



00	18/04/17	Emissão inicial	FGS	RCM	PRRLS
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 4 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 14A LT 500 kV C.S. Janaúba 3 / Presidente Juscelino C1 TORRE TIPO V2CRL Cálculo Estrutural</p>					
Nº ENGETOWER 20.10-C4001	Nº DOCUMENTO RE-EQT4-L402-PB-EST-0022			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	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/cm ² (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

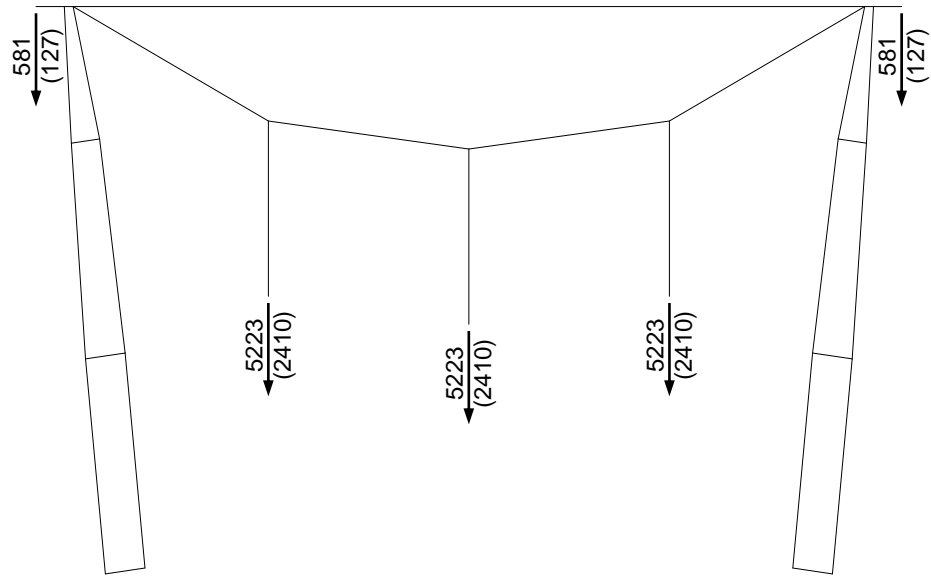
- HIP. 1: Cabos intactos, com vento transversal máximo (90°)
- HIP. 2: Cabos intactos, com vento longitudinal máximo
- HIP. 3: Cabos intactos, com vento máximo a 45°, 60° ou 75°
- HIP. 4: Ruptura de 1 fase, sem vento
- HIP. 5: Ruptura de 1 pára-raios, sem vento
- HIP. 6: Construção/Manutenção, sem vento
- 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:

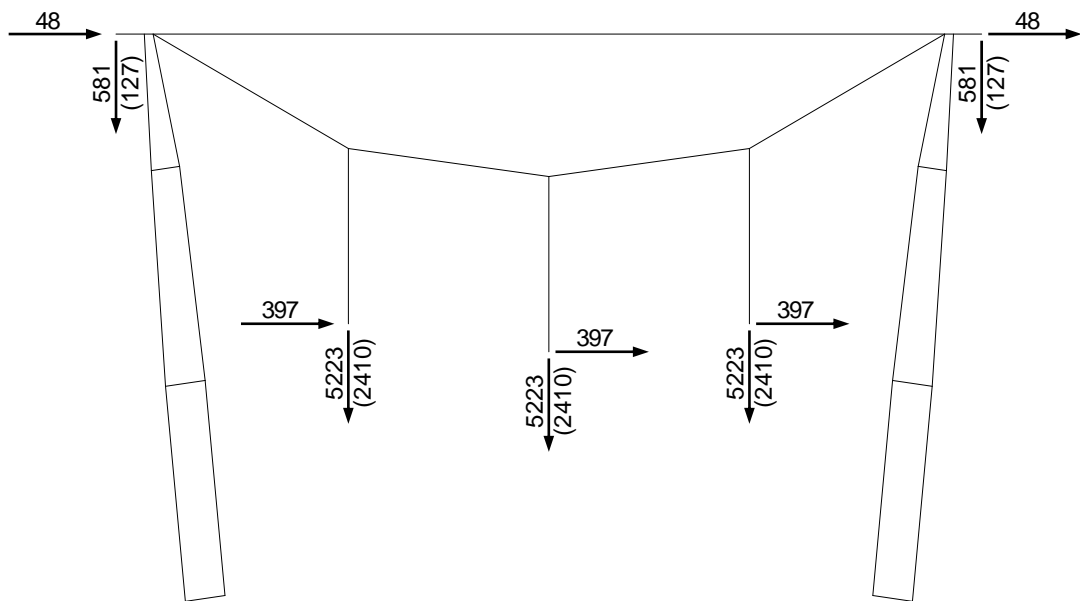
1. Para as hipóteses com vento de alta intensidade (hip. 7, 8 e 9), considerou-se trações atuantes iguais às obtidas para Vento Reduzido (90°)

3.2 PARA VERIFICAÇÕES ELÉTRICAS E DE GEOMETRIA



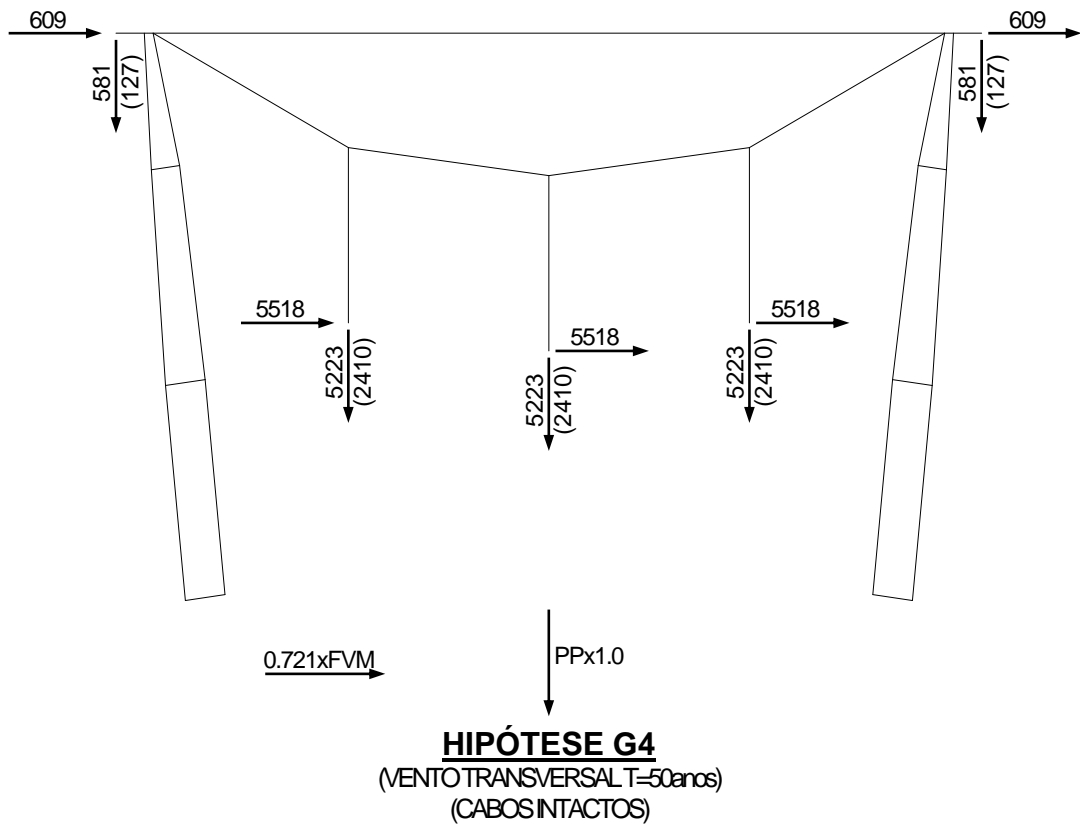
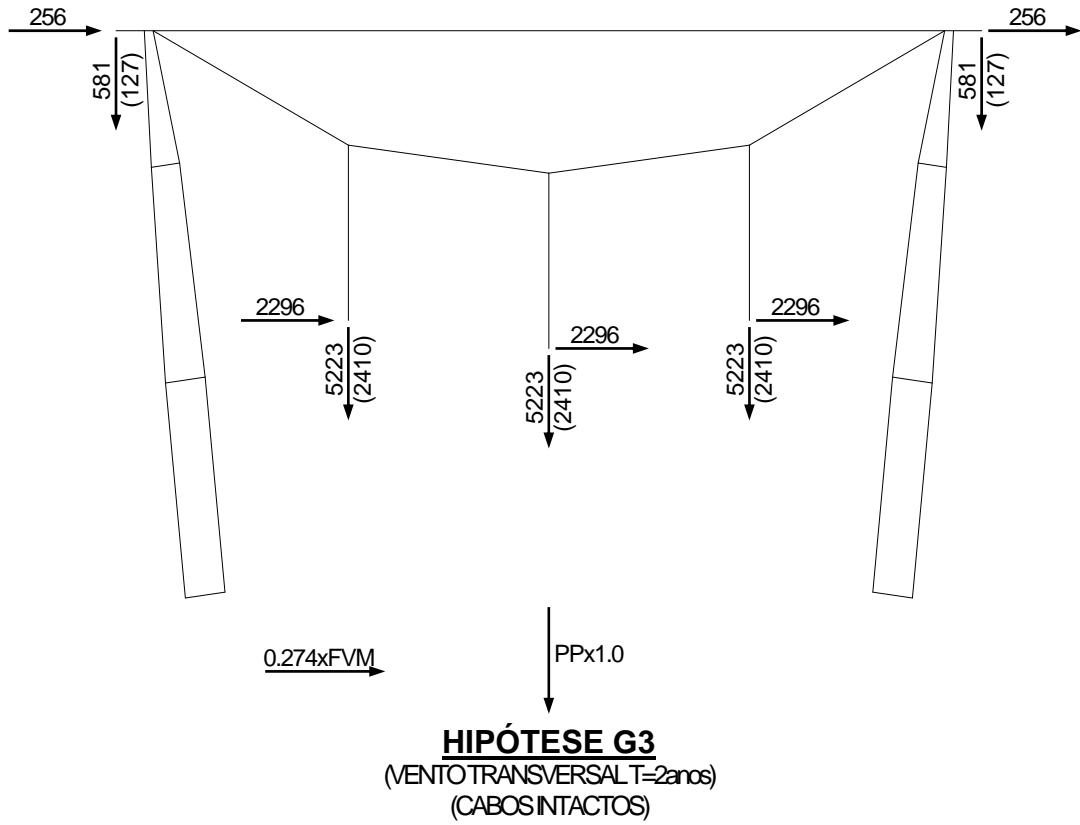
PPx1.0

HIPÓTESE G1
(SEM VENTO)
(EDS-ALINHAMENTO)

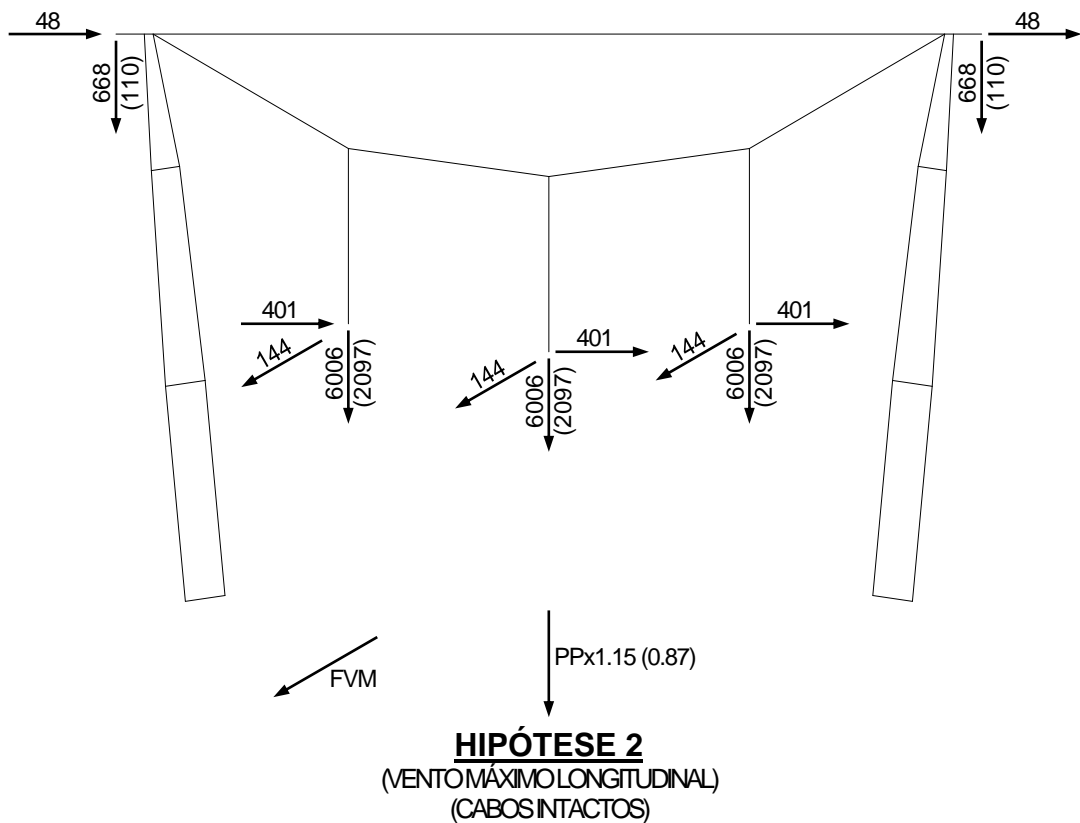
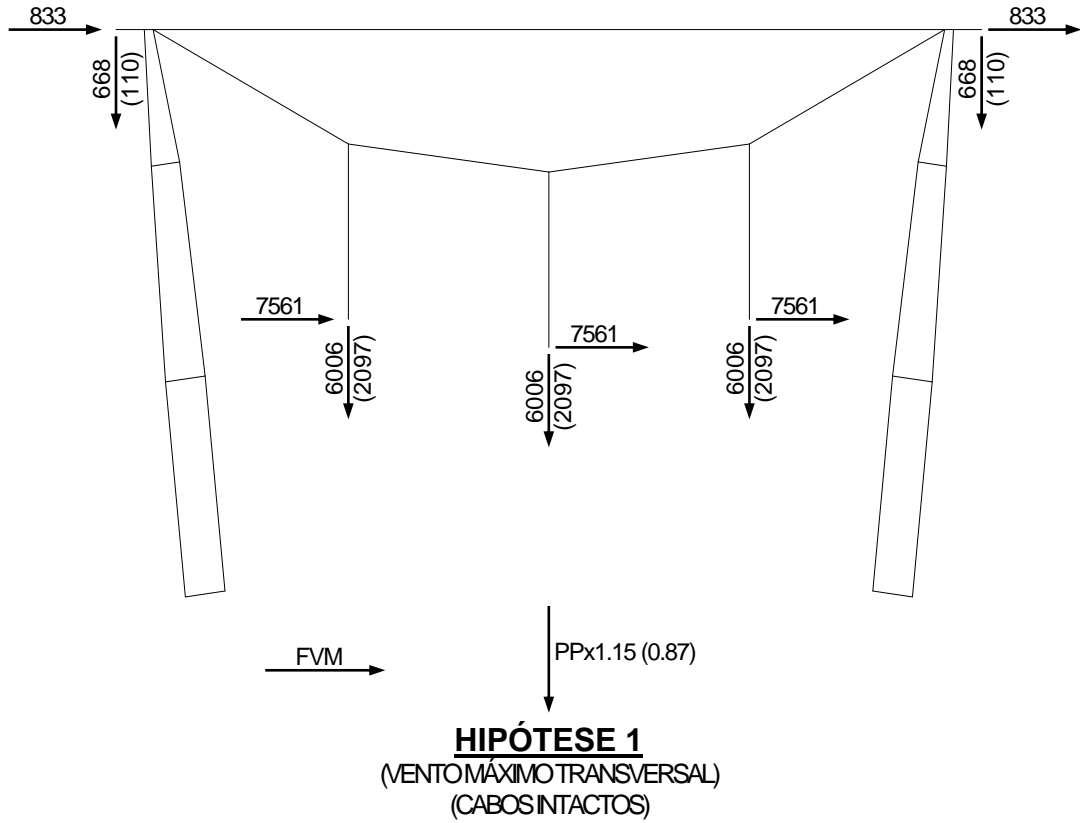


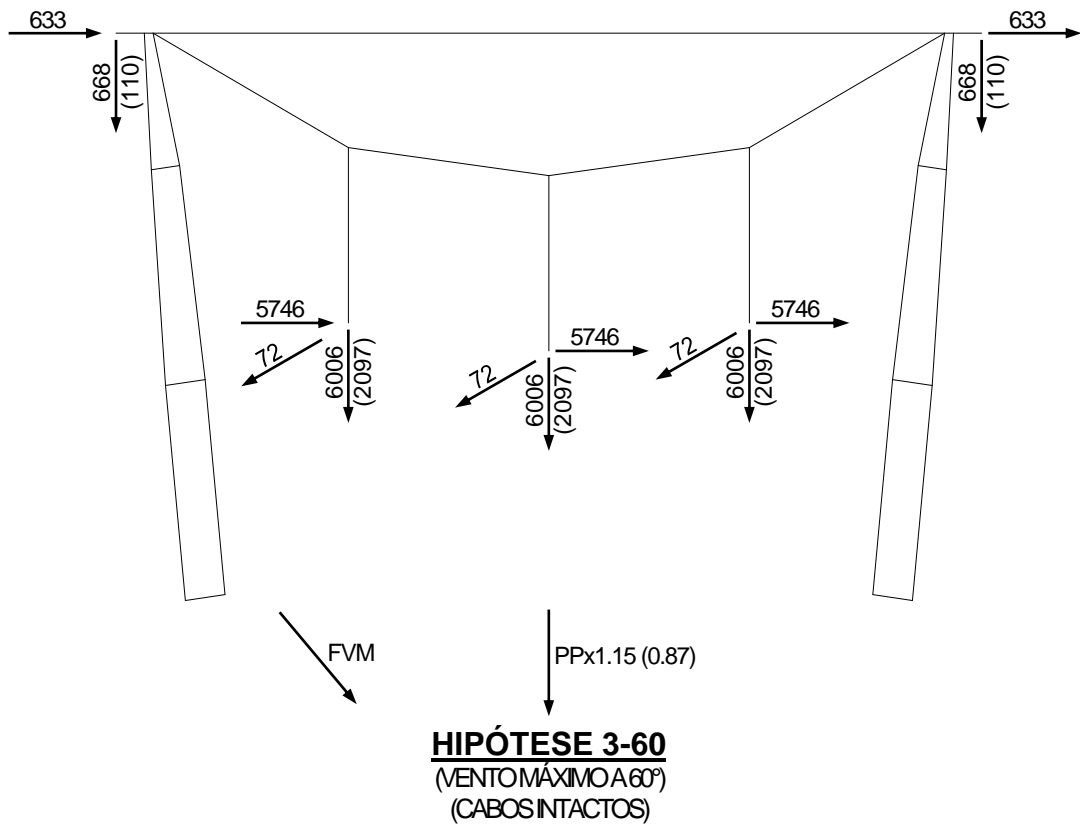
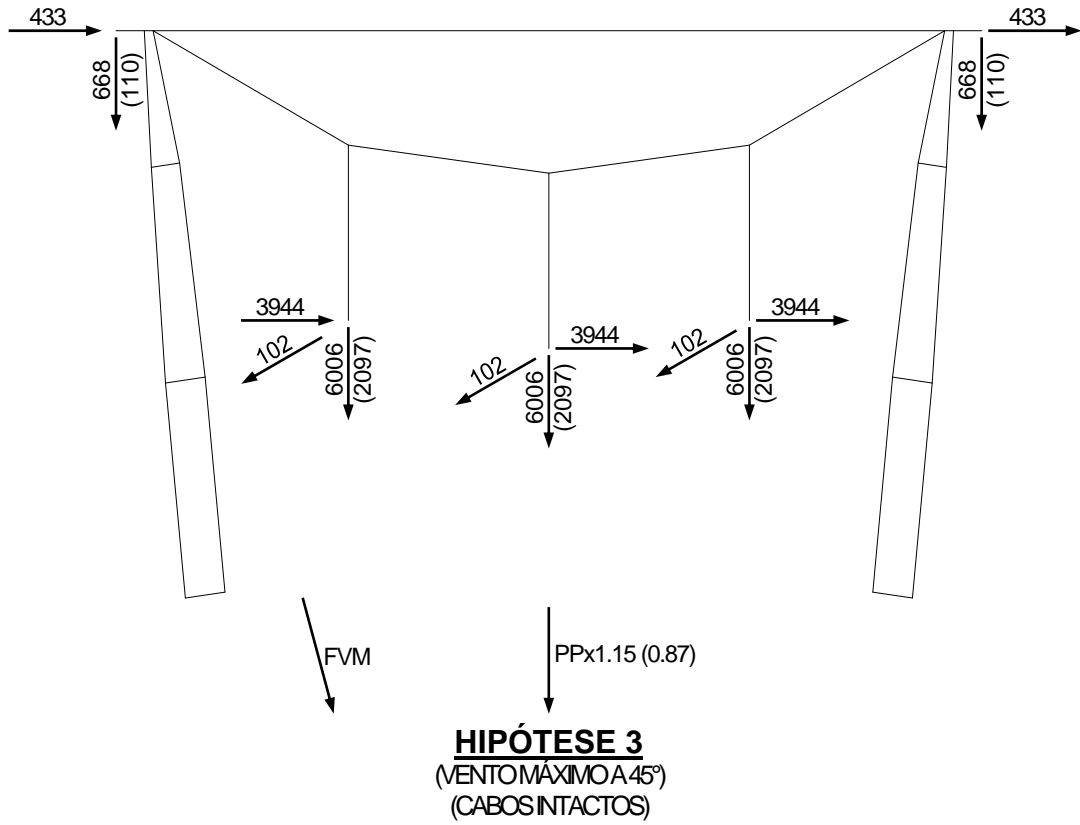
PPx1.0

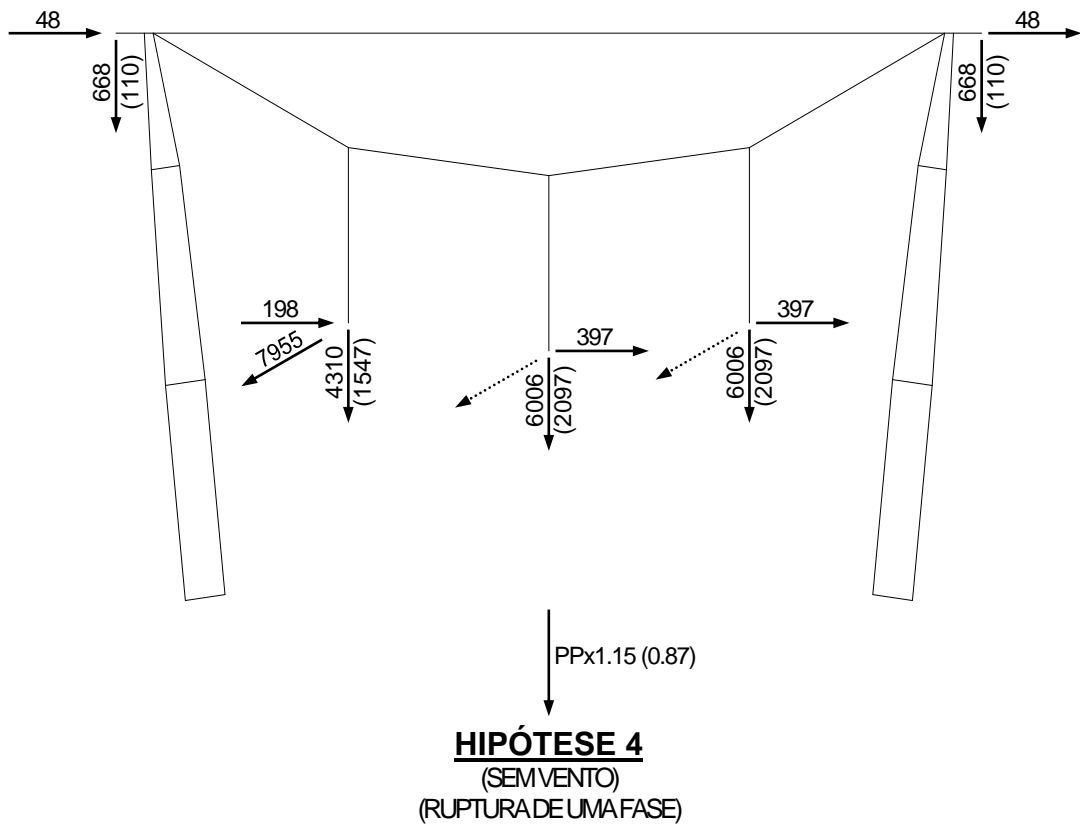
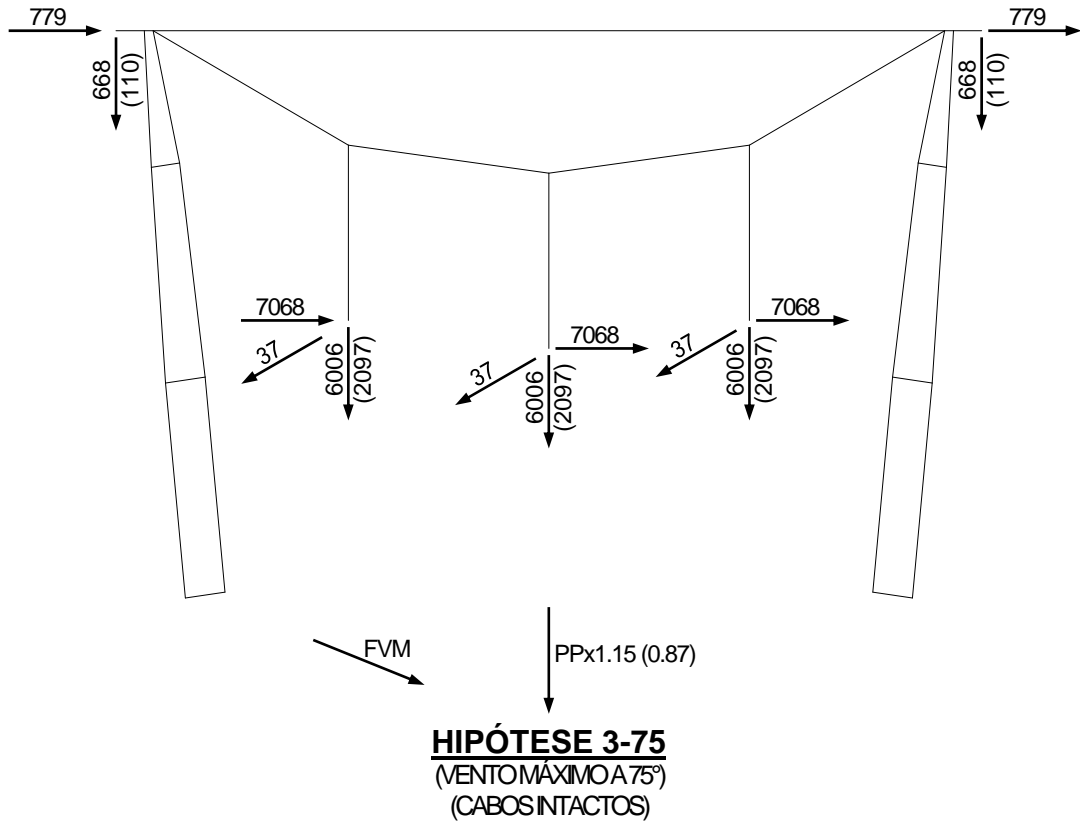
HIPÓTESE G2
(SEM VENTO)
(EDS-ÂNGULO MÁXIMO)

