf/m	3,526 kgf/m
Diâmetro	26,78 mm	46,31 mm
Carga de ruptura (GA)	9.471 kgf	18.900 kgf
Resistencia Elétrica CC 20°C	0,0703 Ω/km	0,0229 Ω/km

(1) Cada fase da LT 500 kV é formada por seis cabos AAAC 838 kcmil dispostos em feixe elíptico.

2.1.4 TEMPERATURAS DE OPERAÇÃO DO CABO CONDUTOR

2.1.4.1 Parâmetros Comuns

Parâmetros Comuns	Valor Adotado
Velocidade do vento	1 m/s
Altitude	700m
Radiação solar	1000 W/m ²
Atmosfera	Limpa
Azimute da diretriz (caso mais desfavorável)	90°
Coefficiente de absorção do condutor	0,90
Coefficiente de emissividade do condutor	0,70

2.1.4.2 Parâmetros Específicos e Temperaturas de Operação dos Cabos

Com base no Edital 0013/2015 Anexo 6-16 item 2.2, onde se obtém as correntes de longa e curta duração calcula-se as temperaturas máximas de operação dos cabos, conforme Anexo 2.

LT	CONDUTOR SELECIONADO	Temp. Máxima Média (°C)	Latitude Média	CORRENTE/FASE (A)		TEMPERATURAS LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS (°C)			
				DURAÇÃO		CALCULADA		ADOTADA	
				Longa	Curta	Longa	Curta	Longa	Curta
				Longa	Curta	Longa	Curta	Longa	Curta
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	6 x AAAC 838MCM (liga 1120 - AS 1531)	28	17°	2950	4000	51	59	55	60

3. CABOS PARA-RAIOS E OPGW

3.1 CRITÉRIO PARA SELEÇÃO DOS CABOS

3.1.1 Os cabos para-raios foram definidos em função da capacidade de suportarem a corrente de curto circuito de 50 kA especificadas no Edital da ANEEL (1) (8) e submódulo 2.4 (7) e por apresentarem bom desempenho frente às descargas atmosféricas.

3.2 COMPORTAMENTO TÉRMICO DOS CABOS PARA-RAIOS

3.1 Parâmetros

3.1.1 Os cabos para-raios estão sendo considerados aterrados em todas as estruturas e conectados às malhas de terra das subestações.

3.1.2 Níveis de Curto-Circuito conforme referencias (1)(2) e (8):

TABELA 6 – NÍVEIS DE CURTO-CIRCUITO		
LT	Nível de Curto (kA)	Tempo de Eliminação do Defeito (ms)
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	50	250

3.1.3 Limites definidos para os cabos para-raios:

TABELA 7 – LIMITES DE TERMICOS E DE CORRENTE		
Cabo Para-raios	Temperatura limite (°C)	Corrente Limite (kA)
3/8" EAR, 7 fios (Classe B)	400	7,7
CAA DOTTEREL	200	26,3
OPGW 1 (Ø 15,6 mm)	180	21,9
OPGW 2 (Ø 13,4 mm)	180	10,95

3.1.4 Demais parâmetros para verificação do comportamento térmico dos cabos para-raios

LT	Compr. da LT (km)	Resistividade do Solo (Ω.m)	Resist. da malha SEs (Ω)	Resist. de aterram. das estruturas (Ω)
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	330	1000	1	20

3.2 Metodologia de Cálculo

3.2.1 As correntes de falta fase-terra ao longo da LT, assim como a divisão dessas correntes pelos cabos para-raios e pelas estruturas aterradas, foram calculadas pelo programa LTCC, o qual tem como base a metodologia descrita na referência (5).

3.2.2 Os resultados obtidos constam do Anexo 3.

3.3 Verificação de desempenho dos cabos para-raios frente as correntes de curto-circuito

3.3.1 A tabela a seguir relaciona as correntes nos cabos para-raios junto às SEs e nos pontos de transição entre configurações. Os valores junto às SEs foram lidos diretamente nos relatórios constantes do Anexo 3. Os valores intermediários foram

obtidos por interpolação linear a partir dos relatórios correspondentes à configuração analisada.

LT	Situação de Instalação dos Cabos			Corrente Máxima Calculada (kA)
	Local	Tipo de Cabo	Extensão (*) (km)	
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	Junto às SE	Dotterel	15 em cada SE	20,33
		OPGW 1	15 em cada SE	21,51
	Entre as SE's	3/8" EHS	296	7,52
		OPGW 2	296	10,76

(*) As extensões foram definidas em função das características dos cabos OPGW considerados na Tabela 10. Estas extensões poderão ser alteradas em função dos cabos OPGW que vierem a ser efetivamente adquiridos, ou em função de um novo arranjo na configuração dos mesmos (exemplo: extensão OPGW 1 + OPGW2 diferente de Dotterel + 3/8").

3.3.2 Conforme pode ser observado pela Tabela 9 os valores máximos de corrente de curto-circuito para os cabos para-raios selecionados atendem aos limites térmicos especificados na Tabela 7. A representação gráfica da configuração adotada consta do Anexo 4.

3.3.3 CARACTERÍSTICAS DOS CABOS PARA-RAIOS

TIPO	BITOLA	FORMAÇÃO	Classe Galvan.	Seção (mm ²)	Diâm. (mm)	Peso (kgf/m)	Carga de Ruptura (kgf)
CAA DOTTEREL	176,9 kcmil	12/7	B	141,89	15,42	0,657	7.857
Aço zinc. EHS	3/8"	7 fios	B	51,08	9,14	0,407	6.985
OPGW 1 (Loose)	15,6 mm	10 fios aço-alumínio Tubo óptico metálico	-	145,00	15,6	0,800	12.623
OPGW 2 (Loose)	13,4 mm	9 fios aço-alumínio Tubo óptico metálico	-	103,00	13,4	0,682	9.477

4. VERIFICAÇÃO DAS PERDAS JOULE NA LT

4.1 Para as perdas do cabo condutor empregou-se a resistência de sequência positiva da LT mostrada na Tabela 1 deste relatório. Já para os cabos para-raios as perdas foram calculadas pelo programa PERDAS – LT.

LT (Todas as linha com transposição de fases)	Cabos Para-Raios			Condutor		% Perda Para-Raios com relação ao Condutor
	Configuração dos Cabos	Perda Unitária (kW/km)	Perda Total (*) (kW/km)	Perda Por fase (kW/km)	Perda Circuito (kW/km)	
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	CAA DOTTEREL + OPGW 15,6	31,27	20,38	220,8	662,4	3,08
	3/8" EHS + OPGW 13,4	19,28				

4.2 Conforme se pode observar as perdas nos cabos para-raios são inferiores ao limite de 5% das perdas nos condutores, como exigido pela ANEEL (1).

5. TRANSPOSIÇÃO DE FASES E DESEQUILÍBRIO DE TENSÕES

5.1 A LT terá um ciclo completo de transposição. As estruturas de transposição deverão ser posicionadas em locais que correspondam a 1/6, 1/3, 1/3 e 1/6 da extensão da LT, conforme referencia (4) e arranjo esquemático mostrado no Anexo 6.

6. REFERÊNCIAS

- 1** Anexo 6-14 a 6-19 – Edital – Leilão 013/2015 - 2ª parte da ANEEL
- 2** Relatório R2 – Detalhamento de Alternativa de Referência - Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2
- 3** NBR 8449 – Dimensionamento de cabos para-raios para linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 4** Submódulo 2.4 do ONS - Requisitos Mínimos para Linhas de Transmissão Aéreas
- 5** Artigo IEEE 70TP101-PWR, 1970 - General equations for fault currents in transmission line ground wires.
- 6** Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0003 DADOS CLIMATOLÓGICOS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2
- 7** Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0009 COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2
- 8** Anexo 6 – Especificações Técnicas Gerais – Leilão 013/2015 - 2ª parte da ANEEL

ANEXO 1 - ATP


```

Line conductor card. 4.300E-01 7.853E-02 4 | 20.4300.078530 4 2.678 -0.245 36.305 14.485 0.0 0.0 0
Line conductor card. 4.300E-01 7.853E-02 4 | 20.4300.078530 4 2.678 0.245 36.305 14.485 0.0 0.0 0
Line conductor card. 4.300E-01 7.853E-02 4 | 30.4300.078530 4 2.678 -5.455 35.61 13.79 0.0 0.0 0
Line conductor card. 4.300E-01 7.853E-02 4 | 30.4300.078530 4 2.678 -5.980 34.32 12.5 0.0 0.0 0
Line conductor card. 4.300E-01 7.853E-02 4 | 30.4300.078530 4 2.678 -7.030 34.32 12.5 0.0 0.0 0
Line conductor card. 4.300E-01 7.853E-02 4 | 30.4300.078530 4 2.678 -7.555 35.61 13.79 0.0 0.0 0
Line conductor card. 4.300E-01 7.853E-02 4 | 30.4300.078530 4 2.678 -7.030 36.90 15.08 0.0 0.0 0
Line conductor card. 4.300E-01 7.853E-02 4 | 30.4300.078530 4 2.678 -5.980 36.90 15.08 0.0 0.0 0
Line conductor card. 5.000E-01 4.232E+00 4 | 0.5000 4.23220 4 0.9144 -15.85 44.95 25.13 0.0 0.0 0
Line conductor card. 2.500E-01 7.240E-01 4 | 0.2500 0.72400 4 1.3400 15.85 44.95 25.13 0.0 0.0 0
Blank card terminating conductor cards. |BLANK - FIM DOS DADOS DE CONDUTORES
Comment card. NUMDCD = 42. |C RHO - RESISTIVIDADE ohm.km (1-8)
Comment card. NUMDCD = 43. |C FREQUENC - FREQUENCIA Hz (9-18)
Comment card. NUMDCD = 44. |C FCAR - ALTA PRECISAO NA FORMULA DE CARSON (19-28)
Comment card. NUMDCD = 45. |C ICPR - IMPRESSAO MATRIZ SUSCEPTANCIA (30-35)
Comment card. NUMDCD = 46. |C IZPR - IMPRESSAO MATRIZ IMPEDANCIA (37-42)
Comment card. NUMDCD = 47. |C I - ICAP: IMPRESAO DA MATRIZ DE SUSCEP EM mho/km - I=0 OU EM F/km - I=1 (44)
Comment card. NUMDCD = 48. |C DIST - COMPRIMENTO DA LT km (45-52)
Comment card. NUMDCD = 49. |C S - ISEG: CABO PARA-RAIO CONTÍNUO - S=0 OU SEGMENTADO - S=1 (58)
Comment card. NUMDCD = 50. |C MD - MODELO DA LINHA TRASPOSTA - MD=0 OU NÃO-TRASPOSTA - MD=1 (69-70)
Comment card. NUMDCD = 51. |C RHO FREQUENC FCAR ICPR IZPR I DIST S MD
Comment card. NUMDCD = 52. |C -----|-----|-----| |----| |----| X|-----| |--|XX|---|---|---|X|X
Frequency card. 1.000E+03 6.000E+01 4.100E+02 |1000. 60.00 1 111 111 1 410. 0 0

```

Line conductor table after sorting and initial processing.

Table	Phase	Skin effect	Resistance	Reactance data specification	Diameter	Horizontal	Avg height	
Row	Number	R-type	R (Ohm/km)	X-type X (Ohm/km) or GMR	(cm)	X (mtrs)	Y (mtrs)	Name
1	1	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	7.555	21.063
2	2	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	0.480	21.047
3	3	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	-5.455	21.063
4	1	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	7.030	19.773
5	1	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	5.980	19.773
6	1	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	5.455	21.063
7	1	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	5.980	22.353
8	1	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	7.030	22.353
9	2	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	0.245	20.367
10	2	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	-0.245	20.367
11	2	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	-0.480	21.063
12	2	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	-0.245	21.758
13	2	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	0.245	21.758
14	3	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	-5.980	19.773

15	3	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	-7.030	19.773
16	3	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	-7.555	21.063
17	3	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	-7.030	22.353
18	3	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	-5.980	22.353
19	0	.50000	4.23220	4	.000000	.91440	-15.850	31.737
20	0	.25000	.72400	4	.000000	1.34000	15.850	31.737

Matrices are for earth resistivity = 1.00000000E+03 Ohm-meters and frequency 6.00000000E+01 Hz. Correction factor = 1.00000000E-06

Capacitance matrix, in units of [farads/kmeter] for the system of physical conductors. Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

1	1.009434E-08
2	-1.247631E-10 1.176100E-08
3	-5.188610E-11 -1.524354E-10 1.023128E-08
4	-2.058093E-09 -1.577028E-10 -5.974698E-11 1.017617E-08
5	-1.085624E-09 -2.583620E-10 -7.647249E-11 -2.637847E-09 1.024254E-08
6	-1.016465E-09 -3.355320E-10 -8.188594E-11 -1.054647E-09 -1.958016E-09 1.023148E-08
7	-1.093197E-09 -2.615907E-10 -8.303521E-11 -6.220118E-10 -7.233175E-10 -1.964540E-09 1.022720E-08
8	-2.064956E-09 -1.612733E-10 -6.593919E-11 -7.891068E-10 -6.209552E-10 -1.060689E-09 -2.653074E-09 1.016130E-08
9	-1.189307E-10 -2.487158E-09 -1.988420E-10 -1.750490E-10 -2.792492E-10 -2.970487E-10 -1.997878E-10 -1.286304E-10 1.192507E-08
10	-9.013457E-11 -1.335134E-09 -2.983343E-10 -1.320860E-10 -1.993807E-10 -1.989713E-10 -1.399300E-10 -9.584295E-11 -3.648225E-09 1.190758E-08
11	-7.256990E-11 -1.448118E-09 -3.356578E-10 -8.865319E-11 -1.295428E-10 -1.524401E-10 -1.344782E-10 -9.323635E-11 -1.311928E-09 -2.434123E-09 1.176002E-08
12	-9.540267E-11 -1.304573E-09 -3.028536E-10 -9.629944E-11 -1.399032E-10 -2.040017E-10 -2.105406E-10 -1.429764E-10 -6.488963E-10

```

-7.987917E-10 -2.444212E-09 1.189454E-08
13 -1.248980E-10 -2.392244E-09 -2.042387E-10 -1.299096E-10 -2.010848E-10 -3.039592E-10 -2.919997E-10 -1.869065E-10 -7.987080E-10
-6.531162E-10 -1.327971E-09 -3.672367E-09 1.187790E-08
14 -4.931606E-11 -1.300711E-10 -1.958220E-09 -6.718090E-11 -8.595643E-11 -7.648599E-11 -6.457871E-11 -5.237082E-11 -1.992343E-10
-2.803421E-10 -2.576739E-10 -2.003833E-10 -1.401570E-10 1.024234E-08
15 -4.159082E-11 -8.902493E-11 -1.054933E-09 -5.435671E-11 -6.720621E-11 -5.979644E-11 -5.346039E-11 -4.508471E-11 -1.319990E-10
-1.757523E-10 -1.573906E-10 -1.295862E-10 -9.657655E-11 -2.638118E-09 1.017579E-08
16 -3.851121E-11 -7.264588E-11 -1.016861E-09 -4.160274E-11 -4.936166E-11 -5.196824E-11 -5.728503E-11 -4.909481E-11 -9.011462E-11
-1.194966E-10 -1.249813E-10 -1.247016E-10 -9.572940E-11 -1.085995E-09 -2.058625E-09 1.009359E-08
17 -4.905211E-11 -9.298237E-11 -1.061145E-09 -4.506910E-11 -5.240524E-11 -6.601614E-11 -8.295326E-11 -7.022083E-11 -9.580954E-11
-1.292828E-10 -1.620010E-10 -1.865553E-10 -1.433684E-10 -6.213871E-10 -7.897332E-10 -2.065845E-09 1.016025E-08
18 -5.718345E-11 -1.339818E-10 -1.964869E-09 -5.340073E-11 -6.457249E-11 -8.305821E-11 -1.014767E-10 -8.287038E-11 -1.398179E-10
-2.007195E-10 -2.625940E-10 -2.911533E-10 -2.108816E-10 -7.236407E-10 -6.224859E-10 -1.093869E-09 -2.653857E-09 1.022662E-08
19 -7.339856E-11 -7.088874E-11 -1.831884E-10 -5.675851E-11 -5.580900E-11 -7.475014E-11 -1.107743E-10 -1.059395E-10 -6.183429E-11
-7.030586E-11 -8.829659E-11 -1.211435E-10 -1.100739E-10 -1.663432E-10 -2.347725E-10 -3.321351E-10 -3.978739E-10 -3.089346E-10
6.185981E-09
20 -3.470161E-10 -9.188901E-11 -7.840909E-11 -2.453001E-10 -1.738330E-10 -1.914669E-10 -3.228629E-10 -4.157363E-10 -7.329770E-11
-6.487019E-11 -7.462030E-11 -1.149791E-10 -1.270540E-10 -5.859851E-11 -5.972058E-11 -7.728323E-11 -1.113917E-10 -1.162702E-10
-2.638029E-10 6.460008E-09

```

Capacitance matrix, in units of [farads/kmeter] for the system of equivalent phase conductors.
 Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

```

1  1.832795E-08
2 -6.153068E-09  1.771497E-08
3 -2.232452E-09 -6.157370E-09  1.831072E-08

```

Capacitance matrix, in units of [farads/kmeter] for symmetrical components of the equivalent phase conductor
 Rows proceed in the sequence (0, 1, 2), (0, 1, 2), etc.; columns proceed in the sequence (0, 2, 1), (0, 2, 1), etc.

```

0  8.422618E-09
   0.000000E+00
1  7.599059E-10 -1.204704E-09
   -1.303762E-09 -2.091591E-09
2  7.599059E-10  2.296551E-08 -1.204704E-09
   1.303762E-09  8.409999E-25  2.091591E-09

```

Impedance matrix, in units of Ohms/kmeter for the system of physical conductors.
 Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

```

1  1.380926E-01
   9.396820E-01
2  5.822571E-02  1.380934E-01
   4.489406E-01  9.396812E-01
3  5.822351E-02  5.822594E-02  1.380926E-01
   4.030126E-01  4.621880E-01  9.396820E-01
4  5.825553E-02  5.825525E-02  5.825313E-02  1.381516E-01
   5.714544E-01  4.533245E-01  4.056867E-01  9.396196E-01
5  5.825550E-02  5.825545E-02  5.825352E-02  5.828501E-02  1.381516E-01
   5.428298E-01  4.659279E-01  4.122339E-01  5.927219E-01  9.396196E-01
6  5.822603E-02  5.822610E-02  5.822428E-02  5.825550E-02  5.825553E-02  1.380926E-01
   5.405222E-01  4.754912E-01  4.162855E-01  5.428298E-01  5.714544E-01  9.396820E-01
7  5.819667E-02  5.819663E-02  5.819473E-02  5.822608E-02  5.822610E-02  5.819670E-02  1.380339E-01
   5.428921E-01  4.658887E-01  4.122963E-01  5.192234E-01  5.250012E-01  5.715167E-01  9.397443E-01

```


8	5.819670E-02 5.715167E-01	5.819644E-02 4.533141E-01	5.819435E-02 4.057491E-01	5.822610E-02 5.250012E-01	5.822608E-02 5.192234E-01	5.819667E-02 5.428921E-01	5.816735E-02 5.928467E-01	1.380339E-01 9.397443E-01	
9	5.824115E-02 4.461205E-01	5.824235E-02 6.213369E-01	5.824147E-02 4.646601E-01	5.827073E-02 4.517610E-01	5.827093E-02 4.643230E-01	5.824156E-02 4.713284E-01	5.821206E-02 4.605179E-01	5.821186E-02 4.490122E-01	1.381244E-01 9.396483E-01
10	5.824104E-02 4.412698E-01	5.824235E-02 5.969346E-01	5.824156E-02 4.713284E-01	5.827062E-02 4.465409E-01	5.827084E-02 4.582020E-01	5.824147E-02 4.646601E-01	5.821197E-02 4.549518E-01	5.821175E-02 4.441440E-01	5.825786E-02 6.502148E-01
	1.381244E-01 9.396483E-01								
11	5.822511E-02 4.393476E-01	5.822646E-02 5.995292E-01	5.822572E-02 4.754920E-01	5.825467E-02 4.433149E-01	5.825489E-02 4.542925E-01	5.822556E-02 4.621887E-01	5.819607E-02 4.543548E-01	5.819585E-02 4.433773E-01	5.824197E-02 5.960695E-01
	5.824197E-02 6.197010E-01	1.380926E-01 9.396820E-01							
12	5.820933E-02 4.413043E-01	5.821063E-02 5.952885E-01	5.820984E-02 4.713639E-01	5.823886E-02 4.441179E-01	5.823907E-02 4.549266E-01	5.820976E-02 4.646953E-01	5.818031E-02 4.582968E-01	5.818009E-02 4.466360E-01	5.822612E-02 5.671700E-01
	5.822612E-02 5.715798E-01	5.821025E-02 6.198319E-01	1.380610E-01 9.397156E-01						
13	5.820944E-02 4.461550E-01	5.821063E-02 6.182242E-01	5.820976E-02 4.646953E-01	5.823896E-02 4.489865E-01	5.823916E-02 4.604932E-01	5.820984E-02 4.713639E-01	5.818040E-02 4.644176E-01	5.818020E-02 4.518560E-01	5.822612E-02 5.715798E-01
	5.822612E-02 5.671700E-01	5.821025E-02 5.961551E-01	5.819443E-02 6.502820E-01	1.380610E-01 9.397156E-01					
14	5.825271E-02 3.996578E-01	5.825527E-02 4.543292E-01	5.825553E-02 5.714544E-01	5.828240E-02 4.029502E-01	5.828280E-02 4.092949E-01	5.825352E-02 4.122339E-01	5.822391E-02 4.076426E-01	5.822351E-02 4.015584E-01	5.827084E-02 4.582020E-01
	5.827093E-02 4.643230E-01	5.825507E-02 4.658778E-01	5.823916E-02 4.604932E-01	5.823907E-02 4.549266E-01	1.381516E-01 9.396196E-01				
15	5.825226E-02 3.940716E-01	5.825505E-02 4.433423E-01	5.825550E-02 5.428298E-01	5.828196E-02 3.970982E-01	5.828240E-02 4.029502E-01	5.825313E-02 4.056867E-01	5.822351E-02 4.015584E-01	5.822308E-02 3.959121E-01	5.827062E-02 4.465409E-01
	5.827073E-02	5.825487E-02	5.823896E-02	5.823886E-02	5.828501E-02	1.381516E-01			

	4.517610E-01	4.532887E-01	4.489865E-01	4.441179E-01	5.927219E-01	9.396196E-01			
16	5.822261E-02 3.917303E-01	5.822549E-02 4.393470E-01	5.822603E-02 5.405222E-01	5.825226E-02 3.940716E-01	5.825271E-02 3.996578E-01	5.822351E-02 4.030126E-01	5.819393E-02 3.997201E-01	5.819349E-02 3.941340E-01	5.824104E-02 4.412698E-01
	5.824115E-02 4.461205E-01	5.822533E-02 4.489412E-01	5.820944E-02 4.461550E-01	5.820933E-02 4.413043E-01	5.825550E-02 5.428298E-01	5.825553E-02 5.714544E-01	1.380926E-01 9.396820E-01		
17	5.819349E-02 3.941340E-01	5.819623E-02 4.433488E-01	5.819667E-02 5.428921E-01	5.822308E-02 3.959121E-01	5.822351E-02 4.015584E-01	5.819435E-02 4.057491E-01	5.816483E-02 4.030750E-01	5.816440E-02 3.972230E-01	5.821175E-02 4.441440E-01
	5.821186E-02 4.490122E-01	5.819606E-02 4.533511E-01	5.818020E-02 4.518560E-01	5.818009E-02 4.466360E-01	5.822608E-02 5.192234E-01	5.822610E-02 5.250012E-01	5.819670E-02 5.715167E-01	1.380339E-01 9.397443E-01	
18	5.819393E-02 3.997201E-01	5.819645E-02 4.543168E-01	5.819670E-02 5.715167E-01	5.822351E-02 4.015584E-01	5.822391E-02 4.076426E-01	5.819473E-02 4.122963E-01	5.816522E-02 4.094197E-01	5.816483E-02 4.030750E-01	5.821197E-02 4.549518E-01
	5.821206E-02 4.605179E-01	5.819625E-02 4.659402E-01	5.818040E-02 4.644176E-01	5.818031E-02 4.582968E-01	5.822610E-02 5.250012E-01	5.822608E-02 5.192234E-01	5.819667E-02 5.428921E-01	5.816735E-02 5.928467E-01	1.380339E-01 9.397443E-01
19	5.797662E-02 3.518725E-01	5.798099E-02 3.726879E-01	5.798288E-02 3.930485E-01	5.800594E-02 3.515631E-01	5.800661E-02 3.543160E-01	5.797795E-02 3.576411E-01	5.794869E-02 3.578871E-01	5.794803E-02 3.548762E-01	5.799637E-02 3.719495E-01
	5.799659E-02 3.734885E-01	5.798105E-02 3.758652E-01	5.796534E-02 3.766514E-01	5.796512E-02 3.749821E-01	5.801205E-02 3.899898E-01	5.801233E-02 3.931982E-01	5.798344E-02 4.003837E-01	5.795434E-02 4.040707E-01	5.795406E-02 3.998545E-01
	4.289974E+00 1.022059E+00								
20	5.798344E-02 4.003837E-01	5.798142E-02 3.758265E-01	5.797795E-02 3.576411E-01	5.801233E-02 3.931982E-01	5.801205E-02 3.899898E-01	5.798288E-02 3.930485E-01	5.795406E-02 3.998545E-01	5.795434E-02 4.040707E-01	5.799659E-02 3.734885E-01
	5.799637E-02 3.719495E-01	5.798061E-02 3.727235E-01	5.796512E-02 3.749821E-01	5.796534E-02 3.766514E-01	5.800661E-02 3.543160E-01	5.800594E-02 3.515631E-01	5.797662E-02 3.518725E-01	5.794803E-02 3.548762E-01	5.794869E-02 3.578871E-01
	5.773252E-02 3.363802E-01	7.817993E-01 9.864849E-01							

Impedance matrix, in units of Ohms/kmeter for the system of equivalent phase conductors.
Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

```

1  1.287873E-01
   4.837527E-01

2  1.132973E-01  1.251203E-01
   3.276487E-01  5.355300E-01

3  1.115097E-01  1.102445E-01  1.226492E-01
   2.811698E-01  3.371202E-01  5.027614E-01

```

Impedance matrix, in units of Ohms/kmeter for symmetrical components of the equivalent phase conductor
 Rows proceed in the sequence (0, 1, 2), (0, 1, 2), etc.; columns proceed in the sequence (0, 2, 1), (0, 2, 1), etc.

```

0  3.488866E-01
   1.137974E+00

1  -2.052294E-02 -1.718023E-02
   -2.147193E-02  1.032830E-02

2  2.523065E-02  1.383505E-02  1.756998E-02
   -2.393068E-02  1.920351E-01  9.690903E-03

```

Sequence	Surge impedance		Attenuation	velocity	Wavelength	Resistance	Reactance	Susceptance
	magnitude (Ohm)	angle (degr.)	db/km	km/sec	km	Ohm/km	Ohm/km	mho/km
Zero :	6.12253E+02	-8.52240E+00	2.50242E-03	1.96085E+05	3.26808E+03	3.48887E-01	1.13797E+00	3.17525E-06
Positive:	1.49124E+02	-2.06036E+00	4.03178E-04	2.92184E+05	4.86973E+03	1.38350E-02	1.92035E-01	8.65779E-06

ANEXO 2 - TEMPCOND

 * PROGRAMA TEMPCOND VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 kV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C2 17-03-17*

DADOS GERAIS

=====

DIAMETRO : 2.6780 (cm)
 RESISTENCIA A 50.0 oC : .0800 (Ohm/km)
 TEMP. CONDUTOR (VALOR INICIAL) : 40.0000 (oC)
 PASSO DA TEMPERATURA : 1.0000 (oC)
 TEMP. CONDUTOR (VALOR FINAL) : 100.0000 (oC)
 FATOR DE EMISSIVIDADE : .7000 (p.u.)

 VELOCIDADE DO VENTO : 3.6000 (Km/h)
 TEMPERATURA AMBIENTE : 28.0000 (oC)
 ALTITUDE DA REGIAO : 700.0000 (m)

 HORA LOCAL : 12.0000 (h)
 LATITUDE DA REGIAO : -17.0000 (GRAUS)
 DECLINACAO SOLAR : -23.0000 (GRAUS)
 AZIMUTE DA LT : 90.0000 (GRAUS)
 TIPO DE ATMOSFERA : LIMPA
 COEFIC. DE ABSORCAO : .9000 (p.u.)

 IRRADIACAO SOLAR : 10011.3900 (W/km.cm)

RESULTADOS

=====

TEMPERATURA DO CONDUTOR (oC)	CORRENTE TRANSMISSIVEL PELO CONDUTOR (A)
40.0000	.0000
41.0000	.0000
42.0000	158.2534
43.0000	227.2954
44.0000	279.5302
45.0000	323.2146
46.0000	361.4645
47.0000	395.8606
48.0000	427.3365
49.0000	456.4983
50.0000	483.7666
51.0000	509.4471
52.0000	533.7705
53.0000	556.9160
54.0000	579.0263
55.0000	600.2172
56.0000	620.5839
57.0000	640.2064
58.0000	659.1523
59.0000	677.4792

 * PROGRAMA TEMPCOND VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 kV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C2 17-03-17*

TEMPERATURA DO CONDUTOR (oC)	CORRENTE TRANSMISSIVEL PELO CONDUTOR (A)
60.0000	695.2375
61.0000	712.4704
62.0000	729.2162
63.0000	745.5086
64.0000	761.3777
65.0000	776.8505
66.0000	791.9507
67.0000	806.7002
68.0000	821.1187
69.0000	835.2241
70.0000	849.0328
71.0000	862.5596
72.0000	875.8185
73.0000	888.8221
74.0000	901.5820
75.0000	914.1092
76.0000	926.4137
77.0000	938.5048
78.0000	950.3915
79.0000	962.0817
80.0000	973.5833
81.0000	984.9033
82.0000	996.0483
83.0000	1007.0250
84.0000	1017.8390
85.0000	1028.4960
86.0000	1039.0020
87.0000	1049.3610
88.0000	1059.5790
89.0000	1069.6590
90.0000	1079.6060
91.0000	1089.4250
92.0000	1099.1190
93.0000	1108.6910
94.0000	1118.1460
95.0000	1127.4860
96.0000	1136.7160
97.0000	1145.8370
98.0000	1154.8540
99.0000	1163.7680
100.0000	1172.5830

ANEXO 3 - SAIDA PROGRAMA ATP DRAW

D - DISTANCIA DO PONTO DE FALTA A SE 1 (KM)
 I - CORRENTE DE CC TOTAL (kA)
 I1 - CONTRIBUICAO DA SE JANAÚBA 3 (kA)
 I2 - CONTRIBUICAO DA SE PRESIDENTE JUSCELINO (kA)
 IE - CORRENTE QUE DESCE PELA ESTRUTURA ONDE HOUE O CURTO (kA) TERMINAIS APÓS DE 15KM
 IV1 - CORRENTE EM DIRECAO A SE JANAÚBA 3 NO CABO PARA-RAIOS V (kA) DOTTEREL AÇO 3/8 EAR
 IV2 - CORRENTE EM DIRECAO A SE PRES. JUSCELINO NO CABO PARA-RAIOS V (kA) DOTTEREL AÇO 3/8 EAR
 IW1 - CORRENTE EM DIRECAO A SE JANAÚBA 3 NO CABO PARA-RAIOS W (kA) OPGW 15,6 OPGW 13,4
 IW2 - CORRENTE EM DIRECAO A SE PRES. JUSCELINO NO CABO PARA-RAIOS W (KA) OPGW 15,6 OPGW 13,4

	Local do defeito (km) Distância entre SE JANAÚBA 3 e Local da Falta	I	I1	I2	IE	IV1	IW1	IV2	IW2
DOTTEREL + OPGW 15,6	0,1	51,76	48,63	3,15	2,11	20,33	21,51	4,18	4,15
	1	48,30	45,26	3,06	2,16	20,21	21,22	2,56	2,59
	5	37,24	34,47	2,77	2,66	14,49	15,25	2,74	2,75
	15	25,39	22,82	2,57	2,40	7,52	8,06	1,51	6,34
ACO 3/8 + OPGW13,4	25	17,80	15,44	2,35	3,17	2,39	10,76	0,34	1,46
	54	10,25	8,03	2,22	4,26	0,79	3,70	0,31	1,33
	163	6,36	3,18	3,18	1,39	0,45	2,08	0,45	2,08
	272	10,25	2,22	8,03	4,26	0,31	1,33	0,79	3,70
	301	17,80	2,35	15,44	3,17	0,34	1,46	2,39	10,76
DOTTEREL + OPGW 15,6	311	25,39	2,57	22,82	2,40	1,51	6,34	7,52	8,06
	321	37,24	2,77	34,47	2,66	2,74	2,75	14,49	15,25
	325	48,30	3,06	45,26	2,16	2,56	2,59	20,21	21,22
	325,9	51,76	3,15	48,63	2,11	4,18	4,15	20,33	21,51

ANEXO 4 – ESQUEMA DE TROCA DE PARA-RAIOS



LT 500 kV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C2

ANEXO 5 – PERDAS - LT

 * PROGRAMA PERDAS-LT VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 KV CAL 1120 838 - DOTTEREL + OPGW15,6 17- 3-2017*

FREQUÊNCIA = 60.0 Hz
 RESISTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO = 1000.0 ohms.m
 EXTENSÃO DA LT = 1.0 km
 NÚMERO DE CABO(S) PÁRA-RAIOS = 2
 RESISTÊNCIA DO CABO PÁRA-RAIOS X = 0.3221 ohms/km
 RESISTÊNCIA DO CABO PÁRA-RAIOS Y = 0.4000 ohms/km
 GMR DO CABO PÁRA-RAIOS X = 0.006620 m
 GMR DO CABO PÁRA-RAIOS Y = 0.005200 m

ABSCISSA CABO PÁRA-RAIOS X: -16.00500 m
 ORDENADA CABO PÁRA-RAIOS X: 29.34000 m
 ABSCISSA CABO PÁRA-RAIOS Y: 16.00500 m
 ORDENADA CABO PÁRA-RAIOS Y: 29.34000 m

CIRCUITO SIMPLES TRIFÁSICO

ABSCISSA FASE A1 : -6.50500 m
 ORDENADA FASE A1 : 19.69000 m
 ABSCISSA FASE B1 : 0.00000 m
 ORDENADA FASE B1 : 20.98000 m
 ABSCISSA FASE C1 : 6.50500 m
 ORDENADA FASE C1 : 19.69000 m

DISTÂNCIA FASE A1 - PÁRA-RAIOS X = 13.54 m
 DISTÂNCIA FASE B1 - PÁRA-RAIOS X = 18.06 m
 DISTÂNCIA FASE C1 - PÁRA-RAIOS X = 24.49 m
 DISTÂNCIA FASE A1 - PÁRA-RAIOS Y = 24.49 m
 DISTÂNCIA FASE B1 - PÁRA-RAIOS Y = 18.06 m
 DISTÂNCIA FASE C1 - PÁRA-RAIOS Y = 13.54 m
 DISTÂNCIA ENTRE CABOS PÁRA-RAIOS X e Y = 32.01 m

LINHA TRANSPOSTA

TRECHO 1:

IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS X = 0.0593 +J 0.3990 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS X = 0.0593 +J 0.3773 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS X = 0.0593 +J 0.3543 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS Y = 0.0593 +J 0.3543 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS Y = 0.0593 +J 0.3773 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS Y = 0.0593 +J 0.3990 ohms/km

 * PROGRAMA PERDAS-LT VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 KV CAL 1120 838 - DOTTEREL + OPGW15,6 17- 3-2017*

TRECHO 2:

IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km

TRECHO 3:

IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km

IMPEDÂNCIA PRÓPRIA PÁRA-RAIOS X	=	0.3814 +J	0.9739 ohms/km
IMPEDÂNCIA PRÓPRIA PÁRA-RAIOS Y	=	0.4593 +J	0.9921 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA PÁRA-RAIOS X e Y	=	0.0593 +J	0.3341 ohms/km

CORRENTE NA FASE A	=	4000.0 A	90.00 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS X-TRECHO 1=		211.4 A	87.15 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS X-TRECHO 2=		211.4 A	-152.85 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS X-TRECHO 3=		211.4 A	-32.85 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS Y-TRECHO 1=		205.4 A	-89.11 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS Y-TRECHO 2=		205.4 A	30.88 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS Y-TRECHO 3=		205.4 A	150.88 Graus

PERDAS JOULE NO CABO PÁRA-RAIO X	=	14.39 kW
PERDAS JOULE NO CABO PÁRA-RAIO Y	=	16.88 kW
PERDA JOULE TOTAL	=	31.27 kW

 * PROGRAMA PERDAS-LT VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 KV CAL 1120 838 - 3/8"EAR + OPGW13,4 17- 3-2017*

FREQUÊNCIA = 60.0 Hz
 RESISTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO = 1000.0 ohms.m
 EXTENSÃO DA LT = 1.0 km
 NÚMERO DE CABO(S) PÁRA-RAIOS = 2
 RESISTÊNCIA DO CABO PÁRA-RAIOS X = 4.2322 ohms/km
 RESISTÊNCIA DO CABO PÁRA-RAIOS Y = 0.7240 ohms/km
 GMR DO CABO PÁRA-RAIOS X = 0.004570 m
 GMR DO CABO PÁRA-RAIOS Y = 0.004000 m

ABSCISSA CABO PÁRA-RAIOS X: -16.00500 m
 ORDENADA CABO PÁRA-RAIOS X: 29.34000 m
 ABSCISSA CABO PÁRA-RAIOS Y: 16.00500 m
 ORDENADA CABO PÁRA-RAIOS Y: 29.34000 m

CIRCUITO SIMPLES TRIFÁSICO

ABSCISSA FASE A1 : -6.50500 m
 ORDENADA FASE A1 : 19.69000 m
 ABSCISSA FASE B1 : 0.00000 m
 ORDENADA FASE B1 : 20.98000 m
 ABSCISSA FASE C1 : 6.50500 m
 ORDENADA FASE C1 : 19.69000 m

DISTÂNCIA FASE A1 - PÁRA-RAIOS X = 13.54 m
 DISTÂNCIA FASE B1 - PÁRA-RAIOS X = 18.06 m
 DISTÂNCIA FASE C1 - PÁRA-RAIOS X = 24.49 m
 DISTÂNCIA FASE A1 - PÁRA-RAIOS Y = 24.49 m
 DISTÂNCIA FASE B1 - PÁRA-RAIOS Y = 18.06 m
 DISTÂNCIA FASE C1 - PÁRA-RAIOS Y = 13.54 m
 DISTÂNCIA ENTRE CABOS PÁRA-RAIOS X e Y = 32.01 m

LINHA TRANSPOSTA

TRECHO 1:

IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS X = 0.0593 +J 0.3990 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS X = 0.0593 +J 0.3773 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS X = 0.0593 +J 0.3543 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS Y = 0.0593 +J 0.3543 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS Y = 0.0593 +J 0.3773 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS Y = 0.0593 +J 0.3990 ohms/km

 * PROGRAMA PERDAS-LT VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 KV CAL 1120 838 - 3/8"EAR + OPGW13,4 17- 3-2017*

TRECHO 2:

IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km

TRECHO 3:

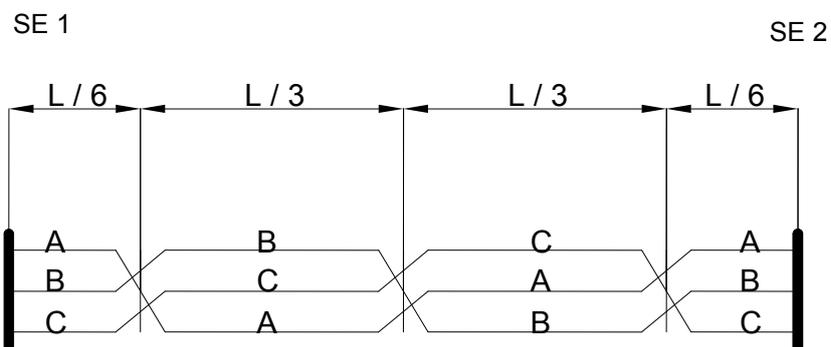
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km

IMPEDÂNCIA PRÓPRIA PÁRA-RAIOS X	=	4.2915 +J	1.0019 ohms/km
IMPEDÂNCIA PRÓPRIA PÁRA-RAIOS Y	=	0.7833 +J	1.0119 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA PÁRA-RAIOS X e Y	=	0.0593 +J	0.3341 ohms/km

CORRENTE NA FASE A	=	4000.0 A	90.00 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS X-TRECHO 1=		43.4 A	143.15 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS X-TRECHO 2=		43.4 A	-96.85 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS X-TRECHO 3=		43.4 A	23.14 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS Y-TRECHO 1=		125.0 A	-76.28 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS Y-TRECHO 2=		125.0 A	43.72 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS Y-TRECHO 3=		125.0 A	163.72 Graus

PERDAS JOULE NO CABO PÁRA-RAIO X	=	7.97 kW
PERDAS JOULE NO CABO PÁRA-RAIO Y	=	11.31 kW
PERDA JOULE TOTAL	=	19.28 kW

ANEXO 6 – TRANPOSIÇÃO DE FASES

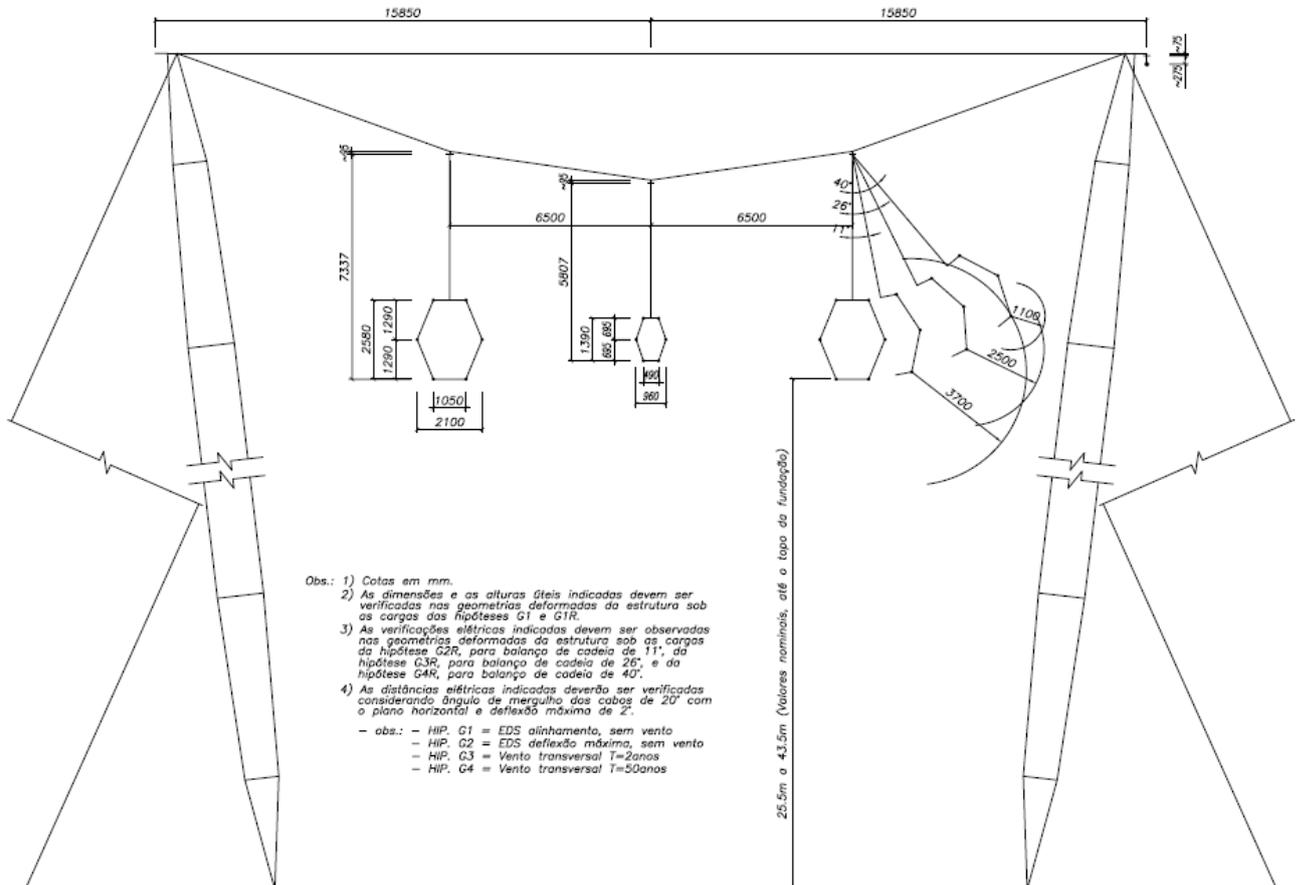


Notas:

- 1) "L" representa o comprimento da LT.
- 2) Representação sem escala.
- 3) A nomenclatura mostrada para as fases é meramente indicativa. A ordem do faseamento será definida no projeto executivo das instalações

ESQUEMA TÍPICO DAS TRANSPOSIÇÕES

ANEXO 7 – DESENHO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE V2CRL



- Obs: 1) Cotas em mm.
 2) As dimensões e as alturas óticas indicadas devem ser verificadas nas geometrias deformadas da estrutura sob as cargas das Hipóteses G1 e G1R.
 3) As verificações elétricas indicadas devem ser observadas nas geometrias deformadas da estrutura sob as cargas da hipótese G2R, para balanço de cadeia de 11°, da hipótese G3R, para balanço de cadeia de 26°, e da hipótese G4R, para balanço de cadeia de 40°.
 4) As distâncias elétricas indicadas deverão ser verificadas considerando ângulo de mergulho dos cabos de 20° com o plano horizontal e deflexão máxima de 2°.
- obs.: - HIP. G1 = EDS alinhamento, sem vento
 - HIP. G2 = EDS deflexão máxima, sem vento
 - HIP. G3 = Vento transversal T=2anos
 - HIP. G4 = Vento transversal T=50anos

25.5m a 43.5m (Valores nominais, até o topo da fundação)

02	03/05/17	Resposta aos comentários da EP	AQ	JCS	
01	05/04/17	Revisado indicação do Lote na capa alterando de Lote 15 para Lote 16	AQ	JCS	
00	31/03/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 5 SPE SA					
PROJETO BÁSICO					
ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	31/03/17
TÍTULO					
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2 Lote 16 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL RELATÓRIO CONDUTOR E PARA-RAIOS					
Nº DOCUMENTO			FOLHA	REVISÃO	
RE-EQT6-L601-PB-ELM-0005-R02			1 de 34	02	

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	CABOS CONDUTORES	3
3.	CABOS PARA-RAIOS E OPGW	5
4.	VERIFICAÇÃO DAS PERDAS JOULE NA LT	6
5.	TRANSPOSIÇÃO DE FASES E DESEQUILÍBRIO DE TENSÕES	7
6.	REFERÊNCIAS	7
	ANEXO 1 - ATP	8
	ANEXO 2 - TEMPCOND	17
	ANEXO 3 - SAIDA PROGRAMA ATP DRAW	20
	ANEXO 4 – ESQUEMA DE TROCA DE PARA-RAIOS	24
	ANEXO 5 – PERDAS - LT	26
	ANEXO 6 – TRANPOSIÇÃO DE FASES	31
	ANEXO 7 – DESENHO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE V2CRL	33

1. OBJETIVO

- 1.1 Apresentar a seleção e as características principais dos cabos condutor e para-raios da LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2 em circuito simples pertencentes ao Lote 16 do Leilão 013/2015 – 2º parte.

2. CABOS CONDUTORES

2.1 CRITÉRIO E SELEÇÃO DOS CABOS

- 2.1.1 Os cabos condutores foram selecionados (Tabelas 1 a 3) em atendimento às exigências do Edital (1) e com base em critérios técnicos-econômicos, que levam em conta aspectos de mercado e as experiências desses cabos instalados no Brasil. Primordialmente a seleção dos condutores partiu da definição da configuração dos feixes condutores e da cabeça das estruturas da LT em conformidade com o Anexo Técnico do Edital (1)(8), e de forma a se obter o desempenho para a LT equivalente àquele requerido pela alternativa de referência do Edital (2) que sinaliza um SIL em torno de 1680MW, considerando a capacidade de corrente dos cabos.

TABELA 1 - QUANTO A PERDA JOULE						
REFERÊNCIA EDITAL					CONDUTOR SELECIONADO	
LT	(km)	R2 (Ref.)	Condutor R2 - Edital (CABOS X TIPO / fase)	Resistência 50°C-AC (Ω/km)	CABOS X TIPO / fase	Resistência 50°C-AC (Ω/km)
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	330	(2)	6 x 975MCM (TERN)	0,0139	6 X AAAC 838MCM (liga 1120 - AS 1531)	0,0138

TABELA 2 - QUANTO AOS PARÂMETROS ELÉTRICOS DE SEQUENCIA POSITIVA							
LT	CONDUTOR SELECIONADO	Resistência R (Ω/km)	Reatância X (Ω/km)	Susceptância B (mho/km)	Impedância Zc(Ω)	SIL (MW)	Anexo ATP
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	6 x AAAC 838MCM (liga 1120 - AS 1531)	0,0138	0,192	0,00000865	149	1680	1

TABELA 3 - QUANTO AOS PARÂMETROS ELÉTRICOS DE SEQUENCIA ZERO						
LT	CONDUTOR SELECIONADO	Resistência (Ω/km)	Reatância (Ω/km)	Susceptância (mho/km)	Impedância Zc(Ω)	Anexo ATP
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	6 x AAAC 838MCM (liga 1120 - AS 1531)	0,346	1,143	0,00000316	615	1

2.1.2 CONFIGURAÇÃO DAS FASES NAS ESTRUTURAS

A configuração das fases nas estruturas que implicam nos resultados das Tabelas 1 a 3 têm como base a cabeça da estrutura predominante definida no Relatório de Coordenação de Isolamento (7), a qual segue anexada a este relatório (anexo 8).

2.1.3 CARACTERÍSTICAS DO CABO CONDUTOR

Características dos Cabo Condutores

Aplicação	Toda a LT em cadeias de suspensão	Apenas Jumper
Tipo	AAAC	AAC
Código	LIGA 1120	AL 1350
Bitola	838 kcmil	2500 kcmil
Formação	37 FIOS	91 FIOS
Quantidade por fase ⁽¹⁾	6	3
Área do cabo	425,16 mm ²	1266,76 mm ²
Peso unitário	1,172 kgf/m	3,526 kgf/m
Diâmetro	26,78 mm	46,31 mm
Carga de ruptura (GA)	9.471 kgf	18.900 kgf
Resistencia Elétrica CC 20°C	0,0703 Ω/km	0,0229 Ω/km

(1) Cada fase da LT 500 kV é formada por seis cabos AAAC 838 kcmil dispostos em feixe elíptico.

2.1.4 TEMPERATURAS DE OPERAÇÃO DO CABO CONDUTOR

2.1.4.1 Parâmetros Comuns

Parâmetros Comuns	Valor Adotado
Velocidade do vento	1 m/s
Altitude	700m
Radiação solar	1000 W/m ²
Atmosfera	Limpa
Azimute da diretriz (caso mais desfavorável)	90°
Coefficiente de absorção do condutor	0,90
Coefficiente de emissividade do condutor	0,70

2.1.4.2 Parâmetros Específicos e Temperaturas de Operação dos Cabos

Com base no Edital 0013/2015 Anexo 6-16 item 2.2, onde se obtém as correntes de longa e curta duração calcula-se as temperaturas máximas de operação dos cabos, conforme Anexo 2.

LT	CONDUTOR SELECIONADO	Temp. Máxima Média (°C)	Latitude Média	CORRENTE/FASE (A)		TEMPERATURAS LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS (°C)			
				DURAÇÃO		CALCULADA		ADOTADA	
				Longa	Curta	Longa	Curta	Longa	Curta
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	6 x AAAC 838MCM (liga 1120 - AS 1531)	28	17°	2950	4000	51	59	55	60

3. CABOS PARA-RAIOS E OPGW

3.1 CRITÉRIO PARA SELEÇÃO DOS CABOS

3.1.1 Os cabos para-raios foram definidos em função da capacidade de suportarem a corrente de curto circuito de 50 kA especificadas no Edital da ANEEL (1) (8) e submódulo 2.4 (7) e por apresentarem bom desempenho frente às descargas atmosféricas.

3.2 COMPORTAMENTO TÉRMICO DOS CABOS PARA-RAIOS

3.1 Parâmetros

3.1.1 Os cabos para-raios estão sendo considerados aterrados em todas as estruturas e conectados às malhas de terra das subestações.

3.1.2 Níveis de Curto-Circuito conforme referencias (1)(2) e (8):

TABELA 6 – NÍVEIS DE CURTO-CIRCUITO		
LT	Nível de Curto (kA)	Tempo de Eliminação do Defeito (ms)
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	50	250

3.1.3 Limites definidos para os cabos para-raios:

TABELA 7 – LIMITES DE TERMICOS E DE CORRENTE		
Cabo Para-raios	Temperatura limite (°C)	Corrente Limite (kA)
3/8" EAR, 7 fios (Classe B)	400	7,7
CAA DOTTEREL	200	26,3
OPGW 1 (Ø 15,6 mm)	180	21,9
OPGW 2 (Ø 13,4 mm)	180	10,95

3.1.4 Demais parâmetros para verificação do comportamento térmico dos cabos para-raios

LT	Compr. da LT (km)	Resistividade do Solo (Ω.m)	Resist. da malha SEs (Ω)	Resist. de aterram. das estruturas (Ω)
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	330	1000	1	20

3.2 Metodologia de Cálculo

3.2.1 As correntes de falta fase-terra ao longo da LT, assim como a divisão dessas correntes pelos cabos para-raios e pelas estruturas aterradas, foram calculadas pelo programa LTCC, o qual tem como base a metodologia descrita na referência (5).

3.2.2 Os resultados obtidos constam do Anexo 3.

3.3 Verificação de desempenho dos cabos para-raios frente as correntes de curto-circuito

3.3.1 A tabela a seguir relaciona as correntes nos cabos para-raios junto às SEs e nos pontos de transição entre configurações. Os valores junto às SEs foram lidos diretamente nos relatórios constantes do Anexo 3. Os valores intermediários foram

obtidos por interpolação linear a partir dos relatórios correspondentes à configuração analisada.

LT	Situação de Instalação dos Cabos			Corrente Máxima Calculada (kA)
	Local	Tipo de Cabo	Extensão (*) (km)	
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	Junto às SE	Dotterel	15 em cada SE	20,33
		OPGW 1	15 em cada SE	21,51
	Entre as SE's	3/8" EHS	296	7,52
		OPGW 2	296	10,76

(*) As extensões foram definidas em função das características dos cabos OPGW considerados na Tabela 10. Estas extensões poderão ser alteradas em função dos cabos OPGW que vierem a ser efetivamente adquiridos, ou em função de um novo arranjo na configuração dos mesmos (exemplo: extensão OPGW 1 + OPGW2 diferente de Dotterel + 3/8").

3.3.2 Conforme pode ser observado pela Tabela 9 os valores máximos de corrente de curto-circuito para os cabos para-raios selecionados atendem aos limites térmicos especificados na Tabela 7. A representação gráfica da configuração adotada consta do Anexo 4.

3.3.3 CARACTERÍSTICAS DOS CABOS PARA-RAIOS

TIPO	BITOLA	FORMAÇÃO	Classe Galvan.	Seção (mm ²)	Diâm. (mm)	Peso (kgf/m)	Carga de Ruptura (kgf)
CAA DOTTEREL	176,9 kcmil	12/7	B	141,89	15,42	0,657	7.857
Aço zinc. EHS	3/8"	7 fios	B	51,08	9,14	0,407	6.985
OPGW 1 (Loose)	15,6 mm	10 fios aço-alumínio Tubo óptico metálico	-	145,00	15,6	0,800	12.623
OPGW 2 (Loose)	13,4 mm	9 fios aço-alumínio Tubo óptico metálico	-	103,00	13,4	0,682	9.477

4. VERIFICAÇÃO DAS PERDAS JOULE NA LT

4.1 Para as perdas do cabo condutor empregou-se a resistência de sequência positiva da LT mostrada na Tabela 1 deste relatório. Já para os cabos para-raios as perdas foram calculadas pelo programa PERDAS – LT.

LT (Todas as linha com transposição de fases)	Cabos Para-Raios			Condutor		% Perda Para-Raios com relação ao Condutor
	Configuração dos Cabos	Perda Unitária (kW/km)	Perda Total (*) (kW/km)	Perda Por fase (kW/km)	Perda Circuito (kW/km)	
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	CAA DOTTEREL + OPGW 15,6	31,27	20,38	220,8	662,4	3,08
	3/8" EHS + OPGW 13,4	19,28				

4.2 Conforme se pode observar as perdas nos cabos para-raios são inferiores ao limite de 5% das perdas nos condutores, como exigido pela ANEEL (1).

5. TRANSPOSIÇÃO DE FASES E DESEQUILÍBRIO DE TENSÕES

5.1 A LT terá um ciclo completo de transposição. As estruturas de transposição deverão ser posicionadas em locais que correspondam a 1/6, 1/3, 1/3 e 1/6 da extensão da LT, conforme referencia (4) e arranjo esquemático mostrado no Anexo 6.

6. REFERÊNCIAS

- 1** Anexo 6-14 a 6-19 – Edital – Leilão 013/2015 - 2ª parte da ANEEL
- 2** Relatório R2 – Detalhamento de Alternativa de Referência - Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2
- 3** NBR 8449 – Dimensionamento de cabos para-raios para linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 4** Submódulo 2.4 do ONS - Requisitos Mínimos para Linhas de Transmissão Aéreas
- 5** Artigo IEEE 70TP101-PWR, 1970 - General equations for fault currents in transmission line ground wires.
- 6** Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0003 DADOS CLIMATOLÓGICOS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2
- 7** Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0009 COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2
- 8** Anexo 6 – Especificações Técnicas Gerais – Leilão 013/2015 - 2ª parte da ANEEL

ANEXO 1 - ATP

Alternative Transients Program (ATP), GNU Linux or DOS. All rights reserved by Can/Am user group of Portland, Oregon, USA.
 Date (dd-mth-yy) and time of day (hh.mm.ss) = 31-Mar-17 17:00:21 Name of disk plot file is 6aac838.pl4
 Consult the 860-page ATP Rule Book of the Can/Am EMTF User Group in Portland, Oregon, USA. Source code date is 18 November 2012.
 Total size of LABCOM tables = 12454813 INTEGER words. 31 VARDIM List Sizes follow: 6002 10K 192K 900 420K 1200 15K
 120K 2250 3800 720 2K 72800 510 800K 800 90 254 800K 100K 3K 15K 192K 120 45K 260K 600 210K 1100 19 400

-----+-----
 Descriptive interpretation of input data cards. | Input data card images are shown below, all 80 columns, character by character
 0 1 2 3 4 5 6 7 8
 01234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
 -----+-----

Comment card. NUMDCD = 1. |C data:6AAC838.ATP
 Marker card preceding new EMTF data case. |BEGIN NEW DATA CASE
 Compute overhead line constants. Limit = 120 |LINE CONSTANTS
 Request for metric (not English) units. |METRIC
 Comment card. NUMDCD = 5. |C DATA: 31/03/17
 Comment card. NUMDCD = 6. |C LEILAO 0013_2015 2 PARTE
 Comment card. NUMDCD = 7. |C LT'S 500 KV
 Comment card. NUMDCD = 8. |C CUIRCUITO SIMPLES
 Comment card. NUMDCD = 9. |C CONDUTOR : AAAC 1120 (6 X 838 MCM)
 Comment card. NUMDCD = 10. |C COMPRIMENTO: 1 KM (P/ ESTIMAR OHM/KM)
 Comment card. NUMDCD = 11. |C PARA-RAIO : 1 X AÇO 3/8 E 1 X OPGW
 Comment card. NUMDCD = 12. |C RESISTIVIDADE DO SOLO : 1000 ohms.m
 Comment card. NUMDCD = 13. |C RESISTENCIA DC CORRIGIDA PARA 50 GRAUS
 Comment card. NUMDCD = 14. |C CONSIDERANDO REDUÇÃO DOS CABOS PARA-RAIOS.
 Comment card. NUMDCD = 15. |C PARAMÉTROS RODADOS PARA 1 KM.
 Comment card. NUMDCD = 16. |C SKIN RESIS REACT DIAM HORIZ VTOWER VMID SEPAR ALPHA NB
 Comment card. NUMDCD = 17. |C T/D DC OHM/KM CM M M M CM GRAUSS
 Comment card. NUMDCD = 18. |C |----|-----|-|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|
 Comment card. NUMDCD = 19. |C 345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
 Comment card. NUMDCD = 20. |C 1 2 3 4 5 6 7 8
 Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 10.5000.078530 4 2.678 7.55 35.56 13.79 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 10.5000.078530 4 2.678 7.025 34.27 12.5 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 10.5000.078530 4 2.678 5.975 34.27 12.5 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 10.5000.078530 4 2.678 5.45 35.56 13.79 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 10.5000.078530 4 2.678 5.975 36.85 15.08 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 10.5000.078530 4 2.678 7.025 36.85 15.08 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 20.5000.078530 4 2.678 0.48 35.56 13.79 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 20.5000.078530 4 2.678 0.245 34.865 13.095 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 20.5000.078530 4 2.678 -0.245 34.865 13.095 0.0 0.0 0
 Line conductor card. 5.000E-01 7.853E-02 4 | 20.5000.078530 4 2.678 -0.48 35.24 13.79 0.0 0.0 0

```

Line conductor card.  5.000E-01  7.853E-02  4 | 20.5000.078530 4      2.678 -0.245 36.255 14.485  0.0  0.0  0
Line conductor card.  5.000E-01  7.853E-02  4 | 20.5000.078530 4      2.678  0.245 36.255 14.485  0.0  0.0  0
Line conductor card.  5.000E-01  7.853E-02  4 | 30.5000.078530 4      2.678 -5.45  35.56  13.79  0.0  0.0  0
Line conductor card.  5.000E-01  7.853E-02  4 | 30.5000.078530 4      2.678 -5.975 34.27  12.5  0.0  0.0  0
Line conductor card.  5.000E-01  7.853E-02  4 | 30.5000.078530 4      2.678 -7.025 34.27  12.5  0.0  0.0  0
Line conductor card.  5.000E-01  7.853E-02  4 | 30.5000.078530 4      2.678 -7.55  35.56  13.79  0.0  0.0  0
Line conductor card.  5.000E-01  7.853E-02  4 | 30.5000.078530 4      2.678 -7.025 36.85  15.08  0.0  0.0  0
Line conductor card.  5.000E-01  7.853E-02  4 | 30.5000.078530 4      2.678 -5.975 36.85  15.08  0.0  0.0  0
Line conductor card.  5.000E-01  4.232E+00  4 | 0.5000 4.23220 4      0.9144 -15.65 45.60 26.83  0.0  0.0  0
Line conductor card.  2.500E-01  7.240E-01  4 | 0.2500 0.72400 4      1.3400 15.65 45.60 26.83  0.0  0.0  0
Blank card terminating conductor cards. |BLANK - FIM DOS DADOS DE CONDUTORES
Comment card.  NUMDCD = 42. |C RHO - RESISTIVIDADE ohm.km (1-8)
Comment card.  NUMDCD = 43. |C FREQUENC - FREQUENCIA Hz (9-18)
Comment card.  NUMDCD = 44. |C FCAR - ALTA PRECISAO NA FORMULA DE CARSON (19-28)
Comment card.  NUMDCD = 45. |C ICPR - IMPRESSAO MATRIZ SUSCEPTANCIA (30-35)
Comment card.  NUMDCD = 46. |C IZPR - IMPRESSAO MATRIZ IMPEDANCIA (37-42)
Comment card.  NUMDCD = 47. |C I - ICAP: IMPRESAO DA MATRIZ DE SUSCEP EM mho/km - I=0 OU EM F/km - I=1 (44)
Comment card.  NUMDCD = 48. |C DIST - COMPRIMENTO DA LT km (45-52)
Comment card.  NUMDCD = 49. |C S - ISEG: CABO PARA-RAIO CONTÍNUO - S=0 OU SEGMENTADO - S=1 (58)
Comment card.  NUMDCD = 50. |C MD - MODELO DA LINHA TRASPOSTA - MD=0 OU NÃO-TRASPOSTA - MD=1 (69-70)
Comment card.  NUMDCD = 51. |C RHO FREQUENC FCAR ICPR IZPR I DIST S MD
Comment card.  NUMDCD = 52. |C -----|-----|-----| |----| |----| X|-----| |--|XX|---|---|---|X|X
Frequency card.  1.000E+03  6.000E+01  4.100E+02 |1000. 60.00 1 111 111 1 410. 0 0

```

Line conductor table after sorting and initial processing.

Table	Phase	Skin effect	Resistance	Reactance data specification	Diameter	Horizontal	Avg height	
Row	Number	R-type	R (Ohm/km)	X-type X (Ohm/km) or GMR	(cm)	X (mtrs)	Y (mtrs)	Name
1	1	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	7.550	21.047
2	2	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	0.480	21.047
3	3	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	-5.450	21.047
4	1	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	7.025	19.757
5	1	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	5.975	19.757
6	1	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	5.450	21.047
7	1	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	5.975	22.337
8	1	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	7.025	22.337
9	2	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	0.245	20.352
10	2	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	-0.245	20.352
11	2	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	-0.480	20.940
12	2	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	-0.245	21.742
13	2	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	0.245	21.742
14	3	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	-5.975	19.757

15	3	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	-7.025	19.757
16	3	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	-7.550	21.047
17	3	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	-7.025	22.337
18	3	.50000	.07853	4	.000000	2.67800	-5.975	22.337
19	0	.50000	4.23220	4	.000000	.91440	-15.650	33.087
20	0	.25000	.72400	4	.000000	1.34000	15.650	33.087

Matrices are for earth resistivity = 1.00000000E+03 Ohm-meters and frequency 6.00000000E+01 Hz. Correction factor = 1.00000000E-06

Capacitance matrix, in units of [farads/kmeter] for the system of physical conductors.
Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

```

1  1.009227E-08
2  -1.252676E-10  1.175700E-08
3  -5.205082E-11 -1.531844E-10  1.023118E-08
4  -2.059548E-09 -1.575222E-10 -5.986141E-11  1.017518E-08
5  -1.086503E-09 -2.578335E-10 -7.654602E-11 -2.638414E-09  1.024229E-08
6  -1.017244E-09 -3.362215E-10 -8.198547E-11 -1.055149E-09 -1.958201E-09  1.023141E-08
7  -1.094581E-09 -2.632455E-10 -8.317757E-11 -6.229720E-10 -7.238134E-10 -1.964873E-09  1.022649E-08
8  -2.067138E-09 -1.624575E-10 -6.610598E-11 -7.906489E-10 -6.218661E-10 -1.061445E-09 -2.654424E-09  1.015907E-08
9  -1.191193E-10 -2.427935E-09 -1.967436E-10 -1.750657E-10 -2.793054E-10 -2.974377E-10 -2.001190E-10 -1.289029E-10  1.192982E-08
10 -8.842564E-11 -1.279729E-09 -2.890571E-10 -1.295356E-10 -1.955634E-10 -1.951528E-10 -1.370842E-10 -9.393849E-11 -3.592324E-09
    1.206054E-08
11 -7.250547E-11 -1.431291E-09 -3.355007E-10 -9.042145E-11 -1.322985E-10 -1.522511E-10 -1.313782E-10 -9.123966E-11 -1.424925E-09
    -2.791833E-09  1.179755E-08
12 -9.738391E-11 -1.361638E-09 -3.116792E-10 -9.830810E-11 -1.426111E-10 -2.076162E-10 -2.142232E-10 -1.456726E-10 -6.658791E-10

```

```

-7.979509E-10 -2.143825E-09 1.178148E-08
13 -1.254280E-10 -2.457218E-09 -2.070161E-10 -1.302772E-10 -2.013299E-10 -3.043117E-10 -2.926107E-10 -1.875510E-10 -8.009224E-10
-6.385911E-10 -1.210685E-09 -3.717198E-09 1.187456E-08
14 -4.947845E-11 -1.296759E-10 -1.958298E-09 -6.730363E-11 -8.604364E-11 -7.657405E-11 -6.470818E-11 -5.253715E-11 -1.972283E-10
-2.721688E-10 -2.624935E-10 -2.062795E-10 -1.418421E-10 1.024226E-08
15 -4.176865E-11 -8.887614E-11 -1.055356E-09 -5.450720E-11 -6.733240E-11 -5.991755E-11 -5.361526E-11 -4.526792E-11 -1.309021E-10
-1.708851E-10 -1.602272E-10 -1.333337E-10 -9.769010E-11 -2.638564E-09 1.017490E-08
16 -3.870572E-11 -7.309175E-11 -1.017611E-09 -4.177669E-11 -4.951667E-11 -5.211967E-11 -5.745995E-11 -4.928877E-11 -8.954764E-11
-1.162385E-10 -1.249928E-10 -1.281981E-10 -9.688716E-11 -1.086798E-09 -2.059991E-09 1.009161E-08
17 -4.924900E-11 -9.408478E-11 -1.061941E-09 -4.524786E-11 -5.255596E-11 -6.615366E-11 -8.309143E-11 -7.038710E-11 -9.526993E-11
-1.255975E-10 -1.590644E-10 -1.914451E-10 -1.449901E-10 -6.222593E-10 -7.912040E-10 -2.067944E-09 1.015808E-08
18 -5.737121E-11 -1.355979E-10 -1.965323E-09 -5.355401E-11 -6.468589E-11 -8.317608E-11 -1.016038E-10 -8.302735E-11 -1.387294E-10
-1.945598E-10 -2.575123E-10 -2.989132E-10 -2.134227E-10 -7.241268E-10 -6.234083E-10 -1.095228E-09 -2.655242E-09 1.022577E-08
19 -7.625514E-11 -7.187671E-11 -1.762411E-10 -5.829561E-11 -5.663711E-11 -7.633716E-11 -1.142124E-10 -1.099790E-10 -6.085305E-11
-6.705100E-11 -8.474244E-11 -1.237835E-10 -1.115402E-10 -1.568539E-10 -2.187866E-10 -3.103133E-10 -3.774053E-10 -2.978542E-10
6.145025E-09
20 -3.241358E-10 -9.173145E-11 -8.011346E-11 -2.285426E-10 -1.638692E-10 -1.841180E-10 -3.111672E-10 -3.942412E-10 -7.181103E-11
-6.252243E-11 -7.236632E-11 -1.179184E-10 -1.275986E-10 -5.948296E-11 -6.133894E-11 -8.028538E-11 -1.156452E-10 -1.199132E-10
-2.966214E-10 6.415232E-09

```

Capacitance matrix, in units of [farads/kmeter] for the system of equivalent phase conductors.
Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.


```

1  1.829306E-08
2  -6.159616E-09  1.771706E-08
3  -2.237752E-09 -6.162927E-09  1.827721E-08

```

Capacitance matrix, in units of [farads/kmeter] for symmetrical components of the equivalent phase conductor
 Rows proceed in the sequence (0, 1, 2), (0, 1, 2), etc.; columns proceed in the sequence (0, 2, 1), (0, 2, 1), etc.

```

0  8.388914E-09
   0.000000E+00
1  7.533883E-10 -1.210854E-09
   -1.293848E-09 -2.102586E-09
2  7.533883E-10  2.294921E-08 -1.210854E-09
   1.293848E-09 -1.037342E-26  2.102586E-09

```

Impedance matrix, in units of Ohms/kmeter for the system of physical conductors.
 Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

```

1  1.382422E-01
   9.403456E-01
2  5.822609E-02  1.382422E-01
   4.489937E-01  9.403456E-01
3  5.822427E-02  5.822632E-02  1.382422E-01
   4.030698E-01  4.622514E-01  9.403456E-01
4  5.825629E-02  5.825564E-02  5.825390E-02  1.383011E-01
   5.714536E-01  4.533434E-01  4.057457E-01  9.402832E-01
5  5.825626E-02  5.825583E-02  5.825429E-02  5.828577E-02  1.383011E-01
   5.428290E-01  4.659420E-01  4.122982E-01  5.927211E-01  9.402832E-01
6  5.822679E-02  5.822648E-02  5.822504E-02  5.825626E-02  5.825629E-02  1.382422E-01
   5.405214E-01  4.755671E-01  4.163538E-01  5.428290E-01  5.714536E-01  9.403456E-01
7  5.819743E-02  5.819701E-02  5.819549E-02  5.822684E-02  5.822686E-02  5.819746E-02  1.381835E-01
   5.428913E-01  4.660044E-01  4.123606E-01  5.192226E-01  5.250004E-01  5.715159E-01  9.404079E-01

```

8	5.819746E-02 5.715159E-01	5.819682E-02 4.534057E-01	5.819511E-02 4.058081E-01	5.822686E-02 5.250004E-01	5.822684E-02 5.192226E-01	5.819743E-02 5.428913E-01	5.816811E-02 5.928459E-01	1.381835E-01 9.404079E-01	
9	5.824189E-02 4.461718E-01	5.824271E-02 6.197975E-01	5.824221E-02 4.647261E-01	5.827147E-02 4.518144E-01	5.827167E-02 4.643859E-01	5.824229E-02 4.714006E-01	5.821279E-02 4.605799E-01	5.821259E-02 4.490656E-01	1.382739E-01 9.403120E-01
10	5.824178E-02 4.413179E-01	5.824270E-02 5.961207E-01	5.824229E-02 4.714006E-01	5.827136E-02 4.465907E-01	5.827158E-02 4.582601E-01	5.824221E-02 4.647261E-01	5.821270E-02 4.550096E-01	5.821249E-02 4.441941E-01	5.825858E-02 6.502140E-01
	1.382739E-01 9.403120E-01								
11	5.822830E-02 4.393845E-01	5.822927E-02 5.990750E-01	5.822891E-02 4.755471E-01	5.825786E-02 4.435322E-01	5.825809E-02 4.545754E-01	5.822875E-02 4.622366E-01	5.819926E-02 4.541591E-01	5.819904E-02 4.432368E-01	5.824514E-02 6.016167E-01
	5.824515E-02 6.308582E-01	1.382471E-01 9.403404E-01							
12	5.821009E-02 4.413515E-01	5.821101E-02 5.961543E-01	5.821060E-02 4.714342E-01	5.823962E-02 4.441653E-01	5.823983E-02 4.549808E-01	5.821052E-02 4.647597E-01	5.818107E-02 4.583560E-01	5.818085E-02 4.466867E-01	5.822685E-02 5.672174E-01
	5.822686E-02 5.716332E-01	5.821344E-02 6.100364E-01	1.382105E-01 9.403792E-01						
13	5.821020E-02 4.462054E-01	5.821101E-02 6.198311E-01	5.821052E-02 4.647597E-01	5.823972E-02 4.490369E-01	5.823992E-02 4.605511E-01	5.821060E-02 4.714342E-01	5.818116E-02 4.644819E-01	5.818096E-02 4.519104E-01	5.822686E-02 5.716332E-01
	5.822685E-02 5.672174E-01	5.821344E-02 5.906125E-01	5.819519E-02 6.502812E-01	1.382105E-01 9.403792E-01					
14	5.825348E-02 3.997122E-01	5.825565E-02 4.543478E-01	5.825629E-02 5.714536E-01	5.828316E-02 4.030074E-01	5.828357E-02 4.093572E-01	5.825429E-02 4.122982E-01	5.822467E-02 4.077021E-01	5.822427E-02 4.016134E-01	5.827158E-02 4.582601E-01
	5.827167E-02 4.643859E-01	5.825827E-02 4.662529E-01	5.823992E-02 4.605511E-01	5.823983E-02 4.549808E-01	1.383011E-01 9.402832E-01				
15	5.825303E-02 3.941221E-01	5.825543E-02 4.433629E-01	5.825626E-02 5.428290E-01	5.828272E-02 3.971511E-01	5.828316E-02 4.030074E-01	5.825390E-02 4.057457E-01	5.822427E-02 4.016134E-01	5.822384E-02 3.959632E-01	5.827136E-02 4.465907E-01
	5.827147E-02	5.825807E-02	5.823972E-02	5.823962E-02	5.828577E-02	1.383011E-01			

	4.518144E-01	4.535649E-01	4.490369E-01	4.441653E-01	5.927211E-01	9.402832E-01			
16	5.822338E-02 3.917794E-01	5.822587E-02 4.393937E-01	5.822679E-02 5.405214E-01	5.825303E-02 3.941221E-01	5.825348E-02 3.997122E-01	5.822427E-02 4.030698E-01	5.819470E-02 3.997745E-01	5.819425E-02 3.941845E-01	5.824178E-02 4.413179E-01
	5.824189E-02 4.461718E-01	5.822852E-02 4.489825E-01	5.821020E-02 4.462054E-01	5.821009E-02 4.413515E-01	5.825626E-02 5.428290E-01	5.825629E-02 5.714536E-01	1.382422E-01 9.403456E-01		
17	5.819425E-02 3.941845E-01	5.819661E-02 4.434253E-01	5.819743E-02 5.428913E-01	5.822384E-02 3.959632E-01	5.822427E-02 4.016134E-01	5.819511E-02 4.058081E-01	5.816559E-02 4.031321E-01	5.816516E-02 3.972758E-01	5.821249E-02 4.441941E-01
	5.821259E-02 4.490656E-01	5.819924E-02 4.531612E-01	5.818096E-02 4.519104E-01	5.818085E-02 4.466867E-01	5.822684E-02 5.192226E-01	5.822686E-02 5.250004E-01	5.819746E-02 5.715159E-01	1.381835E-01 9.404079E-01	
18	5.819470E-02 3.997745E-01	5.819683E-02 4.544102E-01	5.819746E-02 5.715159E-01	5.822427E-02 4.016134E-01	5.822467E-02 4.077021E-01	5.819549E-02 4.123606E-01	5.816598E-02 4.094819E-01	5.816559E-02 4.031321E-01	5.821270E-02 4.550096E-01
	5.821279E-02 4.605799E-01	5.819944E-02 4.656642E-01	5.818116E-02 4.644819E-01	5.818107E-02 4.583560E-01	5.822686E-02 5.250004E-01	5.822684E-02 5.192226E-01	5.819743E-02 5.428913E-01	5.816811E-02 5.928459E-01	1.381835E-01 9.404079E-01
19	5.794685E-02 3.506999E-01	5.795078E-02 3.703991E-01	5.795299E-02 3.887494E-01	5.797612E-02 3.501948E-01	5.797678E-02 3.528185E-01	5.794816E-02 3.562179E-01	5.791896E-02 3.566968E-01	5.791831E-02 3.538040E-01	5.796648E-02 3.694910E-01
	5.796670E-02 3.709112E-01	5.795360E-02 3.730432E-01	5.793552E-02 3.742435E-01	5.793530E-02 3.726960E-01	5.798211E-02 3.854857E-01	5.798239E-02 3.882551E-01	5.795354E-02 3.950689E-01	5.792448E-02 3.989848E-01	5.792421E-02 3.953522E-01
	4.289914E+00 1.022123E+00								
20	5.795354E-02 3.950689E-01	5.795120E-02 3.733042E-01	5.794816E-02 3.562179E-01	5.798239E-02 3.882551E-01	5.798211E-02 3.854857E-01	5.795299E-02 3.887494E-01	5.792421E-02 3.953522E-01	5.792448E-02 3.989848E-01	5.796670E-02 3.709112E-01
	5.796648E-02 3.694910E-01	5.795317E-02 3.701572E-01	5.793530E-02 3.726960E-01	5.793552E-02 3.742435E-01	5.797678E-02 3.528185E-01	5.797612E-02 3.501948E-01	5.794685E-02 3.506999E-01	5.791831E-02 3.538040E-01	5.791896E-02 3.566968E-01
	5.767321E-02 3.374024E-01	7.817395E-01 9.865497E-01							

Impedance matrix, in units of Ohms/kmeter for the system of equivalent phase conductors.
Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

```

1  1.272963E-01
   4.865637E-01

2  1.120923E-01  1.241881E-01
   3.297636E-01  5.371657E-01

3  1.103973E-01  1.093205E-01  1.217328E-01
   2.829857E-01  3.383880E-01  5.038638E-01

```

Impedance matrix, in units of Ohms/kmeter for symmetrical components of the equivalent phase conductor
 Rows proceed in the sequence (0, 1, 2), (0, 1, 2), etc.; columns proceed in the sequence (0, 2, 1), (0, 2, 1), etc.

```

0  3.456125E-01
   1.143289E+00

1 -2.103032E-02 -1.723139E-02
   -2.079007E-02  1.029503E-02

2  2.520380E-02  1.380237E-02  1.755620E-02
   -2.318626E-02  1.921520E-01  9.755466E-03

```

Sequence	Surge impedance		Attenuation	velocity	Wavelength	Resistance	Reactance	Susceptance
	magnitude (Ohm)	angle (degr.)	db/km	km/sec	km	Ohm/km	Ohm/km	mho/km
Zero :	6.14545E+02	-8.40994E+00	2.46897E-03	1.96081E+05	3.26802E+03	3.45612E-01	1.14329E+00	3.16255E-06
Positive:	1.49222E+02	-2.05426E+00	4.01963E-04	2.92200E+05	4.86999E+03	1.38024E-02	1.92152E-01	8.65165E-06

ANEXO 2 - TEMPCOND

 * PROGRAMA TEMPCOND VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 kV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C2 17-03-17*

DADOS GERAIS

=====

DIAMETRO : 2.6780 (cm)
 RESISTENCIA A 50.0 oC : .0800 (Ohm/km)
 TEMP. CONDUTOR (VALOR INICIAL) : 40.0000 (oC)
 PASSO DA TEMPERATURA : 1.0000 (oC)
 TEMP. CONDUTOR (VALOR FINAL) : 100.0000 (oC)
 FATOR DE EMISSIVIDADE : .7000 (p.u.)