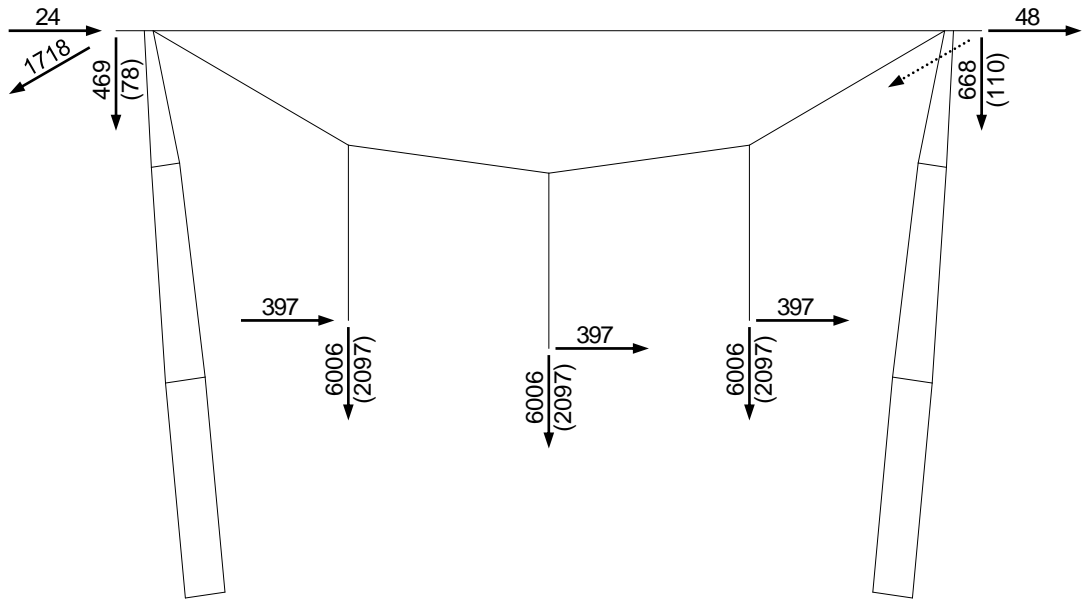


3.3 PARA DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL



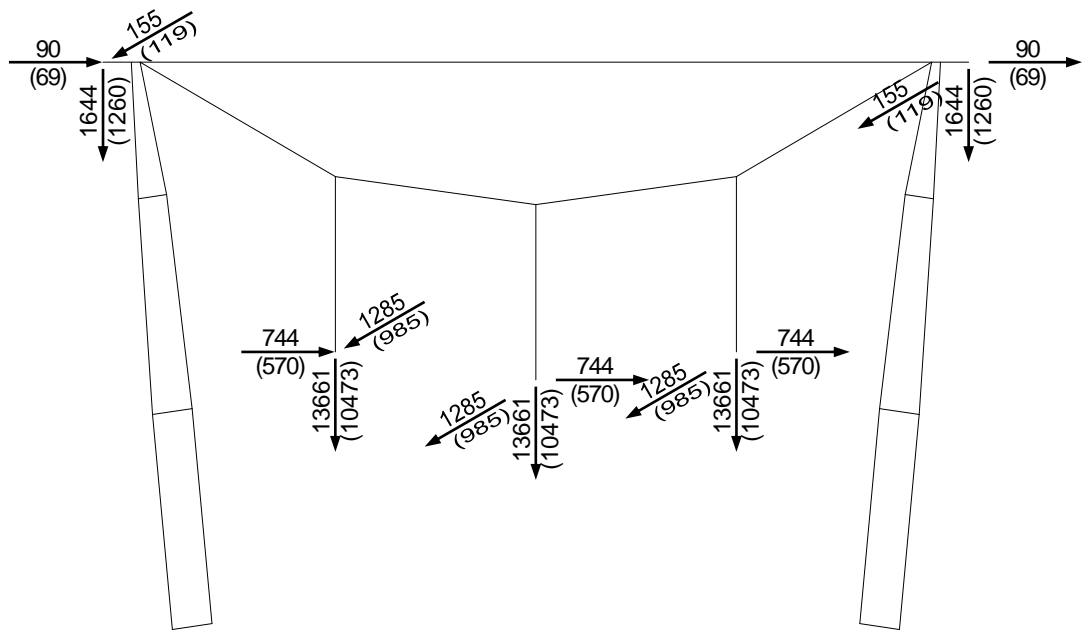






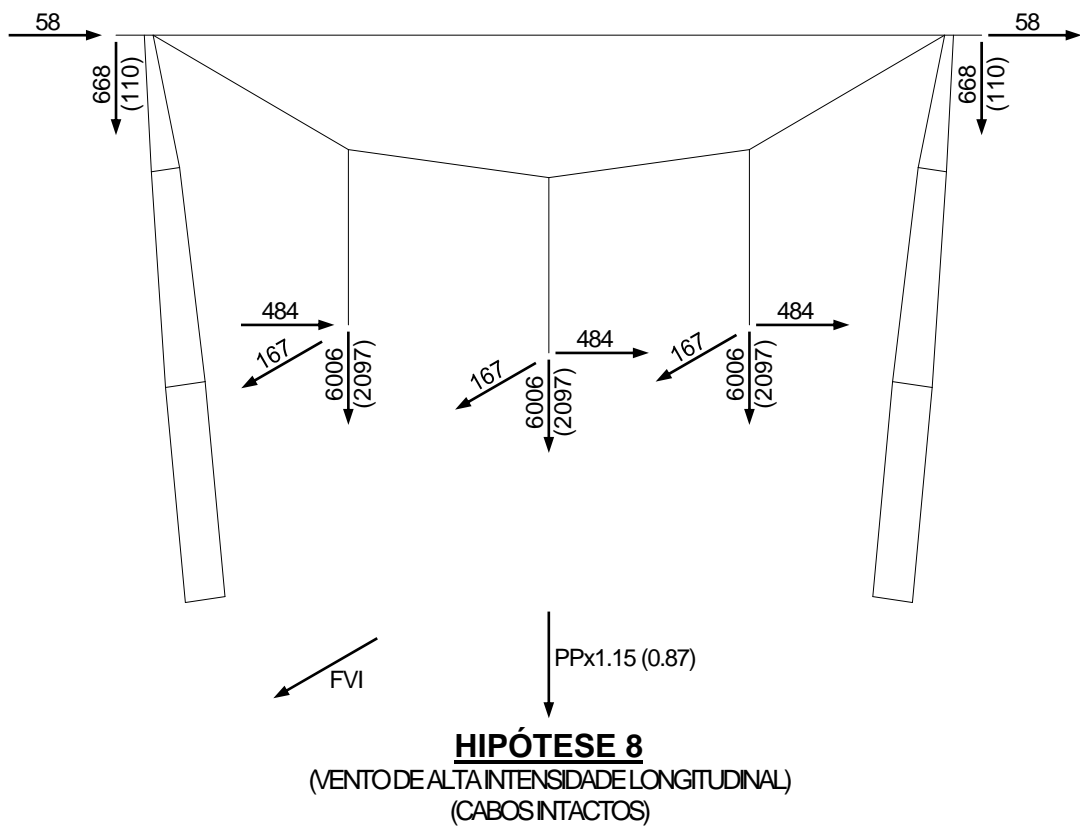
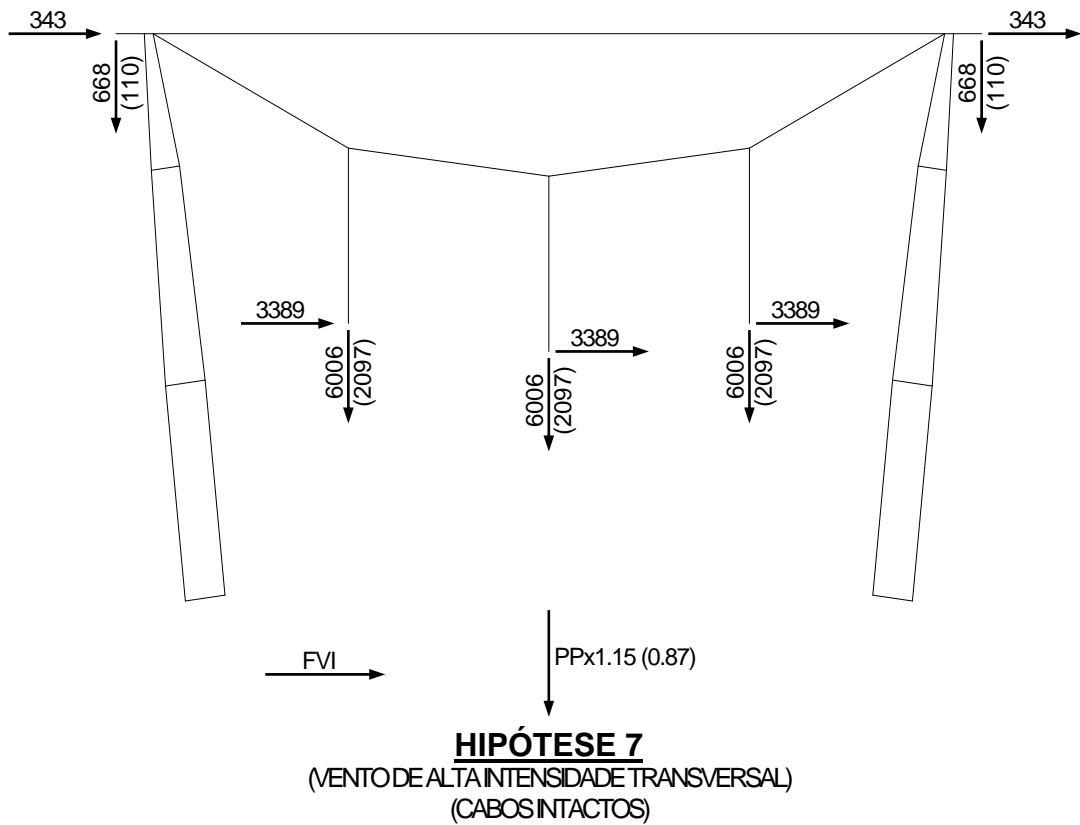
PPx1.15 (0.87)

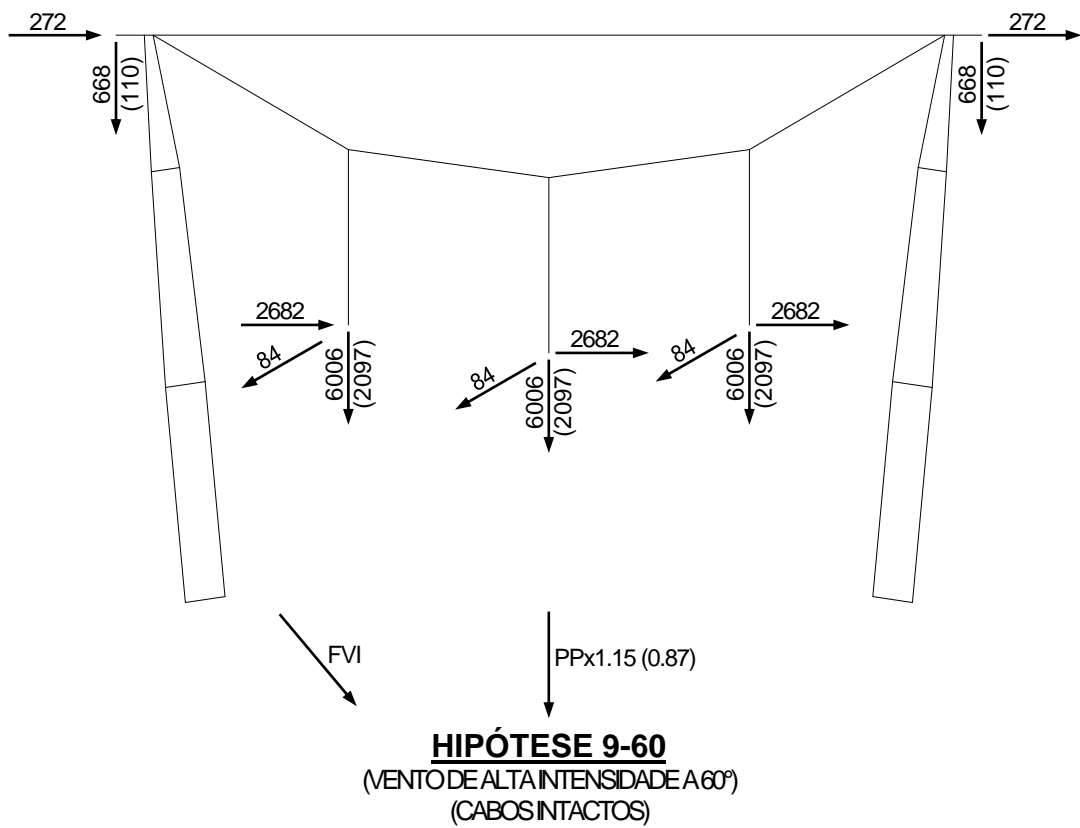
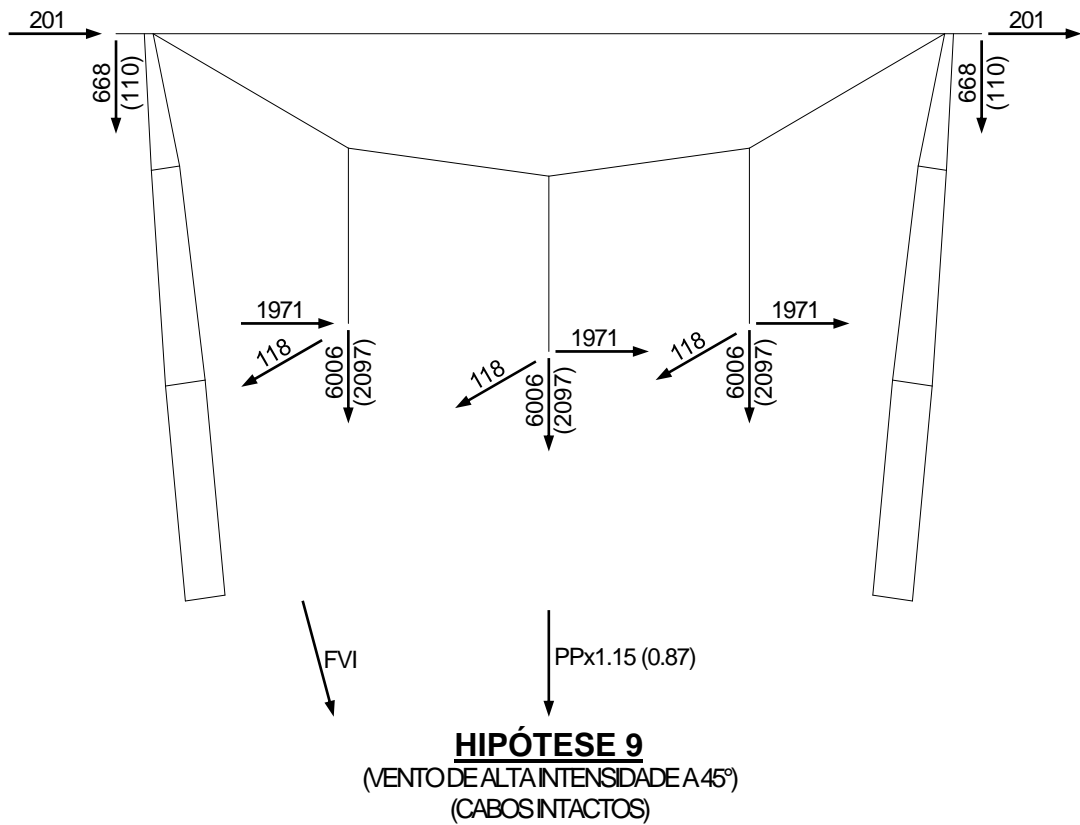
HIPÓTESE 5
(SEM VENTO)
(RUPTURA DE UM PÁRA-RAIOS)

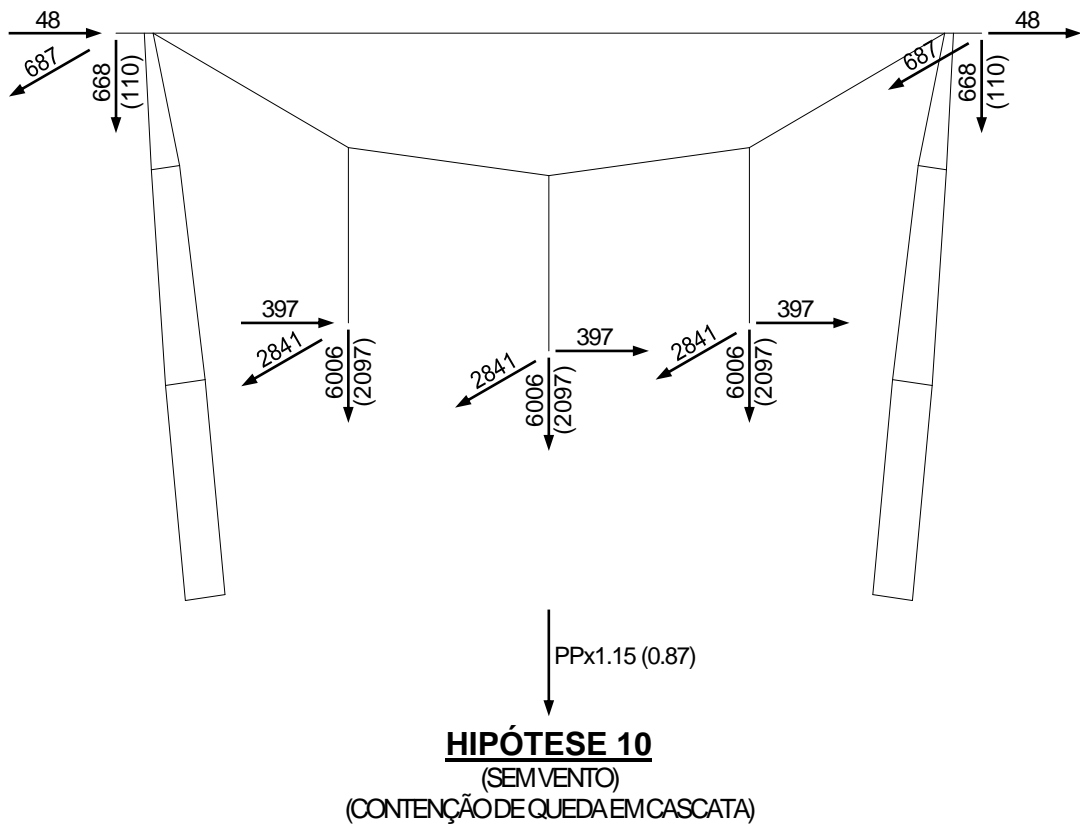
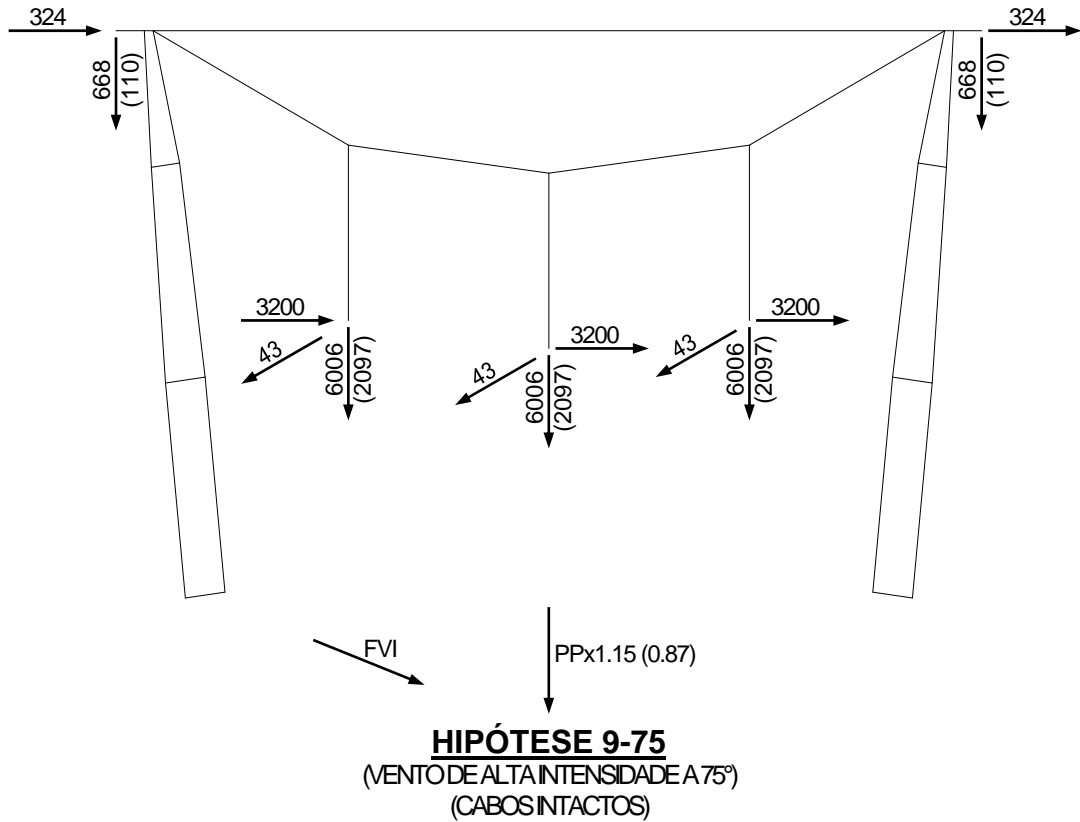


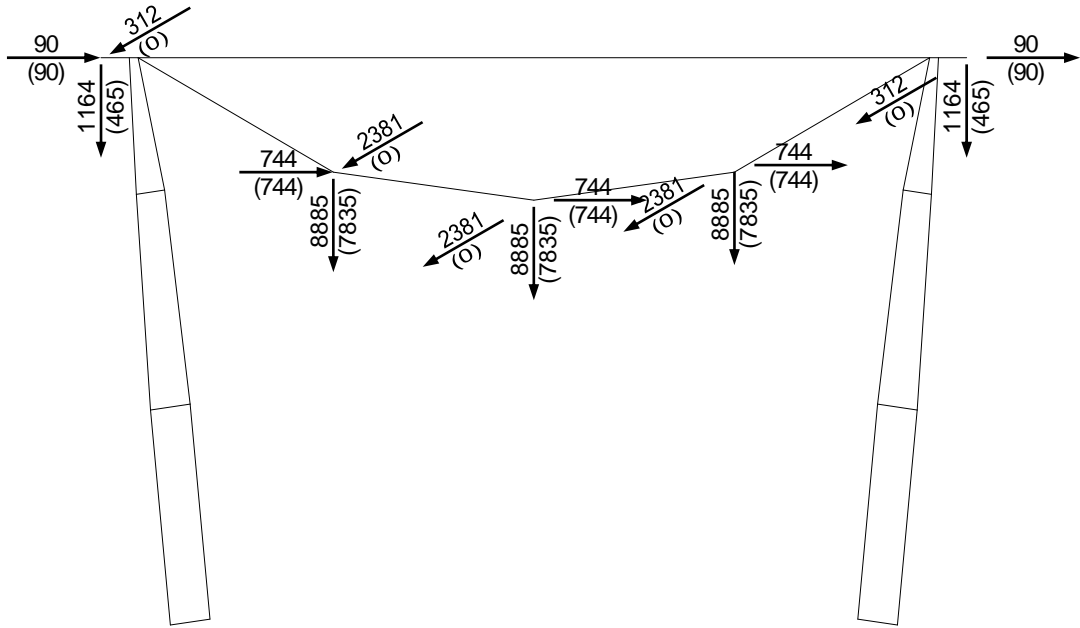
PPx1.15

HIPÓTESE 6
(SEM VENTO)
(CONSTRUÇÃO/MANUTENÇÃO)









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-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 V2ORL

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
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
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
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
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
DQ7	6Fm	1272	156	1L40x40x3	1.21	1.69	129	4	3269	5513	1	12.7		3087	1754	.23
				ASTIM-A572												
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
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
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
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

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

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 forca vertical.
 - * T - indica forca horizontal transversal que atua com V.
 - * L - indica forca horizontal longitudinal que atua com V.
- 3 - Para a forca V, 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	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 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)

$$\% = \text{taxa de trabalho} = 37928 / [0.93 \times (0.75 \times 58000)] = 0.938 \leq 1.000$$

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

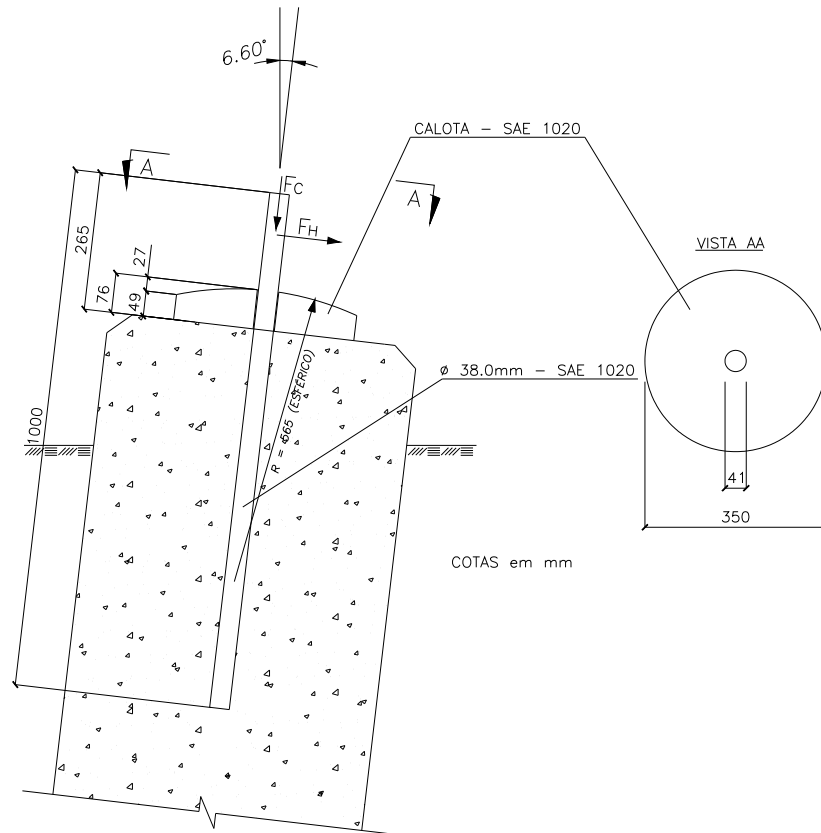
borda lateral mínima da chapa: 50 mm

$$f_t < 40212 / [(2 \times 5.0 - 3.49) \times 2.54] = 2432 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times 3515 = 3269 \text{ kgf/cm}^2$$

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

$$\text{Calota } \varnothing 350\text{mm} - \text{Área de apoio} = \pi \times (35.0^2 - 4.1^2) / 4 = 948.9 \text{ cm}^2$$

$$\text{Concreto: } f_{ck} = 180 \text{ kgf/cm}^2 \Rightarrow f_{cd} = 180 / 1.4 = 128.6 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\text{Pressão} = 1.1 \times 83787 / 948.9 = 97.1 \text{ kgf/cm}^2 < 128.6 \text{ kgf/cm}^2$$

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
01	09/05/17	Conforme Parecer Técnico PT-EQT4-L400-PB-ELM-0001-R03	FGS	RCM	PRRLS
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	01

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/cm ² (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.

OBSERVAÇÕES:

- 1) 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.
- 2) O desnivelamento máximo considerado para os mastros é de 6.0m.

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

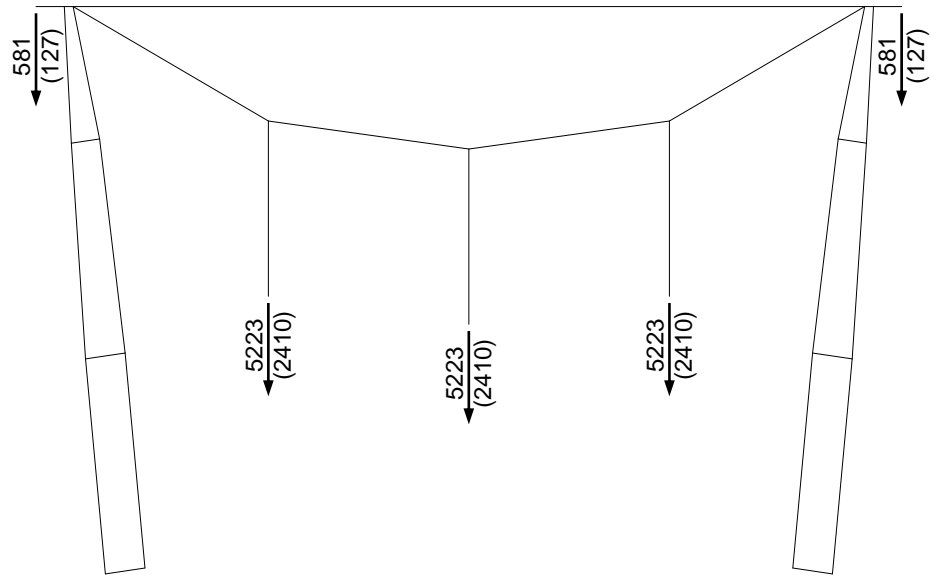
- HIP. 1: Cabos intactos, com vento transversal máximo (90°)
- HIP. 2: Cabos intactos, com vento longitudinal máximo
- HIP. 3: Cabos intactos, com vento máximo a 45°, 60° ou 75°
- HIP. 4: Ruptura de 1 fase, sem vento
- HIP. 5: Ruptura de 1 pára-raios, sem vento
- HIP. 6: Construção/Manutenção, sem vento
- 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:

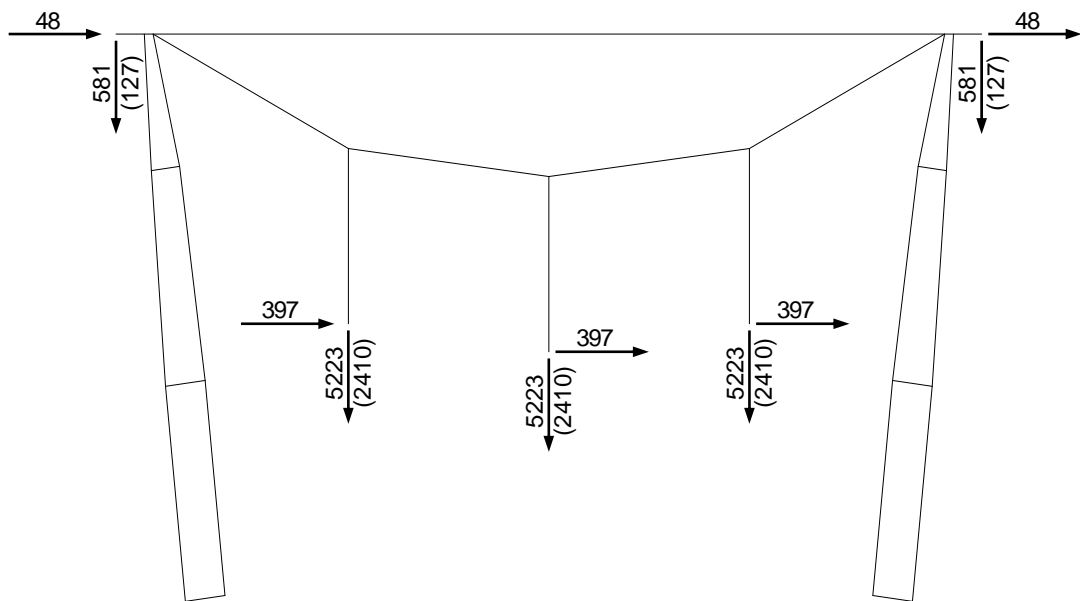
1. Para as hipóteses com vento de alta intensidade (hip. 7, 8 e 9), considerou-se trações atuantes iguais às obtidas para Vento Reduzido (90°)

3.2 PARA VERIFICAÇÕES ELÉTRICAS E DE GEOMETRIA



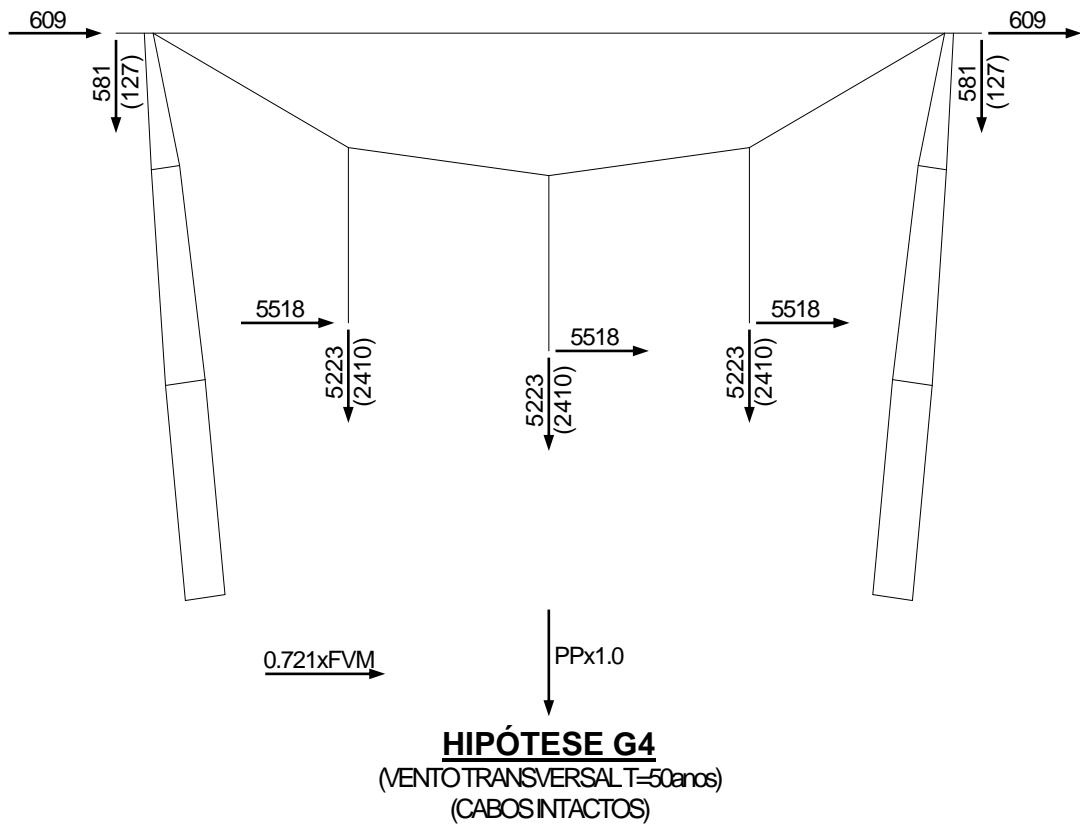
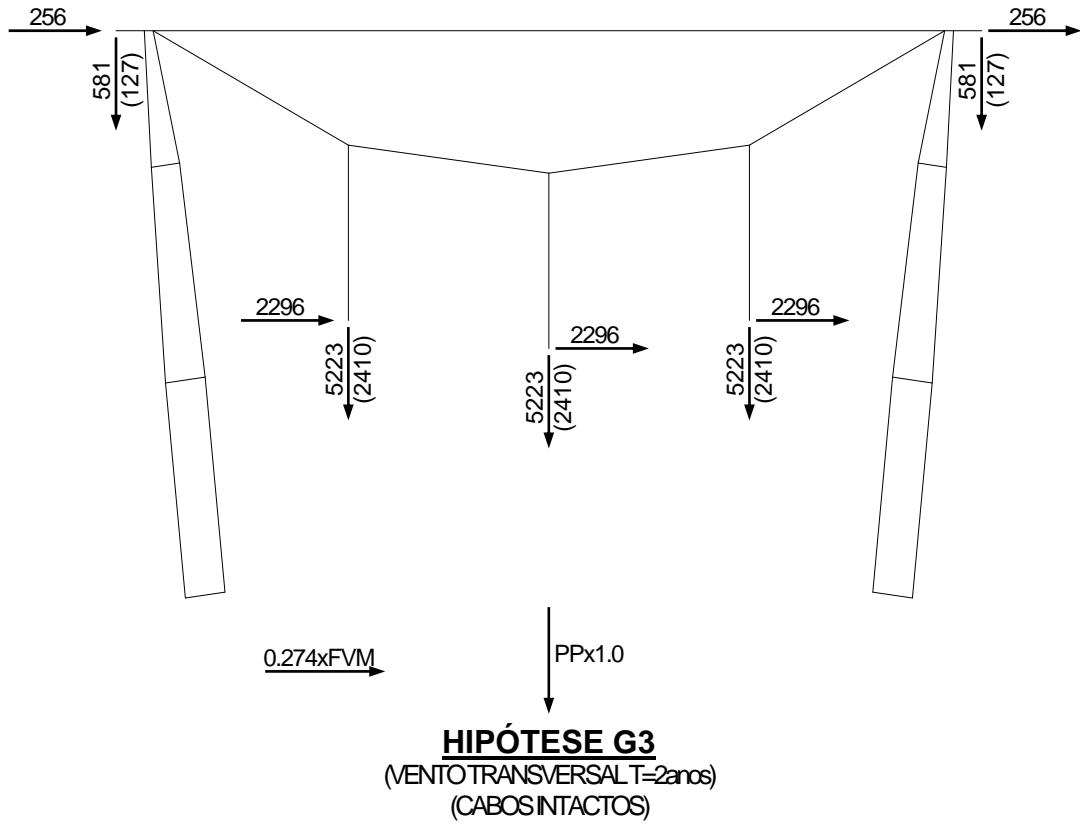
PPx1.0

HIPÓTESE G1
(SEM VENTO)
(EDS-ALINHAMENTO)

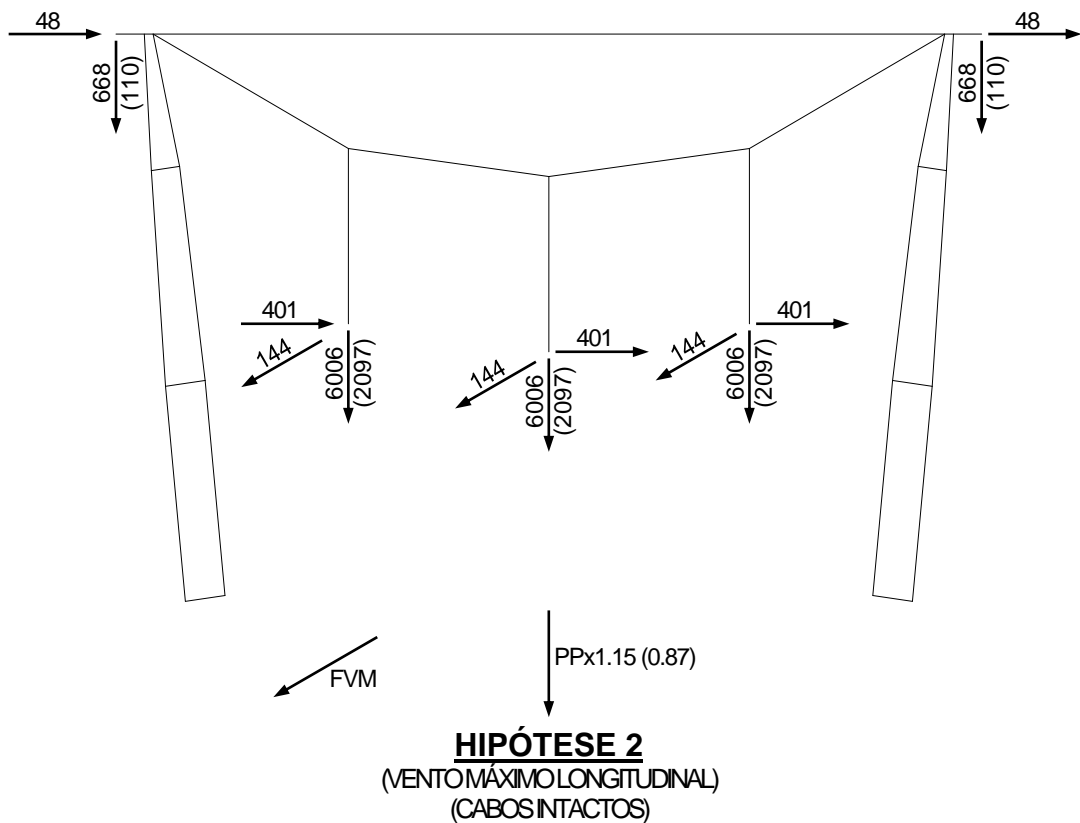
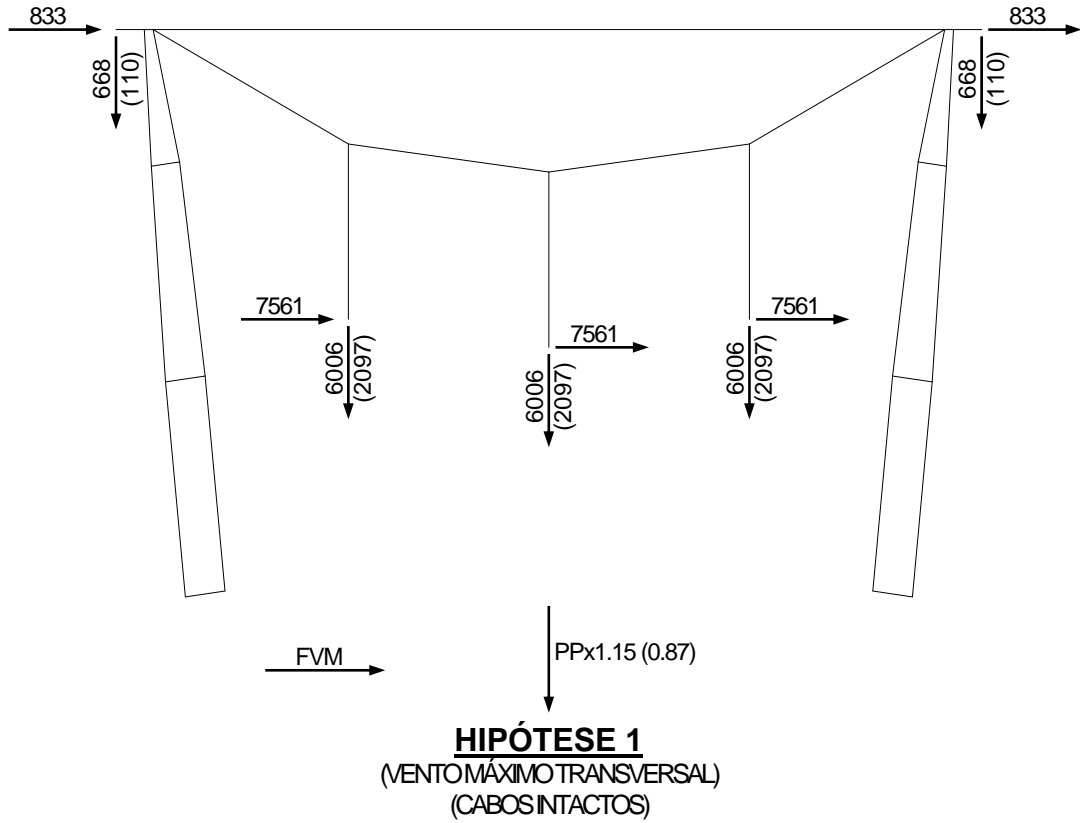


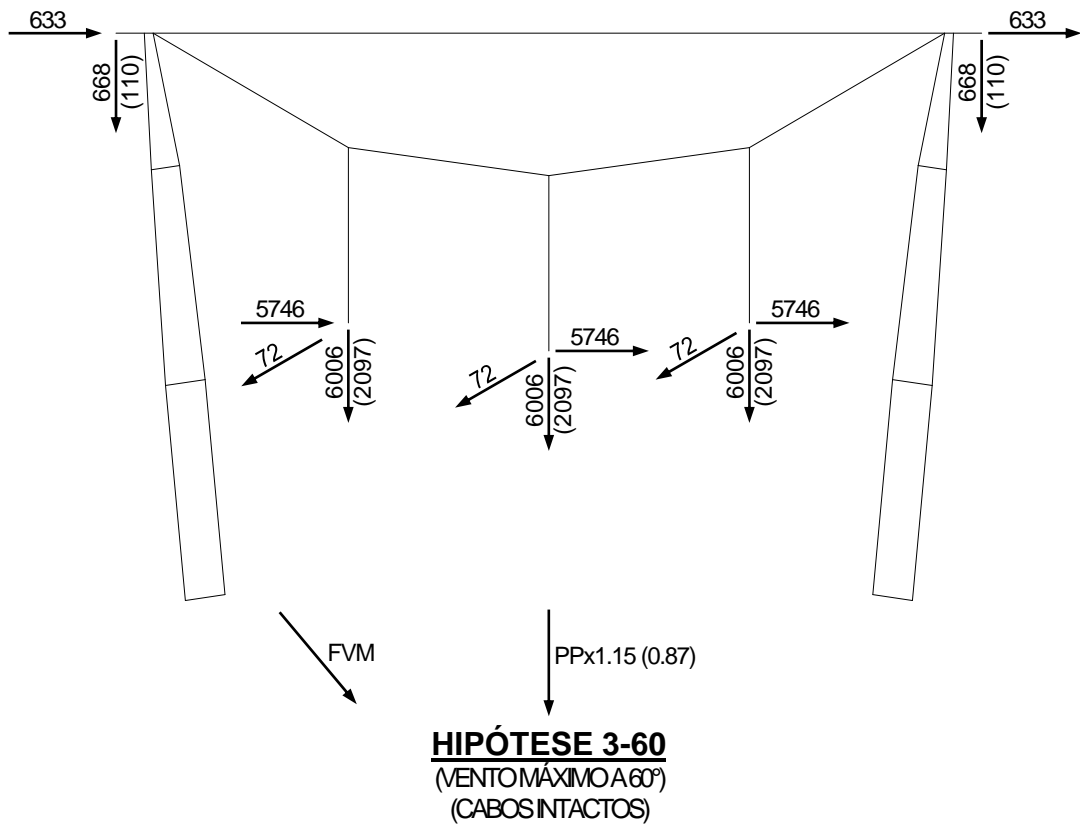
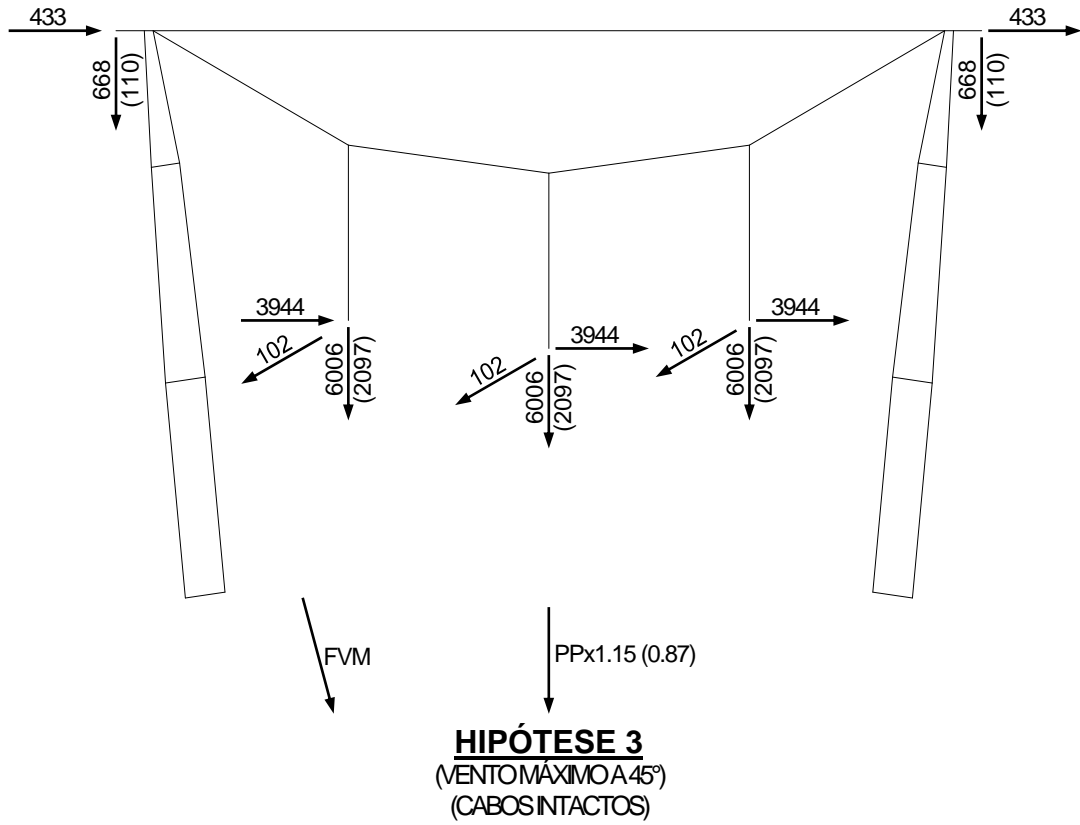
PPx1.0

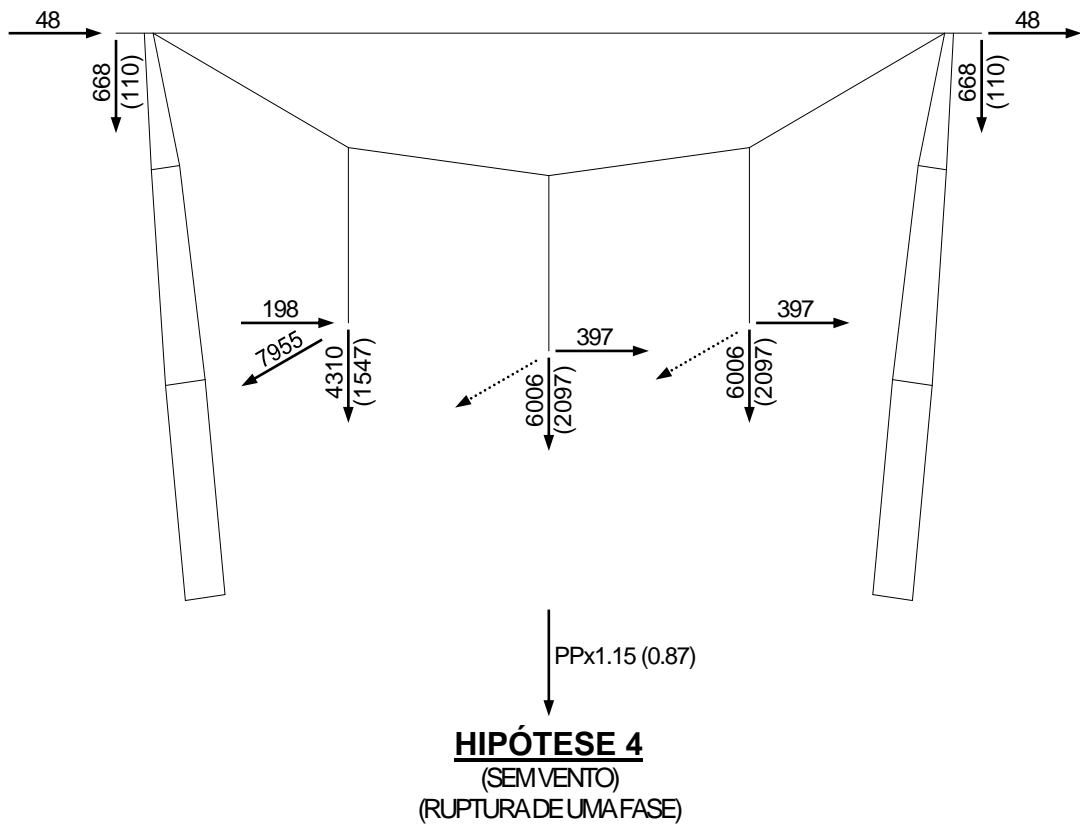
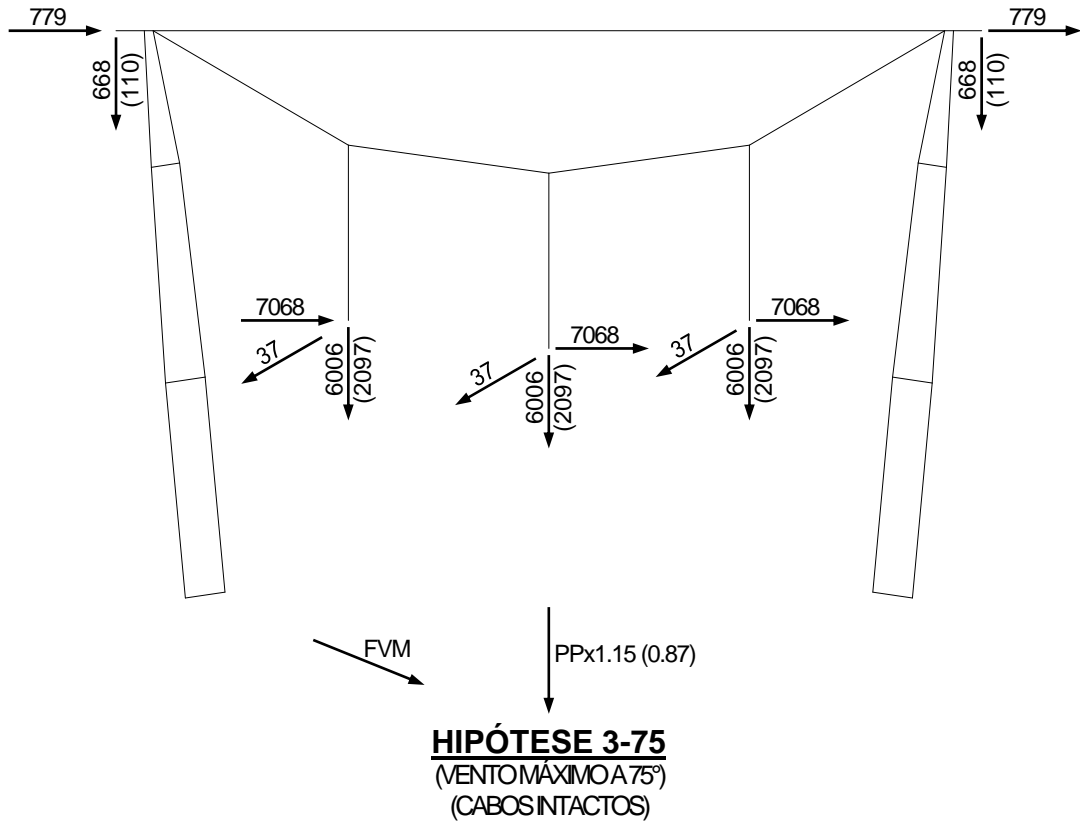
HIPÓTESE G2
(SEM VENTO)
(EDS-ÂNGULO MÁXIMO)