 VELOCIDADE DO VENTO : 3.6000 (Km/h)
 TEMPERATURA AMBIENTE : 28.0000 (oC)
 ALTITUDE DA REGIAO : 700.0000 (m)

 HORA LOCAL : 12.0000 (h)
 LATITUDE DA REGIAO : -17.0000 (GRAUS)
 DECLINACAO SOLAR : -23.0000 (GRAUS)
 AZIMUTE DA LT : 90.0000 (GRAUS)
 TIPO DE ATMOSFERA : LIMPA
 COEFIC. DE ABSORCAO : .9000 (p.u.)

 IRRADIACAO SOLAR : 10011.3900 (W/km.cm)

RESULTADOS

=====

TEMPERATURA DO CONDUTOR (oC)	CORRENTE TRANSMISSIVEL PELO CONDUTOR (A)
40.0000	.0000
41.0000	.0000
42.0000	158.2534
43.0000	227.2954
44.0000	279.5302
45.0000	323.2146
46.0000	361.4645
47.0000	395.8606
48.0000	427.3365
49.0000	456.4983
50.0000	483.7666
51.0000	509.4471
52.0000	533.7705
53.0000	556.9160
54.0000	579.0263
55.0000	600.2172
56.0000	620.5839
57.0000	640.2064
58.0000	659.1523
59.0000	677.4792

 * PROGRAMA TEMPCOND VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 kV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C2 17-03-17*

TEMPERATURA DO CONDUTOR (oC)	CORRENTE TRANSMISSIVEL PELO CONDUTOR (A)
60.0000	695.2375
61.0000	712.4704
62.0000	729.2162
63.0000	745.5086
64.0000	761.3777
65.0000	776.8505
66.0000	791.9507
67.0000	806.7002
68.0000	821.1187
69.0000	835.2241
70.0000	849.0328
71.0000	862.5596
72.0000	875.8185
73.0000	888.8221
74.0000	901.5820
75.0000	914.1092
76.0000	926.4137
77.0000	938.5048
78.0000	950.3915
79.0000	962.0817
80.0000	973.5833
81.0000	984.9033
82.0000	996.0483
83.0000	1007.0250
84.0000	1017.8390
85.0000	1028.4960
86.0000	1039.0020
87.0000	1049.3610
88.0000	1059.5790
89.0000	1069.6590
90.0000	1079.6060
91.0000	1089.4250
92.0000	1099.1190
93.0000	1108.6910
94.0000	1118.1460
95.0000	1127.4860
96.0000	1136.7160
97.0000	1145.8370
98.0000	1154.8540
99.0000	1163.7680
100.0000	1172.5830

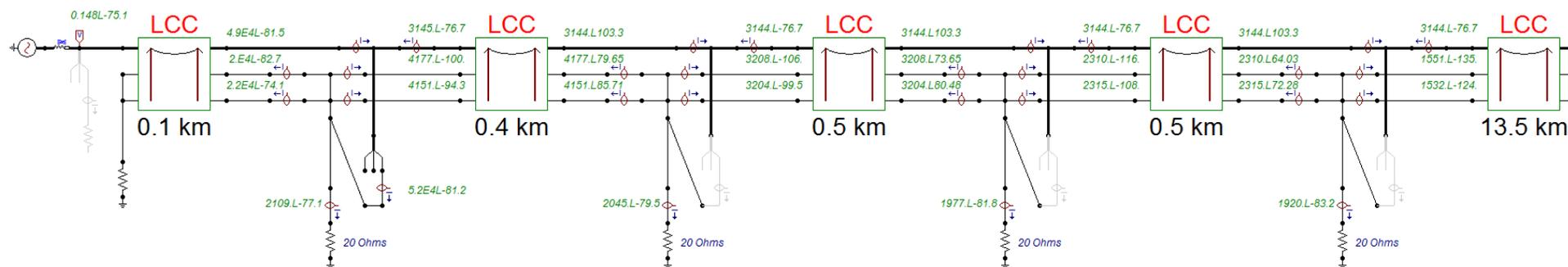
ANEXO 3 - SAIDA PROGRAMA ATP DRAW

- D - DISTANCIA DO PONTO DE FALTA A SE 1 (KM)
- I - CORRENTE DE CC TOTAL (kA)
- I1 - CONTRIBUICAO DA SE JANAÚBA 3 (kA)
- I2 - CONTRIBUICAO DA SE PRESIDENTE JUSCELINO (kA)
- IE - CORRENTE QUE DESCE PELA ESTRUTURA ONDE HOUE O CURTO (kA) TERMINAIS APÓS DE 15KM
- IV1 - CORRENTE EM DIRECAO A SE JANAÚBA 3 NO CABO PARA-RAIOS V (kA) DOTTEREL AÇO 3/8 EAR
- IV2 - CORRENTE EM DIRECAO A SE PRES. JUSCELINO NO CABO PARA-RAIOS V (kA) DOTTEREL AÇO 3/8 EAR
- IW1 - CORRENTE EM DIRECAO A SE JANAÚBA 3 NO CABO PARA-RAIOS W (kA) OPGW 15,6 OPGW 13,4
- IW2 - CORRENTE EM DIRECAO A SE PRES. JUSCELINO NO CABO PARA-RAIOS W (KA) OPGW 15,6 OPGW 13,4

	Local do defeito (km) Distância entre SE JANAÚBA 3 e Local da Falta	I	I1	I2	IE	IV1	IW1	IV2	IW2
DOTTEREL + OPGW 15,6	0,1	51,76	48,63	3,15	2,11	20,33	21,51	4,18	4,15
	1	48,30	45,26	3,06	2,16	20,21	21,22	2,56	2,59
	5	37,24	34,47	2,77	2,66	14,49	15,25	2,74	2,75
	15	25,39	22,82	2,57	2,40	7,52	8,06	1,51	6,34
ACO 3/8 + OPGW13,4	15,5	24,93	22,37	2,56	2,69	5,96	9,77	2,18	4,44
	25	17,80	15,44	2,35	3,17	2,39	10,76	0,34	1,46
	54	10,25	8,03	2,22	4,26	0,79	3,70	0,31	1,33
	163	6,36	3,18	3,18	1,39	0,45	2,08	0,45	2,08
	272	10,25	2,22	8,03	4,26	0,31	1,33	0,79	3,70
	301	17,80	2,35	15,44	3,17	0,34	1,46	2,39	10,76
DOTTEREL + OPGW 15,6	310,5	24,93	2,56	22,37	2,69	2,18	4,44	5,96	9,77
	311	25,39	2,57	22,82	2,40	1,51	6,34	7,52	8,06
	321	37,24	2,77	34,47	2,66	2,74	2,75	14,49	15,25
	325	48,30	3,06	45,26	2,16	2,56	2,59	20,21	21,22
	325,9	51,76	3,15	48,63	2,11	4,18	4,15	20,33	21,51

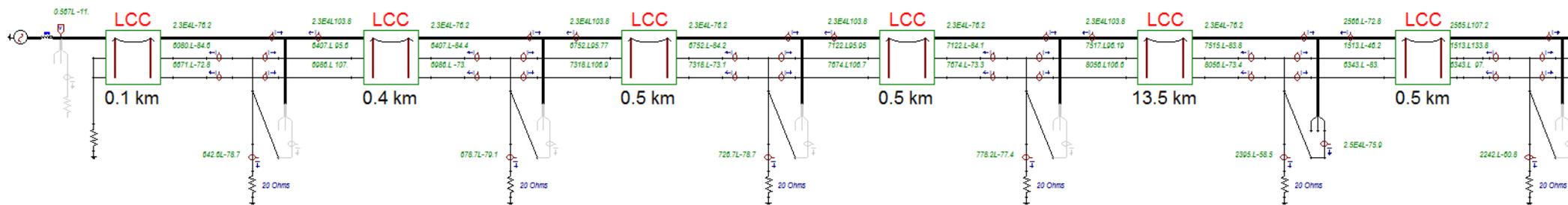
Curto na saída da SE

SE JANAÚBA 3



Curto localizado na troca a 15 km da SE

SE JANAÚBA 3



ANEXO 4 – ESQUEMA DE TROCA DE PARA-RAIOS



LT 500 kV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C2

ANEXO 5 – PERDAS - LT

 * PROGRAMA PERDAS-LT VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 KV CAL 1120 838 - DOTTEREL + OPGW15,6 17- 3-2017*

FREQUÊNCIA = 60.0 Hz
 RESISTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO = 1000.0 ohms.m
 EXTENSÃO DA LT = 1.0 km
 NÚMERO DE CABO(S) PÁRA-RAIOS = 2
 RESISTÊNCIA DO CABO PÁRA-RAIOS X = 0.3221 ohms/km
 RESISTÊNCIA DO CABO PÁRA-RAIOS Y = 0.4000 ohms/km
 GMR DO CABO PÁRA-RAIOS X = 0.006620 m
 GMR DO CABO PÁRA-RAIOS Y = 0.005200 m

ABSCISSA CABO PÁRA-RAIOS X: -16.00500 m
 ORDENADA CABO PÁRA-RAIOS X: 29.34000 m
 ABSCISSA CABO PÁRA-RAIOS Y: 16.00500 m
 ORDENADA CABO PÁRA-RAIOS Y: 29.34000 m

CIRCUITO SIMPLES TRIFÁSICO

ABSCISSA FASE A1 : -6.50500 m
 ORDENADA FASE A1 : 19.69000 m
 ABSCISSA FASE B1 : 0.00000 m
 ORDENADA FASE B1 : 20.98000 m
 ABSCISSA FASE C1 : 6.50500 m
 ORDENADA FASE C1 : 19.69000 m

DISTÂNCIA FASE A1 - PÁRA-RAIOS X = 13.54 m
 DISTÂNCIA FASE B1 - PÁRA-RAIOS X = 18.06 m
 DISTÂNCIA FASE C1 - PÁRA-RAIOS X = 24.49 m
 DISTÂNCIA FASE A1 - PÁRA-RAIOS Y = 24.49 m
 DISTÂNCIA FASE B1 - PÁRA-RAIOS Y = 18.06 m
 DISTÂNCIA FASE C1 - PÁRA-RAIOS Y = 13.54 m
 DISTÂNCIA ENTRE CABOS PÁRA-RAIOS X e Y = 32.01 m

LINHA TRANSPOSTA

TRECHO 1:

IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS X = 0.0593 +J 0.3990 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS X = 0.0593 +J 0.3773 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS X = 0.0593 +J 0.3543 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS Y = 0.0593 +J 0.3543 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS Y = 0.0593 +J 0.3773 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS Y = 0.0593 +J 0.3990 ohms/km

 * PROGRAMA PERDAS-LT VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 KV CAL 1120 838 - DOTTEREL + OPGW15,6 17- 3-2017*

TRECHO 2:

IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km

TRECHO 3:

IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km

IMPEDÂNCIA PRÓPRIA PÁRA-RAIOS X	=	0.3814 +J	0.9739 ohms/km
IMPEDÂNCIA PRÓPRIA PÁRA-RAIOS Y	=	0.4593 +J	0.9921 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA PÁRA-RAIOS X e Y	=	0.0593 +J	0.3341 ohms/km

CORRENTE NA FASE A	=	4000.0 A	90.00 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS X-TRECHO 1=		211.4 A	87.15 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS X-TRECHO 2=		211.4 A	-152.85 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS X-TRECHO 3=		211.4 A	-32.85 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS Y-TRECHO 1=		205.4 A	-89.11 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS Y-TRECHO 2=		205.4 A	30.88 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS Y-TRECHO 3=		205.4 A	150.88 Graus

PERDAS JOULE NO CABO PÁRA-RAIO X	=	14.39 kW
PERDAS JOULE NO CABO PÁRA-RAIO Y	=	16.88 kW
PERDA JOULE TOTAL	=	31.27 kW

 * PROGRAMA PERDAS-LT VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 KV CAL 1120 838 - 3/8"EAR + OPGW13,4 17- 3-2017*

FREQUÊNCIA = 60.0 Hz
 RESISTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO = 1000.0 ohms.m
 EXTENSÃO DA LT = 1.0 km
 NÚMERO DE CABO(S) PÁRA-RAIOS = 2
 RESISTÊNCIA DO CABO PÁRA-RAIOS X = 4.2322 ohms/km
 RESISTÊNCIA DO CABO PÁRA-RAIOS Y = 0.7240 ohms/km
 GMR DO CABO PÁRA-RAIOS X = 0.004570 m
 GMR DO CABO PÁRA-RAIOS Y = 0.004000 m

ABSCISSA CABO PÁRA-RAIOS X: -16.00500 m
 ORDENADA CABO PÁRA-RAIOS X: 29.34000 m
 ABSCISSA CABO PÁRA-RAIOS Y: 16.00500 m
 ORDENADA CABO PÁRA-RAIOS Y: 29.34000 m

CIRCUITO SIMPLES TRIFÁSICO

ABSCISSA FASE A1 : -6.50500 m
 ORDENADA FASE A1 : 19.69000 m
 ABSCISSA FASE B1 : 0.00000 m
 ORDENADA FASE B1 : 20.98000 m
 ABSCISSA FASE C1 : 6.50500 m
 ORDENADA FASE C1 : 19.69000 m

DISTÂNCIA FASE A1 - PÁRA-RAIOS X = 13.54 m
 DISTÂNCIA FASE B1 - PÁRA-RAIOS X = 18.06 m
 DISTÂNCIA FASE C1 - PÁRA-RAIOS X = 24.49 m
 DISTÂNCIA FASE A1 - PÁRA-RAIOS Y = 24.49 m
 DISTÂNCIA FASE B1 - PÁRA-RAIOS Y = 18.06 m
 DISTÂNCIA FASE C1 - PÁRA-RAIOS Y = 13.54 m
 DISTÂNCIA ENTRE CABOS PÁRA-RAIOS X e Y = 32.01 m

LINHA TRANSPOSTA

TRECHO 1:

IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS X = 0.0593 +J 0.3990 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS X = 0.0593 +J 0.3773 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS X = 0.0593 +J 0.3543 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS Y = 0.0593 +J 0.3543 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS Y = 0.0593 +J 0.3773 ohms/km
 IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS Y = 0.0593 +J 0.3990 ohms/km

 * PROGRAMA PERDAS-LT VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 KV CAL 1120 838 - 3/8"EAR + OPGW13,4 17- 3-2017*

TRECHO 2:

IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km

TRECHO 3:

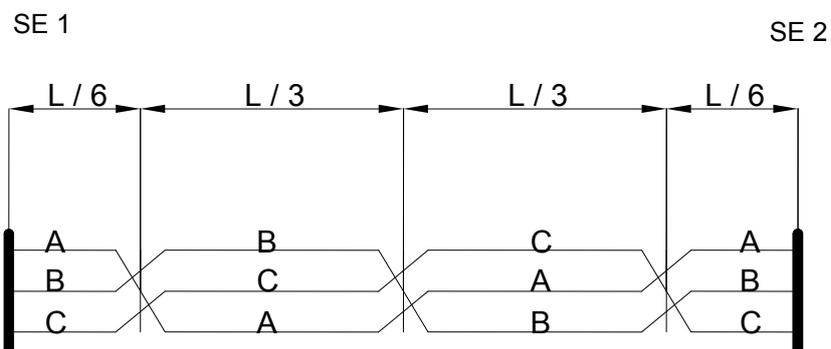
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km

IMPEDÂNCIA PRÓPRIA PÁRA-RAIOS X	=	4.2915 +J	1.0019 ohms/km
IMPEDÂNCIA PRÓPRIA PÁRA-RAIOS Y	=	0.7833 +J	1.0119 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA PÁRA-RAIOS X e Y	=	0.0593 +J	0.3341 ohms/km

CORRENTE NA FASE A	=	4000.0 A	90.00 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS X-TRECHO 1=		43.4 A	143.15 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS X-TRECHO 2=		43.4 A	-96.85 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS X-TRECHO 3=		43.4 A	23.14 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS Y-TRECHO 1=		125.0 A	-76.28 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS Y-TRECHO 2=		125.0 A	43.72 Graus
CORRENTE NO CABO PÁRA-RAIOS Y-TRECHO 3=		125.0 A	163.72 Graus

PERDAS JOULE NO CABO PÁRA-RAIO X	=	7.97 kW
PERDAS JOULE NO CABO PÁRA-RAIO Y	=	11.31 kW
PERDA JOULE TOTAL	=	19.28 kW

ANEXO 6 – TRANPOSIÇÃO DE FASES

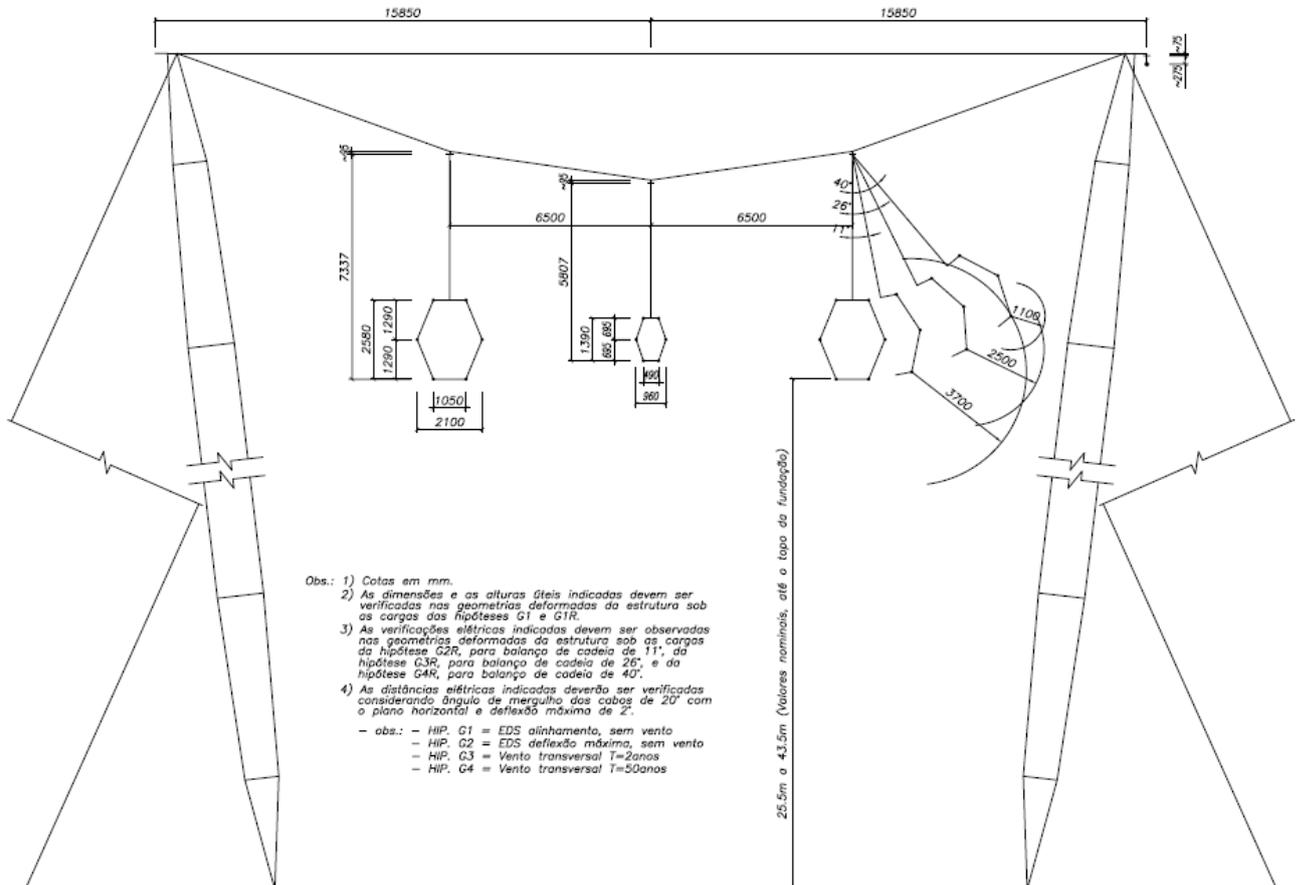


Notas:

- 1) "L" representa o comprimento da LT.
- 2) Representação sem escala.
- 3) A nomenclatura mostrada para as fases é meramente indicativa. A ordem do faseamento será definida no projeto executivo das instalações

ESQUEMA TÍPICO DAS TRANSPOSIÇÕES

ANEXO 7 – DESENHO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE V2CRL



01	04/05/17	Revisado em função da adequação ao relatório de estruturas			AQ JCS
00	21/03/17	Emissão Inicial			AQ JCS
Nº	Data	Natureza da Revisão			Elaborado Verificado Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 6 SPE SA					
PROJETO BÁSICO					
ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	21/03/17
TÍTULO					
LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2 Lote 16 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL RELATÓRIO ESTUDO MECÂNICO DO CONDUTOR E PARA-RAIOS E VIBRAÇÕES					
Nº DOCUMENTO				FOLHA	REVISÃO
RE-EQT6-L601-PB-ELM-0006-R01				1 de 39	01

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	CARACTERÍSTICAS DOS CABOS.....	3
3.	DADOS CLIMATOLÓGICOS	3
3.1.	Temperaturas	3
3.2.	Velocidades do Vento	3
3.3.	Pressões Decorrentes da Ação do Vento Extremo (T = 250 anos)	3
3.4.	Pressões Decorrentes da Ação do Vento Nominal (T = 50 anos).....	3
4.	CONDIÇÕES DE GOVERNO	3
5.	TABELAS DE FLECHAS E TRAÇÕES	5
6.	Critério de Proteção CONTRA VIBRAÇÃO EÓLICA	6
7.	REFERÊNCIAS.....	8
	Anexo 1 – flechas e trações	9
	Anexo 2 – Comparação das Flechas Condutor / Pára-raios	35
	Anexo 3 - Gráfico de Proteção contra Vibrações Eólicas.....	37
	Anexo 3A – Gráfico Geral para Avaliação de Necessidade de Amortecedores.....	38
	Anexo 3B – Gráfico Específico para os Cabos Condutor e Para-Raios.....	38

1. OBJETIVO

- 1.1 Definir as condições básicas de projeto a serem adotadas no cálculo mecânico dos condutores e para-raios da LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2, em circuito simples pertencente ao Lote 16 do Leilão 0013/2015 – 2º parte.
- 1.2 A partir das condições básicas de projeto determinar as condições de governo a serem utilizadas nos cálculos de trações e flechas dos condutores e para-raios, necessários para as várias fases dos projetos básico e executivo das LT em estudo.

2. CARACTERÍSTICAS DOS CABOS

- 2.1 O estudo para definição do condutor e para-raios consta da referência [1]. As principais características dos cabos selecionados, necessárias para seu cálculo mecânico, constam da referência (1).

3. DADOS CLIMATOLÓGICOS

3.1. Temperaturas

- | | |
|---|------|
| a) Média [EDS] | 21°C |
| b) Mínima absoluta | 4°C |
| c) Média das mínimas inverno [coincidente com vento máximo] | 17°C |

3.2. Velocidades do Vento

- | | |
|--|-----------|
| a) Velocidade extrema [250 anos, 10 min, 10 m, cat. B] | 27,78 m/s |
| b) Velocidade nominal [50 anos, 10 min, 10 m, cat. B] | 23,61 m/s |

3.3. Pressões Decorrentes da Ação do Vento Extremo (T = 250 anos)

- | | |
|---------------|-----------------------|
| a) Condutores | 87 kgf/m ² |
| b) Para-raios | 93 kgf/m ² |

3.4. Pressões Decorrentes da Ação do Vento Nominal (T = 50 anos)

- | | |
|---------------|-----------------------|
| a) Condutores | 63 kgf/m ² |
| b) Para-raios | 67 kgf/m ² |

4. CONDIÇÕES DE GOVERNO

- 4.1 As condições básicas de projeto selecionadas para os cabos visam limitar as trações que atuam sobre os mesmos a valores que garantam sua integridade mecânica durante toda a vida útil prevista para a linha de transmissão.
- 4.2 Os limites adotados devem levar em consideração tanto as cargas resultantes da ação dos ventos de projeto como também as deformações que podem ser produzidas nos cabos por vibrações induzidas por ventos uniformes de baixa intensidade.
- 4.3 São indicados a seguir os limites para as trações nos cabos, especificados pela a ANEEL:
 - a) Sob ação do vento extremo (T = 250 anos), a tração axial deve ser inferior ou no máximo igual a 70% da carga de ruptura do cabo.

b) Sob ação do vento nominal (T = 50 anos), a tração axial deve ser inferior ou no máximo igual a 50% da carga de ruptura do cabo.

c) Na condição de temperatura mínima, a tração axial deve ser inferior ou no máximo igual a 33% da carga de ruptura do cabo.

4.4 Respeitados os limites estabelecidos no item 4.3, as trações de projeto para os cabos para-raios serão definidas de modo que, na condição (EDS – Every day Stress – item 3.1), sem vento, final, suas flechas sejam aproximadamente iguais e limitadas a 90% das flechas correspondentes dos condutores.

4.5 Em função do exposto nos itens anteriores estão sendo adotadas as seguintes trações limites para os cabos selecionados:

Condições de Governo	Trações Limites				
	AAAC 838 kcmil	Dotterel	3/8 EAR	OPGW 15,6	OPGW 13,4
70% CR : Final, Vento extremo; Tração suporte (Pressão de Vento ver Item 3.3)	6629 kgf	5499 kgf	4889 kgf	8836 kgf	6633kgf
50% CR : Vento nominal; Tração suporte (Pressão de Vento ver Item 3.3)	4735 kgf	3928 kgf	3492 kgf	6311 kgf	4738 kgf
Partida: final , Sem Vento EDS, Tração horizontal	1894,2 kgf (20%)	1180 kgf (15,02%)	731 kgf (10,47%)	1436 kgf (11,38%)	1225 kgf (12,93%)
33 % CR Tração Inicial, Sem Vento, Tração suporte	3125 kgf	2592 kgf	2305 kgf	4165 kgf	3127 kgf

4.6 Abaixo segue o resumo dos resultados obtidos no programa de flechas e trações conforme anexo 1:

		trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
AAAC 838	Final, Vento extremo		3628	3832	3968	4066	4144	4209	4269
	Inicial, Sem Vento		2490	2242	2127	2070	2042	2030	2028
	final , Sem Vento, EDS		1894,2	1894,2	1894,2	1894,2	1894,2	1894,2	1894,2
		trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
CAA DOTTEREL	Final, Vento extremo		2278	2443	2558	2642	2706	2759	2804
	Inicial, Sem Vento		1372	1301	1266	1249	1241	1239	1240
	final , Sem Vento, EDS		1180	1180	1180	1180	1180	1180	1180

	trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
3/8 EAR	Final, Vento extremo	1370	1467	1534	1583	1621	1652	1678
	Inicial, Sem Vento	783	766	758	756	756	757	760
	final , Sem Vento, EDS	731	731	731	731	731	731	731
	trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
OPGW 15,6	Final, Vento extremo	2486	2640	2744	2820	2879	2927	2969
	Inicial, Sem Vento	1592	1536	1510	1498	1494	1495	1499
	final , Sem Vento, EDS	1436	1436	1436	1436	1436	1436	1436
	trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
OPGW 13,4	Final, Vento extremo	2107	2243	2337	2405	2458	2502	2539
	Inicial, Sem Vento	1340	1302	1283	1275	1272	1274	1278
	final , Sem Vento, EDS	1225	1225	1225	1225	1225	1225	1225

4.6 Estão sendo verificadas na tabela abaixo para vãos isolados entre 300 m e 900 m, se as trações de projeto obedecem aos limites estabelecidos no item 4.3 .

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

Carregamento	Tração Correspondente em kgf (1)(5)				
	AAAC 838	DOTTEREL	3/8" EAR	OPGW 15,6	OPGW 13,4
88 kgf/m ² , 17°C, final (2)	4306 (45,47%)				
95 kgf/m ² , 17°C, final (2)		2850 (36,27%)	1706 (24,42%)	3015 (23,88%)	2579 (27,21%)
s/vento, 4°C, inicial (2)	2490 (26,29%)	1372 (17,46%)	783 (11,21%)	1592 (12,61%)	1340 (14,14%)
s/vento, 21°C, final (3)	1894,2 (20,00%)	1180 (15,02%)	731 (10,47%)	1436 (11,38%)	1225 (12,93%)

(1) O valor entre parênteses indica o percentual da carga de ruptura do cabo.

(2) Trações no suporte.

(3) Tração horizontal

(5) A tração para a condição de vento extremo (T = 250 anos) está sendo limitada a 50% para o cabo condutor e o para-raios CAA Dotterel e 40% para os demais cabos para-raios, tornando desnecessária a verificação para a condição de vento nominal (T = 50 anos)

5. TABELAS DE FLECHAS E TRAÇÕES

5.1. A partir das condições de projeto constantes do item 4.5 anterior e dos critérios de vibração do item 6 (ver também Anexo 3) foram calculadas as flechas e trações para cada cabo, de acordo com as trações de partida apresentadas nas tabelas abaixo, extraídas do item 4.5 anterior.

Temper. Média (°C)	Trações de partida dos cabos (final, sem vento, temperatura média)				
	AAAC 838	DOTTEREL	3/8" EAR	OPGW 15,6	OPGW 13,4
21	1894,2 (20,00%)	1180 (15,02%)	731 (10,47%)	1436 (11,38%)	1225 (12,93%)

5.2 Os cálculos das flechas e trações foram realizados fazendo uso do programa de computador FLETRA. Os relatórios de saída do programa FLETRA constam do Anexo 1

5.3 Os cálculos foram executados para uma faixa de vãos variando de 300 m a 900 m, a qual deve cobrir a quase totalidade dos vãos esperados para a LT em estudo. No decorrer do projeto executivo, vãos básicos ou isolados que venham a estar situados fora dessa faixa serão objeto de estudo específico, respeitado o disposto no capítulo 4.

5.4 O exame dos relatórios de saída permite constatar que, partindo da tração de governo, sem vento, final, as demais condições de projeto são respeitadas, para o intervalo de vãos considerado (300 a 900 metros).

5.5 São comparadas no Anexo 2 as flechas do condutor e dos cabos para-raios para a condição de governo EDS, sem vento, final. A relação entre as flechas dos cabos para-raios e dos condutores atende o especificado no item 4.4, validando as condições de governo selecionadas.

6. CRITÉRIO DE PROTEÇÃO CONTRA VIBRAÇÃO EÓLICA

6.1 O procedimento usual de projeto consiste, portanto, em apoiar-se em resultados publicados sobre o desempenho de linhas existentes e aplicar as recomendações extraídas do comportamento dessa LT ao projeto em estudo.

6.2 No caso presente estão sendo adotadas as recomendações da Brochura 273 [5] no caso presente ou então sendo adotadas as recomendações Grupo de Trabalho CIGRE 22.11 publicadas na revista ELECTRA [4].

6.3 Como critério de avaliação da necessidade de proteção contra vibração eólica a referência citada utiliza parâmetros que levam em conta a tração atuando no cabo, sua massa unitária, a extensão do vão e o efeito da rugosidade do terreno atravessado sobre a turbulência do vento.

6.4 A análise das considerações teóricas sobre o fenômeno vibratório combinada com a experiência de campo acumulada ao longo das últimas décadas levaram o referido grupo de trabalho [4] a propor o gráfico apresentado na Figura do Anexo 3A, composto basicamente, por três áreas:

- a) área situada à esquerda das retas verticais aplicáveis a cada tipo de terreno, para a qual não é necessário o uso de amortecedores;
- b) área interna, à direita das retas verticais, abaixo da linha horizontal e à esquerda das curvas aplicáveis a cada tipo de terreno na qual os cabos podem ser seguramente protegidos pelo simples uso de amortecedores nas extremidades dos vãos;

- c) área situada acima do limite horizontal do gráfico e à direita das curvas aplicáveis a cada tipo de terreno, na qual os cabos necessitam de proteções reforçadas, ou seja, maior número de amortecedores nas extremidades dos vãos e uso de armaduras pré-formadas ou grampos de suspensão tipo AGS (armor grip suspension).

6.5. Os efeitos da vibração eólica são examinados a seguir para todos os cabos a serem utilizados na LT [5] para a pior condição com temperatura mínima de 4°C. São indicadas abaixo as características físicas desses cabos:

	AAAC 838	DOTTEREL	3/8" EAR	OPGW15,6	OPGW 13,4
D	0,02678 m	0,01542 m	0,00914 m	0,0156 m	0,0134 m
m	1,172kg/m	0,657 kg/m	0,407 kg/m	0,800 kg/m	0,682kg/m
p	1,172kg/m	0,657 kgf/m	0,407 kgf/m	0,800 kgf/m	0,682kgf/m

6.6 A seguir, os valores dos parâmetros (LD/m) e (H/p) para vãos de 300 a 900m:

AAAC 838	300	400	500	600	700	800	900
H (kgf)	2.484	2.229	2.106	2.040	2.001	1.975	1.958
LD/m (m3/kg)	6,85	9,14	11,42	13,71	15,99	18,28	20,56
H/p (m)	2.119	1.902	1.797	1.741	1.707	1.685	1.671
DOTTEREL	300	400	500	600	700	800	900
H (kgf)	1.369	1.295	1.256	1.233	1.220	1.210	1.204
LD/m (m3/kg)	7,04	9,39	11,74	14,08	16,43	18,78	21,12
H/p (m)	2.084	1.971	1.912	1.877	1.857	1.842	1.833
3/8 EAR	300	400	500	600	700	800	900
H (kgf)	781	762	752	746	742	739	738
LD/m (m3/kg)	6,74	8,98	11,23	13,47	15,72	17,97	20,21
H/p (m)	1.919	1.872	1.848	1.833	1.823	1.816	1.813
OPGW 15,6	300	400	500	600	700	800	900
H (kgf)	1.588	1.528	1.497	1.479	1.468	1.461	1.456
LD/m (m3/kg)	5,85	7,80	9,75	11,70	13,65	15,60	17,55
H/p (m)	1.985	1.910	1.871	1.849	1.835	1.826	1.820
OPGW 13,4	300	400	500	600	700	800	900
H (kgf)	1.336	1.294	1.272	1.258	1.250	1.244	1.240
LD/m (m3/kg)	5,89	7,86	9,82	11,79	13,75	15,72	17,68
H/p (m)	1.959	1.897	1.865	1.845	1.833	1.824	1.818

6.7 Plotando os valores acima utilizando os mesmos eixos da figura do anexo 3A, obtém-se as curvas mostradas na figura do anexo 3B a qual inclui também a curva limite correspondente ao terreno tipo 2 (aberto, plano, sem obstruções). A análise da figura do anexo 3B permite concluir:

- a) cabo condutor AAAC 823 – Vãos até 600 m caem na área em que o uso de amortecedores nas extremidades dos vãos é proteção suficiente.

- b) cabos para-raios CAA Dotterel– Vãos até 600 m caem na área em que o uso de amortecedores nas extremidades dos vãos é proteção suficiente.
 - c) cabos para - raios 3/8”– Vãos até 600 m caem na área em que o uso de amortecedores nas extremidades dos vãos é proteção suficiente.
 - d) cabos para - raios OPGW 15,6 – Vãos até 700 m caem na área em que o uso de amortecedores nas extremidades dos vãos é proteção suficiente.
 - e) cabos para - raios OPGW 13,4 – Vãos até 700 m caem na área em que o uso de amortecedores nas extremidades dos vãos é proteção suficiente.
- 6.8 Quando utilizados em vãos superiores ao limite indicado no item 6.7 anterior, os cabos condutores e os para-raios 3/8”, Dotterel, OPGW15,6 e OPGW 13,4 devem receber proteção reforçada, a qual pode ser obtida pelo uso de uma quantidade maior de amortecedores em ambas as extremidades dos vãos.
- 6.8 Adicionalmente os cabos para-raios 3/8” e Dotterel deverão ser protegidos por armaduras pré-formadas.
- 6.9 Travessias de grandes rios e outros vãos longos que, pelas características do terreno atravessado, possam favorecer a ação de ventos uniformes com baixo nível de turbulência, devem receber sistema de amortecimento reforçado, conforme orientação do projetista da LT.
- 6.10 No decorrer do projeto executivo, após serem determinadas por ensaios de tipo [6] as características de amortecimento dos materiais efetivamente comprados, a quantidade de amortecedores por vão deverá ser reavaliada e aumentada, caso necessário, visando reduzir as amplitudes de vibração a níveis suficientemente baixos para garantir a integridade dos cabos ao longo de toda a vida útil da LT.

7. REFERÊNCIAS

- 1 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0005 CONDUTOR E PÁRA-RAIOS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 2 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0003 DADOS CLIMATOLÓGICOS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 3 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0004 VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO , preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 4 ELECTRA N° 198, outubro, 2001 – Safe design tension with respect to aeolian vibrations. Part 2: damped single conductors.
- 5 Brochura 273- Overhead conductor safe design tension with respect to aeolian vibrations
- 6 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0010 ISOLADORES E FERRAGENS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2

ANEXO 1 – FLECHAS E TRAÇÕES

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894,2 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

87 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: PROJETO BASICO

LT 500 KV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

CABO: AAAC 1120	838.0kcmil	37fios	6 POR FASE
diâmetro = 26.78 mm	coef. dilat.i = 0.00002300	oC-1	
área secção = 425.16 mm ²	coef. dilat.f = 0.00002300	oC-1	
peso linear = 1.1720 kg/m	mód. elast. i = 4829. kgf/mm ²		
carga rupt. = 9471. kgf	mód. elast. f = 6526. kgf/mm ²		

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 87.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 2.6080 kgf/m	Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
Comprimento = 0.00 m
Área . . . = 0.00 m ²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 0.00 kgf	Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 21.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2
CABO
AAAC 838 kcmil , 37 FIOS
TRAÇÃO DE PARTIDA
1894,2 kgf, a 21°C, sem vento, final
PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)
87 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 2

PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

CABO: AAAC 1120 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

 PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 5.31 5.31	2483.9 2487.0 2490.1
	21.	0.00 6.04 6.04	2184.0 2187.5 2191.1
	55.	0.00 7.48 7.48	1763.1 1767.5 1771.8
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 7.74 7.74	3793.9 3804.0 3814.0
FINAIS	4.	0.00 6.18 6.18	2134.3 2137.9 2141.5
	9.	0.00 6.41 6.42	2056.6 2060.3 2064.1
	17.	0.00 6.78 6.78	1944.9 1948.9 1952.8
	21.	0.00 6.97 6.97	1894.2 1898.3 1902.4
	55.	0.00 8.43 8.43	1566.3 1571.2 1576.1
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 8.14 8.14	3606.6 3617.2 3627.7

VÃO = 400.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 10.52 10.52	2229.4 2235.6 2241.7
	21.	0.00 11.38 11.38	2062.6 2069.3 2075.9
	55.	0.00 13.00 13.00	1805.4 1812.9 1820.5
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 13.35 13.35	3912.7 3930.0 3947.3
FINAIS	4.	0.00 11.53 11.53	2034.9 2041.7 2048.4
	9.	0.00 11.79 11.79	1990.8 1997.6 2004.5
	17.	0.00 12.19 12.19	1925.0 1932.2 1939.3
	21.	0.00 12.39 12.39	1894.2 1901.5 1908.7
	55.	0.00 14.00 14.00	1677.0 1685.1 1693.3
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 13.76 13.76	3796.5 3814.3 3832.1

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894,2 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

87 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 3

 PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

CABO: AAAC 1120 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 17.42 17.42	2106.3 2116.4 2126.6
	21.	0.00 18.32 18.32	2003.0 2013.7 2024.3
	55.	0.00 20.04 20.04	1831.5 1843.1 1854.8
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 20.46 20.46	3992.7 4019.2 4045.6
FINAIS	4.	0.00 18.48 18.48	1985.7 1996.4 2007.2
	9.	0.00 18.74 18.75	1957.5 1968.4 1979.3
	17.	0.00 19.17 19.17	1914.7 1925.9 1937.0
	21.	0.00 19.37 19.37	1894.2 1905.5 1916.8
	55.	0.00 21.08 21.08	1741.9 1754.1 1766.4
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 20.87 20.87	3914.2 3941.1 3968.1

VÃO = 510.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 18.19 18.19	2097.8 2108.4 2119.0
	21.	0.00 19.10 19.10	1998.8 2009.9 2021.0
	55.	0.00 20.83 20.83	1833.5 1845.6 1857.7
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 21.25 21.25	3999.1 4026.6 4054.0
FINAIS	4.	0.00 19.26 19.26	1982.2 1993.4 2004.6
	9.	0.00 19.53 19.53	1955.2 1966.5 1977.9
	17.	0.00 19.95 19.95	1914.0 1925.6 1937.1
	21.	0.00 20.16 20.16	1894.2 1906.0 1917.7
	55.	0.00 21.87 21.87	1746.8 1759.5 1772.2
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 21.66 21.66	3923.3 3951.3 3979.3

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2
CABO
AAAC 838 kcmil , 37 FIOS
TRAÇÃO DE PARTIDA
1894,2 kgf, a 21°C, sem vento, final
PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)
87 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 4

PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

CABO: AAAC 1120 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

 PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 25.92 25.92	2040.0 2055.0 2070.1
	21.	0.00 26.84 26.84	1970.0 1985.6 2001.2
	55.	0.00 28.62 28.62	1848.1 1864.6 1881.2
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 29.09 29.09	4046.8 4084.3 4121.8
FINAIS	4.	0.00 27.01 27.01	1958.2 1973.8 1989.5
	9.	0.00 27.28 27.28	1938.7 1954.5 1970.4
	17.	0.00 27.71 27.71	1908.7 1924.8 1940.8
	21.	0.00 27.92 27.92	1894.2 1910.4 1926.6
	55.	0.00 29.69 29.69	1782.4 1799.6 1816.7
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 29.50 29.50	3990.5 4028.5 4066.4

VÃO = 700.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 36.01 36.01	2000.5 2021.4 2042.2
	21.	0.00 36.95 36.95	1950.0 1971.4 1992.7
	55.	0.00 38.77 38.77	1859.0 1881.4 1903.8
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 39.27 39.27	4084.3 4134.7 4185.1
FINAIS	4.	0.00 37.11 37.11	1941.4 1962.8 1984.3
	9.	0.00 37.39 37.39	1927.2 1948.8 1970.3
	17.	0.00 37.83 37.83	1905.0 1926.9 1948.7
	21.	0.00 38.04 38.05	1894.2 1916.2 1938.1
	55.	0.00 39.85 39.85	1809.0 1832.0 1855.0
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 39.69 39.69	4042.0 4092.9 4143.8

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2
CABO
AAAC 838 kcmil , 37 FIOS
TRAÇÃO DE PARTIDA
1894,2 kgf, a 21°C, sem vento, final
PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)
87 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 5

PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

CABO: AAAC 1120 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

 PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 47.69 47.69	1975.2 2002.7 2030.1
	21.	0.00 48.64 48.64	1937.0 1965.0 1992.9
	55.	0.00 50.49 50.49	1866.6 1895.6 1924.6
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 51.02 51.03	4111.0 4176.1 4241.3
FINAIS	4.	0.00 48.81 48.81	1930.4 1958.5 1986.5
	9.	0.00 49.09 49.09	1919.6 1947.8 1976.0
	17.	0.00 49.53 49.53	1902.6 1931.0 1959.5
	21.	0.00 49.75 49.75	1894.2 1922.8 1951.4
	55.	0.00 51.59 51.59	1827.3 1856.9 1886.5
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 51.44 51.44	4078.1 4143.7 4209.4

VÃO = 900.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 60.97 60.97	1958.0 1992.9 2027.8
	21.	0.00 61.93 61.93	1928.1 1963.5 1998.9
	55.	0.00 63.81 63.81	1872.0 1908.5 1944.9
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 64.36 64.36	4130.5 4212.2 4294.0
FINAIS	4.	0.00 62.10 62.10	1922.9 1958.4 1993.9
	9.	0.00 62.38 62.38	1914.3 1950.0 1985.7
	17.	0.00 62.83 62.83	1900.9 1936.8 1972.7
	21.	0.00 63.05 63.05	1894.2 1930.2 1966.3
	55.	0.00 64.92 64.92	1840.4 1877.5 1914.5
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 64.78 64.78	4104.2 4186.5 4268.7

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 21° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 4/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE
diâmetro = 15.42 mm coef. dilat.i =0.00001480 oC-1
área secção = 141.89 mm² coef. dilat.f =0.00001530 oC-1
peso linear = 0.6570 kg/m mód. elast. i = 9773. kgf/mm²
carga rupt. = 7857. kgf mód. elast. f = 10687. kgf/mm²

PARÂMETROS TENSÃO-DEFORMAÇÃO [psi]:

AO = 0.21700E-02 AM = 0.00000E+00 (6 meses)
A1 = 0.70500E-05 AA = 0.00000E+00 (1 ano)
A2 =-0.32100E-10 AF = 0.11960E+06 (10 anos)
A3 = 0.11400E-15

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 93.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 1.5774 kgf/m	Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
Comprimento = 0.00 m
Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 0.00 kgf	Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 21.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO CALCULADOS!

PERÍODO: 10 ANOS

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 21° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 2

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 11.68 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 5.40 5.40	1368.9 1370.7 1372.4
	21.	0.00 5.90 5.90	1252.6 1254.6 1256.5
	40.	0.00 6.46 6.46	1144.8 1146.9 1149.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 7.67 7.67	2316.0 2322.1 2328.1
FINAIS	4.	0.00 5.74 5.74	1289.0 1290.9 1292.7
	9.	0.00 5.89 5.89	1254.7 1256.6 1258.6
	17.	0.00 6.14 6.14	1203.8 1205.8 1207.8
	21.	0.00 6.27 6.27	1180.0 1182.0 1184.1
	40.	0.00 6.85 6.85	1080.1 1082.4 1084.6
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 7.84 7.84	2265.8 2272.0 2278.1

VÃO = 400.00 m CREEP = 11.64 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 10.16 10.16	1294.7 1298.1 1301.4
	21.	0.00 10.74 10.74	1224.8 1228.4 1231.9
	40.	0.00 11.37 11.37	1156.8 1160.5 1164.3
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 12.86 12.86	2456.9 2467.0 2477.1
FINAIS	4.	0.00 10.55 10.55	1247.0 1250.4 1253.9
	9.	0.00 10.73 10.73	1226.3 1229.8 1233.3
	17.	0.00 11.01 11.01	1194.9 1198.5 1202.1
	21.	0.00 11.15 11.15	1180.0 1183.6 1187.3
	40.	0.00 11.80 11.80	1115.0 1118.8 1122.7
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 13.04 13.04	2422.9 2433.1 2443.4

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2
CABO
DOTTEREL, 12/7
TRAÇÃO DE PARTIDA
1180 kgf, a 21° C, sem vento, final
PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)
93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 3

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 °C - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 11.63 °C 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [°C]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 16.37 16.37	1255.6 1261.0 1266.3
	21.	0.00 16.99 16.99	1210.0 1215.6 1221.1
	40.	0.00 17.67 17.67	1163.9 1169.7 1175.4
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.35 19.36	2551.9 2567.0 2582.1
FINAIS	4.	0.00 16.79 16.79	1224.6 1230.1 1235.6
	9.	0.00 16.98 16.98	1211.0 1216.6 1222.1
	17.	0.00 17.28 17.28	1190.1 1195.7 1201.4
	21.	0.00 17.43 17.43	1180.0 1185.7 1191.4
	40.	0.00 18.12 18.12	1135.0 1140.9 1146.8
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.54 19.54	2527.4 2542.7 2558.0

VÃO = 510.00 m CREEP = 11.63 °C 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [°C]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 17.08 17.08	1252.8 1258.4 1264.0
	21.	0.00 17.70 17.70	1209.0 1214.7 1220.5
	40.	0.00 18.38 18.38	1164.4 1170.4 1176.4
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 20.08 20.08	2559.5 2575.2 2590.9
FINAIS	4.	0.00 17.49 17.49	1223.0 1228.7 1234.4
	9.	0.00 17.68 17.68	1209.9 1215.7 1221.5
	17.	0.00 17.98 17.98	1189.7 1195.6 1201.5
	21.	0.00 18.13 18.13	1180.0 1185.9 1191.8
	40.	0.00 18.83 18.83	1136.5 1142.6 1148.7
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 20.27 20.27	2535.8 2551.7 2567.5

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2
CABO
DOTTEREL, 12/7
TRAÇÃO DE PARTIDA
1180 kgf, a 21° C, sem vento, final
PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)
93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 4

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

 CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

 PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 11.63 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 24.02 24.02	1233.3 1241.1 1249.0
	21.	0.00 24.66 24.66	1201.4 1209.4 1217.5
	40.	0.00 25.37 25.37	1168.3 1176.5 1184.8
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 27.20 27.20	2617.1 2638.4 2659.6
FINAIS	4.	0.00 24.45 24.45	1211.6 1219.6 1227.6
	9.	0.00 24.65 24.65	1202.1 1210.1 1218.1
	17.	0.00 24.96 24.96	1187.2 1195.4 1203.5
	21.	0.00 25.11 25.11	1180.0 1188.2 1196.3
	40.	0.00 25.83 25.83	1147.2 1155.6 1164.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 27.39 27.39	2598.8 2620.2 2641.6

VÃO = 700.00 m CREEP = 11.64 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 33.10 33.10	1219.5 1230.2 1241.0
	21.	0.00 33.75 33.75	1196.0 1206.9 1217.9
	40.	0.00 34.47 34.47	1171.2 1182.3 1193.5
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 36.41 36.41	2663.2 2691.5 2719.8
FINAIS	4.	0.00 33.54 33.54	1203.5 1214.4 1225.3
	9.	0.00 33.74 33.74	1196.5 1207.4 1218.4
	17.	0.00 34.05 34.05	1185.4 1196.5 1207.5
	21.	0.00 34.21 34.21	1180.0 1191.1 1202.2
	40.	0.00 34.95 34.95	1155.2 1166.5 1177.8
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 36.60 36.60	2649.1 2677.6 2706.0

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2
CABO
DOTTEREL, 12/7
TRAÇÃO DE PARTIDA
1180 kgf, a 21° C, sem vento, final
PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)
93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 5

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

 PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 11.66 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 43.59 43.59	1210.4 1224.5 1238.6
	21.	0.00 44.26 44.26	1192.4 1206.7 1221.0
	40.	0.00 44.99 44.99	1173.1 1187.6 1202.2
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 47.01 47.01	2696.6 2733.0 2769.4
FINAIS	4.	0.00 44.04 44.04	1198.2 1212.4 1226.7
	9.	0.00 44.24 44.25	1192.7 1207.0 1221.4
	17.	0.00 44.57 44.57	1184.2 1198.6 1213.0
	21.	0.00 44.73 44.73	1180.0 1194.5 1208.9
	40.	0.00 45.48 45.48	1160.6 1175.3 1190.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 47.21 47.21	2685.4 2721.9 2758.5

VÃO = 900.00 m CREEP = 11.68 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 55.52 55.52	1204.1 1222.0 1239.9
	21.	0.00 56.19 56.19	1189.9 1208.0 1226.1
	40.	0.00 56.94 56.94	1174.5 1192.8 1211.1
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 59.02 59.02	2721.4 2766.9 2812.4
FINAIS	4.	0.00 55.98 55.98	1194.5 1212.5 1230.5
	9.	0.00 56.18 56.18	1190.1 1208.2 1226.3
	17.	0.00 56.51 56.51	1183.4 1201.5 1219.7
	21.	0.00 56.67 56.67	1180.0 1198.2 1216.5
	40.	0.00 57.43 57.43	1164.4 1182.9 1201.4
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 59.22 59.22	2712.2 2757.9 2803.6

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

95 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE
 diâmetro = 9.14 mm coef. dilat.i = 0.00001152 oC-1
 área secção = 51.08 mm² coef. dilat.f = 0.00001152 oC-1
 peso linear = 0.4070 kg/m mód. elast. i = 18600. kgf/mm²
 carga rupt. = 6985. kgf mód. elast. f = 18200. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 93.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 0.9428 kgf/m	Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
 Comprimento = 0.00 m
 Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 0.00 kgf	Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 21.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

95 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 2

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

CABO: EAR 3/8"

1 POR FASE

PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 5.87 5.87	780.8 782.0 783.2
	21.	0.00 6.27 6.27	731.0 732.3 733.6
	40.	0.00 6.71 6.71	683.1 684.5 685.9
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 7.77 7.77	1366.3 1370.0 1373.6
FINAIS	4.	0.00 5.87 5.87	780.5 781.7 782.9
	9.	0.00 5.99 5.99	765.2 766.4 767.6
	17.	0.00 6.17 6.17	742.0 743.3 744.5
	21.	0.00 6.27 6.27	731.0 732.3 733.6
	40.	0.00 6.70 6.70	683.4 684.7 686.1
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 7.79 7.79	1362.4 1366.0 1369.7

VÃO = 400.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 10.70 10.70	761.8 763.9 766.1
	21.	0.00 11.15 11.15	731.0 733.3 735.5
	40.	0.00 11.64 11.64	700.1 702.5 704.8
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 12.95 12.95	1458.3 1464.3 1470.4
FINAIS	4.	0.00 10.70 10.70	761.7 763.8 766.0
	9.	0.00 10.83 10.83	752.3 754.5 756.7
	17.	0.00 11.04 11.04	737.9 740.2 742.4
	21.	0.00 11.15 11.15	731.0 733.3 735.5
	40.	0.00 11.64 11.64	700.2 702.6 704.9
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 12.98 12.98	1454.8 1460.9 1467.0

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

95 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 3

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

CABO: EAR 3/8"

1 POR FASE

PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 16.95 16.95	751.6 755.0 758.4
	21.	0.00 17.43 17.43	731.0 734.5 738.1
	40.	0.00 17.95 17.95	709.7 713.3 717.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.44 19.44	1518.9 1528.0 1537.1
FINAIS	4.	0.00 16.95 16.95	751.5 755.0 758.4
	9.	0.00 17.09 17.09	745.3 748.8 752.2
	17.	0.00 17.32 17.32	735.7 739.2 742.7
	21.	0.00 17.43 17.43	731.0 734.5 738.1
	40.	0.00 17.95 17.95	709.7 713.4 717.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.47 19.47	1516.0 1525.1 1534.2

VÃO = 510.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 17.65 17.65	750.8 754.4 758.0
	21.	0.00 18.13 18.13	731.0 734.7 738.3
	40.	0.00 18.66 18.66	710.4 714.2 718.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 20.16 20.16	1523.8 1533.2 1542.6
FINAIS	4.	0.00 17.65 17.65	750.8 754.4 757.9
	9.	0.00 17.79 17.79	744.8 748.4 752.0
	17.	0.00 18.02 18.02	735.5 739.2 742.8
	21.	0.00 18.13 18.13	731.0 734.7 738.3
	40.	0.00 18.66 18.66	710.5 714.2 718.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 20.19 20.20	1521.0 1530.4 1539.8

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2
CABO
3/8" EAR
TRAÇÃO DE PARTIDA
731 kgf, a 21°C, sem vento, final
PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)
95 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 4

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

 CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE

 PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 24.62 24.62	745.6 750.6 755.6
	21.	0.00 25.11 25.11	731.0 736.1 741.1
	40.	0.00 25.66 25.66	715.6 720.7 725.9
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 27.27 27.27	1560.1 1572.8 1585.5
FINAIS	4.	0.00 24.62 24.62	745.6 750.6 755.6
	9.	0.00 24.76 24.76	741.2 746.2 751.2
	17.	0.00 25.00 25.00	734.4 739.4 744.5
	21.	0.00 25.11 25.11	731.0 736.1 741.1
	40.	0.00 25.66 25.66	715.6 720.7 725.9
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 27.31 27.31	1557.7 1570.4 1583.2

VÃO = 700.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 33.70 33.70	741.9 748.7 755.5
	21.	0.00 34.21 34.21	731.0 737.9 744.8
	40.	0.00 34.77 34.77	719.3 726.3 733.3
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 36.47 36.47	1588.9 1605.9 1622.8
FINAIS	4.	0.00 33.70 33.70	741.9 748.7 755.5
	9.	0.00 33.85 33.85	738.6 745.4 752.3
	17.	0.00 34.09 34.09	733.5 740.4 747.2
	21.	0.00 34.21 34.21	731.0 737.9 744.8
	40.	0.00 34.77 34.77	719.3 726.3 733.3
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 36.52 36.52	1586.9 1603.9 1620.9

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

95 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 5

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

CABO: EAR 3/8"

1 POR FASE

PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 44.21 44.21	739.4 748.3 757.1
	21.	0.00 44.73 44.73	731.0 740.0 748.9
	40.	0.00 45.29 45.30	721.9 731.0 740.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 47.07 47.07	1609.6 1631.4 1653.2
FINAIS	4.	0.00 44.21 44.21	739.4 748.3 757.1
	9.	0.00 44.36 44.36	736.9 745.8 754.7
	17.	0.00 44.61 44.61	733.0 741.9 750.8
	21.	0.00 44.73 44.73	731.0 740.0 748.9
	40.	0.00 45.29 45.29	721.9 731.0 740.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 47.12 47.12	1608.0 1629.8 1651.6

VÃO = 900.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 56.15 56.15	737.7 748.9 760.1
	21.	0.00 56.67 56.67	731.0 742.3 753.6
	40.	0.00 57.25 57.25	723.7 735.1 746.5
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 59.08 59.08	1625.0 1652.2 1679.4
FINAIS	4.	0.00 56.15 56.15	737.7 748.9 760.1
	9.	0.00 56.30 56.30	735.7 746.9 758.2
	17.	0.00 56.55 56.55	732.6 743.8 755.1
	21.	0.00 56.67 56.67	731.0 742.3 753.6
	40.	0.00 57.24 57.25	723.7 735.1 746.5
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 59.13 59.13	1623.6 1650.8 1678.1

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

OPGW 15,6

TRAÇÃO DE PARTIDA

1436 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

95 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

CABO: OPGW1 1 POR FASE
 diâmetro = 15.60 mm coef. dilat.i = 0.00001433 oC-1
 área secção = 145.00 mm² coef. dilat.f = 0.00001433 oC-1
 peso linear = 0.8000 kg/m mód. elast. i = 14300. kgf/mm²
 carga rupt. = 12623. kgf mód. elast. f = 12430. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 93.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 1.6568 kgf/m	Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
 Comprimento = 0.00 m
 Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 0.00 kgf	Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 21.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2
CABO
OPGW 15,6
TRAÇÃO DE PARTIDA
1436 kgf, a 21°C, sem vento, final
PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)
95 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 2

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

 CABO: OPGW1 1 POR FASE

 PARTIDA: 1436.0 kgf = 11.38 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 5.67 5.67	1587.9 1590.1 1592.4
	21.	0.00 6.18 6.18	1456.1 1458.5 1461.0
	40.	0.00 6.74 6.74	1335.3 1338.0 1340.7
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 7.35 7.35	2538.8 2544.8 2550.9
FINAIS	4.	0.00 5.78 5.78	1558.5 1560.8 1563.1
	9.	0.00 5.92 5.92	1520.1 1522.5 1524.9
	17.	0.00 6.16 6.16	1462.9 1465.4 1467.8
	21.	0.00 6.27 6.27	1436.0 1438.5 1441.0
	40.	0.00 6.81 6.81	1322.1 1324.8 1327.5
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 7.54 7.54	2473.5 2479.8 2486.0

VÃO = 400.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 10.48 10.48	1527.9 1532.1 1536.3
	21.	0.00 11.06 11.06	1448.6 1453.0 1457.4
	40.	0.00 11.68 11.68	1371.5 1376.1 1380.8
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 12.42 12.42	2670.7 2680.9 2691.1
FINAIS	4.	0.00 10.59 10.59	1511.6 1515.8 1520.0
	9.	0.00 10.76 10.76	1488.4 1492.6 1496.9
	17.	0.00 11.02 11.02	1452.9 1457.3 1461.7
	21.	0.00 11.15 11.15	1436.0 1440.4 1444.9
	40.	0.00 11.76 11.76	1361.9 1366.6 1371.2
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 12.67 12.67	2618.8 2629.2 2639.6

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

OPGW 15,6

TRAÇÃO DE PARTIDA

1436 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

95 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 3

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

 CABO: OPGW1 1 POR FASE

 PARTIDA: 1436.0 kgf = 11.38 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 16.73 16.73	1496.7 1503.4 1510.0
	21.	0.00 17.33 17.33	1444.6 1451.5 1458.3
	40.	0.00 17.99 17.99	1391.7 1398.9 1406.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 18.83 18.83	2754.1 2769.6 2785.1
FINAIS	4.	0.00 16.84 16.84	1486.5 1493.2 1499.9
	9.	0.00 17.02 17.02	1471.2 1477.9 1484.7
	17.	0.00 17.30 17.30	1447.5 1454.3 1461.2
	21.	0.00 17.44 17.44	1436.0 1442.9 1449.9
	40.	0.00 18.09 18.09	1384.7 1391.9 1399.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.12 19.12	2712.9 2728.6 2744.3

VÃO = 510.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 17.43 17.43	1494.5 1501.4 1508.3
	21.	0.00 18.04 18.04	1444.3 1451.5 1458.6
	40.	0.00 18.70 18.70	1393.3 1400.7 1408.1
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.55 19.55	2760.6 2776.7 2792.8
FINAIS	4.	0.00 17.55 17.55	1484.7 1491.6 1498.6
	9.	0.00 17.72 17.72	1469.9 1476.9 1484.0
	17.	0.00 18.00 18.00	1447.1 1454.2 1461.4
	21.	0.00 18.14 18.14	1436.0 1443.2 1450.4
	40.	0.00 18.79 18.79	1386.4 1393.8 1401.3
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.84 19.84	2720.4 2736.7 2753.0

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2
CABO
OPGW 15,6
TRAÇÃO DE PARTIDA
1436 kgf, a 21°C, sem vento, final
PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)
95 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 4

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

 CABO: OPGW1 1 POR FASE

 PARTIDA: 1436.0 kgf = 11.38 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 24.40 24.40	1478.9 1488.5 1498.2
	21.	0.00 25.02 25.02	1442.1 1452.1 1462.0
	40.	0.00 25.70 25.70	1404.0 1414.2 1424.4
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 26.61 26.61	2808.8 2830.6 2852.5
FINAIS	4.	0.00 24.51 24.51	1471.9 1481.6 1491.3
	9.	0.00 24.69 24.70	1461.1 1470.9 1480.6
	17.	0.00 24.98 24.98	1444.2 1454.1 1464.0
	21.	0.00 25.13 25.13	1436.0 1446.0 1455.9
	40.	0.00 25.80 25.80	1398.6 1408.9 1419.1
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 26.93 26.93	2776.0 2798.1 2820.1

VÃO = 700.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 33.48 33.48	1467.8 1481.0 1494.3
	21.	0.00 34.12 34.12	1440.6 1454.1 1467.6
	40.	0.00 34.82 34.82	1411.9 1425.6 1439.4
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 35.78 35.78	2846.2 2875.4 2904.6
FINAIS	4.	0.00 33.60 33.60	1462.7 1476.0 1489.3
	9.	0.00 33.79 33.79	1454.7 1468.1 1481.4
	17.	0.00 34.08 34.08	1442.2 1455.6 1469.1
	21.	0.00 34.23 34.23	1436.0 1449.5 1463.1
	40.	0.00 34.92 34.92	1407.7 1421.5 1435.3
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 36.12 36.12	2819.7 2849.2 2878.7

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2
CABO
OPGW 15,6
TRAÇÃO DE PARTIDA
1436 kgf, a 21°C, sem vento, final
PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)
95 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 5

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

 CABO: OPGW1 1 POR FASE

 PARTIDA: 1436.0 kgf = 11.38 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 44.00 44.00	1460.5 1477.8 1495.2
	21.	0.00 44.64 44.64	1439.6 1457.2 1474.7
	40.	0.00 45.35 45.35	1417.2 1435.0 1452.9
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 46.35 46.35	2872.5 2910.2 2947.9
FINAIS	4.	0.00 44.11 44.11	1456.6 1474.0 1491.4
	9.	0.00 44.30 44.30	1450.5 1467.9 1485.4
	17.	0.00 44.60 44.60	1440.8 1458.3 1475.9
	21.	0.00 44.75 44.75	1436.0 1453.6 1471.2
	40.	0.00 45.46 45.46	1413.9 1431.8 1449.7
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 46.70 46.70	2850.8 2888.8 2926.8

VÃO = 900.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 55.94 55.94	1455.5 1477.4 1499.3
	21.	0.00 56.59 56.59	1438.9 1461.0 1483.2
	40.	0.00 57.31 57.31	1420.9 1443.4 1465.8
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 58.33 58.33	2891.6 2938.9 2986.2
FINAIS	4.	0.00 56.05 56.06	1452.4 1474.4 1496.4
	9.	0.00 56.25 56.25	1447.5 1469.6 1491.6
	17.	0.00 56.55 56.55	1439.8 1462.0 1484.1
	21.	0.00 56.70 56.70	1436.0 1458.2 1480.4
	40.	0.00 57.42 57.42	1418.3 1440.8 1463.2
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 58.70 58.70	2873.7 2921.2 2968.8

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

95 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

CABO: OPGW2 1 POR FASE
 diâmetro = 13.40 mm coef. dilat.i = 0.00001320 oC-1
 área secção = 103.00 mm² coef. dilat.f = 0.00001320 oC-1
 peso linear = 0.6820 kg/m mód. elast. i = 13800. kgf/mm²
 carga rupt. = 9477. kgf mód. elast. f = 13800. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 93.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 1.4206 kgf/m	Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
 Comprimento = 0.00 m
 Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 0.00 kgf	Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 21.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2
CABO
OPGW 13,4
TRAÇÃO DE PARTIDA
1225 kgf, a 21°C, sem vento, final
PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)
95 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 2

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

CABO: OPGW2 1 POR FASE

 PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 5.74 5.74	1336.4 1338.4 1340.3
	21.	0.00 6.19 6.19	1240.4 1242.5 1244.6
	40.	0.00 6.68 6.68	1149.4 1151.6 1153.9
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 7.57 7.57	2113.1 2118.5 2123.8
FINAIS	4.	0.00 5.82 5.82	1318.4 1320.4 1322.4
	9.	0.00 5.95 5.95	1289.4 1291.4 1293.4
	17.	0.00 6.16 6.16	1245.6 1247.7 1249.8
	21.	0.00 6.27 6.27	1225.0 1227.1 1229.3
	40.	0.00 6.76 6.76	1136.3 1138.6 1140.9
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 7.63 7.63	2096.1 2101.5 2106.9