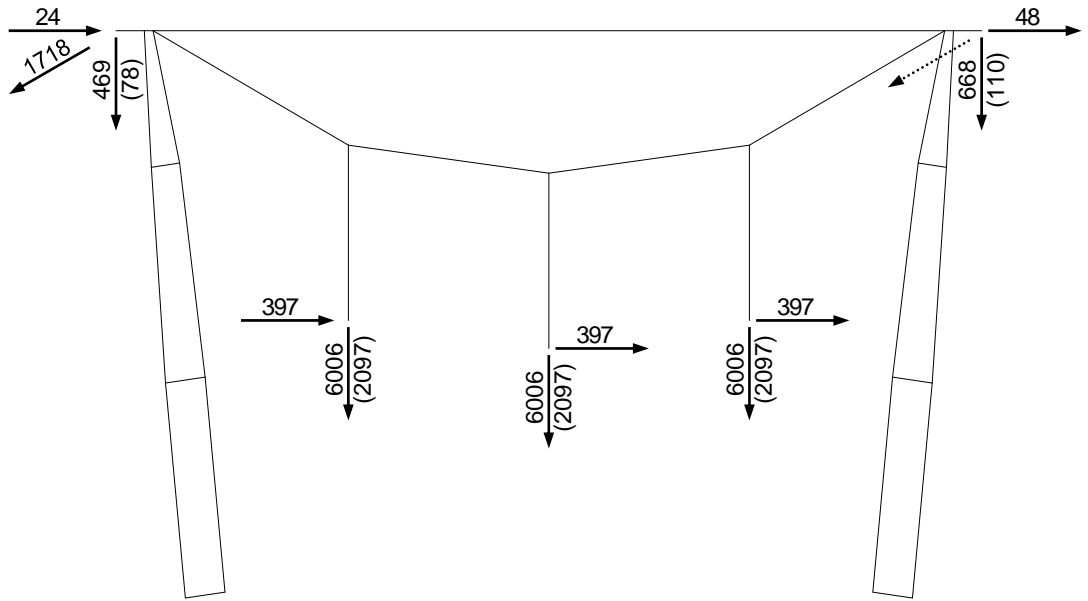


3.3 PARA DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL



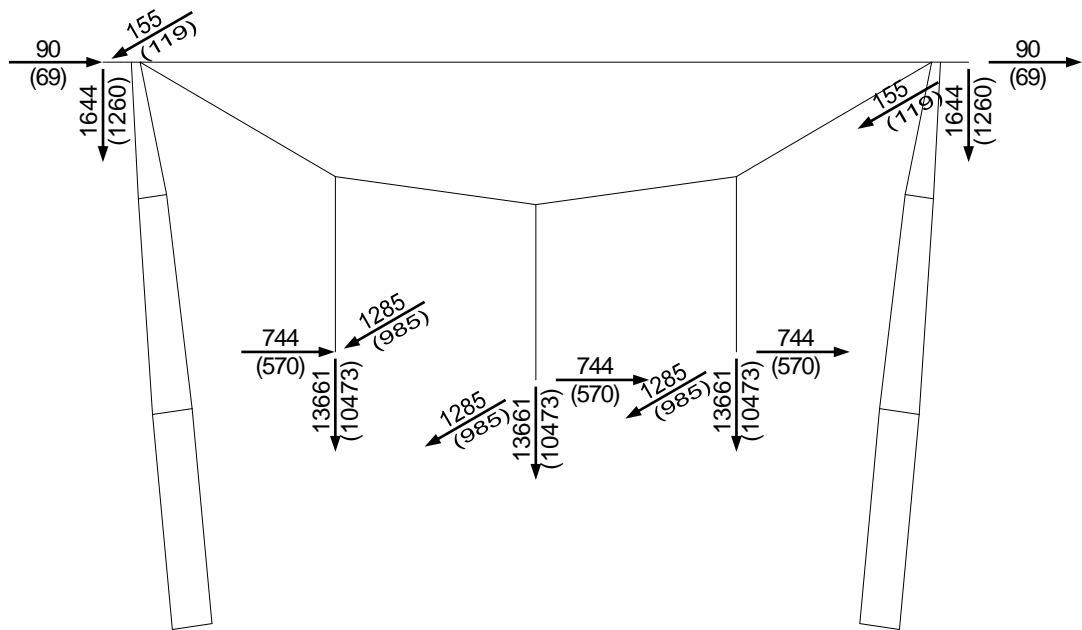






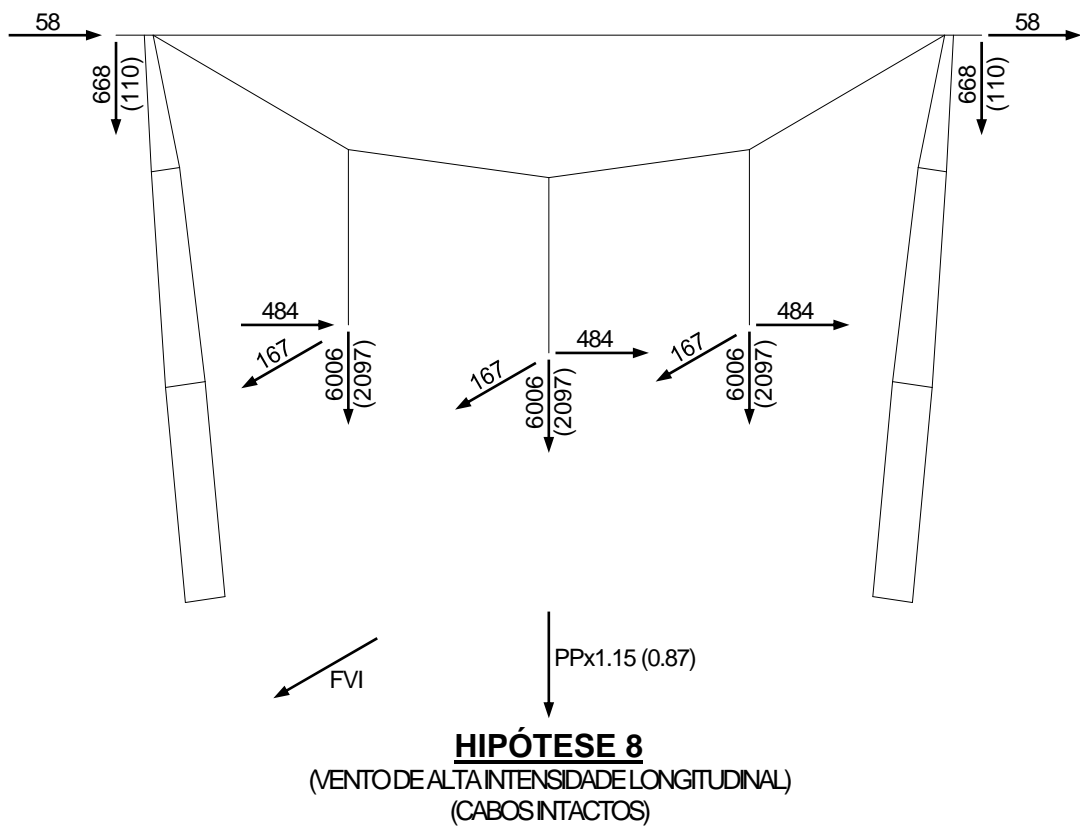
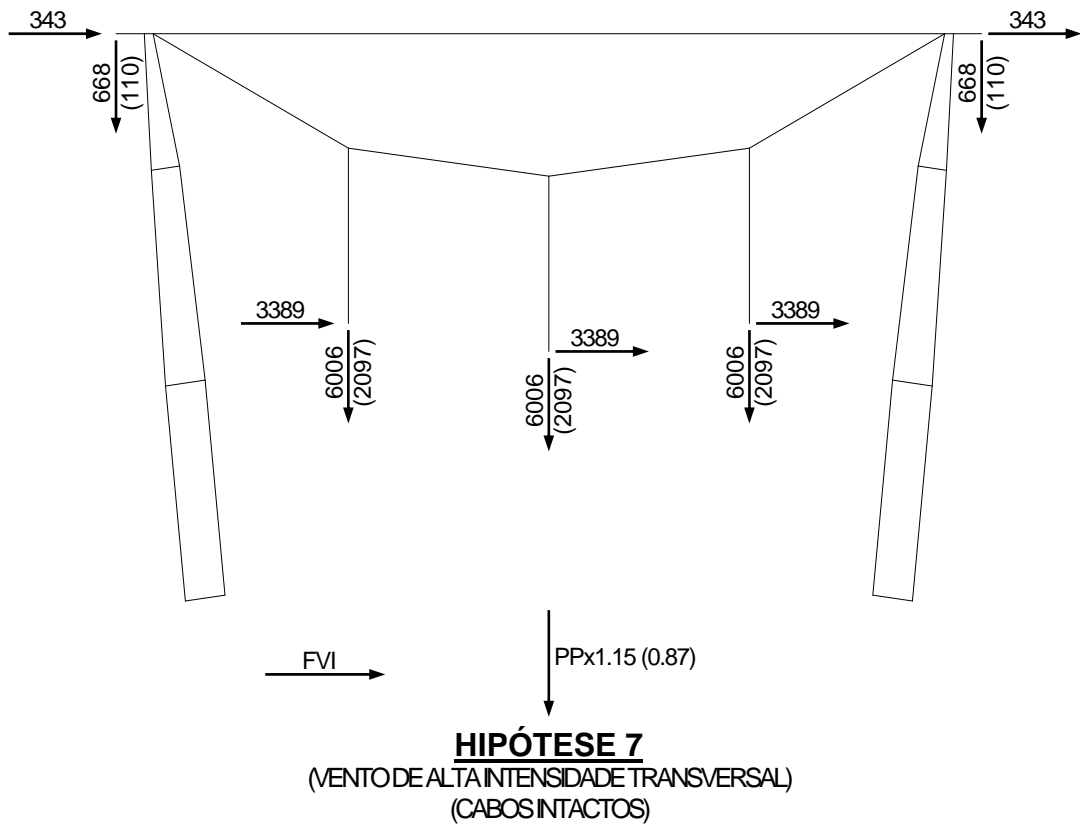
PPx1.15 (0.87)

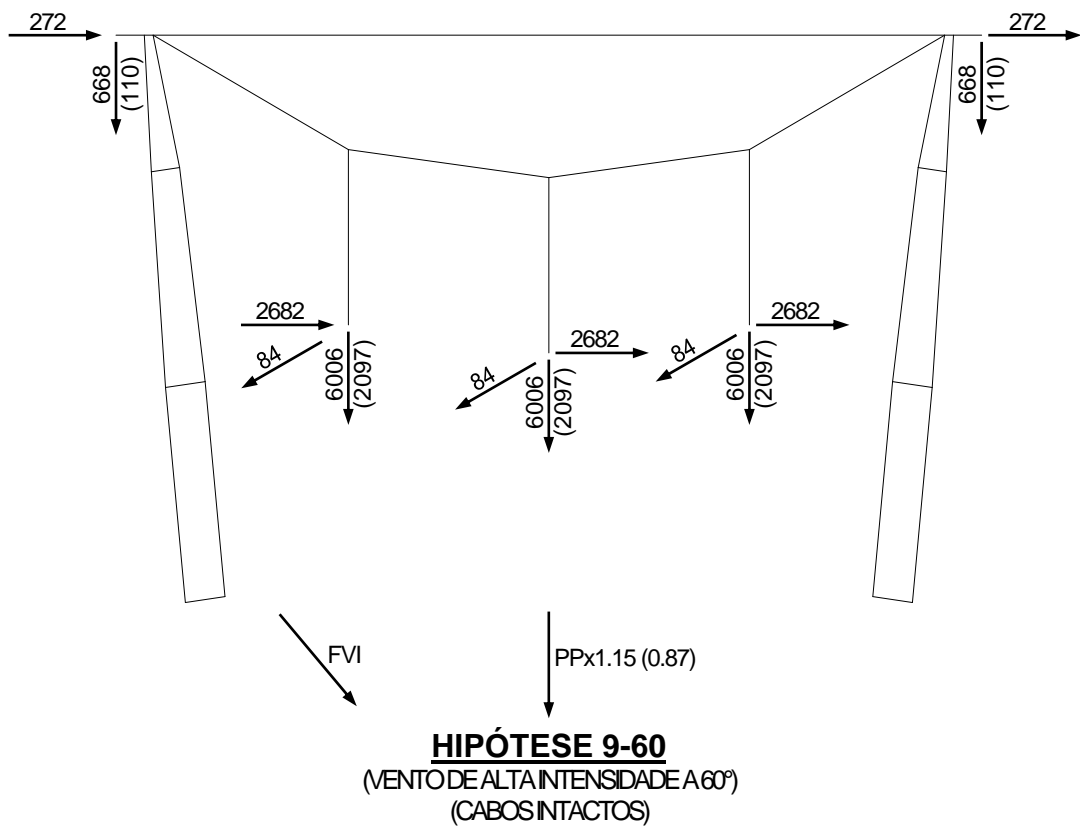
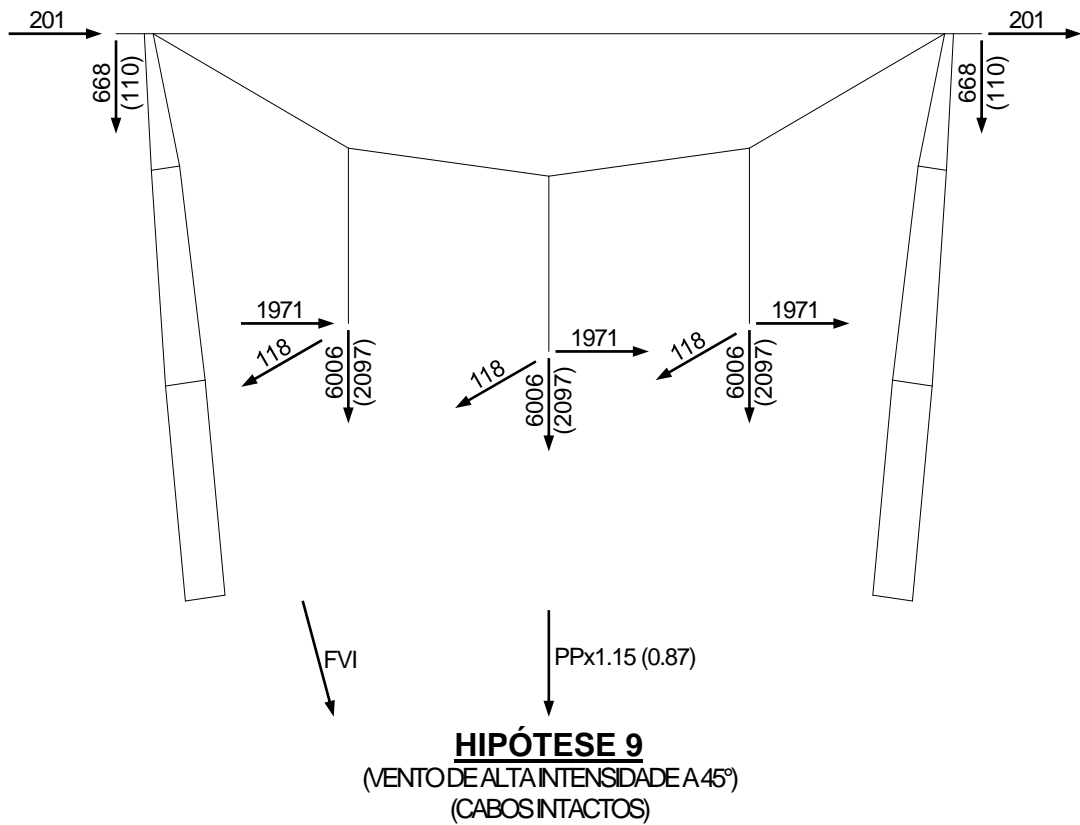
HIPÓTESE 5
(SEM VENTO)
(RUPTURA DE UM PÁRA-RAIOS)

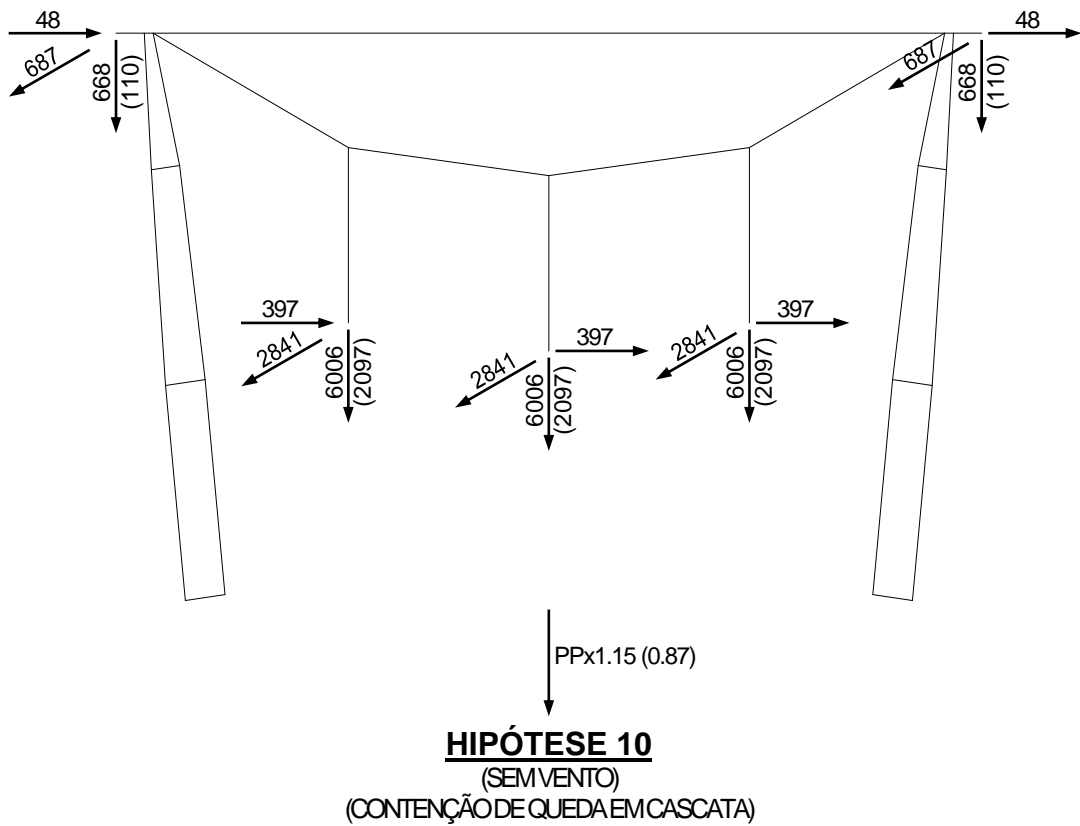
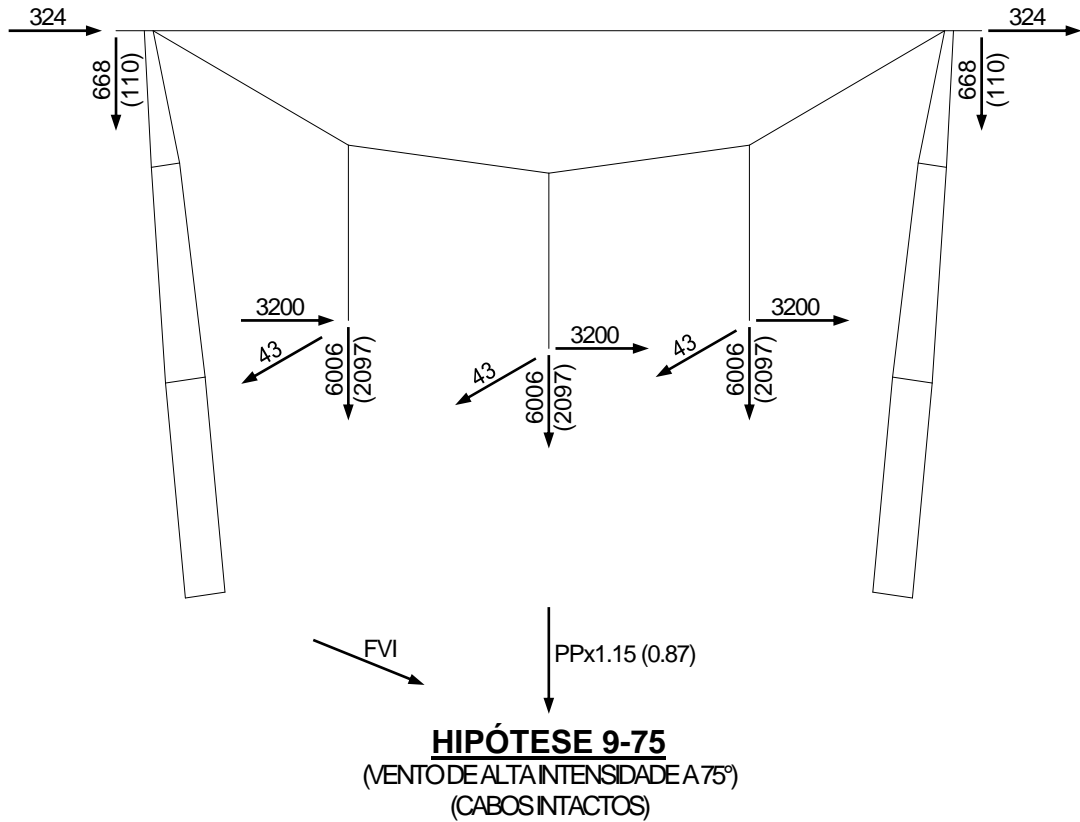


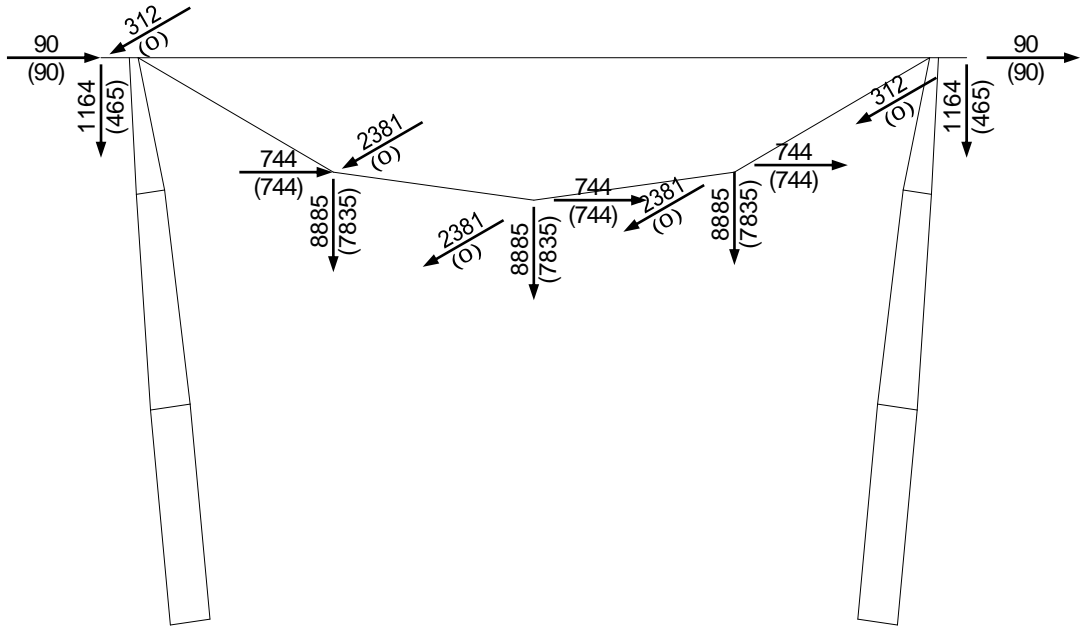
PPx1.15

HIPÓTESE 6
(SEM VENTO)
(CONSTRUÇÃO/MANUTENÇÃO)









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-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	

DVPL

EQI4/EQI6 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO V2CRL

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	-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
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
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
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
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
DQ7	6Fm	1272	156	1L40x40x3	1.21	1.69	129	4	3269	5513	1	12.7		3087	1754	.23
				ASTIM-A572												
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
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
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
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

Verificação à flexão da barra de fixação do cabo pára-raios (Barra BP):

* Perfil: 2L90x90x7 - ASTM A572*

A = área = 2 x 12.20 = 24.40 cm²W = módulo de rigidez à flexão = 2 x 14.10 = 28.20 cm³

* Verificação para a hipótese 5:

fb < 24 / 24.40 + (469 + 1718) x 39.5 / 28.20 = 3064 kgf/cm² < 0.93 x 4218 = 3923 kgf/cm²

* Verificação para a hipótese 6:

fb < 90 / 24.40 + (1644 + 155) x 39.5 / 28.20 = 2524 kgf/cm² < 0.93 x 4218 = 3923 kgf/cm²

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

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 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)

$$\% = \text{taxa de trabalho} = 37928 / [0.93 \times (0.75 \times 58000)] = 0.938 \leq 1.000$$

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 Ø19.1 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

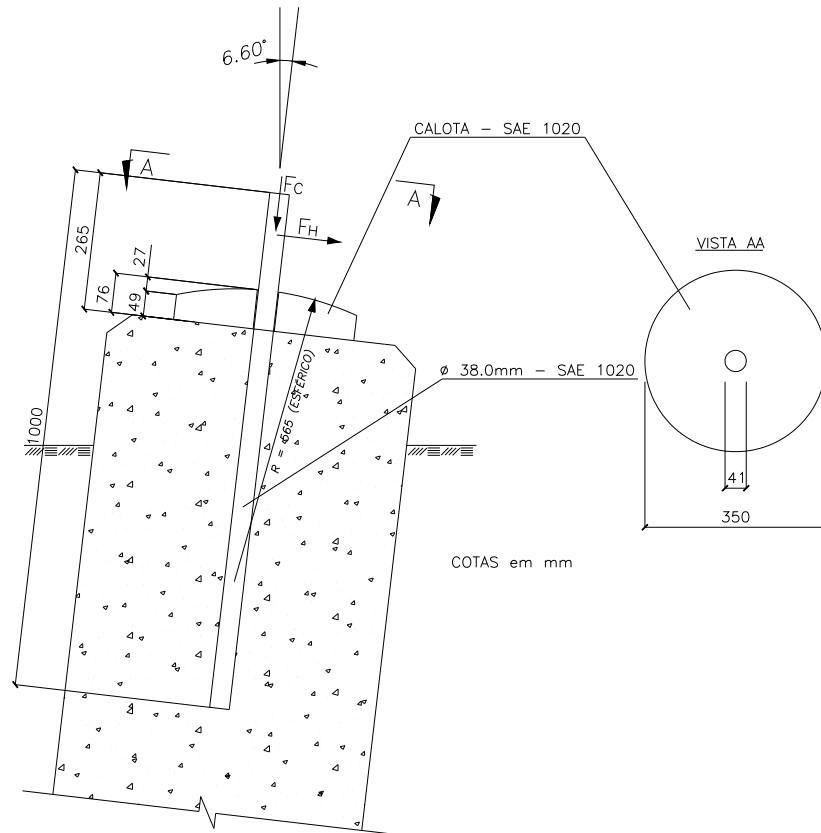
borda lateral mínima da chapa: 50 mm

$$f_t < 40212 / [(2 \times 5.0 - 3.49) \times 2.54] = 2432 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times 3515 = 3269 \text{ kgf/cm}^2$$

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

$$fv = 1.1 \times 3717 / 11.34 = 361 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times (0.6 \times 2100) = 1172 \text{ kgf/cm}^2$$

$$fp = 1.1 \times 3717 / (3.80 \times 2.50) = 430 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times 4417 = 4107 \text{ kgf/cm}^2$$

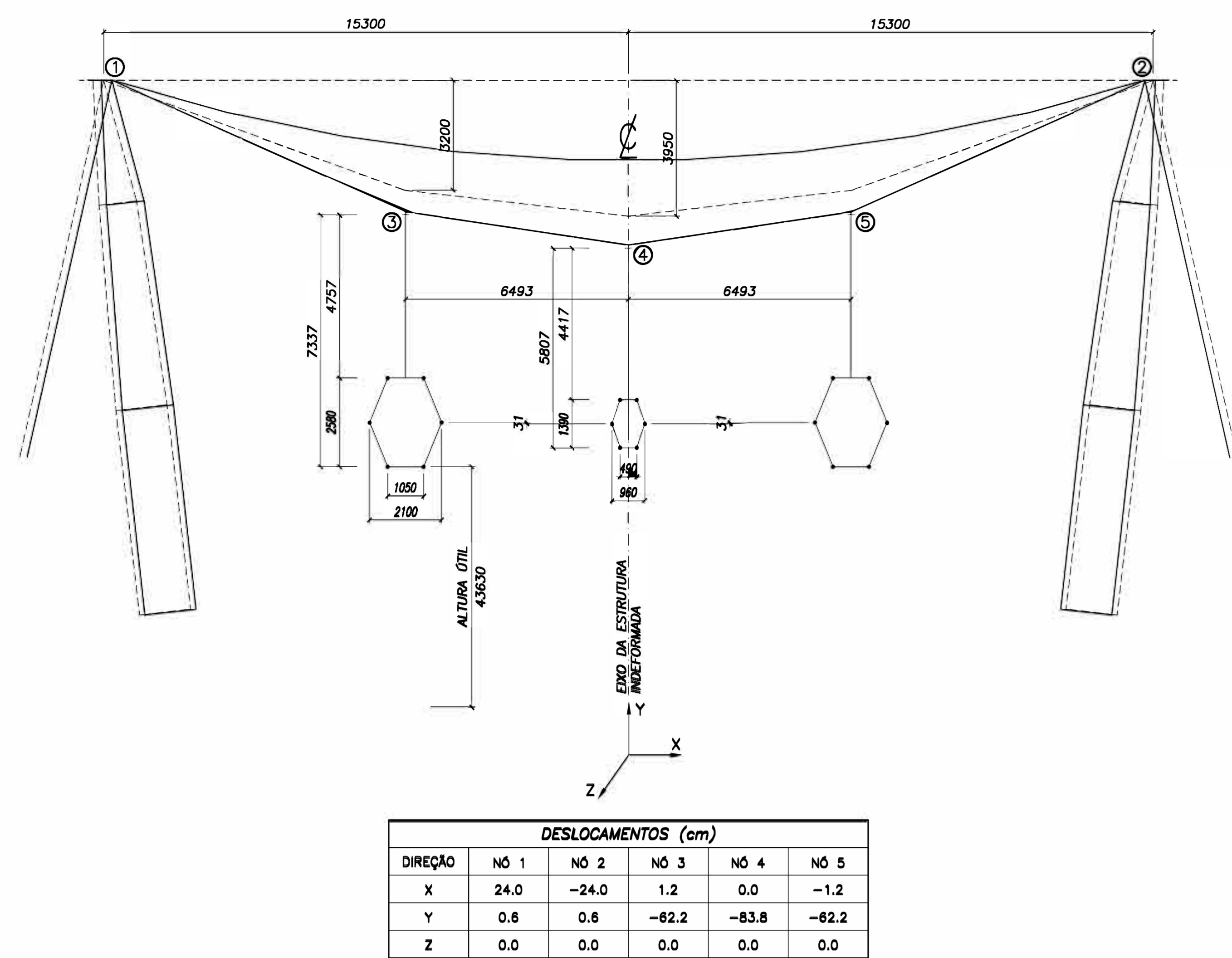
2.2 Pressão no Concreto

$$\text{Calota } \varnothing 350\text{mm} - \text{Área de apoio} = \pi \times (35.0^2 - 4.1^2) / 4 = 948.9 \text{ cm}^2$$

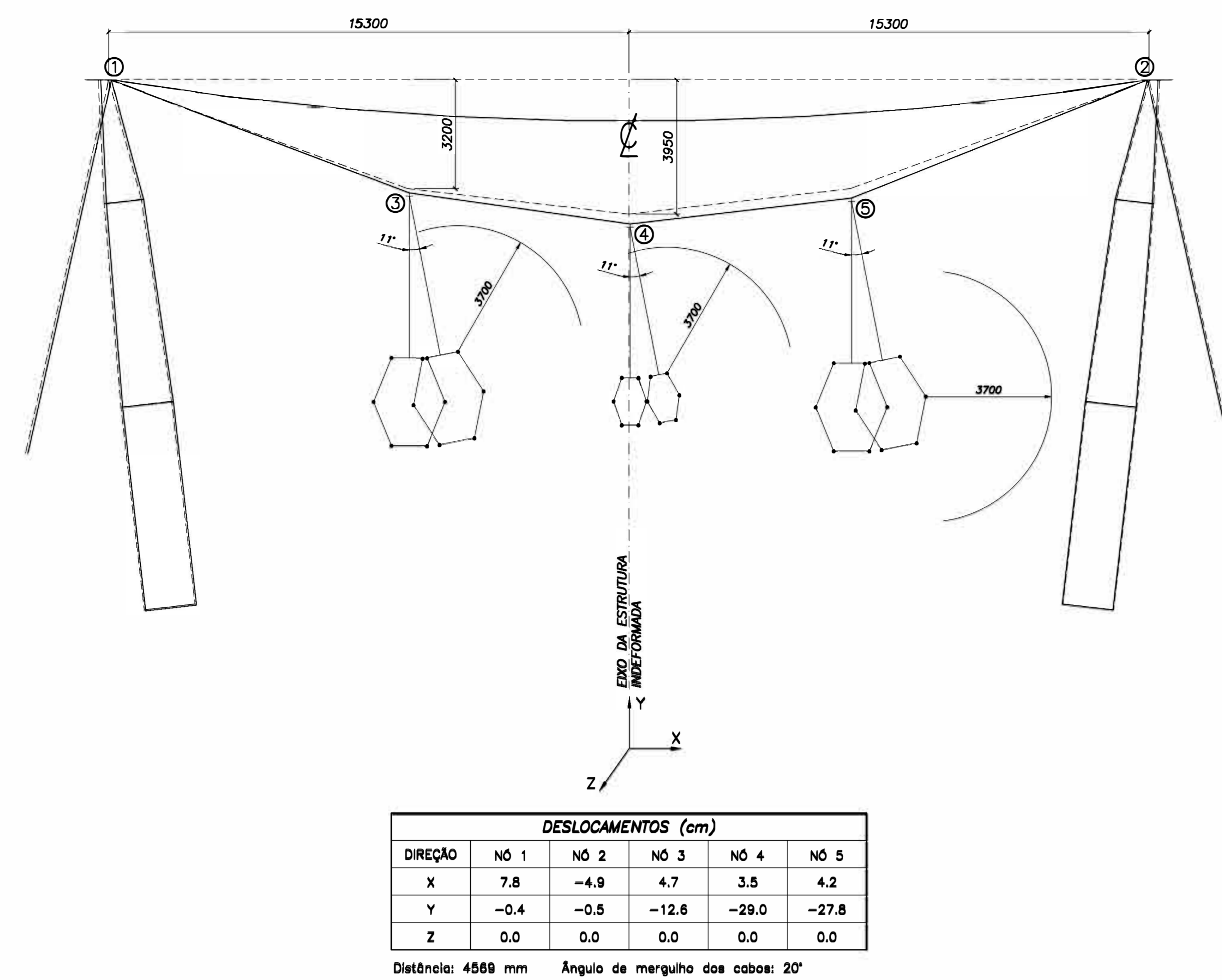
$$\text{Concreto: } f_{ck} = 180 \text{ kgf/cm}^2 \Rightarrow f_{cd} = 180 / 1.4 = 128.6 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\text{Pressão} = 1.1 \times 83787 / 948.9 = 97.1 \text{ kgf/cm}^2 < 128.6 \text{ kgf/cm}^2$$

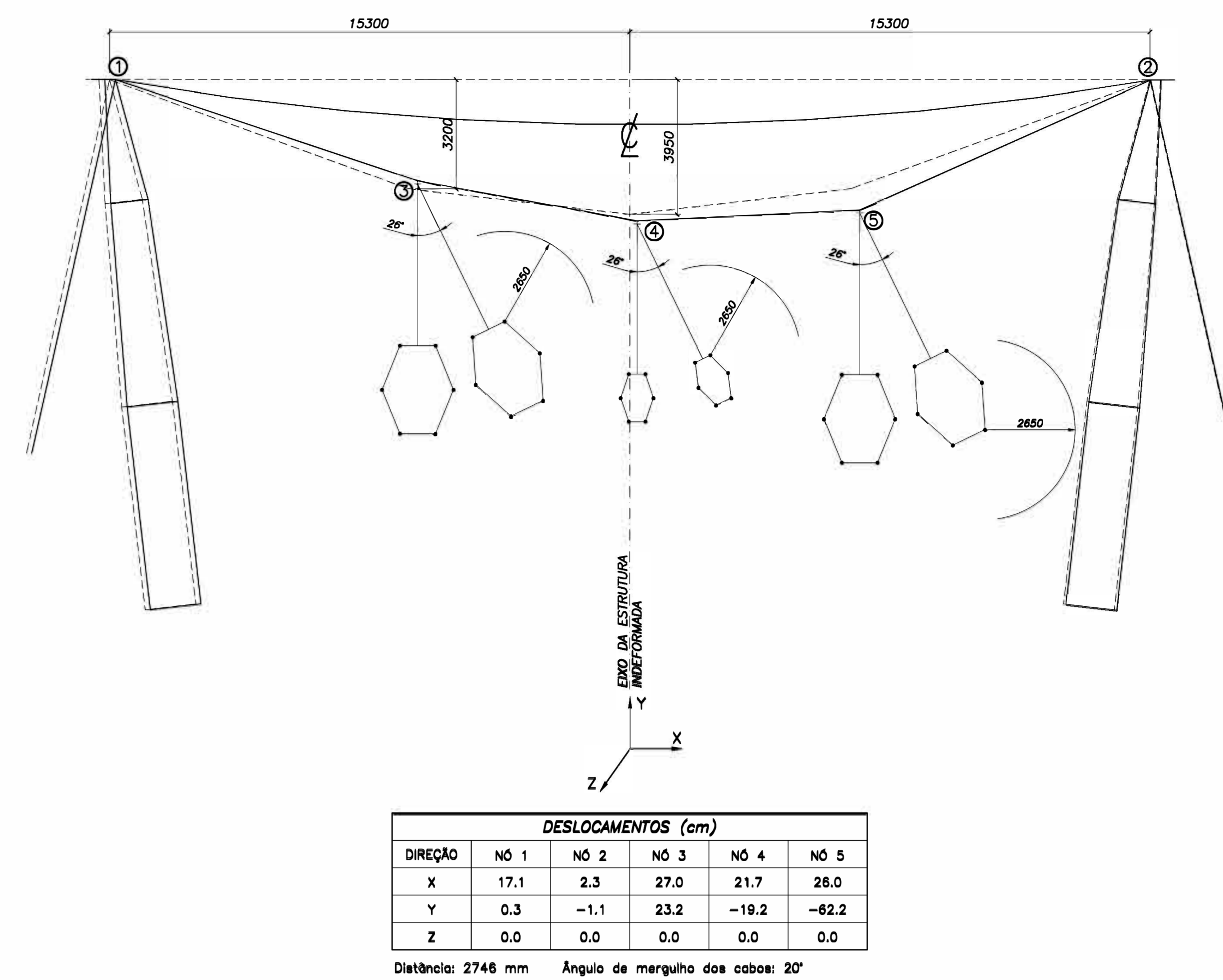
HIPÓTESE G1 (TORRE +ALTA: H=43.5m)



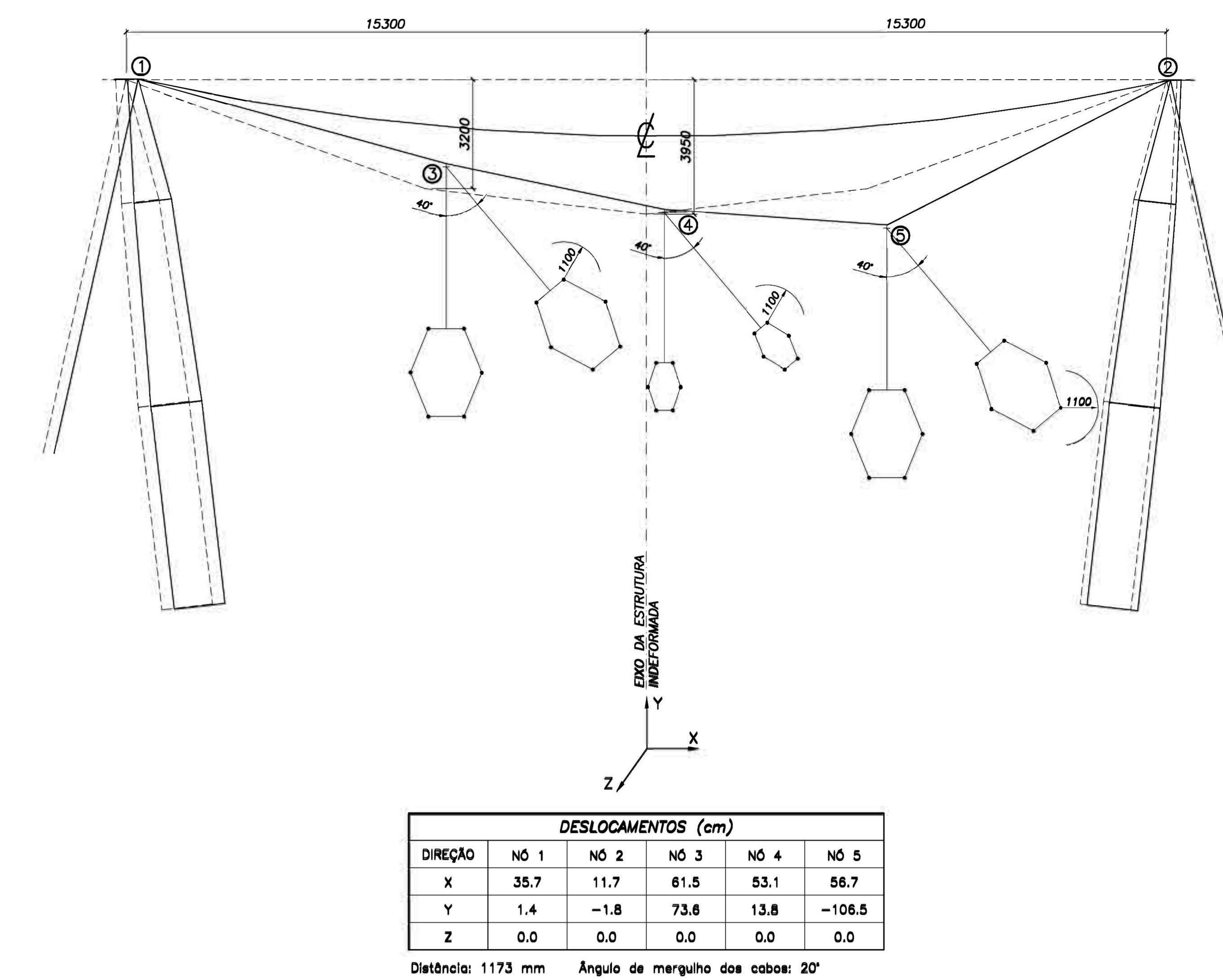
HIPÓTESE G2R (TORRE +ALTA: H=43.5m)



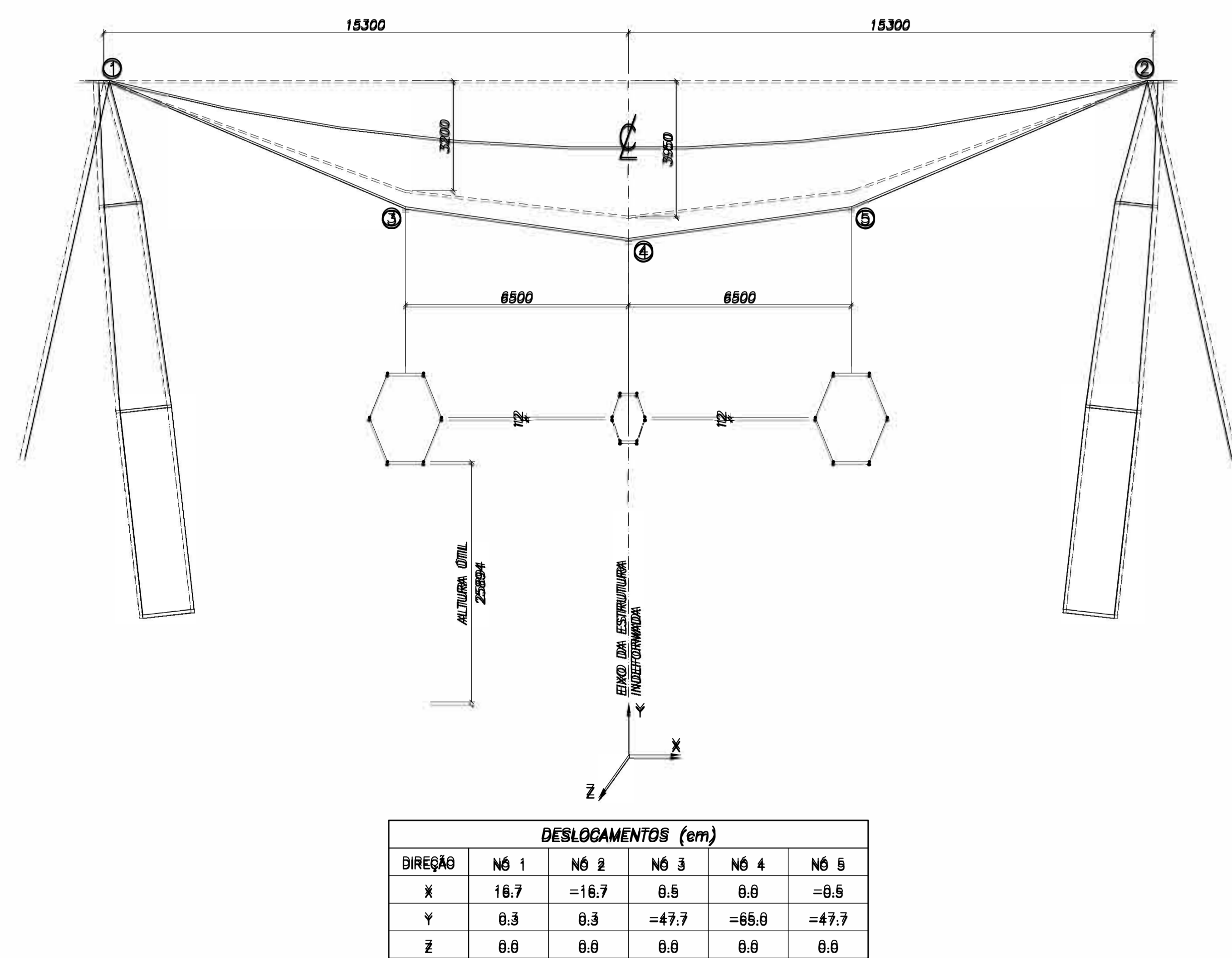
HIPÓTESE G3R (TORRE +ALTA: H=43.5m)



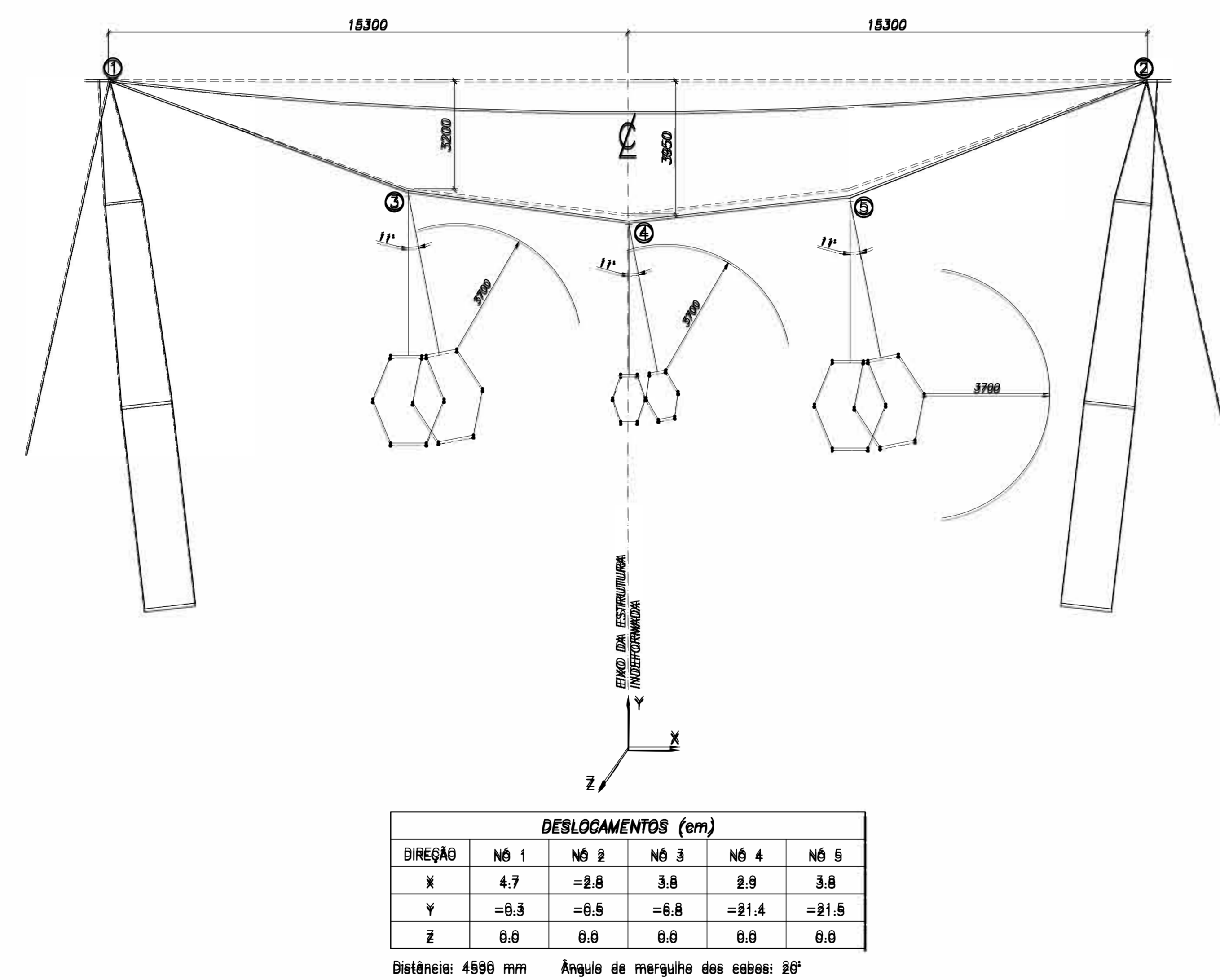
HIPÓTESE G4R (TORRE +ALTA: H=43.5m)



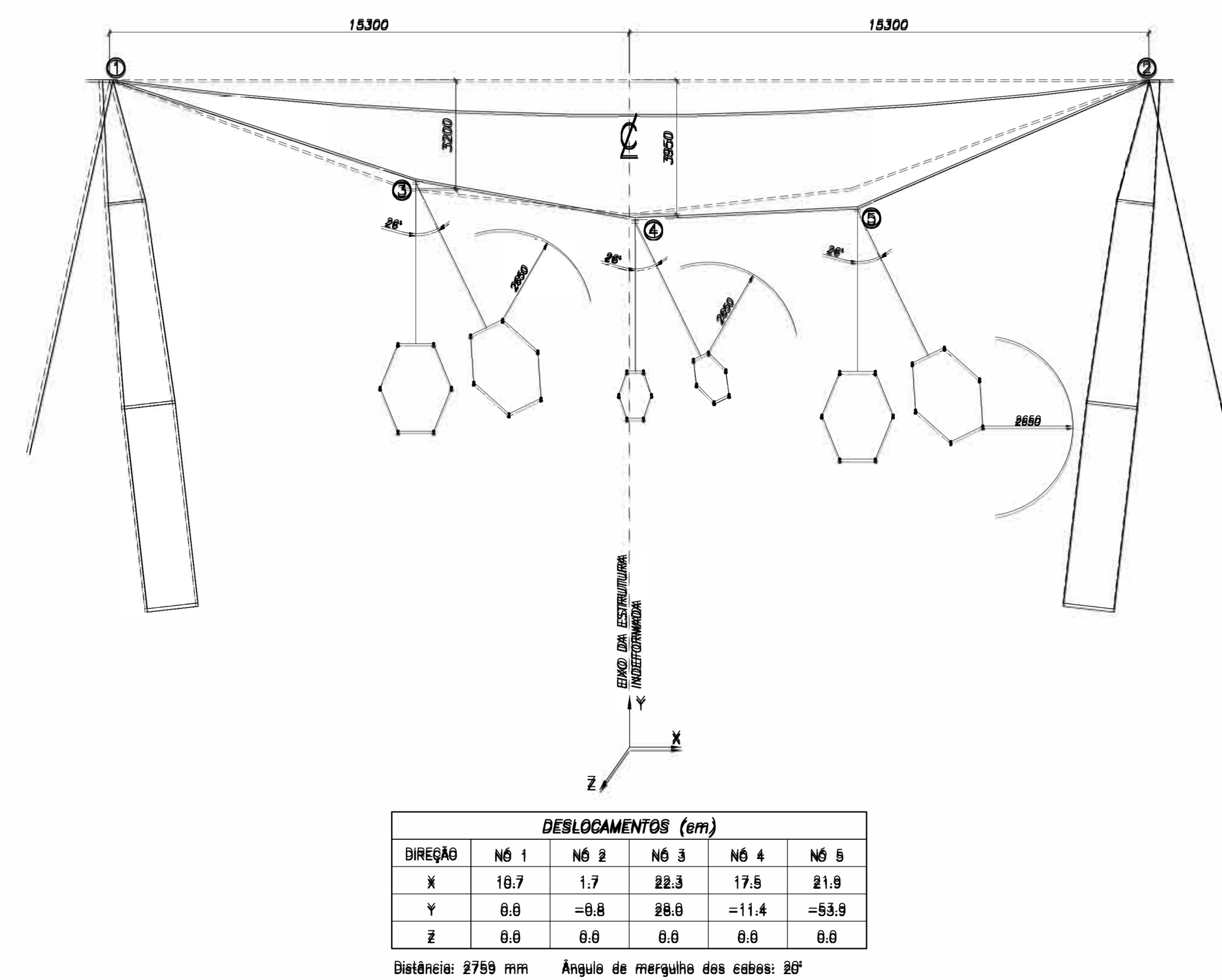
HIPÓTESE G1 (TORRE +BAIXA: H=25.5m)



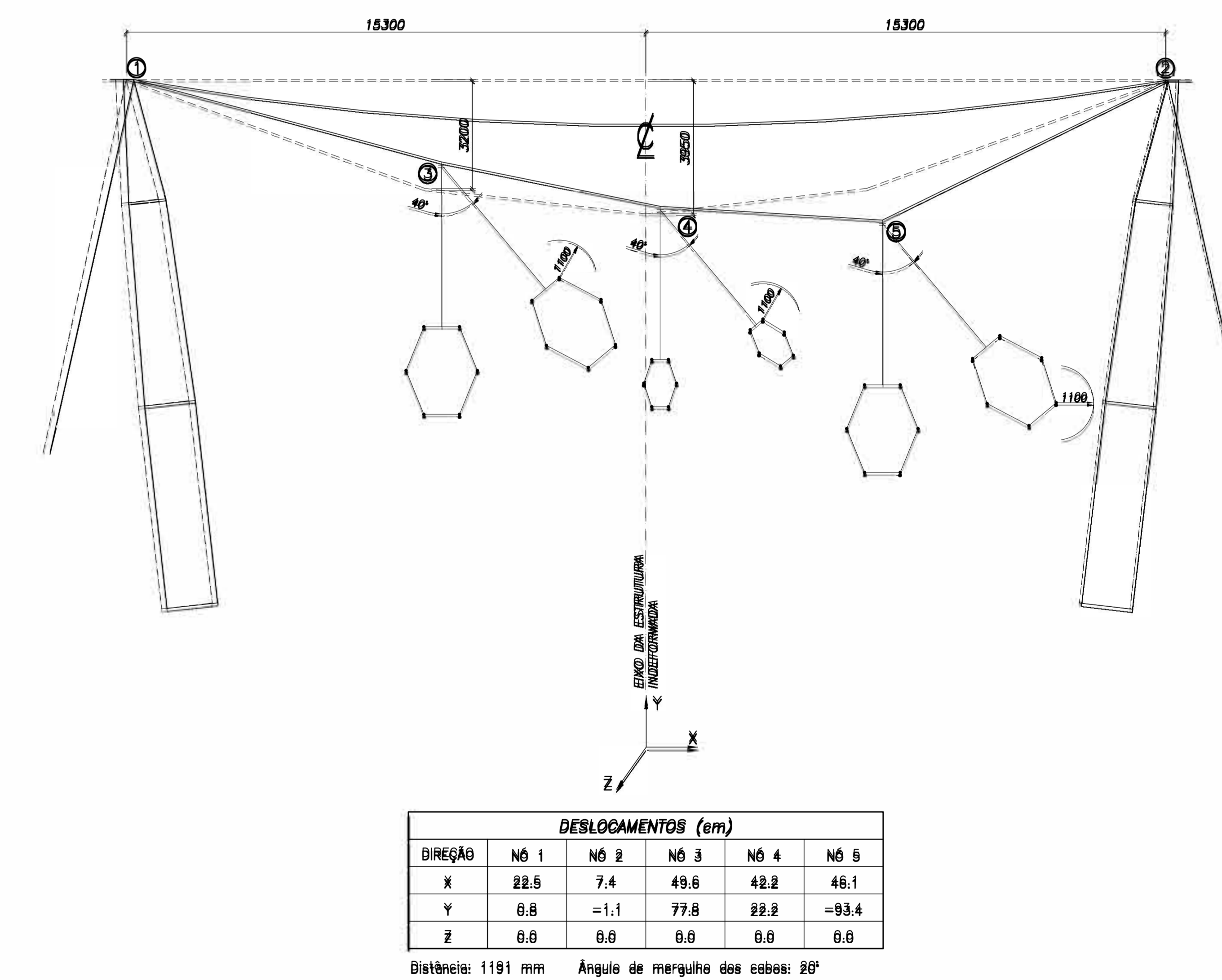
HIPÓTESE G2R (TORRE +BAIXA: H=25.5m)



HIPÓTESE G3R (TORRE +BAIXA: H=25.5m)



HIPÓTESE G4R (TORRE +BAIXA: H=25.5m)



NOTAS

- 1- Dimensões em mm, exceto indicação contrária;
- 2- Linhas tracejadas correspondem à geometria idealizada da estrutura;
- 3- Linhas pontilhadas correspondem à geometria deformada da estrutura;
- 4- Identificação gráfica:
 - Hipótese G1R: Sistema clássico;
 - Hipótese G2R: Sistema de muros;
 - Hipótese G3R: Sistema industrial;
- 5- Para consulta referências a cada uma das hipóteses consultadas ver o site: www.engetower.com.br

PROJETO ESTRUTURAL		CLIENTE	
ENGETOWER		ANDRÉ G. OLIVEIRA	
FBS 18.04.17		Linha de Transmissão 500 kV Circuito Simples	
RCM 18.04.17		JANAGBA 3 / PRESIDENTE JUSCELINO G1	
PRRLS 18.04.17		TORRE TIPO V2CRL	
1:100		VERIFICAÇÃO DOS ESPAÇAMENTOS ELÉTRICOS	
RE=EQ4-L402-PB-EST-0023.00		NO. 100	