VÃO = 400.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 10.55 10.55	1294.3 1297.9 1301.5
	21.	0.00 11.06 11.06	1234.8 1238.6 1242.3
	40.	0.00 11.61 11.61	1175.7 1179.7 1183.6
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 12.71 12.71	2237.7 2246.7 2255.7
FINAIS	4.	0.00 10.64 10.64	1283.3 1286.9 1290.5
	9.	0.00 10.79 10.79	1265.5 1269.1 1272.8
	17.	0.00 11.03 11.03	1238.1 1241.9 1245.6
	21.	0.00 11.15 11.15	1225.0 1228.8 1232.6
	40.	0.00 11.70 11.70	1167.1 1171.0 1175.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 12.79 12.79	2225.1 2234.1 2243.1

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

95 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 3

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

 CABO: OPGW2 1 POR FASE

 PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 16.79 16.79	1271.5 1277.1 1282.8
	21.	0.00 17.33 17.33	1231.7 1237.5 1243.4
	40.	0.00 17.93 17.93	1190.9 1197.0 1203.1
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.18 19.18	2319.6 2333.1 2346.6
FINAIS	4.	0.00 16.88 16.88	1264.2 1269.9 1275.6
	9.	0.00 17.04 17.04	1252.3 1258.1 1263.9
	17.	0.00 17.30 17.30	1233.9 1239.8 1245.6
	21.	0.00 17.43 17.43	1225.0 1230.9 1236.8
	40.	0.00 18.02 18.02	1184.8 1190.9 1197.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.26 19.26	2309.9 2323.5 2337.1

VÃO = 510.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 17.49 17.49	1269.8 1275.7 1281.7
	21.	0.00 18.04 18.04	1231.5 1237.6 1243.7
	40.	0.00 18.63 18.63	1192.1 1198.4 1204.7
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.90 19.90	2326.2 2340.2 2354.2
FINAIS	4.	0.00 17.59 17.59	1262.8 1268.8 1274.7
	9.	0.00 17.75 17.75	1251.4 1257.4 1263.4
	17.	0.00 18.00 18.00	1233.6 1239.7 1245.8
	21.	0.00 18.13 18.13	1225.0 1231.1 1237.3
	40.	0.00 18.73 18.73	1186.1 1192.5 1198.8
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.98 19.98	2316.7 2330.8 2344.9

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

95 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 4

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

 CABO: OPGW2 1 POR FASE

 PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 24.45 24.45	1258.1 1266.3 1274.6
	21.	0.00 25.01 25.01	1229.8 1238.3 1246.7
	40.	0.00 25.63 25.63	1200.2 1208.9 1217.5
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 26.99 26.99	2374.9 2393.9 2412.9
FINAIS	4.	0.00 24.55 24.55	1253.0 1261.3 1269.6
	9.	0.00 24.71 24.72	1244.5 1252.9 1261.3
	17.	0.00 24.98 24.98	1231.4 1239.9 1248.3
	21.	0.00 25.11 25.11	1225.0 1233.5 1242.0
	40.	0.00 25.73 25.73	1195.7 1204.4 1213.1
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 27.08 27.08	2367.4 2386.4 2405.4

VÃO = 700.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 33.53 33.53	1249.7 1261.0 1272.3
	21.	0.00 34.11 34.11	1228.6 1240.1 1251.6
	40.	0.00 34.74 34.74	1206.2 1217.9 1229.6
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 36.18 36.18	2413.5 2438.8 2464.2
FINAIS	4.	0.00 33.63 33.63	1245.9 1257.2 1268.5
	9.	0.00 33.80 33.80	1239.6 1251.0 1262.4
	17.	0.00 34.07 34.07	1229.8 1241.3 1252.8
	21.	0.00 34.21 34.21	1225.0 1236.5 1248.0
	40.	0.00 34.84 34.84	1202.8 1214.5 1226.3
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 36.27 36.27	2407.5 2432.9 2458.3

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2
CABO
OPGW 13,4
TRAÇÃO DE PARTIDA
1225 kgf, a 21°C, sem vento, final
PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)
95 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 5

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

CABO: OPGW2 1 POR FASE

 PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 44.03 44.03	1244.1 1258.8 1273.6
	21.	0.00 44.62 44.62	1227.8 1242.8 1257.7
	40.	0.00 45.27 45.27	1210.3 1225.5 1240.7
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 46.77 46.77	2441.2 2473.8 2506.4
FINAIS	4.	0.00 44.14 44.14	1241.2 1256.0 1270.8
	9.	0.00 44.31 44.31	1236.3 1251.2 1266.1
	17.	0.00 44.59 44.59	1228.7 1243.7 1258.7
	21.	0.00 44.72 44.72	1225.0 1240.0 1255.0
	40.	0.00 45.37 45.37	1207.6 1222.9 1238.1
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 46.86 46.86	2436.3 2469.0 2501.7

VÃO = 900.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 55.96 55.96	1240.2 1258.9 1277.6
	21.	0.00 56.56 56.56	1227.2 1246.1 1265.0
	40.	0.00 57.22 57.22	1213.2 1232.4 1251.5
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 58.76 58.76	2461.5 2502.3 2543.2
FINAIS	4.	0.00 56.07 56.07	1237.9 1256.6 1275.3
	9.	0.00 56.24 56.25	1234.0 1252.8 1271.6
	17.	0.00 56.52 56.53	1228.0 1246.9 1265.8
	21.	0.00 56.66 56.66	1225.0 1243.9 1262.9
	40.	0.00 57.32 57.32	1211.1 1230.2 1249.4
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 58.86 58.86	2457.5 2498.4 2539.3

ANEXO 2 – COMPARAÇÃO DAS FLECHAS CONDUTOR / PÁRA-RAIOS

FLECHAS DOS CONDUTORES E PÁRA-RAIOS

VÃO	AAAC 823 kcmil (A)	DOTTEREL (B)	3/8" EAR (C)	OPGW 15,6 (D)	OPGW 13,4 (E)
300	6,97	6,27	6,27	6,27	6,27
400	12,39	11,15	11,15	11,15	11,15
500	19,37	17,43	17,43	17,44	17,43
600	27,92	25,11	25,11	25,13	25,11
700	38,05	34,21	34,21	34,23	34,21
800	49,75	44,73	44,73	44,75	44,72
900	63,05	56,67	56,67	56,70	56,66

COMPARAÇÃO DAS FLECHAS

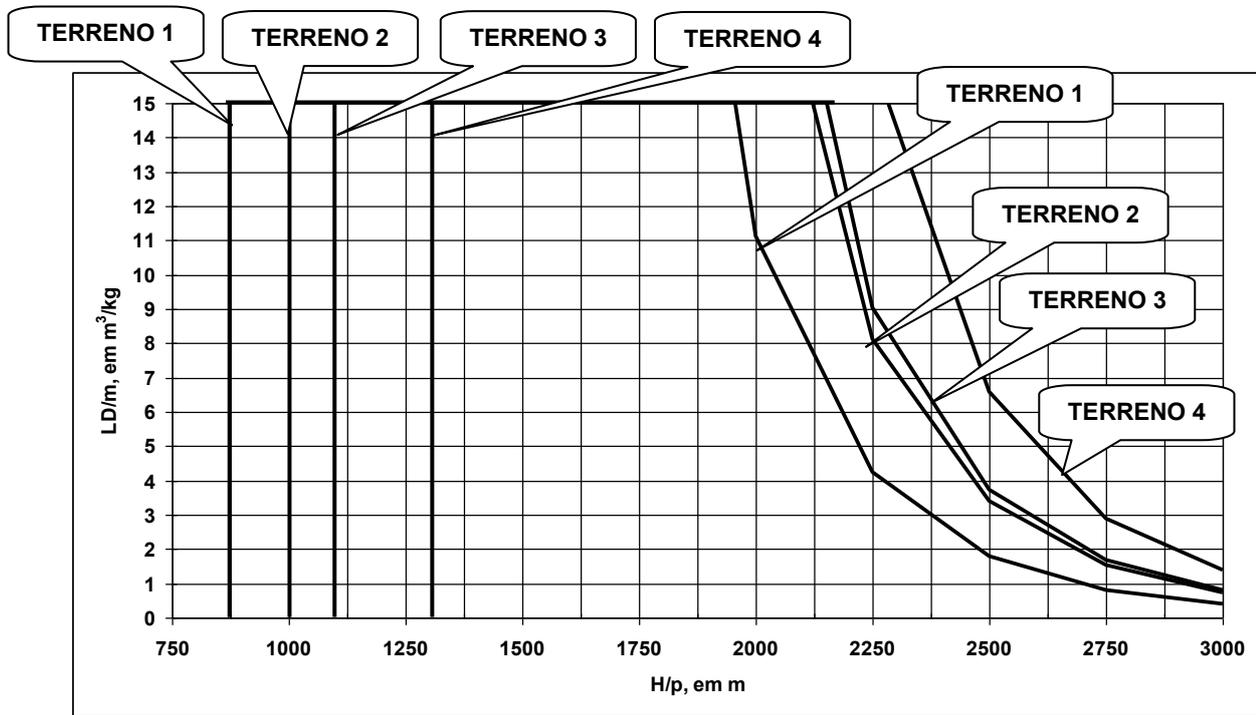
VÃO	DOTTEREL (B)/(A)	3/8" EAR (C)/(A)	OPGW 15,6 (D)/(A)	OPGW 13,4 (E)/(A)
300	0,90	0,90	0,90	0,90
400	0,90	0,90	0,90	0,90
500	0,90	0,90	0,90	0,90
600	0,90	0,90	0,90	0,90
700	0,90	0,90	0,90	0,90
800	0,90	0,90	0,90	0,90
900	0,90	0,90	0,90	0,90

Flechas a 21°C, sem vento, final

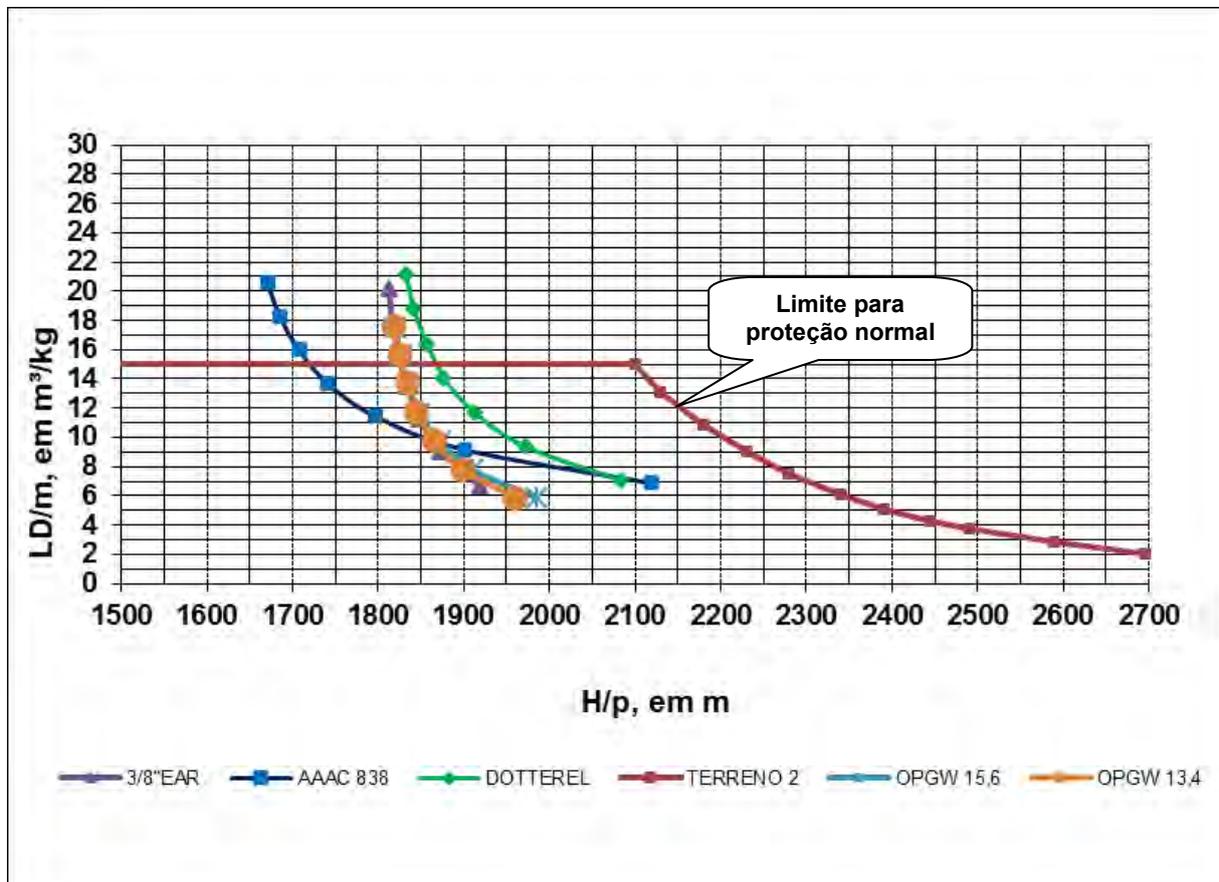
Valores em metro

ANEXO 3 - GRAFICO DE PROTEÇÃO CONTRA VIBRAÇÕES EÓLICAS

Anexo 3A – Gráfico Geral para Avaliação de Necessidade de Amortecedores



Anexo 3B – Gráfico Específico para os Cabos Condutor e Para-Raios



02	15/05/17	Atendimento aos comentários da EP	AQ	JCS	
01	04/05/17	Revisado em função da adequação ao relatório de estruturas	AQ	JCS	
00	21/03/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 6 SPE SA					
PROJETO BÁSICO					
ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	21/03/17
TÍTULO					
LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2 Lote 16 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL RELATÓRIO ESTUDO MECÂNICO DO CONDUTOR E PARA-RAIOS E VIBRAÇÕES					
Nº DOCUMENTO				FOLHA	REVISÃO
RE-EQT6-L601-PB-ELM-0006-R02				1 de 38	02

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	CARACTERÍSTICAS DOS CABOS.....	3
3.	DADOS CLIMATOLÓGICOS	3
3.1.	Temperaturas	3
3.2.	Velocidades do Vento	3
3.3.	Pressões Decorrentes da Ação do Vento Extremo (T = 250 anos)	3
3.4.	Pressões Decorrentes da Ação do Vento Nominal (T = 50 anos).....	3
4.	CONDIÇÕES DE GOVERNO	3
5.	TABELAS DE FLECHAS E TRAÇÕES	5
6.	Critério de Proteção CONTRA VIBRAÇÃO EÓLICA	6
7.	REFERÊNCIAS.....	8
	Anexo 1 – flechas e trações	9
	Anexo 2 – Comparação das Flechas Condutor / Pára-raios	35
	Anexo 3 - Gráfico de Proteção contra Vibrações Eólicas.....	37
	Anexo 3A – Gráfico Geral para Avaliação de Necessidade de Amortecedores.....	38
	Anexo 3B – Gráfico Específico para os Cabos Condutor e Para-Raios.....	38

1. OBJETIVO

- 1.1 Definir as condições básicas de projeto a serem adotadas no cálculo mecânico dos condutores e para-raios da LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2, em circuito simples pertencente ao Lote 16 do Leilão 0013/2015 – 2º parte.
- 1.2 A partir das condições básicas de projeto determinar as condições de governo a serem utilizadas nos cálculos de trações e flechas dos condutores e para-raios, necessários para as várias fases dos projetos básico e executivo das LT em estudo.

2. CARACTERÍSTICAS DOS CABOS

- 2.1 O estudo para definição do condutor e para-raios consta da referência [1]. As principais características dos cabos selecionados, necessárias para seu cálculo mecânico, constam da referência (1).

3. DADOS CLIMATOLÓGICOS

3.1. Temperaturas

- | | |
|---|------|
| a) Média [EDS] | 21°C |
| b) Mínima absoluta | 4°C |
| c) Média das mínimas inverno [coincidente com vento máximo] | 17°C |

3.2. Velocidades do Vento

- | | |
|--|-----------|
| a) Velocidade extrema [250 anos, 10 min, 10 m, cat. B] | 27,78 m/s |
| b) Velocidade nominal [50 anos, 10 min, 10 m, cat. B] | 23,61 m/s |

3.3. Pressões Decorrentes da Ação do Vento Extremo (T = 250 anos)

- | | |
|---------------|-----------------------|
| a) Condutores | 87 kgf/m ² |
| b) Para-raios | 93 kgf/m ² |

3.4. Pressões Decorrentes da Ação do Vento Nominal (T = 50 anos)

- | | |
|---------------|-----------------------|
| a) Condutores | 63 kgf/m ² |
| b) Para-raios | 67 kgf/m ² |

4. CONDIÇÕES DE GOVERNO

- 4.1 As condições básicas de projeto selecionadas para os cabos visam limitar as trações que atuam sobre os mesmos a valores que garantam sua integridade mecânica durante toda a vida útil prevista para a linha de transmissão.
- 4.2 Os limites adotados devem levar em consideração tanto as cargas resultantes da ação dos ventos de projeto como também as deformações que podem ser produzidas nos cabos por vibrações induzidas por ventos uniformes de baixa intensidade.
- 4.3 São indicados a seguir os limites para as trações nos cabos, especificados pela a ANEEL:
- a) Sob ação do vento extremo (T = 250 anos), a tração axial deve ser inferior ou no máximo igual a 70% da carga de ruptura do cabo.

b) Sob ação do vento nominal (T = 50 anos), a tração axial deve ser inferior ou no máximo igual a 50% da carga de ruptura do cabo.

c) Na condição de temperatura mínima, a tração axial deve ser inferior ou no máximo igual a 33% da carga de ruptura do cabo.

4.4 Respeitados os limites estabelecidos no item 4.3, as trações de projeto para os cabos para-raios serão definidas de modo que, na condição (EDS – Every day Stress – item 3.1), sem vento, final, suas flechas sejam aproximadamente iguais e limitadas a 90% das flechas correspondentes dos condutores.

4.5 Em função do exposto nos itens anteriores estão sendo adotadas as seguintes trações limites para os cabos selecionados:

Condições de Governo	Trações Limites				
	AAAC 838 kcmil	Dotterel	3/8 EAR	OPGW 16,75	OPGW 13,4
70% CR : Final, Vento extremo; Tração suporte (Pressão de Vento ver Item 3.3)	6629 kgf	5499 kgf	4889 kgf	6921 kgf	6633kgf
50% CR : Vento nominal; Tração suporte (Pressão de Vento ver Item 3.3)	4735 kgf	3928 kgf	3492 kgf	4944 kgf	4738 kgf
Partida: final , Sem Vento EDS, Tração horizontal	1894,2 kgf (20%)	1180 kgf (15,02%)	731 kgf (10,47%)	1374 kgf (13,90%)	1225 kgf (12,93%)
33 % CR Tração Inicial, Sem Vento, Tração suporte	3125 kgf	2592 kgf	2305 kgf	3263 kgf	3127 kgf

4.6 Abaixo segue o resumo dos resultados obtidos no programa de flechas e trações conforme anexo 1:

		trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
AAAC 838	Final, Vento extremo		3628	3832	3968	4066	4144	4209	4269
	Inicial, Sem Vento		2490	2242	2127	2070	2042	2030	2028
	final , Sem Vento, EDS		1894,2	1894,2	1894,2	1894,2	1894,2	1894,2	1894,2
		trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
CAA DOTTEREL	Final, Vento extremo		2278	2443	2558	2642	2706	2759	2804
	Inicial, Sem Vento		1372	1301	1266	1249	1241	1239	1240
	final , Sem Vento, EDS		1180	1180	1180	1180	1180	1180	1180

	trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
3/8 EAR	Final, Vento extremo	1370	1467	1534	1583	1621	1652	1678
	Inicial, Sem Vento	783	766	758	756	756	757	760
	final , Sem Vento, EDS	731	731	731	731	731	731	731
	trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
OPGW 16,75	Final, Vento extremo	2545	2717	2836	2922	2988	3042	3089
	Inicial, Sem Vento	1527	1474	1448	1436	1432	1432	1436
	final , Sem Vento, EDS	1374	1374	1374	1374	1374	1374	1374
	trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
OPGW 13,4	Final, Vento extremo	2107	2243	2337	2405	2458	2502	2539
	Inicial, Sem Vento	1340	1302	1283	1275	1272	1274	1278
	final , Sem Vento, EDS	1225	1225	1225	1225	1225	1225	1225

4.7 Estão sendo verificadas na tabela abaixo para vãos isolados entre 300 m e 900 m, se as trações de projeto obedecem aos limites estabelecidos no item 4.3 .

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

Carregamento	Tração Correspondente em kgf (1)(5)				
	AAAC 838	DOTTEREL	3/8" EAR	OPGW 16,75	OPGW 13,4
87 kgf/m ² , 17°C, final (2)	4306 (45,47%)				
93 kgf/m ² , 17°C, final (2)		2850 (36,27%)	1706 (24,42%)	3089 (31,24%)	2579 (27,21%)
s/vento, 4°C, inicial (2)	2490 (26,29%)	1372 (17,46%)	783 (11,21%)	1527 (15,44%)	1340 (14,14%)
s/vento, 21°C, final (3)	1894,2 (20,00%)	1180 (15,02%)	731 (10,47%)	1374 (13,90%)	1225 (12,93%)

(1) O valor entre parênteses indica o percentual da carga de ruptura do cabo.

(2) Trações no suporte.

(3) Tração horizontal

(5) A tração para a condição de vento extremo (T = 250 anos) está sendo limitada a 50% para o cabo condutor e o para-raios CAA Dotterel e 40% para os demais cabos para-raios, tornando desnecessária a verificação para a condição de vento nominal (T = 50 anos)

5. TABELAS DE FLECHAS E TRAÇÕES

5.1. A partir das condições de projeto constantes do item 4.5 anterior e dos critérios de vibração do item 6 (ver também Anexo 3) foram calculadas as flechas e trações para cada cabo, de acordo com as trações de partida apresentadas nas tabelas abaixo, extraídas do item 4.5 anterior.

Temper. Média (°C)	Trações de partida dos cabos (final, sem vento, temperatura média)				
	AAAC 838	DOTTEREL	3/8" EAR	OPGW 16,75	OPGW 13,4
21	1894,2 (20,00%)	1180 (15,02%)	731 (10,47%)	1374 (13,90%)	1225 (12,93%)

5.2 Os cálculos das flechas e trações foram realizados fazendo uso do programa de computador FLETRA. Os relatórios de saída do programa FLETRA constam do Anexo 1

5.3 Os cálculos foram executados para uma faixa de vãos variando de 300 m a 900 m, a qual deve cobrir a quase totalidade dos vãos esperados para a LT em estudo. No decorrer do projeto executivo, vãos básicos ou isolados que venham a estar situados fora dessa faixa serão objeto de estudo específico, respeitado o disposto no capítulo 4.

5.4 O exame dos relatórios de saída permite constatar que, partindo da tração de governo, sem vento, final, as demais condições de projeto são respeitadas, para o intervalo de vãos considerado (300 a 900 metros).

5.5 São comparadas no Anexo 2 as flechas do condutor e dos cabos para-raios para a condição de governo EDS, sem vento, final. A relação entre as flechas dos cabos para-raios e dos condutores atende o especificado no item 4.4, validando as condições de governo selecionadas.

6. CRITÉRIO DE PROTEÇÃO CONTRA VIBRAÇÃO EÓLICA

6.1 O procedimento usual de projeto consiste, portanto, em apoiar-se em resultados publicados sobre o desempenho de linhas existentes e aplicar as recomendações extraídas do comportamento dessa LT ao projeto em estudo.

6.2 No caso presente estão sendo adotadas as recomendações da Brochura 273 [5] no caso presente ou então sendo adotadas as recomendações Grupo de Trabalho CIGRE 22.11 publicadas na revista ELECTRA [4].

6.3 Como critério de avaliação da necessidade de proteção contra vibração eólica a referência citada utiliza parâmetros que levam em conta a tração atuando no cabo, sua massa unitária, a extensão do vão e o efeito da rugosidade do terreno atravessado sobre a turbulência do vento.

6.4 A análise das considerações teóricas sobre o fenômeno vibratório combinada com a experiência de campo acumulada ao longo das últimas décadas levaram o referido grupo de trabalho [4] a propor o gráfico apresentado na Figura do Anexo 3A, composto basicamente, por três áreas:

- a) área situada à esquerda das retas verticais aplicáveis a cada tipo de terreno, para a qual não é necessário o uso de amortecedores;
- b) área interna, à direita das retas verticais, abaixo da linha horizontal e à esquerda das curvas aplicáveis a cada tipo de terreno na qual os cabos podem ser seguramente protegidos pelo simples uso de amortecedores nas extremidades dos vãos;

c) área situada acima do limite horizontal do gráfico e à direita das curvas aplicáveis a cada tipo de terreno, na qual os cabos necessitam de proteções reforçadas, ou seja, maior número de amortecedores nas extremidades dos vãos e uso de armaduras pré-formadas ou grampos de suspensão tipo AGS (armor grip suspension).

6.5. Os efeitos da vibração eólica são examinados a seguir para todos os cabos a serem utilizados na LT [5] para a pior condição com temperatura mínima de 4°C. São indicadas abaixo as características físicas desses cabos:

	AAAC 838	DOTTEREL	3/8" EAR	OPGW 16,75	OPGW 13,4
D	0,02678 m	0,01542 m	0,00914 m	0,01675 m	0,0134 m
m	1,172kg/m	0,657 kg/m	0,407 kg/m	0,768 kg/m	0,682kg/m
p	1,172kg/m	0,657 kgf/m	0,407 kgf/m	0,768 kgf/m	0,682kgf/m

6.6 A seguir, os valores dos parâmetros (LD/m) e (H/p) para vãos de 300 a 900m:

AAAC 838	300	400	500	600	700	800	900
H (kgf)	2.484	2.229	2.106	2.040	2.001	1.975	1.958
LD/m (m3/kg)	6,85	9,14	11,42	13,71	15,99	18,28	20,56
H/p (m)	2.119	1.902	1.797	1.741	1.707	1.685	1.671
DOTTEREL	300	400	500	600	700	800	900
H (kgf)	1.369	1.295	1.256	1.233	1.220	1.210	1.204
LD/m (m3/kg)	7,04	9,39	11,74	14,08	16,43	18,78	21,12
H/p (m)	2.084	1.971	1.912	1.877	1.857	1.842	1.833
3/8 EAR	300	400	500	600	700	800	900
H (kgf)	781	762	752	746	742	739	738
LD/m (m3/kg)	6,74	8,98	11,23	13,47	15,72	17,97	20,21
H/p (m)	1.919	1.872	1.848	1.833	1.823	1.816	1.813
OPGW 16,75	300	400	500	600	700	800	900
H (kgf)	1.523	1.466	1.435	1.418	1.406	1.399	1.394
LD/m (m3/kg)	6,54	8,72	10,90	13,09	15,27	17,45	19,63
H/p (m)	1.983	1.909	1.868	1.846	1.831	1.822	1.815
OPGW 13,4	300	400	500	600	700	800	900
H (kgf)	1.336	1.294	1.272	1.258	1.250	1.244	1.240
LD/m (m3/kg)	5,89	7,86	9,82	11,79	13,75	15,72	17,68
H/p (m)	1.959	1.897	1.865	1.845	1.833	1.824	1.818

6.7 Plotando os valores acima utilizando os mesmos eixos da figura do anexo 3A, obtém-se as curvas mostradas na figura do anexo 3B a qual inclui também a curva limite correspondente ao terreno tipo 2 (aberto, plano, sem obstruções). A análise da figura do anexo 3B permite concluir:

a) cabo condutor AAAC 823 – Vãos até 600 m caem na área em que o uso de amortecedores nas extremidades dos vãos é proteção suficiente.

- b) cabos para-raios CAA Dotterel– Vãos até 600 m caem na área em que o uso de amortecedores nas extremidades dos vãos é proteção suficiente.
 - c) cabos para - raios 3/8”– Vãos até 600 m caem na área em que o uso de amortecedores nas extremidades dos vãos é proteção suficiente.
 - d) cabos para - raios OPGW 16,75 – Vãos até 600 m caem na área em que o uso de amortecedores nas extremidades dos vãos é proteção suficiente.
 - e) cabos para - raios OPGW 13,4 – Vãos até 700 m caem na área em que o uso de amortecedores nas extremidades dos vãos é proteção suficiente.
- 6.8 Quando utilizados em vãos superiores ao limite indicado no item 6.7 anterior, os cabos condutores e os para-raios 3/8”, Dotterel, OPGW 16,75 e OPGW 13,4 devem receber proteção reforçada, a qual pode ser obtida pelo uso de uma quantidade maior de amortecedores em ambas as extremidades dos vãos.
- 6.8 Adicionalmente os cabos para-raios 3/8” e Dotterel deverão ser protegidos por armaduras pré-formadas.
- 6.9 Travessias de grandes rios e outros vãos longos que, pelas características do terreno atravessado, possam favorecer a ação de ventos uniformes com baixo nível de turbulência, devem receber sistema de amortecimento reforçado, conforme orientação do projetista da LT.
- 6.10 No decorrer do projeto executivo, após serem determinadas por ensaios de tipo [6] as características de amortecimento dos materiais efetivamente comprados, a quantidade de amortecedores por vão deverá ser reavaliada e aumentada, caso necessário, visando reduzir as amplitudes de vibração a níveis suficientemente baixos para garantir a integridade dos cabos ao longo de toda a vida útil da LT.

7. REFERÊNCIAS

- 1 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0005 CONDUTOR E PÁRA-RAIOS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 2 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0003 DADOS CLIMATOLÓGICOS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 3 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0004 VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO , preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 4 ELECTRA N° 198, outubro, 2001 – Safe design tension with respect to aeolian vibrations. Part 2: damped single conductors.
- 5 Brochura 273- Overhead conductor safe design tension with respect to aeolian vibrations
- 6 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0010 ISOLADORES E FERRAGENS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2

ANEXO 1 – FLECHAS E TRAÇÕES

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894,2 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

87 kgf/m²

F L E T R A

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: PROJETO BASICO

LT 500 KV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

CABO: AAAC 1120	838.0kcmil	37fios	6 POR FASE
diâmetro = 26.78 mm	coef. dilat.i = 0.00002300	oC-1	
área secção = 425.16 mm ²	coef. dilat.f = 0.00002300	oC-1	
peso linear = 1.1720 kg/m	mód. elast. i = 4829. kgf/mm ²		
carga rupt. = 9471. kgf	mód. elast. f = 6526. kgf/mm ²		

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 87.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 2.6080 kgf/m	Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
 Comprimento = 0.00 m
 Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 0.00 kgf	Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 21.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894,2 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

87 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 2

 PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

CABO: AAAC 1120 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m2]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 5.31 5.31	2483.9 2487.0 2490.1
	21.	0.00 6.04 6.04	2184.0 2187.5 2191.1
	55.	0.00 7.48 7.48	1763.1 1767.5 1771.8
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 7.74 7.74	3793.9 3804.0 3814.0
FINAIS	4.	0.00 6.18 6.18	2134.3 2137.9 2141.5
	9.	0.00 6.41 6.42	2056.6 2060.3 2064.1
	17.	0.00 6.78 6.78	1944.9 1948.9 1952.8
	21.	0.00 6.97 6.97	1894.2 1898.3 1902.4
	55.	0.00 8.43 8.43	1566.3 1571.2 1576.1
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 8.14 8.14	3606.6 3617.2 3627.7

VÃO = 400.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m2]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 10.52 10.52	2229.4 2235.6 2241.7
	21.	0.00 11.38 11.38	2062.6 2069.3 2075.9
	55.	0.00 13.00 13.00	1805.4 1812.9 1820.5
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 13.35 13.35	3912.7 3930.0 3947.3
FINAIS	4.	0.00 11.53 11.53	2034.9 2041.7 2048.4
	9.	0.00 11.79 11.79	1990.8 1997.6 2004.5
	17.	0.00 12.19 12.19	1925.0 1932.2 1939.3
	21.	0.00 12.39 12.39	1894.2 1901.5 1908.7
	55.	0.00 14.00 14.00	1677.0 1685.1 1693.3
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 13.76 13.76	3796.5 3814.3 3832.1

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894,2 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

87 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 3

PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

CABO: AAAC 1120 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 17.42 17.42	2106.3 2116.4 2126.6
	21.	0.00 18.32 18.32	2003.0 2013.7 2024.3
	55.	0.00 20.04 20.04	1831.5 1843.1 1854.8
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 20.46 20.46	3992.7 4019.2 4045.6
FINAIS	4.	0.00 18.48 18.48	1985.7 1996.4 2007.2
	9.	0.00 18.74 18.75	1957.5 1968.4 1979.3
	17.	0.00 19.17 19.17	1914.7 1925.9 1937.0
	21.	0.00 19.37 19.37	1894.2 1905.5 1916.8
	55.	0.00 21.08 21.08	1741.9 1754.1 1766.4
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 20.87 20.87	3914.2 3941.1 3968.1

VÃO = 510.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 18.19 18.19	2097.8 2108.4 2119.0
	21.	0.00 19.10 19.10	1998.8 2009.9 2021.0
	55.	0.00 20.83 20.83	1833.5 1845.6 1857.7
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 21.25 21.25	3999.1 4026.6 4054.0
FINAIS	4.	0.00 19.26 19.26	1982.2 1993.4 2004.6
	9.	0.00 19.53 19.53	1955.2 1966.5 1977.9
	17.	0.00 19.95 19.95	1914.0 1925.6 1937.1
	21.	0.00 20.16 20.16	1894.2 1906.0 1917.7
	55.	0.00 21.87 21.87	1746.8 1759.5 1772.2
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 21.66 21.66	3923.3 3951.3 3979.3

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894,2 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

87 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 4

PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

CABO: AAAC 1120 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m2]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 25.92 25.92	2040.0 2055.0 2070.1
	21.	0.00 26.84 26.84	1970.0 1985.6 2001.2
	55.	0.00 28.62 28.62	1848.1 1864.6 1881.2
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 29.09 29.09	4046.8 4084.3 4121.8
FINAIS	4.	0.00 27.01 27.01	1958.2 1973.8 1989.5
	9.	0.00 27.28 27.28	1938.7 1954.5 1970.4
	17.	0.00 27.71 27.71	1908.7 1924.8 1940.8
	21.	0.00 27.92 27.92	1894.2 1910.4 1926.6
	55.	0.00 29.69 29.69	1782.4 1799.6 1816.7
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 29.50 29.50	3990.5 4028.5 4066.4

VÃO = 700.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m2]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 36.01 36.01	2000.5 2021.4 2042.2
	21.	0.00 36.95 36.95	1950.0 1971.4 1992.7
	55.	0.00 38.77 38.77	1859.0 1881.4 1903.8
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 39.27 39.27	4084.3 4134.7 4185.1
FINAIS	4.	0.00 37.11 37.11	1941.4 1962.8 1984.3
	9.	0.00 37.39 37.39	1927.2 1948.8 1970.3
	17.	0.00 37.83 37.83	1905.0 1926.9 1948.7
	21.	0.00 38.04 38.05	1894.2 1916.2 1938.1
	55.	0.00 39.85 39.85	1809.0 1832.0 1855.0
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 39.69 39.69	4042.0 4092.9 4143.8

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894,2 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

87 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 5

 PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

CABO: AAAC 1120 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 47.69 47.69	1975.2 2002.7 2030.1
	21.	0.00 48.64 48.64	1937.0 1965.0 1992.9
	55.	0.00 50.49 50.49	1866.6 1895.6 1924.6
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 51.02 51.03	4111.0 4176.1 4241.3
FINAIS	4.	0.00 48.81 48.81	1930.4 1958.5 1986.5
	9.	0.00 49.09 49.09	1919.6 1947.8 1976.0
	17.	0.00 49.53 49.53	1902.6 1931.0 1959.5
	21.	0.00 49.75 49.75	1894.2 1922.8 1951.4
	55.	0.00 51.59 51.59	1827.3 1856.9 1886.5
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 51.44 51.44	4078.1 4143.7 4209.4

VÃO = 900.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 60.97 60.97	1958.0 1992.9 2027.8
	21.	0.00 61.93 61.93	1928.1 1963.5 1998.9
	55.	0.00 63.81 63.81	1872.0 1908.5 1944.9
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 64.36 64.36	4130.5 4212.2 4294.0
FINAIS	4.	0.00 62.10 62.10	1922.9 1958.4 1993.9
	9.	0.00 62.38 62.38	1914.3 1950.0 1985.7
	17.	0.00 62.83 62.83	1900.9 1936.8 1972.7
	21.	0.00 63.05 63.05	1894.2 1930.2 1966.3
	55.	0.00 64.92 64.92	1840.4 1877.5 1914.5
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 64.78 64.78	4104.2 4186.5 4268.7

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 21° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

F L E T R A

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

 ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 4/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE
 diâmetro = 15.42 mm coef. dilat.i =0.00001480 oC-1
 área secção = 141.89 mm² coef. dilat.f =0.00001530 oC-1
 peso linear = 0.6570 kg/m mód. elast. i = 9773. kgf/mm²
 carga rupt. = 7857. kgf mód. elast. f = 10687. kgf/mm²

PARÂMETROS TENSÃO-DEFORMAÇÃO [psi]:

AO = 0.21700E-02 AM = 0.00000E+00 (6 meses)
 A1 = 0.70500E-05 AA = 0.00000E+00 (1 ano)
 A2 =-0.32100E-10 AF = 0.11960E+06 (10 anos)
 A3 = 0.11400E-15

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 93.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 1.5774 kgf/m	Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
 Comprimento = 0.00 m
 Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 0.00 kgf	Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 21.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO CALCULADOS!

PERÍODO: 10 ANOS

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 21° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 2

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 11.68 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 5.40 5.40	1368.9 1370.7 1372.4
	21.	0.00 5.90 5.90	1252.6 1254.6 1256.5
	40.	0.00 6.46 6.46	1144.8 1146.9 1149.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 7.67 7.67	2316.0 2322.1 2328.1
FINAIS	4.	0.00 5.74 5.74	1289.0 1290.9 1292.7
	9.	0.00 5.89 5.89	1254.7 1256.6 1258.6
	17.	0.00 6.14 6.14	1203.8 1205.8 1207.8
	21.	0.00 6.27 6.27	1180.0 1182.0 1184.1
	40.	0.00 6.85 6.85	1080.1 1082.4 1084.6
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 7.84 7.84	2265.8 2272.0 2278.1

VÃO = 400.00 m CREEP = 11.64 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 10.16 10.16	1294.7 1298.1 1301.4
	21.	0.00 10.74 10.74	1224.8 1228.4 1231.9
	40.	0.00 11.37 11.37	1156.8 1160.5 1164.3
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 12.86 12.86	2456.9 2467.0 2477.1
FINAIS	4.	0.00 10.55 10.55	1247.0 1250.4 1253.9
	9.	0.00 10.73 10.73	1226.3 1229.8 1233.3
	17.	0.00 11.01 11.01	1194.9 1198.5 1202.1
	21.	0.00 11.15 11.15	1180.0 1183.6 1187.3
	40.	0.00 11.80 11.80	1115.0 1118.8 1122.7
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 13.04 13.04	2422.9 2433.1 2443.4

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 21° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 3

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 11.63 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 16.37 16.37	1255.6 1261.0 1266.3
	21.	0.00 16.99 16.99	1210.0 1215.6 1221.1
	40.	0.00 17.67 17.67	1163.9 1169.7 1175.4
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.35 19.36	2551.9 2567.0 2582.1
FINAIS	4.	0.00 16.79 16.79	1224.6 1230.1 1235.6
	9.	0.00 16.98 16.98	1211.0 1216.6 1222.1
	17.	0.00 17.28 17.28	1190.1 1195.7 1201.4
	21.	0.00 17.43 17.43	1180.0 1185.7 1191.4
	40.	0.00 18.12 18.12	1135.0 1140.9 1146.8
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.54 19.54	2527.4 2542.7 2558.0

VÃO = 510.00 m CREEP = 11.63 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 17.08 17.08	1252.8 1258.4 1264.0
	21.	0.00 17.70 17.70	1209.0 1214.7 1220.5
	40.	0.00 18.38 18.38	1164.4 1170.4 1176.4
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 20.08 20.08	2559.5 2575.2 2590.9
FINAIS	4.	0.00 17.49 17.49	1223.0 1228.7 1234.4
	9.	0.00 17.68 17.68	1209.9 1215.7 1221.5
	17.	0.00 17.98 17.98	1189.7 1195.6 1201.5
	21.	0.00 18.13 18.13	1180.0 1185.9 1191.8
	40.	0.00 18.83 18.83	1136.5 1142.6 1148.7
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 20.27 20.27	2535.8 2551.7 2567.5

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 21° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 4

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

 CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

 PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 11.63 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 24.02 24.02	1233.3 1241.1 1249.0
	21.	0.00 24.66 24.66	1201.4 1209.4 1217.5
	40.	0.00 25.37 25.37	1168.3 1176.5 1184.8
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 27.20 27.20	2617.1 2638.4 2659.6
FINAIS	4.	0.00 24.45 24.45	1211.6 1219.6 1227.6
	9.	0.00 24.65 24.65	1202.1 1210.1 1218.1
	17.	0.00 24.96 24.96	1187.2 1195.4 1203.5
	21.	0.00 25.11 25.11	1180.0 1188.2 1196.3
	40.	0.00 25.83 25.83	1147.2 1155.6 1164.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 27.39 27.39	2598.8 2620.2 2641.6

VÃO = 700.00 m CREEP = 11.64 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 33.10 33.10	1219.5 1230.2 1241.0
	21.	0.00 33.75 33.75	1196.0 1206.9 1217.9
	40.	0.00 34.47 34.47	1171.2 1182.3 1193.5
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 36.41 36.41	2663.2 2691.5 2719.8
FINAIS	4.	0.00 33.54 33.54	1203.5 1214.4 1225.3
	9.	0.00 33.74 33.74	1196.5 1207.4 1218.4
	17.	0.00 34.05 34.05	1185.4 1196.5 1207.5
	21.	0.00 34.21 34.21	1180.0 1191.1 1202.2
	40.	0.00 34.95 34.95	1155.2 1166.5 1177.8
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 36.60 36.60	2649.1 2677.6 2706.0

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 21° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 5

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

 CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

 PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 11.66 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 43.59 43.59	1210.4 1224.5 1238.6
	21.	0.00 44.26 44.26	1192.4 1206.7 1221.0
	40.	0.00 44.99 44.99	1173.1 1187.6 1202.2
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 47.01 47.01	2696.6 2733.0 2769.4
FINAIS	4.	0.00 44.04 44.04	1198.2 1212.4 1226.7
	9.	0.00 44.24 44.25	1192.7 1207.0 1221.4
	17.	0.00 44.57 44.57	1184.2 1198.6 1213.0
	21.	0.00 44.73 44.73	1180.0 1194.5 1208.9
	40.	0.00 45.48 45.48	1160.6 1175.3 1190.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 47.21 47.21	2685.4 2721.9 2758.5

VÃO = 900.00 m CREEP = 11.68 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 55.52 55.52	1204.1 1222.0 1239.9
	21.	0.00 56.19 56.19	1189.9 1208.0 1226.1
	40.	0.00 56.94 56.94	1174.5 1192.8 1211.1
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 59.02 59.02	2721.4 2766.9 2812.4
FINAIS	4.	0.00 55.98 55.98	1194.5 1212.5 1230.5
	9.	0.00 56.18 56.18	1190.1 1208.2 1226.3
	17.	0.00 56.51 56.51	1183.4 1201.5 1219.7
	21.	0.00 56.67 56.67	1180.0 1198.2 1216.5
	40.	0.00 57.43 57.43	1164.4 1182.9 1201.4
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 59.22 59.22	2712.2 2757.9 2803.6

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

F L E T R A

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

 ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

 PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

 CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE
 diâmetro = 9.14 mm coef. dilat.i = 0.00001152 oC-1
 área secção = 51.08 mm² coef. dilat.f = 0.00001152 oC-1
 peso linear = 0.4070 kgf/m mód. elast. i = 18600. kgf/mm²
 carga rupt. = 6985. kgf mód. elast. f = 18200. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
 Pressão = 93.00 kgf/m²
 Carga = 0.9428 kgf/m

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
 Pressão = 0.00 kgf/m²
 Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
 Comprimento = 0.00 m
 Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
 Pressão = 0.00 kgf/m²
 Carga = 0.00 kgf

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
 Pressão = 0.00 kgf/m²
 Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 21.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 2

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

 CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE

 PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 5.87 5.87	780.8 782.0 783.2
	21.	0.00 6.27 6.27	731.0 732.3 733.6
	40.	0.00 6.71 6.71	683.1 684.5 685.9
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 7.77 7.77	1366.3 1370.0 1373.6
FINAIS	4.	0.00 5.87 5.87	780.5 781.7 782.9
	9.	0.00 5.99 5.99	765.2 766.4 767.6
	17.	0.00 6.17 6.17	742.0 743.3 744.5
	21.	0.00 6.27 6.27	731.0 732.3 733.6
	40.	0.00 6.70 6.70	683.4 684.7 686.1
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 7.79 7.79	1362.4 1366.0 1369.7

VÃO = 400.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 10.70 10.70	761.8 763.9 766.1
	21.	0.00 11.15 11.15	731.0 733.3 735.5
	40.	0.00 11.64 11.64	700.1 702.5 704.8
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 12.95 12.95	1458.3 1464.3 1470.4
FINAIS	4.	0.00 10.70 10.70	761.7 763.8 766.0
	9.	0.00 10.83 10.83	752.3 754.5 756.7
	17.	0.00 11.04 11.04	737.9 740.2 742.4
	21.	0.00 11.15 11.15	731.0 733.3 735.5
	40.	0.00 11.64 11.64	700.2 702.6 704.9
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 12.98 12.98	1454.8 1460.9 1467.0

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 3

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

 CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE

 PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 16.95 16.95	751.6 755.0 758.4
	21.	0.00 17.43 17.43	731.0 734.5 738.1
	40.	0.00 17.95 17.95	709.7 713.3 717.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.44 19.44	1518.9 1528.0 1537.1
FINAIS	4.	0.00 16.95 16.95	751.5 755.0 758.4
	9.	0.00 17.09 17.09	745.3 748.8 752.2
	17.	0.00 17.32 17.32	735.7 739.2 742.7
	21.	0.00 17.43 17.43	731.0 734.5 738.1
	40.	0.00 17.95 17.95	709.7 713.4 717.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.47 19.47	1516.0 1525.1 1534.2

VÃO = 510.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 17.65 17.65	750.8 754.4 758.0
	21.	0.00 18.13 18.13	731.0 734.7 738.3
	40.	0.00 18.66 18.66	710.4 714.2 718.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 20.16 20.16	1523.8 1533.2 1542.6
FINAIS	4.	0.00 17.65 17.65	750.8 754.4 757.9
	9.	0.00 17.79 17.79	744.8 748.4 752.0
	17.	0.00 18.02 18.02	735.5 739.2 742.8
	21.	0.00 18.13 18.13	731.0 734.7 738.3
	40.	0.00 18.66 18.66	710.5 714.2 718.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 20.19 20.20	1521.0 1530.4 1539.8

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 4

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE

PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m2]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 24.62 24.62	745.6 750.6 755.6
	21.	0.00 25.11 25.11	731.0 736.1 741.1
	40.	0.00 25.66 25.66	715.6 720.7 725.9
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 27.27 27.27	1560.1 1572.8 1585.5
FINAIS	4.	0.00 24.62 24.62	745.6 750.6 755.6
	9.	0.00 24.76 24.76	741.2 746.2 751.2
	17.	0.00 25.00 25.00	734.4 739.4 744.5
	21.	0.00 25.11 25.11	731.0 736.1 741.1
	40.	0.00 25.66 25.66	715.6 720.7 725.9
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 27.31 27.31	1557.7 1570.4 1583.2

VÃO = 700.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m2]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 33.70 33.70	741.9 748.7 755.5
	21.	0.00 34.21 34.21	731.0 737.9 744.8
	40.	0.00 34.77 34.77	719.3 726.3 733.3
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 36.47 36.47	1588.9 1605.9 1622.8
FINAIS	4.	0.00 33.70 33.70	741.9 748.7 755.5
	9.	0.00 33.85 33.85	738.6 745.4 752.3
	17.	0.00 34.09 34.09	733.5 740.4 747.2
	21.	0.00 34.21 34.21	731.0 737.9 744.8
	40.	0.00 34.77 34.77	719.3 726.3 733.3
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 36.52 36.52	1586.9 1603.9 1620.9

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 5

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

 CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE

 PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 44.21 44.21	739.4 748.3 757.1
	21.	0.00 44.73 44.73	731.0 740.0 748.9
	40.	0.00 45.29 45.30	721.9 731.0 740.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 47.07 47.07	1609.6 1631.4 1653.2
FINAIS	4.	0.00 44.21 44.21	739.4 748.3 757.1
	9.	0.00 44.36 44.36	736.9 745.8 754.7
	17.	0.00 44.61 44.61	733.0 741.9 750.8
	21.	0.00 44.73 44.73	731.0 740.0 748.9
	40.	0.00 45.29 45.29	721.9 731.0 740.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 47.12 47.12	1608.0 1629.8 1651.6

VÃO = 900.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 56.15 56.15	737.7 748.9 760.1
	21.	0.00 56.67 56.67	731.0 742.3 753.6
	40.	0.00 57.25 57.25	723.7 735.1 746.5
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 59.08 59.08	1625.0 1652.2 1679.4
FINAIS	4.	0.00 56.15 56.15	737.7 748.9 760.1
	9.	0.00 56.30 56.30	735.7 746.9 758.2
	17.	0.00 56.55 56.55	732.6 743.8 755.1
	21.	0.00 56.67 56.67	731.0 742.3 753.6
	40.	0.00 57.24 57.25	723.7 735.1 746.5
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 59.13 59.13	1623.6 1650.8 1678.1

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

OPGW 16,75

TRAÇÃO DE PARTIDA

1374 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

F L E T R A

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 10/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

CABO: OPGW1 1 POR FASE
 diâmetro = 16.75 mm coef. dilat.i = 0.00001550 oC-1
 área secção = 159.00 mm² coef. dilat.f = 0.00001550 oC-1
 peso linear = 0.7680 kgf/m mód. elast. i = 10009. kgf/mm²
 carga rupt. = 9888. kgf mód. elast. f = 11116. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 93.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 1.7368 kgf/m	Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
 Comprimento = 0.00 m
 Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 0.00 kgf	Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 21.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

OPGW 16,75

TRAÇÃO DE PARTIDA

1374 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 2

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

 CABO: OPGW1 1 POR FASE

 PARTIDA: 1374.0 kgf = 13.90 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 5.68 5.68	1522.9 1525.1 1527.3
	21.	0.00 6.20 6.20	1394.8 1397.2 1399.6
	40.	0.00 6.77 6.77	1276.6 1279.2 1281.8
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 7.76 7.76	2519.7 2526.4 2533.1
FINAIS	4.	0.00 5.75 5.76	1502.0 1504.2 1506.4
	9.	0.00 5.91 5.91	1461.8 1464.0 1466.3
	17.	0.00 6.17 6.17	1402.0 1404.4 1406.7
	21.	0.00 6.29 6.29	1374.0 1376.4 1378.8
	40.	0.00 6.88 6.88	1257.0 1259.6 1262.2
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 7.72 7.72	2531.7 2538.4 2545.1

VÃO = 400.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 10.49 10.49	1466.0 1470.0 1474.0
	21.	0.00 11.08 11.08	1387.1 1391.4 1395.6
	40.	0.00 11.74 11.74	1310.4 1314.8 1319.3
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 12.97 12.97	2682.0 2693.2 2704.4
FINAIS	4.	0.00 10.58 10.58	1452.6 1456.6 1460.7
	9.	0.00 10.76 10.76	1428.3 1432.5 1436.6
	17.	0.00 11.05 11.05	1391.5 1395.8 1400.0
	21.	0.00 11.19 11.19	1374.0 1378.3 1382.6
	40.	0.00 11.85 11.85	1297.9 1302.4 1306.9
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 12.91 12.91	2695.1 2706.2 2717.3

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

OPGW 16,75

TRAÇÃO DE PARTIDA

1374 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 3

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

CABO: OPGW1

1 POR FASE

 PARTIDA: 1374.0 kgf = 13.90 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 16.75 16.75	1435.4 1441.8 1448.1
	21.	0.00 17.38 17.38	1382.8 1389.5 1396.1
	40.	0.00 18.08 18.08	1329.8 1336.7 1343.6
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.49 19.49	2790.2 2807.0 2823.8
FINAIS	4.	0.00 16.85 16.85	1426.3 1432.7 1439.1
	9.	0.00 17.04 17.04	1410.4 1416.9 1423.4
	17.	0.00 17.35 17.35	1385.8 1392.5 1399.1
	21.	0.00 17.50 17.50	1374.0 1380.7 1387.4
	40.	0.00 18.20 18.20	1321.3 1328.2 1335.1
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.41 19.41	2802.3 2819.0 2835.7

VÃO = 510.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 17.45 17.45	1433.2 1439.8 1446.5
	21.	0.00 18.09 18.09	1382.5 1389.4 1396.3
	40.	0.00 18.79 18.79	1331.3 1338.5 1345.6
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 20.22 20.22	2798.9 2816.3 2833.7
FINAIS	4.	0.00 17.56 17.56	1424.4 1431.1 1437.8
	9.	0.00 17.75 17.75	1409.1 1415.9 1422.6
	17.	0.00 18.05 18.05	1385.4 1392.3 1399.2
	21.	0.00 18.20 18.20	1374.0 1381.0 1387.9
	40.	0.00 18.91 18.91	1323.0 1330.2 1337.5
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 20.13 20.13	2810.8 2828.2 2845.5

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

OPGW 16,75

TRAÇÃO DE PARTIDA

1374 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 4

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

CABO: OPGW1

1 POR FASE

 PARTIDA: 1374.0 kgf = 13.90 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 24.43 24.43	1417.5 1426.8 1436.2
	21.	0.00 25.10 25.10	1380.3 1389.9 1399.4
	40.	0.00 25.82 25.82	1341.8 1351.6 1361.4
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 27.36 27.36	2864.3 2887.8 2911.3
FINAIS	4.	0.00 24.55 24.55	1411.1 1420.4 1429.8
	9.	0.00 24.74 24.74	1399.9 1409.3 1418.7
	17.	0.00 25.06 25.06	1382.5 1392.0 1401.6
	21.	0.00 25.21 25.21	1374.0 1383.6 1393.2
	40.	0.00 25.94 25.94	1335.6 1345.5 1355.3
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 27.26 27.26	2874.8 2898.2 2921.6

VÃO = 700.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 33.55 33.55	1406.4 1419.1 1431.9
	21.	0.00 34.23 34.23	1378.8 1391.7 1404.7
	40.	0.00 34.97 34.97	1349.6 1362.8 1376.1
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 36.61 36.61	2916.3 2947.7 2979.0
FINAIS	4.	0.00 33.66 33.67	1401.6 1414.4 1427.1
	9.	0.00 33.87 33.87	1393.3 1406.2 1419.0
	17.	0.00 34.19 34.19	1380.4 1393.3 1406.3
	21.	0.00 34.34 34.35	1374.0 1387.0 1400.0
	40.	0.00 35.09 35.09	1344.9 1358.2 1371.5
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 36.49 36.49	2925.4 2956.6 2987.9

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

OPGW 16,75

TRAÇÃO DE PARTIDA

1374 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 5

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

 CABO: OPGW1 1 POR FASE

 PARTIDA: 1374.0 kgf = 13.90 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 44.09 44.09	1399.0 1415.7 1432.4
	21.	0.00 44.78 44.78	1377.7 1394.6 1411.5
	40.	0.00 45.54 45.54	1354.9 1372.1 1389.3
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 47.25 47.25	2954.0 2994.3 3034.6
FINAIS	4.	0.00 44.21 44.21	1395.3 1412.0 1428.7
	9.	0.00 44.42 44.42	1388.9 1405.7 1422.5
	17.	0.00 44.74 44.74	1378.9 1395.8 1412.7
	21.	0.00 44.90 44.90	1374.0 1391.0 1407.9
	40.	0.00 45.66 45.66	1351.3 1368.5 1385.8
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 47.13 47.13	2961.7 3001.9 3042.1

VÃO = 900.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 56.07 56.07	1393.9 1415.0 1436.1
	21.	0.00 56.77 56.77	1376.9 1398.3 1419.7
	40.	0.00 57.54 57.54	1358.7 1380.3 1401.9
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 59.31 59.31	2981.8 3032.2 3082.6
FINAIS	4.	0.00 56.19 56.19	1390.9 1412.1 1433.2
	9.	0.00 56.40 56.40	1385.9 1407.1 1428.3
	17.	0.00 56.73 56.73	1377.9 1399.3 1420.6
	21.	0.00 56.89 56.89	1374.0 1395.4 1416.8
	40.	0.00 57.67 57.67	1355.8 1377.5 1399.1
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 59.18 59.18	2988.5 3038.7 3089.0

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

F L E T R A

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

CABO: OPGW2 1 POR FASE

diâmetro = 13.40 mm	coef. dilat.i = 0.00001320 oC-1
área secção = 103.00 mm ²	coef. dilat.f = 0.00001320 oC-1
peso linear = 0.6820 kgf/m	mód. elast. i = 13800. kgf/mm ²
carga rupt. = 9477. kgf	mód. elast. f = 13800. kgf/mm ²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 93.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 1.4206 kgf/m	Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
 Comprimento = 0.00 m
 Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 0.00 kgf	Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 21.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 2

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

CABO: OPGW2 1 POR FASE

PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 5.74 5.74	1336.4 1338.4 1340.3
	21.	0.00 6.19 6.19	1240.4 1242.5 1244.6
	40.	0.00 6.68 6.68	1149.4 1151.6 1153.9
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 7.57 7.57	2113.1 2118.5 2123.8
FINAIS	4.	0.00 5.82 5.82	1318.4 1320.4 1322.4
	9.	0.00 5.95 5.95	1289.4 1291.4 1293.4
	17.	0.00 6.16 6.16	1245.6 1247.7 1249.8
	21.	0.00 6.27 6.27	1225.0 1227.1 1229.3
	40.	0.00 6.76 6.76	1136.3 1138.6 1140.9
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 7.63 7.63	2096.1 2101.5 2106.9

VÃO = 400.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 10.55 10.55	1294.3 1297.9 1301.5
	21.	0.00 11.06 11.06	1234.8 1238.6 1242.3
	40.	0.00 11.61 11.61	1175.7 1179.7 1183.6
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 12.71 12.71	2237.7 2246.7 2255.7
FINAIS	4.	0.00 10.64 10.64	1283.3 1286.9 1290.5
	9.	0.00 10.79 10.79	1265.5 1269.1 1272.8
	17.	0.00 11.03 11.03	1238.1 1241.9 1245.6
	21.	0.00 11.15 11.15	1225.0 1228.8 1232.6
	40.	0.00 11.70 11.70	1167.1 1171.0 1175.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 12.79 12.79	2225.1 2234.1 2243.1

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 3

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

 CABO: OPGW2 1 POR FASE

 PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 16.79 16.79	1271.5 1277.1 1282.8
	21.	0.00 17.33 17.33	1231.7 1237.5 1243.4
	40.	0.00 17.93 17.93	1190.9 1197.0 1203.1
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.18 19.18	2319.6 2333.1 2346.6
FINAIS	4.	0.00 16.88 16.88	1264.2 1269.9 1275.6
	9.	0.00 17.04 17.04	1252.3 1258.1 1263.9
	17.	0.00 17.30 17.30	1233.9 1239.8 1245.6
	21.	0.00 17.43 17.43	1225.0 1230.9 1236.8
	40.	0.00 18.02 18.02	1184.8 1190.9 1197.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.26 19.26	2309.9 2323.5 2337.1

VÃO = 510.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 17.49 17.49	1269.8 1275.7 1281.7
	21.	0.00 18.04 18.04	1231.5 1237.6 1243.7
	40.	0.00 18.63 18.63	1192.1 1198.4 1204.7
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.90 19.90	2326.2 2340.2 2354.2
FINAIS	4.	0.00 17.59 17.59	1262.8 1268.8 1274.7
	9.	0.00 17.75 17.75	1251.4 1257.4 1263.4
	17.	0.00 18.00 18.00	1233.6 1239.7 1245.8
	21.	0.00 18.13 18.13	1225.0 1231.1 1237.3
	40.	0.00 18.73 18.73	1186.1 1192.5 1198.8
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.98 19.98	2316.7 2330.8 2344.9

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 4

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

CABO: OPGW2 1 POR FASE

PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 24.45 24.45	1258.1 1266.3 1274.6
	21.	0.00 25.01 25.01	1229.8 1238.3 1246.7
	40.	0.00 25.63 25.63	1200.2 1208.9 1217.5
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 26.99 26.99	2374.9 2393.9 2412.9
FINAIS	4.	0.00 24.55 24.55	1253.0 1261.3 1269.6
	9.	0.00 24.71 24.72	1244.5 1252.9 1261.3
	17.	0.00 24.98 24.98	1231.4 1239.9 1248.3
	21.	0.00 25.11 25.11	1225.0 1233.5 1242.0
	40.	0.00 25.73 25.73	1195.7 1204.4 1213.1
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 27.08 27.08	2367.4 2386.4 2405.4

VÃO = 700.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 33.53 33.53	1249.7 1261.0 1272.3
	21.	0.00 34.11 34.11	1228.6 1240.1 1251.6
	40.	0.00 34.74 34.74	1206.2 1217.9 1229.6
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 36.18 36.18	2413.5 2438.8 2464.2
FINAIS	4.	0.00 33.63 33.63	1245.9 1257.2 1268.5
	9.	0.00 33.80 33.80	1239.6 1251.0 1262.4
	17.	0.00 34.07 34.07	1229.8 1241.3 1252.8
	21.	0.00 34.21 34.21	1225.0 1236.5 1248.0
	40.	0.00 34.84 34.84	1202.8 1214.5 1226.3
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 36.27 36.27	2407.5 2432.9 2458.3

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 5

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

 CABO: OPGW2 1 POR FASE

 PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 44.03 44.03	1244.1 1258.8 1273.6
	21.	0.00 44.62 44.62	1227.8 1242.8 1257.7
	40.	0.00 45.27 45.27	1210.3 1225.5 1240.7
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 46.77 46.77	2441.2 2473.8 2506.4
FINAIS	4.	0.00 44.14 44.14	1241.2 1256.0 1270.8
	9.	0.00 44.31 44.31	1236.3 1251.2 1266.1
	17.	0.00 44.59 44.59	1228.7 1243.7 1258.7
	21.	0.00 44.72 44.72	1225.0 1240.0 1255.0
	40.	0.00 45.37 45.37	1207.6 1222.9 1238.1
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 46.86 46.86	2436.3 2469.0 2501.7

VÃO = 900.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 55.96 55.96	1240.2 1258.9 1277.6
	21.	0.00 56.56 56.56	1227.2 1246.1 1265.0
	40.	0.00 57.22 57.22	1213.2 1232.4 1251.5
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 58.76 58.76	2461.5 2502.3 2543.2
FINAIS	4.	0.00 56.07 56.07	1237.9 1256.6 1275.3
	9.	0.00 56.24 56.25	1234.0 1252.8 1271.6
	17.	0.00 56.52 56.53	1228.0 1246.9 1265.8
	21.	0.00 56.66 56.66	1225.0 1243.9 1262.9
	40.	0.00 57.32 57.32	1211.1 1230.2 1249.4
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 58.86 58.86	2457.5 2498.4 2539.3

ANEXO 2 – COMPARAÇÃO DAS FLECHAS CONDUTOR / PÁRA-RAIOS

FLECHAS DOS CONDUTORES E PÁRA-RAIOS

VÃO	AAAC 823 kcmil (A)	DOTTEREL (B)	3/8" EAR (C)	OPGW 16,75 (D)	OPGW 13,4 (E)
300	6,97	6,27	6,27	6,29	6,27
400	12,39	11,15	11,15	11,19	11,15
500	19,37	17,43	17,43	17,50	17,43
600	27,92	25,11	25,11	25,21	25,11
700	38,05	34,21	34,21	34,35	34,21
800	49,75	44,73	44,73	44,90	44,72
900	63,05	56,67	56,67	56,89	56,66

COMPARAÇÃO DAS FLECHAS

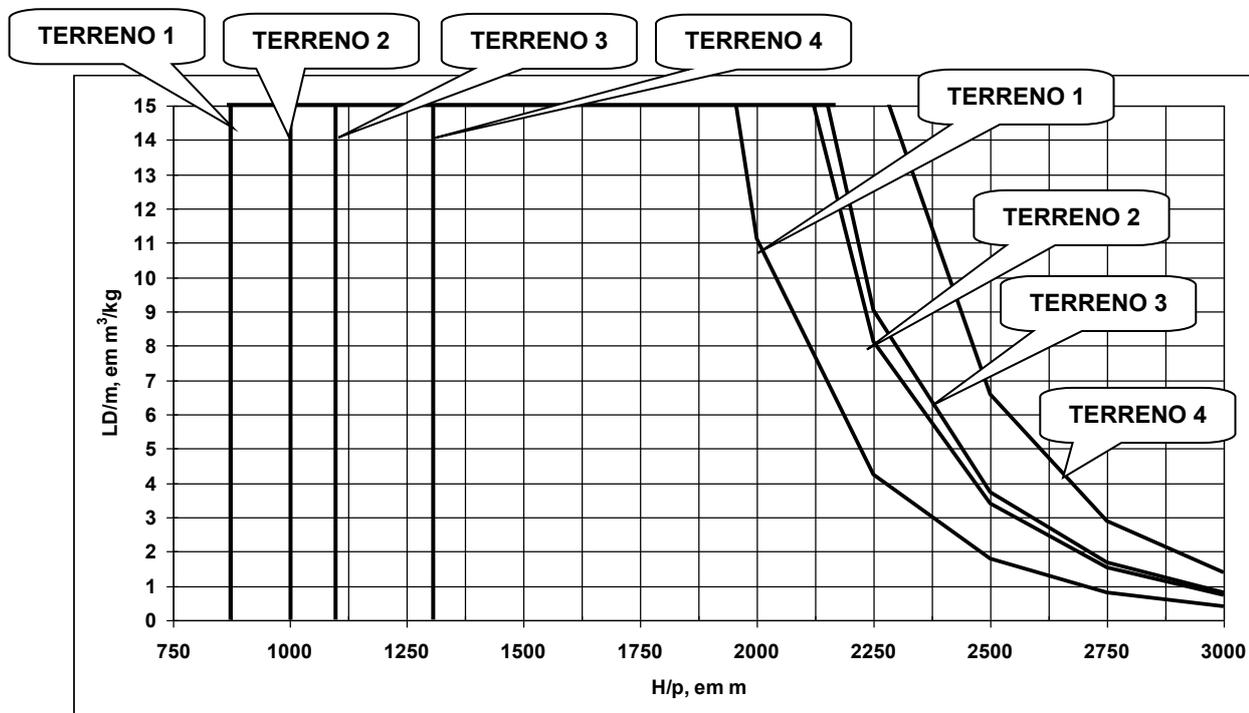
VÃO	DOTTEREL (B)/(A)	3/8" EAR (C)/(A)	OPGW 16,75 (D)/(A)	OPGW 13,4 (E)/(A)
300	0,90	0,90	0,90	0,90
400	0,90	0,90	0,90	0,90
500	0,90	0,90	0,90	0,90
600	0,90	0,90	0,90	0,90
700	0,90	0,90	0,90	0,90
800	0,90	0,90	0,90	0,90
900	0,90	0,90	0,90	0,90

Flechas a 21°C, sem vento, final

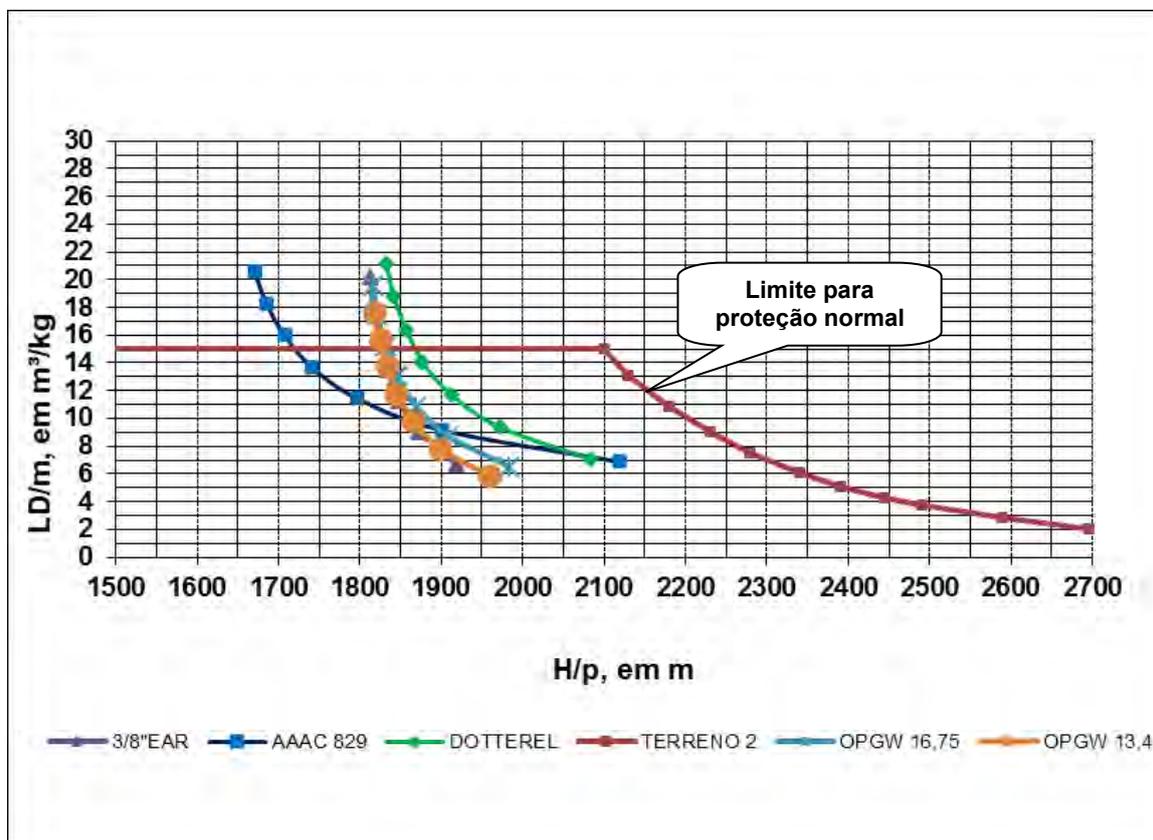
Valores em metro

ANEXO 3 - GRAFICO DE PROTEÇÃO CONTRA VIBRAÇÕES EÓLICAS

Anexo 3A – Gráfico Geral para Avaliação de Necessidade de Amortecedores



Anexo 3B – Gráfico Específico para os Cabos Condutor e Para-Raios



00	31/03/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 6 SPE SA					
PROJETO BÁSICO					
ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	31/03/17
TÍTULO					
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2 Lote 16 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL RELATÓRIO DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA PARA LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS					
Nº DOCUMENTO				FOLHA	REVISÃO
RE-EQT6-L601-PB-ELM-0007-R00				1 de 71	00

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA – OPERAÇÃO DE LONGA DURAÇÃO	3
2.1.	Critério de Cálculo	3
2.2.	Distâncias de Segurança	3
2.3.	A seguir observações relativas às Distâncias de Segurança:.....	4
2.4.	Considerações Adicionais	4
2.5.	Critério Básico para Locação das Estruturas	5
3.	DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA – OPERAÇÃO DE CURTA DURAÇÃO	5
3.1.	Parâmetros Básicos	5
3.2.	Critério de Cálculo	5
3.3.	Distâncias de Segurança para a LT	5
4.	TRAVESSIAS	5
5.	REFERÊNCIAS	6

1. OBJETIVO

- 1.1 Definir as distâncias de segurança para a LT 500 kV Sapeaçú – Poções III, em circuito simples pertencente ao Lote A do Leilão 0013/2015, devendo estas distâncias serem mantidas entre os condutores e o solo, obstáculos atravessados e obstáculos dos quais cada LT se aproxima.

2. DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA – OPERAÇÃO DE LONGA DURAÇÃO

2.1. Critério de Cálculo

As distâncias de segurança para as LT operando em regime de longa duração na tensão máxima de operação 550 kV foram calculadas conforme metodologia indicada no capítulo 10 da NBR 5422 (1).

2.2. Distâncias de Segurança

Item	Natureza da região ou obstáculo atravessado pela linha de transmissão ou que dela se aproxima	Distância (m)		Obs.
		Calculada (NBR 5422)	Adotadas	
1.	Locais acessíveis apenas a pedestres	8,7	12,5	8
2.	Locais onde circulam máquinas agrícolas	9,18	12,5	1,8
3.	Rodovias, ruas e avenidas	10,7	12,5	7,8
4.	Ferrovias não eletrificadas	11,7	12,5	8
5.	Ferrovias eletrificadas ou com previsão de eletrificação	14,7	14,7	
6.	Suporte de linha pertencente à ferrovia	6,7	6,7	
7.	Águas navegáveis	H + 4,7	H + 4,7	2
8.	Águas não navegáveis	8,7	12,5	
9.	Linhas de transmissão ou distribuição de energia elétrica	3,9	3,9	3
10.	Linhas de telecomunicações	4,5	4,5	
11.	Telhados e terraços	6,7	6,7	4
12.	Paredes	5,7	5,7	5
13.	Instalações transportadoras	5,7	5,7	
14.	Veículos rodoviários e ferroviários	5,7	5,7	
15.	Vegetação de preservação permanente	6,7	6,7	6

2.3. A seguir observações relativas às Distâncias de Segurança:

Nº (ver tabela constante do item 2.2 anterior)

- 1 Para locação das estruturas nos desenhos de planta e perfil, os locais atravessados devem ser sempre considerados como acessíveis a máquinas agrícolas, a não ser que existam indicações inequívocas de que esse tipo de acesso não é nem será possível.
- 2 O valor “H” corresponde à altura, em metros, do maior mastro e deve ser fixado pela autoridade responsável pela navegação na via considerada, para o nível máximo de cheia ocorrido nos últimos dez anos.
- 3 A distância de segurança indicada no item 9 da tabela é para travessias sobre os cabos para-raios de outras linhas ou sobre os condutores de linhas com tensão máxima de operação (D_u) igual ou inferior a 87kV.

Para travessias sobre condutores de outra LT com tensão máxima de operação (D_u) superior a 87 kV, ao valor indicado no item 9 da tabela deve ser acrescentada a seguinte parcela (referência: item 10.3.1.5 da NBR 5422):

$$0,01 \left(\frac{D_u}{\sqrt{3}} - 50 \right), \text{ resultando:}$$

Cruzamentos	Distância Calculada (m)	Distância Adotada (m)
138 kV	4,24	4,50
230 kV	4,80	4,80
345 kV	5,49	5,50
440 kV	6,06	6,10
500 kV	6,58	6,60

A verificação das distâncias de segurança deve ser feita com os cabos condutores e para-raios nas temperaturas que conduzam aos menores espaçamentos, a partir da mesma temperatura ambiente.

- 4 A distância de segurança indicada no item 11 da tabela é para telhados e terraços não acessíveis a pedestres. Para outras condições de uso, referir-se ao item 10.3.1.6 da NBR 5422.
- 5 A distância de segurança indicada no item 12 da tabela poderá ser reduzida, ressalvadas as disposições legais aplicáveis a cada caso, se houver acordo entre as partes para manter a parede cega, ou seja, sem portas ou janelas. Nesse caso, a distância de segurança será a indicada no item 13 da tabela.
- 6 A distância de segurança indicada no item 15 da tabela deve ser verificada em relação ao topo da vegetação.
- 7 A distância de segurança indicada no item 3 da tabela atende o critério definido no item 10.3.3 da NBR 5422 (1) (4).
- 8 O valor da distância de segurança indicada nos itens 1,2,3 e 4 foi definido em função da diferença de flecha para as temperaturas correspondentes a curta e longa duração, devido ao atendimento ao campo elétrico para curta duração (item 3) que estabelece o limite de 8,33 kv/m dentro da faixa conforme relatório de largura da faixa [4] com base nas resoluções normativas da ANEEL [6] e [7].

2.4. Considerações Adicionais

2.4.1 As distâncias de segurança, quando definidas para os cabos em repouso, devem ser

verificadas considerando o condutor na temperatura indicada no item 2.5.1, na condição final (creep de 10 anos).

2.4.2 As distâncias de segurança afetadas pelo deslocamento dos condutores e cadeias devem ser verificadas para ângulo de balanço calculado conforme NBR 5422, item 10.1.4.3, considerando velocidade do vento com período de retorno de 50 anos, 30 segundos de período de integração de temperatura coincidente (1) (3).

2.5. Critério Básico para Locação das Estruturas

2.5.1 Em função do exposto nos itens anteriores, a locação das estruturas nos desenhos de planta e perfil deve ser executada adotando-se o seguinte critério para a LT :

Operação de Longa Duração:

- ✓ Temperatura do condutor na condição final (creep de 10 anos) 55° C
- ✓ Espaçamento vertical mínimo para o solo 12,5 m

2.5.2 A locação assim executada deverá ser verificada para operação de curta duração (condição de emergência), devendo atender o estabelecido no item 3 a seguir.

3. DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA – OPERAÇÃO DE CURTA DURAÇÃO

3.1. Parâmetros Básicos

- ✓ Tensão máxima de operação da LT 550 kV
- ✓ Temperatura máxima do condutor (2) 60°C

3.2. Critério de Cálculo

As distâncias de segurança para operação de curta duração (condição de emergência) foram calculadas conforme metodologia indicada no NESC (5), regra 232D.

3.3. Distâncias de Segurança para a LT

Natureza da região ou obstáculo atravessado pela LT	Distância (m)
1. Locais acessíveis apenas a pedestres	12,20
2. Locais onde circulam máquinas agrícolas	12,20 (*)
3. Rodovias, ruas e avenidas	12,20
4. Ferrovias não eletrificadas	12,20

(*) Distância mínima definida em função do campo elétrico de acordo com resolução normativa da ANEEL nº 616 de 01 de Julho de 2014

4. TRAVESSIAS

4.1. A diretriz definitiva de cada LT será selecionada levando em conta a proximidade de aeródromos e as travessias sobre obstáculos de importância tais como linhas de transmissão, rodovias, ferrovias, grandes cursos d'água, etc.

- 4.2. No caso de travessias sobre linhas elétricas ou de telecomunicações, vias de transporte, edificações e vegetação considerada de preservação permanente, o projeto executivo incluirá a verificação do atendimento aos requisitos do capítulo 11 da NBR 5422.
- 4.3. Serão também verificadas as exigências específicas do proprietário ou concessionário do obstáculo atravessado, sempre que respaldadas pela legislação vigente.
- 4.4. A locação de torres nas proximidades de aeródromos será precedida do levantamento de dados topográficos detalhados das pistas de pouso e de sua posição relativa em relação à diretriz da LT.
- 4.5. De posse desses dados a projetista verificará o atendimento às exigências da Portaria do comando da Aeronáutica 256/GC5 de 13 de maio de 2011, a qual estabelece os procedimentos a serem seguidos na implantação de estruturas situadas nas proximidades de aeródromos.
- 4.6. Os desenhos e memórias de cálculo resultantes das verificações acima, tanto para travessias sobre obstáculos importantes como para aproximações de aeródromos, serão submetidos ao órgão responsável pela aprovação final da travessia, antes do início da construção do trecho da LT em questão.

5. REFERÊNCIAS

- 1 NBR 5422 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 2 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0005 CONDUTOR E PÁRA-RAIOS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 3 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0004 VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 4 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0008 LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 5 ANSI C2–2002 – National Electrical Safety Code.
- 6 A Resolução Normativa ANEEL nº 398 de 23/03/2010
- 7 A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014

01	03/05/17	Resposta aos comentários da EP	AQ	JCS	
00	31/03/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 6 SPE SA					
PROJETO BÁSICO					
ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	31/03/17
TÍTULO					
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2 Lote 16 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL RELATÓRIO DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA PARA LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS					
Nº DOCUMENTO			FOLHA	REVISÃO	
RE-EQT6-L601-PB-ELM-0007-R01			1 de 71	01	

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA – OPERAÇÃO DE LONGA DURAÇÃO	3
2.1.	Critério de Cálculo	3
2.2.	Distâncias de Segurança	3
2.3.	A seguir observações relativas às Distâncias de Segurança:.....	4
2.4.	Considerações Adicionais	4
2.5.	Critério Básico para Locação das Estruturas	5
3.	DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA – OPERAÇÃO DE CURTA DURAÇÃO	5
3.1.	Parâmetros Básicos	5
3.2.	Critério de Cálculo	5
3.3.	Distâncias de Segurança para a LT	5
4.	TRAVESSIAS	5
5.	REFERÊNCIAS	6

1. OBJETIVO

- 1.1 Definir as distâncias de segurança para a LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2, em circuito simples pertencente ao Lote 16 do Leilão 0013/2015 – 2º parte, devendo estas distâncias serem mantidas entre os condutores e o solo, obstáculos atravessados e obstáculos dos quais cada LT se aproxima.

2. DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA – OPERAÇÃO DE LONGA DURAÇÃO

2.1. Critério de Cálculo

As distâncias de segurança para as LT operando em regime de longa duração na tensão máxima de operação 550 kV foram calculadas conforme metodologia indicada no capítulo 10 da NBR 5422 (1).

2.2. Distâncias de Segurança

Item	Natureza da região ou obstáculo atravessado pela linha de transmissão ou que dela se aproxima	Distância (m)		Obs.
		Calculada (NBR 5422)	Adotadas	
1.	Locais acessíveis apenas a pedestres	8,7	12,5	8
2.	Locais onde circulam máquinas agrícolas	9,18	12,5	1,8
3.	Rodovias, ruas e avenidas	10,7	12,5	7,8
4.	Ferrovias não eletrificadas	11,7	12,5	8
5.	Ferrovias eletrificadas ou com previsão de eletrificação	14,7	14,7	
6.	Suporte de linha pertencente à ferrovia	6,7	6,7	
7.	Águas navegáveis	H + 4,7	H + 4,7	2
8.	Águas não navegáveis	8,7	12,5	
9.	Linhas de transmissão ou distribuição de energia elétrica	3,9	3,9	3
10.	Linhas de telecomunicações	4,5	4,5	
11.	Telhados e terraços	6,7	6,7	4
12.	Paredes	5,7	5,7	5
13.	Instalações transportadoras	5,7	5,7	
14.	Veículos rodoviários e ferroviários	5,7	5,7	
15.	Vegetação de preservação permanente	6,7	6,7	6

2.3. A seguir observações relativas às Distâncias de Segurança:

Nº (ver tabela constante do item 2.2 anterior)

- 1 Para locação das estruturas nos desenhos de planta e perfil, os locais atravessados devem ser sempre considerados como acessíveis a máquinas agrícolas, a não ser que existam indicações inequívocas de que esse tipo de acesso não é nem será possível.
- 2 O valor “H” corresponde à altura, em metros, do maior mastro e deve ser fixado pela autoridade responsável pela navegação na via considerada, para o nível máximo de cheia ocorrido nos últimos dez anos.
- 3 A distância de segurança indicada no item 9 da tabela é para travessias sobre os cabos para-raios de outras linhas ou sobre os condutores de linhas com tensão máxima de operação (D_u) igual ou inferior a 87kV.

Para travessias sobre condutores de outra LT com tensão máxima de operação (D_u) superior a 87 kV, ao valor indicado no item 9 da tabela deve ser acrescentada a seguinte parcela (referência: item 10.3.1.5 da NBR 5422):

$$0,01 \left(\frac{D_u}{\sqrt{3}} - 50 \right), \text{ resultando:}$$

Cruzamentos	Distância Calculada (m)	Distância Adotada (m)
138 kV	4,24	4,50
230 kV	4,80	4,80
345 kV	5,49	5,50
440 kV	6,06	6,10
500 kV	6,58	6,60

A verificação das distâncias de segurança deve ser feita com os cabos condutores e para-raios nas temperaturas que conduzam aos menores espaçamentos, a partir da mesma temperatura ambiente.

- 4 A distância de segurança indicada no item 11 da tabela é para telhados e terraços não acessíveis a pedestres. Para outras condições de uso, referir-se ao item 10.3.1.6 da NBR 5422.
- 5 A distância de segurança indicada no item 12 da tabela poderá ser reduzida, ressalvadas as disposições legais aplicáveis a cada caso, se houver acordo entre as partes para manter a parede cega, ou seja, sem portas ou janelas. Nesse caso, a distância de segurança será a indicada no item 13 da tabela.
- 6 A distância de segurança indicada no item 15 da tabela deve ser verificada em relação ao topo da vegetação.
- 7 A distância de segurança indicada no item 3 da tabela atende o critério definido no item 10.3.3 da NBR 5422 (1) (4).
- 8 O valor da distância de segurança indicada nos itens 1,2,3 e 4 foi definido em função da diferença de flecha para as temperaturas correspondentes a curta e longa duração, devido ao atendimento ao campo elétrico para curta duração (item 3) que estabelece o limite de 8,33 kv/m dentro da faixa conforme relatório de largura da faixa [4] com base nas resoluções normativas da ANEEL [6] e [7].

2.4. Considerações Adicionais

2.4.1 As distâncias de segurança, quando definidas para os cabos em repouso, devem ser

verificadas considerando o condutor na temperatura indicada no item 2.5.1, na condição final (creep de 10 anos).

2.4.2 As distâncias de segurança afetadas pelo deslocamento dos condutores e cadeias devem ser verificadas para ângulo de balanço calculado conforme NBR 5422, item 10.1.4.3, considerando velocidade do vento com período de retorno de 50 anos, 30 segundos de período de integração de temperatura coincidente (1) (3).

2.5. Critério Básico para Locação das Estruturas

2.5.1 Em função do exposto nos itens anteriores, a locação das estruturas nos desenhos de planta e perfil deve ser executada adotando-se o seguinte critério para a LT :

Operação de Longa Duração:

- ✓ Temperatura do condutor na condição final (creep de 10 anos) 55° C
- ✓ Espaçamento vertical mínimo para o solo 12,5 m

2.5.2 A locação assim executada deverá ser verificada para operação de curta duração (condição de emergência), devendo atender o estabelecido no item 3 a seguir.

3. DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA – OPERAÇÃO DE CURTA DURAÇÃO

3.1. Parâmetros Básicos

- ✓ Tensão máxima de operação da LT 550 kV
- ✓ Temperatura máxima do condutor (2) 60°C

3.2. Critério de Cálculo

As distâncias de segurança para operação de curta duração (condição de emergência) foram calculadas conforme metodologia indicada no NESC (5), regra 232D.

3.3. Distâncias de Segurança para a LT

Natureza da região ou obstáculo atravessado pela LT	Distância (m)
1. Locais acessíveis apenas a pedestres	12,20
2. Locais onde circulam máquinas agrícolas	12,20 (*)
3. Rodovias, ruas e avenidas	12,20
4. Ferrovias não eletrificadas	12,20

(*) Distância mínima definida em função do campo elétrico de acordo com resolução normativa da ANEEL nº 616 de 01 de Julho de 2014

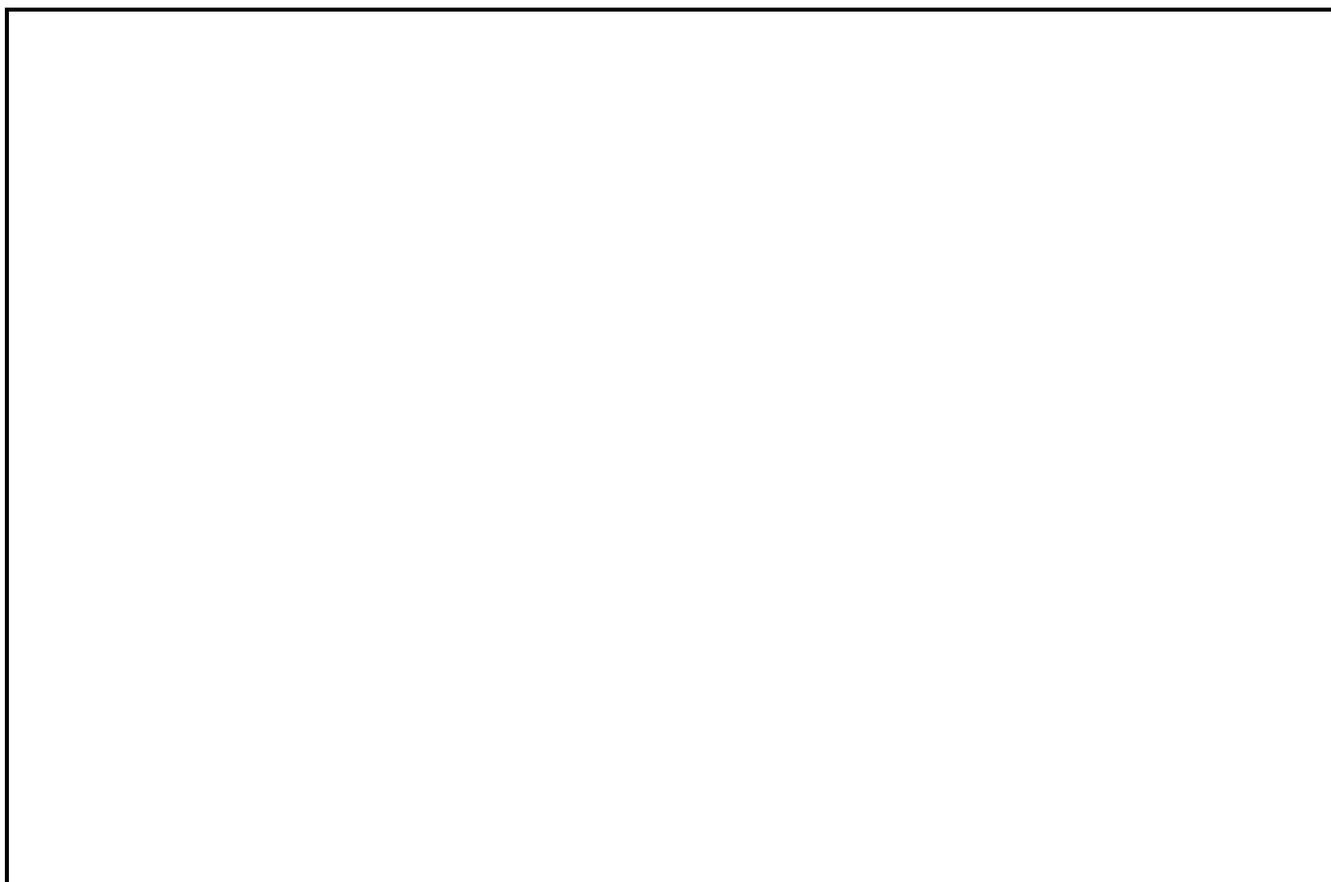
4. TRAVESSIAS

4.1. A diretriz definitiva de cada LT será selecionada levando em conta a proximidade de aeródromos e as travessias sobre obstáculos de importância tais como linhas de transmissão, rodovias, ferrovias, grandes cursos d'água, etc.

- 4.2. No caso de travessias sobre linhas elétricas ou de telecomunicações, vias de transporte, edificações e vegetação considerada de preservação permanente, o projeto executivo incluirá a verificação do atendimento aos requisitos do capítulo 11 da NBR 5422.
- 4.3. Serão também verificadas as exigências específicas do proprietário ou concessionário do obstáculo atravessado, sempre que respaldadas pela legislação vigente.
- 4.4. A locação de torres nas proximidades de aeródromos será precedida do levantamento de dados topográficos detalhados das pistas de pouso e de sua posição relativa em relação à diretriz da LT.
- 4.5. De posse desses dados a projetista verificará o atendimento às exigências da Portaria do comando da Aeronáutica 256/GC5 de 13 de maio de 2011, a qual estabelece os procedimentos a serem seguidos na implantação de estruturas situadas nas proximidades de aeródromos.
- 4.6. Os desenhos e memórias de cálculo resultantes das verificações acima, tanto para travessias sobre obstáculos importantes como para aproximações de aeródromos, serão submetidos ao órgão responsável pela aprovação final da travessia, antes do início da construção do trecho da LT em questão.

5. REFERÊNCIAS

- 1 NBR 5422 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 2 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0005 CONDUTOR E PÁRA-RAIOS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 3 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0004 VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 4 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0008 LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 5 ANSI C2–2002 – National Electrical Safety Code.
- 6 A Resolução Normativa ANEEL nº 398 de 23/03/2010
- 7 A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014



Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
02	15/05/17	Alterado Logotipo da AG	AQ	JCS	
01	03/05/17	Resposta aos comentários da EP	AQ	JCS	
00	31/03/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	



EQUATORIAL TRANSMISSORA 6 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	31/03/17

TÍTULO

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2
Lote 16 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA PARA LOCAÇÃO
DAS ESTRUTURAS

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT6-L601-PB-ELM-0007-R02	1 de 6	02

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA – OPERAÇÃO DE LONGA DURAÇÃO	3
2.1.	Critério de Cálculo	3
2.2.	Distâncias de Segurança	3
2.3.	A seguir observações relativas às Distâncias de Segurança:.....	4
2.4.	Considerações Adicionais	4
2.5.	Critério Básico para Locação das Estruturas	5
3.	DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA – OPERAÇÃO DE CURTA DURAÇÃO	5
3.1.	Parâmetros Básicos	5
3.2.	Critério de Cálculo	5
3.3.	Distâncias de Segurança para a LT	5
4.	TRAVESSIAS	5
5.	REFERÊNCIAS	6

1. OBJETIVO

- 1.1 Definir as distâncias de segurança para a LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2, em circuito simples pertencente ao Lote 16 do Leilão 0013/2015 – 2º parte, devendo estas distâncias serem mantidas entre os condutores e o solo, obstáculos atravessados e obstáculos dos quais cada LT se aproxima.

2. DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA – OPERAÇÃO DE LONGA DURAÇÃO

2.1. Critério de Cálculo

As distâncias de segurança para as LT operando em regime de longa duração na tensão máxima de operação 550 kV foram calculadas conforme metodologia indicada no capítulo 10 da NBR 5422 (1).

2.2. Distâncias de Segurança

Item	Natureza da região ou obstáculo atravessado pela linha de transmissão ou que dela se aproxima	Distância (m)		Obs.
		Calculada (NBR 5422)	Adotadas	
1.	Locais acessíveis apenas a pedestres	8,7	12,5	8
2.	Locais onde circulam máquinas agrícolas	9,18	12,5	1,8
3.	Rodovias, ruas e avenidas	10,7	12,5	7,8
4.	Ferrovias não eletrificadas	11,7	12,5	8
5.	Ferrovias eletrificadas ou com previsão de eletrificação	14,7	14,7	
6.	Suporte de linha pertencente à ferrovia	6,7	6,7	
7.	Águas navegáveis	H + 4,7	H + 4,7	2
8.	Águas não navegáveis	8,7	12,5	
9.	Linhas de transmissão ou distribuição de energia elétrica	3,9	3,9	3
10.	Linhas de telecomunicações	4,5	4,5	
11.	Telhados e terraços	6,7	6,7	4
12.	Paredes	5,7	5,7	5
13.	Instalações transportadoras	5,7	5,7	
14.	Veículos rodoviários e ferroviários	5,7	5,7	
15.	Vegetação de preservação permanente	6,7	6,7	6

2.3. A seguir observações relativas às Distâncias de Segurança:

Nº (ver tabela constante do item 2.2 anterior)

- 1 Para locação das estruturas nos desenhos de planta e perfil, os locais atravessados devem ser sempre considerados como acessíveis a máquinas agrícolas, a não ser que existam indicações inequívocas de que esse tipo de acesso não é nem será possível.
- 2 O valor “H” corresponde à altura, em metros, do maior mastro e deve ser fixado pela autoridade responsável pela navegação na via considerada, para o nível máximo de cheia ocorrido nos últimos dez anos.
- 3 A distância de segurança indicada no item 9 da tabela é para travessias sobre os cabos para-raios de outras linhas ou sobre os condutores de linhas com tensão máxima de operação (D_u) igual ou inferior a 87kV.

Para travessias sobre condutores de outra LT com tensão máxima de operação (D_u) superior a 87 kV, ao valor indicado no item 9 da tabela deve ser acrescentada a seguinte parcela (referência: item 10.3.1.5 da NBR 5422):

$$0,01 \left(\frac{D_u}{\sqrt{3}} - 50 \right), \text{ resultando:}$$

Cruzamentos	Distância Calculada (m)	Distância Adotada (m)
138 kV	4,24	4,50
230 kV	4,80	4,80
345 kV	5,49	5,50
440 kV	6,06	6,10
500 kV	6,58	6,60

A verificação das distâncias de segurança deve ser feita com os cabos condutores e para-raios nas temperaturas que conduzam aos menores espaçamentos, a partir da mesma temperatura ambiente.

- 4 A distância de segurança indicada no item 11 da tabela é para telhados e terraços não acessíveis a pedestres. Para outras condições de uso, referir-se ao item 10.3.1.6 da NBR 5422.
- 5 A distância de segurança indicada no item 12 da tabela poderá ser reduzida, ressalvadas as disposições legais aplicáveis a cada caso, se houver acordo entre as partes para manter a parede cega, ou seja, sem portas ou janelas. Nesse caso, a distância de segurança será a indicada no item 13 da tabela.
- 6 A distância de segurança indicada no item 15 da tabela deve ser verificada em relação ao topo da vegetação.
- 7 A distância de segurança indicada no item 3 da tabela atende o critério definido no item 10.3.3 da NBR 5422 (1) (4).
- 8 O valor da distância de segurança indicada nos itens 1,2,3 e 4 foi definido em função da diferença de flecha para as temperaturas correspondentes a curta e longa duração, devido ao atendimento ao campo elétrico para curta duração (item 3) que estabelece o limite de 8,33 kv/m dentro da faixa conforme relatório de largura da faixa [4] com base nas resoluções normativas da ANEEL [6] e [7].

2.4. Considerações Adicionais

2.4.1 As distâncias de segurança, quando definidas para os cabos em repouso, devem ser

verificadas considerando o condutor na temperatura indicada no item 2.5.1, na condição final (creep de 10 anos).

2.4.2 As distâncias de segurança afetadas pelo deslocamento dos condutores e cadeias devem ser verificadas para ângulo de balanço calculado conforme NBR 5422, item 10.1.4.3, considerando velocidade do vento com período de retorno de 50 anos, 30 segundos de período de integração de temperatura coincidente (1) (3).

2.5. Critério Básico para Locação das Estruturas

2.5.1 Em função do exposto nos itens anteriores, a locação das estruturas nos desenhos de planta e perfil deve ser executada adotando-se o seguinte critério para a LT :

Operação de Longa Duração:

- ✓ Temperatura do condutor na condição final (creep de 10 anos) 55° C
- ✓ Espaçamento vertical mínimo para o solo 12,5 m

2.5.2 A locação assim executada deverá ser verificada para operação de curta duração (condição de emergência), devendo atender o estabelecido no item 3 a seguir.

3. DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA – OPERAÇÃO DE CURTA DURAÇÃO

3.1. Parâmetros Básicos

- ✓ Tensão máxima de operação da LT 550 kV
- ✓ Temperatura máxima do condutor (2) 60°C

3.2. Critério de Cálculo

As distâncias de segurança para operação de curta duração (condição de emergência) foram calculadas conforme metodologia indicada no NESC (5), regra 232D.

3.3. Distâncias de Segurança para a LT

Natureza da região ou obstáculo atravessado pela LT	Distância (m)
1. Locais acessíveis apenas a pedestres	12,20
2. Locais onde circulam máquinas agrícolas	12,20 (*)
3. Rodovias, ruas e avenidas	12,20
4. Ferrovias não eletrificadas	12,20

(*) Distância mínima definida em função do campo elétrico de acordo com resolução normativa da ANEEL nº 616 de 01 de Julho de 2014

4. TRAVESSIAS

4.1. A diretriz definitiva de cada LT será selecionada levando em conta a proximidade de aeródromos e as travessias sobre obstáculos de importância tais como linhas de transmissão, rodovias, ferrovias, grandes cursos d'água, etc.

- 4.2. No caso de travessias sobre linhas elétricas ou de telecomunicações, vias de transporte, edificações e vegetação considerada de preservação permanente, o projeto executivo incluirá a verificação do atendimento aos requisitos do capítulo 11 da NBR 5422.
- 4.3. Serão também verificadas as exigências específicas do proprietário ou concessionário do obstáculo atravessado, sempre que respaldadas pela legislação vigente.
- 4.4. A locação de torres nas proximidades de aeródromos será precedida do levantamento de dados topográficos detalhados das pistas de pouso e de sua posição relativa em relação à diretriz da LT.
- 4.5. De posse desses dados a projetista verificará o atendimento às exigências da Portaria do comando da Aeronáutica 256/GC5 de 13 de maio de 2011, a qual estabelece os procedimentos a serem seguidos na implantação de estruturas situadas nas proximidades de aeródromos.
- 4.6. Os desenhos e memórias de cálculo resultantes das verificações acima, tanto para travessias sobre obstáculos importantes como para aproximações de aeródromos, serão submetidos ao órgão responsável pela aprovação final da travessia, antes do início da construção do trecho da LT em questão.

5. REFERÊNCIAS

- 1 NBR 5422 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 2 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0005 CONDUTOR E PÁRA-RAIOS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 3 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0004 VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 4 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0008 LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 5 ANSI C2–2002 – National Electrical Safety Code.
- 6 A Resolução Normativa ANEEL nº 398 de 23/03/2010
- 7 A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014

00	31/03/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 6 SPE SA					
PROJETO BÁSICO					
ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	31/03/17
TÍTULO					
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2 Lote 16 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL RELATÓRIO LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO					
Nº DOCUMENTO				FOLHA	REVISÃO
RE-EQT6-L601-PB-ELM-0008-R00				1 de 28	00

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	CRITÉRIO MECÂNICO	3
3.	EFEITO CORONA.....	4
4.	RÁDIO INTERFERÊNCIA	5
5.	RUÍDO AUDÍVEL	5
6.	CAMPO ELÉTRICO	6
7.	CAMPO MAGNÉTICO	7
8.	LARGURA ADOTADA PARA A FAIXA DE SERVIDÃO	7
9.	REFERÊNCIAS.....	8
	ANEXOS	9

1. OBJETIVO

1.1. Definir a faixa de servidão (faixa de segurança) a ser adotada no projeto da LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2, em circuito simples pertencente ao Lote 16 do Leilão 0013/2015 – 2º parte.

2. CRITÉRIO MECÂNICO

2.1. Ângulo de Balanço dos Condutores

2.1.1 O ângulo de balanço está sendo calculado para ventos com 50 anos de período de retorno, 30 segundos de período de integração e pressões correspondentes, fazendo uso dos valores definidos na referência [2].

2.1.2 A metodologia adotada para o cálculo do ângulo de balanço é a constante do item 10.1.4.3 da referência [1], conforme reproduzido a seguir:

$$tg\beta = k \frac{q_0 \cdot d}{p(V/H)} \quad \text{onde:}$$

- d diâmetro do condutor (9)
- p peso unitário do condutor (9)
- V/H relação (vão de peso)/(vão de vento) em alinhamento
- q₀ Pressão Dinâmica (3)
- k figura 7 da referência (2)

Tabela 1 – Ângulo de Balanço das Estruturas Predominantes em Alinhamento						
Parâmetros					Ângulo β	
d	p	V/H	q ₀	k	Calculado	Adotado
(mm)	(kgf/m)	(pu)	(kgf/m ²)	(pu)	(graus)	(graus)
26,78	1,172	0,70	68	0,32	35,1°	36°

2.2. Largura da Faixa de Servidão

2.2.1 Conhecido o ângulo de balanço dos condutores, a largura da faixa é determinada de acordo com a metodologia estabelecida no capítulo 12 da referência [1], ou seja:

$$L = 2[b + (f + l)\text{sen}\beta + d+p] \quad \text{onde:}$$

b=	distância da linha de centro da estrutura ao ponto de fixação da LT
F=	flecha do cabo condutor para vão médio de 510 m
l=	comprimento da cadeia de isoladores e ferragens
β=	ângulo de balanço do condutor e da cadeia
p=	Projeção do condutor mais afastado ao eixo do feixe ($2,10/2 \times \cos\beta$)
d=	$V_{MÁX} / 150$, expresso em metros LT 500 kV

Tendo como resultado:

Parâmetros							Distancia	
Vão	b	f	l	β	d	p	Calculado	Adotado(*)
(m)	(m)	(m)	(m)	(graus)	(m)	(m)	(m)	(m)
510	6,505	21,87	7,43	36°	3,67	0,8495	56,49	68,00
600	6,505	29,69	7,43	36°	3,67	0,8495	65,69	

(*)Valor adotado para calculo elétrico-magnético estabelecido em função dos níveis de radio interferência.

3. EFEITO CORONA

3.1. Gradiente nas Fases

3.1.1 O ponto de partida para o cálculo dos valores de rádio interferência e ruído audível é o gradiente nas fases, que devem ser verificados para a tensão máxima de operação da LT, ou seja, 550 kV.

3.2. Gradiente Crítico

3.2.1 Para verificar se o de gradiente nas fases é adequado, o mesmo é comparado com o gradiente crítico determinado de acordo com a seguinte fórmula [4]:

$$G_{\text{crit}} = 21,2.m.\delta \left(1 + \frac{0,301}{\sqrt{\delta.r}} \right) \text{ kV/cm} \quad \text{Onde:}$$

G_{crit} gradiente crítico (início do corona), em kV/cm, valor eficaz

r raio do condutor, em cm

m coeficiente representativo da superfície do condutor envelhecido (m = 0,82)

δ densidade relativa do ar médio para 90% do tempo = 0,90

densidade relativa do ar 90% do tempo corrigido= 0,90

3.2.2 Critérios adotados:

- Nenhum subcondutor de um feixe pode apresentar gradiente superficial maior que o gradiente crítico (DRA 90% = 0,90);
- A média dos gradientes superficiais de cada subcondutor em cada fase não pode ser superior a 95% do gradiente crítico médio para 90% do tempo (DRA médio 90 %=0,90).

3.2.3 Resultados (valor eficaz):

limite		calculado	
Variável	valor	máximo - todos condutores	maior média dos feixes
Crítico (DRA 90% = 0,90)	20,06	19,4	-
95% Critico (DRA MÉDIO 90% = 0,90)	19,06	-	18,9

3.2.4 Os gradientes obtidos no anexo 1, atendem aos critérios estabelecido no item 3.2.2, ou seja, não deverá ocorrer corona visual em 90 % do tempo, para as condições atmosféricas predominantes na região atravessada pela LT:

4. RÁDIO INTERFERÊNCIA

4.1 O submódulo 2.4 da ONS especifica que a relação sinal/ruído no limite da faixa de servidão, para a tensão máxima operativa, deve ser no mínimo 24 dB, para 50 % das condições climáticas ocorrendo no período de um ano. O sinal adotado para o cálculo deve ser o nível mínimo de sinal na região atravessada pela LT, conforme legislação pertinente.

4.2 Baseado no critério acima e adotando um sinal de 66 dB a 1 MHz obtém-se o nível máximo de rádio interferência admissível no limite da faixa de servidão em pelo menos 50 % de todos os tempos de um ano, ou seja:

$$RI_{\max} \leq (66 - 24) \text{ dB} \leq 42 \text{ dB} \quad (\text{no limite da faixa de servidão})$$

4.3 O valor de rádio interferência em um eixo transversal à LT foi calculado considerando a tensão máxima de operação da LT, ou seja, 550 kV. O correspondente relatório de saída consta do Anexo 2.

4.4 O programa do Anexo 2 considera internamente as seguintes premissas básicas:

Frequência de medição do ruído 1 MHz, medido conforme norma ANSI

Resistividade do solo 100 Ω .m

DRA 50% (PU) 0,92

4.5 O valor de rádio interferência com 50 % de probabilidade de não ser excedido, quando se consideram todos os tempos do ano, foi calculado partindo das seguintes premissas:

(a) a distribuição de rádio interferência, tanto para tempo bom como para tempo ruim, é gaussiana;

(b) o valor de rádio interferência com 1 % de probabilidade de ser excedido com tempo bom é igual ao valor de rádio interferência com 99 % de probabilidade de ser excedido com tempo ruim (Fair L1 = Foul L99);

4.6 As distribuições de tempo bom e tempo ruim assim definidas foram ponderadas em função da climatologia da região, dando origem à distribuição de todos os tempos apresentada na Figura do Anexo 2.

4.7 A partir dessa distribuição, obtém-se o nível de rádio interferência no limite da faixa com probabilidade de não ser excedido 50 % de todos os tempos do ano, o qual é indicado a seguir:

$$\sqrt{RI_0} = 41,98 \text{ dB} \quad (\text{L50 todos os tempos})$$

4.9 Como pode ser constatado, o valor de rádio interferência no limite da faixa de servidão com 50 % de probabilidade de não ser excedido, considerando-se todos os tempos do ano, atende o critério estabelecido no Anexo técnico do Edital.

5. RUÍDO AUDÍVEL

5.1 O Anexos técnico do Edital especifica que o ruído audível no limite da faixa de servidão, para a tensão máxima operativa, deve ser no máximo igual a 58 dBA, para as seguintes condições climáticas:

- (a) durante chuva fina (< 0,00148 mm/min);
- (b) durante névoa de 4 horas de duração;
- (c) após chuva (primeiros 15 minutos).

5.2 O ruído audível será verificado para condições que correspondam ao condutor úmido, conforme item 5.1 anterior. Essas condições são usualmente associadas [4] ao nível de ruído com 50 % de probabilidade de ser excedido.

5.3 Os valores do ruído audível em um eixo transversal à linha de transmissão foram calculados para as condições Foul L50. O correspondente relatório de saída consta do Anexo 3.

Ruído Audível no limite da faixa (dBA)

56,17

5.4 Conforme os valores da tabela acima o valor obtido para o ruído audível no limite da faixa de servidão para a LT é inferior a 58 dBA, atendendo o critério estabelecido.

6. CAMPO ELÉTRICO

6.1 A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014 [7], especifica que o campo elétrico a um metro e meio do solo, no limite da faixa de servidão, deve ser inferior ou, no máximo, igual a 4,17 kV/m. Adicionalmente, o campo elétrico no interior da faixa de servidão não deve ser superior a 8,33 kV/m, conforme referência, levando-se em consideração a utilização que for dada a cada trecho.

6.2 O valor do campo elétrico a um metro e meio do solo em um eixo transversal à LT calculado são descritos abaixo:

Tabela 8 – Campo elétrico a 1,5 m do solo (kV/m)

	No interior da faixa		No limite da faixa	
	Longa duração	Curta duração	Longa duração	Curta duração
LT	Máquinas agrícolas e Rodovias	Máquinas agrícolas e Rodovias	Máquinas agrícolas e Rodovias	Máquinas agrícolas e Rodovias
	Altura condutor mais baixo – solo (m)			
	12,5	12,2	12,5	12,2
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	7,63	8,04	1,51	1,51

6.3 Os relatórios de saída constam do Anexo 4.

6.4 A tabela a seguir apresenta as correntes induzidas para os valores máximos de campo elétrico indicados no item anterior.

Veículo	Referência Campo Elétrico	Corrente Induzida
Carreta de grande porte	8,04 kV/m	4,7 mA
Ônibus	8,04 kV/m	3,4 mA
Colheitadeira	8,04 kV/m	3,5 mA
Trator de fazenda puxando carroça	8,04 kV/m	2,6 mA
Trator de fazenda	8,04 kV/m	0,9 mA

6.5 Esses valores de corrente induzida situam-se em níveis compatíveis com a utilização da faixa de servidão e atendem o limite máximo de 5,0 mA especificados.

7. CAMPO MAGNÉTICO

7.1 A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014 [7], especifica que o campo magnético no limite da faixa de servidão a um metro e meio do solo deve ser inferior ou, no máximo, igual a 160,9 A/m, equivalente a uma indução magnética de 200 μ T, e no interior da faixa de servidão não deve ser superior a 804,5 A/m, equivalente a uma indução magnética de 1000 μ T.

7.2 Os valores do campo magnético em um eixo transversal à LT foram calculados para a corrente operativa longa duração e corrente máxima curta duração (5).

7.3 O campo magnético foi calculado na largura da faixa de servidão, em um eixo perpendicular à diretriz da LT localizado em um ponto do perfil com espaçamento mínimo condutor-solo, considerando terreno plano. Conservativamente, não foram consideradas no cálculo as correntes de retorno pela terra.

7.4 O relatório de saída consta do Anexo 5. São resumidos a seguir os valores calculados:

No interior da faixa		No limite da faixa	
Longa duração	Curta duração	Longa duração	Curta duração
Altura condutor mais baixo – solo (m)			
12,5	12,2	12,5	12,2
28,87	30,12	5,08	5,11

7.5 Os valores acima mostram que para a LT em estudo, o valor do campo magnético no interior da faixa de servidão é inferior a 420 μ T, atendendo o critério estabelecido.

8. LARGURA ADOTADA PARA A FAIXA DE SERVIDÃO

8.1 A faixa de servidão da linha de transmissão em estudo terá a largura indicada a seguir, a qual atende tanto o critério mecânico de balanço dos condutores como os critérios elétricos definidos no Anexo técnico do Edital:

✓ **Largura da faixa de servidão para LT 500 kV = 70 m**

8.2 A faixa de servidão selecionada está representada na Figura 6.

9. REFERÊNCIAS

- 1 NBR 5422 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 2 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0004 VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 3 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0003 DADOS CLIMATOLÓGICOS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 4 Transmission line reference book, 345 kV and above, second edition, 1982.
- 5 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0005 CONDUTOR E PÁRA-RAIOS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 6 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0007 DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA PARA LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 7 A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014
- 8 A Resolução Normativa ANEEL nº 398 de 23/03/2010

ANEXOS

Anexo 1 – Relatórios de Saída – Gradiente Superficial

GRADIENTE SUPERFICIAL PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C2
DO LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

MÁXIMOS GRADIENTES SUPERFICIAIS :

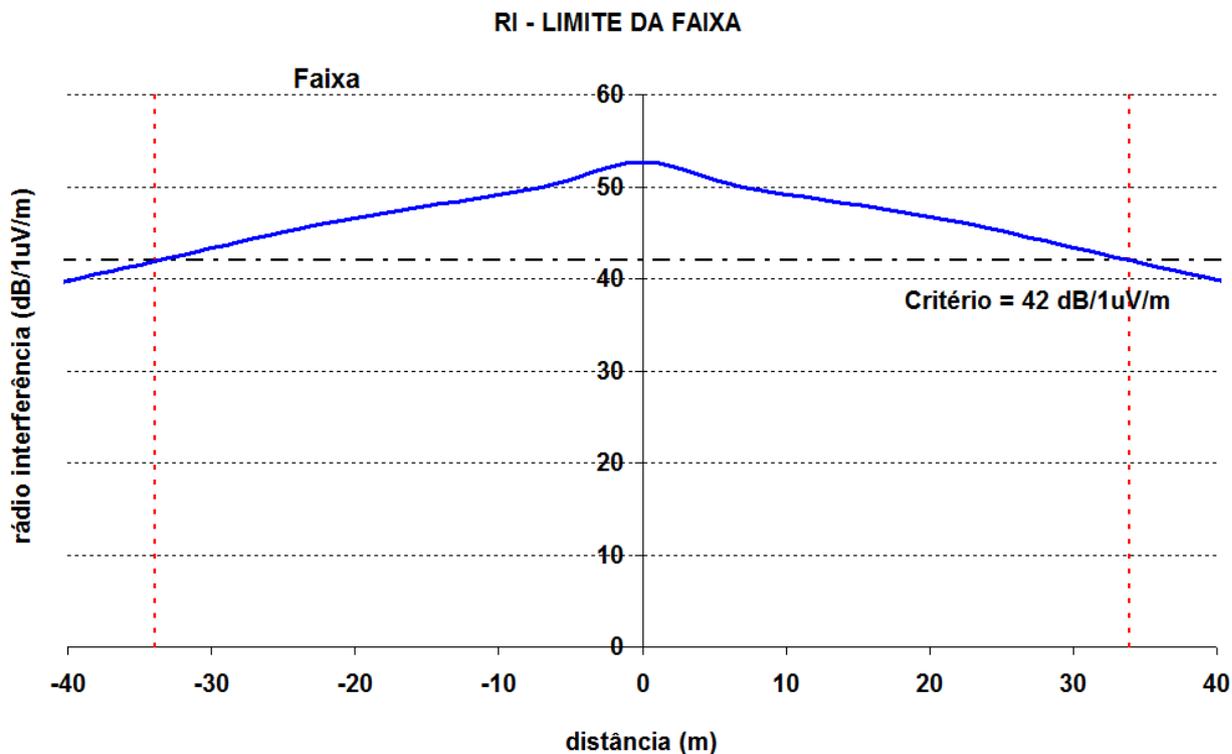
	Posição no feixe	CE (kV/cm)
Fase A	1	18,3
	2	19,1
	3	18,4
	4	16,0
	5	14,3
	6	15,9
Fase B	1	19,4
	2	17,9
	3	19,3
	4	19,3
	5	17,9
	6	19,4
Fase C	1	15,9
	2	14,3
	3	16,0
	4	18,4
	5	19,1
	6	18,3
MÉDIA (MAIOR VALOR FASE CENTRAL)		18,9
MÁXIMA (MAIOR VALOR FASE CENTRAL)		19,4

Anexo 2 – Relatórios de Saída – Rádio Interferência, RI -QP (dB), 1 MHz

PERFIL DE RADIO INTERFERENCIA PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE
JUSCELINO - C2 DO LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

Distância	RI limite	Distância	RI limite
	faixa		faixa
-34	41,88	1	52,55
-33	42,23	2	52,25
-32	42,59	3	51,80
-31	42,95	4	51,28
-30	43,31	5	50,76
-29	43,67	6	50,30
-28	44,02	7	49,93
-27	44,38	8	49,63
-26	44,72	9	49,39
-25	45,07	10	49,16
-24	45,40	11	48,93
-23	45,73	12	48,69
-22	46,04	13	48,46
-21	46,34	14	48,23
-20	46,63	15	48,00
-19	46,91	16	47,76
-18	47,17	17	47,53
-17	47,42	18	47,28
-16	47,67	19	47,02
-15	47,91	20	46,74
-14	48,14	21	46,46
-13	48,39	22	46,15
-12	48,63	23	45,84
-11	48,88	24	45,51
-10	49,12	25	45,18
-9	49,36	26	44,84
-8	49,62	27	44,49
-7	49,92	28	44,13
-6	50,30	29	43,78
-5	50,77	30	43,42
-4	51,29	31	43,06
-3	51,81	32	42,69
-2	52,26	33	42,33
-1	52,56	34	41,98
0	52,66		

FIGURA PERFIL DE RI PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C2 DO
LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE



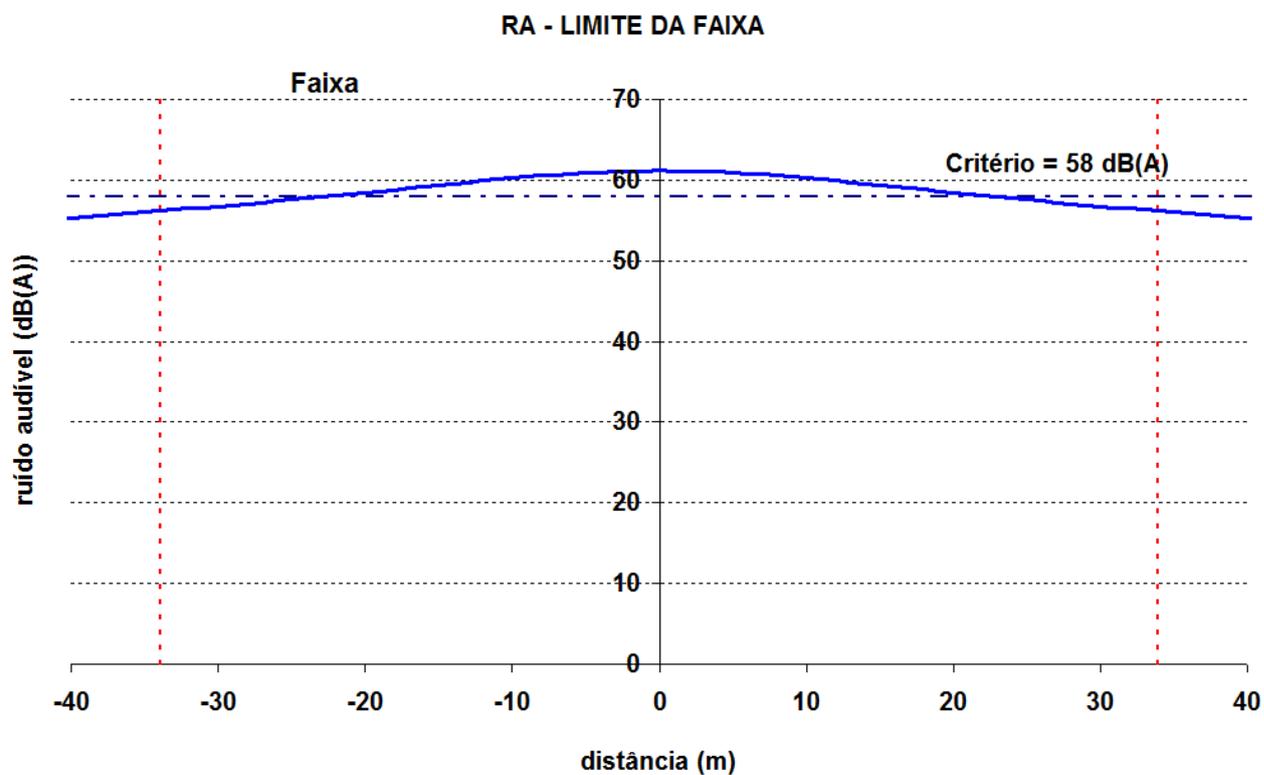
Anexo 3 – Relatórios de Saída – Ruído Audível, Tempo Ruim

PERFIL DE RUIDO AUDIVEL PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C2 DO LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

PERFIL DE RUIDO AUDÍVEL:

Distância	RA limite		Distância	RA limite	
	faixa			faixa	
-34	56,16		1	61,15	
-33	56,31		2	61,12	
-32	56,46		3	61,07	
-31	56,61		4	61,00	
-30	56,76		5	60,91	
-29	56,91		6	60,80	
-28	57,07		7	60,68	
-27	57,23		8	60,55	
-26	57,40		9	60,40	
-25	57,56		10	60,24	
-24	57,73		11	60,08	
-23	57,90		12	59,90	
-22	58,08		13	59,73	
-21	58,26		14	59,54	
-20	58,44		15	59,36	
-19	58,62		16	59,18	
-18	58,80		17	58,99	
-17	58,99		18	58,81	
-16	59,17		19	58,62	
-15	59,36		20	58,44	
-14	59,54		21	58,26	
-13	59,72		22	58,08	
-12	59,90		23	57,91	
-11	60,07		24	57,74	
-10	60,24		25	57,57	
-9	60,40		26	57,40	
-8	60,54		27	57,24	
-7	60,68		28	57,08	
-6	60,80		29	56,92	
-5	60,91		30	56,76	
-4	60,99		31	56,61	
-3	61,06		32	56,46	
-2	61,12		33	56,31	
-1	61,15		34	56,17	
0	61,16				

FIGURA PERFIL DE RUIDO AUDÍVEL -FOUL L50 (dBA)



Anexo 4 – Relatórios de Saída – Campo Elétrico

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C2 DO LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

LONGA DURAÇÃO-12,50 M (MAQUINAS AGRICOLAS E RODOVIAS)

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO SOB A LT:

ALTURA AO SOLO = 1.50 m

Distância	CE limite		Distância	CE limite	
	faixa			faixa	
-34	1,51		1	1,71	
-33	1,63		2	2,66	
-32	1,76		3	3,68	
-31	1,90		4	4,66	
-30	2,05		5	5,53	
-29	2,21		6	6,28	
-28	2,40		7	6,86	
-27	2,60		8	7,28	
-26	2,82		9	7,54	
-25	3,05		10	7,63	
-24	3,31		11	7,59	
-23	3,60		12	7,43	
-22	3,90		13	7,18	
-21	4,23		14	6,86	
-20	4,58		15	6,50	
-19	4,95		16	6,11	
-18	5,33		17	5,71	
-17	5,72		18	5,32	
-16	6,12		19	4,93	
-15	6,50		20	4,56	
-14	6,86		21	4,21	
-13	7,18		22	3,88	
-12	7,43		23	3,58	
-11	7,58		24	3,30	
-10	7,62		25	3,04	
-9	7,53		26	2,80	
-8	7,27		27	2,58	
-7	6,85		28	2,38	
-6	6,26		29	2,20	
-5	5,52		30	2,03	
-4	4,64		31	1,88	
-3	3,67		32	1,74	
-2	2,65		33	1,62	
-1	1,70		34	1,50	
0	1,21				

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C2 DO LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

CURTA DURAÇÃO-12,20 M (MAQUINAS AGRICOLAS E RODOVIAS)

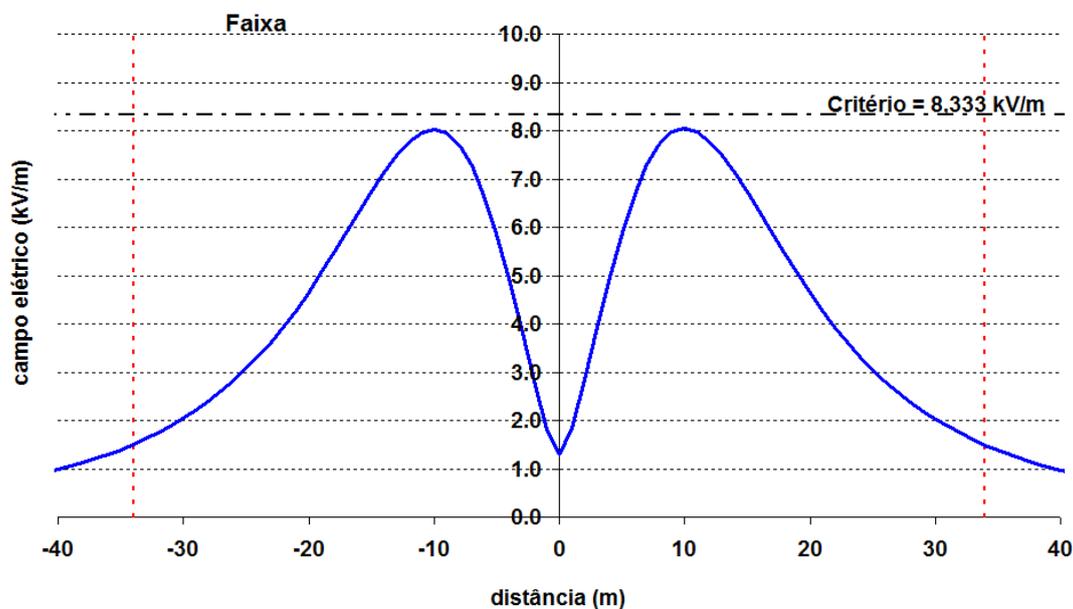
PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO SOB A LT:

ALTURA AO SOLO = 1.50 m

Distância	CE limite faixa	Distância	CE limite faixa
-34	1,51	1	1,83
-33	1,62	2	2,84
-32	1,75	3	3,93
-31	1,89	4	4,96
-30	2,04	5	5,89
-29	2,21	6	6,67
-28	2,40	7	7,29
-27	2,60	8	7,72
-26	2,83	9	7,97
-25	3,07	10	8,04
-24	3,34	11	7,97
-23	3,63	12	7,77
-22	3,95	13	7,48
-21	4,29	14	7,12
-20	4,66	15	6,72
-19	5,05	16	6,30
-18	5,46	17	5,87
-17	5,88	18	5,44
-16	6,31	19	5,03
-15	6,73	20	4,64
-14	7,13	21	4,27
-13	7,48	22	3,93
-12	7,77	23	3,61
-11	7,96	24	3,32
-10	8,03	25	3,05
-9	7,95	26	2,81
-8	7,70	27	2,58
-7	7,27	28	2,38
-6	6,65	29	2,19
-5	5,87	30	2,03
-4	4,94	31	1,87
-3	3,90	32	1,73
-2	2,82	33	1,60
-1	1,81	34	1,49
0	1,29		

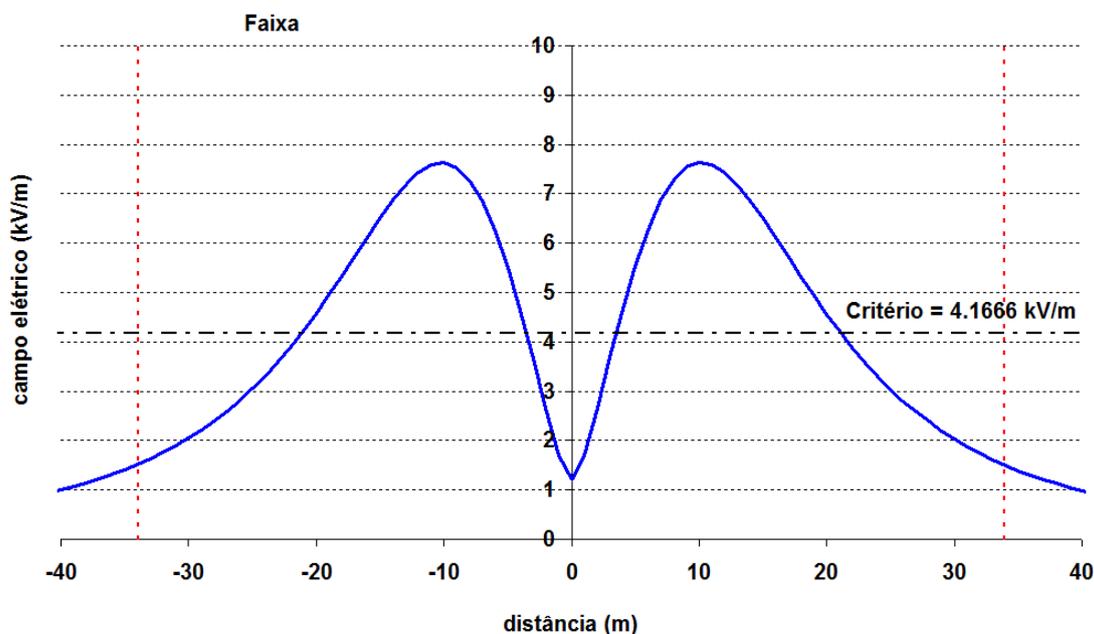
GRAFICO PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C2 DO LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE
CAMPO ELETRICO AVALIADO PARA CONDIÇÃO DE LONGA E CURTA DURAÇÃO CONFORME RESOLUÇÃO NORMATIVA [7] [8]

CE - INTERIOR DA FAIXA



CONDIÇÃO CURTA DURAÇÃO: MINIMA DISTANCIA CABO-SOLO DEFINIDO EM FUNÇÃO DO CAMPO ELETRICO LIMITE

CE - LIMITE DA FAIXA



CONDIÇÃO LONGA DURAÇÃO: DISTANCIA CABO-SOLO DEFINIDO EM FUNÇÃO DA DIFERENÇA DE FLECHAS ENTRE AS TEMPERATURAS DE CURTA E LONGA DURAÇÃO DE APROXIMADAMENTE 0,30 m

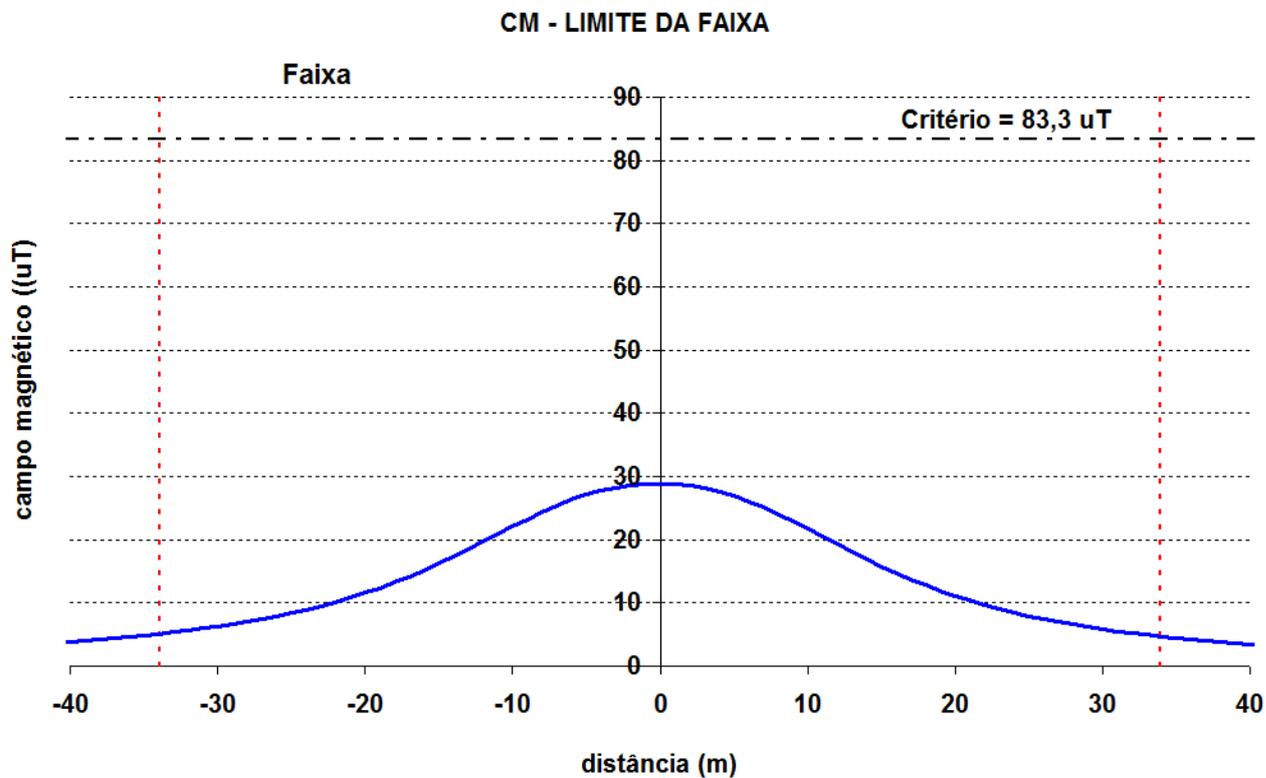
Anexo 5 – Relatórios de Saída – Campo Magnético

PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C2 DO LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

LONGA DURAÇÃO - 12,5 M - 2950A

Distância	CM limite		Distância	CM limite	
	faixa	faixa		faixa	faixa
-34	5,08		1	28,78	
-33	5,34		2	28,53	
-32	5,63		3	28,13	
-31	5,94		4	27,58	
-30	6,27		5	26,89	
-29	6,63		6	26,05	
-28	7,02		7	25,10	
-27	7,45		8	24,03	
-26	7,90		9	22,89	
-25	8,40		10	21,70	
-24	8,94		11	20,47	
-23	9,52		12	19,25	
-22	10,15		13	18,05	
-21	10,84		14	16,88	
-20	11,58		15	15,77	
-19	12,38		16	14,71	
-18	13,24		17	13,72	
-17	14,17		18	12,79	
-16	15,16		19	11,92	
-15	16,21		20	11,12	
-14	17,32		21	10,38	
-13	18,47		22	9,70	
-12	19,66		23	9,07	
-11	20,87		24	8,49	
-10	22,07		25	7,95	
-9	23,24		26	7,46	
-8	24,36		27	7,01	
-7	25,39		28	6,59	
-6	26,31		29	6,20	
-5	27,11		30	5,85	
-4	27,76		31	5,52	
-3	28,27		32	5,22	
-2	28,62		33	4,93	
-1	28,82		34	4,67	
0	28,87				

PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C2 DO LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

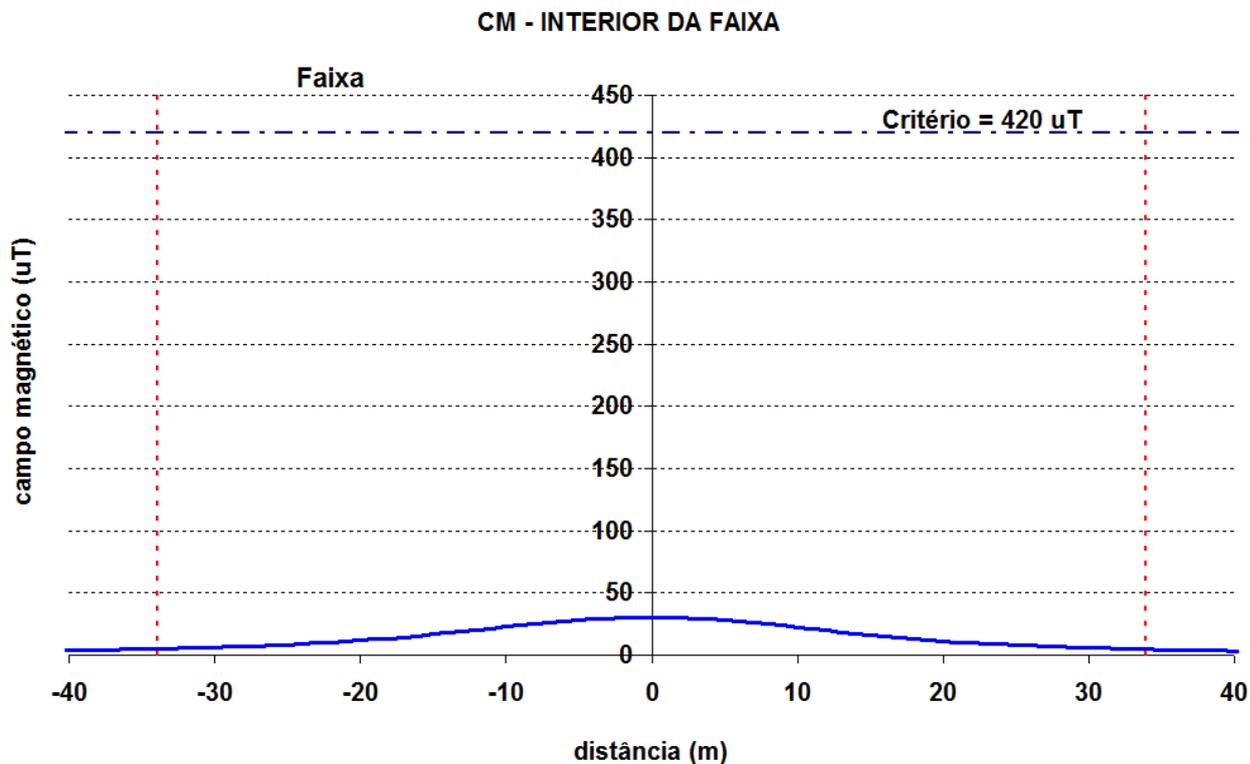


PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C2 DO LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

CURTA DURAÇÃO - 12,2 M - 4000 A

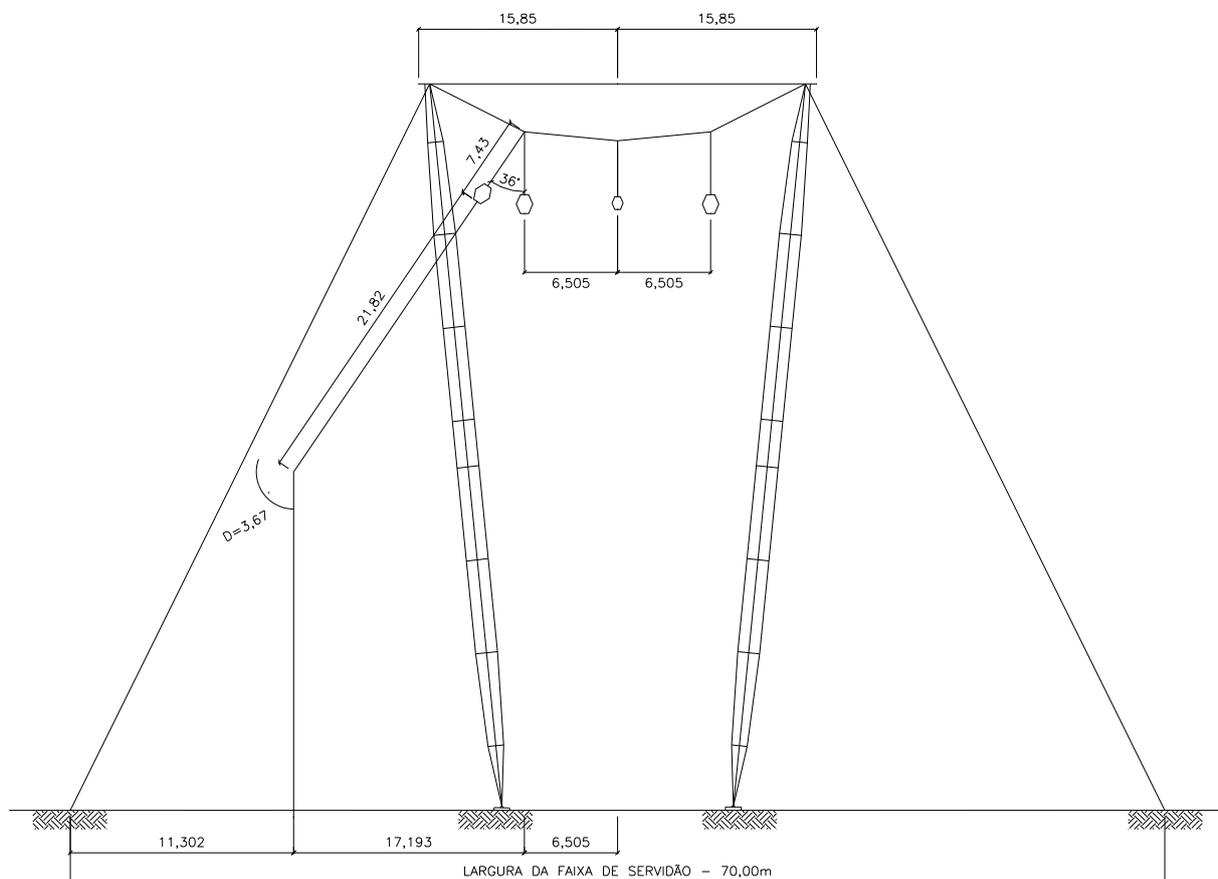
Distância	CM limite		Distância	CM limite	
	fixa			fixa	
-34	5,11		1	30,02	
-33	5,39		2	29,76	
-32	5,68		3	29,34	
-31	5,99		4	28,76	
-30	6,33		5	28,02	
-29	6,70		6	27,14	
-28	7,10		7	26,11	
-27	7,53		8	24,98	
-26	8,00		9	23,76	
-25	8,51		10	22,48	
-24	9,06		11	21,18	
-23	9,66		12	19,88	
-22	10,31		13	18,60	
-21	11,02		14	17,37	
-20	11,79		15	16,19	
-19	12,62		16	15,08	
-18	13,52		17	14,03	
-17	14,49		18	13,06	
-16	15,53		19	12,16	
-15	16,64		20	11,33	
-14	17,81		21	10,56	
-13	19,03		22	9,85	
-12	20,29		23	9,20	
-11	21,58		24	8,61	
-10	22,86		25	8,06	
-9	24,11		26	7,55	
-8	25,31		27	7,09	
-7	26,41		28	6,66	
-6	27,40		29	6,27	
-5	28,25		30	5,91	
-4	28,94		31	5,57	
-3	29,48		32	5,26	
-2	29,85		33	4,98	
-1	30,07		34	4,71	
0	30,12				

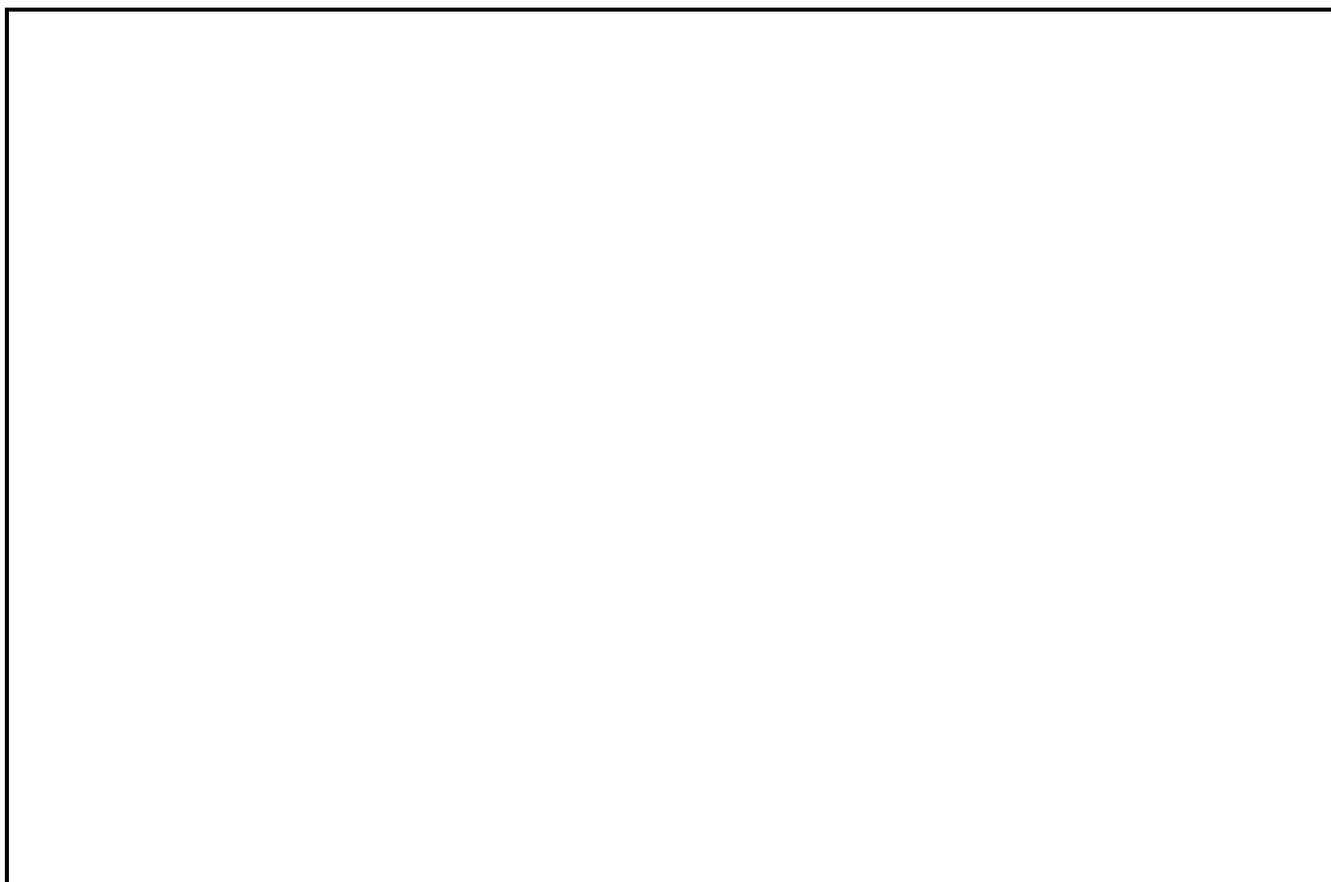
PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C2 DO LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE



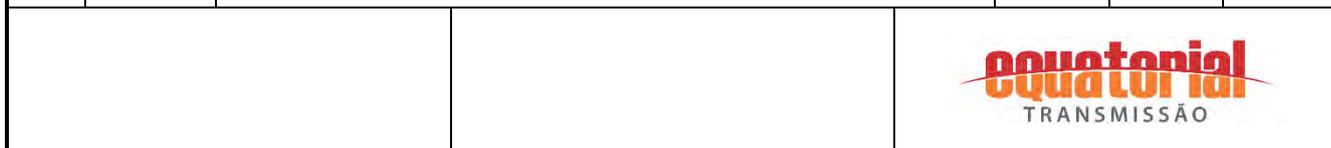
Anexo 6 – Desenho Esquemático da Largura da Faixa

DESENHO ESQUEMATICO DA LARGURA DA FAIXA PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 -
PRESIDENTE JUSCELINO - C2 DO LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE





N°	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
01	26/04/17	Revisado calculo eletromagnético	AQ	JCS	
00	31/03/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	



EQUATORIAL TRANSMISSORA 6 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	31/03/17

TÍTULO

**LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2
Lote 16 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO**

N° DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT6-L601-PB-ELM-0008-R01	1 de 28	01

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	CRITÉRIO MECÂNICO	3
3.	EFEITO CORONA.....	4
4.	RÁDIO INTERFERÊNCIA	5
5.	RUÍDO AUDÍVEL	5
6.	CAMPO ELÉTRICO	6
7.	CAMPO MAGNÉTICO	7
8.	LARGURA ADOTADA PARA A FAIXA DE SERVIDÃO	7
9.	REFERÊNCIAS.....	8
	ANEXOS	9

1. OBJETIVO

1.1. Definir a faixa de servidão (faixa de segurança) a ser adotada no projeto da LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2, em circuito simples pertencente ao Lote 16 do Leilão 0013/2015 – 2º parte.