GUIA DE REMESSA DE DOCUMENTOS

Nº: GRD – 0021.2017 – LOTE 14-LT

Data: 04/04/17

De: Wagner Santana

Para: Equatorial Transmissão

Ref.: Documentos projeto básico do lote 14, 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-EQT4-L400-PB-ELM-0005	00	CONDUTOR E PÁRA-RAIOS
C	1	A4	EL	RT-EQT4-L400-PB-ELM-0008	00	LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO
C	1	A4	EL	RT-EQT4-L400-PB-ELM-0009	00	COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO
C	1	A4	EL	RT-EQT4-L400-PB-ELM-0007	00	DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA PARA LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS

Assinatura do Remetente

Recebimento

Data:

Assinatura:

GUIA DE REMESSA DE DOCUMENTOS

Nº: GRD - 0072.2017 - LOTE 14-LT

Data: 25/04/17

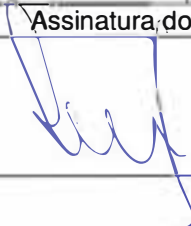
De: Wagner Santana

Para: Equatorial Transmissão

Ref.: Documentos projeto básico do lote 14, 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-EQT4-L400-PB-ELM-0010	0	ISOLADORES E FERRAGENS

Assinatura do Remetente	Recebimento
	Data:
	Assinatura:

GUIA DE REMESSA DE DOCUMENTOS

Nº: GRD - 0090.2017 - LOTE 14-LT

Data: 26/04/17

De: Wagner Santana

Para: Equatorial Transmissão

Ref.: Documentos projeto básico do lote 14, 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		

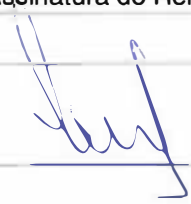
FINALID	QUANT	FORMATO	TIPO	NÚMERO	REV	TÍTULO / OBS
LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3						
C	1		EL	RE-EQT4-L401-PB-EST-0014	0	SÉRIE DE ESTRUTURAS - LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1
C	1		EL	RE-EQT4-L401-PB-EST-0018	0	VERIFICAÇÃO DOS ESPAÇAMENTOS ELÉTRICOS - LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1
C	1		EL	RE-EQT4-L401-PB-EST-0016	0	DESENHO DE SILHUETA - LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1
C	1		EL	RE-EQT4-L401-PB-EST-0017	0	CÁLCULO ESTRUTURAL - LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1
C	1		EL	RE-EQT4-L401-PB-EST-0015	0	PROGRAMA DE TESTES - LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1
LT 500 KV JANAÚBA 3 - P. JUSCELINO						
C	1		EL	RE-EQT4-L402-PB-EST-0023	0	VERIFICAÇÃO DOS ESPAÇAMENTOS ELÉTRICOS - LT 500 KV JANAÚBA 3 - P. JUSCELINO - C1
C	1		EL	RE-EQT4-L402-PB-EST-0019	0	SÉRIE DE ESTRUTURAS - LT 500 KV JANAÚBA 3 - P. JUSCELINO - C1
C	1		EL	RE-EQT4-L402-PB-EST-0021	0	DESENHO DE SILHUETA - LT 500 KV JANAÚBA 3 - P. JUSCELINO - C1
C	1		EL	RE-EQT4-L402-PB-EST-0022	0	CÁLCULO ESTRUTURAL - LT 500 KV JANAÚBA 3 - P. JUSCELINO - C1
C	1		EL	RE-EQT4-L402-PB-EST-0020	0	PROGRAMA DE TESTES - LT 500 KV JANAÚBA 3 - P. JUSCELINO - C1

Assinatura do Remetente

Recebimento

Data:

Assinatura:



GUIA DE REMESSA DE DOCUMENTOS

Nº:GRD – 0096.2017 – LOTE 14-LT

Data: 27/04/17

De: Wagner Santana

Para: Equatorial Transmissão

Ref.: Documentos projeto básico do lote 14, 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-EQT4-L400-PB-ELM-0008	1	LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO

Assinatura do Remetente

p / [assinatura]

Recebimento

Data:

Assinatura:

GUIA DE REMESSA DE DOCUMENTOS

Nº: GRD – 0106.2017 – LOTE 14-LT

Data: 28/04/17


De: Wagner Santana

Para: Equatorial Transmissão

Ref.: Documentos projeto básico do lote 14, 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-EQT4-L400-PB-ELM-0012	0	SISTEMA DE ATERRAMENTO

<p>Assinatura do Remetente</p> 	<p>Recebimento</p> <p>Data:</p> <p>Assinatura:</p>
---	--

GUIA DE REMESSA DE DOCUMENTOS

Nº: GRD – 0113.2017 – LOTE 14-LT

Data: 28/04/17


De: Wagner Santana

Para: Equatorial Transmissão

Ref.: Documentos projeto básico do lote 14, 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-EQT4-L400-PB-CIV-0011	0	FUNDAÇÕES TÍPICAS

Assinatura do Remetente	Recebimento
	Data:
	Assinatura:

GUIA DE REMESSA DE DOCUMENTOS

Nº:GRD – 0136.2017 – LOTE 14-LT

Data: 04/05/17

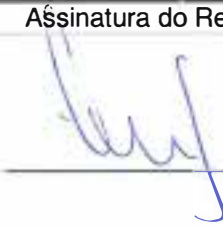
De: Wagner Santana

Para: Equatorial Transmissão

Ref.: Documentos projeto básico do lote 14, 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-EQT4-L401-PB-ELM-0024	0	RELATÓRIO CONFIABILIDADE DO TRECHO EM PARALELISMO

Assinatura do Remetente	Recebimento
	Data:
	Assinatura:

GUIA DE REMESSA DE DOCUMENTOS

Nº: GRD – 0138.2017 – LOTE 14-LT

Data: 05/05/17

De: Wagner Santana

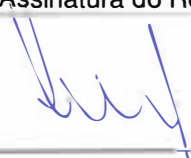
Para: Equatorial Transmissão

Ref.: Documentos projeto básico do lote 14, 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-EQT4-L400-PB-ELM-0001	1	INDICE DE RELATÓRIOS
C	1		EL	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0002	1	NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS
C	1		EL	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0003	1	DADOS CLIMATOLÓGICOS
C	1		EL	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0004	1	VELOCIDADE DO VENTO E CARREGAMENTO DEVIDO AO VENTO
C	1		EL	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0006	1	ESTUDO MECÂNICO DO CONDUTOR E PARARAIOS E VIBRAÇÕES
C	1		EL	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0005	1	CONDUTOR E PÁRA-RAIOS
C	1		EL	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0009	1	COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO

Assinatura do Remetente



Recebimento

Data:

Assinatura:



GUIA DE REMESSA DE DOCUMENTOS

Nº: GRD - 0141.2017 - LOTE 14-LT

Data: 05/05/17

De: Wagner Santana

Para: Equatorial Transmissão

Ref.: Documentos projeto básico do lote 14, 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-EQT4-L400-PB-TOP-0013	0	DIRETRIZ SELECIONADA

Assinatura do Remetente

Recebimento

Data:

Assinatura:

GUIA DE REMESSA DE DOCUMENTOS

Nº:GRD – 0153.2017 – LOTE 14-LT

Data: 09/05/17


De: Wagner Santana

Para: Equatorial Transmissão

Ref.: Documentos projeto básico do lote 14, 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-EQT4-L400-PB-CIV-0011	1	FUNDAÇÕES TÍPICAS

Assinatura do Remetente	Recebimento
	Data:
	Assinatura:

**GUIA DE REMESSA DE DOCUMENTOS**

Nº:GRD – 0161.2017 – LOTE 14-LT

Data: 11/05/17

De: Wagner Santana

Para: Equatorial Transmissão

Ref.: Documentos projeto básico do lote 14, 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-EQT4-L401-PB-EST-0016	1	DESENHO DE SILHUETA - LT 500 KV IGAPORÃ III – JANAÚBA 3 - C1
C	1		EL	RE-EQT4-L402-PB-EST-0021	1	DESENHO DE SILHUETA - LT 500 KV JANAÚBA 3 - P. JUSCELINO - C1
C	1		EL	RE-EQT4-L401-PB-EST-0017	1	CÁLCULO ESTRUTURAL - LT 500 KV IGAPORÃ III – JANAÚBA 3 - C1
C	1		EL	RE-EQT4-L402-PB-EST-0022	1	CÁLCULO ESTRUTURAL - LT 500 KV JANAÚBA 3 - P. JUSCELINO - C1

Assinatura do Remetente

Recebimento

Data:

Assinatura:

GUIA DE REMESSA DE DOCUMENTOS

Nº:GRD – 0163.2017 – LOTE 14-LT

Data: 16/05/17

De: Wagner Santana

Para: Equatorial Transmissão

Ref.: Documentos projeto básico do lote 14, 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-EQT4-L400-PB-ELM-0001	2	INDICE DE RELATÓRIOS
C	1		EL	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0002	2	NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS
C	1		EL	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0003	2	DADOS CLIMATOLÓGICOS
C	1		EL	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0004	2	VELOCIDADE DO VENTO E CARREGAMENTO DEVIDO AO VENTO
C	1		EL	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0006	2	ESTUDO MECÂNICO DO CONDUTOR E PARARAIOS E VIBRAÇÕES
C	1		EL	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0008	2	LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO
C	1		EL	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0009	2	COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO
C	1		EL	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0007	1	DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA PARA LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS
C	1		EL	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0010	1	ISOLADORES E FERRAGENS
C	1		EL	RE-EQT4-L400-PB-CIV-0011	2	FUNDAÇÕES TÍPICAS
C	1		EL	RE-EQT4-L400-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 4 SPE SA

PROJETO BÁSICO

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

TÍTULO

LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1
LT 500kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1
Lote 14 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO ISOLADORES E FERRAGENS

Nº DOCUMENTO

FOLHA REVISÃO

RE-EQT4-L400-PB-ELM-0010-R00

1 de 29

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	5
3.6.	Ensaio de Rotina.....	5
3.7.	Ensaio de Aceitação	5
4.	FERRAGENS.....	6
4.1.	Cadeias de Suspensão e Ancoragem.....	6
4.2.	Emendas	7
4.3.	Espaçadores Amortecedores	8
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	9
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	10
5.4.	Ensaio de Escorregamento.....	10
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.....	11
6.1.	Peças Forjadas.....	11
6.2.	Peças Fundidas	11
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.....	12
7.1.	Todas as Ferragens.....	12
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	13
	Anexo 1 – Desenhos das Cadeias	14
	Anexo 2 – Calculo de Cargas nos Isoladores	25

1. OBJETIVO

- 1.1 Definir as características principais para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1, em circuito simples pertencentes ao Lote 14 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

- LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

$N_{SUSP} = 23$ 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)

- LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

$N_{SUSP} = 23$ 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. 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. 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 As ferragens e acessórios das cadeias de suspensão e ancoragem na saída da SE Sapeçu, 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
Cadeia de ancoragem quádrupla AQC-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 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 µV 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 µV.

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 | <i>exame visual e dimensional, compatibilidade com outras peças.</i> |

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.

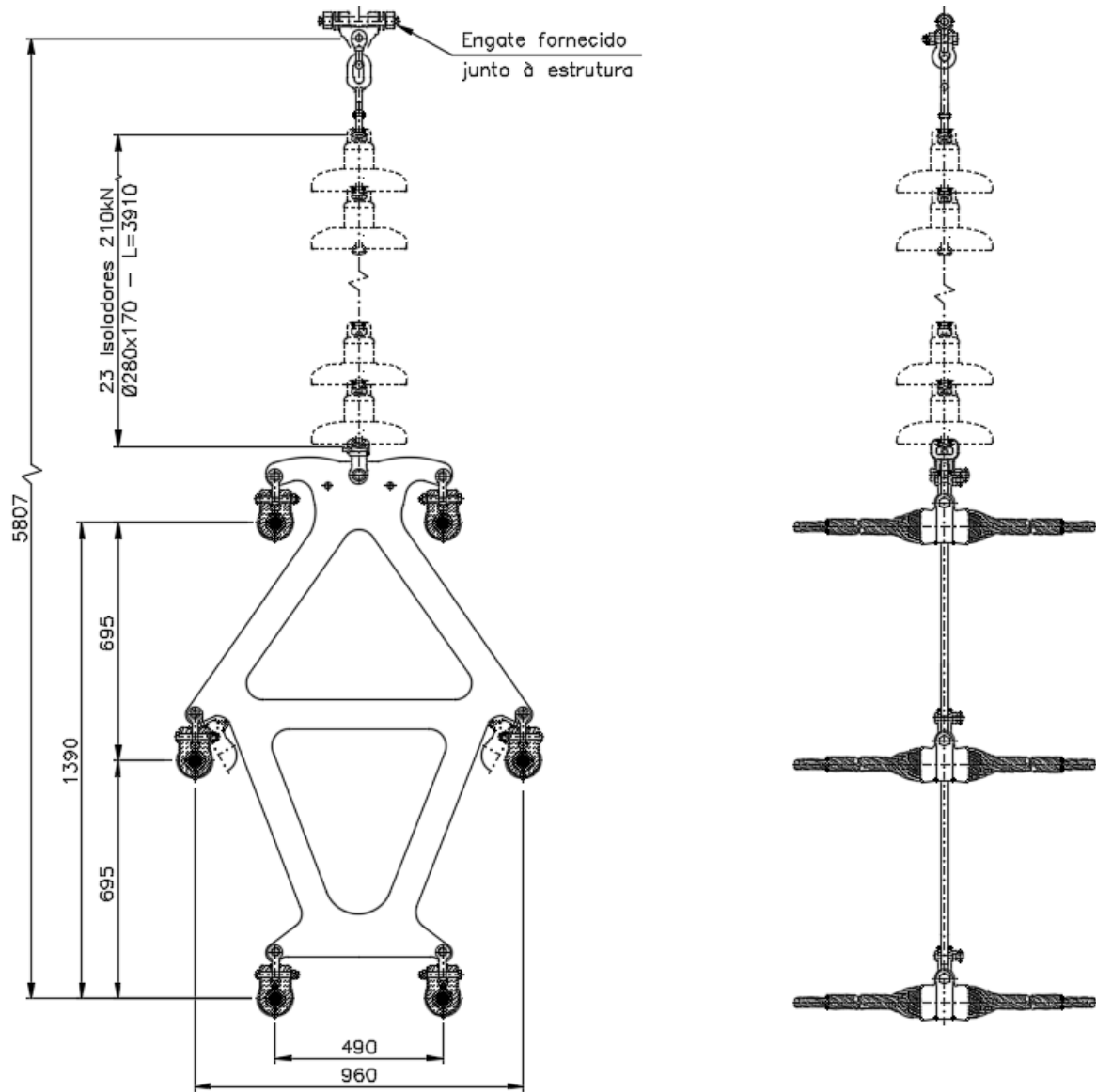
8. REFERÊNCIAS

- 1 Relatório RE-EQT4-L400-PB-ELM-0002 NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1
- 2 Relatório RE-EQT4-L400-PB-ELM-0005 CONDUTOR E PÁRA-RAIOS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1
- 3 Relatório RE-EQT4-L400-PB-ELM-0009 COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO, preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1
- 4 Relatório, RE-EQT4-L400-PB-ELM-0012 SISTEMA DE ATERRAMENTO, preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1

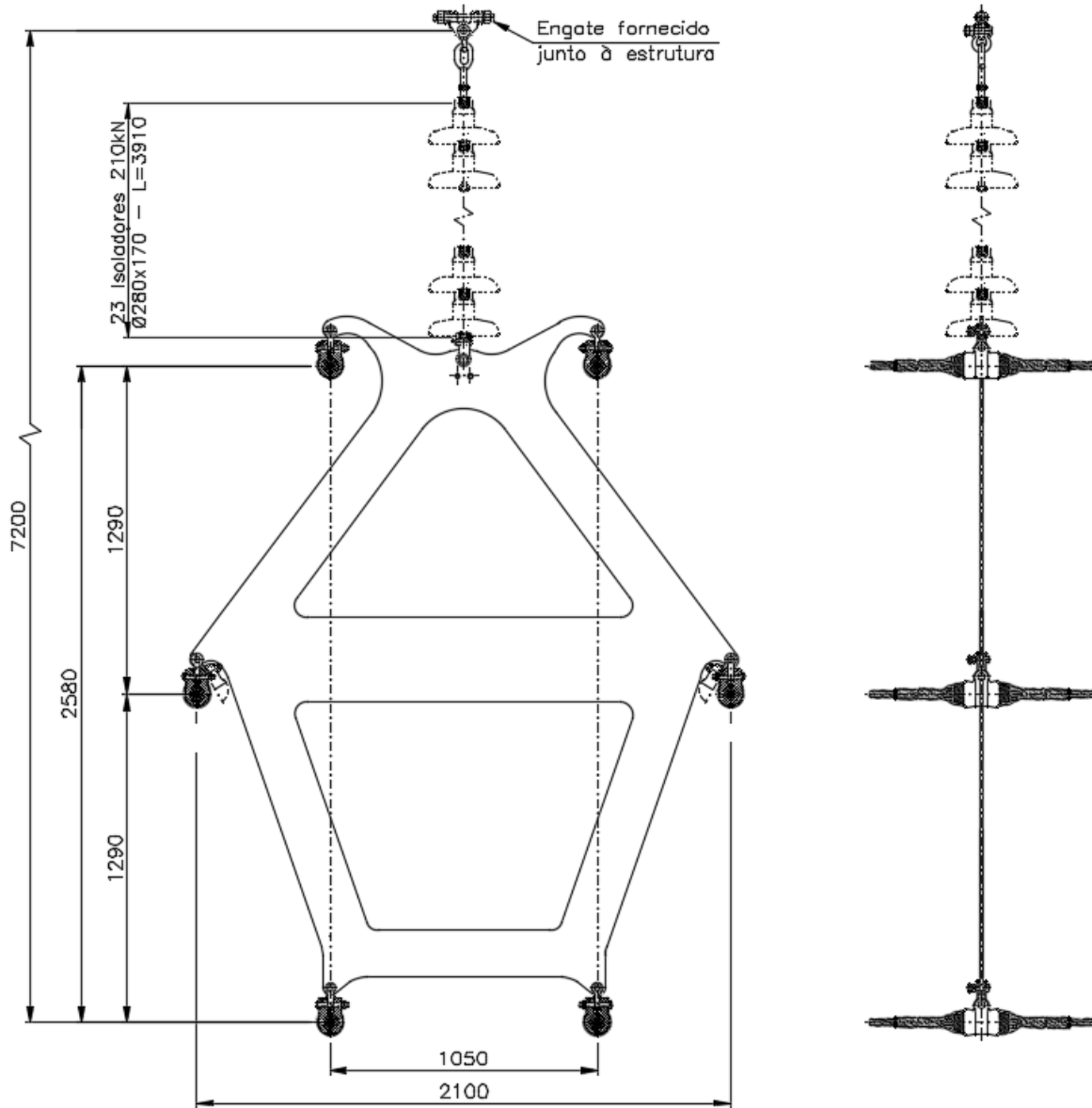
Anexo 1 – Desenhos das Cadeias

NOTAS GERAIS APLICÁVEIS A TODOS OS DESENHOS

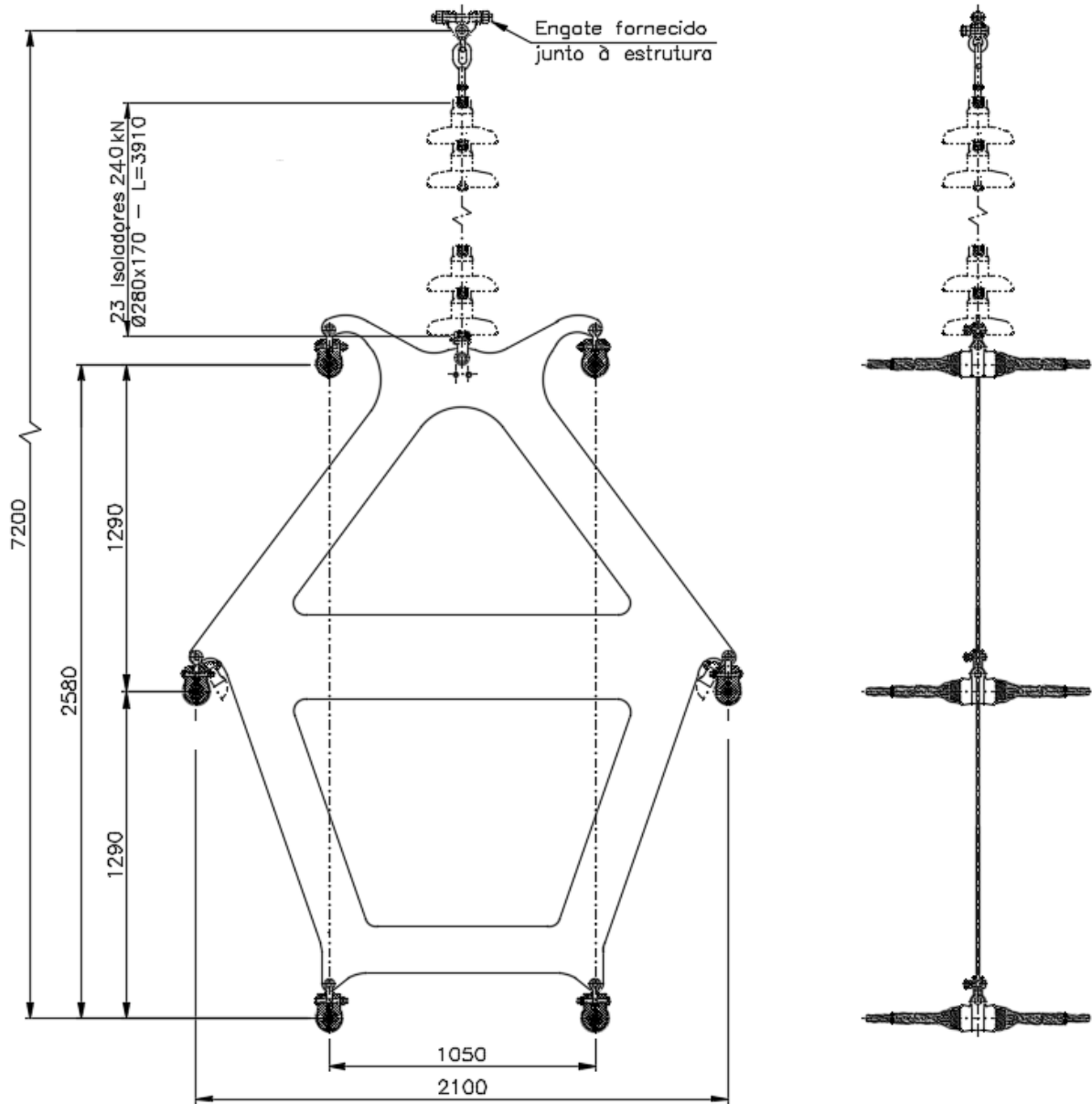
1. Para características dos condutores e cabos para-raios referir-se ao item 2.3 deste relatório.
2. Para características dos isoladores utilizados nas cadeias de suspensão e ancoragem dos condutores referir-se ao item 3 deste relatório.
3. Todas as dimensões estão em milímetro.