2. CRITÉRIO MECÂNICO

2.1. Ângulo de Balanço dos Condutores

2.1.1 O ângulo de balanço está sendo calculado para ventos com 50 anos de período de retorno, 30 segundos de período de integração e pressões correspondentes, fazendo uso dos valores definidos na referência [2].

2.1.2 A metodologia adotada para o cálculo do ângulo de balanço é a constante do item 10.1.4.3 da referência [1], conforme reproduzido a seguir:

$$tg\beta = k \frac{q_0 \cdot d}{p(V/H)} \quad \text{onde:}$$

- d diâmetro do condutor (9)
- p peso unitário do condutor (9)
- V/H relação (vão de peso)/(vão de vento) em alinhamento
- q₀ Pressão Dinâmica (3)
- k figura 7 da referência (2)

Parâmetros					Ângulo β	
d	p	V/H	q ₀	k	Calculado	Adotado
(mm)	(kgf/m)	(pu)	(kgf/m ²)	(pu)	(graus)	(graus)
26,78	1,172	0,70	68	0,32	35,1°	36°

2.2. Largura da Faixa de Servidão

2.2.1 Conhecido o ângulo de balanço dos condutores, a largura da faixa é determinada de acordo com a metodologia estabelecida no capítulo 12 da referência [1], ou seja:

$$L = 2[b + (f + l)\text{sen}\beta + d+p] \quad \text{onde:}$$

b=	distância da linha de centro da estrutura ao ponto de fixação da LT
F=	flecha do cabo condutor para vão médio de 510 m
l=	comprimento da cadeia de isoladores e ferragens
β=	ângulo de balanço do condutor e da cadeia
p=	Projeção do condutor mais afastado ao eixo do feixe ($2,10/2 \times \cos\beta$)
d=	$V_{MAX} / 150$, expresso em metros LT 500 kV

Tendo como resultado:

Parâmetros							Distancia	
Vão	b	f	l	β	d	p	Calculado	Adotado(*)
(m)	(m)	(m)	(m)	(graus)	(m)	(m)	(m)	(m)
510	6,505	21,87	7,43	36°	3,67	0,8495	56,49	66,00
600	6,505	29,69	7,43	36°	3,67	0,8495	65,69	

(*) A largura da faixa foi governada pelo calculo mecânico.

3. EFEITO CORONA

3.1. Gradiente nas Fases

3.1.1 O ponto de partida para o cálculo dos valores de rádio interferência e ruído audível é o gradiente nas fases, que devem ser verificados para a tensão máxima de operação da LT, ou seja, 550 kV.

3.2. Gradiente Crítico

3.2.1 Para verificar se o de gradiente nas fases é adequado, o mesmo é comparado com o gradiente crítico determinado de acordo com a seguinte fórmula [4]:

$$G_{\text{crit}} = 21,2.m.\delta \left(1 + \frac{0,301}{\sqrt{\delta.r}} \right) \text{ kV/cm} \quad \text{Onde:}$$

G_{crit} gradiente crítico (início do corona), em kV/cm, valor eficaz

r raio do condutor, em cm

m coeficiente representativo da superfície do condutor envelhecido (m = 0,82)

δ densidade relativa do ar médio para 90% do tempo = 0,90

densidade relativa do ar 90% do tempo corrigido= 0,90

3.2.2 Critérios adotados:

- Nenhum subcondutor de um feixe pode apresentar gradiente superficial maior que o gradiente crítico (DRA 90% = 0,90);
- A média dos gradientes superficiais de cada subcondutor em cada fase não pode ser superior a 95% do gradiente crítico médio para 90% do tempo (DRA médio 90 %=0,90).

3.2.3 Resultados (valor eficaz):

limite		calculado	
Variável	valor	máximo - todos condutores	maior média dos feixes
Crítico (DRA 90% = 0,90)	20,06	19,4	-
95% Critico (DRA MÉDIO 90% = 0,90)	19,06	-	18,9

3.2.4 Os gradientes obtidos no anexo 1, atendem aos critérios estabelecido no item 3.2.2, ou seja, não deverá ocorrer corona visual em 90 % do tempo, para as condições atmosféricas predominantes na região atravessada pela LT:

4. RÁDIO INTERFERÊNCIA

4.1 O submódulo 2.4 da ONS especifica que a relação sinal/ruído no limite da faixa de servidão, para a tensão máxima operativa, deve ser no mínimo 24 dB, para 50 % das condições climáticas ocorrendo no período de um ano. O sinal adotado para o cálculo deve ser o nível mínimo de sinal na região atravessada pela LT, conforme legislação pertinente.

4.2 Baseado no critério acima e adotando um sinal de 66 dB a 1 MHz obtém-se o nível máximo de rádio interferência admissível no limite da faixa de servidão em pelo menos 50 % de todos os tempos de um ano, ou seja:

$$RI_{\max} \leq (66 - 24) \text{ dB} \leq 42 \text{ dB} \quad (\text{no limite da faixa de servidão})$$

4.3 O valor de rádio interferência em um eixo transversal à LT foi calculado considerando a tensão máxima de operação da LT, ou seja, 550 kV. O correspondente relatório de saída consta do Anexo 2.

4.4 O programa do Anexo 2 considera internamente as seguintes premissas básicas:

Frequência de medição do ruído 1 MHz, medido conforme norma ANSI

Resistividade do solo 100 Ω .m

DRA 50% (PU) 0,92

4.5 O valor de rádio interferência com 50 % de probabilidade de não ser excedido, quando se consideram todos os tempos do ano, foi calculado partindo das seguintes premissas:

(a) a distribuição de rádio interferência, tanto para tempo bom como para tempo ruim, é gaussiana;

(b) o valor de rádio interferência com 1 % de probabilidade de ser excedido com tempo bom é igual ao valor de rádio interferência com 99 % de probabilidade de ser excedido com tempo ruim (Fair L1 = Foul L99);

4.6 As distribuições de tempo bom e tempo ruim assim definidas foram ponderadas em função da climatologia da região, dando origem à distribuição de todos os tempos apresentada na Figura do Anexo 2.

4.7 A partir dessa distribuição, obtém-se o nível de rádio interferência no limite da faixa com probabilidade de não ser excedido 50 % de todos os tempos do ano, o qual é indicado a seguir:

$$\checkmark RI_0 = 40,32 \text{ dB (L50 todos os tempos)}$$

4.9 Como pode ser constatado, o valor de rádio interferência no limite da faixa de servidão com 50 % de probabilidade de não ser excedido, considerando-se todos os tempos do ano, atende o critério estabelecido no Anexo técnico do Edital.

5. RUÍDO AUDÍVEL

5.1 O Anexo técnico do Edital especifica que o ruído audível no limite da faixa de servidão, para a tensão máxima operativa, deve ser no máximo igual a 58 dBA, para as seguintes condições climáticas:

- (a) durante chuva fina (< 0,00148 mm/min);
- (b) durante névoa de 4 horas de duração;
- (c) após chuva (primeiros 15 minutos).

5.2 O ruído audível será verificado para condições que correspondam ao condutor úmido, conforme item 5.1 anterior. Essas condições são usualmente associadas [4] ao nível de ruído com 50 % de probabilidade de ser excedido.

5.3 Os valores do ruído audível em um eixo transversal à linha de transmissão foram calculados para as condições Foul L50. O correspondente relatório de saída consta do Anexo 3.

Ruído Audível no limite da faixa (dBA)

55,51

5.4 Conforme os valores da tabela acima o valor obtido para o ruído audível no limite da faixa de servidão para a LT é inferior a 58 dBA, atendendo o critério estabelecido.

6. CAMPO ELÉTRICO

6.1 A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014 [7], especifica que o campo elétrico a um metro e meio do solo, no limite da faixa de servidão, deve ser inferior ou, no máximo, igual a 4,17 kV/m. Adicionalmente, o campo elétrico no interior da faixa de servidão não deve ser superior a 8,33 kV/m, conforme referência, levando-se em consideração a utilização que for dada a cada trecho.

6.2 O valor do campo elétrico a um metro e meio do solo em um eixo transversal à LT calculado são descritos abaixo:

Tabela 8 – Campo elétrico a 1,5 m do solo (kV/m)

	No interior da faixa		No limite da faixa	
	Longa duração	Curta duração	Longa duração	Curta duração
LT	Máquinas agrícolas e Rodovias	Máquinas agrícolas e Rodovias	Máquinas agrícolas e Rodovias	Máquinas agrícolas e Rodovias
	Altura condutor mais baixo – solo (m)			
	12,5	12,2	12,5	12,2
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	7,63	8,04	1,63	1,62

6.3 Os relatórios de saída constam do Anexo 4.

6.4 A tabela a seguir apresenta as correntes induzidas para os valores máximos de campo elétrico indicados no item anterior.

Tabela 9 – Corrente Induzida

Veículo	Referência Campo Elétrico	Corrente Induzida
Carreta de grande porte	8,04 kV/m	4,7 mA
Ônibus	8,04 kV/m	3,4 mA
Colheitadeira	8,04 kV/m	3,5 mA
Trator de fazenda puxando carroça	8,04 kV/m	2,6 mA
Trator de fazenda	8,04 kV/m	0,9 mA

6.5 Esses valores de corrente induzida situam-se em níveis compatíveis com a utilização da faixa de servidão e atendem o limite máximo de 5,0 mA especificados.

7. CAMPO MAGNÉTICO

7.1 A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014 [7], especifica que o campo magnético no limite da faixa de servidão a um metro e meio do solo deve ser inferior ou, no máximo, igual a 160,9 A/m, equivalente a uma indução magnética de 200 μ T, e no interior da faixa de servidão não deve ser superior a 804,5 A/m, equivalente a uma indução magnética de 1000 μ T.

7.2 Os valores do campo magnético em um eixo transversal à LT foram calculados para a corrente operativa longa duração e corrente máxima curta duração (5).

7.3 O campo magnético foi calculado na largura da faixa de servidão, em um eixo perpendicular à diretriz da LT localizado em um ponto do perfil com espaçamento mínimo condutor-solo, considerando terreno plano. Conservativamente, não foram consideradas no cálculo as correntes de retorno pela terra.

7.4 O relatório de saída consta do Anexo 5. São resumidos a seguir os valores calculados:

Tabela 10 – Campo Magnético (μ T)

No interior da faixa		No limite da faixa	
Longa duração	Curta duração	Longa duração	Curta duração
Altura condutor mais baixo – solo (m)			
12,5	12,2	12,5	12,2
28,87	30,12	5,34	5,39

7.5 Os valores acima mostram que para a LT em estudo, o valor do campo magnético no interior da faixa de servidão é inferior a 420 μ T, atendendo o critério estabelecido.

8. LARGURA ADOTADA PARA A FAIXA DE SERVIDÃO

8.1 A faixa de servidão da linha de transmissão em estudo terá a largura indicada a seguir, a qual atende tanto o critério mecânico de balanço dos condutores como os critérios elétricos definidos no Anexo técnico do Edital:

✓ **Largura da faixa de servidão para LT 500 kV = 66 m**

8.2 A faixa de servidão selecionada está representada na Figura 6.

9. REFERÊNCIAS

- 1 NBR 5422 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 2 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0004 VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 3 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0003 DADOS CLIMATOLÓGICOS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 4 Transmission line reference book, 345 kV and above, second edition, 1982.
- 5 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0005 CONDUTOR E PÁRA-RAIOS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 6 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0007 DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA PARA LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 7 A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014
- 8 A Resolução Normativa ANEEL nº 398 de 23/03/2010

ANEXOS

Anexo 1 – Relatórios de Saída – Gradiente Superficial

GRADIENTE SUPERFICIAL PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C2
DO LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

MÁXIMOS GRADIENTES SUPERFICIAIS :

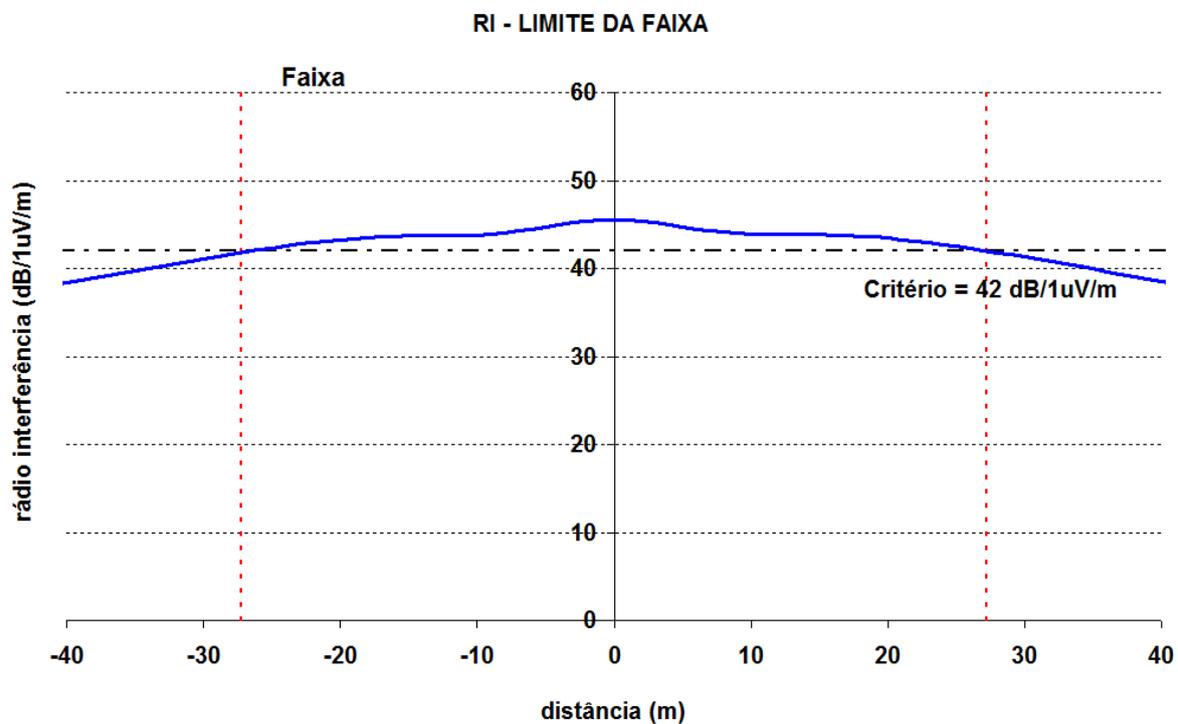
	Posição no feixe	CE (kV/cm)
Fase A	1	18,3
	2	19,1
	3	18,4
	4	16,0
	5	14,3
	6	15,9
Fase B	1	19,4
	2	17,9
	3	19,3
	4	19,3
	5	17,9
	6	19,4
Fase C	1	15,9
	2	14,3
	3	16,0
	4	18,4
	5	19,1
	6	18,3
MÉDIA (MAIOR VALOR FASE CENTRAL)		18,9
MÁXIMA (MAIOR VALOR FASE CENTRAL)		19,4

Anexo 2 – Relatórios de Saída – Rádio Interferência, RI-QP (dB), 1 MHz

PERFIL DE RADIO INTERFERENCIA PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE
JUSCELINO - C2 DO LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

Distância	RI limite	Distância	RI limite
	faixa		faixa
-33	40.32	1	45.50
-32	40.59	2	45.39
-31	40.86	3	45.21
-30	41.12	4	44.98
-29	41.38	5	44.74
-28	41.63	6	44.49
-27	41.88	7	44.28
-26	42.11	8	44.11
-25	42.34	9	43.98
-24	42.56	10	43.91
-23	42.76	11	43.88
-22	42.95	12	43.88
-21	43.12	13	43.88
-20	43.27	14	43.87
-19	43.40	15	43.86
-18	43.51	16	43.82
-17	43.60	17	43.76
-16	43.67	18	43.68
-15	43.71	19	43.57
-14	43.74	20	43.44
-13	43.75	21	43.29
-12	43.76	22	43.12
-11	43.78	23	42.93
-10	43.82	24	42.73
-9	43.91	25	42.52
-8	44.05	26	42.29
-7	44.23	27	42.05
-6	44.46	28	41.81
-5	44.71	29	41.55
-4	44.97	30	41.29
-3	45.20	31	41.03
-2	45.38	32	40.76
-1	45.50	33	40.49
0	45.54		

FIGURA PERFIL DE RI PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C2 DO
LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE



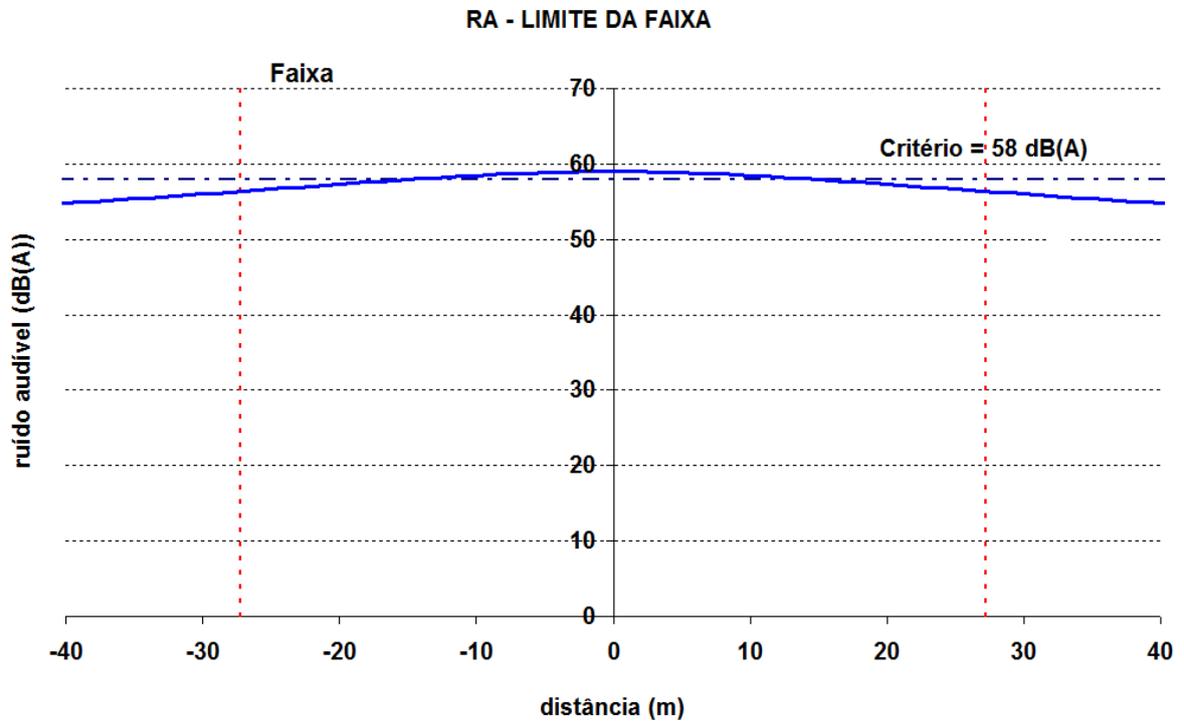
Anexo 3 – Relatórios de Saída – Ruído Audível, Tempo Ruim

PERFIL DE RUIDO AUDIVEL PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C2 DO LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ºPARTE

PERFIL DE RUÍDO AUDÍVEL:

Distância	RA limite	Distância	RA limite
	faixa		faixa
-33	55.51	1	58.98
-32	55.63	2	58.96
-31	55.76	3	58.94
-30	55.89	4	58.90
-29	56.01	5	58.85
-28	56.14	6	58.79
-27	56.27	7	58.73
-26	56.40	8	58.65
-25	56.53	9	58.57
-24	56.66	10	58.48
-23	56.79	11	58.38
-22	56.92	12	58.28
-21	57.05	13	58.17
-20	57.18	14	58.06
-19	57.31	15	57.94
-18	57.44	16	57.82
-17	57.57	17	57.70
-16	57.69	18	57.57
-15	57.82	19	57.44
-14	57.94	20	57.31
-13	58.05	21	57.18
-12	58.17	22	57.05
-11	58.27	23	56.92
-10	58.38	24	56.79
-9	58.47	25	56.66
-8	58.57	26	56.53
-7	58.65	27	56.40
-6	58.72	28	56.27
-5	58.79	29	56.14
-4	58.85	30	56.02
-3	58.90	31	55.89
-2	58.94	32	55.76
-1	58.96	33	55.64
0	58.98		

FIGURA PERFIL DE RUÍDO AUDÍVEL -FOUL L50 (dBA)



Anexo 4 – Relatórios de Saída – Campo Elétrico

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C2 DO LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

LONGA DURAÇÃO-12,50 M (MAQUINAS AGRICOLAS E RODOVIAS)

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO SOB A LT:

ALTURA AO SOLO = 1.50 m

Distância	CE limite		Distância	CE limite	
	faixa			faixa	
-33	1,63		1	1,71	
-32	1,76		2	2,66	
-31	1,90		3	3,68	
-30	2,05		4	4,66	
-29	2,21		5	5,53	
-28	2,40		6	6,28	
-27	2,60		7	6,86	
-26	2,82		8	7,28	
-25	3,05		9	7,54	
-24	3,31		10	7,63	
-23	3,60		11	7,59	
-22	3,90		12	7,43	
-21	4,23		13	7,18	
-20	4,58		14	6,86	
-19	4,95		15	6,50	
-18	5,33		16	6,11	
-17	5,72		17	5,71	
-16	6,12		18	5,32	
-15	6,50		19	4,93	
-14	6,86		20	4,56	
-13	7,18		21	4,21	
-12	7,43		22	3,88	
-11	7,58		23	3,58	
-10	7,62		24	3,30	
-9	7,53		25	3,04	
-8	7,27		26	2,80	
-7	6,85		27	2,58	
-6	6,26		28	2,38	
-5	5,52		29	2,20	
-4	4,64		30	2,03	
-3	3,67		31	1,88	
-2	2,65		32	1,74	
-1	1,70		33	1,62	
0	1,21				

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C2 DO LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

CURTA DURAÇÃO-12,20 M (MAQUINAS AGRICOLAS E RODOVIAS)

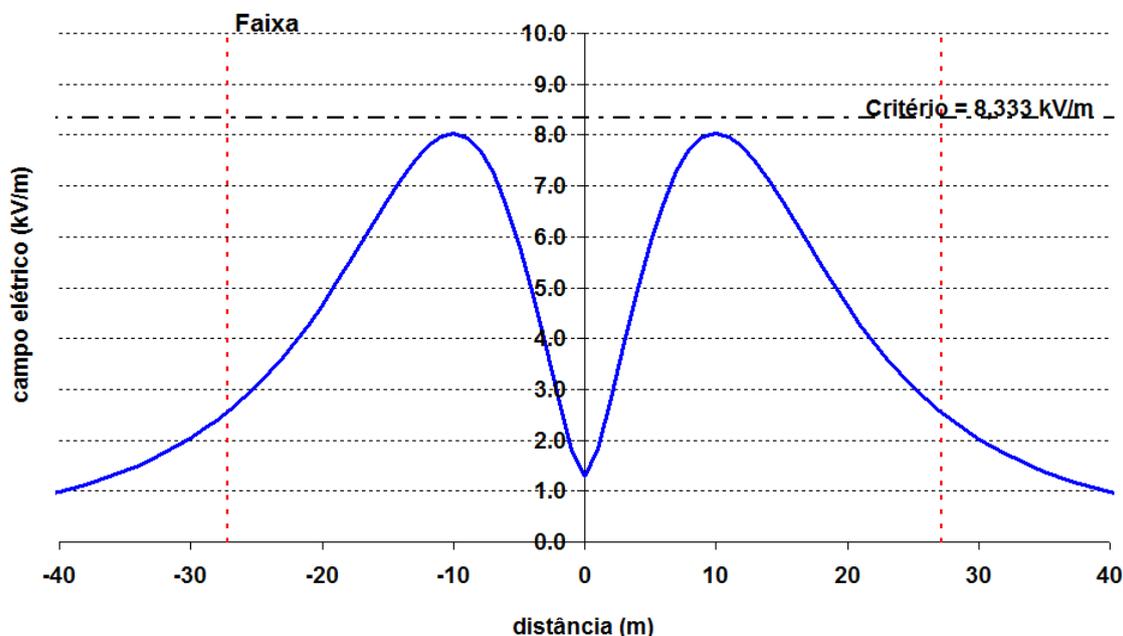
PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO SOB A LT:

ALTURA AO SOLO = 1.50 m

Distância	CE limite		Distância	CE limite	
		faixa			faixa
-33		1,62	1		1,83
-32		1,75	2		2,84
-31		1,89	3		3,93
-30		2,04	4		4,96
-29		2,21	5		5,89
-28		2,40	6		6,67
-27		2,60	7		7,29
-26		2,83	8		7,72
-25		3,07	9		7,97
-24		3,34	10		8,04
-23		3,63	11		7,97
-22		3,95	12		7,77
-21		4,29	13		7,48
-20		4,66	14		7,12
-19		5,05	15		6,72
-18		5,46	16		6,30
-17		5,88	17		5,87
-16		6,31	18		5,44
-15		6,73	19		5,03
-14		7,13	20		4,64
-13		7,48	21		4,27
-12		7,77	22		3,93
-11		7,96	23		3,61
-10		8,03	24		3,32
-9		7,95	25		3,05
-8		7,70	26		2,81
-7		7,27	27		2,58
-6		6,65	28		2,38
-5		5,87	29		2,19
-4		4,94	30		2,03
-3		3,90	31		1,87
-2		2,82	32		1,73
-1		1,81	33		1,60
0		1,29			

GRAFICO PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE
 JUSCELINO - C2 DO LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE
 CAMPO ELETRICO AVALIADO PARA CONDIÇÃO DE LONGA E CURTA DURAÇÃO CONFORME
 RESOLUÇÃO NORMATIVA [7] [8]

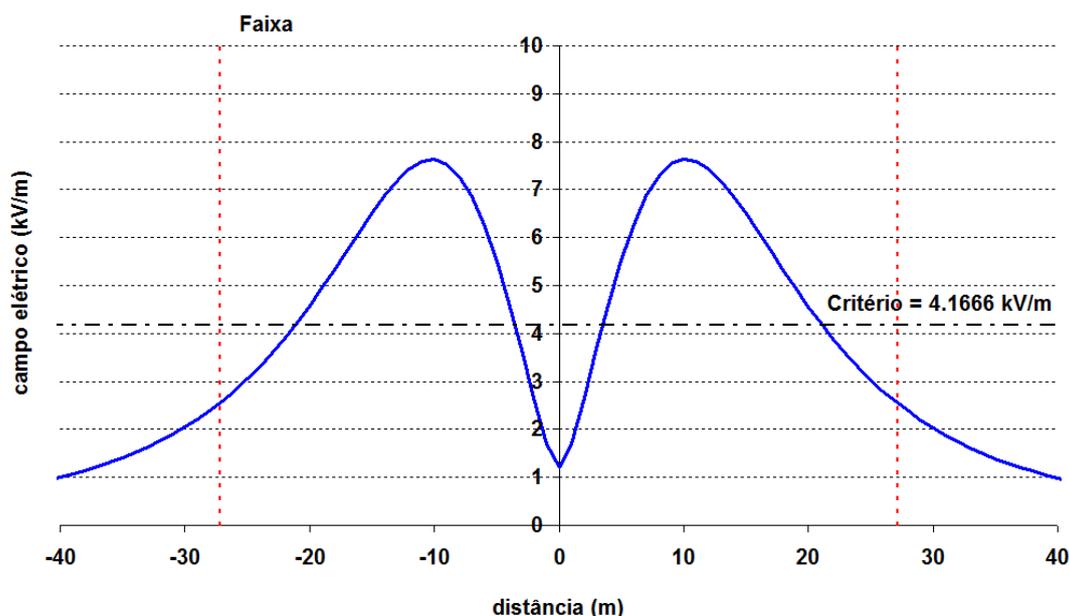
CE - INTERIOR DA FAIXA



CONDUTOR-SOLO = 12,20m

CONDIÇÃO CURTA DURAÇÃO: MINIMA DISTANCIA CABO-SOLO DEFINIDO EM FUNÇÃO DO CAMPO ELETRICO LIMITE

CE - LIMITE DA FAIXA



CONDUTOR-SOLO = 12,50m

CONDIÇÃO LONGA DURAÇÃO: DISTANCIA CABO-SOLO DEFINIDO EM FUNÇÃO DA DIFERENÇA DE FLECHAS ENTRE AS TEMPERATURAS DE CURTA E LONGA DURAÇÃO DE APROXIMADAMENTE 0,30 m

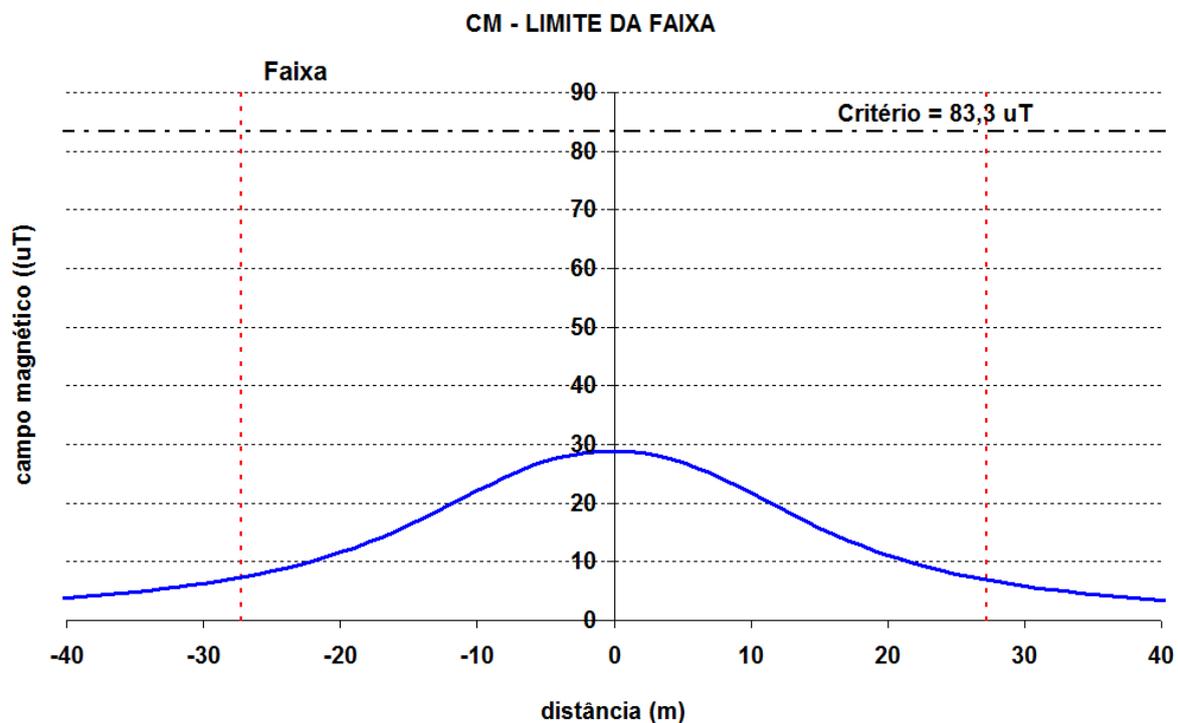
Anexo 5 – Relatórios de Saída – Campo Magnético

PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C2 DO LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

LONGA DURAÇÃO - 12,5 M - 2950A

Distância	CM limite		Distância	CM limite	
	faixa	faixa		faixa	faixa
-33	5,34		1	28,78	
-32	5,63		2	28,53	
-31	5,94		3	28,13	
-30	6,27		4	27,58	
-29	6,63		5	26,89	
-28	7,02		6	26,05	
-27	7,45		7	25,10	
-26	7,90		8	24,03	
-25	8,40		9	22,89	
-24	8,94		10	21,70	
-23	9,52		11	20,47	
-22	10,15		12	19,25	
-21	10,84		13	18,05	
-20	11,58		14	16,88	
-19	12,38		15	15,77	
-18	13,24		16	14,71	
-17	14,17		17	13,72	
-16	15,16		18	12,79	
-15	16,21		19	11,92	
-14	17,32		20	11,12	
-13	18,47		21	10,38	
-12	19,66		22	9,70	
-11	20,87		23	9,07	
-10	22,07		24	8,49	
-9	23,24		25	7,95	
-8	24,36		26	7,46	
-7	25,39		27	7,01	
-6	26,31		28	6,59	
-5	27,11		29	6,20	
-4	27,76		30	5,85	
-3	28,27		31	5,52	
-2	28,62		32	5,22	
-1	28,82		33	4,93	
0	28,87				

PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C2 DO LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

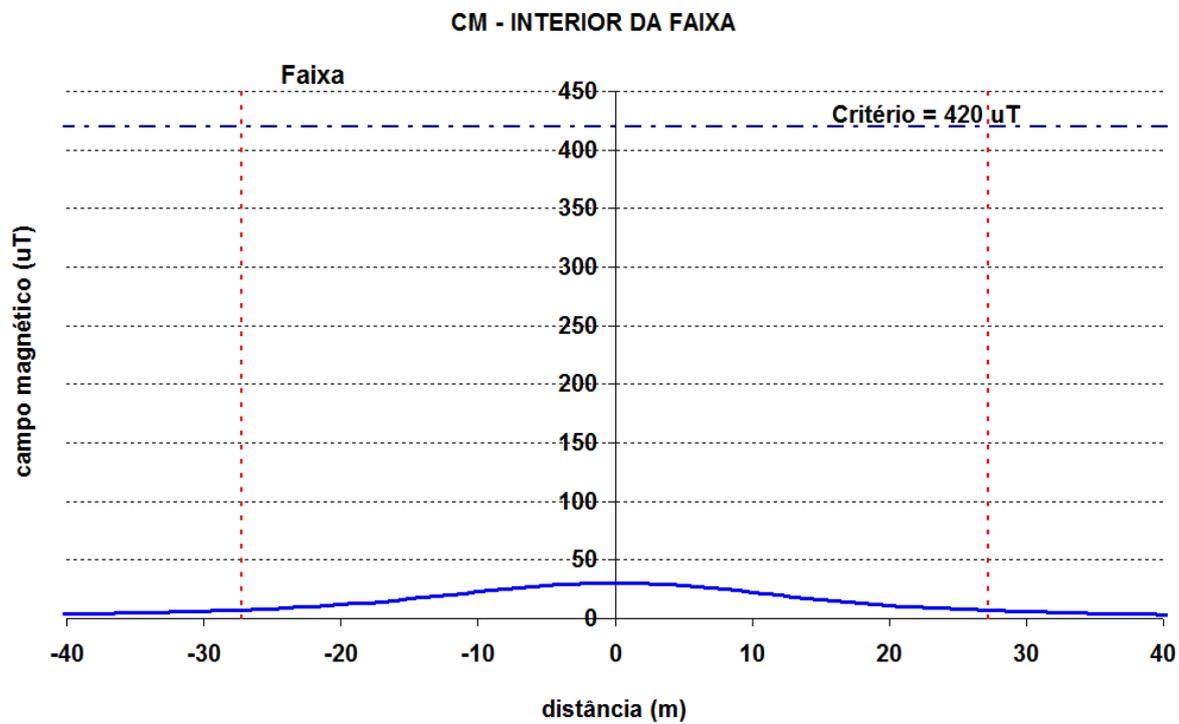


PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C2 DO LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

CURTA DURAÇÃO - 12,2 M - 4000 A

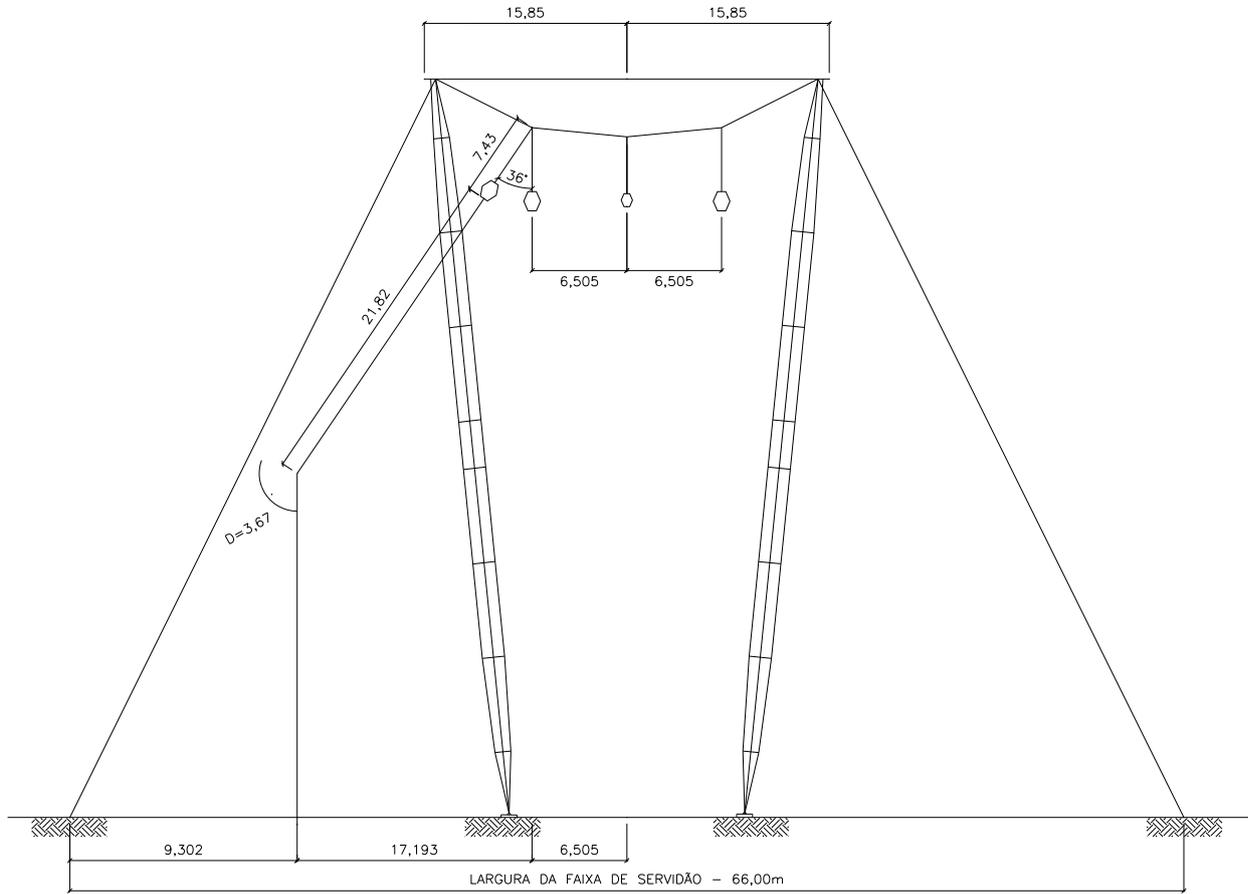
Distância	CM limite fixa	Distância	CM limite fixa
		1	30,02
-33	5,39	2	29,76
-32	5,68	3	29,34
-31	5,99	4	28,76
-30	6,33	5	28,02
-29	6,70	6	27,14
-28	7,10	7	26,11
-27	7,53	8	24,98
-26	8,00	9	23,76
-25	8,51	10	22,48
-24	9,06	11	21,18
-23	9,66	12	19,88
-22	10,31	13	18,60
-21	11,02	14	17,37
-20	11,79	15	16,19
-19	12,62	16	15,08
-18	13,52	17	14,03
-17	14,49	18	13,06
-16	15,53	19	12,16
-15	16,64	20	11,33
-14	17,81	21	10,56
-13	19,03	22	9,85
-12	20,29	23	9,20
-11	21,58	24	8,61
-10	22,86	25	8,06
-9	24,11	26	7,55
-8	25,31	27	7,09
-7	26,41	28	6,66
-6	27,40	29	6,27
-5	28,25	30	5,91
-4	28,94	31	5,57
-3	29,48	32	5,26
-2	29,85	33	4,98
-1	30,07		
0	30,12		

PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C2 DO LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE



Anexo 6 – Desenho Esquemático da Largura da Faixa

DESENHO ESQUEMATICO DA LARGURA DA FAIXA PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 -
PRESIDENTE JUSCELINO - C2 DO LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE



02	15/05/17	Alterado Logotipo da AG	AQ	JCS	
01	26/04/17	Revisado calculo eletromagnético	AQ	JCS	
00	31/03/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 6 SPE SA					
PROJETO BÁSICO					
ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	31/03/17
TÍTULO					
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2 Lote 16 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL RELATÓRIO LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO					
Nº DOCUMENTO			FOLHA	REVISÃO	
RE-EQT6-L601-PB-ELM-0008-R02			1 de 28	02	

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	CRITÉRIO MECÂNICO	3
3.	EFEITO CORONA.....	4
4.	RÁDIO INTERFERÊNCIA	5
5.	RUÍDO AUDÍVEL	5
6.	CAMPO ELÉTRICO	6
7.	CAMPO MAGNÉTICO	7
8.	LARGURA ADOTADA PARA A FAIXA DE SERVIDÃO	7
9.	REFERÊNCIAS.....	8
	ANEXOS	9

1. OBJETIVO

1.1. Definir a faixa de servidão (faixa de segurança) a ser adotada no projeto da LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2, em circuito simples pertencente ao Lote 16 do Leilão 0013/2015 – 2º parte.

2. CRITÉRIO MECÂNICO

2.1. Ângulo de Balanço dos Condutores

2.1.1 O ângulo de balanço está sendo calculado para ventos com 50 anos de período de retorno, 30 segundos de período de integração e pressões correspondentes, fazendo uso dos valores definidos na referência [2].

2.1.2 A metodologia adotada para o cálculo do ângulo de balanço é a constante do item 10.1.4.3 da referência [1], conforme reproduzido a seguir:

$$tg\beta = k \frac{q_0 \cdot d}{p(V/H)} \quad \text{onde:}$$

- d diâmetro do condutor (9)
- p peso unitário do condutor (9)
- V/H relação (vão de peso)/(vão de vento) em alinhamento
- q₀ Pressão Dinâmica (3)
- k figura 7 da referência (2)

Parâmetros					Ângulo β	
d	p	V/H	q ₀	k	Calculado	Adotado
(mm)	(kgf/m)	(pu)	(kgf/m ²)	(pu)	(graus)	(graus)
26,78	1,172	0,70	68	0,32	35,1°	36°

2.2. Largura da Faixa de Servidão

2.2.1 Conhecido o ângulo de balanço dos condutores, a largura da faixa é determinada de acordo com a metodologia estabelecida no capítulo 12 da referência [1], ou seja:

$$L = 2[b + (f + l)\text{sen}\beta + d+p] \quad \text{onde:}$$

b=	distância da linha de centro da estrutura ao ponto de fixação da LT
F=	flecha do cabo condutor para vão médio de 510 m
l=	comprimento da cadeia de isoladores e ferragens
β=	ângulo de balanço do condutor e da cadeia
p=	Projeção do condutor mais afastado ao eixo do feixe ($2,10/2 \times \cos\beta$)
d=	$V_{MÁX} / 150$, expresso em metros LT 500 kV

Tendo como resultado:

Parâmetros							Distancia	
Vão	b	f	l	β	d	p	Calculado	Adotado(*)
(m)	(m)	(m)	(m)	(graus)	(m)	(m)	(m)	(m)
510	6,505	21,87	7,43	36°	3,67	0,8495	56,49	66,00
600	6,505	29,69	7,43	36°	3,67	0,8495	65,69	

(*) A largura da faixa foi governada pelo calculo mecânico.

3. EFEITO CORONA

3.1. Gradiente nas Fases

3.1.1 O ponto de partida para o cálculo dos valores de rádio interferência e ruído audível é o gradiente nas fases, que devem ser verificados para a tensão máxima de operação da LT, ou seja, 550 kV.

3.2. Gradiente Crítico

3.2.1 Para verificar se o de gradiente nas fases é adequado, o mesmo é comparado com o gradiente crítico determinado de acordo com a seguinte fórmula [4]:

$$G_{\text{crit}} = 21,2.m.\delta \left(1 + \frac{0,301}{\sqrt{\delta.r}} \right) \text{ kV/cm} \quad \text{Onde:}$$

G_{crit} gradiente crítico (início do corona), em kV/cm, valor eficaz

r raio do condutor, em cm

m coeficiente representativo da superfície do condutor envelhecido (m = 0,82)

δ densidade relativa do ar médio para 90% do tempo = 0,90

densidade relativa do ar 90% do tempo corrigido= 0,90

3.2.2 Critérios adotados:

- Nenhum subcondutor de um feixe pode apresentar gradiente superficial maior que o gradiente crítico (DRA 90% = 0,90);
- A média dos gradientes superficiais de cada subcondutor em cada fase não pode ser superior a 95% do gradiente crítico médio para 90% do tempo (DRA médio 90 % = 0,90).

3.2.3 Resultados (valor eficaz):

limite		calculado	
Variável	valor	máximo - todos condutores	maior média dos feixes
Crítico (DRA 90% = 0,90)	20,06	19,4	-
95% Critico (DRA MÉDIO 90% = 0,90)	19,06	-	18,9

3.2.4 Os gradientes obtidos no anexo 1, atendem aos critérios estabelecido no item 3.2.2, ou seja, não deverá ocorrer corona visual em 90 % do tempo, para as condições atmosféricas predominantes na região atravessada pela LT:

4. RÁDIO INTERFERÊNCIA

4.1 O submódulo 2.4 da ONS especifica que a relação sinal/ruído no limite da faixa de servidão, para a tensão máxima operativa, deve ser no mínimo 24 dB, para 50 % das condições climáticas ocorrendo no período de um ano. O sinal adotado para o cálculo deve ser o nível mínimo de sinal na região atravessada pela LT, conforme legislação pertinente.

4.2 Baseado no critério acima e adotando um sinal de 66 dB a 1 MHz obtém-se o nível máximo de rádio interferência admissível no limite da faixa de servidão em pelo menos 50 % de todos os tempos de um ano, ou seja:

$$RI_{\max} \leq (66 - 24) \text{ dB} \leq 42 \text{ dB} \quad (\text{no limite da faixa de servidão})$$

4.3 O valor de rádio interferência em um eixo transversal à LT foi calculado considerando a tensão máxima de operação da LT, ou seja, 550 kV. O correspondente relatório de saída consta do Anexo 2.

4.4 O programa do Anexo 2 considera internamente as seguintes premissas básicas:

Frequência de medição do ruído 1 MHz, medido conforme norma ANSI

Resistividade do solo 100 Ω .m

DRA 50% (PU) 0,92

4.5 O valor de rádio interferência com 50 % de probabilidade de não ser excedido, quando se consideram todos os tempos do ano, foi calculado partindo das seguintes premissas:

(a) a distribuição de rádio interferência, tanto para tempo bom como para tempo ruim, é gaussiana;

(b) o valor de rádio interferência com 1 % de probabilidade de ser excedido com tempo bom é igual ao valor de rádio interferência com 99 % de probabilidade de ser excedido com tempo ruim (Fair L1 = Foul L99);

4.6 As distribuições de tempo bom e tempo ruim assim definidas foram ponderadas em função da climatologia da região, dando origem à distribuição de todos os tempos apresentada na Figura do Anexo 2.

4.7 A partir dessa distribuição, obtém-se o nível de rádio interferência no limite da faixa com probabilidade de não ser excedido 50 % de todos os tempos do ano, o qual é indicado a seguir:

$$\checkmark RI_0 = 40,32 \text{ dB (L50 todos os tempos)}$$

4.9 Como pode ser constatado, o valor de rádio interferência no limite da faixa de servidão com 50 % de probabilidade de não ser excedido, considerando-se todos os tempos do ano, atende o critério estabelecido no Anexo técnico do Edital.

5. RUÍDO AUDÍVEL

5.1 O Anexos técnico do Edital especifica que o ruído audível no limite da faixa de servidão, para a tensão máxima operativa, deve ser no máximo igual a 58 dBA, para as seguintes condições climáticas:

- (a) durante chuva fina (< 0,00148 mm/min);
- (b) durante névoa de 4 horas de duração;
- (c) após chuva (primeiros 15 minutos).

5.2 O ruído audível será verificado para condições que correspondam ao condutor úmido, conforme item 5.1 anterior. Essas condições são usualmente associadas [4] ao nível de ruído com 50 % de probabilidade de ser excedido.

5.3 Os valores do ruído audível em um eixo transversal à linha de transmissão foram calculados para as condições Foul L50. O correspondente relatório de saída consta do Anexo 3.

Ruído Audível no limite da faixa (dBA)

55,51

5.4 Conforme os valores da tabela acima o valor obtido para o ruído audível no limite da faixa de servidão para a LT é inferior a 58 dBA, atendendo o critério estabelecido.

6. CAMPO ELÉTRICO

6.1 A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014 [7], especifica que o campo elétrico a um metro e meio do solo, no limite da faixa de servidão, deve ser inferior ou, no máximo, igual a 4,17 kV/m. Adicionalmente, o campo elétrico no interior da faixa de servidão não deve ser superior a 8,33 kV/m, conforme referência, levando-se em consideração a utilização que for dada a cada trecho.

6.2 O valor do campo elétrico a um metro e meio do solo em um eixo transversal à LT calculado são descritos abaixo:

Tabela 8 – Campo elétrico a 1,5 m do solo (kV/m)

	No interior da faixa		No limite da faixa	
	Longa duração	Curta duração	Longa duração	Curta duração
LT	Máquinas agrícolas e Rodovias	Máquinas agrícolas e Rodovias	Máquinas agrícolas e Rodovias	Máquinas agrícolas e Rodovias
	Altura condutor mais baixo – solo (m)			
	12,5	12,2	12,5	12,2
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	7,63	8,04	1,63	1,62

6.3 Os relatórios de saída constam do Anexo 4.

6.4 A tabela a seguir apresenta as correntes induzidas para os valores máximos de campo elétrico indicados no item anterior.

Tabela 9 – Corrente Induzida

Veículo	Referência Campo Elétrico	Corrente Induzida
Carreta de grande porte	8,04 kV/m	4,7 mA
Ônibus	8,04 kV/m	3,4 mA
Colheitadeira	8,04 kV/m	3,5 mA
Trator de fazenda puxando carroça	8,04 kV/m	2,6 mA
Trator de fazenda	8,04 kV/m	0,9 mA

6.5 Esses valores de corrente induzida situam-se em níveis compatíveis com a utilização da faixa de servidão e atendem o limite máximo de 5,0 mA especificados.

7. CAMPO MAGNÉTICO

7.1 A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014 [7], especifica que o campo magnético no limite da faixa de servidão a um metro e meio do solo deve ser inferior ou, no máximo, igual a 160,9 A/m, equivalente a uma indução magnética de 200 μ T, e no interior da faixa de servidão não deve ser superior a 804,5 A/m, equivalente a uma indução magnética de 1000 μ T.

7.2 Os valores do campo magnético em um eixo transversal à LT foram calculados para a corrente operativa longa duração e corrente máxima curta duração (5).

7.3 O campo magnético foi calculado na largura da faixa de servidão, em um eixo perpendicular à diretriz da LT localizado em um ponto do perfil com espaçamento mínimo condutor-solo, considerando terreno plano. Conservativamente, não foram consideradas no cálculo as correntes de retorno pela terra.

7.4 O relatório de saída consta do Anexo 5. São resumidos a seguir os valores calculados:

Tabela 10 – Campo Magnético (μ T)			
No interior da faixa		No limite da faixa	
Longa duração	Curta duração	Longa duração	Curta duração
Altura condutor mais baixo – solo (m)			
12,5	12,2	12,5	12,2
28,87	30,12	5,34	5,39

7.5 Os valores acima mostram que para a LT em estudo, o valor do campo magnético no interior da faixa de servidão é inferior a 420 μ T, atendendo o critério estabelecido.

8. LARGURA ADOTADA PARA A FAIXA DE SERVIDÃO

8.1 A faixa de servidão da linha de transmissão em estudo terá a largura indicada a seguir, a qual atende tanto o critério mecânico de balanço dos condutores como os critérios elétricos definidos no Anexo técnico do Edital:

✓ **Largura da faixa de servidão para LT 500 kV = 66 m**

8.2 A faixa de servidão selecionada está representada na Figura 6.

9. REFERÊNCIAS

- 1 NBR 5422 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 2 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0004 VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 3 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0003 DADOS CLIMATOLÓGICOS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 4 Transmission line reference book, 345 kV and above, second edition, 1982.
- 5 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0005 CONDUTOR E PÁRA-RAIOS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 6 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0007 DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA PARA LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 7 A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014
- 8 A Resolução Normativa ANEEL nº 398 de 23/03/2010

ANEXOS

Anexo 1 – Relatórios de Saída – Gradiente Superficial

GRADIENTE SUPERFICIAL PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C2
DO LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

MÁXIMOS GRADIENTES SUPERFICIAIS :

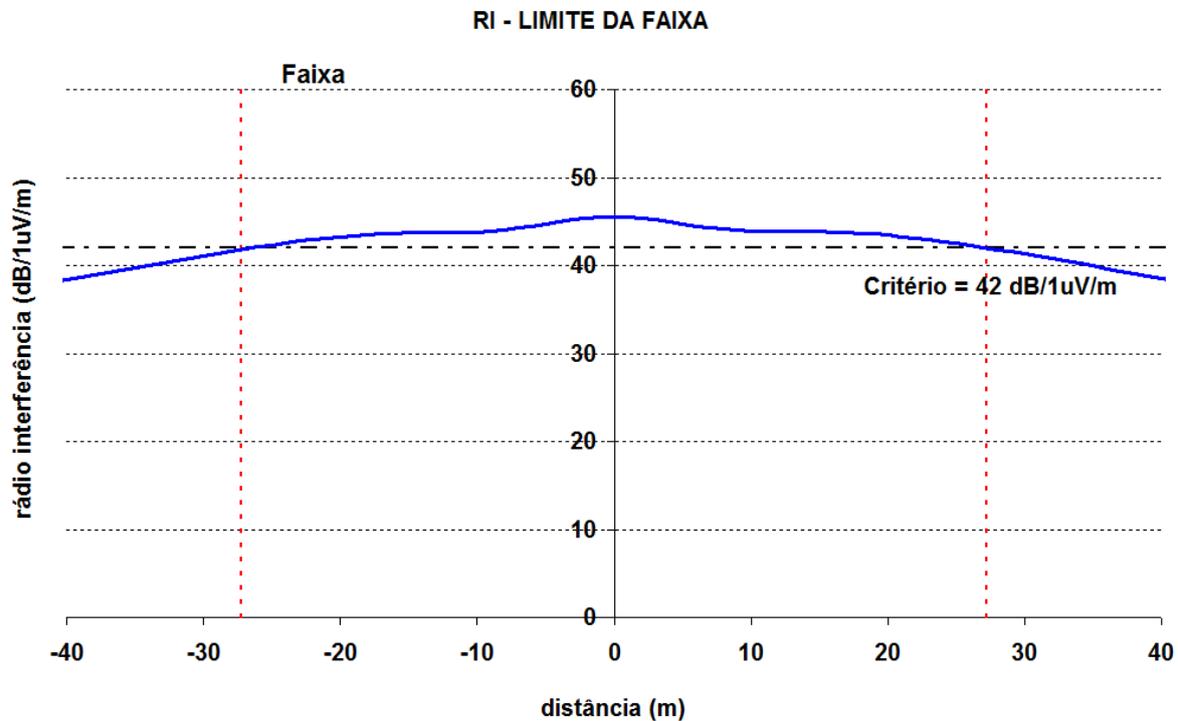
	Posição no feixe	CE (kV/cm)
Fase A	1	18,3
	2	19,1
	3	18,4
	4	16,0
	5	14,3
	6	15,9
Fase B	1	19,4
	2	17,9
	3	19,3
	4	19,3
	5	17,9
	6	19,4
Fase C	1	15,9
	2	14,3
	3	16,0
	4	18,4
	5	19,1
	6	18,3
MÉDIA (MAIOR VALOR FASE CENTRAL)		18,9
MÁXIMA (MAIOR VALOR FASE CENTRAL)		19,4

Anexo 2 – Relatórios de Saída – Rádio Interferência, RI -QP (dB), 1 MHz

PERFIL DE RADIO INTERFERENCIA PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE
JUSCELINO - C2 DO LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

Distância	RI limite	Distância	RI limite
	faixa		faixa
-33	40.32	1	45.50
-32	40.59	2	45.39
-31	40.86	3	45.21
-30	41.12	4	44.98
-29	41.38	5	44.74
-28	41.63	6	44.49
-27	41.88	7	44.28
-26	42.11	8	44.11
-25	42.34	9	43.98
-24	42.56	10	43.91
-23	42.76	11	43.88
-22	42.95	12	43.88
-21	43.12	13	43.88
-20	43.27	14	43.87
-19	43.40	15	43.86
-18	43.51	16	43.82
-17	43.60	17	43.76
-16	43.67	18	43.68
-15	43.71	19	43.57
-14	43.74	20	43.44
-13	43.75	21	43.29
-12	43.76	22	43.12
-11	43.78	23	42.93
-10	43.82	24	42.73
-9	43.91	25	42.52
-8	44.05	26	42.29
-7	44.23	27	42.05
-6	44.46	28	41.81
-5	44.71	29	41.55
-4	44.97	30	41.29
-3	45.20	31	41.03
-2	45.38	32	40.76
-1	45.50	33	40.49
0	45.54		

FIGURA PERFIL DE RI PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C2 DO
LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE



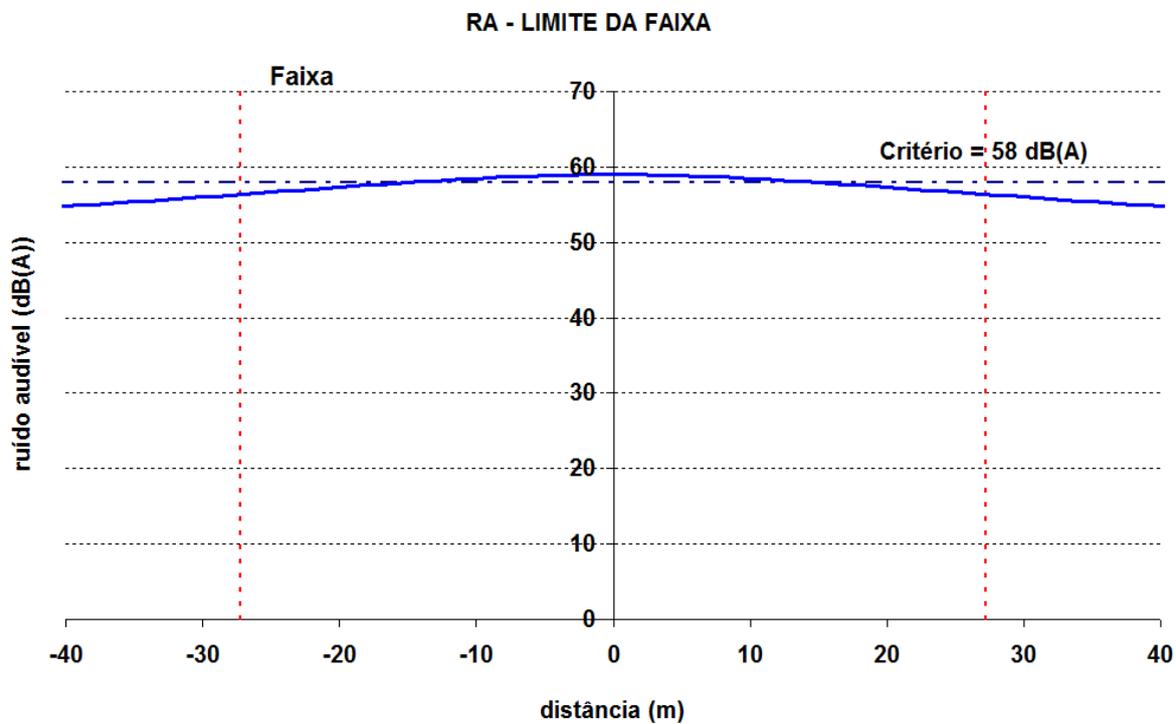
Anexo 3 – Relatórios de Saída – Ruído Audível, Tempo Ruim

PERFIL DE RUIDO AUDIVEL PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C2 DO LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

PERFIL DE RUIDO AUDÍVEL:

Distância	RA limite		Distância	RA limite	
	faixa			faixa	
-33	55.51		1	58.98	
-32	55.63		2	58.96	
-31	55.76		3	58.94	
-30	55.89		4	58.90	
-29	56.01		5	58.85	
-28	56.14		6	58.79	
-27	56.27		7	58.73	
-26	56.40		8	58.65	
-25	56.53		9	58.57	
-24	56.66		10	58.48	
-23	56.79		11	58.38	
-22	56.92		12	58.28	
-21	57.05		13	58.17	
-20	57.18		14	58.06	
-19	57.31		15	57.94	
-18	57.44		16	57.82	
-17	57.57		17	57.70	
-16	57.69		18	57.57	
-15	57.82		19	57.44	
-14	57.94		20	57.31	
-13	58.05		21	57.18	
-12	58.17		22	57.05	
-11	58.27		23	56.92	
-10	58.38		24	56.79	
-9	58.47		25	56.66	
-8	58.57		26	56.53	
-7	58.65		27	56.40	
-6	58.72		28	56.27	
-5	58.79		29	56.14	
-4	58.85		30	56.02	
-3	58.90		31	55.89	
-2	58.94		32	55.76	
-1	58.96		33	55.64	
0	58.98				

FIGURA PERFIL DE RUIDO AUDÍVEL -FOUL L50 (dBA)



Anexo 4 – Relatórios de Saída – Campo Elétrico

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C2 DO LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

LONGA DURAÇÃO-12,50 M (MAQUINAS AGRICOLAS E RODOVIAS)

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO SOB A LT:

ALTURA AO SOLO = 1.50 m

Distância	CE limite		Distância	CE limite	
	faixa			faixa	
-33	1,63		1	1,71	
-32	1,76		2	2,66	
-31	1,90		3	3,68	
-30	2,05		4	4,66	
-29	2,21		5	5,53	
-28	2,40		6	6,28	
-27	2,60		7	6,86	
-26	2,82		8	7,28	
-25	3,05		9	7,54	
-24	3,31		10	7,63	
-23	3,60		11	7,59	
-22	3,90		12	7,43	
-21	4,23		13	7,18	
-20	4,58		14	6,86	
-19	4,95		15	6,50	
-18	5,33		16	6,11	
-17	5,72		17	5,71	
-16	6,12		18	5,32	
-15	6,50		19	4,93	
-14	6,86		20	4,56	
-13	7,18		21	4,21	
-12	7,43		22	3,88	
-11	7,58		23	3,58	
-10	7,62		24	3,30	
-9	7,53		25	3,04	
-8	7,27		26	2,80	
-7	6,85		27	2,58	
-6	6,26		28	2,38	
-5	5,52		29	2,20	
-4	4,64		30	2,03	
-3	3,67		31	1,88	
-2	2,65		32	1,74	
-1	1,70		33	1,62	
0	1,21				

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C2 DO LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

CURTA DURAÇÃO-12,20 M (MAQUINAS AGRICOLAS E RODOVIAS)

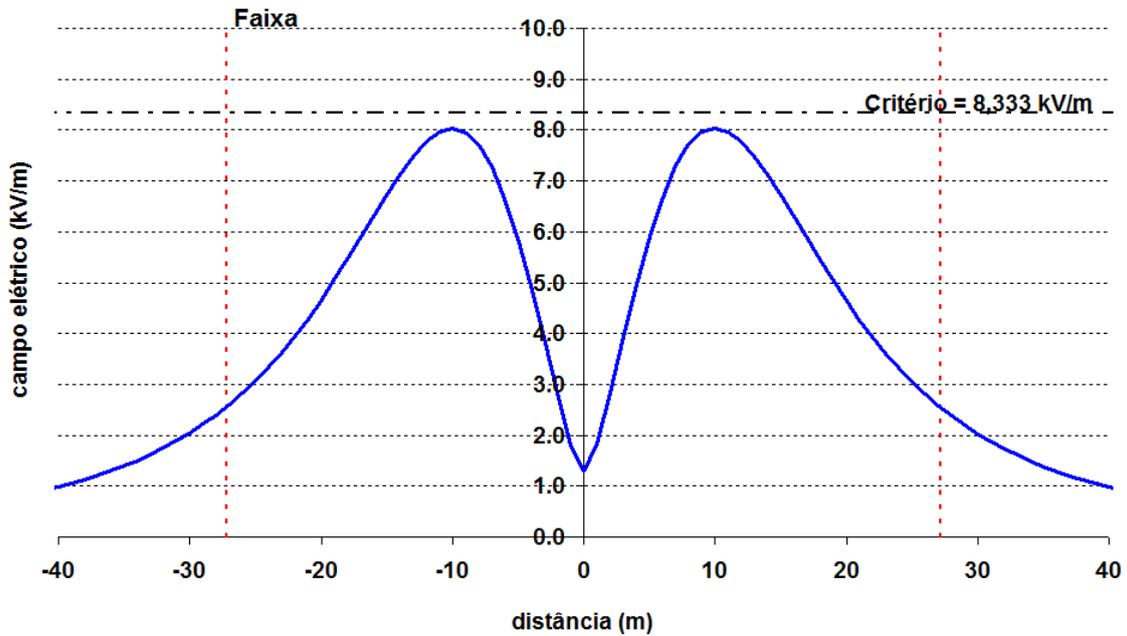
PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO SOB A LT:

ALTURA AO SOLO = 1.50 m

Distância	CE limite		Distância	CE limite	
	faixa			faixa	
-33	1,62		1	1,83	
-32	1,75		2	2,84	
-31	1,89		3	3,93	
-30	2,04		4	4,96	
-29	2,21		5	5,89	
-28	2,40		6	6,67	
-27	2,60		7	7,29	
-26	2,83		8	7,72	
-25	3,07		9	7,97	
-24	3,34		10	8,04	
-23	3,63		11	7,97	
-22	3,95		12	7,77	
-21	4,29		13	7,48	
-20	4,66		14	7,12	
-19	5,05		15	6,72	
-18	5,46		16	6,30	
-17	5,88		17	5,87	
-16	6,31		18	5,44	
-15	6,73		19	5,03	
-14	7,13		20	4,64	
-13	7,48		21	4,27	
-12	7,77		22	3,93	
-11	7,96		23	3,61	
-10	8,03		24	3,32	
-9	7,95		25	3,05	
-8	7,70		26	2,81	
-7	7,27		27	2,58	
-6	6,65		28	2,38	
-5	5,87		29	2,19	
-4	4,94		30	2,03	
-3	3,90		31	1,87	
-2	2,82		32	1,73	
-1	1,81		33	1,60	
0	1,29				

GRAFICO PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE
JUSCELINO - C2 DO LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE
CAMPO ELETRICO AVALIADO PARA CONDIÇÃO DE LONGA E CURTA DURAÇÃO CONFORME
RESOLUÇÃO NORMATIVA [7] [8]

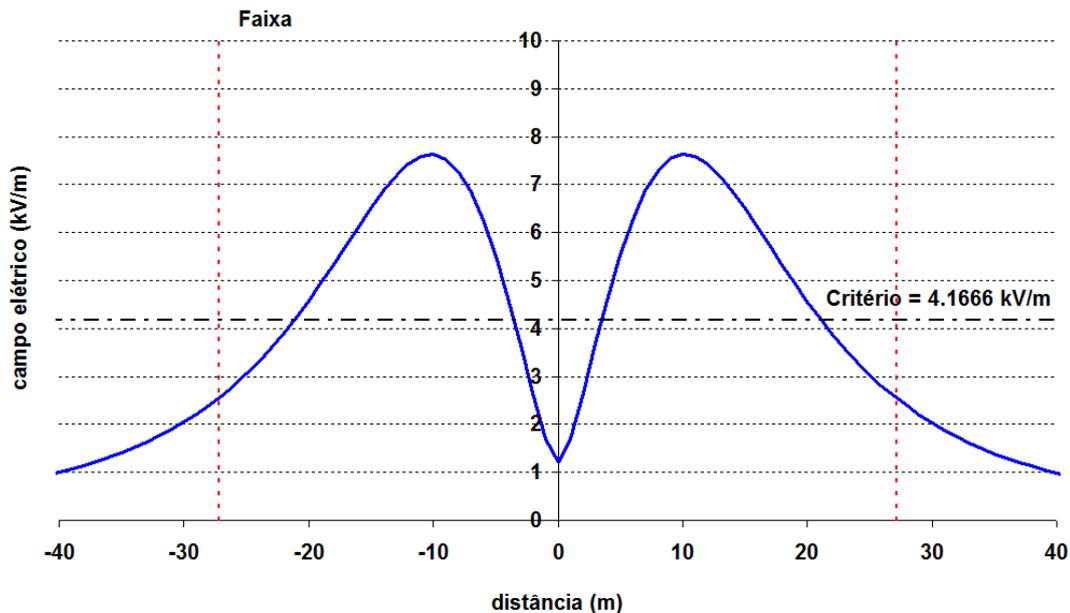
CE - INTERIOR DA FAIXA



CONDUTOR-SOLO = 12,20m

CONDIÇÃO CURTA DURAÇÃO: MINIMA DISTANCIA CABO-SOLO DEFINIDO EM FUNÇÃO DO CAMPO ELETRICO LIMITE

CE - LIMITE DA FAIXA



CONDUTOR-SOLO = 12,50m

CONDIÇÃO LONGA DURAÇÃO: DISTANCIA CABO-SOLO DEFINIDO EM FUNÇÃO DA DIFERENÇA DE FLECHAS ENTRE AS TEMPERATURAS DE CURTA E LONGA DURAÇÃO DE APROXIMADAMENTE 0,30 m

Anexo 5 – Relatórios de Saída – Campo Magnético

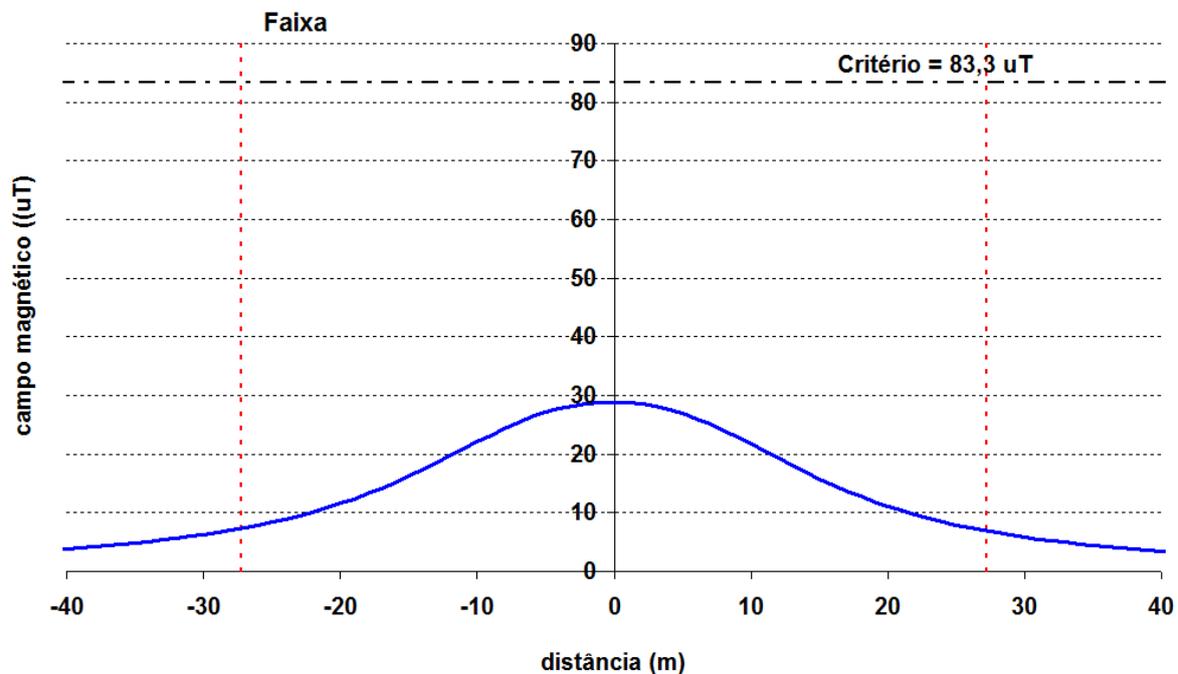
PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C2 DO LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

LONGA DURAÇÃO - 12,5 M - 2950A

Distância	CM limite		Distância	CM limite	
	faixa	faixa		faixa	faixa
-33	5,34		1	28,78	
-32	5,63		2	28,53	
-31	5,94		3	28,13	
-30	6,27		4	27,58	
-29	6,63		5	26,89	
-28	7,02		6	26,05	
-27	7,45		7	25,10	
-26	7,90		8	24,03	
-25	8,40		9	22,89	
-24	8,94		10	21,70	
-23	9,52		11	20,47	
-22	10,15		12	19,25	
-21	10,84		13	18,05	
-20	11,58		14	16,88	
-19	12,38		15	15,77	
-18	13,24		16	14,71	
-17	14,17		17	13,72	
-16	15,16		18	12,79	
-15	16,21		19	11,92	
-14	17,32		20	11,12	
-13	18,47		21	10,38	
-12	19,66		22	9,70	
-11	20,87		23	9,07	
-10	22,07		24	8,49	
-9	23,24		25	7,95	
-8	24,36		26	7,46	
-7	25,39		27	7,01	
-6	26,31		28	6,59	
-5	27,11		29	6,20	
-4	27,76		30	5,85	
-3	28,27		31	5,52	
-2	28,62		32	5,22	
-1	28,82		33	4,93	
0	28,87				

PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C2 DO LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

CM - LIMITE DA FAIXA



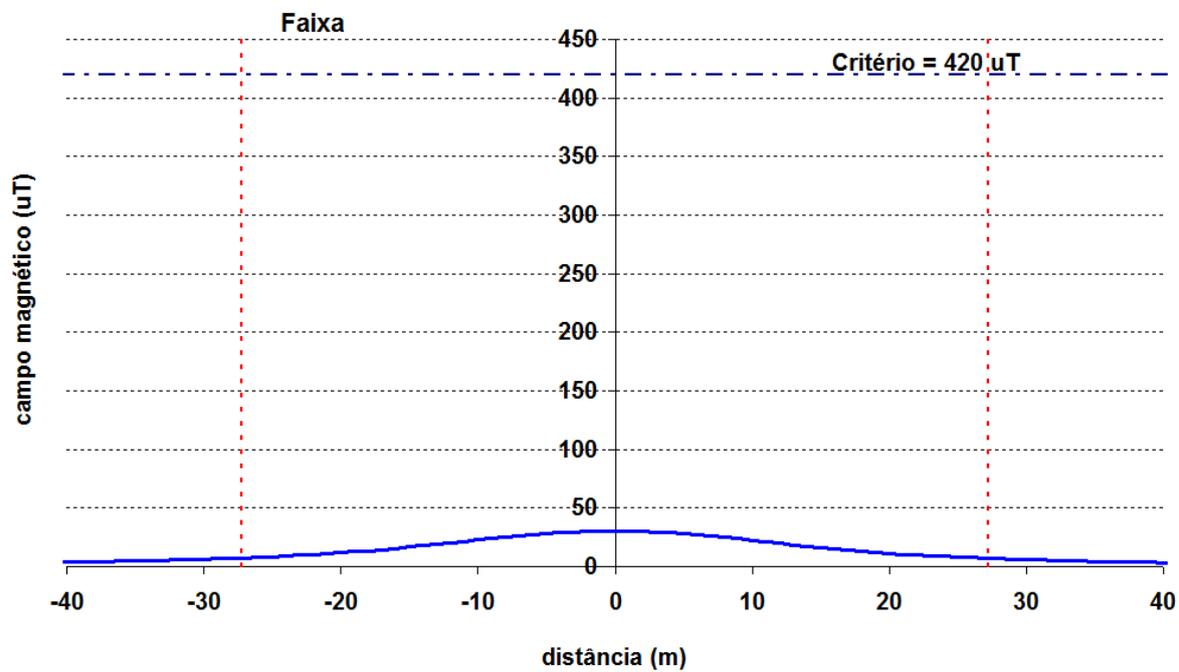
PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C2 DO LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

CURTA DURAÇÃO - 12,2 M - 4000 A

Distância	CM limite fixa	Distância	CM limite fixa
		1	30,02
-33	5,39	2	29,76
-32	5,68	3	29,34
-31	5,99	4	28,76
-30	6,33	5	28,02
-29	6,70	6	27,14
-28	7,10	7	26,11
-27	7,53	8	24,98
-26	8,00	9	23,76
-25	8,51	10	22,48
-24	9,06	11	21,18
-23	9,66	12	19,88
-22	10,31	13	18,60
-21	11,02	14	17,37
-20	11,79	15	16,19
-19	12,62	16	15,08
-18	13,52	17	14,03
-17	14,49	18	13,06
-16	15,53	19	12,16
-15	16,64	20	11,33
-14	17,81	21	10,56
-13	19,03	22	9,85
-12	20,29	23	9,20
-11	21,58	24	8,61
-10	22,86	25	8,06
-9	24,11	26	7,55
-8	25,31	27	7,09
-7	26,41	28	6,66
-6	27,40	29	6,27
-5	28,25	30	5,91
-4	28,94	31	5,57
-3	29,48	32	5,26
-2	29,85	33	4,98
-1	30,07		
0	30,12		

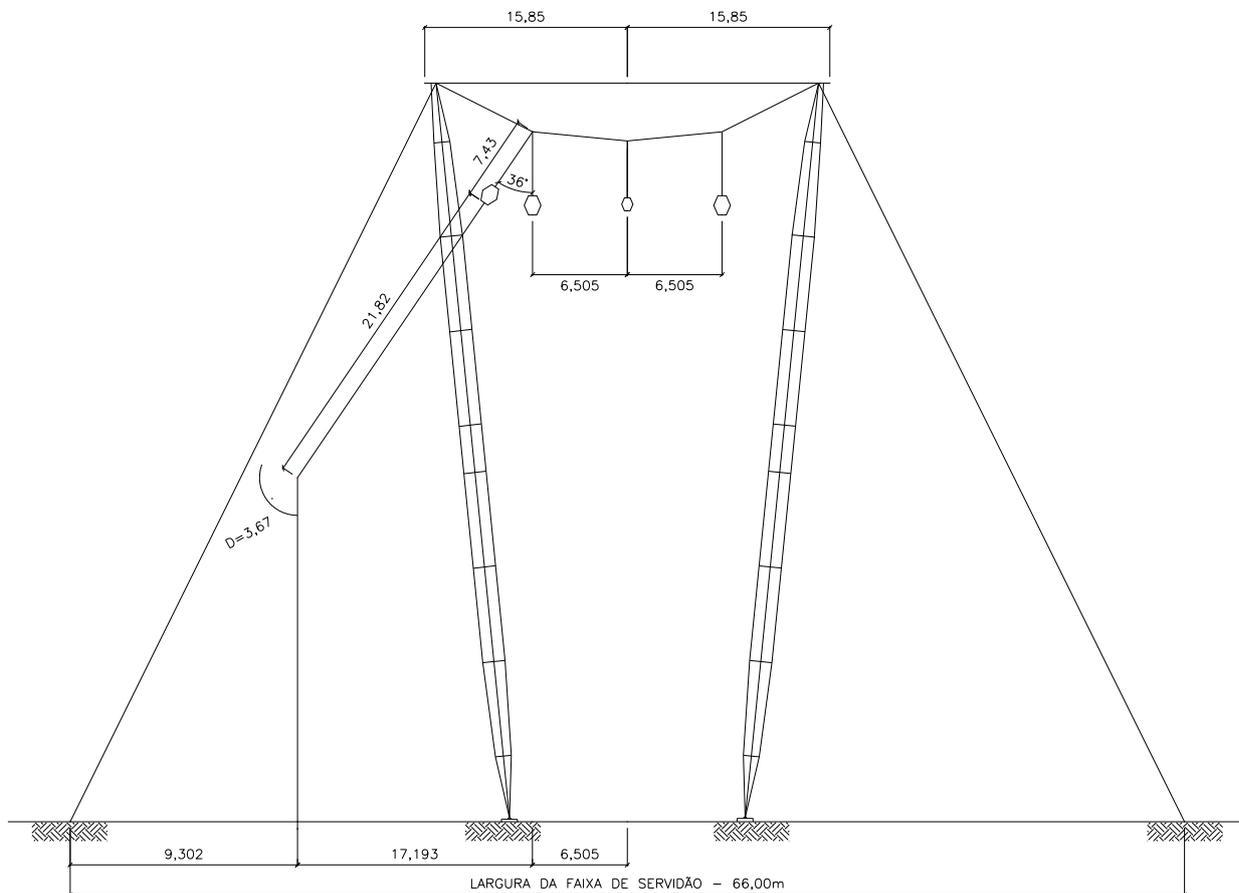
PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C2 DO LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

CM - INTERIOR DA FAIXA



Anexo 6 – Desenho Esquemático da Largura da Faixa

DESENHO ESQUEMATICO DA LARGURA DA FAIXA PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 -
PRESIDENTE JUSCELINO - C2 DO LOTE 16 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE



00	31/03/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 6 SPE SA					
PROJETO BÁSICO					
ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	31/03/17
TÍTULO					
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2 Lote 16 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL RELATÓRIO COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO					
Nº DOCUMENTO				FOLHA	REVISÃO
RE-EQT6-L601-PB-ELM-0009-R00				1 de 24	00

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	ISOLADORES	3
3.	ISOLAMENTO PARA TENSÃO OPERATIVA	4
4.	ISOLAMENTO PARA SOBRETENSÕES DE MANOBRA	6
5.	ISOLAMENTO PARA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	9
6.	ISOLAMENTO PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA	9
7.	DESLOCAMENTO ADMITIDO PARA A CADEIA DE ISOLADORES EM REPOUSO ..	10
8.	CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA DE SUSPENSÃO PREDOMINANTE	10
9.	REFERÊNCIAS.....	11
	ANEXO 1 – RISCO – LT – RISCO FALHA FASE-TERRA.....	12
	ANEXO 2 – RISCO FALHA FASE-FASE.....	14
	ANEXO 3 - FLASH	16
	ANEXO 4 – ESPAÇAMENTOS MÍNIMOS PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA	21
	ANEXO 5 – CONFIGURAÇÃO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE	23

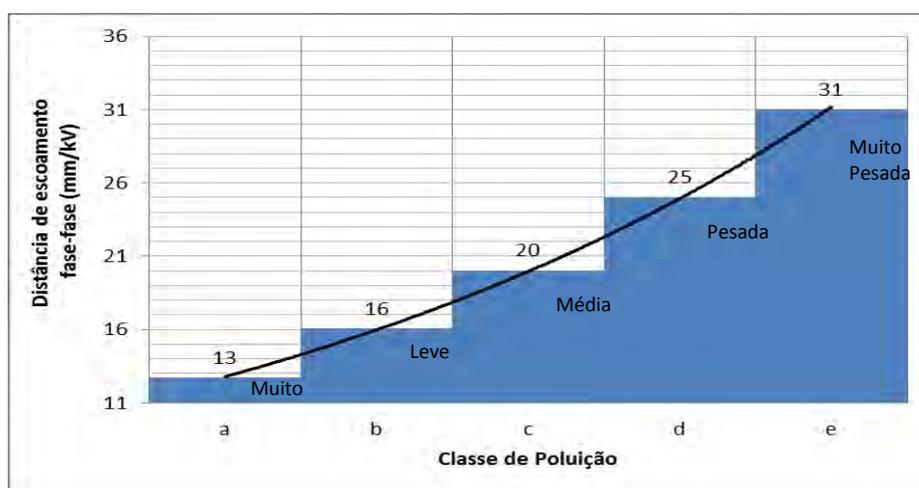
1. OBJETIVO

- 1.1. Definir os parâmetros básicos para o dimensionamento do isolamento da LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2 em circuito simples pertencentes ao Lote 16 do Leilão 013/2015 – 2º parte.

2. ISOLADORES

2.1. Características Principais e Quantidade Mínima por Cadeia

- 2.1.1 A distância de escoamento específica das cadeias deve atender os requisitos do Edital, tendo como base a IEC 60815.
- 2.1.2 O valor mínimo remete ao nível de poluição “leve” (nível b) da publicação IEC 60815 [1], para o qual é recomendada uma distância de escoamento específica de 16 mm/kV fase-fase.



- 2.1.3 Para as cadeias de suspensão, passagem e ancoragem dos condutores está sendo considerada a utilização de isoladores com as características descritas na tabela 2 que tem os cálculos das cargas mecânicas apresentados na referencia [10]. A quantidade de isoladores é calculada a seguir :

$$N = \frac{V_{\text{máx}} \cdot D_e}{D_i} \text{ onde:}$$

N		número mínimo de isoladores da cadeia
$V_{\text{máx}}$	550 kV	tensão máxima de operação, fase-fase
D_e	16 mm/kV	distância de escoamento específica fase-fase
D_i 160, 210 e 240	380 mm	distância de escoamento, isolador de 160, 210 e 240 kN

Tabela 2 - Isoladores

Característica			
Carga de ruptura	160 kN	210 kN	240 kN
Engate concha-bola	IEC 60120 - 20	IEC 60120 - 20	IEC 60120-20
Diâmetro do disco	280 mm	280 mm	280 mm
Diâmetro do pino	21 mm	21 mm	21 mm
Passo	170 mm	170 mm	170 mm
Distância de escoamento (Di)	380 mm	380 mm	380 mm
N - Núm. Mín. Isoladores Cad. Suspensão	23	23	23
N - Núm. Mín. Isoladores Cad. Ancoragem	24		

2.1.4 A configuração final adotada para as cadeias é indicada a seguir.

Tabela 3 – Cadeia de Isoladores					
Suspensão				Ancoragem	
Leve	Pesada		Jumper	Dupla	
I	I	v		Meio de linha	Terminal
1x23(210 kN)	1x23(240 kN)	2x23(240 kN)	1x23(160 kN)	4x24(160 kN)	4x24(160 kN)

3. ISOLAMENTO PARA TENSÃO OPERATIVA

3.1 Ângulo de Balanço das Cadeias

3.1.1 O Edital especifica que o isolamento à tensão máxima operativa deve ser dimensionado considerando o balanço da cadeia de isoladores sob ação de vento com período de retorno de, no mínimo, 30 anos.

3.1.2 Para o cálculo do ângulo de balanço está sendo adotada a metodologia indicada no item 10.1.4.3 da referência [2] e, velocidade do vento com período de retorno de 50 anos.

3.1.3 Com base no critério indicado no item 3.1.2 anterior é definido a seguir o ângulo de balanço das cadeias de suspensão em alinhamento.

$$tg\beta = k \frac{q_0 \cdot d}{p(V/H)} \quad \text{onde:}$$

- d diâmetro do condutor (m) [9]
- p peso unitário do condutor(kgf/m) [9]
- V/H relação (vão de peso)/(vão de vento) em alinhamento
- q₀ Pressão Dinâmica(kgf/m²) [3]
- K figura 7 da referência (pu) [2]

Parâmetros					Ângulo β	
d	p	V/H	q _o	k	Calculado	Adotado
(mm)	(kgf/m)	(pu)	(kgf/m ²)	(pu)	(graus)	(graus)
26,78	1,172	0,70	68	0,32	35,1°	36°

3.1.4 Considerando a ação do ventos nas cadeias, o ângulo de aplicação das estruturas e a tração horizontal de incidência no cabo temos a seguinte expressão:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{N_c \cdot 2 \cdot H_{\max} \operatorname{sen}(\alpha/2) + N_c \cdot k \cdot q_o \cdot d \cdot V_v + F_{v_{\text{cad}}}/2}{N_c \cdot p \cdot V_p + P_{\text{cad}}/2}; \text{ onde:}$$

N _c	número de Condutores
H _{max}	tração máxima no balanço do condutor
d	diâmetro do condutor [9]
p	peso unitário do condutor [9]
q _o	Pressão dinâmica [3]
k	figura 7 da referência [2]
P _{cad}	peso da cadeia de isoladores
F _{v_{cad}}	peso da cadeia de isoladores
V _v	vão de vento para ângulo máximo
V _p	vão de peso mínimo da estrutura
α	ângulo máximo da estrutura

Parâmetros					Ângulo β	
N _c	H _{Max}	α	V _v (V _p)	P _{cad} (F _{v_{cad}})	Calculado	Adotado
(quant)	(kgf)	(graus)	(m)	(kgf)	(graus)	(graus)
6	3450	2°	472 (401)	200 (84,88)	39,58°	40°

3.2 Espaçamento Fase - Terra

3.2.1 A solicitação elétrica máxima fase-terra a 60 Hz, valor de pico, é dada pela expressão:

$$V_s = V_{m\acute{a}x} \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$$

3.2.2 Usualmente as curvas ou equações aplicáveis aos valores de suportabilidade elétrica dos espaçamentos fase-terra fornecem a tensão com 50% de probabilidade de descarga, referida a condições atmosféricas padronizadas.

3.2.3 Torna-se necessário, portanto, calcular V50% a partir de V_s conforme indicado a seguir:

$$V_{50\%} = V_s \cdot \frac{k_1}{k_2} \quad \text{onde:}$$

- $V_{50\%}$ tensão fase-terra, valor de pico, a 60 Hz, com 50% de probabilidade de ocorrência de descarga
- V_s conforme item 3.2.1 acima
- k_1 fator de correção para reduzir a probabilidade de ocorrência de descargas a nível compatível com a confiabilidade desejada para a LT
- k_2 fator de correção para as condições atmosféricas da região atravessada pela LT ($FCA_{60Hz}^{99\%}$)

3.2.4 Para a linha de transmissão em estudo está sendo adotado para k_1 valor que situe $V_{50\%}$ três desvios padrão acima de V_s .

3.2.5 Considerando que a distribuição de tensões disruptivas a 60 Hz é normal e que seu desvio padrão é 3%, tem-se:

$$k_1 = \frac{1}{1 - 3 \times 0,03} = 1,10$$

$V_{m\acute{a}x}$	V_s	k_2	$V_{50\%}$	$V_{50\%}$ Adotado	L_{60Hz} (*)
(kV)	(kV)	(pu)	(kV)	(kV)	(m)
550	449,07	0,92	536,94	550	1,10

(*) Espaçamento fase-terra corresponde a tensão $V_{50\%}$ [6] [7] associado ao ângulo de balanço das cadeias (β) das respectivas LT, conforme Tabela 5

4. ISOLAMENTO PARA SOBRETENSÕES DE MANOBRA

4.1 Ângulo de Balanço das Cadeias

4.1.1 Para cálculo do ângulo de balanço está sendo adotada a mesma metodologia apresentada no item 3.1 anterior, associada a velocidade do vento com período de retorno de 2 anos (vento frequente).

4.1.2 São indicados a seguir os parâmetros e resultados:

Parâmetros					Ângulo β	
d	p	V/H	q_o	k	Calculado	Adotado
(mm)	(kgf/m)	(pu)	(kgf/m ²)	(pu)	(graus)	(graus)
26,78	1,172	0,70	29	0,40	20,28°	21°

4.1.3 Considerando a ação do ventos nas cadeias, o ângulo de aplicação das estruturas e a tração horizontal de incidência está sendo adotada a mesma metodologia apresentada no item 3.1.4:

Tabela 8 - Ângulo de Balanço das Estruturas Predominantes em ângulo						
Parâmetros					Ângulo β	
Nc	H _{Max}	α	V _v (Vp)	P _{cad} (FV _{cad})	Calculado	Adotado
(quant)	(kgf)	(graus)	(m)	(kgf)	(graus)	(graus)
6	2300	2°	472 (401)	200 (36,20)	25,28°	26°

4.2 Espaçamentos Fase - Terra

4.2.1 Para tensão do surto ocorrendo na LT em estudo está sendo adotado o seguinte valor:

$$V_s = V_n \times F_{surto} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}, \text{ onde:}$$

V_s tensão de surto fase-terra da LT

V_n tensão fase-fase nominal da LT

F_{surto} fator de surto (máxima sobretensão conforme estudos do R2) [12] [13] [14] [15]

Tabela 9 – Tensão de Surto		
V_n	F_{surto}	V_s
(kV)		(kV)
500	2,1	857,32

4.2.2 De modo análogo ao mostrado no item 3.2 anterior o espaçamento para surtos de manobra está sendo calculado de modo que $V_{50\%}$ fique situado 3 desvios padrão acima de V_s ($\sigma=0,05$), devidamente corrigido para as condições atmosféricas características da região atravessada pela LT [4] [5], ou seja:

$$V_{50\%} = V_s \frac{1}{1 - 3\sigma k}$$

Tabela 10 - $V_{50\%}$	
k	$V_{50\%}$ Adotado
(pu)	(kV)
0,95	1062

4.2.3 Essa tensão corresponde aos seguintes espaçamentos fase-terra [6] [7]:

$$L_{SM} = \frac{8 V_{50\%}}{3400k - V_{50\%}} \quad \text{onde:}$$

- k = 1,35 para espaçamento condutor-estrutura, disposição lateral das fases
- k = 1,20 para espaçamento condutor-estrutura, disposição fase central
- k = 1,40 para espaçamento condutor-estai

Resultando nos seguintes espaçamentos fase-terra:

Tabela 11 – Espaçamento Fase-Terra –Surto Manobra		
Espaçamento Fase-Terra (L_{SM})		
Condutor-Estrutura (*)		Condutor-Estai
Fases Laterais	Fase Central	
(m)	(m)	(m)
2,41	2,81	2,30

(*) Espaçamento condutor – estrutura está associado ao ângulo de balanço das cadeias β para cada LT.

4.3 Risco de Falha Fase – Terra

- 4.3.1 O Edital especifica os riscos máximos para falhas fase-terra devido a manobras de religamento e manobras de energização.
- 4.3.2 A Tabela 12 a seguir apresenta os riscos de falha calculados utilizando o programa RISCO-LT (Anexo 1):

Tabela 12 – Risco da Falha	
Risco de Falha calculado	Risco de Falha Edital
$0,285 \times 10^{-6}$	1×10^{-3}

- 4.3.3 Conforme pode ser observado o risco total de falha obtido atende ao valor máximo especificado no Edital.

4.4 Risco de Falha Fase – Fase

- 4.4.1 A LT em estudo utilizam estruturas convencionais autoportantes e/ou estaiadas, com distâncias entre fases suficientemente grandes para tornar altamente improvável uma descarga provocada por surtos fase-fase.
- 4.4.2 Utilizando a metodologia constante da referência [6] e adotando valores conservativos para as variáveis consideradas foram calculados os espaçamentos fase-fase que seriam necessários para o menor risco de falha para um circuito (10^{-4}) especificado no Edital.
- 4.4.3 Conforme Anexo 2 tem-se os seguintes resultados:

Tabela 13 – Espaçamento entre Fases para Risco 10^{-4} (Estabelecido no Edital)	
Espaçamento entre Fases (m)	
Estrutura	Espaçamento mínimo para Risco máximo de 10^{-4}
6,5	4,95

4.4.4 Os espaçamentos entre fases atendem aos limites de risco de falha fase-fase especificados no Edital.

5. ISOLAMENTO PARA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

5.1 Dados de Entrada

5.1.1 Para avaliação do desempenho da LT quando submetida a surtos atmosféricos foi utilizado o programa FLASH versão. 1.6 .Os dados de entrada adotados para o cálculo são indicados a seguir:

Tabela 14 – Dados de Entrada					
Nível Cerâmico	Estrutura de Referência	Dist. Isolam. (m)	Vão Médio (m)	Flecha (m)	
				Condutor	Para-Raios
60	Anexo 4	3,7	510	21,87	18,83

5.2 Desempenho Calculado

5.2.1 A partir dos parâmetros acima foi calculado o desempenho da LT utilizando o programa FLASH 1.6. O relatório de saída consta do Anexo 3 e é resumido a seguir, considerando que o aterramento da LT apresente resistência de aterramento com valor médio menor ou igual a 20Ω . Quando forem feitas as medições de resistividade poderá ser feita uma nova avaliação com redistribuição das resistências conforme resultados obtidos.

Tabela 15 – Taxa de Desligamentos		
Taxa de desligamentos por 100 km por ano		
Descargas Diretas	Descargas Indiretas	Total
0,00	0,72	0,72

5.2.2 O total de desligamentos por descargas atmosféricas para a LT é inferior a um desligamento por 100 km por ano, conforme Edital [11] .

6. ISOLAMENTO PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA

- 6.1. O Anexo 4 reproduz a tabela 441-2 do NESC/2002 [8] contendo os espaçamentos mínimos recomendados para operações de manutenção em linha viva.
- 6.2. Para os trabalhos em linha viva, são bloqueados os circuitos de religamento, de forma a não haver surtos de manobra para essa condição.
- 6.3. Para efeito das distâncias para manutenção em linha viva adotou-se o fator de surto de 2,0 p.u conforme referencia [12] e, considerando uma parcela de 0,8 m para movimentos inadvertidos do técnico da manutenção, tem-se a seguinte distância fase-terra mínima para as LT:

Tabela 16 – Distâncias de Manutenção	
LT	$L_{manut} (*)$ (m)
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	3,7
(*) Distâncias associadas as cadeias em repouso, sem vento	

7. DESLOCAMENTO ADMITIDO PARA A CADEIA DE ISOLADORES EM REPOUSO

7.1. Para o cálculo do ângulo de deslocamento da cadeia em repouso, está sendo considerado o ângulo máximo de aplicação da torre de suspensão predominante, sem vento, associado a um vão de peso indicados abaixo.

7.2. Com base nesse critério, o ângulo de balanço (β) é calculado pela seguinte expressão:

$$tg\beta = \frac{2xHxsen(\alpha/2)}{p \times VP} , \text{ onde:}$$

- H Tração EDS
 α Ângulo máximo da torre de suspensão
 p Peso unitário do condutor
 VP Vão de peso adotado no cálculo

Tabela 17 – Ângulos de Balanço sem Vento	
α (graus)	Balanço sem vento
2°	11°
(*) Distâncias associadas as cadeias em repouso, sem vento	

8. CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA DE SUSPENSÃO PREDOMINANTE

8.1. Configuração Geométrica:

A configuração geométrica do topo da estrutura de suspensão predominante da LT é apresentada no Anexo 5.

9. REFERÊNCIAS

- 1 IEC 60815 – Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions.
- 2 NBR 5422 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 3 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0004 VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO , preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 4 IEC 60060.1 – High-voltage test techniques.
- 5 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0003 DADOS CLIMATOLÓGICOS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 6 Transmission line reference book, 345 kV and above, second edition, 1982.
- 7 Lignes aériennes à haute et très haute tension — règles d’isolation.
- 8 ANSI C2/2002 - National Electrical Safety Code
- 9 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0005 CONDUTOR E PÁRA-RAIOS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 10 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0010 ISOLADORES E FERRAGENS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 11 Anexo 6-14 a 6-19 – Edital – Leilão 13/2015 - 2ª parte da ANEEL
- 12 R2 - Estudos para definição das características básicas da LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2

ANEXO 1 – RISCO – LT – RISCO FALHA FASE-TERRA

 * PROGRAMA RISCO-LT VERSÃO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PÁGINA - 1*
 LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C2 10-03-2017

DIÂMETRO DO CABO CONDUTOR (cm) : 2.6780
 PESO LINEAR DO CABO CONDUTOR (kg/m) : 1.1720
 ESP. HORIZ. ENTRE OS CONDUTORES DO FEIXE (m) : 1.0500
 ESP. VERT. ENTRE OS CONDUTORES DO FEIXE (m) : 1.2900
 DIST. ESTRUT. SUPER./FIXAÇÃO ISOL. (m) : 0.1000
 COMPRIMENTO DE BALANÇO CADEIA ISOL+FERR (m) : 7.4300
 ÂNGULO ESTRUTURA SUPERIOR/HORIZONTAL (Graus) : 0.0000
 ÂNGULO ESTRUTURA LATERAL/VERTICAL (Graus) : -10.0000
 BRAÇO MÍNIMO DA ESTRUTURA (m) : 8.8000
 PASSO DO BRAÇO DA ESTRUTURA (m) : 0.1000
 BRAÇO MÁXIMO DA ESTRUTURA (m) : 8.8000
 ESPESSURA DA ESTRUTURA (m) : 1.2000
 FATOR MULTPL. CURVA SUPORTABILIDADE (p.u.) : 1.0000
 RIS MÍNIMO (p.u.) : 0.9500
 PASSO DE RIS (p.u.) : 0.1000
 RIS MÁXIMO (p.u.) : 0.9500
 DESVIO PADRÃO SUPORTABILIDADE (p.u.) : 0.0500
 DESVIO PADRÃO SOLICITAÇÃO (p.u.) : 0.0500

SOLICITAÇÃO (kV) X No.DE GAPS SUJEITOS À SOLICITAÇÃO:

857.32	216
816.50	216
775.67	216

RELAÇÃO VÃO PESO/VÃO VENTO (p.u.) : 0.7000
 3
 DENSIDADE ABSOLUTA DO AR (kg/m) : 1.1210

HISTOGRAMA DE VELOCIDADES HORÁRIA DO VENTO :

FREQUÊNCIA ABSOLUTA	VELOCIDADE VENTO (m/s)	FATOR EFETIVIDADE (p.u.)	ÂNGULO BALANÇO (Graus)
1.	22.38	0.400	20.49

NÚMERO DE PONTOS DO HISTOGRAMA : 1.

RESULTADOS PARA RIS IGUAL A : 0.9500

BRAÇO (m)	RISCO LATERAL (p.u.)	RISCO TOTAL (p.u.)
8.8000	0.285D-06	0.285D-06

ANEXO 2 – RISCO FALHA FASE-FASE

RISCO DE FALHA FASE - FASE

METODOLOGIA:

TRANSMISSION LINE REFERENCE BOOK 345 KV AND ABOVE, 2ND EDITION, 1982

TENSÃO DE REFERÊNCIA	V	= 408 KV
$V = 500 \cdot \sqrt{2} / \sqrt{3}$		
SOBRETENSÃO FASE-FASE	$V_{FF50\%}$	= 2,50 P.U.
DESVIO PADRÃO SOBRETENSÕES FASE-FASE	σ_S	= 0,15
CORREÇÃO PARA CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS	PADRÃO	= 0,95
$FCA_{man}^{90\%}$		
SOBRETENSÃO MÁXIMA FASE-FASE	S_2	= 3,42 P.U.
$S_2 = (V_{FF50\%} + 2 \times \sigma_S \times V_{FF50\%}) / FCA_{man}^{90\%}$		
DESVIO PADRÃO SUPORTABILIDADE	σ	= 0,05
ESPAÇAMENTOS SUBMETIDOS AO SURTO	N	= 1000
RISCO DE FALHA		= 1×10^{-4}
FATOR	R	= 1,45
SUPPORTABILIDADE ($V_{50\%}$), EM PU	CFO (PU)	= 4,96 P.U.
$CFO (PU) = R \times S_2$		
SUPPORTABILIDADE ($V_{50\%}$), EM KV	CFO (KV)	= 2025 KV
$CFO (KV) = V \times CFO (PU)$		
SUPPORTABILIDADE, VALOR ADOTADO, EM KV	CFO (KV)	= 2050 KV
ESPAÇAMENTO FASE-FASE MÍNIMO, PARA $\alpha = 0,5$	$E_{FF \text{ MIN}}$	= 4,95 M

ANEXO 3 - FLASH

----- S H I E L D I N G C A L C U L A T I O N -----

Value of BETA used = .8999999761581421
 THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 1 IS 21.68 DEGREES
 THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 1 IS -41.68 DEGREES

 THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 2 IS 22.20 DEGREES
 THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 2 IS -55.00 DEGREES

----- B A C K F L A S H C A L C U L A T I O N -----

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

----- F I N A L R E S U L T S -----

THE BACKFLASHOVER RATE = 0.7200 FLASHOVERS/100 KM
= 1.1500 FLASHOVERS/100 MI

THE SHIELDING FAILURE
FLASHOVER RATE = 0.0000 FLASHOVERS/100 KM
= 0.0000 FLASHOVERS/100 MI

TOTAL FLASHOVER RATE = 0.7200 FLASHOVERS/100 KM
= 1.1500 FLASHOVERS/100 MI

*****V

ANEXO 4 – ESPAÇAMENTOS MÍNIMOS PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA

Table 441-2

AC Live Work Minimum Approach Distance With Transient Overvoltage Factor

Distance to employee in meters, phase-to-ground work in Air, barehand, and clear live-line tool							
Maximum anticipated per-unit transient overvoltage factor T	Maximum phase-to-phase voltage in kV						
	72.5 to 121.0	121.1 to 145.0	145.1 to 169.0	196.1 to 242.0	242.1 to 362.0	362.1 to 550.0	550.1 to 800
1,5	0,72	0,73	0,80	1,01	1,36	1,96	3,16
1,6	0,79	0,76	0,83	1,05	1,43	2,12	3,46
1,7	0,86	0,78	0,86	1,10	1,50	2,28	3,78
1,8	0,93	0,81	0,90	1,15	1,57	2,45	4,11
1,9	1,01	0,84	0,93	1,20	1,64	2,62	4,45
2,0	1,07	0,87	0,96	1,24	1,71	2,82	4,84
2,1	1,10	0,90	0,99	1,29	1,78	3,01	5,22
2,2	1,12	0,92	1,03	1,34	1,88	3,20	5,60
2,3	1,14	0,95	1,06	1,38	1,98	3,40	6,00
2,4	1,16	0,98	1,09	1,43	2,08	3,61	6,46
2,5	1,18	1,01	1,12	1,48	2,19	3,84	6,89
2,6	1,20	1,04	1,16	1,52	2,30	4,06	
2,7	1,23	1,06	1,19	1,57	2,41	4,30	
2,8	1,25	1,09	1,22	1,62	2,54	4,56	
2,9	1,27	1,12	1,26	1,66	2,65	4,80	
3,0	1,29	1,15	1,29	1,71	2,77	5,07	

Fonte: Referência [8]

ANEXO 5 – CONFIGURAÇÃO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	ISOLADORES	3
3.	ISOLAMENTO PARA TENSÃO OPERATIVA	4
4.	ISOLAMENTO PARA SOBRETENSÕES DE MANOBRA	6
5.	ISOLAMENTO PARA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	9
6.	ISOLAMENTO PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA	9
7.	DESLOCAMENTO ADMITIDO PARA A CADEIA DE ISOLADORES EM REPOUSO ..	10
8.	CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA DE SUSPENSÃO PREDOMINANTE	10
9.	REFERÊNCIAS.....	11
	ANEXO 1 – RISCO – LT – RISCO FALHA FASE-TERRA.....	12
	ANEXO 2 – RISCO FALHA FASE-FASE.....	14
	ANEXO 3 - FLASH	16
	ANEXO 4 – ESPAÇAMENTOS MÍNIMOS PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA	21
	ANEXO 5 – CONFIGURAÇÃO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE	23

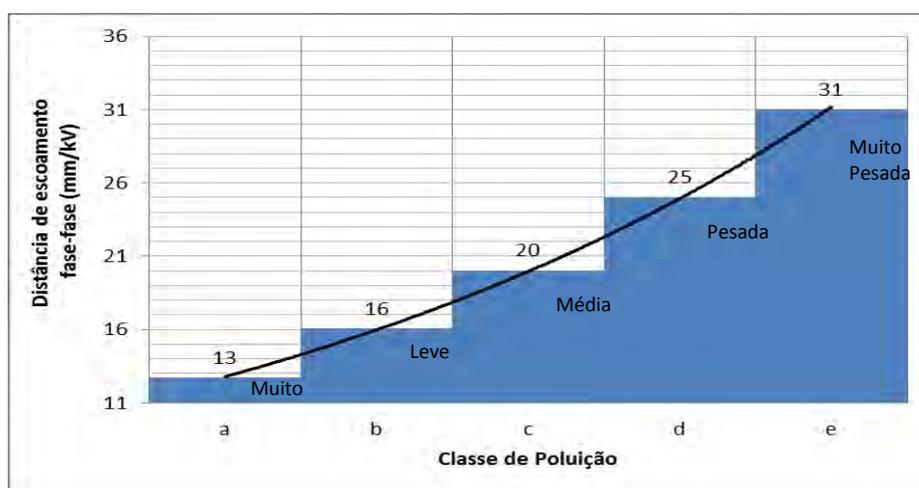
1. OBJETIVO

- 1.1. Definir os parâmetros básicos para o dimensionamento do isolamento da LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2 em circuito simples pertencentes ao Lote 16 do Leilão 013/2015 – 2º parte.

2. ISOLADORES

2.1. Características Principais e Quantidade Mínima por Cadeia

- 2.1.1 A distância de escoamento específica das cadeias deve atender os requisitos do Edital, tendo como base a IEC 60815.
- 2.1.2 O valor mínimo remete ao nível de poluição “leve” (nível b) da publicação IEC 60815 [1], para o qual é recomendada uma distância de escoamento específica de 16 mm/kV fase-fase.



- 2.1.3 Para as cadeias de suspensão, passagem e ancoragem dos condutores está sendo considerada a utilização de isoladores com as características descritas na tabela 2 que tem os cálculos das cargas mecânicas apresentados na referencia [10]. A quantidade de isoladores é calculada a seguir :

$$N = \frac{V_{\max} \cdot D_e}{D_i} \text{ onde:}$$

N		número mínimo de isoladores da cadeia
V_{\max}	550 kV	tensão máxima de operação, fase-fase
D_e	16 mm/kV	distância de escoamento específica fase-fase
D_i 160, 210 e 240	380 mm	distância de escoamento, isolador de 160, 210 e 240 kN

Tabela 2 - Isoladores

Característica			
Carga de ruptura	160 kN	210 kN	240 kN
Engate concha-bola	IEC 60120 - 20	IEC 60120 - 20	IEC 60120-24
Diâmetro do disco	280 mm	280 mm	280 mm
Diâmetro do pino	21 mm	21 mm	21 mm
Passo	170 mm	170 mm	170 mm
Distância de escoamento (Di)	380 mm	380 mm	380 mm
N - Núm. Mín. Isoladores Cad. Suspensão	23	23	23
N - Núm. Mín. Isoladores Cad. Ancoragem	24		

2.1.4 A configuração final adotada para as cadeias é indicada a seguir.

Tabela 3 – Cadeia de Isoladores					
Suspensão				Ancoragem	
Leve	Pesada		Jumper	Dupla	
I	I	v		Meio de linha	Terminal
1x23(210 kN)	1x23(240 kN)	2x23(240 kN)	1x23(160 kN)	4x24(160 kN)	4x24(160 kN)

3. ISOLAMENTO PARA TENSÃO OPERATIVA

3.1 Ângulo de Balanço das Cadeias

3.1.1 O Edital especifica que o isolamento à tensão máxima operativa deve ser dimensionado considerando o balanço da cadeia de isoladores sob ação de vento com período de retorno de, no mínimo, 30 anos.

3.1.2 Para o cálculo do ângulo de balanço está sendo adotada a metodologia indicada no item 10.1.4.3 da referência [2] e, velocidade do vento com período de retorno de 50 anos.

3.1.3 Com base no critério indicado no item 3.1.2 anterior é definido a seguir o ângulo de balanço das cadeias de suspensão em alinhamento.

$$tg\beta = k \frac{q_o \cdot d}{p(V/H)} \quad \text{onde:}$$

- d diâmetro do condutor (m) [9]
- p peso unitário do condutor(kgf/m) [9]
- V/H relação (vão de peso)/(vão de vento) em alinhamento
- q_o Pressão Dinâmica(kgf/m²) [3]
- K figura 7 da referência (pu) [2]

Parâmetros					Ângulo β	
d	p	V/H	q_0	k	Calculado	Adotado
(mm)	(kgf/m)	(pu)	(kgf/m ²)	(pu)	(graus)	(graus)
26,78	1,172	0,70	68	0,32	35,1°	36°

3.1.4 Considerando a ação do ventos nas cadeias, o ângulo de aplicação das estruturas e a tração horizontal de incidência no cabo temos a seguinte expressão:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{N_c \cdot 2 \cdot H_{\max} \cdot \sin(\alpha/2) + N_c \cdot k \cdot q_0 \cdot d \cdot V_v + F_{v_{\text{cad}}}/2}{N_c \cdot p \cdot V_p + P_{\text{cad}}/2}; \text{ onde:}$$

N_c	número de Condutores
H_{\max}	tração máxima no balanço do condutor
d	diâmetro do condutor [9]
p	peso unitário do condutor [9]
q_0	Pressão dinâmica [3]
k	figura 7 da referência [2]
P_{cad}	peso da cadeia de isoladores
$F_{v_{\text{cad}}}$	peso da cadeia de isoladores
V_v	vão de vento para ângulo máximo
V_p	vão de peso mínimo da estrutura
α	ângulo máximo da estrutura

Parâmetros					Ângulo β	
N_c	H_{\max}	α	V_v (V_p)	P_{cad} ($F_{v_{\text{cad}}}$)	Calculado	Adotado
(quant)	(kgf)	(graus)	(m)	(kgf)	(graus)	(graus)
6	3450	2°	472 (401)	200 (84,88)	39,58°	40°

3.2 Espaçamento Fase - Terra

3.2.1 A solicitação elétrica máxima fase-terra a 60 Hz, valor de pico, é dada pela expressão:

$$V_s = V_{\text{máx}} \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$$

3.2.2 Usualmente as curvas ou equações aplicáveis aos valores de suportabilidade elétrica dos espaçamentos fase-terra fornecem a tensão com 50% de probabilidade de descarga, referida a condições atmosféricas padronizadas.

3.2.3 Torna-se necessário, portanto, calcular V50% a partir de V_s conforme indicado a seguir:

$$V_{50\%} = V_s \cdot \frac{k_1}{k_2} \quad \text{onde:}$$

- $V_{50\%}$ tensão fase-terra, valor de pico, a 60 Hz, com 50% de probabilidade de ocorrência de descarga
- V_s conforme item 3.2.1 acima
- k_1 fator de correção para reduzir a probabilidade de ocorrência de descargas a nível compatível com a confiabilidade desejada para a LT
- k_2 fator de correção para as condições atmosféricas da região atravessada pela LT ($FCA_{60Hz}^{99\%}$)

3.2.4 Para a linha de transmissão em estudo está sendo adotado para k_1 valor que situe $V_{50\%}$ três desvios padrão acima de V_s .

3.2.5 Considerando que a distribuição de tensões disruptivas a 60 Hz é normal e que seu desvio padrão é 3%, tem-se:

$$k_1 = \frac{1}{1 - 3 \times 0,03} = 1,10$$

$V_{m\acute{a}x}$	V_s	k_2	$V_{50\%}$	$V_{50\%}$ Adotado	L_{60Hz} (*)
(kV)	(kV)	(pu)	(kV)	(kV)	(m)
550	449,07	0,92	536,94	550	1,10

(*) Espaçamento fase-terra corresponde a tensão $V_{50\%}$ [6] [7] associado ao ângulo de balanço das cadeias (β) das respectivas LT, conforme Tabela 5

4. ISOLAMENTO PARA SOBRETENSÕES DE MANOBRA

4.1 Ângulo de Balanço das Cadeias

4.1.1 Para cálculo do ângulo de balanço está sendo adotada a mesma metodologia apresentada no item 3.1 anterior, associada a velocidade do vento com período de retorno de 2 anos (vento frequente).

4.1.2 São indicados a seguir os parâmetros e resultados:

Parâmetros					Ângulo β	
d	p	V/H	q_0	k	Calculado	Adotado
(mm)	(kgf/m)	(pu)	(kgf/m ²)	(pu)	(graus)	(graus)
26,78	1,172	0,70	29	0,40	20,28°	21°

4.1.3 Considerando a ação do ventos nas cadeias, o ângulo de aplicação das estruturas e a tração horizontal de incidência está sendo adotada a mesma metodologia apresentada no item 3.1.4:

Tabela 8 - Ângulo de Balanço das Estruturas Predominantes em ângulo						
Parâmetros					Ângulo β	
Nc	H _{Max}	α	V _v (Vp)	P _{cad} (FV _{cad})	Calculado	Adotado
(quant)	(kgf)	(graus)	(m)	(kgf)	(graus)	(graus)
6	2300	2°	472 (401)	200 (36,20)	25,28°	26°

4.2 Espaçamentos Fase - Terra

4.2.1 Para tensão do surto ocorrendo na LT em estudo está sendo adotado o seguinte valor:

$$V_S = V_N \times F_{surto} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}, \text{ onde:}$$

V_S tensão de surto fase-terra da LT

V_N tensão fase-fase nominal da LT

F_{surto} fator de surto (máxima sobretensão conforme estudos do R2) [12] [13] [14] [15]

Tabela 9 – Tensão de Surto		
V_N	F_{surto}	V_s
(kV)		(kV)
500	2,1	857,32

4.2.2 De modo análogo ao mostrado no item 3.2 anterior o espaçamento para surtos de manobra está sendo calculado de modo que $V_{50\%}$ fique situado 3 desvios padrão acima de V_s ($\sigma=0,05$), devidamente corrigido para as condições atmosféricas características da região atravessada pela LT [4] [5], ou seja:

$$V_{50\%} = V_S \frac{1}{1 - 3\sigma k}$$

Tabela 10 - $V_{50\%}$	
k	$V_{50\%}$ Adotado
(pu)	(kV)
0,95	1062

4.2.3 Essa tensão corresponde aos seguintes espaçamentos fase-terra [6] [7]:

$$L_{SM} = \frac{8 V_{50\%}}{3400k - V_{50\%}} \text{ onde:}$$

- k = 1,35 para espaçamento condutor-estrutura, disposição lateral das fases
- k = 1,20 para espaçamento condutor-estrutura, disposição fase central
- k = 1,40 para espaçamento condutor-estai

Resultando nos seguintes espaçamentos fase-terra:

Tabela 11 – Espaçamento Fase-Terra –Surto Manobra		
Espaçamento Fase-Terra (L_{SM})		
Condutor-Estrutura (*)		Condutor-Estai
Fases Laterais	Fase Central	
(m)	(m)	(m)
2,41	2,81	2,30

(*) Espaçamento condutor – estrutura está associado ao ângulo de balanço das cadeias β para cada LT.

4.3 Risco de Falha Fase – Terra

- 4.3.1 O Edital especifica os riscos máximos para falhas fase-terra devido a manobras de religamento e manobras de energização.
- 4.3.2 A Tabela 12 a seguir apresenta os riscos de falha calculados utilizando o programa RISCO-LT (Anexo 1):

Tabela 12 – Risco da Falha	
Risco de Falha calculado	Risco de Falha Edital
$0,285 \times 10^{-6}$	1×10^{-3}

- 4.3.3 Conforme pode ser observado o risco total de falha obtido atende ao valor máximo especificado no Edital.

4.4 Risco de Falha Fase – Fase

- 4.4.1 A LT em estudo utilizam estruturas convencionais autoportantes e/ou estaiadas, com distâncias entre fases suficientemente grandes para tornar altamente improvável uma descarga provocada por surtos fase-fase.
- 4.4.2 Utilizando a metodologia constante da referência [6] e adotando valores conservativos para as variáveis consideradas foram calculados os espaçamentos fase-fase que seriam necessários para o menor risco de falha para um circuito (10^{-4}) especificado no Edital.
- 4.4.3 Conforme Anexo 2 tem-se os seguintes resultados:

Tabela 13 – Espaçamento entre Fases para Risco 10^{-4} (Estabelecido no Edital)	
Espaçamento entre Fases (m)	
Estrutura	Espaçamento mínimo para Risco máximo de 10^{-4}
6,5	4,95

4.4.4 Os espaçamentos entre fases atendem aos limites de risco de falha fase-fase especificados no Edital.

5. ISOLAMENTO PARA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

5.1 Dados de Entrada

5.1.1 Para avaliação do desempenho da LT quando submetida a surtos atmosféricos foi utilizado o programa FLASH versão. 1.6 .Os dados de entrada adotados para o cálculo são indicados a seguir:

Tabela 14 – Dados de Entrada					
Nível Cerâmico	Estrutura de Referência	Dist. Isolam. (m)	Vão Médio (m)	Flecha (m)	
				Condutor	Para-Raios
60	Anexo 4	3,7	510	21,87	18,83

5.2 Desempenho Calculado

5.2.1 A partir dos parâmetros acima foi calculado o desempenho da LT utilizando o programa FLASH 1.6. O relatório de saída consta do Anexo 3 e é resumido a seguir, considerando que o aterramento da LT apresente resistência de aterramento com valor médio menor ou igual a 20Ω . Quando forem feitas as medições de resistividade poderá ser feita uma nova avaliação com redistribuição das resistências conforme resultados obtidos.

Tabela 15 – Taxa de Desligamentos		
Taxa de desligamentos por 100 km por ano		
Descargas Diretas	Descargas Indiretas	Total
0,00	0,72	0,72

5.2.2 O total de desligamentos por descargas atmosféricas para a LT é inferior a um desligamento por 100 km por ano, conforme Edital [11] .

6. ISOLAMENTO PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA

- 6.1. O Anexo 4 reproduz a tabela 441-2 do NESC/2002 [8] contendo os espaçamentos mínimos recomendados para operações de manutenção em linha viva.
- 6.2. Para os trabalhos em linha viva, são bloqueados os circuitos de religamento, de forma a não haver surtos de manobra para essa condição.
- 6.3. Para efeito das distâncias para manutenção em linha viva adotou-se o fator de surto de 2,0 p.u conforme referencia [12] e, considerando uma parcela de 0,8 m para movimentos inadvertidos do técnico da manutenção, tem-se a seguinte distância fase-terra mínima para as LT:

Tabela 16 – Distâncias de Manutenção	
LT	$L_{manut} (*)$ (m)
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	3,7
(*) Distâncias associadas as cadeias em repouso, sem vento	

7. DESLOCAMENTO ADMITIDO PARA A CADEIA DE ISOLADORES EM REPOUSO

7.1. Para o cálculo do ângulo de deslocamento da cadeia em repouso, está sendo considerado o ângulo máximo de aplicação da torre de suspensão predominante, sem vento, associado a um vão de peso indicados abaixo.

7.2. Com base nesse critério, o ângulo de balanço (β) é calculado pela seguinte expressão:

$$tg\beta = \frac{2xHxsen(\alpha/2)}{p \times VP} , \text{ onde:}$$

H Tração EDS

α Ângulo máximo da torre de suspensão

p Peso unitário do condutor

VP Vão de peso adotado no cálculo

Tabela 17 – Ângulos de Balanço sem Vento	
α (graus)	Balanço sem vento
2°	11°
(*) Distâncias associadas as cadeias em repouso, sem vento	

8. CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA DE SUSPENSÃO PREDOMINANTE

8.1. Configuração Geométrica:

A configuração geométrica do topo da estrutura de suspensão predominante da LT é apresentada no Anexo 5.

9. REFERÊNCIAS

- 1 IEC 60815 – Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions.
- 2 NBR 5422 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 3 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0004 VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO , preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 4 IEC 60060.1 – High-voltage test techniques.
- 5 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0003 DADOS CLIMATOLÓGICOS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 6 Transmission line reference book, 345 kV and above, second edition, 1982.
- 7 Lignes aériennes à haute et très haute tension — règles d’isolation.
- 8 ANSI C2/2002 - National Electrical Safety Code
- 9 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0005 CONDUTOR E PÁRA-RAIOS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 10 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0010 ISOLADORES E FERRAGENS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 11 Anexo 6-14 a 6-19 – Edital – Leilão 13/2015 - 2ª parte da ANEEL
- 12 R2 - Estudos para definição das características básicas da LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2

ANEXO 1 – RISCO – LT – RISCO FALHA FASE-TERRA

 * PROGRAMA RISCO-LT VERSÃO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PÁGINA - 1*
 LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C2 10-03-2017

DIÂMETRO DO CABO CONDUTOR (cm) : 2.6780
 PESO LINEAR DO CABO CONDUTOR (kg/m) : 1.1720
 ESP. HORIZ. ENTRE OS CONDUTORES DO FEIXE (m) : 1.0500
 ESP. VERT. ENTRE OS CONDUTORES DO FEIXE (m) : 1.2900
 DIST. ESTRUT. SUPER./FIXAÇÃO ISOL. (m) : 0.1000
 COMPRIMENTO DE BALANÇO CADEIA ISOL+FERR (m) : 7.4300
 ÂNGULO ESTRUTURA SUPERIOR/HORIZONTAL (Graus) : 0.0000
 ÂNGULO ESTRUTURA LATERAL/VERTICAL (Graus) : -10.0000
 BRAÇO MÍNIMO DA ESTRUTURA (m) : 8.8000
 PASSO DO BRAÇO DA ESTRUTURA (m) : 0.1000
 BRAÇO MÁXIMO DA ESTRUTURA (m) : 8.8000
 ESPESSURA DA ESTRUTURA (m) : 1.2000
 FATOR MULTPL. CURVA SUPORTABILIDADE (p.u.) : 1.0000
 RIS MÍNIMO (p.u.) : 0.9500
 PASSO DE RIS (p.u.) : 0.1000
 RIS MÁXIMO (p.u.) : 0.9500
 DESVIO PADRÃO SUPORTABILIDADE (p.u.) : 0.0500
 DESVIO PADRÃO SOLICITAÇÃO (p.u.) : 0.0500

SOLICITAÇÃO (kV) X No.DE GAPS SUJEITOS À SOLICITAÇÃO:

857.32	216
816.50	216
775.67	216

RELAÇÃO VÃO PESO/VÃO VENTO (p.u.) : 0.7000
 3
 DENSIDADE ABSOLUTA DO AR (kg/m) : 1.1210

HISTOGRAMA DE VELOCIDADES HORÁRIA DO VENTO :

FREQUÊNCIA ABSOLUTA	VELOCIDADE VENTO (m/s)	FATOR EFETIVIDADE (p.u.)	ÂNGULO BALANÇO (Graus)
1.	22.38	0.400	20.49

NÚMERO DE PONTOS DO HISTOGRAMA : 1.

RESULTADOS PARA RIS IGUAL A : 0.9500

BRAÇO (m)	RISCO LATERAL (p.u.)	RISCO TOTAL (p.u.)
8.8000	0.285D-06	0.285D-06

ANEXO 2 – RISCO FALHA FASE-FASE

RISCO DE FALHA FASE - FASE

METODOLOGIA:

TRANSMISSION LINE REFERENCE BOOK 345 KV AND ABOVE, 2ND EDITION, 1982

TENSÃO DE REFERÊNCIA	V	= 408 KV
$V = 500 \cdot \sqrt{2} / \sqrt{3}$		
SOBRETENSÃO FASE-FASE	$V_{FF50\%}$	= 2,50 P.U.
DESVIO PADRÃO SOBRETENSÕES FASE-FASE	σ_S	= 0,15
CORREÇÃO PARA CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS	PADRÃO	= 0,95
$FCA_{man}^{90\%}$		
SOBRETENSÃO MÁXIMA FASE-FASE	S_2	= 3,42 P.U.
$S_2 = (V_{FF50\%} + 2 \times \sigma_S \times V_{FF50\%}) / FCA_{man}^{90\%}$		
DESVIO PADRÃO SUPORTABILIDADE	σ	= 0,05
ESPAÇAMENTOS SUBMETIDOS AO SURTO	N	= 1000
RISCO DE FALHA		= 1×10^{-4}
FATOR	R	= 1,45
SUPPORTABILIDADE ($V_{50\%}$), EM PU	CFO (PU)	= 4,96 P.U.
$CFO (PU) = R \times S_2$		
SUPPORTABILIDADE ($V_{50\%}$), EM KV	CFO (KV)	= 2025 KV
$CFO (KV) = V \times CFO (PU)$		
SUPPORTABILIDADE, VALOR ADOTADO, EM KV	CFO (KV)	= 2050 KV
ESPAÇAMENTO FASE-FASE MÍNIMO, PARA $\alpha = 0,5$	$E_{FF MIN}$	= 4,95 M

ANEXO 3 - FLASH

----- S H I E L D I N G C A L C U L A T I O N -----

Value of BETA used = .8999999761581421
 THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 1 IS 21.68 DEGREES
 THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 1 IS -41.68 DEGREES

 THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 2 IS 22.20 DEGREES
 THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 2 IS -55.00 DEGREES

----- B A C K F L A S H C A L C U L A T I O N -----

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

----- F I N A L R E S U L T S -----

THE BACKFLASHOVER RATE = 0.7200 FLASHOVERS/100 KM
= 1.1500 FLASHOVERS/100 MI

THE SHIELDING FAILURE
FLASHOVER RATE = 0.0000 FLASHOVERS/100 KM
= 0.0000 FLASHOVERS/100 MI

TOTAL FLASHOVER RATE = 0.7200 FLASHOVERS/100 KM
= 1.1500 FLASHOVERS/100 MI

*****V

ANEXO 4 – ESPAÇAMENTOS MÍNIMOS PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA

Table 441-2
AC Live Work Minimum Approach Distance With Transient Overvoltage Factor

Distance to employee in meters, phase-to-ground work in Air, barehand, and clear live-line tool							
Maximum anticipated per-unit transient overvoltage factor T	Maximum phase-to-phase voltage in kV						
	72.5 to 121.0	121.1 to 145.0	145.1 to 169.0	196.1 to 242.0	242.1 to 362.0	362.1 to 550.0	550.1 to 800
1,5	0,72	0,73	0,80	1,01	1,36	1,96	3,16
1,6	0,79	0,76	0,83	1,05	1,43	2,12	3,46
1,7	0,86	0,78	0,86	1,10	1,50	2,28	3,78
1,8	0,93	0,81	0,90	1,15	1,57	2,45	4,11
1,9	1,01	0,84	0,93	1,20	1,64	2,62	4,45
2,0	1,07	0,87	0,96	1,24	1,71	2,82	4,84
2,1	1,10	0,90	0,99	1,29	1,78	3,01	5,22
2,2	1,12	0,92	1,03	1,34	1,88	3,20	5,60
2,3	1,14	0,95	1,06	1,38	1,98	3,40	6,00
2,4	1,16	0,98	1,09	1,43	2,08	3,61	6,46
2,5	1,18	1,01	1,12	1,48	2,19	3,84	6,89
2,6	1,20	1,04	1,16	1,52	2,30	4,06	
2,7	1,23	1,06	1,19	1,57	2,41	4,30	
2,8	1,25	1,09	1,22	1,62	2,54	4,56	
2,9	1,27	1,12	1,26	1,66	2,65	4,80	
3,0	1,29	1,15	1,29	1,71	2,77	5,07	

Fonte: Referência [8]

ANEXO 5 – CONFIGURAÇÃO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE

02	15/05/17	Atendimento aos comentários da EP	AQ	JCS	
01	03/05/17	Resposta aos comentários da EP	AQ	JCS	
00	31/03/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 6 SPE SA					
PROJETO BÁSICO					
ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	31/03/17
TÍTULO					
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2 Lote 16 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL RELATÓRIO COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO					
Nº DOCUMENTO				FOLHA	REVISÃO
RE-EQT6-L601-PB-ELM-0009-R02				1 de 24	02

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	ISOLADORES	3
3.	ISOLAMENTO PARA TENSÃO OPERATIVA	4
4.	ISOLAMENTO PARA SOBRETENSÕES DE MANOBRA	6
5.	ISOLAMENTO PARA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	9
6.	ISOLAMENTO PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA	9
7.	DESLOCAMENTO ADMITIDO PARA A CADEIA DE ISOLADORES EM REPOUSO ..	10
8.	CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA DE SUSPENSÃO PREDOMINANTE	10
9.	REFERÊNCIAS.....	11
	ANEXO 1 – RISCO – LT – RISCO FALHA FASE-TERRA.....	12
	ANEXO 2 – RISCO FALHA FASE-FASE.....	14
	ANEXO 3 - FLASH	16
	ANEXO 4 – ESPAÇAMENTOS MÍNIMOS PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA	21
	ANEXO 5 – CONFIGURAÇÃO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE	23

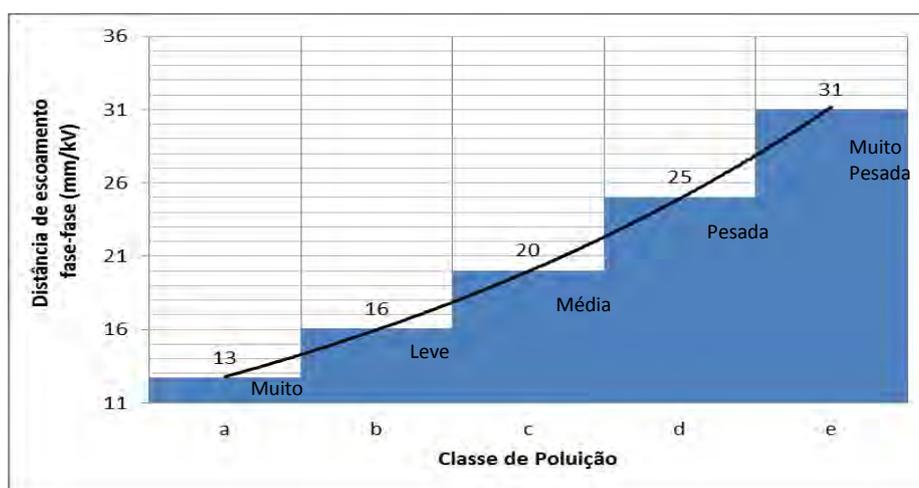
1. OBJETIVO

- 1.1. Definir os parâmetros básicos para o dimensionamento do isolamento da LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2 em circuito simples pertencentes ao Lote 16 do Leilão 013/2015 – 2º parte.

2. ISOLADORES

2.1. Características Principais e Quantidade Mínima por Cadeia

- 2.1.1 A distância de escoamento específica das cadeias deve atender os requisitos do Edital, tendo como base a IEC 60815.
- 2.1.2 O valor mínimo remete ao nível de poluição “leve” (nível b) da publicação IEC 60815 [1], para o qual é recomendada uma distância de escoamento específica de 16 mm/kV fase-fase.



- 2.1.3 Para as cadeias de suspensão, passagem e ancoragem dos condutores está sendo considerada a utilização de isoladores com as características descritas na tabela 2 que tem os cálculos das cargas mecânicas apresentados na referencia [10]. A quantidade de isoladores é calculada a seguir :

$$N = \frac{V_{\text{máx}} \cdot D_e}{D_i} \text{ onde:}$$

N		número mínimo de isoladores da cadeia
V _{máx}	550 kV	tensão máxima de operação, fase-fase
D _e	16 mm/kV	distância de escoamento específica fase-fase
D _i 160, 210 e 240	380 mm	distância de escoamento, isolador de 160, 210 e 240 kN

Tabela 2 - Isoladores

Característica			
Carga de ruptura	160 kN	210 kN	240 kN
Engate concha-bola	IEC 60120 - 20	IEC 60120 - 20	IEC 60120-24
Diâmetro do disco	280 mm	280 mm	280 mm
Diâmetro do pino	21 mm	21 mm	24 mm
Passo	170 mm	170 mm	170 mm
Distância de escoamento (Di)	380 mm	380 mm	380 mm
N - Núm. Mín. Isoladores Cad. Suspensão	23	23	23
N - Núm. Mín. Isoladores Cad. Ancoragem	24		

2.1.4 A configuração final adotada para as cadeias é indicada a seguir.

Tabela 3 – Cadeia de Isoladores					
Suspensão				Ancoragem	
Leve	Pesada		Jumper	Dupla	
I	I	v		Meio de linha	Terminal
1x23(210 kN)	1x23(240 kN)	2x23(240 kN)	1x23(160 kN)	4x24(160 kN)	4x24(160 kN)

3. ISOLAMENTO PARA TENSÃO OPERATIVA

3.1 Ângulo de Balanço das Cadeias

3.1.1 O Edital especifica que o isolamento à tensão máxima operativa deve ser dimensionado considerando o balanço da cadeia de isoladores sob ação de vento com período de retorno de, no mínimo, 30 anos.

3.1.2 Para o cálculo do ângulo de balanço está sendo adotada a metodologia indicada no item 10.1.4.3 da referência [2] e, velocidade do vento com período de retorno de 50 anos.

3.1.3 Com base no critério indicado no item 3.1.2 anterior é definido a seguir o ângulo de balanço das cadeias de suspensão em alinhamento.

$$tg\beta = k \frac{q_o \cdot d}{p(V/H)} \quad \text{onde:}$$

- d diâmetro do condutor (m) [9]
- p peso unitário do condutor(kgf/m) [9]
- V/H relação (vão de peso)/(vão de vento) em alinhamento
- q_o Pressão Dinâmica(kgf/m²) [3]
- K figura 7 da referência (pu) [2]

Parâmetros					Ângulo β	
d	p	V/H	q _o	k	Calculado	Adotado
(mm)	(kgf/m)	(pu)	(kgf/m ²)	(pu)	(graus)	(graus)
26,78	1,172	0,70	68	0,32	35,1°	36°

3.1.4 Considerando a ação do ventos nas cadeias, o ângulo de aplicação das estruturas e a tração horizontal de incidência no cabo temos a seguinte expressão:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{N_c \cdot 2 \cdot H_{\max} \cdot \sin(\alpha/2) + N_c \cdot k \cdot q_o \cdot d \cdot V_v + F_{v_{\text{cad}}}/2}{N_c \cdot p \cdot V_p + P_{\text{cad}}/2}; \text{ onde:}$$

N _c	número de Condutores
H _{max}	tração máxima no balanço do condutor
d	diâmetro do condutor [9]
p	peso unitário do condutor [9]
q _o	Pressão dinâmica [3]
k	figura 7 da referência [2]
P _{cad}	peso da cadeia de isoladores
F _{v_{cad}}	peso da cadeia de isoladores
V _v	vão de vento para ângulo máximo
V _p	vão de peso mínimo da estrutura
α	ângulo máximo da estrutura

Parâmetros					Ângulo β	
N _c	H _{Max}	α	V _v (V _p)	P _{cad} (F _{v_{cad}})	Calculado	Adotado
(quant)	(kgf)	(graus)	(m)	(kgf)	(graus)	(graus)
6	3450	2°	472 (401)	200 (84,88)	39,58°	40°

3.2 Espaçamento Fase - Terra

3.2.1 A solicitação elétrica máxima fase-terra a 60 Hz, valor de pico, é dada pela expressão:

$$V_s = V_{m\acute{a}x} \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$$

3.2.2 Usualmente as curvas ou equações aplicáveis aos valores de suportabilidade elétrica dos espaçamentos fase-terra fornecem a tensão com 50% de probabilidade de descarga, referida a condições atmosféricas padronizadas.

3.2.3 Torna-se necessário, portanto, calcular V50% a partir de V_s conforme indicado a seguir:

$$V_{50\%} = V_s \cdot \frac{k_1}{k_2} \quad \text{onde:}$$

- $V_{50\%}$ tensão fase-terra, valor de pico, a 60 Hz, com 50% de probabilidade de ocorrência de descarga
- V_s conforme item 3.2.1 acima
- k_1 fator de correção para reduzir a probabilidade de ocorrência de descargas a nível compatível com a confiabilidade desejada para a LT
- k_2 fator de correção para as condições atmosféricas da região atravessada pela LT ($FCA_{60Hz}^{99\%}$)

3.2.4 Para a linha de transmissão em estudo está sendo adotado para k_1 valor que situe $V_{50\%}$ três desvios padrão acima de V_s .

3.2.5 Considerando que a distribuição de tensões disruptivas a 60 Hz é normal e que seu desvio padrão é 3%, tem-se:

$$k_1 = \frac{1}{1 - 3 \times 0,03} = 1,10$$

$V_{m\acute{a}x}$	V_s	k_2	$V_{50\%}$	$V_{50\%}$ Adotado	L_{60Hz} (*)
(kV)	(kV)	(pu)	(kV)	(kV)	(m)
550	449,07	0,92	536,94	550	1,10

(*) Espaçamento fase-terra corresponde a tensão $V_{50\%}$ [6] [7] associado ao ângulo de balanço das cadeias (β) das respectivas LT, conforme Tabela 5

4. ISOLAMENTO PARA SOBRETENSÕES DE MANOBRA

4.1 Ângulo de Balanço das Cadeias

4.1.1 Para cálculo do ângulo de balanço está sendo adotada a mesma metodologia apresentada no item 3.1 anterior, associada a velocidade do vento com período de retorno de 2 anos (vento frequente).

4.1.2 São indicados a seguir os parâmetros e resultados:

Parâmetros					Ângulo β	
d	p	V/H	q_0	k	Calculado	Adotado
(mm)	(kgf/m)	(pu)	(kgf/m ²)	(pu)	(graus)	(graus)
26,78	1,172	0,70	29	0,40	20,28°	21°

4.1.3 Considerando a ação do ventos nas cadeias, o ângulo de aplicação das estruturas e a tração horizontal de incidência está sendo adotada a mesma metodologia apresentada no item 3.1.4:

Tabela 8 - Ângulo de Balanço das Estruturas Predominantes em ângulo						
Parâmetros					Ângulo β	
Nc	H _{Max}	α	V _v (Vp)	P _{cad} (F _{Vcad})	Calculado	Adotado
(quant)	(kgf)	(graus)	(m)	(kgf)	(graus)	(graus)
6	2300	2°	472 (401)	200 (36,20)	25,28°	26°

4.2 Espaçamentos Fase - Terra

4.2.1 Para tensão do surto ocorrendo na LT em estudo está sendo adotado o seguinte valor:

$$V_s = V_n \times F_{surto} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}, \text{ onde:}$$

V_s tensão de surto fase-terra da LT

V_n tensão fase-fase nominal da LT

F_{surto} fator de surto (máxima sobretensão conforme estudos do R2) [12] [13] [14] [15]

Tabela 9 – Tensão de Surto		
V_n	F_{surto}	V_s
(kV)		(kV)
500	2,1	857,32

4.2.2 De modo análogo ao mostrado no item 3.2 anterior o espaçamento para surtos de manobra está sendo calculado de modo que $V_{50\%}$ fique situado 3 desvios padrão acima de V_s ($\sigma=0,05$), devidamente corrigido para as condições atmosféricas características da região atravessada pela LT [4] [5], ou seja:

$$V_{50\%} = V_s \frac{1}{1 - 3\sigma k}$$

Tabela 10 - $V_{50\%}$	
k	$V_{50\%}$ Adotado
(pu)	(kV)
0,95	1062

4.2.3 Essa tensão corresponde aos seguintes espaçamentos fase-terra [6] [7]:

$$L_{SM} = \frac{8 V_{50\%}}{3400k - V_{50\%}} \text{ onde:}$$

- k = 1,35 para espaçamento condutor-estrutura, disposição lateral das fases
- k = 1,20 para espaçamento condutor-estrutura, disposição fase central
- k = 1,40 para espaçamento condutor-estai

Resultando nos seguintes espaçamentos fase-terra:

Tabela 11 – Espaçamento Fase-Terra –Surto Manobra		
Espaçamento Fase-Terra (L_{SM})		
Condutor-Estrutura (*)		Condutor-Estai
Fases Laterais	Fase Central	
(m)	(m)	(m)
2,41	2,81	2,30
(*) Espaçamento condutor – estrutura está associado ao ângulo de balanço das cadeias β para cada LT.		

4.3 Risco de Falha Fase – Terra

4.3.1 O Edital especifica os riscos máximos para falhas fase-terra devido a manobras de religamento e manobras de energização.

4.3.2 A Tabela 12 a seguir apresenta os riscos de falha calculados utilizando o programa RISCO-LT (Anexo 1):

Tabela 12 – Risco da Falha	
Risco de Falha calculado	Risco de Falha Edital
$0,285 \times 10^{-6}$	1×10^{-3}

4.3.3 Conforme pode ser observado o risco total de falha obtido atende ao valor máximo especificado no Edital.

4.4 Risco de Falha Fase – Fase

4.4.1 A LT em estudo utilizam estruturas convencionais autoportantes e/ou estaiadas, com distâncias entre fases suficientemente grandes para tornar altamente improvável uma descarga provocada por surtos fase-fase.

4.4.2 Utilizando a metodologia constante da referência [6] e adotando valores conservativos para as variáveis consideradas foram calculados os espaçamentos fase-fase que seriam necessários para o menor risco de falha para um circuito (10^{-4}) especificado no Edital.

4.4.3 Conforme Anexo 2 tem-se os seguintes resultados:

Tabela 13 – Espaçamento entre Fases para Risco 10^{-4} (Estabelecido no Edital)	
Espaçamento entre Fases (m)	
Estrutura	Espaçamento mínimo para Risco máximo de 10^{-4}
6,5	4,95

4.4.4 Os espaçamentos entre fases atendem aos limites de risco de falha fase-fase especificados no Edital.

5. ISOLAMENTO PARA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

5.1 Dados de Entrada

5.1.1 Para avaliação do desempenho da LT quando submetida a surtos atmosféricos foi utilizado o programa FLASH versão. 1.6 .Os dados de entrada adotados para o cálculo são indicados a seguir:

Tabela 14 – Dados de Entrada					
Nível Cerâmico	Estrutura de Referência	Dist. Isolam. (m)	Vão Médio (m)	Flecha (m)	
				Condutor	Para-Raios
60	Anexo 4	3,7	510	21,87	18,83

5.2 Desempenho Calculado

5.2.1 A partir dos parâmetros acima foi calculado o desempenho da LT utilizando o programa FLASH 1.6. O relatório de saída consta do Anexo 3 e é resumido a seguir, considerando que o aterramento da LT apresente resistência de aterramento com valor médio menor ou igual a 20Ω . Quando forem feitas as medições de resistividade poderá ser feita uma nova avaliação com redistribuição das resistências conforme resultados obtidos.

Tabela 15 – Taxa de Desligamentos		
Taxa de desligamentos por 100 km por ano		
Descargas Diretas	Descargas Indiretas	Total
0,00	0,72	0,72

5.2.2 O total de desligamentos por descargas atmosféricas para a LT é inferior a um desligamento por 100 km por ano, conforme Edital [11].

6. ISOLAMENTO PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA

- 6.1. O Anexo 4 reproduz a tabela 441-2 do NESC/2002 [8] contendo os espaçamentos mínimos recomendados para operações de manutenção em linha viva.
- 6.2. Para os trabalhos em linha viva, são bloqueados os circuitos de religamento, de forma a não haver surtos de manobra para essa condição.
- 6.3. Para efeito das distâncias para manutenção em linha viva adotou-se o fator de surto de 2,0 p.u conforme referencia [12] e, considerando uma parcela de 0,8 m para movimentos inadvertidos do técnico da manutenção, tem-se a seguinte distância fase-terra mínima para as LT:

Tabela 16 – Distâncias de Manutenção	
LT	$L_{manut} (*)$ (m)
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2	3,7
(*) Distâncias associadas as cadeias em repouso, sem vento	

7. DESLOCAMENTO ADMITIDO PARA A CADEIA DE ISOLADORES EM REPOUSO

7.1. Para o cálculo do ângulo de deslocamento da cadeia em repouso, está sendo considerado o ângulo máximo de aplicação da torre de suspensão predominante, sem vento, associado a um vão de peso indicados abaixo.