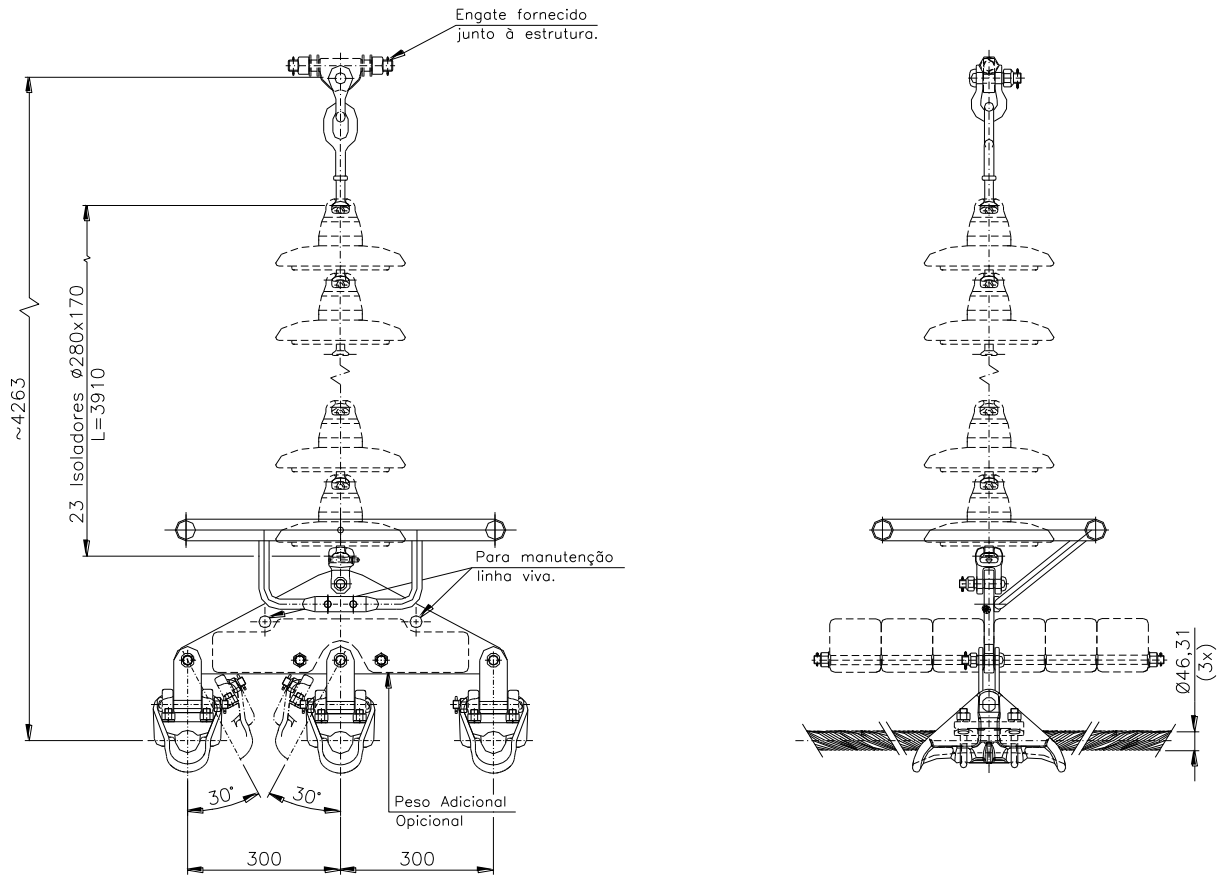
CADEIA DE SUSPENSÃO SIMPLES FASE CENTRAL ISC-21



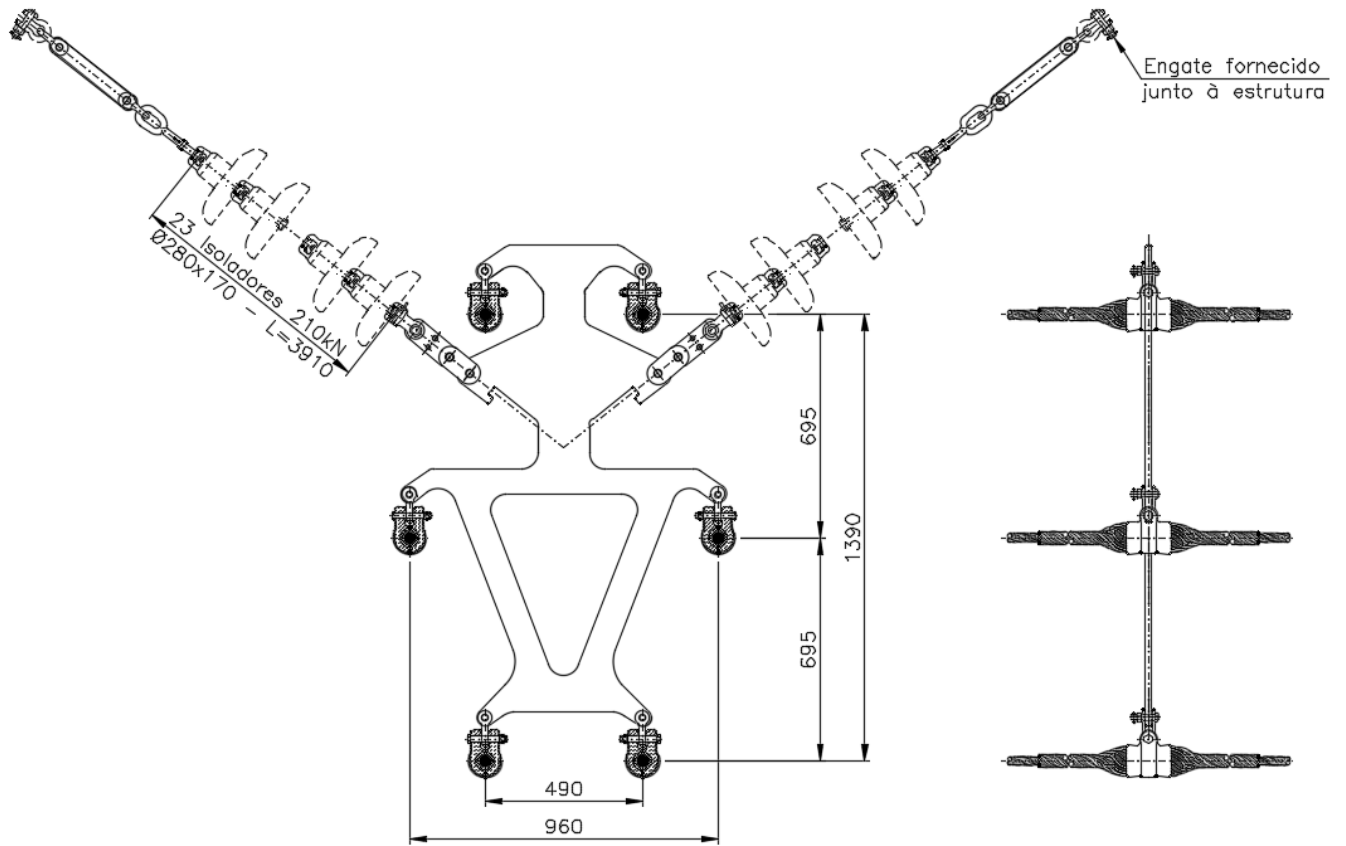
CADEIA DE SUSPENSÃO SIMPLES FASE LATERAL ISL-21



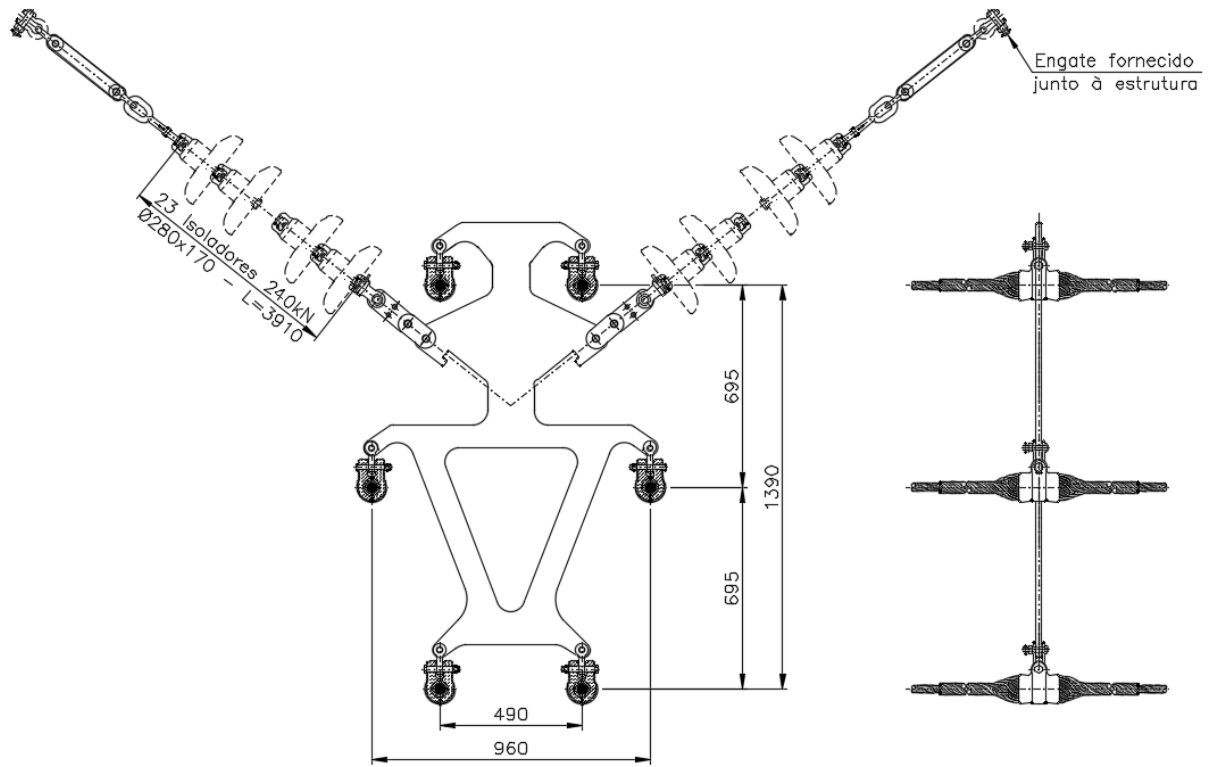
CADEIA DE SUSPENSÃO PESADA FASE LATERAL ISL-24



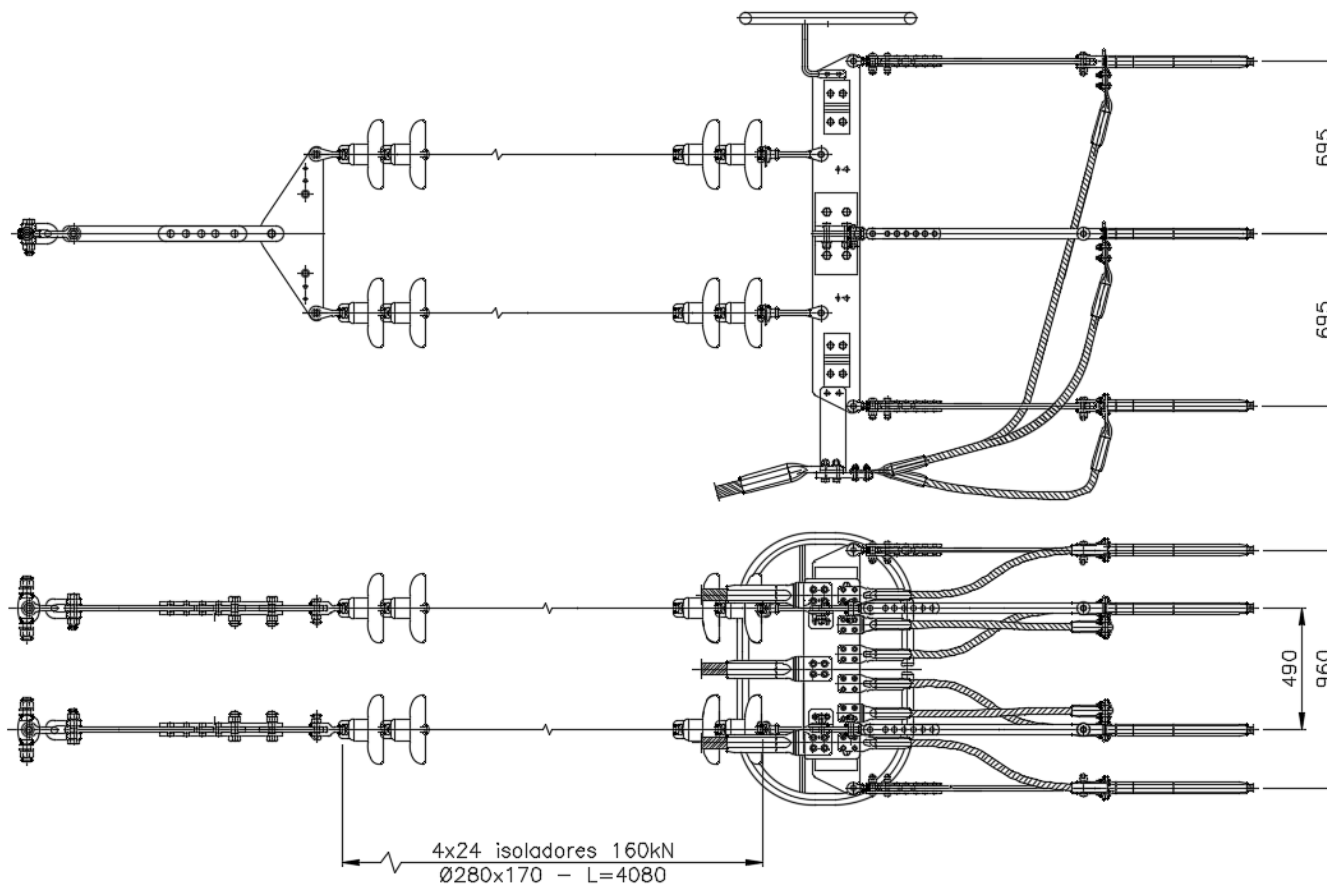
CADEIA DE JUMPER IP-16 (3 X CA LUPINE)



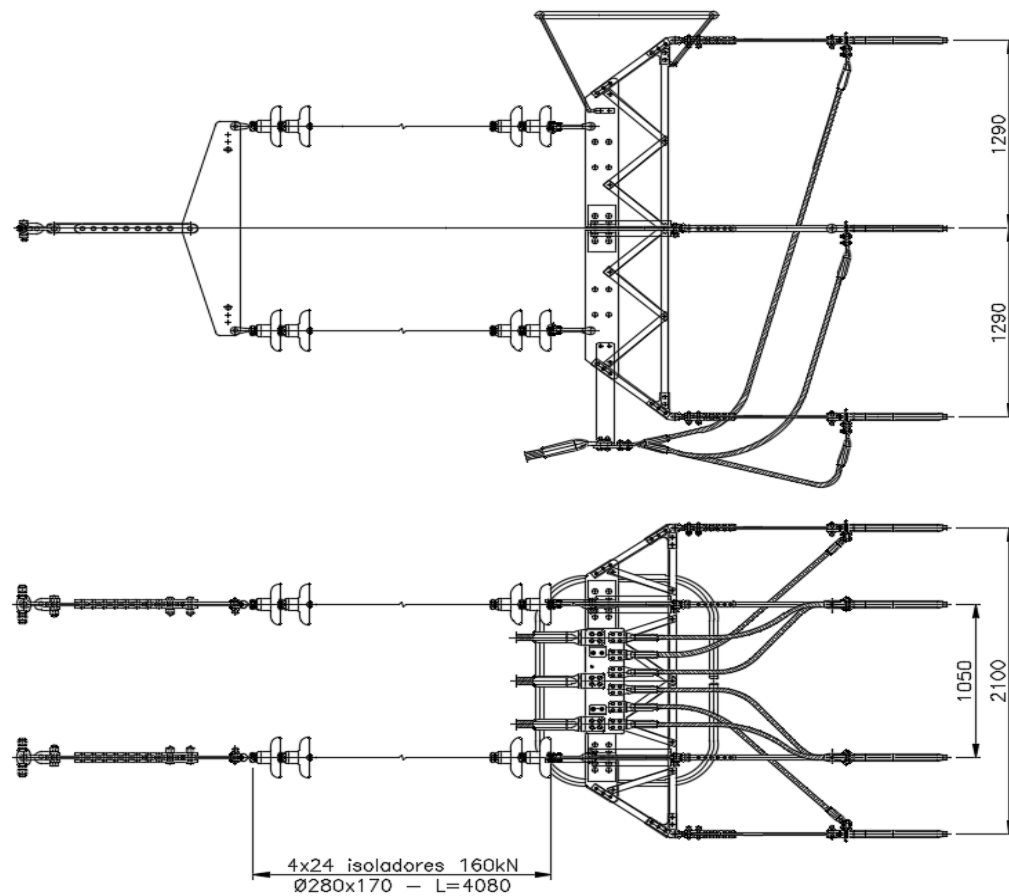
CADEIA DE SUSPENSÃO EM "V" FASE CENTRAL VSC-21



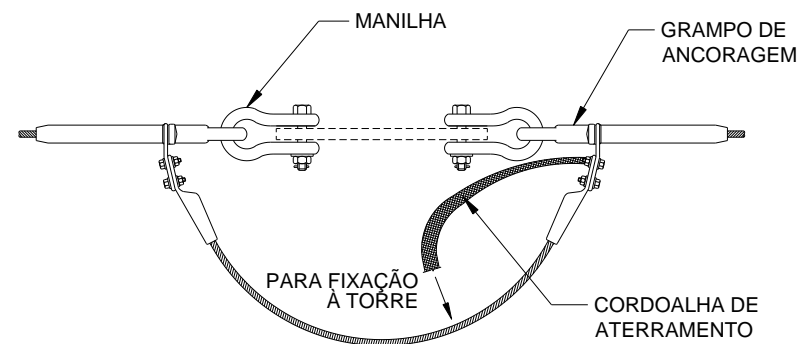
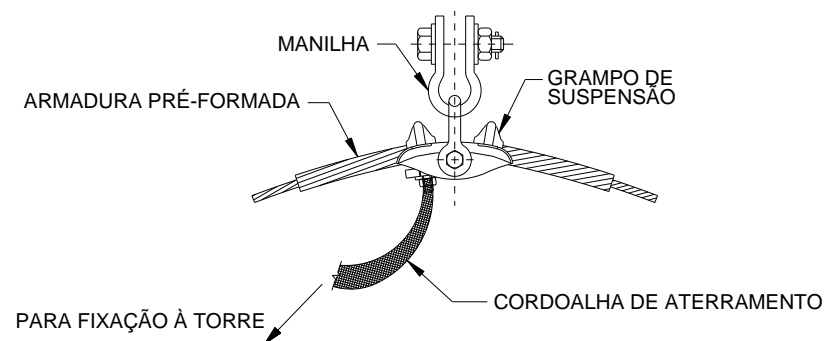
CADEIA DE SUSPENSÃO EM "V" FASE CENTRAL VSC-24



CADEIA DE ANCORAGEM QUÁDRUPLA FASE CENTRAL AQC-16

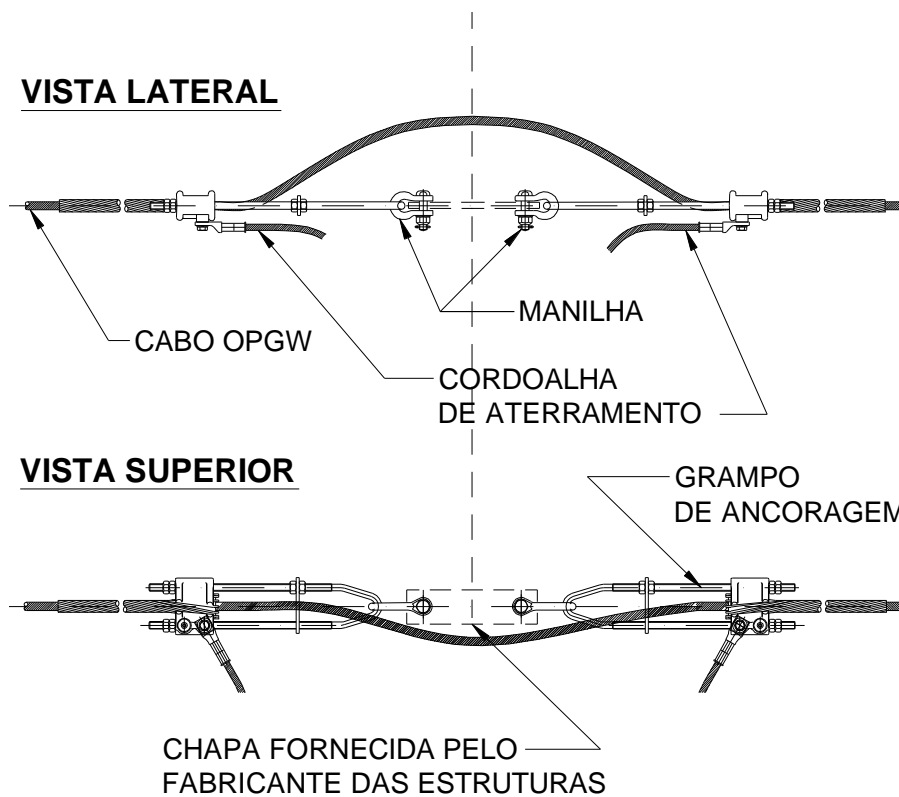
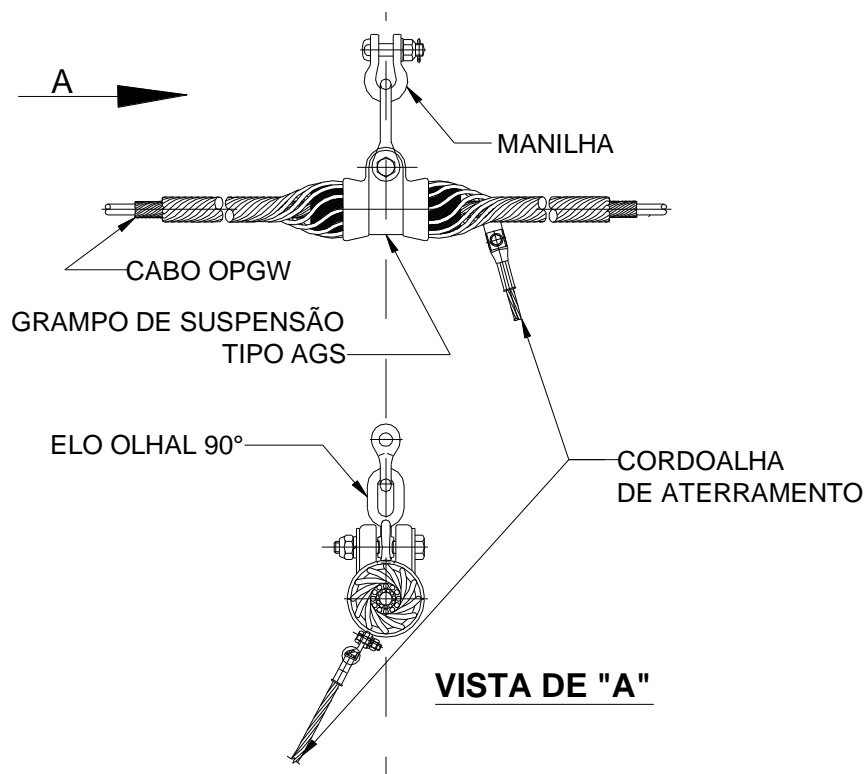


CADEIA DE ANCORAGEM QUÁDRUPLA FASE LATERAL AQL-16



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

- LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

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	

- LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

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	

00	28/04/17	Emissão Inicial	MNR	JRN	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 4 SPE SA					
PROJETO BÁSICO					
ELAB. MNR	VERIF. JRN	APROV. JRN	RESP. TÉCNICO JRN	CREA 200436197-2	DATA 28/04/17
TÍTULO					
LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1 LT 500kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1 Lote 14 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL RELATÓRIO FUNDAÇÕES TÍPICAS					
Nº DOCUMENTO RE-EQT4-L400-PB-CIV-0011-R00				FOLHA 1 de 11	REVISÃO 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 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1, em circuito simples pertencentes ao Lote 14 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.

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	$\epsilon_c \leq 3,5\%$
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	$\sigma_{yd} = \frac{f_{yk}}{\delta_s} \quad \delta_s = 1,5$
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 LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1
V1CRL	Estaiada Cross-ropo para ângulos até 2°
V1SL	Suspensão autoportante Cross-ropo 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

Tipo	Aplicação LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino C1
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:

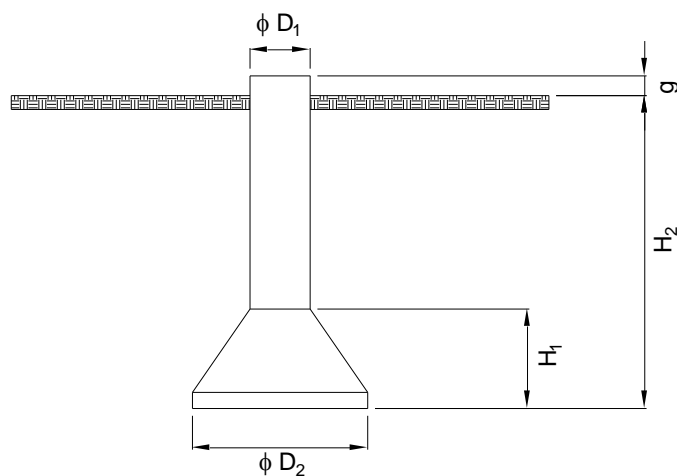
Características	Solo		
	Tipo I	Tipo II	Tipo III
Peso específico (t/m ³)	1,7	1,5	1,3
Ângulo do cone	30°	22,5°	15°
Tensão Admissível (kg/cm ²)	3,0	2,0	1,0

- 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-EQT4-L400-PB-EST-0014 - Série De Estruturas, Silhuetas E Hipóteses De Carregamento preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1

7. FIGURAS

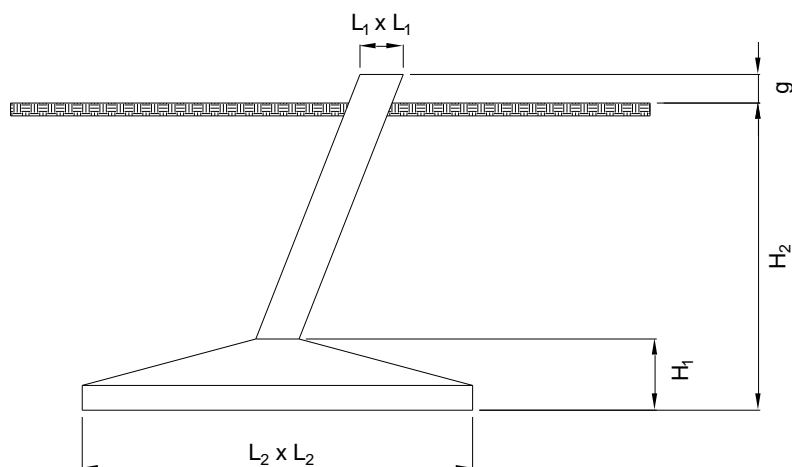


Solo Tipo	Estrutura	ϕD_1	ϕD_2	H_1	H_2	g_{min}
I	V1SL	0,80	0,80	0,00	6,80	0,30
	V1SP	0,80	0,80	0,00	8,60	0,30
	V1TR	0,80	0,80	0,00	7,20	0,30
	V1AA	1,00	1,00	0,00	7,70	0,30
	V1AT	1,10	1,10	0,00	10,60	0,30
	V2SL	0,80	0,80	0,00	8,40	0,30
	V2SP	0,80	0,80	0,00	10,50	0,30
	V2TR	1,00	1,00	0,00	8,70	0,30
	V2AA	1,00	1,00	0,00	9,00	0,30
	V2AT	1,10	1,10	0,00	12,30	0,30
II	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
	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 V1CRL E V2CRL aplicam-se às fundações dos mastros.

Figura 1 – Tubulão para torres autoportantes

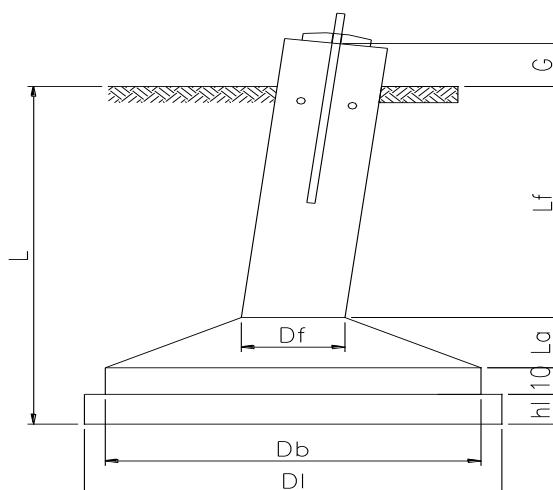


Solo Tipo	Estrutura	L1	L2	H ₁	H ₂	g _{mín}
III	V1SL	0,50	4,00	0,80	2,65	0,30
	V1SP	0,50	4,30	0,85	2,80	0,30
	V1TR	0,50	4,10	0,85	2,70	0,30
	V1AA	0,60	4,80	0,95	2,80	0,30
	V1AT	0,70	5,90	1,20	2,80	0,30
	V2SL	0,50	4,30	0,85	2,80	0,30
	V2SP	0,50	4,80	1,00	2,80	0,30
	V2TR	0,50	4,50	0,95	2,80	0,30
	V2AA	0,60	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.

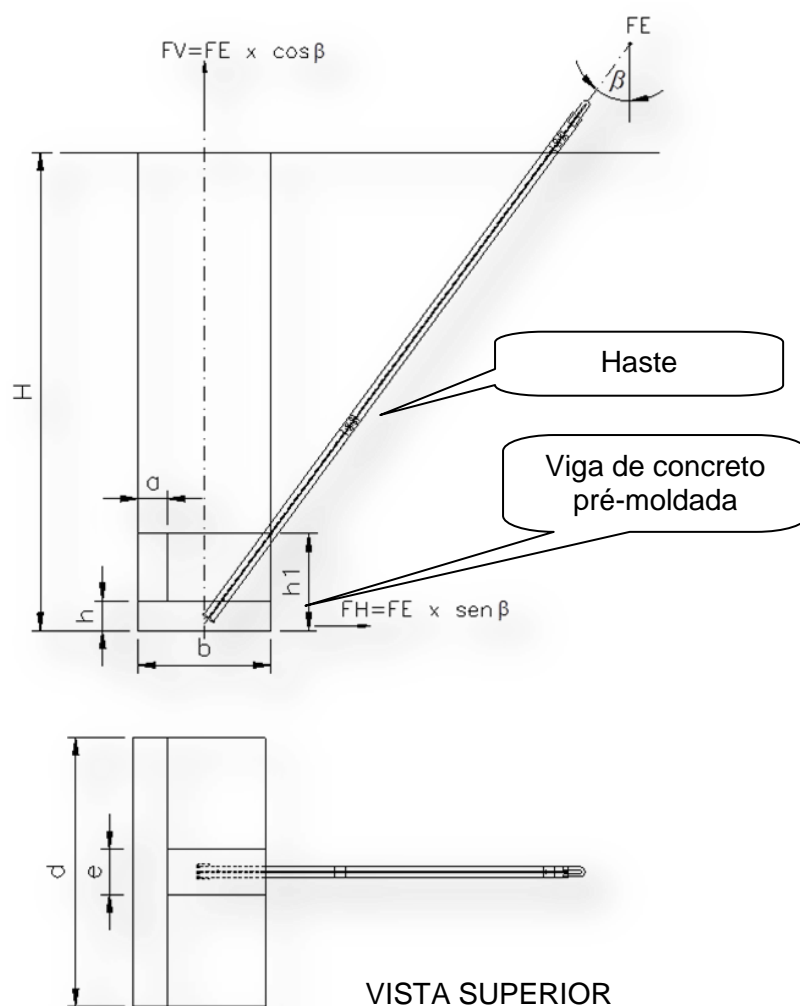
Figura 2 – Sapata para torres autoportantes



Solo Tipo	Estrutura	Df	La	Db	DL	hI	Lf	L	g _{mín}
I		0,50	0,45	2,10	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
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.