7.2. Com base nesse critério, o ângulo de balanço (β) é calculado pela seguinte expressão:

$$tg\beta = \frac{2xHxsen(\alpha/2)}{p \times VP} , \text{ onde:}$$

- H Tração EDS
- α Ângulo máximo da torre de suspensão
- p Peso unitário do condutor
- VP Vão de peso adotado no cálculo

Tabela 17 – Ângulos de Balanço sem Vento	
α (graus)	Balanço sem vento
2°	11°
(*) Distâncias associadas as cadeias em repouso, sem vento	

8. CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA DE SUSPENSÃO PREDOMINANTE

8.1. Configuração Geométrica:

A configuração geométrica do topo da estrutura de suspensão predominante da LT é apresentada no Anexo 5.

9. REFERÊNCIAS

- 1 IEC 60815 – Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions.
- 2 NBR 5422 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 3 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0004 VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO , preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 4 IEC 60060.1 – High-voltage test techniques.
- 5 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0003 DADOS CLIMATOLÓGICOS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 6 Transmission line reference book, 345 kV and above, second edition, 1982.
- 7 Lignes aériennes à haute et très haute tension — règles d'isolation.
- 8 ANSI C2/2002 - National Electrical Safety Code
- 9 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0005 CONDUTOR E PÁRA-RAIOS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 10 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0010 ISOLADORES E FERRAGENS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 11 Anexo 6-14 a 6-19 – Edital – Leilão 13/2015 - 2ª parte da ANEEL
- 12 R2 - Estudos para definição das características básicas da LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2

ANEXO 1 – RISCO – LT – RISCO FALHA FASE-TERRA

 * PROGRAMA RISCO-LT VERSÃO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PÁGINA - 1*
 LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C2 10-03-2017

DIÂMETRO DO CABO CONDUTOR (cm): 2.6780
 PESO LINEAR DO CABO CONDUTOR (kg/m): 1.1720
 ESP. HORIZ. ENTRE OS CONDUTORES DO FEIXE (m): 1.0500
 ESP. VERT. ENTRE OS CONDUTORES DO FEIXE (m): 1.2900
 DIST. ESTRUT. SUPER./FIXAÇÃO ISOL. (m): 0.1000
 COMPRIMENTO DE BALANÇO CADEIA ISOL+FERR (m): 7.4300
 ÂNGULO ESTRUTURA SUPERIOR/HORIZONTAL (Graus): 0.0000
 ÂNGULO ESTRUTURA LATERAL/VERTICAL (Graus): -10.0000
 BRAÇO MÍNIMO DA ESTRUTURA (m) : 8.8000
 PASSO DO BRAÇO DA ESTRUTURA (m) : 0.1000
 BRAÇO MÁXIMO DA ESTRUTURA (m) : 8.8000
 ESPESSURA DA ESTRUTURA (m) : 1.2000
 FATOR MULTPL. CURVA SUPORTABILIDADE (p.u.) : 1.0000
 RIS MÍNIMO (p.u.) : 0.9500
 PASSO DE RIS (p.u.) : 0.1000
 RIS MÁXIMO (p.u.) : 0.9500
 DESVIO PADRÃO SUPORTABILIDADE (p.u.) : 0.0500
 DESVIO PADRÃO SOLICITAÇÃO (p.u.) : 0.0500

SOLICITAÇÃO(kV) X No.DE GAPS SUJEITOS À SOLICITAÇÃO:
 857.32 216
 816.50 216
 775.67 216

RELAÇÃO VÃO PESO/VÃO VENTO (p.u.) : 0.7000
 3
 DENSIDADE ABSOLUTA DO AR (kg/m) : 1.1210

HISTOGRAMA DE VELOCIDADES HORÁRIA DO VENTO :

FREQUÊNCIA ABSOLUTA	VELOCIDADE VENTO (m/s)	FATOR EFETIVIDADE (p.u.)	ÂNGULO BALANÇO (Graus)
1.	22.38	0.400	20.49

NÚMERO DE PONTOS DO HISTOGRAMA : 1.

RESULTADOS PARA RIS IGUAL A : 0.9500

BRAÇO (m)	RISCO LATERAL (p.u.)	RISCO TOTAL (p.u.)
8.8000	0.285D-06	0.285D-06

ANEXO 2 – RISCO FALHA FASE-FASE

RISCO DE FALHA FASE - FASE

METODOLOGIA:

TRANSMISSION LINE REFERENCE BOOK 345 KV AND ABOVE, 2ND EDITION, 1982

TENSÃO DE REFERÊNCIA $V = 500 \cdot \sqrt{2} / \sqrt{3}$ $V = 408 \text{ KV}$

SOBRETENSÃO FASE-FASE $V_{FF50\%} = 2,50 \text{ P.U.}$

DESVIO PADRÃO SOBRETENSÕES FASE-FASE $\sigma_S = 0,15$

CORREÇÃO PARA CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS PADRÃO $= 0,95$
 $FCA_{man}^{90\%}$

SOBRETENSÃO MÁXIMA FASE-FASE $S_2 = 3,42 \text{ P.U.}$

$$S_2 = (V_{FF50\%} + 2 \times \sigma_S \times V_{FF50\%}) / FCA_{man}^{90\%}$$

DESVIO PADRÃO SUPORTABILIDADE $\sigma = 0,05$

ESPAÇAMENTOS SUBMETIDOS AO SURTO $N = 1000$

RISCO DE FALHA $= 1 \times 10^{-4}$

FATOR $R = 1,45$

SUPPORTABILIDADE ($V_{50\%}$), EM PU $CFO(PU) = R \times S_2 = 4,96 \text{ P.U.}$

SUPPORTABILIDADE ($V_{50\%}$), EM KV $CFO(KV) = 2025 \text{ KV}$
 $CFO(KV) = V \times CFO(PU)$

SUPPORTABILIDADE, VALOR ADOTADO, EM KV $CFO(KV) = 2050 \text{ KV}$

ESPAÇAMENTO FASE-FASE MÍNIMO, PARA $\alpha = 0,5$ $E_{FF \text{ MIN}} = 4,95 \text{ M}$

ANEXO 3 - FLASH

----- S H I E L D I N G C A L C U L A T I O N -----

Value of BETA used = .8999999761581421
 THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 1 IS 21.68 DEGREES
 THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 1 IS -41.68 DEGREES

 THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 2 IS 22.20 DEGREES
 THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 2 IS -55.00 DEGREES

----- B A C K F L A S H C A L C U L A T I O N -----

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

----- F I N A L R E S U L T S -----

THE BACKFLASHOVER RATE = 0.7200 FLASHOVERS/100 KM
= 1.1500 FLASHOVERS/100 MI

THE SHIELDING FAILURE
FLASHOVER RATE = 0.0000 FLASHOVERS/100 KM
= 0.0000 FLASHOVERS/100 MI

TOTAL FLASHOVER RATE = 0.7200 FLASHOVERS/100 KM
= 1.1500 FLASHOVERS/100 MI

*****V

ANEXO 4 – ESPAÇAMENTOS MÍNIMOS PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA

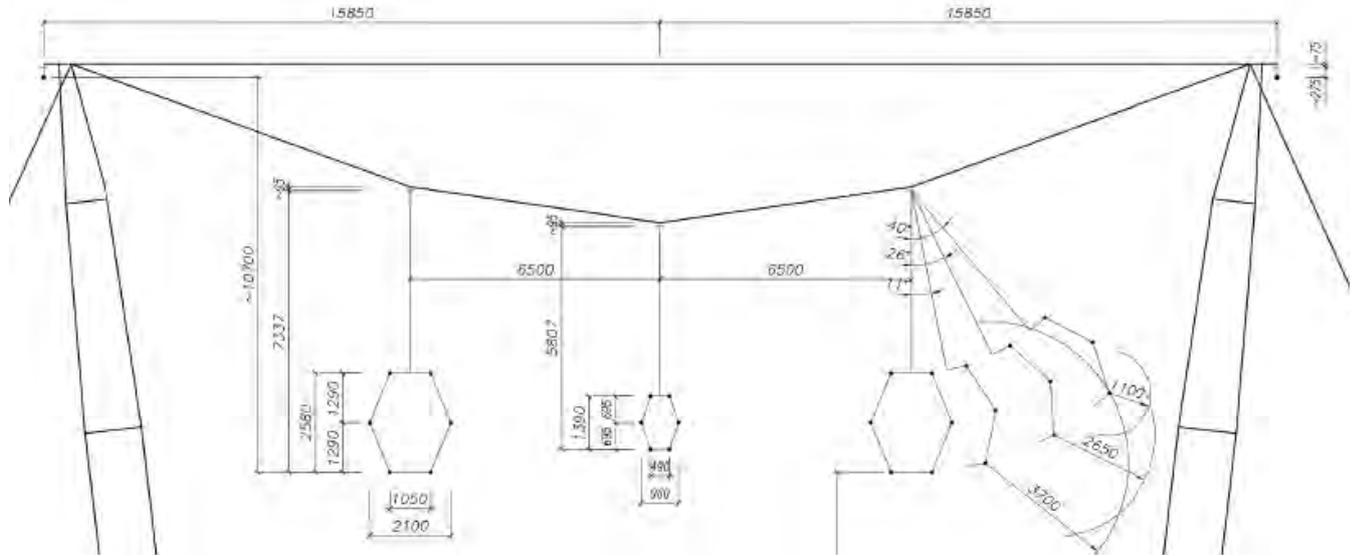
Table 441-2

AC Live Work Minimum Approach Distance With Transient Overvoltage Factor

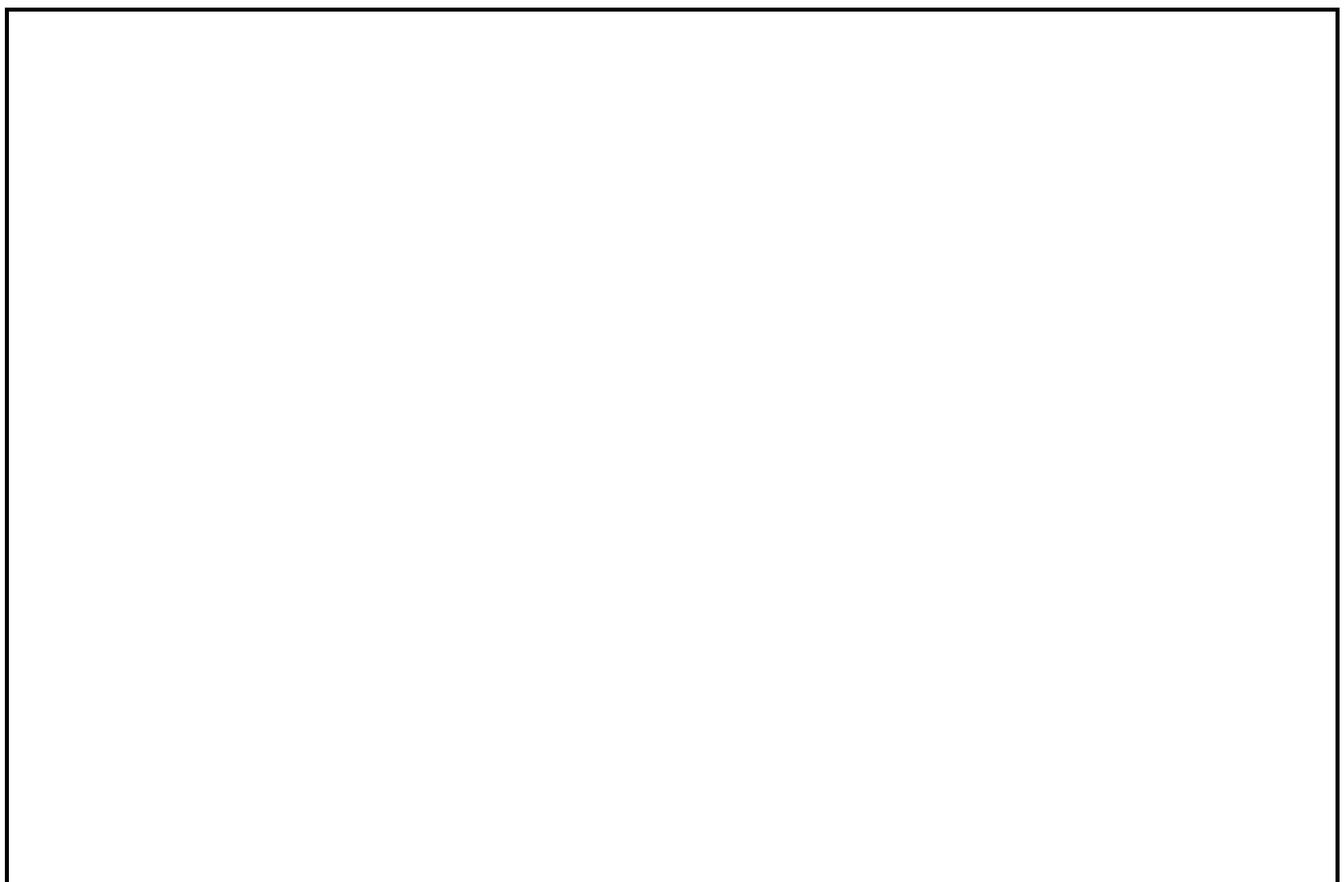
Distance to employee in meters, phase-to-ground work in Air, barehand, and clear live-line tool							
Maximum anticipated per-unit transient overvoltage factor T	Maximum phase-to-phase voltage in kV						
	72.5 to 121.0	121.1 to 145.0	145.1 to 169.0	196.1 to 242.0	242.1 to 362.0	362.1 to 550.0	550.1 to 800
1,5	0,72	0,73	0,80	1,01	1,36	1,96	3,16
1,6	0,79	0,76	0,83	1,05	1,43	2,12	3,46
1,7	0,86	0,78	0,86	1,10	1,50	2,28	3,78
1,8	0,93	0,81	0,90	1,15	1,57	2,45	4,11
1,9	1,01	0,84	0,93	1,20	1,64	2,62	4,45
2,0	1,07	0,87	0,96	1,24	1,71	2,82	4,84
2,1	1,10	0,90	0,99	1,29	1,78	3,01	5,22
2,2	1,12	0,92	1,03	1,34	1,88	3,20	5,60
2,3	1,14	0,95	1,06	1,38	1,98	3,40	6,00
2,4	1,16	0,98	1,09	1,43	2,08	3,61	6,46
2,5	1,18	1,01	1,12	1,48	2,19	3,84	6,89
2,6	1,20	1,04	1,16	1,52	2,30	4,06	
2,7	1,23	1,06	1,19	1,57	2,41	4,30	
2,8	1,25	1,09	1,22	1,62	2,54	4,56	
2,9	1,27	1,12	1,26	1,66	2,65	4,80	
3,0	1,29	1,15	1,29	1,71	2,77	5,07	

Fonte: Referência [8]

ANEXO 5 – CONFIGURAÇÃO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE



Estrutura Estaiada Leve Tipo V2CRL



Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
01	15/05/17	Atendimento aos comentários da EP	AQ	JCS	
00	24/04/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	



EQUATORIAL TRANSMISSORA 6 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	24/04/17

TÍTULO

**LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2
Lote 16 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO ISOLADORES E FERRAGENS**

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT6-L601-PB-ELM-0010-R01	1 de 25	01

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	Condutor e Cabos Para-Raios	3
2.1.	Configuração das Fases	3
2.2.	Característica dos Condutores e Para-raios	3
3.	ISOLADORES	4
3.1.	Tipos	4
3.2.	Calculo Mecânico das Cadeias	4
3.3.	Quantidade por Cadeia	4
3.4.	Materiais	4
3.5.	Ensaio de Tipo	4
3.6.	Ensaio de Rotina	5
3.7.	Ensaio de Aceitação	5
4.	FERRAGENS	5
4.1.	Cadeias de Suspensão e Ancoragem	5
4.2.	Emendas	7
4.3.	Espaçadores Amortecedores	7
4.4.	Amortecedores de Vibração	8
4.5.	Esferas de Sinalização	8
4.6.	Reparos	8
4.7.	Ferragens para Aterramento dos Cabos Para-raios	8
4.8.	Ferragens para Aterramento das Estruturas	8
5.	Ensaio De Tipo Para Ferragens	9
5.1.	Ensaio de RIV e Corona	9
5.2.	Ensaio de Arco de Potência	9
5.3.	Ensaio de Ciclo Térmico	9
5.4.	Ensaio de Escorregamento	9
5.5.	Ensaio de Resistência a Ruptura	10
5.6.	Ensaio dos Espaçadores Amortecedores	10
5.7.	Ensaio dos Amortecedores de Vibração	10
6.	Ensaio de Rotina Para Ferragens	10
6.1.	Peças Forjadas	10
6.2.	Peças Fundidas	10
6.3.	Chapas Trabalhadas	11
6.4.	Partes Não Metálicas	11
6.5.	Inspeção por Partículas Magnéticas	11
6.6.	Inspeção Radiográfica	11
7.	Ensaio de Aceitação para Ferragens	11
7.1.	Todas as Ferragens	11
7.2.	Cupilhas dos Engates Concha-Bola	12
7.3.	Espaçadores amortecedores	12
7.4.	Amortecedores de Vibração	12
7.5.	Esferas de Sinalização	12
8.	referências	12
	Anexo 1 – Desenhos das Cadeias	13
	Anexo 2 – Calculo de Cargas nos Isoladores	23

1. OBJETIVO

- 1.1 Definir as características principais para LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2, em circuito simples pertencente ao Lote 16 do Leilão 0013/2015 – 2º parte.
- 1.2 Este relatório procura definir os itens relacionados abaixo:
- Cadeias de isoladores e ferragens para suspensão e ancoragem dos condutores.
 - Cadeias de ferragens para suspensão e ancoragem dos cabos para-raios.
 - Acessórios para o condutor: espaçadores, amortecedores, emendas e reparos.
 - Acessórios para os cabos para-raios: amortecedores, emendas, reparos (cabos CAA), cordoalhas para aterramento e esferas de sinalização.
 - Acessórios para o fio contrapeso: conectores para emenda e para fixação às cantoneiras de ancoragem e às hastes de aterramento.

2. CONDUTOR E CABOS PARA-RAIOS

2.1. Configuração das Fases.

2.1.1 Cada fase da LT é formada por 6 condutores dispostos em feixe elíptico

2.1.2 A LT utiliza estruturas em circuito simples com dois cabos para-raios.

2.2. Característica dos Condutores e Para-raios.

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS DOS CABOS CONDUTORES							
Nome	TIPO (Norma)	BITOLA (kcmil)	FORMAÇÃO	Seção (mm ²)	Diâmetro (mm)	Peso (kgf/m)	Carga de Ruptura (kgf)
AAAC 1120 838 kcmil	AAAC Liga 1120 (AS 1531)	838	37 fios	425,16	26,78	1,172	9.471
Lupine (*)	AAC (AL 1350)	2500	91 fios	1266,76	46,31	3,542	18.900

(*) O cabo Lupine será utilizado apenas na cadeia de Jumper

TABELA 2 – CARACTERÍSTICAS DOS CABOS PARA-RAIOS							
TIPO	BITOLA	FORMAÇÃO	Classe Galvan.	Seção (mm ²)	Diâm. (mm)	Peso (kgf/m)	Carga de Ruptura (kgf)
CAA DOTTEREL	176,9 kcmil	12/7	A Engraxado	141,89	15,42	0,657	7.857
Aço zinc. EHS	3/8"	7 fios	B	51,08	9,14	0,407	6.985
OPGW 1 (Loose)	16,75 mm	12 fios aço-alumínio Tubo óptico metálico	-	159,00	16,75	0,768	9.888
OPGW 2 (Loose)	13,4 mm	9 fios aço-galvanizado Tubo óptico metálico	B	103,00	13,4	0,682	9.477

3. ISOLADORES

3.1. Tipos

3.1.1 Abaixo definido os tipos de isoladores a ser empregado na LT:

	Valor		
Carga de ruptura	160 kN	210 kN	240 kN
Engate concha-bola	IEC 60120 - 20	IEC 60120 - 20	IEC 60120 - 24
Diâmetro do disco	280 mm	280 mm	280 mm
Diâmetro do pino	21 mm	21 mm	24 mm
Passo	170 mm	170 mm	170 mm
Distância de escoamento	380 mm	380 mm	380 mm

3.2. Calculo Mecânico das Cadeias

3.2.1 O calculo das cargas mecânicas das ferragens e isoladores para a serie de estruturas da LT constam do anexo 2.

3.3. Quantidade por Cadeia

$N_{SUSP} = 23$ isoladores de 210 kN	ISC-21 (cadeia de suspensão fase central)
$N_{SUSP} = 23$ isoladores de 210 kN	ISL-21(cadeia de suspensão simples fase lateral)
$N_{SUSP} = 23$ isoladores de 210 kN	VSC-21(cadeia de suspensão em "V" fase central)
$N_{SUSP} = 23$ isoladores de 240 kN	ISL-24(cadeia de suspensão pesada fase lateral)
$N_{SUSP} = 23$ isoladores de 240 kN	VSC-24(cadeia de suspensão pesada em "V" fase central)
$N_{SUSP} = 23$ isoladores de 160 kN	IP-16 (cadeia de passagem (3 x lupine))
$N_{ANCO} = 4 \times 24$ isoladores de 160 kN	AQC-16 (cadeia quadrupla de ancoragem fase central)
$N_{ANCO} = 4 \times 24$ isoladores de 160 kN	AQL-16 (cadeia quadrupla de ancoragem fase lateral)

3.4. Materiais

- Dielétrico – vidro temperado ou porcelana obtida por via úmida.
- Campânulas – ferro fundido maleável ou nodular, zincado por imersão a quente.
- Pinos – aço forjado, zincado por imersão a quente.
- Cupilhas – aço inoxidável AISI 301, 302 ou 304.

3.5. Ensaio de Tipo

3.5.1 Os isoladores, individualmente, devem ser submetidos aos seguintes ensaios de acordo com as normas técnicas aplicáveis. :

- a) Tensão disruptiva à frequência industrial, a seco e sob chuva.
- b) Tensão crítica de descarga sob impulso atmosférico, positiva e negativa.
- c) Perfuração Elétrica sob Impulso de Ar
- d) Tensão de rádio interferência.
- e) Carga mantida de 24 horas.
- f) Resistência ao impacto.

- g) Resistência residual.
- h) Desempenho termomecânico.
- i) Verificação dimensional.

3.6. Ensaios de Rotina

3.6.1 Todos os isoladores, individualmente, devem ser submetidos aos seguintes ensaios de rotina de acordo com as normas técnicas aplicáveis:

- a) Inspeção visual.
- b) Ensaio mecânico de rotina.
- c) Ensaio elétrico de rotina (somente para isoladores de porcelana).
- d) Choque térmico (somente para peças de vidro temperado, antes da montagem).

3.7. Ensaios de Aceitação

3.7.1 Os isoladores e as cupilhas devem ser submetidos aos ensaios de aceitação relacionados a seguir, por amostragem, de acordo com as normas técnicas aplicáveis.

3.6.1.1 Ensaios de Aceitação dos Isoladores

- a) Verificação dimensional.
- b) Verificação dos deslocamentos axial e radial.
- c) Ciclo de temperatura (somente para isoladores de porcelana).
- d) Carga de ruptura eletromecânica (somente para isoladores de porcelana).
- e) Carga de ruptura mecânica (somente para isoladores de vidro temperado).
- f) Choque térmico (somente para isoladores de vidro temperado).
- g) Perfuração sob impulso.
- h) Porosidade (somente para isoladores de porcelana).
- i) Zincagem (peso e uniformidade da camada de zinco).

3.6.1.2 Ensaios de Aceitação das Cupilhas

- a) Inspeção visual
- b) Verificação dimensional.
- c) Resistência ao dobramento.
- d) Dureza.
- e) Operação.

4. FERRAGENS

4.1. Cadeias de Suspensão e Ancoragem

4.1.1 Todos os componentes das cadeias de fixação do condutor e dos cabos pára-raios, exceto grampos de suspensão e ancoragem, devem ser fabricados em aço forjado ou, alternativamente, em ferro fundido maleável ou nodular, e zincados por imersão a quente. Todos os componentes das cadeias de isoladores deverão ser produzidos e ensaiados conforme normas técnicas constantes neste projeto básico. Os componentes e acessórios deverão atender aos limites térmicos de operação das linhas.

4.1.2 As cupilhas das conexões tipo concha-bola e os contrapinos utilizados nos pinos e parafusos devem ser de aço inoxidável AISI 301, 302 ou 304.

- 4.1.3 Os grampos de suspensão do condutor e dos cabos para-raios CAA devem ser constituídos por berço e calha fabricados em liga de alumínio. O grampo de suspensão para o cabo 3/8" EAR poderá ser fabricado em liga de alumínio ou aço forjado.
- 4.1.4 As cadeias de suspensão dos condutores e dos cabos para-raios devem utilizar armaduras de vergalhões pré-formados ou, alternativamente, grampos de suspensão tipo AGS (armor-grip suspension). Os vergalhões utilizados nas cadeias dos cabos CAA devem ser fabricados em liga de alumínio, com hélice à direita; os utilizados nas cadeias do cabo 3/8" EAR devem ser fabricadas em aço zincado a quente, classe A, com hélice à esquerda. As cadeias de passagem não utilizam armaduras pré-formadas.
- 4.1.5 Os grampos de ancoragem do condutor e cabos para-raios devem ser do tipo à compressão.
- 4.1.6 Todas as ferragens com engates tipo concha-bola devem ser compatíveis com os correspondentes isoladores e cadeias especificados no capítulo 3.
- 4.1.7 As cadeias de suspensão e ancoragem do condutor devem ser projetadas de modo a permitir o uso de ferramentas para manutenção em linha viva.
- 4.1.8 Os componentes das cadeias do condutor situados no lado energizado devem ser projetados de modo a:
- reduzir ao mínimo o efeito corona;
 - suportar, sem perda de suas características elétricas e mecânicas, as temperaturas de longa e curta duração previstas para o condutor (2).
- 4.1.9 As cadeias de suspensão e ancoragem do condutor devem ser submetidas aos ensaios de RIV/Corona e Arco de Potência descritos nos itens 5.1 e 5.2 deste relatório.
- 4.1.10 As cadeias de suspensão "1" devem atender o desempenho especificado nos itens 5.1 e 5.2, preferencialmente, sem utilizar anéis. Os anéis, caso utilizados, devem ter formato e fixação aos balancins que permitiam sua colocação e retirada utilizando ferramentas de manutenção em linha viva.
- 4.1.11 As cadeias de ancoragem devem ser providas de anéis anticorona no lado energizado para permitir uma melhor distribuição do campo elétrico. O formato dos anéis e os detalhes de fixação aos balancins deverão ser compatibilizados com as distâncias fase-terra previstas no projeto das linhas de transmissão e sua fixação aos balancins devem permitir sua colocação e retirada utilizando ferramentas de manutenção em linha viva.
- 4.1.12 São indicadas a seguir as cargas mínimas de ruptura dos componentes das cadeias de fixação do condutor e dos cabos para-raios:

Componente	Carga de Ruptura
Cadeias de suspensão e ancoragem dos para-raios	120 kN
Cadeia de suspensão ISC-21, ISL-21 e VSC-21	210 kN
Cadeia de suspensão ISL-24 e VSC-24	240 kN
Cadeia de passagem IP-16	160 kN

Componente	Carga de Ruptura
Cadeia de ancoragem quádrupla ADC-16 e ADL-16 (aplicada na torre de ancoragem meio de linha)	
peças em linha com uma penca de isoladores	160 kN
peças em linha com um condutor	120 kN
peças suportando as quatro pencas de isoladores ou os dois subcondutores	640 kN
Grampos de ancoragem do condutor e para-raios	A carga de ruptura (e/ou a carga de escorregamento) deve ser, no mínimo, 95% da carga de ruptura do cabo ao qual se destinam.
Grampos de suspensão do condutor e para-raios	A carga de ruptura deve ser, no mínimo, 60% da carga de ruptura do cabo ao qual se destinam.

4.1.13 Os grampos de suspensão, com os parafusos de fixação da calha apertados com o torque recomendado pelo fabricante, devem ter uma resistência ao escorregamento igual a, no mínimo, 25% da carga de ruptura do cabo ao qual se destinam.

4.1.14 Os grampos de suspensão devem ser projetados de modo que o ângulo de saída dos cabos, em ambos os lados, seja $\geq 15^\circ$.

4.1.15 As características dimensionais básicas das cadeias de suspensão e ancoragem do condutor e cabos para-raios são apresentadas nos desenhos constantes do Anexo 1.

4.2. Emendas

4.2.1 As emendas do condutor e cabos para-raios podem ser do tipo a compressão ou constituídas por varetas pré-formadas externas e de enchimento (caso necessário) em liga de alumínio, com hélice à direita (cabos CAA) e varetas pré-formadas em aço zincado a quente, com hélice à esquerda (alma de aço dos cabos CAA e cabo 3/8" EAR).

4.2.2 As emendas devem ter uma resistência, tanto a ruptura como ao escorregamento, igual a, no mínimo, 95% da carga de ruptura do cabo ao qual se destinam.

4.3. Espaçadores Amortecedores

4.3.1 A LT utiliza espaçadores amortecedores dispostos nos condutores conforme item 2.1.1. Os espaçadores amortecedores devem ser instalados no ponto médio dos vãos superiores a 300 m ou a cada terço do vão, em vãos superiores a 700 m.

4.3.2 Os espaçadores amortecedores devem permitir sua instalação ou retirada utilizando ferramentas de manutenção em linha viva, sem a completa separação de seus componentes. Deve ser possível retirar e reinstalar os grampos sem danificar os parafusos de fixação ou os condutores.

4.3.3 O sistema de grampeamento deve ser projetado de forma a garantir que a tampa não deslize quando for apertada e que o torque dado na instalação será mantido ao longo de toda a vida útil da LT, mesmo após a deformação plástica do condutor decorrente de ciclos térmicos, envelhecimento, etc. Com esse objetivo o sistema de

grampeamento deve incluir um mecanismo de armazenamento de energia que compense a deformação plástica dos fios de alumínio.

4.4. Amortecedores de Vibração

- 4.4.1 Os amortecedores de vibração utilizados nos condutores e cabos para-raios CAA e 3/8 "EAR devem ser do tipo Stockbridge.
- 4.4.2 Os amortecedores de vibração utilizados nos cabos para-raios OPGW devem ser do tipo preformado SVD.
- 4.4.3 Os amortecedores devem ser capazes de amortecer efetivamente as vibrações eólicas, sem o auxílio de outros acessórios. Essa capacidade de amortecimento deve ser comprovada através dos ensaios de tipo relacionados no item 5.7 deste relatório.
- 4.4.4 Os grampos de fixação do amortecedor nos cabos CAA devem ser de liga de alumínio. Os amortecedores destinados ao cabo 3/8" EAR poderão utilizar grampos de aço zincado a quente.
- 4.4.5 Cada peso do amortecedor deve possuir um orifício de drenagem posicionado na parte inferior do mesmo, quando instalado. O cabo mensageiro deve ser do tipo EAR, zincado a quente, classe A, com limite de fadiga não inferior a 15 kgf/mm².

4.5. Esferas de Sinalização

- 4.5.1 As esferas a serem instaladas nos cabos para-raios devem ter 60 cm de diâmetro, espessura não inferior a 2,5 mm e atender os requisitos da norma NBR 15237 no que se refere aos materiais utilizados e ao detalhamento do projeto. Devem ser fabricadas na cor laranja internacional (Munsell 2.5 YR 6/14).
- 4.5.2 As esferas devem ser projetadas para instalação nos cabos para-raios de tal forma que não se movimentem ao longo do cabo durante a vida útil da LT.

4.6. Reparos

- 4.6.1 Os reparos utilizados no condutor e nos cabos para-raios CAA devem ser constituídos por varetas pré-formadas em liga de alumínio, com hélice à direita.
- 4.6.2 O conjunto de varetas aplicáveis ao condutor deve ser projetado com pontas chanfradas de modo a reduzir o efeito corona.

4.7. Ferragens para Aterramento dos Cabos Para-raios

- 4.7.1 Os cabos para-raios devem ser solidamente aterrados em todas as estruturas utilizando cordoalha de cobre estanhado fixada aos grampos de suspensão ou ancoragem dos cabos e à estrutura.
- 4.7.2 O comprimento da cordoalha e as dimensões de seus terminais devem ser definidos em função da configuração definitiva dos conjuntos de suspensão e ancoragem dos cabos para-raios.

4.8. Ferragens para Aterramento das Estruturas

- 4.8.1 Serão utilizadas as seguintes hastes de aterramento conforme o tipo de contrapeso a ser utilizado:
 - a) Cabo contrapeso de aço zincado 3/8" SM: haste de aterramento L40X40X5 mm, de comprimento 2400 mm, com conector de aterramento Ø M12;

5. ENSAIOS DE TIPO PARA FERRAGENS

5.1. Ensaio de RIV e Corona

- 5.1.1 As cadeias de suspensão e ancoragem do condutor devem ser submetidas a ensaios de RIV e Corona conforme indicado a seguir. Devem também ser submetidos a esses ensaios os acessórios do condutor, ou seja, espaçadores amortecedores, amortecedores, emendas e reparos pré-formados.
- 5.1.2 As cadeias devem ser montadas no laboratório em estruturas que reproduzam a configuração das torres utilizadas na linha de transmissão de modo a simular as condições reais de operação e os correspondentes gradientes elétricos nos condutores.
- 5.1.3 As cadeias de suspensão e ancoragem, os espaçadores amortecedores, os amortecedores, as emendas e os reparos pré-formados não deverão apresentar corona visível quando submetidos a uma tensão fase-terra de 335 kV, 60 Hz, valor eficaz.
- 5.1.4 Para as cadeias de suspensão e ancoragem do condutor as tensões de RIV, medidas conforme norma NEMA 107, deverão ser inferiores a 500 μ V estando as cadeias submetidas a uma tensão fase-terra de 320 kV, 60 Hz, valor eficaz.
- 5.1.5 Para os espaçadores amortecedores, amortecedores, emendas e reparos pré-formados do condutor, ensaiados nas mesmas condições e submetidos à mesma tensão fase-terra indicada no item 5.1.4 acima, as tensões de RIV, medidas conforme norma NEMA 107, devem ser inferiores a 200 μ V.

5.2. Ensaio de Arco de Potência

- 5.2.1 Devem ser realizados ensaios de arco de potência em protótipos dos conjuntos de suspensão e ancoragem aplicáveis ao condutor. O arranjo do laboratório e dos conjuntos sendo ensaiados deve reproduzir as condições de utilização das cadeias na LT, principalmente no que se refere às distâncias entre partes vivas e aterradas e ao circuito de retorno da corrente.
- 5.2.2 Um protótipo de cada conjunto deve ser submetido a três correntes de arco de 50 kA, valor eficaz, alimentação desbalanceada e duração de 0,10 s, 0,10 s e 0,30 s.
- 5.2.3 Um segundo protótipo de cada conjunto deve ser submetido a três correntes de arco de 10 kA, valor eficaz, alimentação balanceada e duração de 0,20 s, 0,20 s e 0,50 s.
- 5.2.4 Os conjuntos de suspensão e ancoragem do condutor serão considerados aprovados se, após os ensaios:
- a) Não ocorrer a separação de nenhum componente ou isolador das cadeias;
 - b) As cargas de ruptura dos componentes afetados pelos arcos forem superiores a 80% do valor mínimo garantido pelo Fornecedor.

5.3. Ensaio de Ciclo Térmico

- 5.3.1 Devem ser submetidos ao ensaio os grampos de ancoragem à compressão e terminais de passagem e os conjuntos de emenda do condutor. O ensaio deve ser realizado de acordo com a norma NEMA C119.4, método CCT, classe C (125 ciclos).

5.4. Ensaio de Escorregamento

- 5.4.1 Os grampos de suspensão devem ser submetidos a ensaios que permitam relacionar a carga de escorregamento com o torque aplicado aos parafusos de fixação da calha.

5.5. Ensaio de Resistência a Ruptura

5.5.1 Os componentes das cadeias de suspensão e ancoragem do condutor e cabos para-raios e os conjuntos de emenda do condutor e cabos para-raios devem ser submetidos a ensaios de ruptura para comprovar seu atendimento às cargas de projeto. As cargas devem ser aplicadas aos componentes de modo a reproduzir as condições de operação, quando instalados na linha de transmissão.

5.6. Ensaios dos Espaçadores Amortecedores

5.6.1 Protótipos dos espaçadores amortecedores devem ser submetidos aos ensaios relacionados a seguir conforme especificado nas normas técnicas aplicáveis. O projeto do espaçador amortecedor deverá atender os parâmetros definidos na Norma IEC 61854::

- a) Exame visual.
- b) Verificação dimensional.
- c) Escorregamento do grampo.
- d) Aperto dos parafusos de fixação dos grampos nos cabos.
- e) Simulação de corrente de curto-circuito e ensaios de tração e compressão.
- f) Flexibilidade.
- g) Fadiga (vibração eólica, duração 10^8 ciclos).
- h) Resistência elétrica.

5.7. Ensaios dos Amortecedores de Vibração

5.7.1 Protótipos dos amortecedores a serem utilizados nos condutores e cabos pára-raios devem ser submetidos aos ensaios relacionados a seguir conforme especificado nas normas técnicas aplicáveis:

- a) Exame visual.
- b) Verificação dimensional.
- c) Escorregamento do grampo.
- d) Aperto do parafuso de fixação do grampo nos cabos.
- e) Fixação dos pesos no cabo mensageiro.
- f) Fixação do grampo no cabo mensageiro.
- g) Capacidade de amortecimento.
- h) Resistência à fadiga.

6. ENSAIOS DE ROTINA PARA FERRAGENS

6.1. Peças Forjadas

- | | |
|----------------------------|--|
| a) Matéria prima | exame visual e ensaios mecânicos e químicos. |
| b) Após forjadas | exame visual e dimensional, ensaios metalográficos. |
| c) Após tratamento térmico | ensaios mecânicos e metalográficos. |
| d) Após zincagem | espessura, acabamento e aderência da camada de zinco. |
| e) Peças acabadas | exame visual e dimensional, ensaios mecânicos, compatibilidade com outras peças. |

6.2. Peças Fundidas

- | | |
|------------------|---------------------------------|
| a) Matéria prima | exame visual e análise química. |
|------------------|---------------------------------|

- b) Após fundidas exame visual e dimensional.
- c) Após tratamento térmico ensaios mecânicos e metalográficos.
- d) Após zincagem espessura, acabamento e aderência da camada de zinco.
- e) Peças acabadas exame visual e dimensional, ensaios mecânicos, compatibilidade com outras peças.

6.3. Chapas Trabalhadas

- a) Matéria prima exame visual e dimensional, ensaios mecânicos e análise química.
- b) Após operações de corte, furação e dobramento exame visual e dimensional
- c) Após tratamento térmico e soldagem (se aplicável) exame visual e dimensional, exame das soldas.
- d) Após zincagem espessura, acabamento e aderência da camada de zinco.
- e) Peças acabadas exame visual e dimensional, ensaios mecânicos, compatibilidade com outras peças.

6.4. Partes Não Metálicas

- a) Matéria prima análise química.
- b) Durante a fabricação propriedades elétricas e mecânicas.
- c) Peças acabadas *exame visual e dimensional, compatibilidade com outras peças.*

6.5. Inspeção por Partículas Magnéticas

6.5.1 Antes da zincagem amostras das peças fundidas e forjadas de material ferroso devem ser submetidas à inspeção magnética de acordo com a norma ASTM E709 utilizando a magnetização circular e longitudinal pelo método contínuo.

6.5.2 Todas as seções de uma peça devem ser inspecionadas, inclusive parafusos e pinos. Devem ser utilizadas partículas magnéticas fluorescentes como meio de inspeção.

6.6. Inspeção Radiográfica

O ensaio deve ser efetuado em amostras dos grampos de suspensão fabricados em liga de alumínio. As condições internas dos grampos devem ser verificadas com base nos padrões definidos na norma ASTM E155.

7. ENSAIOS DE ACEITAÇÃO PARA FERRAGENS

Os materiais acabados devem ser submetidos aos ensaios de aceitação especificados nos itens 7.1 a 7.5 de acordo com as normas técnicas aplicáveis.

7.1. Todas as Ferragens

7.1.1 Todos os tipos de ferragens devem ser submetidos aos seguintes ensaios, por amostragem:

- a) Exame visual.
- b) Verificação dimensional (acabamento, encaixe e dimensões).
- c) Resistência mecânica à ruptura.
- d) Zincagem (espessura, acabamento e aderência da camada de zinco).

7.1.2 Adicionalmente cada tipo específico de material deve ser submetido, por amostragem, aos ensaios relacionados nos itens 7.2 a 7.5 a seguir.

7.2. Cupilhas dos Engates Concha–Bola

- a) Dobramento.
- b) Dureza.
- c) Operação.

7.3. Espaçadores amortecedores

- a) Escorregamento do grampo.
- b) Aperto dos parafusos de fixação dos grampos nos condutores.

7.4. Amortecedores de Vibração

- a) Escorregamento do grampo.
- b) Aperto dos parafusos de fixação do grampo nos cabos.
- c) Fixação dos pesos no cabo mensageiro.
- d) Fixação do grampo no cabo mensageiro.

7.5. Esferas de Sinalização

- a) Resistência ao impacto.
- b) Aderência da pintura.
- c) Escorregamento.
- d) Torque nos parafusos.

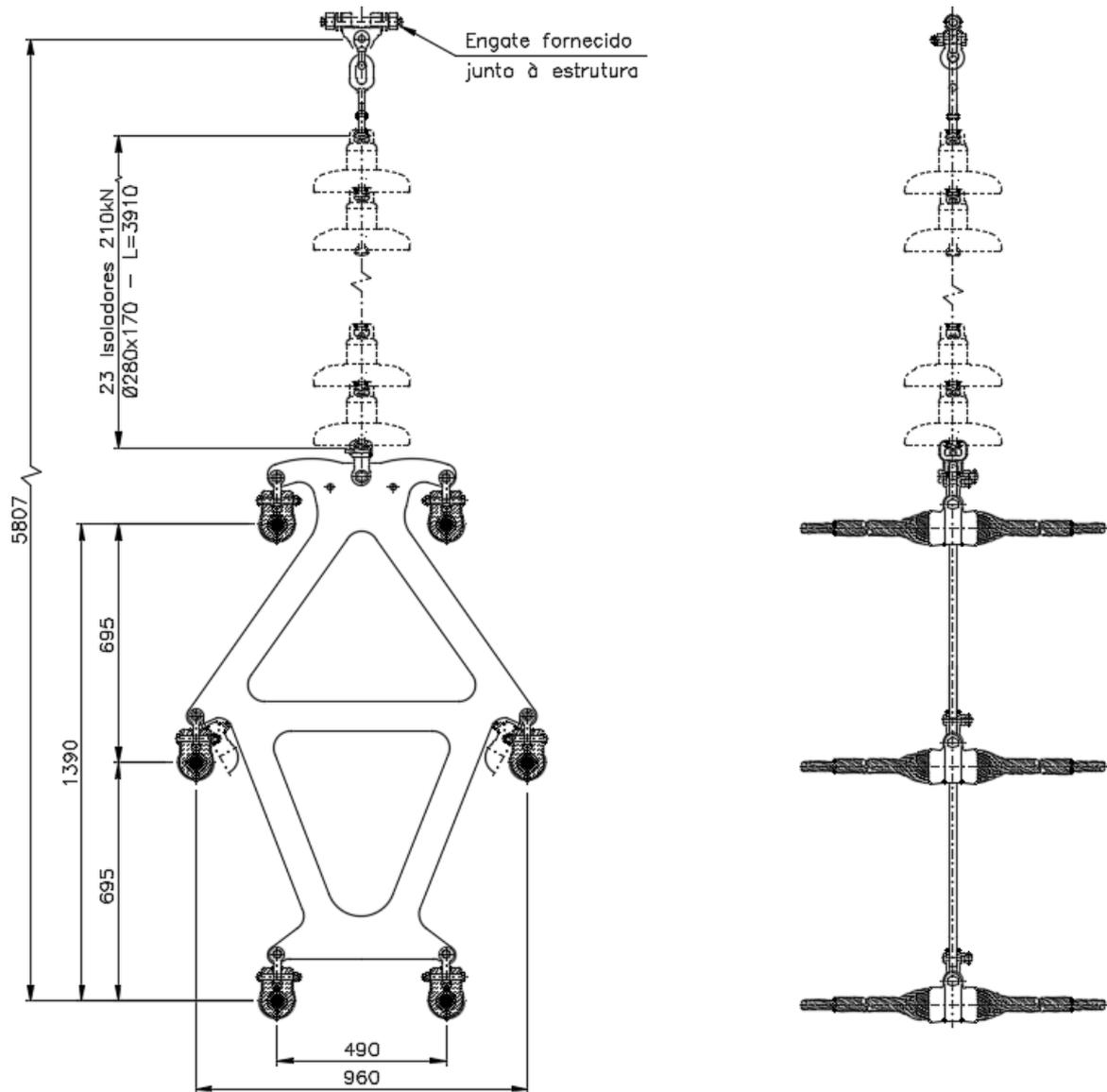
8. REFERÊNCIAS

- 1 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0002 NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 2 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0005 CONDUTOR E PÁRA-RAIOS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 3 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0009 COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 4 Relatório, RE-EQT6-L601-PB-ELM-0012 SISTEMA DE ATERRAMENTO, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2

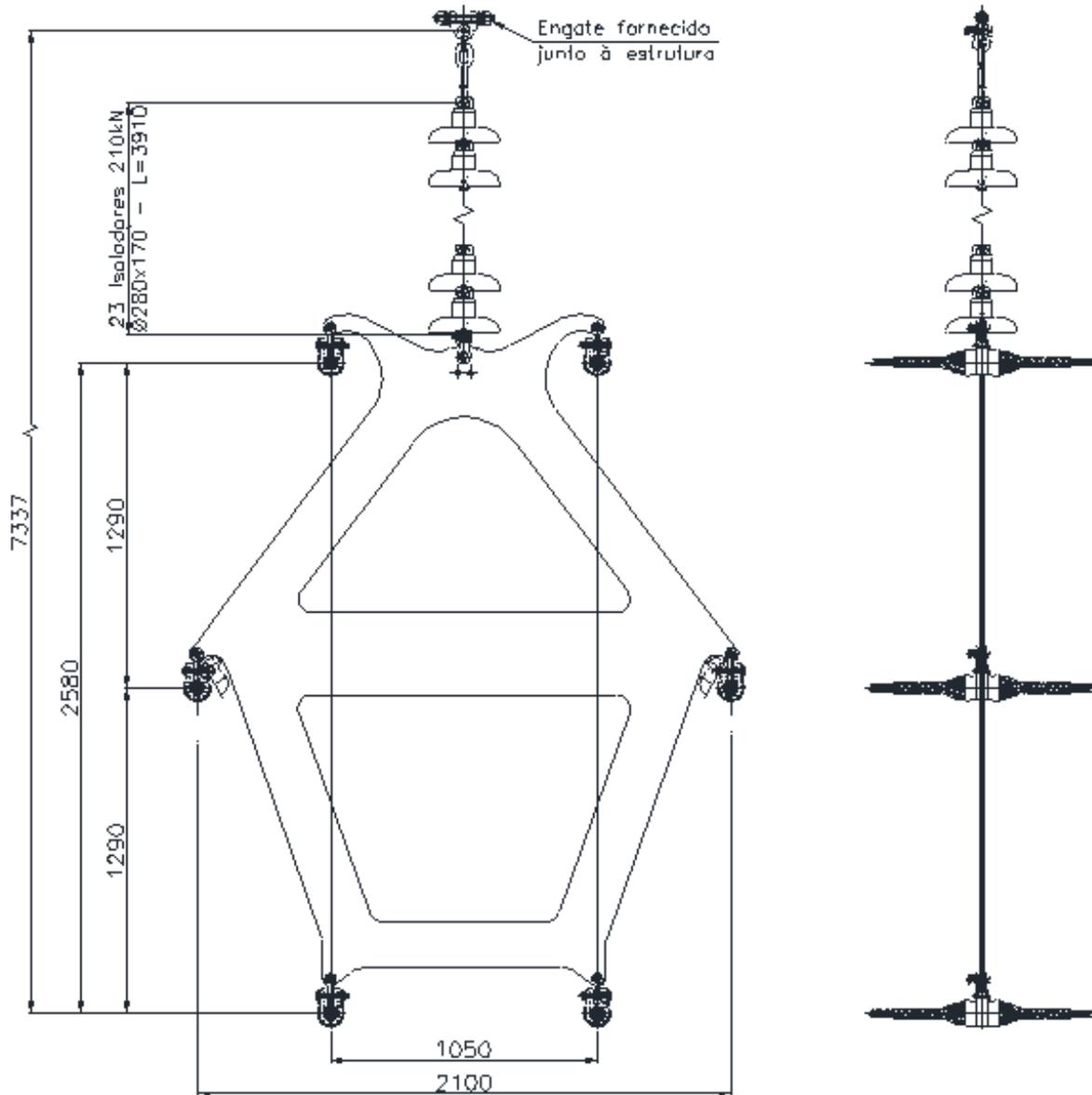
Anexo 1 – Desenhos das Cadeias

NOTAS GERAIS APLICÁVEIS A TODOS OS DESENHOS

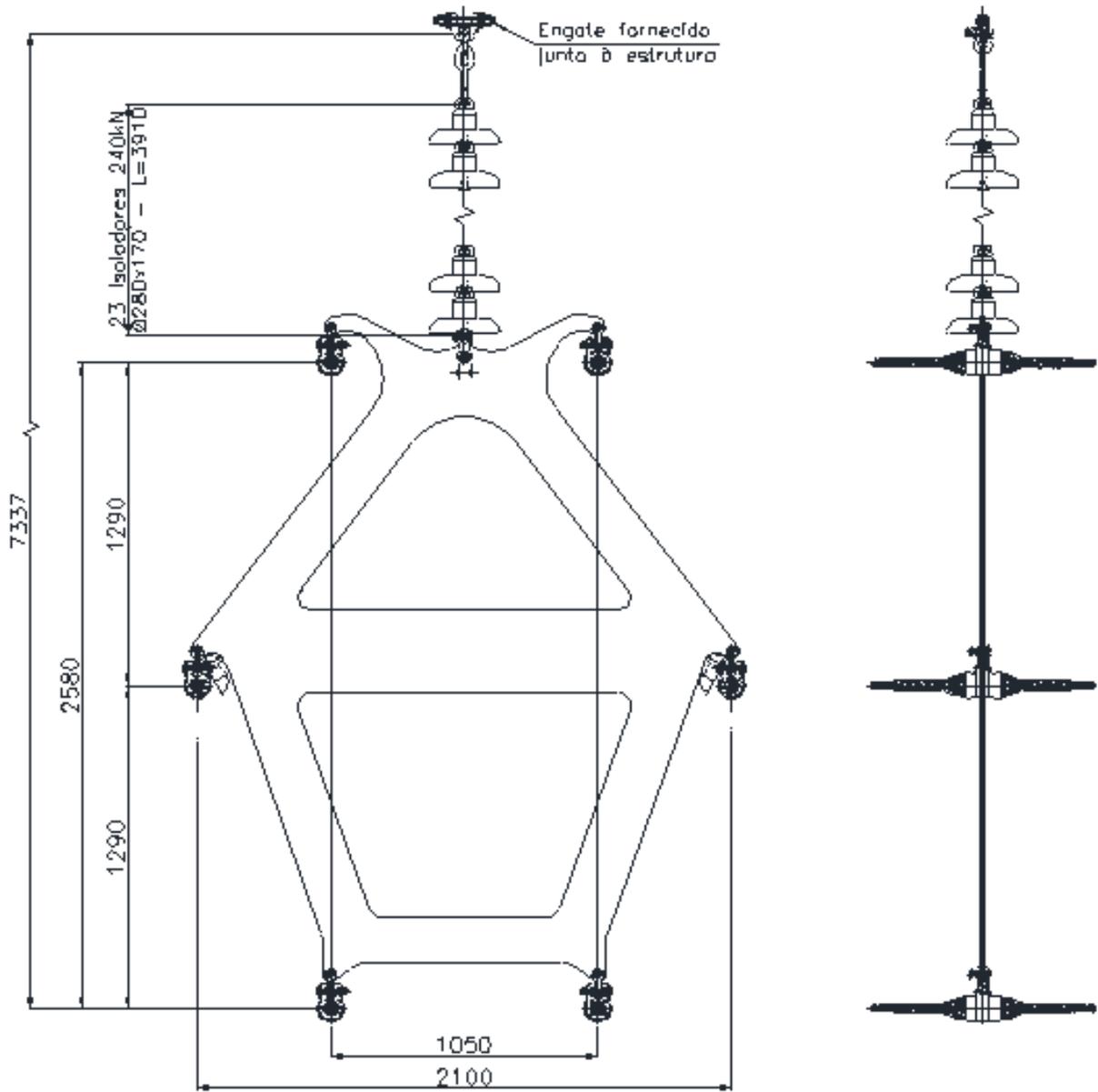
1. Para características dos condutores e cabos para-raios referir-se ao item 2.3 deste relatório.
2. Para características dos isoladores utilizados nas cadeias de suspensão e ancoragem dos condutores referir-se ao item 3 deste relatório.
3. Todas as dimensões estão em milímetro.



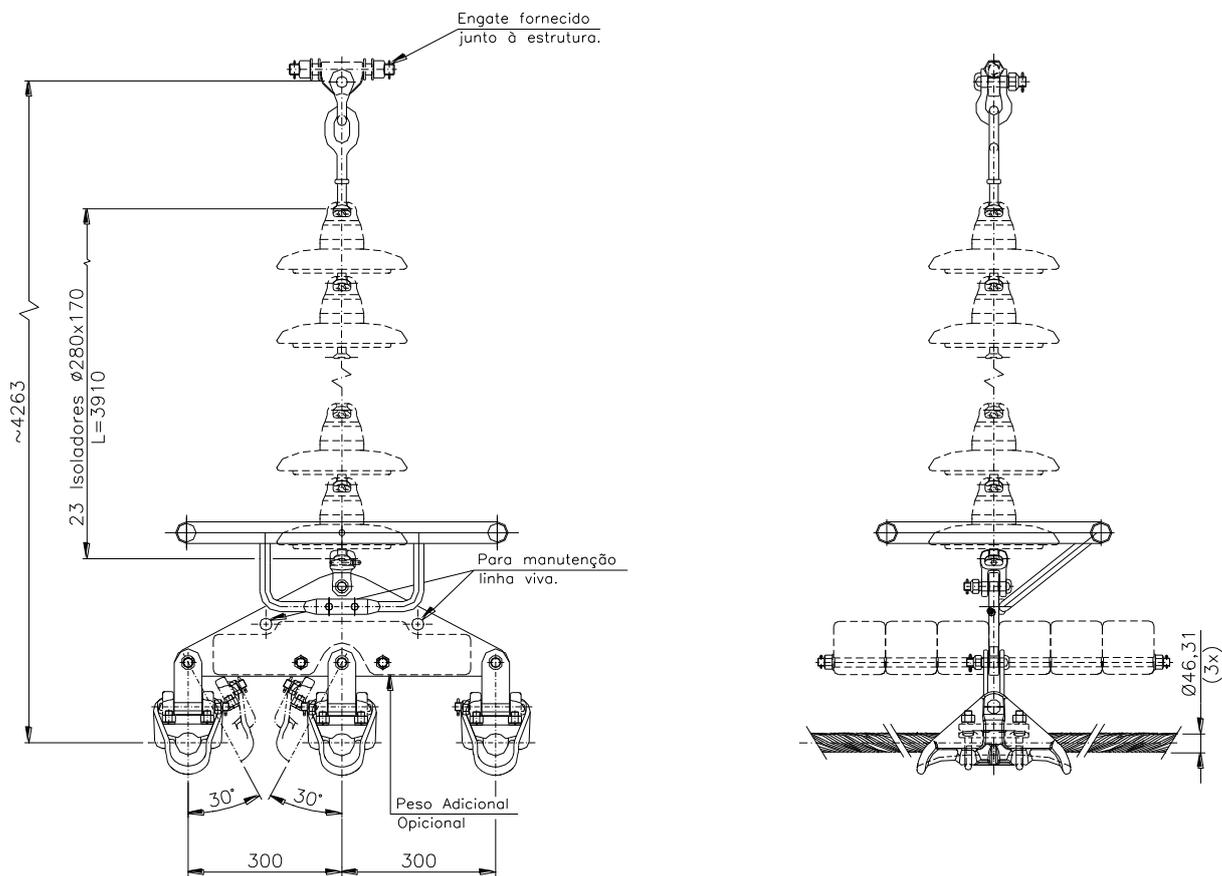
CADEIA DE SUSPENSÃO SIMPLES FASE CENTRAL ISC-21



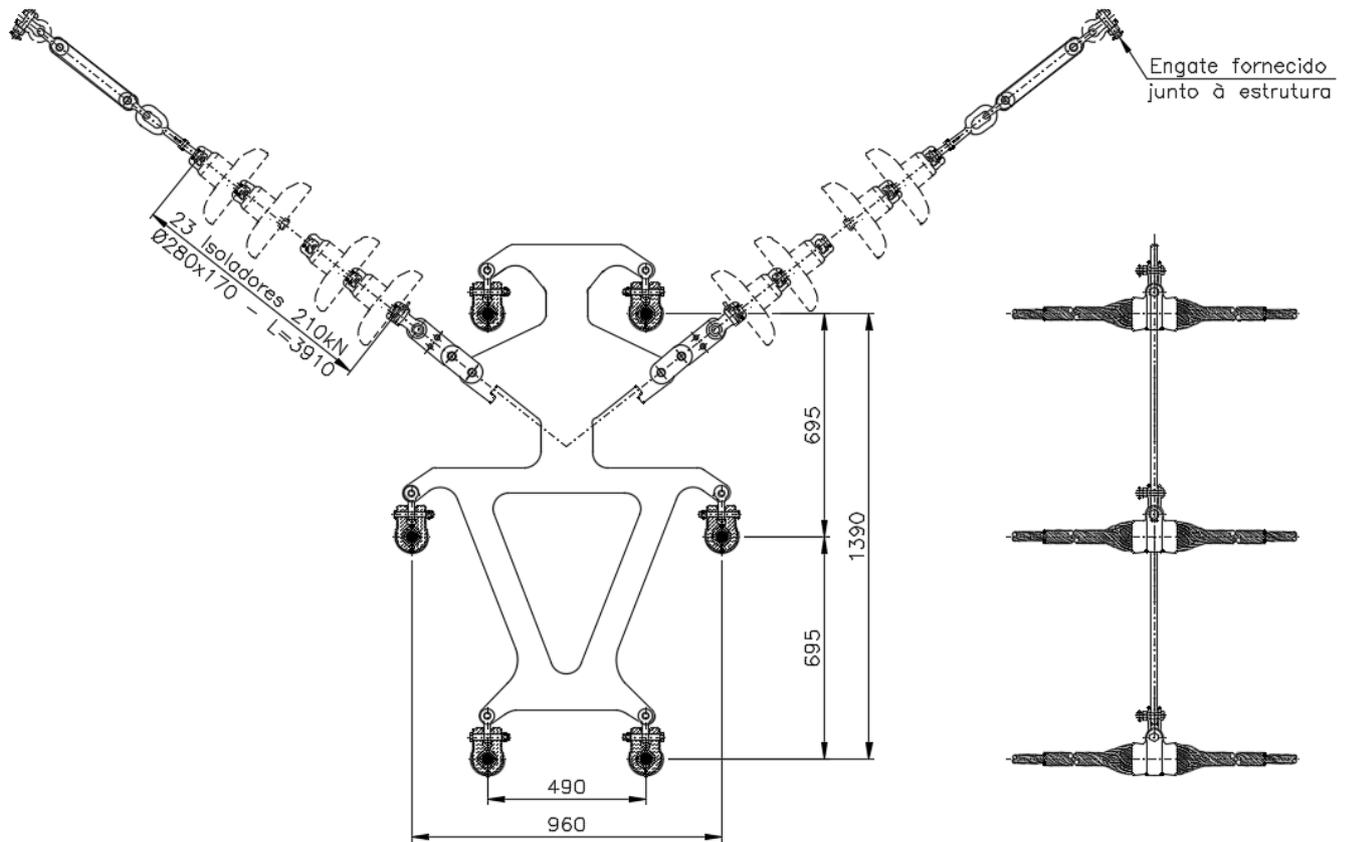
CADEIA DE SUSPENSÃO SIMPLES FASE LATERAL ISL-21



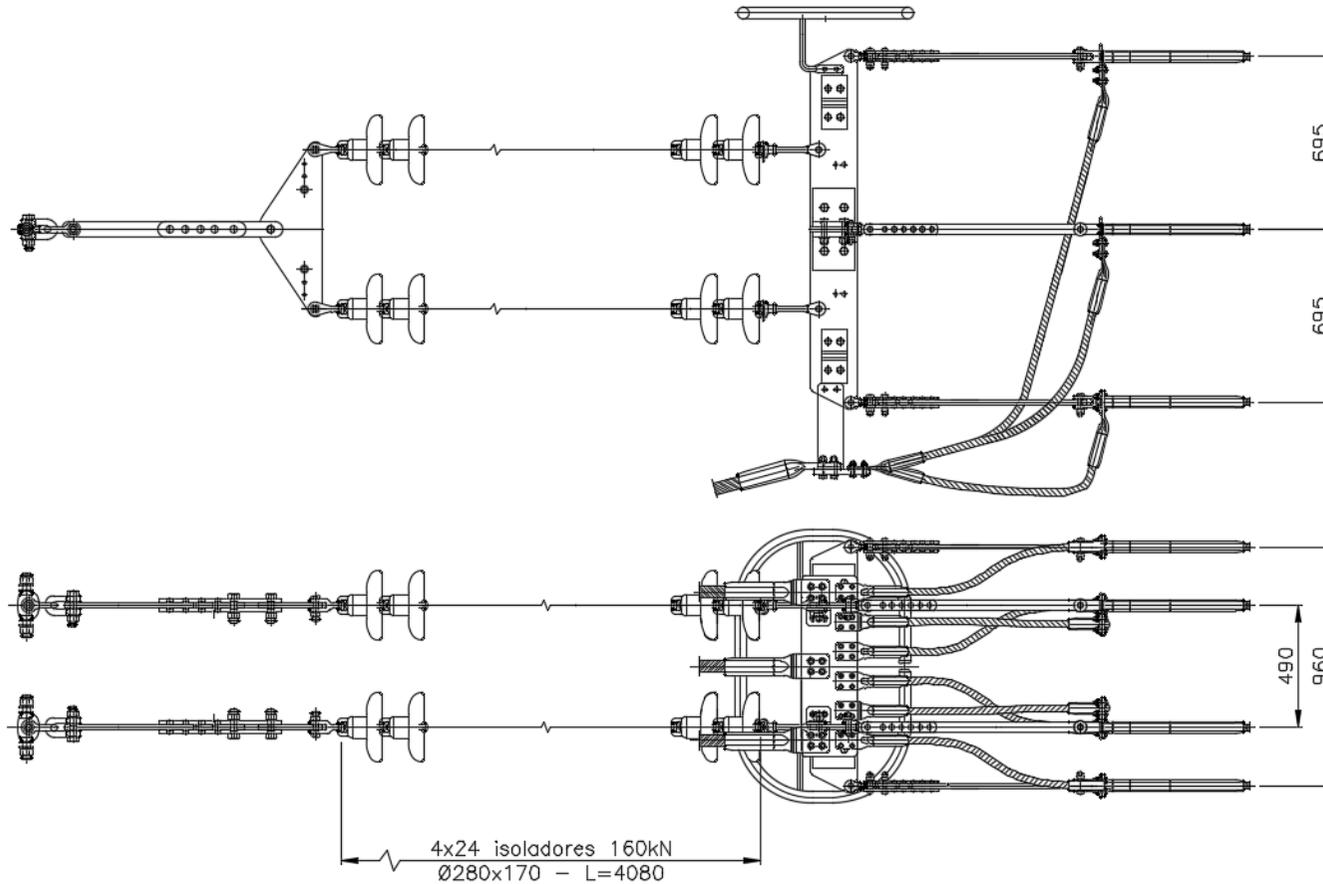
CADEIA DE SUSPENSÃO PESADA FASE LATERAL ISL-24



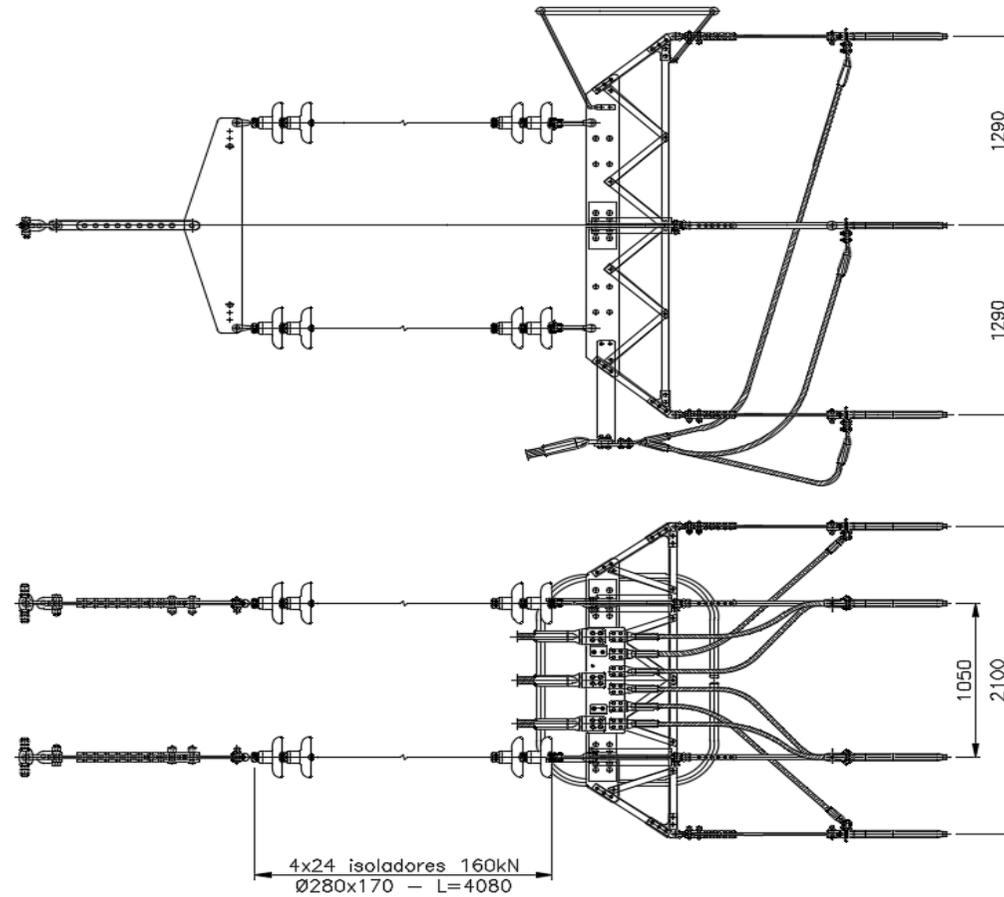
CADEIA DE JUMPER IP-16 (3 X CA LUPINE)



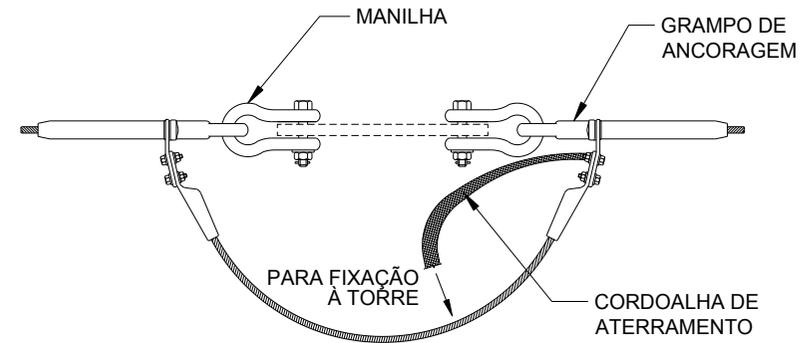
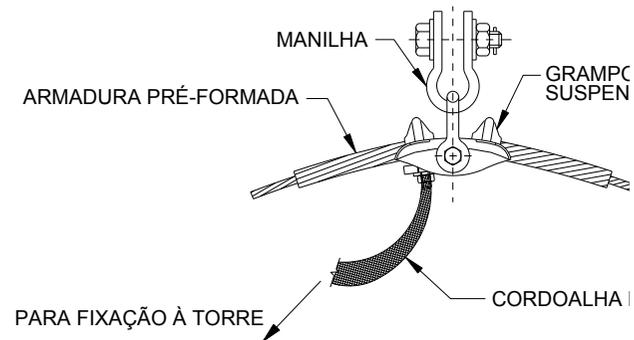
CADEIA DE SUSPENSÃO EM "V" FASE CENTRAL VSC-21



CADEIA DE ANCORAGEM QUÁDRUPLA FASE CENTRAL AQC-16

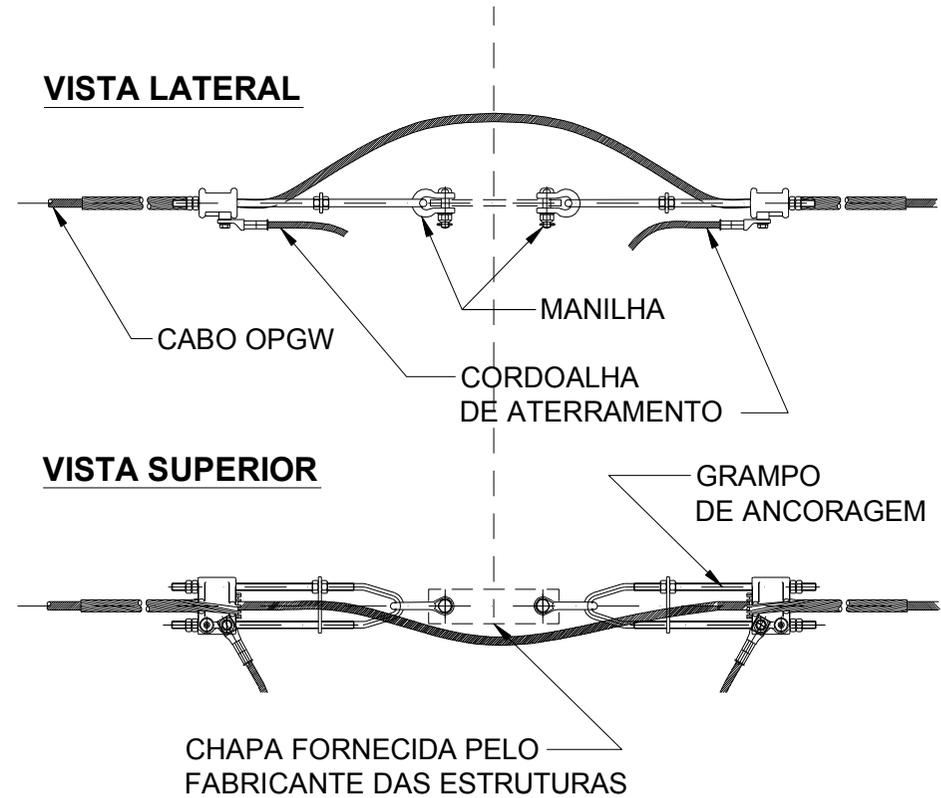
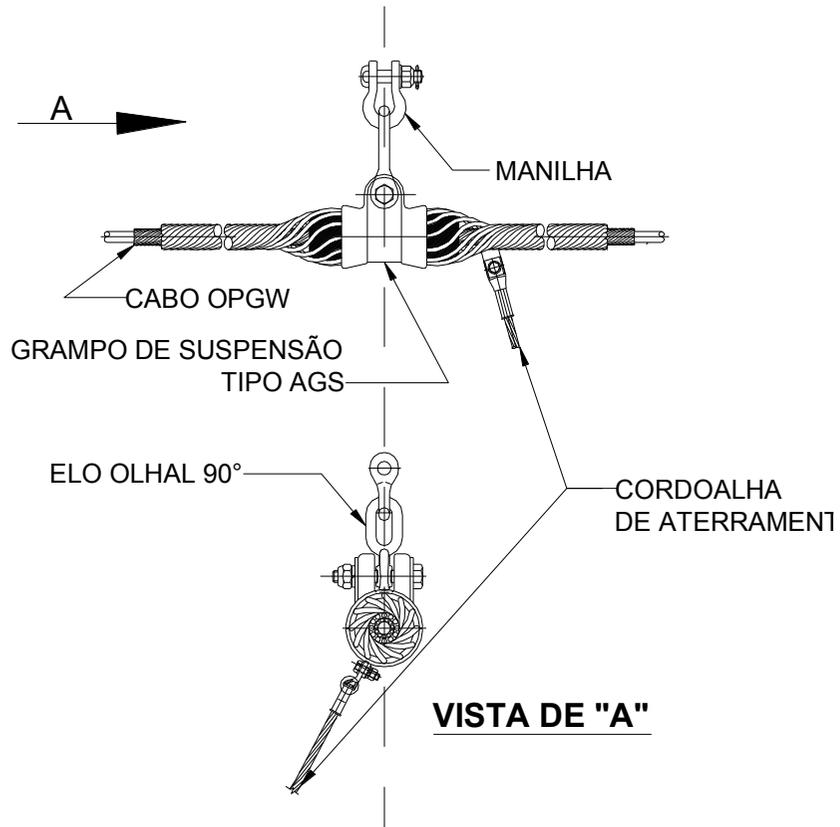


CADEIA DE ANCORAGEM QUÁDRUPLA FASE LATERAL AQL-16



Para notas gerais, ver folha 15

CADEIAS DE SUSPENSÃO E ANCORAGEM DOS CABOS PARA-RAIOS CAA DOTTEREL E 3/8" EAR



Para Notas Gerais, ver folha 15

CONJUNTOS DE SUSPENSÃO E ANCORAGEM DOS CABOS PARA-RAIOS OPGW

Anexo 2 – Calculo de Cargas nos Isoladores

ESTRUTURA ESTAIADA LEVE V2CRL E V2SL												
Hipótese de Carga	Carregamentos					ISOLADOR (kN)						
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Penca	Calculado	FINAL	Adotado	
					Fator	Critério						
VENTO EXTREMO	7568	6086	0	9711	0,6	Limite Escoamento	III	1	159	160	210	
RUPTURA DO CONDUTOR	397	6086	381	6111	0,6	Limite Escoamento	III	1	100	120		
CONSTRUÇÃO	570	11134	1066	11199	0,6	Limite Escoamento	III	1	183	210		
ESTRUTURA DE SUSPENSÃO AUTOPORTANTE V2SP												
Hipótese de Carga	Carregamentos					ISOLADOR (kN)						
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Penca	Calculado	FINAL	Adotado	
					Fator	Critério						
VENTO EXTREMO	10394	7704	0	12938	0,6	Limite Escoamento	IVI	1	212	240	240	
RUPTURA DO CONDUTOR	1190	7704	381	7804	0,6	Limite Escoamento	IVI	1	128	160		
CONSTRUÇÃO	1711	12104	1066	12271	0,6	Limite Escoamento	IVI	1	201	210		
ESTRUTURA DE SUSPENSÃO AUTOPORTANTE V2TR												
Hipótese de Carga	Carregamentos					ISOLADOR (kN)						
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Penca	Calculado	FINAL	Adotado	
					Fator	Critério						
VENTO EXTREMO	8486	6895	0	10934	0,6	Limite Escoamento	IVI	1	179	210	210	
RUPTURA DO CONDUTOR	794	6895	381	6951	0,6	Limite Escoamento	IVI	1	114	120		
CONSTRUÇÃO	1141	11619	1066	11723	0,6	Limite Escoamento	IVI	1	192	210		

Nota: Nos cálculos das cargas para dimensionamento dos isoladores foram considerados vento máximo e ruptura para cargas transversais e longitudinais com fator de sobrecarga 1,0 e cargas verticais com fator de sobrecarga de 1,15. Para hipótese de construção foram considerados para cargas transversais e longitudinais fator de sobrecarga de 1,5 e cargas verticais fator de sobrecarga de 1,15.

ESTRUTURA DE ANCORAGEM V2AA											
Hipótese de Carga	Carregamentos						ISOLADOR (kN)				
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Penca	Calculado	FINAL	Adotado
					Fator	Crítério					
VENTO EXTREMO	18379	9237	3645	20890	0,6	Limite Escoamento	Quadruplo Anco	4	114	120	160
RUPURA DO CONDUTOR	8460	10161	13076	18596	0,6	Limite Escoamento	Quadruplo Anco	4	101	120	
CONSTRUÇÃO	8460	2997	1066	9039	0,6	Limite Escoamento	Quadruplo Anco	4	49	120	
ESTRUTURA DE ANCORAGEM V2AT											
Hipótese de Carga	Carregamentos						ISOLADOR (kN)				
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Penca	Calculado	FINAL	Adotado
					Fator	Crítério					
VENTO EXTREMO	30100	9237	3645	31696	0,6	Limite Escoamento	Quadruplo Anco	4	130	160	160
RUPURA DO CONDUTOR	16344	10161	13076	23267	0,6	Limite Escoamento	Quadruplo Anco	4	95	120	
CONSTRUÇÃO	16344	2997	1066	16651	0,6	Limite Escoamento	Quadruplo Anco	4	68	120	
VENTO EXTREMO TERMINAL	17950	9237	24300	31592	0,6	Limite Escoamento	Quadruplo Anco	4	129	160	

Nota: Nos cálculos das cargas para dimensionamento dos isoladores foram considerados vento máximo e ruptura para cargas transversais e longitudinais com fator de sobrecarga 1,0 e cargas verticais com fator de sobrecarga de 1,15. Para hipótese de construção foram considerados para cargas transversais e longitudinais fator de sobrecarga de 1,5 e cargas verticais fator de sobrecarga de 1,15.

00	28/04/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 6 SPE SA					
PROJETO BÁSICO					
ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	28/04/17
TÍTULO					
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2 Lote 16 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL RELATÓRIO SISTEMA DE ATERRAMENTO					
Nº DOCUMENTO				FOLHA	REVISÃO
RE-EQT6-L601-PB-ELM-0012-R00				1 de 71	00

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO DO PROJETO	3
3.	CAMPANHA DE MEDIÇÃO DE RESISTIVIDADE DO SOLO.....	3
4.	CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE ATERRAMENTO	3
5.	DETALHAMENTO DO SISTEMA DE ATERRAMENTO	5
6.	MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO	6
7.	REFERÊNCIAS.....	7

1. OBJETIVO

1.1 Definir o Sistema de Aterramento a ser utilizado nas estruturas da LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2, em circuito simples pertencente ao Lote 16 do Leilão 0013/2015 – 2º Parte.

2. RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO DO PROJETO

2.1 Conforme mostrado na referência (1), para que seja alcançado o desempenho a descargas atmosféricas especificado no Edital a resistência de aterramento das estruturas está sendo limitada a 20 Ω .

2.2 Serão aceitas estruturas esparsas com resistências de aterramento superiores ao valor acima desde que no trecho situado em torno das estruturas em questão a média das resistências de aterramento atenda o limite especificado.

3. CAMPANHA DE MEDIÇÃO DE RESISTIVIDADE DO SOLO

3.1 Para que possam ser selecionados os tipos de fundações a serem instalados em cada estrutura, está prevista a realização de uma campanha de investigação dos solos (2) a ser empreendida tão logo tenha sido concluído o projeto de plotação inicial.

3.2 Simultaneamente com a investigação geotécnica acima mencionada deve ser realizada uma campanha de medição de resistividade dos solos da região atravessada pela linha de transmissão.

3.3 A resistividade do solo deve ser medida tão próximo quanto possível do marco central das estruturas usando preferencialmente instrumentos com cinco terminais, sendo dois de potencial, dois de corrente e um de guarda.

3.4 Deve ser medida a resistividade nos seguintes pontos:

- a) locais extremamente secos;
- b) locais com indícios de rocha a baixa profundidade;
- c) local de uma a cada cinco estruturas, pelo menos.

3.5 Além dos valores medidos os relatórios devem fornecer as condições climatológicas na ocasião em que foram realizadas as medições de resistividade, indicar se o solo estava seco ou úmido, se havia chovido recentemente, se a época do ano correspondia à estação chuvosa ou seca, etc.

3.6 Deverá ser apresentado certificado de calibração do instrumento de medição válido na data em que as medições forem executadas.

3.7 Indicar a existência de cercas e linhas de transmissão paralelas ou próximas aos pontos de medição. Neste caso devem ser adotados cuidados especiais de segurança.

4. CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE ATERRAMENTO

4.1. Configuração Geométrica

4.1.1 Para reduzir a resistência ao valor especificado no capítulo 2 acima está sendo proposto um sistema de aterramento constituído por quatro ramais de fio contrapeso conectados às cantoneiras de ancoragem dos pés das estruturas autoportantes e aos mastros e estais das estruturas estaiadas.

4.1.2 Os quatro ramais afastam-se das estruturas em formação radial até o limite da faixa de servidão, passando em seguida a correr paralelo aos limites da faixa.

4.1.3 Em locais de resistividade elevada e desde que a consistência do solo permita os quatro

ramais de fio contrapeso serão complementados por quatro hastes de aterramento. As hastes deverão ser enterradas a uma profundidade em torno de 3,0 m e conectadas às estruturas utilizando ramais curtos de fio contrapeso.

4.2. Efetividade do Contrapeso e das Hastes de Aterramento

4.2.1 O uso de contrapeso e de hastes de aterramento e sua efetividade na proteção de LTs contra surtos atmosféricos são temas que vêm sendo estudados há várias décadas, havendo um volume substancial de literatura sobre o assunto (3) (4) (5) (6).

4.2.2 São indicados a seguir alguns pontos do conhecimento acumulado sobre o uso de contrapeso e hastes de aterramento, relevantes para o projeto do sistema de aterramento a ser adotado:

- a) O contrapeso é efetivo na redução do número de descargas devidas a surtos atmosféricos, tanto instalado no sentido perpendicular aos condutores como no sentido paralelo. O contrapeso é marginalmente mais efetivo (5 a 10%) quando instalado paralelamente aos condutores.
- b) Contrapesos muito longos são menos efetivos do que o mesmo comprimento subdividido em vários ramais menores adequadamente afastados entre si.
- c) A eficácia do contrapeso depende do comprimento dos ramais instalados; contudo, a partir de comprimentos da ordem de 120 metros as melhoras no desempenho passam a ser pouco significativas.
- d) Ramais excessivamente curtos não devem ser usados pois causam reflexões da onda do surto, prejudicando o desempenho do sistema de aterramento. Respeitados os limites da faixa de servidão o espaçamento entre ramais deve ser o maior possível.
- e) O material e bitola do contrapeso têm pouca influência na sua eficácia como redutor da resistência de aterramento das estruturas, devendo ser selecionados visando a facilidade de manuseio e instalação e sua resistência à corrosão, assim como sua capacidade de transportar a parcela das correntes de curto-circuito que descem pelas estruturas e escoam para o solo.
- f) A profundidade de enterramento do contrapeso tem pouca influência sobre seu desempenho e deve ser escolhida visando protegê-lo contra atos de vandalismo.
- g) Hastes de aterramento enterradas verticalmente também são efetivas na redução do número de descargas devidas a surtos atmosféricos.
- h) O desempenho das hastes depende principalmente de seu comprimento enterrado, porém essa relação não é linear, havendo melhoras apenas marginais a partir de comprimentos enterrados elevados. Na maior parte dos solos uma profundidade enterrada em torno de 3,0 m tem-se mostrado satisfatória.
- i) O desempenho do sistema de aterramento pode ser melhorado conectando-se várias hastes em paralelo.
- j) Se a distância entre as hastes for suficientemente grande quando comparada com o comprimento individual de cada haste, a resistência tenderá a ser reduzida na mesma proporção do número de hastes. Caso contrário haverá interferência entre os campos elétricos das várias hastes e a conseqüente redução de sua eficácia.

5. DETALHAMENTO DO SISTEMA DE ATERRAMENTO

5.1. Especificação do Contrapeso e Conectores Associados

5.1.1 Será utilizado como contrapeso o cabo de aço zincado por imersão a quente (classe B) 3/8" SM, com 9,144 mm de diâmetro. Esse material tem sido extensivamente usado com sucesso como contrapeso em linhas de transmissão de todas as classes de tensão.

5.1.2 São indicadas a seguir as principais características do cabo contrapeso selecionado:

Características Gerais do Cabo Contrapeso

Tipo	Aço Zincado, 3/8", SM
Diâmetro do cabo	9,144 mm
Diâmetro dos fios individuais	3,05 mm
Seção transversal do cabo	51,08 mm ²
Número de fios	7
Massa unitária	0,407 kg/m
Carga de ruptura mínima	3.151 kgf
Alongamento mínimo em 610 mm	8%
Classe da zincagem	B
Peso mínimo da camada de zinco	520 g/m ²
Sentido do encordoamento da camada externa	A esquerda

5.1.3 Os ramais de contrapeso serão solidamente ligados às cantoneiras de ancoragem das pernas das estruturas autoportantes e aos mastros das estruturas estaiadas por meio de conectores aparafusados, fabricado de aço, zincados por imersão a quente, ou de bronze estanhado ou alumínio estanhado, conforme o tipo de contrapeso.

5.1.4 Nas estruturas estaiadas os ramais de contrapeso serão estendidos até os estais e conectados aos mesmos por meio de grampos paralelos fabricados de aço, zincados por imersão a quente, ou aparafusados de bronze estanhado ou alumínio estanhado, conforme tipo do contrapeso.

5.1.5 Os ramais serão enterrados em valetas com 80 cm de profundidade e comprimento correspondente à fase de aterramento selecionada para a estrutura. Se necessário serão acrescentados comprimentos adicionais de fio contrapeso utilizando grampos paralelos aparafusados, fabricados em aço e zincados por imersão a quente, ou de bronze estanhado ou alumínio estanhado, conforme o tipo do contrapeso.

5.1.6 Os parafusos, porcas e arruelas utilizados nos conectores mencionados nos itens acima poderão ser de aço zincado por imersão a quente.

5.2. Especificação das Hastes de Aterramento e Conectores Associados

5.2.1 Serão utilizadas as seguintes hastes de aterramento conforme o tipo de contrapeso a ser utilizado:

- a) Cabo contrapeso de aço zincado 3/8" SM: haste de aterramento L40X40X5 mm, de comprimento 2400 mm, com conector de aterramento Ø M12;

5.3. Arranjo Físico do Sistema de Aterramento

- 5.3.1 O sistema de aterramento será formado por quatro ramais de contrapeso ligados às estruturas conforme indicado nos itens 5.1.3 e 5.1.4 anteriores. Hastes de aterramento poderão ser acrescentadas aos ramais de contrapeso conforme definido nas fases especificadas no item 5.4 a seguir.
- 5.3.2 Os quatro ramais devem se afastar dos pontos de fixação às estruturas em direções radialmente opostas, formando ângulos de 45° com o eixo da linha de transmissão (torres autoportantes) ou orientados na direção das fundações dos estais (torres estaiadas).
- 5.3.3 Ao atingir pontos situados a 0,5 metros do limite da faixa de servidão os ramais devem passar a se deslocar paralelamente à faixa, em sentidos opostos, até terem sido instalados comprimentos de contrapeso por ramais correspondentes à fase de aterramento selecionada para a estrutura em questão.

5.4. Definição das Fases do Sistema de Aterramento

- 5.4.1 O sistema de aterramento proposto compreende cinco fases normais e uma especial, como indicado a seguir:

Fase	Configuração
I	Quatro ramais com 50 metros de contrapeso por ramal.
II	Quatro ramais com 75 metros de contrapeso por ramal.
III	Quatro ramais com 100 metros de contrapeso por ramal.
IV	Quatro ramais com 125 metros de contrapeso por ramal.
V (especial)	Fase especial para trechos com resistividade extremamente elevada consistindo na instalação de ramais de contrapeso associados a hastes de aterramento, em configuração a ser definida pelo projetista da LT.

- 5.4.2 A fase inicial do sistema de aterramento a ser instalada em cada estrutura será definida no decorrer do projeto executivo da LT em função dos valores medidos da resistividade, conforme campanha de investigação dos solos descrita no capítulo 3.
- 5.4.3 Tendo em vista que as resistividades do solo medidas serão valores aproximados e que a fase de aterramento a ser indicada nas listas de construção será escolhida utilizando uma correlação também aproximada, é provável que, em algumas estruturas, a fase de aterramento selecionada não seja suficiente para reduzir a resistência de aterramento ao valor de projeto.
- 5.4.4 Nesses casos o comprimento inicialmente instalado de contrapeso deverá ser ampliado e/ou instaladas hastes de aterramento adicionais, conforme procedimento detalhado no item 6.4 a seguir.

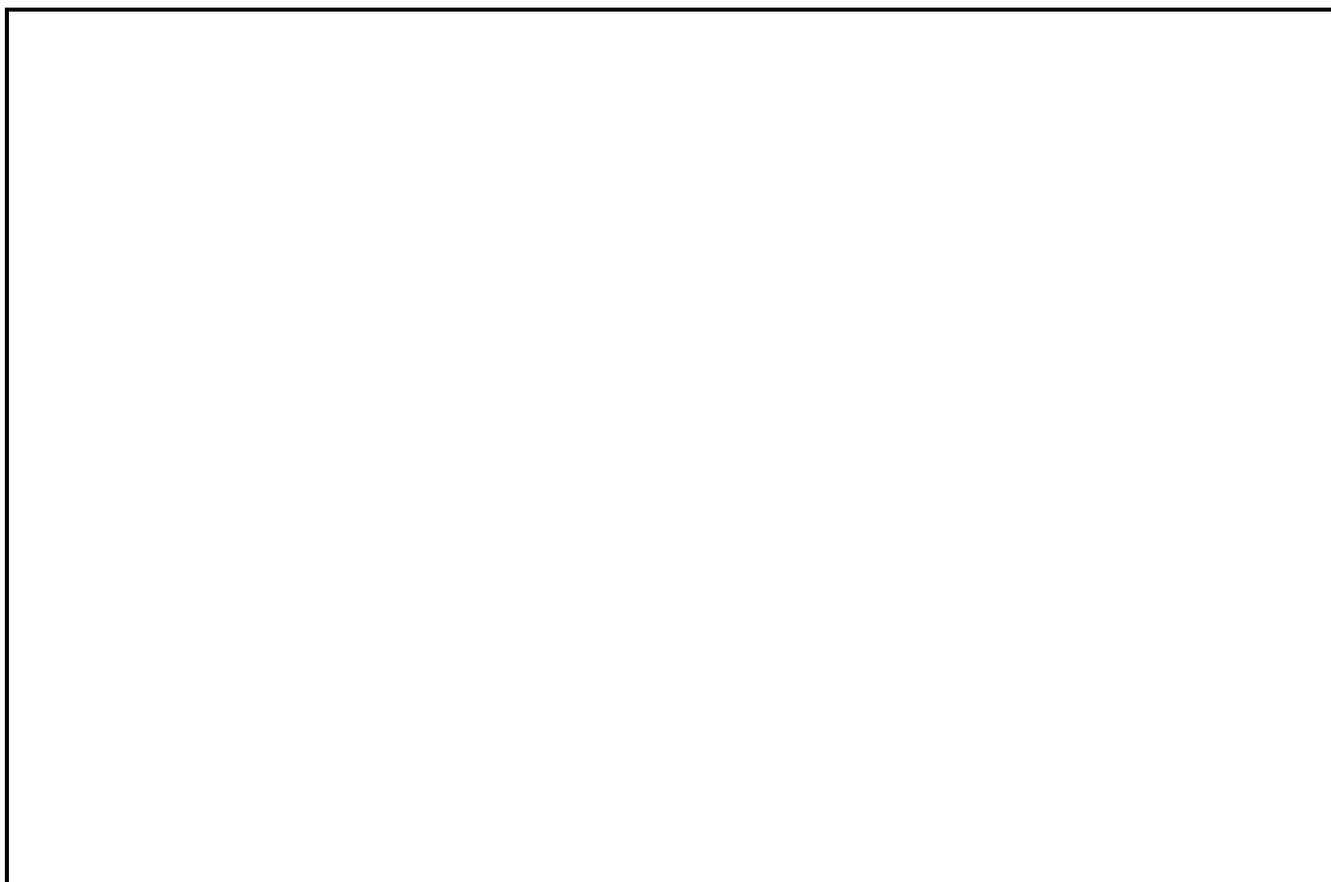
6. MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO

- 6.1 Após a concretagem e cura das fundações e pelo menos três dias após a instalação da fase de aterramento especificada no projeto executivo, deve ser medida a resistência de aterramento da estrutura em dia de tempo bom e com solo seco.
- 6.2 Se na ocasião em que for medida a resistência de aterramento a estrutura ainda não estiver montada, as cantoneiras de ancoragem devem ser eletricamente interligadas com um pedaço de fio contrapeso.

- 6.3 As medições da resistência de aterramento das estruturas devem ser realizadas antes da instalação dos cabos para-raios ou, se já instalados, com os mesmos isolados das estruturas.
- 6.4 Caso a resistência medida seja superior ao valor de projeto (ver item 2) a fiscalização deve ser consultada sobre como proceder, podendo ser adotada uma das seguintes medidas:
- a) estender os ramais de fio contrapeso até o comprimento da fase imediatamente acima daquela inicialmente instalada e repetir a medição, e assim sucessivamente até atingir a resistência de projeto ou a Fase V do Sistema de Aterramento;
 - b) deixar a estrutura com a resistência de aterramento correspondente à fase instalada se a média das resistências das estruturas do trecho for inferior à resistência de projeto;
 - c) solicitar ao projetista da LT o detalhamento de fase de aterramento especial para a estrutura ou trecho em questão.

7. REFERÊNCIAS

- 1 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0009 COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 2 Relatório RE-EQT6-L601-PB-CIV-0011FUNDAÇÕES TÍPICAS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 3 The counterpoise – L. V. Bewley.
- 4 The protection of transmission lines against lightning – W. W. Lewis.
- 5 Electrical transmission and distribution reference book – Westinghouse Electric Corporation.
- 6 Earth conductor effects in transmission systems – E. O. Sunde.



Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
01	15/05/17	Alterado Logotipo da AG	AQ	JCS	
00	28/04/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	

ENGEPRO



equatorial
TRANSMISSÃO

EQUATORIAL TRANSMISSORA 6 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	28/04/17

TÍTULO

**LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2
Lote 16 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO SISTEMA DE ATERRAMENTO**

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT6-L601-PB-ELM-0012-R01	1 de 7	01

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO DO PROJETO	3
3.	CAMPANHA DE MEDIÇÃO DE RESISTIVIDADE DO SOLO.....	3
4.	CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE ATERRAMENTO	3
5.	DETALHAMENTO DO SISTEMA DE ATERRAMENTO	5
6.	MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO	6
7.	REFERÊNCIAS.....	7

1. OBJETIVO

1.1 Definir o Sistema de Aterramento a ser utilizado nas estruturas da LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2, em circuito simples pertencente ao Lote 16 do Leilão 0013/2015 – 2º Parte.

2. RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO DO PROJETO

2.1 Conforme mostrado na referência (1), para que seja alcançado o desempenho a descargas atmosféricas especificado no Edital a resistência de aterramento das estruturas está sendo limitada a 20 Ω .

2.2 Serão aceitas estruturas esparsas com resistências de aterramento superiores ao valor acima desde que no trecho situado em torno das estruturas em questão a média das resistências de aterramento atenda o limite especificado.

3. CAMPANHA DE MEDIÇÃO DE RESISTIVIDADE DO SOLO

3.1 Para que possam ser selecionados os tipos de fundações a serem instalados em cada estrutura, está prevista a realização de uma campanha de investigação dos solos (2) a ser empreendida tão logo tenha sido concluído o projeto de plotação inicial.

3.2 Simultaneamente com a investigação geotécnica acima mencionada deve ser realizada uma campanha de medição de resistividade dos solos da região atravessada pela linha de transmissão.

3.3 A resistividade do solo deve ser medida tão próximo quanto possível do marco central das estruturas usando preferencialmente instrumentos com cinco terminais, sendo dois de potencial, dois de corrente e um de guarda.

3.4 Deve ser medida a resistividade nos seguintes pontos:

- a) locais extremamente secos;
- b) locais com indícios de rocha a baixa profundidade;
- c) local de uma a cada cinco estruturas, pelo menos.

3.5 Além dos valores medidos os relatórios devem fornecer as condições climatológicas na ocasião em que foram realizadas as medições de resistividade, indicar se o solo estava seco ou úmido, se havia chovido recentemente, se a época do ano correspondia à estação chuvosa ou seca, etc.

3.6 Deverá ser apresentado certificado de calibração do instrumento de medição válido na data em que as medições forem executadas.

3.7 Indicar a existência de cercas e linhas de transmissão paralelas ou próximas aos pontos de medição. Neste caso devem ser adotados cuidados especiais de segurança.

4. CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE ATERRAMENTO

4.1. Configuração Geométrica

4.1.1 Para reduzir a resistência ao valor especificado no capítulo 2 acima está sendo proposto um sistema de aterramento constituído por quatro ramais de fio contrapeso conectados às cantoneiras de ancoragem dos pés das estruturas autoportantes e aos mastros e estais das estruturas estaiadas.

4.1.2 Os quatro ramais afastam-se das estruturas em formação radial até o limite da faixa de servidão, passando em seguida a correr paralelo aos limites da faixa.

4.1.3 Em locais de resistividade elevada e desde que a consistência do solo permita os quatro

ramais de fio contrapeso serão complementados por quatro hastes de aterramento. As hastes deverão ser enterradas a uma profundidade em torno de 3,0 m e conectadas às estruturas utilizando ramais curtos de fio contrapeso.

4.2. Efetividade do Contrapeso e das Hastes de Aterramento

4.2.1 O uso de contrapeso e de hastes de aterramento e sua efetividade na proteção de LTs contra surtos atmosféricos são temas que vêm sendo estudados há várias décadas, havendo um volume substancial de literatura sobre o assunto (3) (4) (5) (6).

4.2.2 São indicados a seguir alguns pontos do conhecimento acumulado sobre o uso de contrapeso e hastes de aterramento, relevantes para o projeto do sistema de aterramento a ser adotado:

- a) O contrapeso é efetivo na redução do número de descargas devidas a surtos atmosféricos, tanto instalado no sentido perpendicular aos condutores como no sentido paralelo. O contrapeso é marginalmente mais efetivo (5 a 10%) quando instalado paralelamente aos condutores.
- b) Contrapesos muito longos são menos efetivos do que o mesmo comprimento subdividido em vários ramais menores adequadamente afastados entre si.
- c) A eficácia do contrapeso depende do comprimento dos ramais instalados; contudo, a partir de comprimentos da ordem de 120 metros as melhoras no desempenho passam a ser pouco significativas.
- d) Ramais excessivamente curtos não devem ser usados pois causam reflexões da onda do surto, prejudicando o desempenho do sistema de aterramento. Respeitados os limites da faixa de servidão o espaçamento entre ramais deve ser o maior possível.
- e) O material e bitola do contrapeso têm pouca influência na sua eficácia como redutor da resistência de aterramento das estruturas, devendo ser selecionados visando a facilidade de manuseio e instalação e sua resistência à corrosão, assim como sua capacidade de transportar a parcela das correntes de curto-circuito que descem pelas estruturas e escoam para o solo.
- f) A profundidade de enterramento do contrapeso tem pouca influência sobre seu desempenho e deve ser escolhida visando protegê-lo contra atos de vandalismo.
- g) Hastes de aterramento enterradas verticalmente também são efetivas na redução do número de descargas devidas a surtos atmosféricos.
- h) O desempenho das hastes depende principalmente de seu comprimento enterrado, porém essa relação não é linear, havendo melhoras apenas marginais a partir de comprimentos enterrados elevados. Na maior parte dos solos uma profundidade enterrada em torno de 3,0 m tem-se mostrado satisfatória.
- i) O desempenho do sistema de aterramento pode ser melhorado conectando-se várias hastes em paralelo.
- j) Se a distância entre as hastes for suficientemente grande quando comparada com o comprimento individual de cada haste, a resistência tenderá a ser reduzida na mesma proporção do número de hastes. Caso contrário haverá interferência entre os campos elétricos das várias hastes e a conseqüente redução de sua eficácia.

5. DETALHAMENTO DO SISTEMA DE ATERRAMENTO

5.1. Especificação do Contrapeso e Conectores Associados

5.1.1 Será utilizado como contrapeso o cabo de aço zincado por imersão a quente (classe B) 3/8" SM, com 9,144 mm de diâmetro. Esse material tem sido extensivamente usado com sucesso como contrapeso em linhas de transmissão de todas as classes de tensão.

5.1.2 São indicadas a seguir as principais características do cabo contrapeso selecionado:

Características Gerais do Cabo Contrapeso

Tipo	Aço Zincado, 3/8", SM
Diâmetro do cabo	9,144 mm
Diâmetro dos fios individuais	3,05 mm
Seção transversal do cabo	51,08 mm ²
Número de fios	7
Massa unitária	0,407 kg/m
Carga de ruptura mínima	3.151 kgf
Alongamento mínimo em 610 mm	8%
Classe da zincagem	B
Peso mínimo da camada de zinco	520 g/m ²
Sentido do encordoamento da camada externa	A esquerda

5.1.3 Os ramais de contrapeso serão solidamente ligados às cantoneiras de ancoragem das pernas das estruturas autoportantes e aos mastros das estruturas estaiadas por meio de conectores aparafusados, fabricado de aço, zincados por imersão a quente, ou de bronze estanhado ou alumínio estanhado, conforme o tipo de contrapeso.

5.1.4 Nas estruturas estaiadas os ramais de contrapeso serão estendidos até os estais e conectados aos mesmos por meio de grampos paralelos fabricados de aço, zincados por imersão a quente, ou aparafusados de bronze estanhado ou alumínio estanhado, conforme tipo do contrapeso.

5.1.5 Os ramais serão enterrados em valetas com 80 cm de profundidade e comprimento correspondente à fase de aterramento selecionada para a estrutura. Se necessário serão acrescentados comprimentos adicionais de fio contrapeso utilizando grampos paralelos aparafusados, fabricados em aço e zincados por imersão a quente, ou de bronze estanhado ou alumínio estanhado, conforme o tipo do contrapeso.

5.1.6 Os parafusos, porcas e arruelas utilizados nos conectores mencionados nos itens acima poderão ser de aço zincado por imersão a quente.

5.2. Especificação das Hastes de Aterramento e Conectores Associados

5.2.1 Serão utilizadas as seguintes hastes de aterramento conforme o tipo de contrapeso a ser utilizado:

- Cabo contrapeso de aço zincado 3/8" SM: haste de aterramento L40X40X5 mm, de comprimento 2400 mm, com conector de aterramento Ø M12;

5.3. Arranjo Físico do Sistema de Aterramento

- 5.3.1 O sistema de aterramento será formado por quatro ramais de contrapeso ligados às estruturas conforme indicado nos itens 5.1.3 e 5.1.4 anteriores. Hastes de aterramento poderão ser acrescentadas aos ramais de contrapeso conforme definido nas fases especificadas no item 5.4 a seguir.
- 5.3.2 Os quatro ramais devem se afastar dos pontos de fixação às estruturas em direções radialmente opostas, formando ângulos de 45° com o eixo da linha de transmissão (torres autoportantes) ou orientados na direção das fundações dos estais (torres estaiadas).
- 5.3.3 Ao atingir pontos situados a 0,5 metros do limite da faixa de servidão os ramais devem passar a se deslocar paralelamente à faixa, em sentidos opostos, até terem sido instalados comprimentos de contrapeso por ramais correspondentes à fase de aterramento selecionada para a estrutura em questão.

5.4. Definição das Fases do Sistema de Aterramento

- 5.4.1 O sistema de aterramento proposto compreende cinco fases normais e uma especial, como indicado a seguir:

Fase	Configuração
I	Quatro ramais com 50 metros de contrapeso por ramal.
II	Quatro ramais com 75 metros de contrapeso por ramal.
III	Quatro ramais com 100 metros de contrapeso por ramal.
IV	Quatro ramais com 125 metros de contrapeso por ramal.
V (especial)	Fase especial para trechos com resistividade extremamente elevada consistindo na instalação de ramais de contrapeso associados a hastes de aterramento, em configuração a ser definida pelo projetista da LT.

- 5.4.2 A fase inicial do sistema de aterramento a ser instalada em cada estrutura será definida no decorrer do projeto executivo da LT em função dos valores medidos da resistividade, conforme campanha de investigação dos solos descrita no capítulo 3.
- 5.4.3 Tendo em vista que as resistividades do solo medidas serão valores aproximados e que a fase de aterramento a ser indicada nas listas de construção será escolhida utilizando uma correlação também aproximada, é provável que, em algumas estruturas, a fase de aterramento selecionada não seja suficiente para reduzir a resistência de aterramento ao valor de projeto.
- 5.4.4 Nesses casos o comprimento inicialmente instalado de contrapeso deverá ser ampliado e/ou instaladas hastes de aterramento adicionais, conforme procedimento detalhado no item 6.4 a seguir.

6. MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO

- 6.1 Após a concretagem e cura das fundações e pelo menos três dias após a instalação da fase de aterramento especificada no projeto executivo, deve ser medida a resistência de aterramento da estrutura em dia de tempo bom e com solo seco.
- 6.2 Se na ocasião em que for medida a resistência de aterramento a estrutura ainda não estiver montada, as cantoneiras de ancoragem devem ser eletricamente interligadas com um pedaço de fio contrapeso.

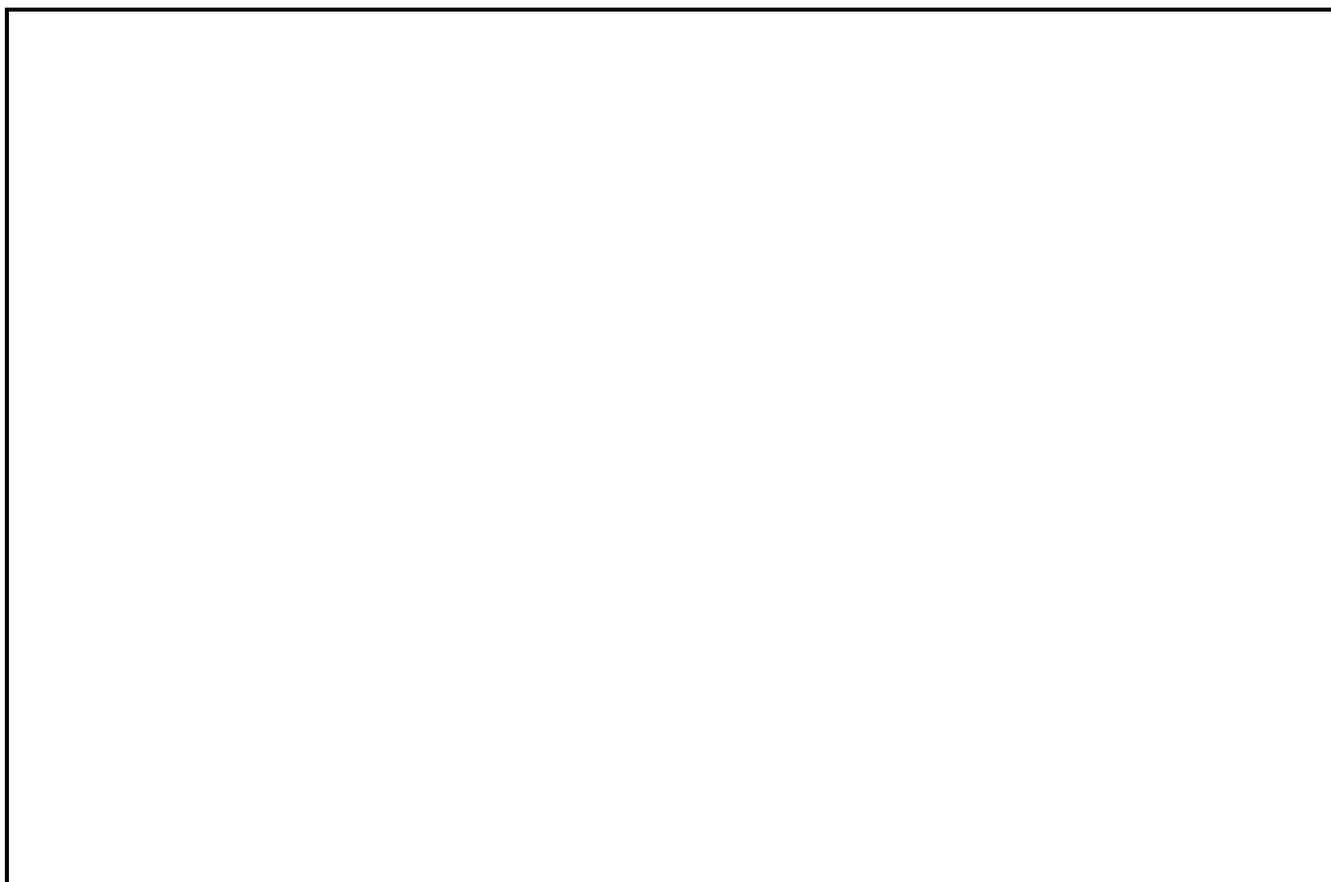
6.3 As medições da resistência de aterramento das estruturas devem ser realizadas antes da instalação dos cabos para-raios ou, se já instalados, com os mesmos isolados das estruturas.

6.4 Caso a resistência medida seja superior ao valor de projeto (ver item 2) a fiscalização deve ser consultada sobre como proceder, podendo ser adotada uma das seguintes medidas:

- a) estender os ramais de fio contrapeso até o comprimento da fase imediatamente acima daquela inicialmente instalada e repetir a medição, e assim sucessivamente até atingir a resistência de projeto ou a Fase V do Sistema de Aterramento;
- b) deixar a estrutura com a resistência de aterramento correspondente à fase instalada se a média das resistências das estruturas do trecho for inferior à resistência de projeto;
- c) solicitar ao projetista da LT o detalhamento de fase de aterramento especial para a estrutura ou trecho em questão.

7. REFERÊNCIAS

- 1 Relatório RE-EQT6-L601-PB-ELM-0009 COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 2 Relatório RE-EQT6-L601-PB-CIV-0011FUNDAÇÕES TÍPICAS, preparado para a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C2
- 3 The counterpoise – L. V. Bewley.
- 4 The protection of transmission lines against lightning – W. W. Lewis.
- 5 Electrical transmission and distribution reference book – Westinghouse Electric Corporation.
- 6 Earth conductor effects in transmission systems – E. O. Sunde.



00	02/05/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado



EQUATORIAL TRANSMISSORA 4 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	02/05/17

TÍTULO

**LT 500kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino – C2
Lote 15 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
DIRETRIZ SELECIONADA**

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT6-L601-PB-TOP-0013-R00	1 de 9	00

ÍNDICE

1. OBJETIVO.....	3
2. DIRETRIZ SELECIONADA.....	3
3. TRAVESSIAS DE LTs DA REDE BÁSICA	3
ANEXO 1 — DESENHO DA DIRETRIZ SELECIONADA - LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 C2.....	4

1. OBJETIVO

- 1.1 Apresentar as diretrizes selecionadas para a LT 500 kV Janaúba – Presidente Juscelino C2, em circuito simples pertencentes ao Lote 16 do Leilão 0013/2015 – 2º parte.
- 1.2 Relacionar as travessias com LTs existentes da Rede Básica.

2. DIRETRIZ SELECIONADA

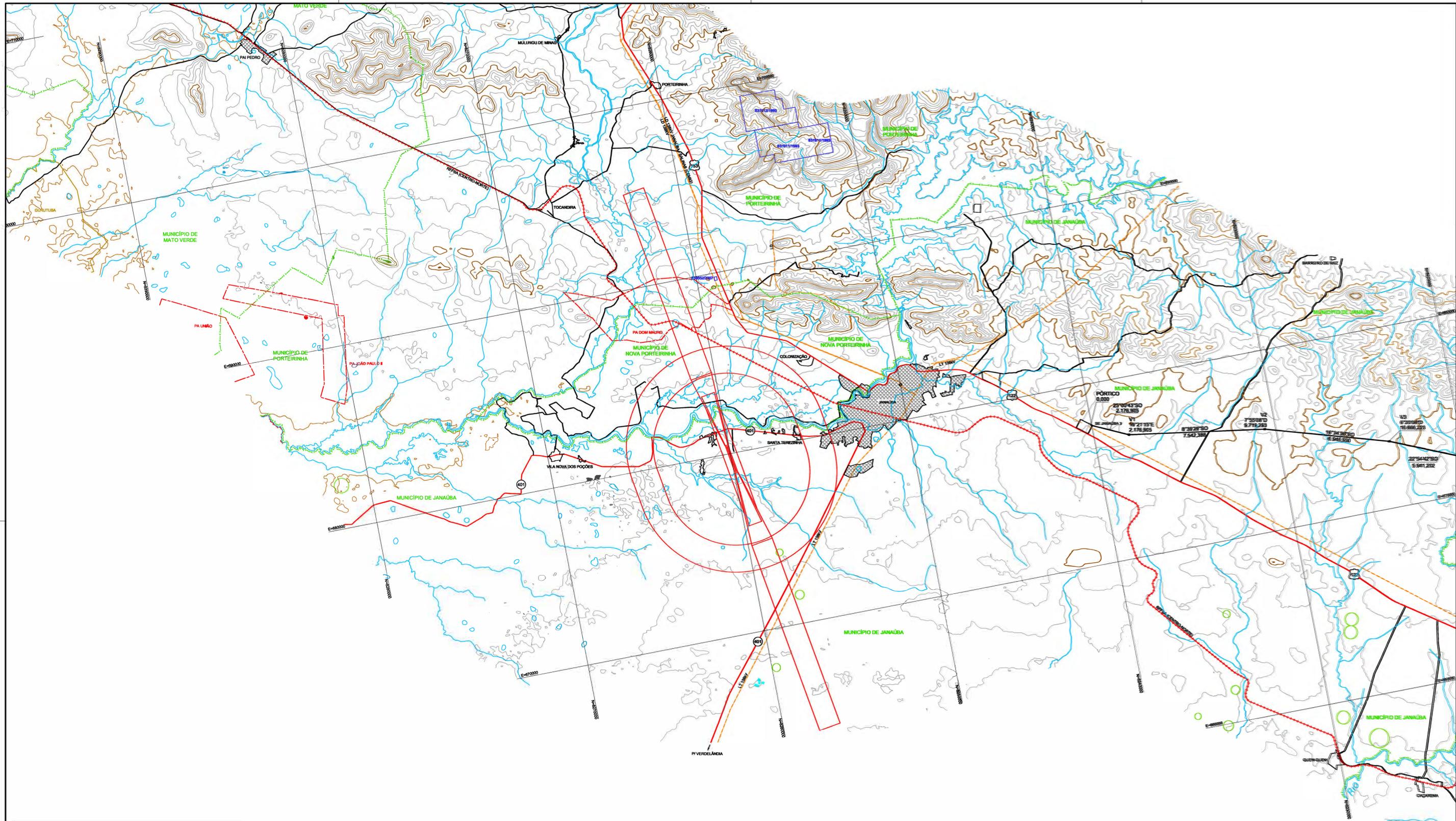
- 2.1 O traçado da LT 500 kV segue preferencialmente o traçado indicado no R3. Todavia, alguns desvios se fizeram necessários de forma a atender aos requisitos do processo de licenciamento ambiental, minimizando os impactos ambientais e socioeconômicos.
- 2.2 A diretriz selecionada para a LT objeto deste projeto básico consta do desenho apresentado no Anexo 1.

3. TRAVESSIAS DE LTs DA REDE BÁSICA

- 3.1 A diretriz apresentada no Anexo 1, cruza as LT's da Rede Básica, caracterizadas a seguir:

RELAÇÃO DE TRAVESSIAS			
<i>LT 500kV Janaúba 3 - Pres. Juscelino, C2</i>			
Número	Obstáculo	Identificação / Nome / Trecho	Proprietário
2	LT 230kV	Montes Claros 2 - Irapé	TRANSELESTE

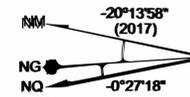
**ANEXO 1 — DESENHO DA DIRETRIZ SELECIONADA - LT 500 kV Janaúba 3 -
Presidente Juscelino C2**



QUADRO DE COORDENADAS
LT 500KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO, C2

VÉRTICE	DEFLEXÕES	RUMOS	DISTÂNCIAS		COORDENADAS	
			PARCIAL	PROGRESSIVAS	E	N
SE JANAÚBA 3	-	25°00'43"SO	2176,805	0,000	677716,193	8240055,301
V1	18°21'15" E	6°38'28"SO	7542,388	2176,805	676735,762	8238922,547
V2	7°55'09" D	10°34'30"SO	6946,930	9719,253	675960,410	8236926,104
V3	6°20'09" D	22°54'42"SO	5941,202	16666,223	673678,472	8223987,894
V4	12°08'19" E	-	-	22007,425	671365,504	8218495,412

LARGURA DA FAIXA:



CONVENÇÕES:

- EIXO DA LT
- RODOVIA ESTADUAL/FEDERAL
- ESTRADA MUNICIPAL/VICINAL
- ++++ FERROVIA
- DIVISA MUNICIPAL
- LT EXISTENTE
- CURSOS D'ÁGUA
- VÉRTICE DO TRAÇADO
- TORRE TELECOMUNICAÇÃO
- UNIDADE DE CONSERVAÇÃO
- PROJETO DE ASSENTAMENTO
- QUILOMBOLA
- CONCESSÃO DE LAVRA
- REQUERIMENTO DE LAVRA
- LAVRA GARIMPEIRA
- REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA
- CAVIDADE NATURAL
- SÍTIO ARQUEOLÓGICO

REFERÊNCIAS:

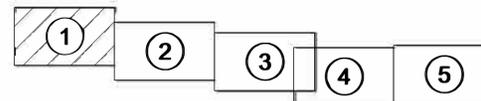
- CARTAS DE RESTITUIÇÃO AEROFOTOGRAMÉTRICA DO IBGE
- IMAGEM DE SATÉLITE GOOGLE EARTH
- ORTOFOTOS
- MAPA RODOVIÁRIO DO DNIT/DER
- BANCO DE DADOS DEM SRTM
- DADOS OBTIDOS EM CAMPO

NOTAS:
MEDIDAS EM METROS
EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NIVEL: 25 m

INFORMAÇÕES GEODÉSICAS:

DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000
DATUM VERTICAL: MAREGRAFO DE IMBITUBA / SC
SISTEMA DE PROJEÇÃO: UTM
MERIDIANO CENTRAL / FUSO: -45° / 23S
CONVERGÊNCIA MERIDIANA: -0°27'18"
VARIÇÃO ANUAL: -0°07"
DECLINAÇÃO MAGNÉTICA: 20°13'58"W

ARTICULAÇÃO DA FOLHA:



R1	26/04/17	ATUALIZAÇÃO DO TRAÇADO VERSÃO R3	TOPA	APP	CACP
R0	05/04/17	EMIÇÃO INICIAL	TOPA	APP	CACP
Nº	DATA	REVISÃO	ELABORADO	VERIFICADO	APROVADO

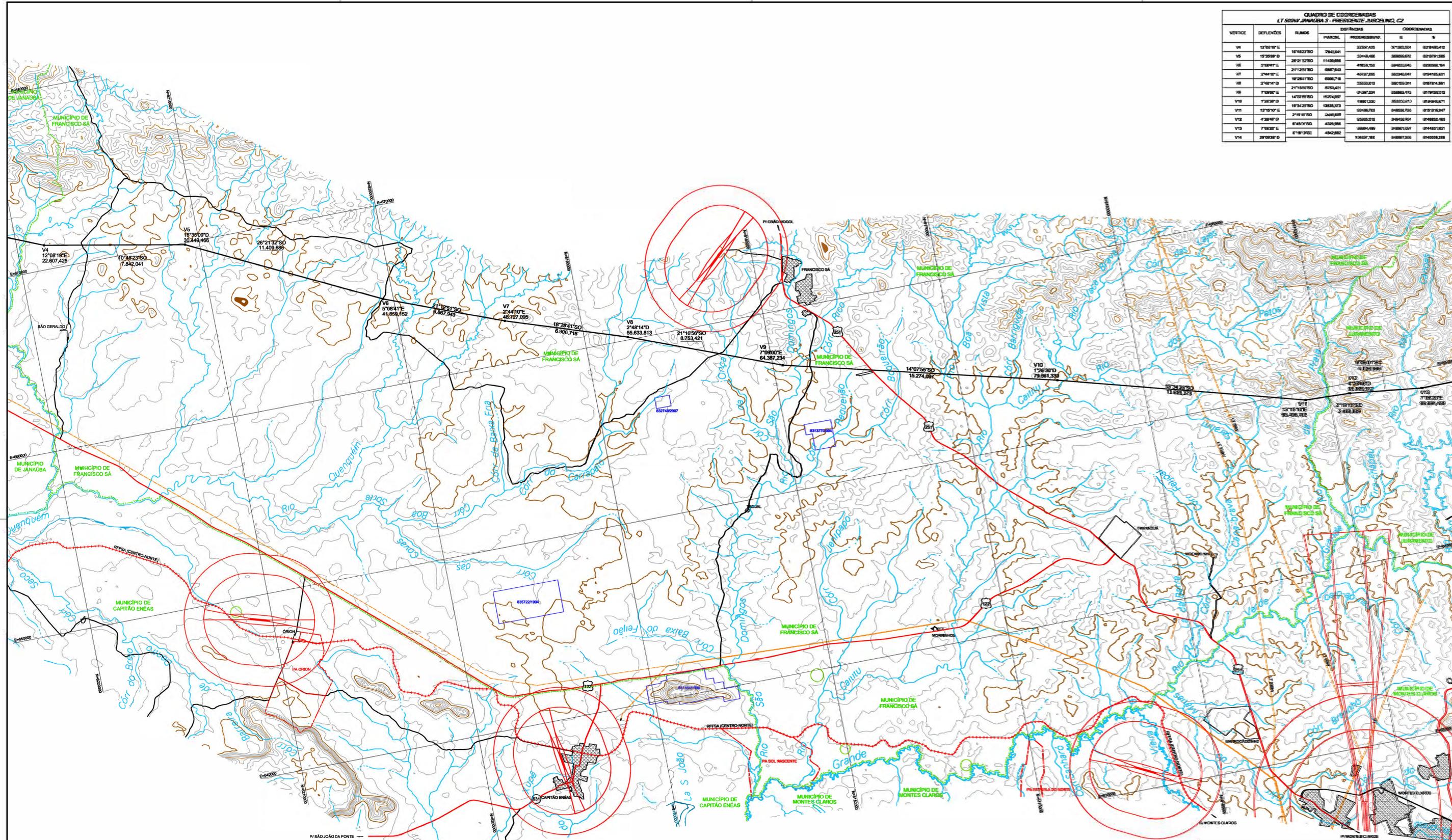
EQUATORIAL TRANSMISSORA X SPE SA

<p>PROJETO BÁSICO</p> <p>ELAB. TOPA</p> <p>APROV. CACP</p> <p>RESP. T.ÉC. TOPA</p>	<p>SETOR 500KV</p> <p>PLANTA DO TRAÇADO</p>	<p>ESCALA: 1 : 100.000</p> <p>FOLHA: 01 de 05</p> <p>REV. R1</p>
---	---	--

LT 500KV JANAÚBA 3 - PRES. JUSCELINO, C2

Nº DOC. DE-EQT4-LB01-TOP-0001

QUADRO DE COORDENADAS						
LT 500KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO, C2						
VÉRTICE	DEFLEXÃO	RUMOS	DISTÂNCIAS		COORDENADAS	
			PARCIAL	PROGRESSIVAS	E	N
V4	12°08'18"E		22.607,425		827948,412	
V5	15°25'59"D	19°46'23"SO	7842,041	3204,456	827979,285	
V6	5°09'41"E	21°12'51"SO	8.867,943	4.868,152	827974,551	
V7	2°44'10"E	18°28'41"SO	6.906,716	5.633,813	827974,551	
V8	7°09'00"E	21°16'59"SO	8.783,421	4.822,886	827974,551	
V9	1°26'30"D	14°07'50"SO	15.274,667		827974,551	
V10	13°13'13"E	09°48'46"SO	2.468,308		827974,551	
V11	7°18'37"E	0°18'17"SE	4842,282		827974,551	
V12	2°19'15"SO				827974,551	
V13	7°18'37"E				827974,551	
V14	29°09'28"D				827974,551	



- CONVENÇÕES:**
- EIXO DA LT
 - RODOVIA ESTADUAL/FEDERAL
 - ESTRADA MUNICIPAL/VICINAL
 - FERROVIA
 - DIVISA MUNICIPAL
 - LT EXISTENTE
 - CURSOS D'ÁGUA
 - VÉRTICE DO TRAÇADO
 - TORRE TELECOMUNICAÇÃO
 - UNIDADE DE CONSERVAÇÃO
 - PROJETO DE ASSENTAMENTO
 - QUILOMBOLA
 - CONCESSÃO DE LAVRA
 - REQUERIMENTO DE LAVRA
 - LAVRA GARIMPEIRA
 - REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA
 - CAVIDADE NATURAL
 - SÍTIO ARQUEOLÓGICO

REFERÊNCIAS:

CARTAS DE RESTITUIÇÃO AEROFOTOGRAMÉTRICA DO IBGE

IMAGEM DE SATÉLITE GOOGLE EARTH

ORTOFOTOS

MAPA RODOVIÁRIO DO DNIT/DER

BANCO DE DADOS DEM SRTM

DADOS OBTIDOS EM CAMPO

NOTAS:

MEDIDAS EM METROS

EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NIVEL: 25 m

INFORMAÇÕES GEODÉSICAS:

DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000

DATUM VERTICAL: MAREGRÁFO DE IMBITUBA / SC

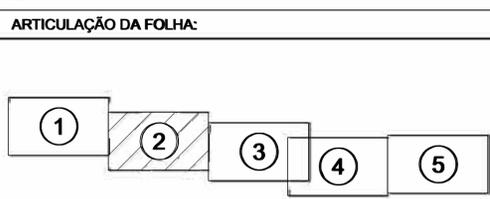
SISTEMA DE PROJEÇÃO: UTM

MERIDIANO CENTRAL / FUSO: -45° / 23S

CONVERGÊNCIA MERIDIANA: -0°24'15"

VARIÂÇÃO ANUAL: -0°07'18"

DECLINAÇÃO MAGNÉTICA: 20°47'W



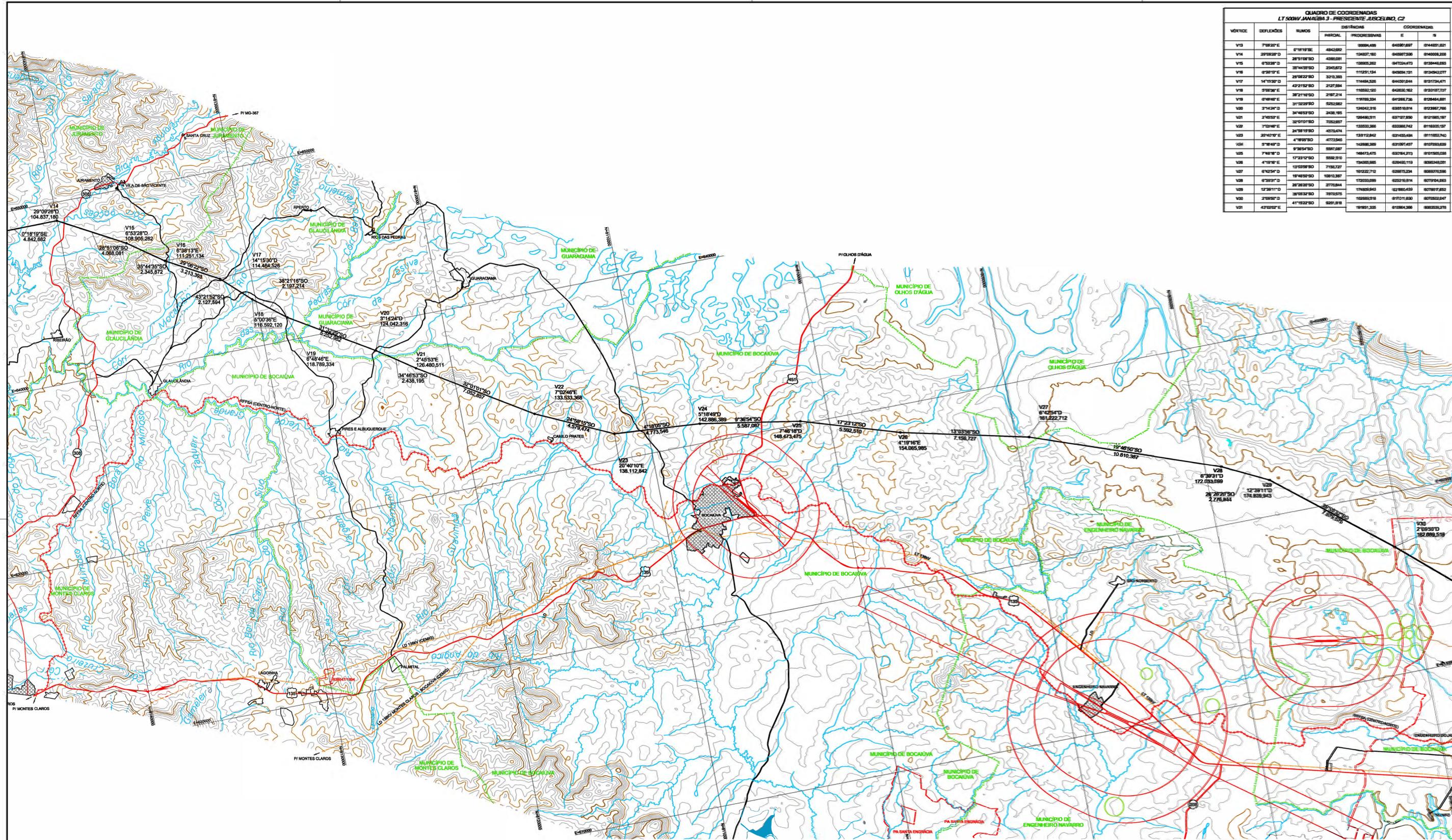
R1	28/04/17	ATUALIZAÇÃO DO TRAÇADO VERSÃO R3	TOPA	APP	CAOP
R2	05/04/17	EMISSÃO INICIAL	TOPA	APP	CAOP
N°	DATA	REVISÃO	ELABORADO	VERIFICADO	APROVADO

EQUATORIAL TRANSMISSORA X SPE SA

PROJETO BÁSICO	LT 500KV JANAÚBA 3 - PRES. JUSCELINO, C2
ELAB. TOPA	VERIF. APP
SETOR 500KV	
PLANTA DO TRAÇADO	
RESP. T.ÉC. TOPA	N° CREA: 84.457/D
DATA: 05/04/17	N° DOC: DE-EQT4-LB01-TOPI-0002

ESCALA: 1:100.000
FOLHA: 02 de 05
REV: R1

QUADRO DE COORDENADAS LT 500KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO, C2						
VÉRTICE	DEFLEXÕES	RUMOS	DISTÂNCIAS		COORDENADAS	
			PARCIAL	PROGRESSIVAS	E	N
V13	7°02'0"E	0°18'19"SE	4842,882	3894,498	64880,187	814481,821
V14	29°02'30"D	28°51'09"SO	4266,081	10487,180	64887,386	814008,208
V15	8°33'28"D	38°14'39"SO	2245,872	10805,382	64724,473	813946,893
V16	8°38'19"E	29°02'22"SO	3213,388	11321,134	64659,151	813494,277
V17	14°15'30"D	43°21'52"SO	2127,584	11852,140	64520,162	813017,237
V18	5°00'36"E	38°21'18"SO	2187,214	11978,334	64358,736	812644,881
V19	8°48'46"E	34°46'53"SO	2438,195	12404,318	63818,914	812367,786
V20	3°14'24"D	32°11'01"SO	7.052,857	13833,386	63388,742	811805,137
V21	2°45'53"E	24°58'10"SO	4.578,474	14847,475	63187,457	811583,639
V22	7°02'48"E	17°23'12"SO	5.582,510	15405,985	62916,814	811394,883
V23	20°40'10"E	12°39'11"SO	10.810,387	16222,712	62780,439	810787,832
V24	5°18'47"D	12°39'11"SO	10.810,387	17409,943	62980,439	807807,832
V25	4°19'18"E	28°28'20"SO	3778,844	17203,099	62921,619	807914,883
V26	2°09'50"D	28°28'20"SO	3778,844	17203,099	62921,619	807914,883
V27	4°19'18"E	17°23'12"SO	5.582,510	17409,943	62980,439	807807,832
V28	6°42'54"D	12°39'11"SO	10.810,387	18422,712	62807,324	806976,286
V29	8°39'51"D	8°39'51"SO	2.776,844	19455,484	62916,814	807914,883
V30	2°09'50"D	4°19'18"SE	4.842,882	19455,484	62916,814	807914,883
V31	4°19'18"E	17°23'12"SO	5.582,510	20488,339	62780,439	807807,832



- CONVENÇÕES:**
- EIXO DA LT
 - RODOVIA ESTADUAL/FEDERAL
 - ESTRADA MUNICIPAL/VICINAL
 - FERROVIA
 - DIVISA MUNICIPAL
 - LT EXISTENTE
 - CURSOS D'ÁGUA
 - VÉRTICE DO TRAÇADO
 - TORRE TELECOMUNICAÇÃO
 - UNIDADE DE CONSERVAÇÃO
 - PROJETO DE ASSENTAMENTO
 - QUILOMBOLA
 - CONCESSÃO DE LAVRA
 - REQUERIMENTO DE LAVRA
 - LAVRA GARIMPEIRA
 - REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA
 - CAVIDADE NATURAL
 - SÍTIO ARQUEOLÓGICO

REFERÊNCIAS:

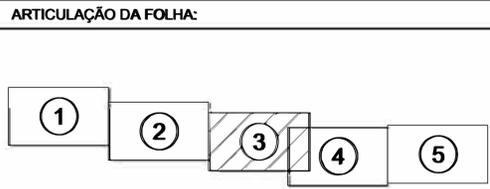
CARTAS DE RESTITUIÇÃO AEROFOTOGRAMÉTRICA DO IBGE
 IMAGEM DE SATÉLITE GOOGLE EARTH
 ORTOFOTOS
 MAPA RODOVIÁRIO DO DNIT/DER
 BANCO DE DADOS DEM SRTM
 DADOS OBTIDOS EM CAMPO

NOTAS:

MEDIDAS EM METROS
 EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NIVEL: 25 m

INFORMAÇÕES GEODÉSICAS:

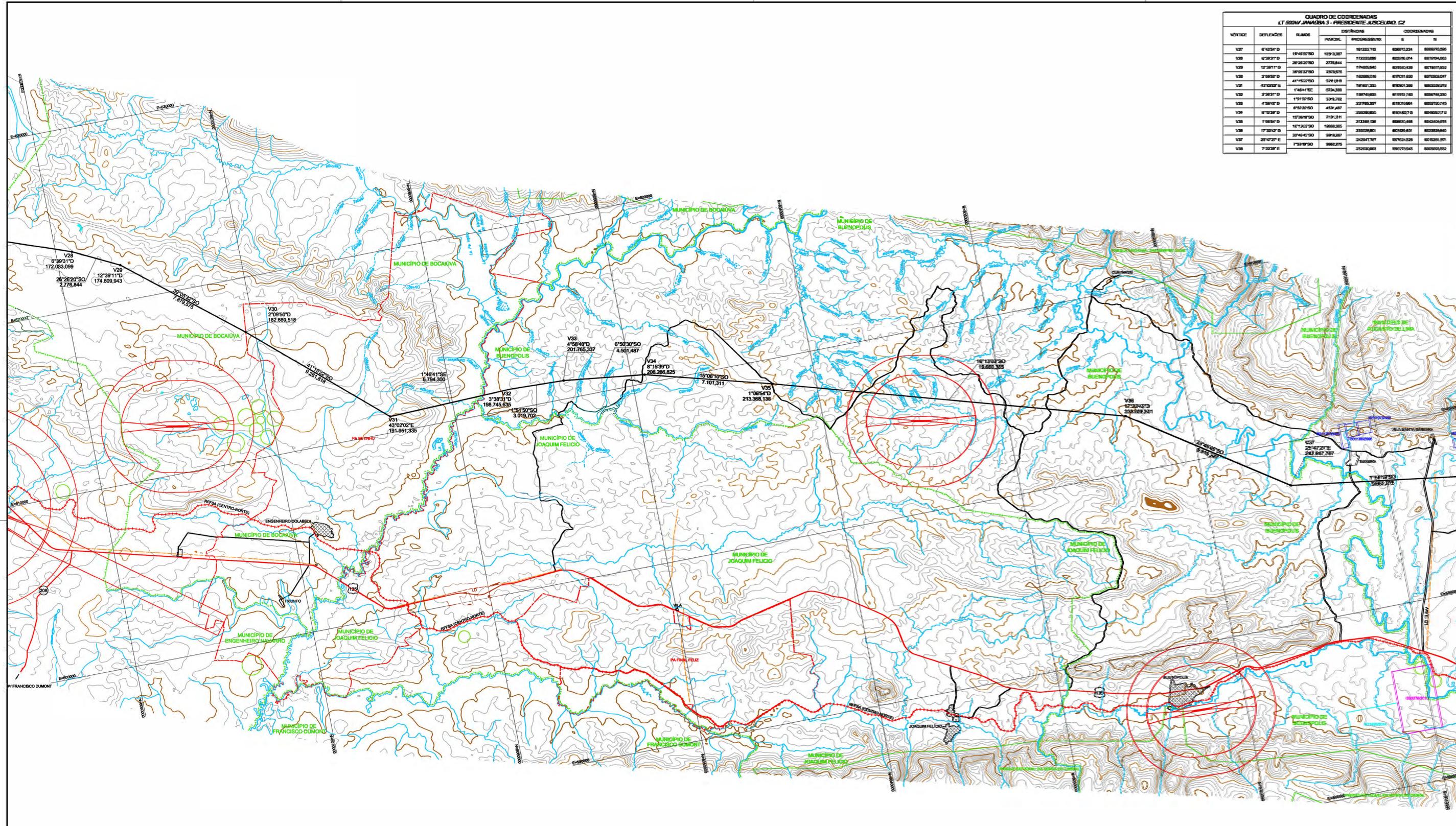
DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000
 DATUM VERTICAL: MAREGRAFO DE IMBITUBA / SC
 SISTEMA DE PROJEÇÃO: UTM
 MERIDIANO CENTRAL / FUSO: -45° / 23S
 CONVERGÊNCIA MERIDIANA: -0°21'26"
 VARIAÇÃO ANUAL: -0°07'31"
 DECLINAÇÃO MAGNÉTICA: 20°38'34"W



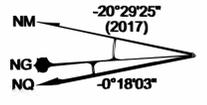
R1	26/04/17	ATUALIZAÇÃO DO TRAÇADO VERSÃO R3	TOPA	APP	CACP
R2	05/04/17	EMISSÃO INICIAL	TOPA	APP	CACP
Nº	DATA	REVISÃO	ELABORADO	VERIFICADO	APROVADO

PROJETO BÁSICO	LT 500KV JANAÚBA 3 - PRES. JUSCELINO, C2 ESCALA: 1:100.000
ELAB. TOPA VERIF. APP APROV. CACP	SETOR 500KV PLANTA DO TRAÇADO
RESP. T.É.C. Nº CREA DATA TOPA 116 84.457/0 05/04/17	Nº DOC. DE-EQT-4-L601-TOP-0003 FOLHA 03 de 05 REV. R1

QUADRO DE COORDENADAS LT 500KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO, CZ						
VÉRTICE	DEFLEXÕES	NÚMOS			COORDENADAS	
		PARCIAL	PROGRESSIVAS	E	N	
V27	8°32'54"D			182227,2	828873,24	888873,096
V28	8°39'37"D	19489780	18910,387	172020,889	822216,814	887904,883
V29	12°38'11"D	2072829780	2778,844	174880,843	821880,438	887867,852
V30	2°09'50"D	301932780	7979,275	182882,918	819101,830	887882,347
V31	43°02'02"E	41°1522'30"	82818,9	18189,335	81804,388	888033,278
V32	3°28'31"D	17461178E	8784,330	188745,835	811115,188	888748,230
V33	4°58'40"D	13°19'50"	3019,702	20785,337	811015,884	888320,145
V34	8°18'39"D	6°30'30"	4501,487	208288,825	810480,718	884288,718
V35	1°08'54"D	18°10'10"	7101,311	213381,138	808630,488	884288,718
V36	17°38'42"D	18°10'10"	18880,385	228202,501	803138,601	882288,645
V37	25°47'27"E	33°48'42"	8918,287	242847,787	807842,828	881529,871
V38	7°23'39"E	7°58'19"	8882,275	252830,083	806278,945	880880,353



LARGURA DA FAIXA:



CONVENÇÕES:

- EIXO DA LT
- RODOVIA ESTADUAL/FEDERAL
- ESTRADA MUNICIPAL/VICINAL
- FERROVIA
- DIVISA MUNICIPAL
- LT EXISTENTE
- CURSOS D'ÁGUA
- VÉRTICE DO TRAÇADO
- TORRE TELECOMUNICAÇÃO
- UNIDADE DE CONSERVAÇÃO
- PROJETO DE ASSENTAMENTO
- QUILOMBOLA
- CONCESSÃO DE LAVRA
- REQUERIMENTO DE LAVRA
- LAVRA GARIMPEIRA
- REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA
- CAVIDADE NATURAL
- SÍTIO ARQUEOLÓGICO

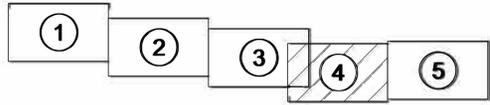
REFERÊNCIAS:

CARTAS DE RESTITUIÇÃO AEROFOTOGRAMÉTRICA DO IBGE
 IMAGEM DE SATÉLITE GOOGLE EARTH
 ORTOFOTOS
 MAPA RODOVIÁRIO DO DNIT/DER
 BANCO DE DADOS DEM SRTM
 DADOS OBTIDOS EM CAMPO
 NOTAS:
 MEDIDAS EM METROS
 EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NIVEL: 25 m

INFORMAÇÕES GEODÉSICAS:

DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000
 DATUM VERTICAL: MAREGRAFO DE IMBITUBA / SC
 SISTEMA DE PROJEÇÃO: UTM
 MERIDIANO CENTRAL / FUSO: -45° / 23S
 CONVERGÊNCIA MERIDIANA: -0°18'03"
 VARIAÇÃO ANUAL: -0°07'42"
 DECLINAÇÃO MAGNÉTICA: 20°29'25"W

ARTICULAÇÃO DA FOLHA:

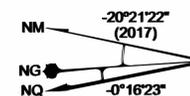


R1	28/04/17	ATUALIZAÇÃO DO TRAÇADO VERSÃO R3	TOPA	APP	CAACP
R0	05/04/17	EMIÇÃO INICIAL	TOPA	APP	CAACP
N°	DATA	REVISÃO	ELABORADO	VERIFICADO	APPROVADO
EQUATORIAL TRANSMISSORA X SPE SA					
PROJETO BÁSICO		LT 500KV JANAÚBA 3 - PRES. JUSCELINO, CZ			ESCALA: 1:100.000
ELAB. TOPA		VERIF. APP			FOLHA: 04 de 05
APROV. CAACP		SETOR 500KV			PREZ. R1
RESP. T.É.C. TOPA		N° CREA: 195:84.457/D		DATA: 05/04/17	
N° DOC: DE-EQT4-LB01-TOP-0004					

QUADRO DE COORDENADAS LT 500KV JANAÍBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO, C2						
VÉRTICE	DEFLEXÕES	RUMOS	DISTÂNCIAS		COORDENADAS	
			PARCIAL	PROGRESSIVAS	E	N
V37	25°47'27"E		242847,787	597534,538	8015381,871	
V38	7°33'39"E	7°59'49"SO	9682,275	252630,063	596276,845	8006983,562
V39	14°34'28"E	0°25'39"SO	24614,159	277244,222	596056,262	7981060,078
V40	3°53'23"D	14°08'45"SE	4625,485	281869,707	597225,776	7978984,875
V41	7°09'45"D	10°15'26"SE	16205,898	296075,805	600111,513	7960547,974
V42	0°36'37"D	3°05'41"SE	5147,370	303222,884	600389,394	7955508,201
V43	17°59'09"D	2°29'03"SE	3451,068	306673,962	600538,964	7952060,377
V44	23°04'41"D	15°30'01"SO	4769,368	311443,340	599264,400	7947464,455
V45	22°57'29"E	38°34'42"SO	5505,849	316949,289	598530,973	7943180,148
V46	20°23'39"E	15°37'13"SO	1583,562	318502,841	598112,660	7941963,974
V47	10°12'25"E	4°56'12"SE	6208,534	324711,275	596946,826	7938478,471
SE PRESIDENTE JUSCELINO		14°59'07"SE	120,884	324832,069	596978,144	7938361,862



LARGURA DA FAIXA:



CONVENÇÕES:

- EIXO DA LT
- RODOVIA ESTADUAL/FEDERAL
- ESTRADA MUNICIPAL/VICINAL
- ++++ FERROVIA
- DIVISA MUNICIPAL
- LT EXISTENTE
- CURSOS D'ÁGUA
- VÉRTICE DO TRAÇADO
- TORRE TELECOMUNICAÇÃO
- UNIDADE DE CONSERVAÇÃO
- PROJETO DE ASSENTAMENTO
- QUILOMBOLA
- CONCESSÃO DE LAVRA
- REQUERIMENTO DE LAVRA
- LAVRA GARIMPEIRA
- REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA
- CAVIDADE NATURAL
- SÍTIO ARQUEOLÓGICO

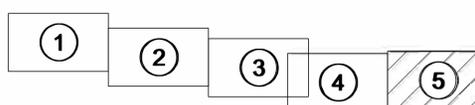
REFERÊNCIAS:

- CARTAS DE RESTITUIÇÃO AEROFOTOGRAMÉTRICA DO IBGE
- IMAGEM DE SATÉLITE GOOGLE EARTH
- ORTOFOTOS
- MAPA RODOVIÁRIO DO DNIT/DER
- BANCO DE DADOS DEM SRTM
- DADOS OBTIDOS EM CAMPO
- NOTAS:
- MEDIDAS EM METROS
- EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NIVEL: 25 m

INFORMAÇÕES GEODÉSICAS:

- DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000
- DATUM VERTICAL: MAREGRAFO DE IMBITUBA / SC
- SISTEMA DE PROJEÇÃO: UTM
- MERIDIANO CENTRAL / FUSO: -45° / 23S
- CONVERGÊNCIA MERIDIANA: -0°16'23"
- VARIAÇÃO ANUAL: -0°07'52"
- DECLINAÇÃO MAGNÉTICA: 20°21'22"W

ARTICULAÇÃO DA FOLHA:



R1	26/04/17	ATUALIZAÇÃO DO TRAÇADO VERSÃO R3	TOPA	APP	CACOP
R2	05/04/17	EMIÇÃO INICIAL	TOPA	APP	CACOP
N°	DATA	REVISÃO	ELABORADO	VERIFICADO	APROVADO
PROJETO BÁSICO		LT 500KV JANAÍBA 3 - PRES. JUSCELINO, C2		ESCALA: 1 : 100.000	
ELAB. TOPA		VERIF. APP		FOLHA 05 de 05	
SETOR 500KV		PLANTA DO TRAÇADO		REV.	
APROV. CACOP		REP. T.É.C. TOPA		N° DOC. DE-EQT4-LB01-TOP-0005	
N° CREA 1163.84.457/D		DATA 05/04/17		R1	