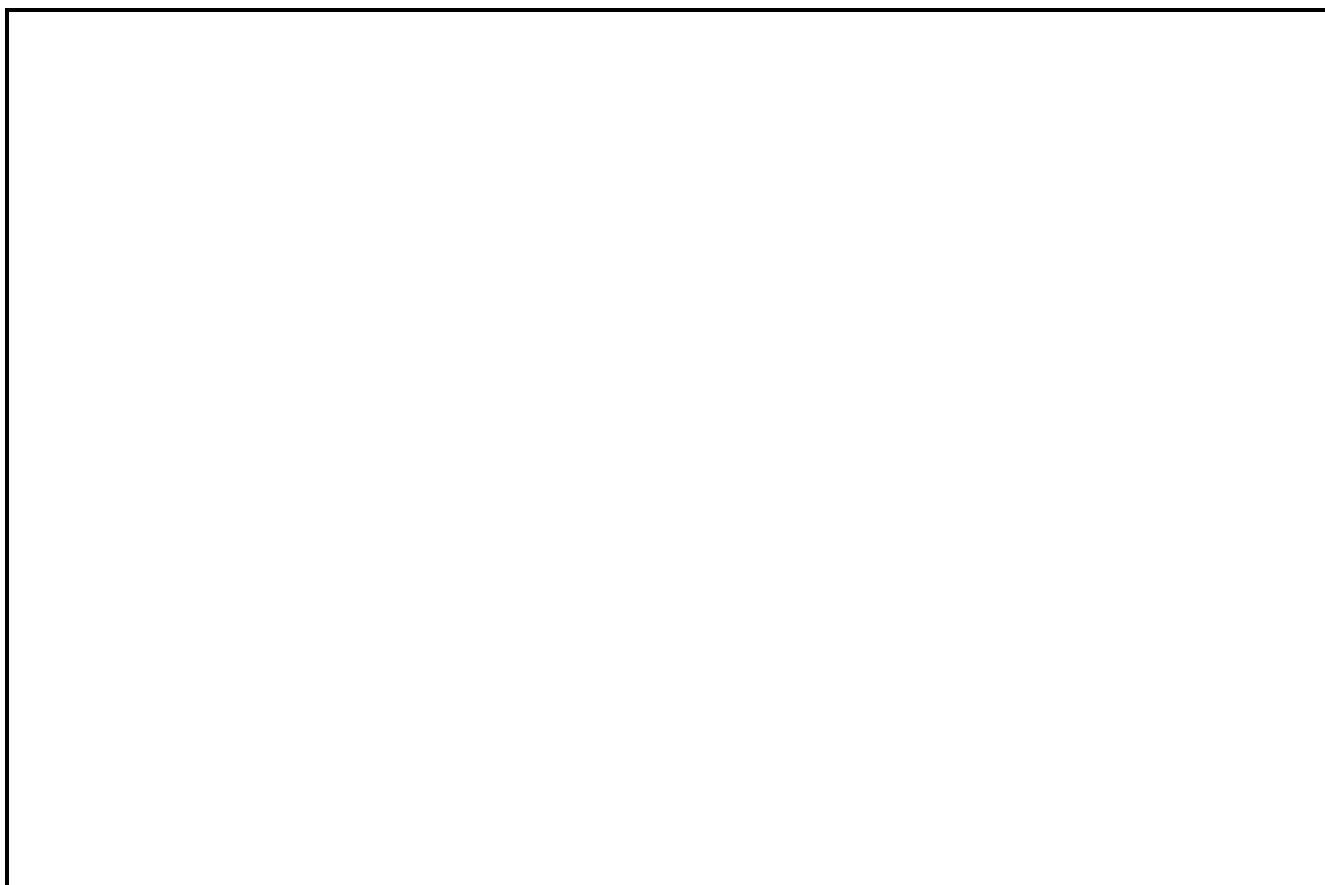
Figura 3 – Sapata para o mastro



Solo Tipo	Estrutura	b	d	h1	H	h	e
I		0,85	2,00	0,65	3,00	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
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



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



EQUATORIAL TRANSMISSORA 4 SPE SA

PROJETO BÁSICO

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

TÍTULO

**LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1
LT 500kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1
Lote 14 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO FUNDAÇÕES TÍPICAS**

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT4-L400-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 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1, em circuito simples pertencentes ao Lote 14 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	$\epsilon_c \leq 3,5\text{‰}$
Deformação específica da armadura tracionada	$\epsilon_s \leq 10\text{‰}$
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 LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1
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
Tipo	Aplicação LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino C1
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:

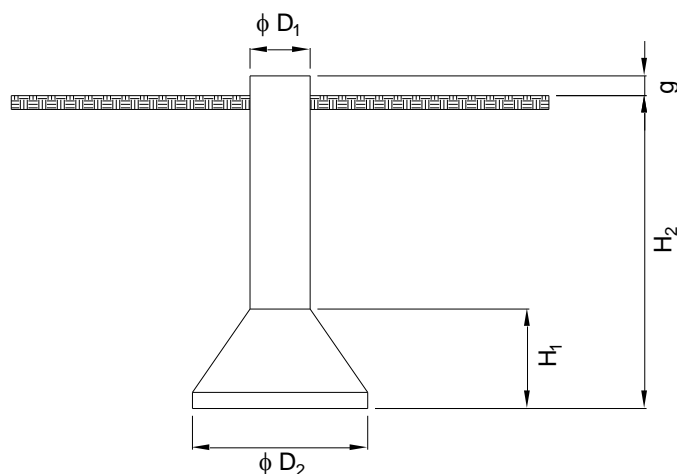
Características	Solo		
	Tipo I	Tipo II	Tipo III
Peso específico (t/m ³)	1,7	1,5	1,3
Ângulo do cone	30°	22,5°	15°
Tensão Admissível (kg/cm ²)	3,0	2,0	1,0

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-EQT4-L400-PB-EST-0014 - Série De Estruturas, Silhuetas E Hipóteses De Carregamento preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1

7. FIGURAS

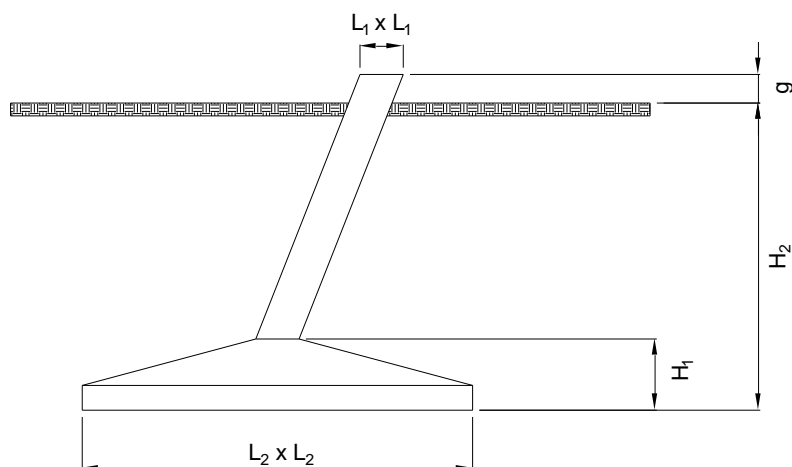


Solo Tipo	Estrutura	ϕD_1	ϕD_2	H_1	H_2	g_{min}
I	V1SL	0,80	0,80	0,00	6,80	0,30
	V1SP	0,80	0,80	0,00	8,60	0,30
	V1TR	0,80	0,80	0,00	7,20	0,30
	V1AA	1,00	1,00	0,00	7,70	0,30
	V1AT	1,10	1,10	0,00	10,60	0,30
	V2SL	0,80	0,80	0,00	8,40	0,30
	V2SP	0,80	0,80	0,00	10,50	0,30
	V2TR	1,00	1,00	0,00	8,70	0,30
	V2AA	1,00	1,00	0,00	9,00	0,30
	V2AT	1,10	1,10	0,00	12,30	0,30
II	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
	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 V1CRL E V2CRL aplicam-se às fundações dos mastros.

Figura 1 – Tubulão para torres autoportantes

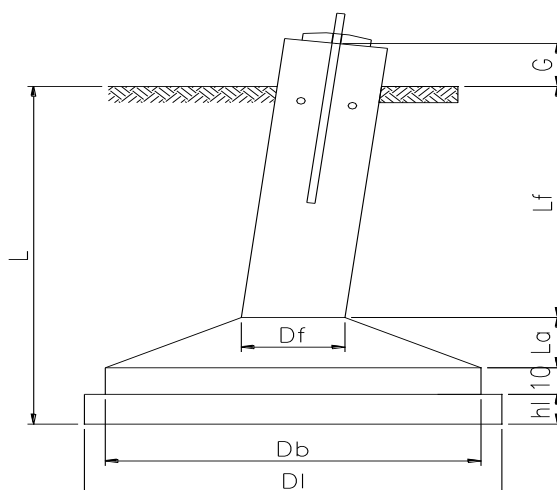


Solo Tipo	Estrutura	L1	L2	H ₁	H ₂	g _{mín}
III	V1SL	0,50	4,00	0,80	2,65	0,30
	V1SP	0,50	4,30	0,85	2,80	0,30
	V1TR	0,50	4,10	0,85	2,70	0,30
	V1AA	0,60	4,80	0,95	2,80	0,30
	V1AT	0,70	5,90	1,20	2,80	0,30
	V2SL	0,50	4,30	0,85	2,80	0,30
	V2SP	0,50	4,80	1,00	2,80	0,30
	V2TR	0,50	4,50	0,95	2,80	0,30
	V2AA	0,60	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.

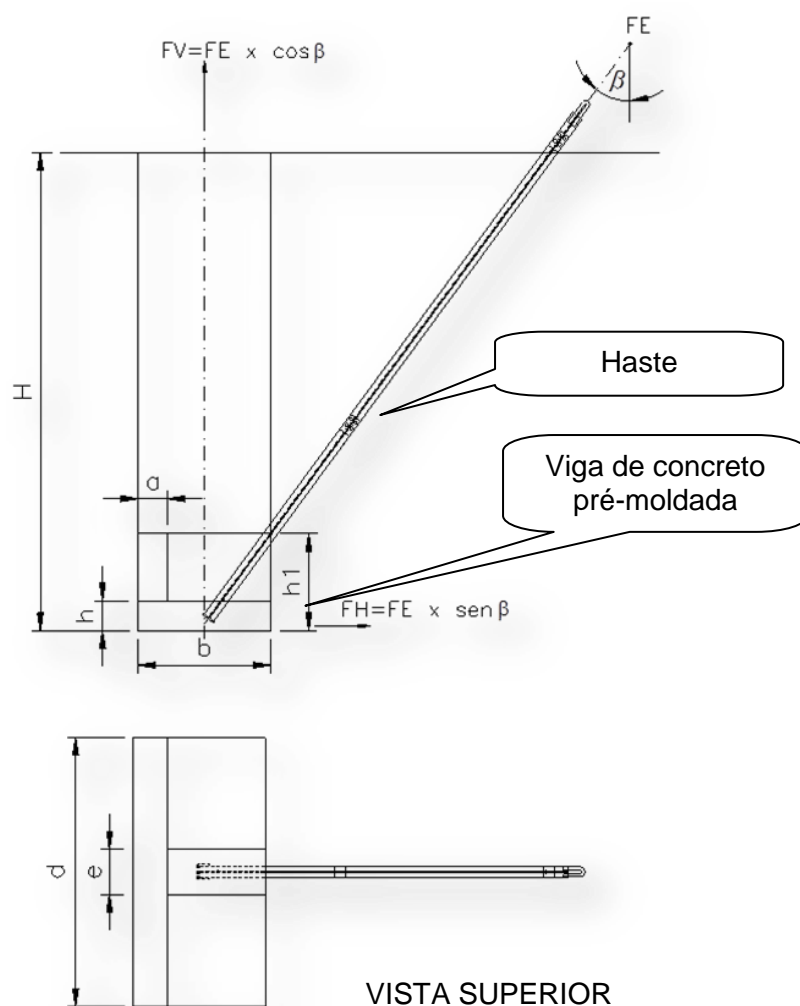
Figura 2 – Sapata para torres autoportantes



Solo Tipo	Estrutura	Df	La	Db	DL	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
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.

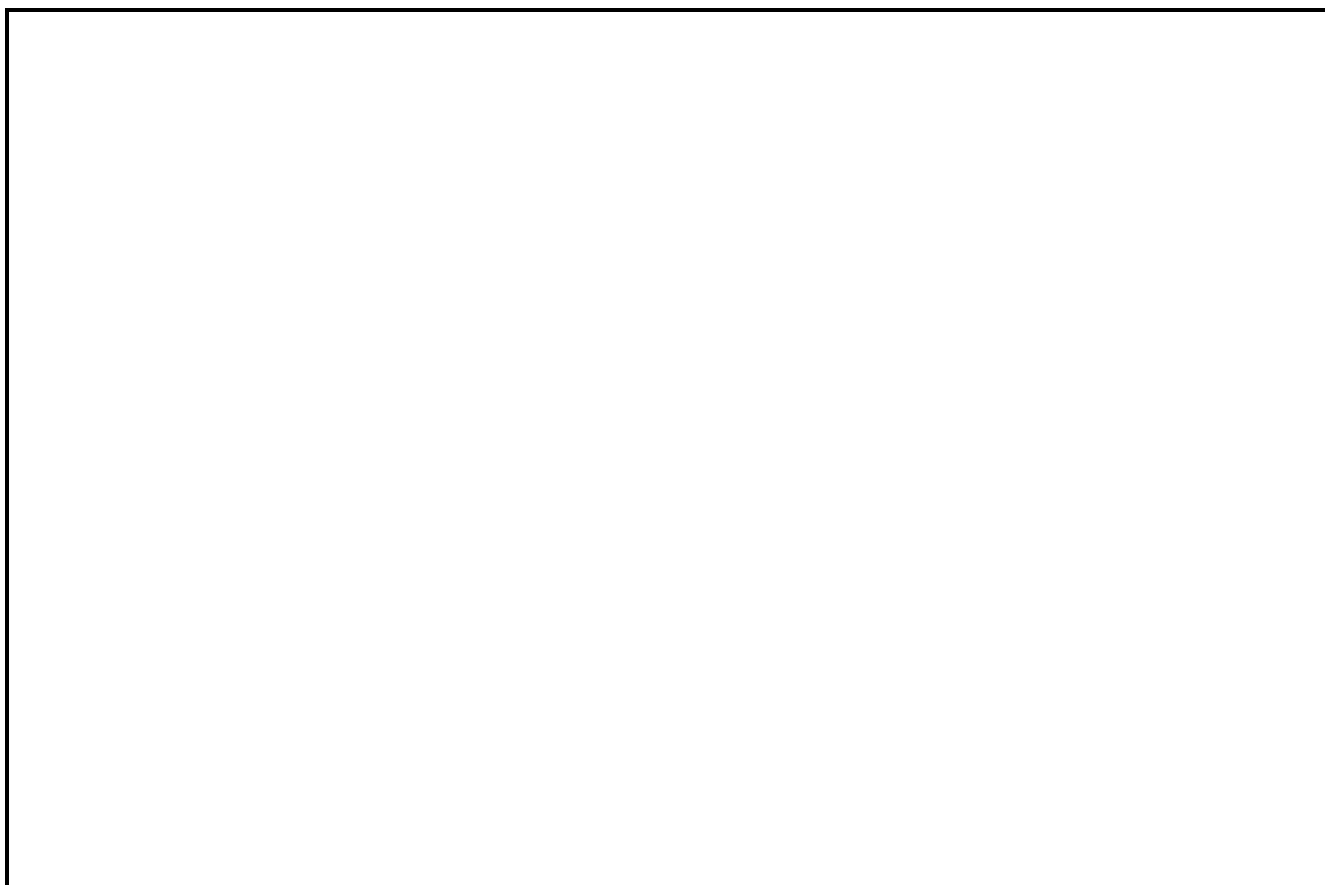
Figura 3 – Sapata para o mastro



Solo Tipo	Estrutura	b	d	h1	H	h	e
I		0,85	2,00	0,65	3,00	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
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



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 4 SPE SA

PROJETO BÁSICO

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

TÍTULO

**LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1
LT 500kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1
Lote 14 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO FUNDAÇÕES TÍPICAS**

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT4-L400-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 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1, em circuito simples pertencentes ao Lote 14 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, coluvião, 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.

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"	$f_{ck} \geq 25 \text{ MPa}$
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 LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1
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
Tipo	Aplicação LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino C1
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:

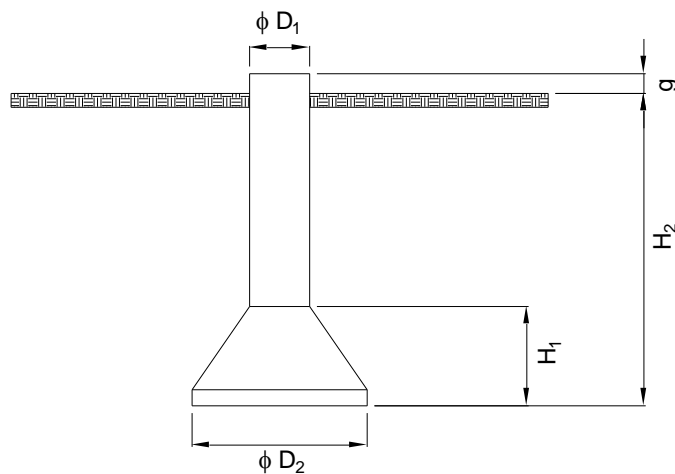
Características	Solo		
	Tipo I	Tipo II	Tipo III
Peso específico (t/m ³)	1,7	1,5	1,3
Ângulo do cone	30°	22,5°	15°
Tensão Admissível (kg/cm ²)	3,0	2,0	1,0

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-EQT4-L400-PB-EST-0014 - Série De Estruturas, Silhuetas E Hipóteses De Carregamento preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1

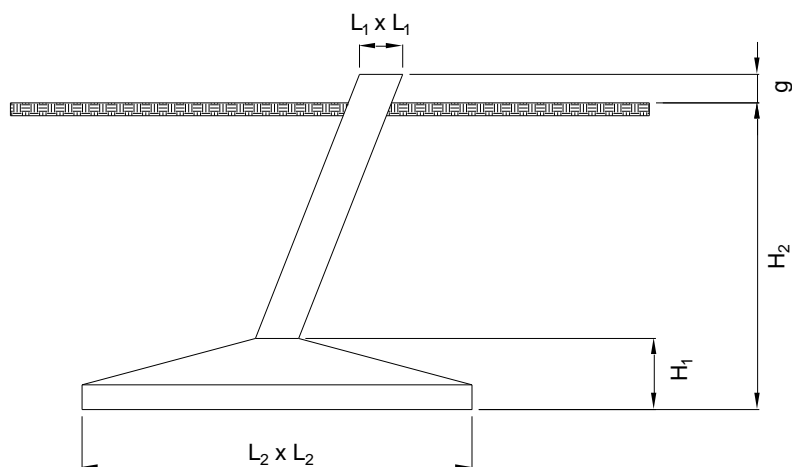
7. FIGURAS



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
	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	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
	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

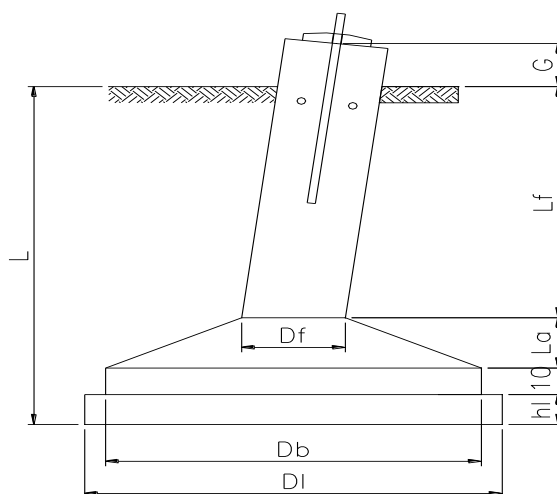


Solo Tipo	Estrutura	L1	L2	H1	H2	g _{min}
III	V1SL	0,50	4,00	0,80	2,65	0,30
	V1SP	0,50	4,30	0,85	2,80	0,30
	V1TR	0,50	4,10	0,85	2,70	0,30
	V1AA	0,60	4,80	0,95	2,80	0,30
	V1AT	0,70	5,90	1,20	2,80	0,30
	V2SL	0,50	4,30	0,85	2,80	0,30
	V2SP	0,50	4,80	1,00	2,80	0,30
	V2TR	0,50	4,50	0,95	2,80	0,30
	V2AA	0,60	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.

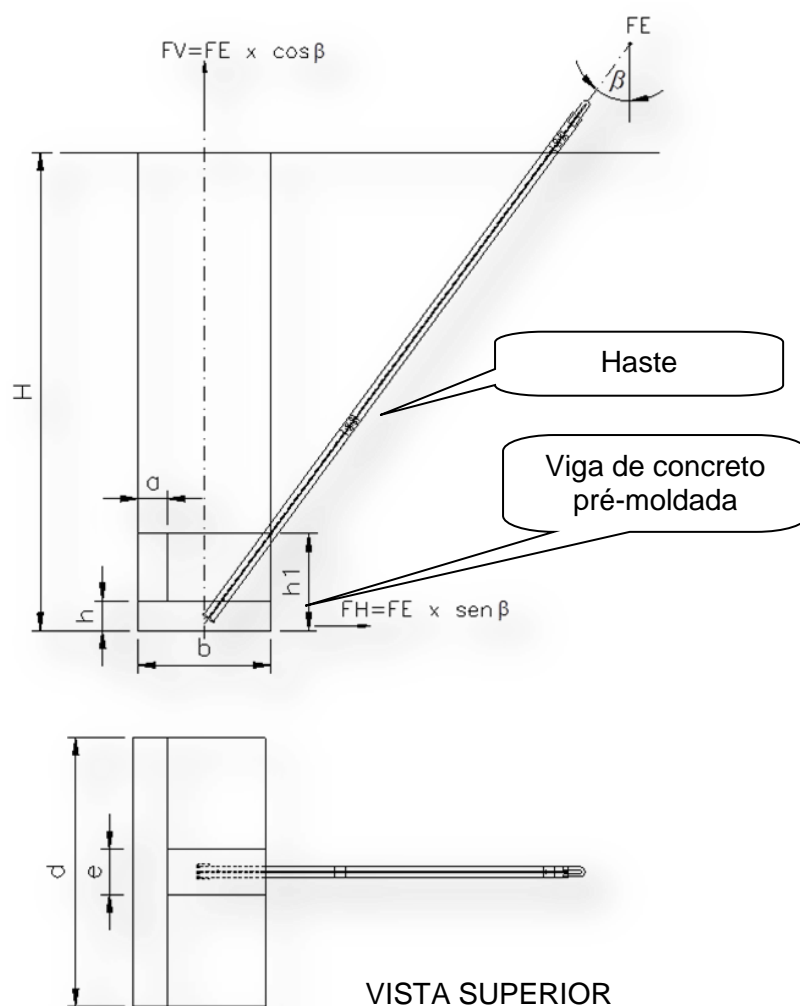
Figura 2 – Sapata para torres autoportantes



Solo Tipo	Estrutura	Df	La	Db	DL	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	1,65	0,30
III		0,50	0,45	2,10	3,90	0,20	1,00	1,75	0,30
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	1,65	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	3,00	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
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	04/05/17	Revisado numeração de documentos			AQ	JCS	
00	16/02/17	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	16/02/17		
TÍTULO							
LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1 Lote 14 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL INDICE DE RELATÓRIOS							
Nº DOCUMENTO					FOLHA	REVISÃO	
RE-EQT4-L400-PB-ELM-0001-R01					1 de 3	01	

1 O PROJETO BÁSICO CONTEM OS SEGUINTE RELATÓRIOS:

RELATÓRIOS DO PROJETO BÁSICO	NUMERAÇÃO
1. INDICE DE RELATÓRIOS	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0001
2. NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0002
3. DADOS CLIMATOLÓGICOS	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0003
4. VELOCIDADE DO VENTO E CARREGAMENTO DEVIDO AO VENTO	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0004
5. CONDUTOR E PÁRA-RAIOS	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0005
6. ESTUDO MECÂNICO DO CONDUTOR E PARA-RAIOS E VIBRAÇÕES	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0006
7. DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA PARA LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0007
8. LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0008
9. COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0009
10. ISOLADORES E FERRAGENS	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0010
11. FUNDAÇÕES TÍPICAS	RE-EQT4-L400-PB-CIV-0011
12. SISTEMA DE ATERRAMENTO	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0012
13. DIRETRIZ SELECIONADA	RE-EQT4-L400-PB-TOP-0013
14. SÉRIE DE ESTRUTURAS, SILHUETAS E HIPÓTESES DE CARREGAMENTO - LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1	RE-EQT4-L400-PB-EST-0014
15. PROGRAMA DE ENSAIOS DE CARREGAMENTO LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1	RE-EQT4-L400-PB-EST-0015
16. SILHUETA DA ESTRUTURA PREDOMINANTE LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1	RE-EQT4-L400-PB-EST-0016
17. MEMORIA DE CALCULO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE - LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1	RE-EQT4-L400-PB-EST-0017
18. SÉRIE DE ESTRUTURAS, SILHUETAS E HIPÓTESES DE CARREGAMENTO - LT 500 kV Janaúba 3 - P. Juscelino - C1	RE-EQT4-L400-PB-EST-0018

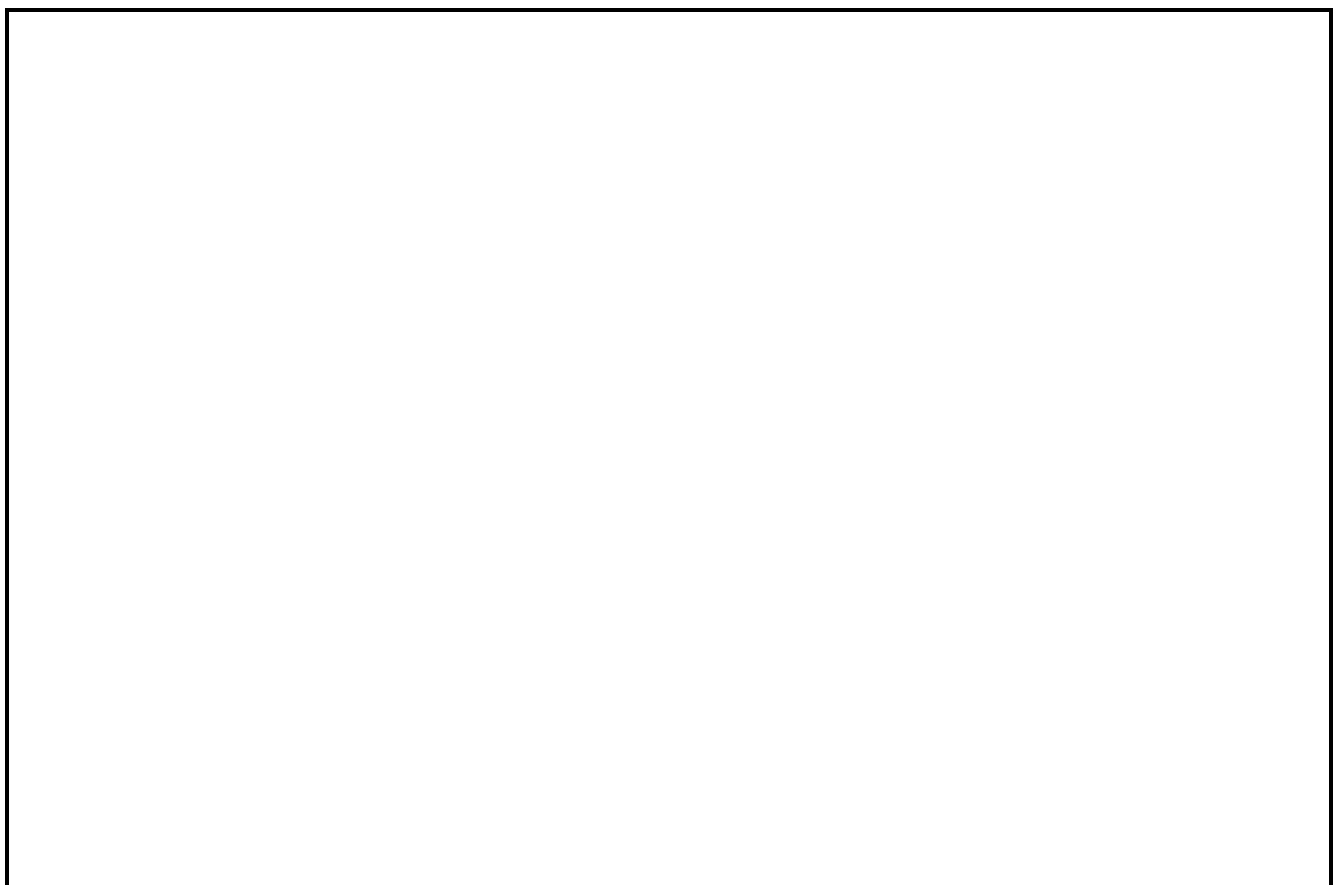
19. VERIFICAÇÃO ELÉTRICA DA ESTRUTURA CROSS ROPE - LT 500 kV Janaúba 3 - P. Juscelino - C1	RE-EQT4-L400-PB-EST-0019
20. PROGRAMA DE ENSAIOS DE CARREGAMENTO LT 500 kV Janaúba 3 - P. Juscelino - C1	RE-EQT4-L400-PB-EST-0020
21. SILHUETA DA ESTRUTURA PREDOMINANTE LT 500 kV Janaúba 3 - P. Juscelino - C1	RE-EQT4-L400-PB-EST-0021
22. MEMORIA DE CALCULO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE - LT 500 kV Janaúba 3 - P. Juscelino - C1	RE-EQT4-L400-PB-EST-0022
23. VERIFICAÇÃO ELÉTRICA DA ESTRUTURA CROSS ROPE	RE-EQT4-L400-PB-EST-0023
24. CONFIABILIDADE DO TRECHO DE PARALELISMO	RE-EQT4-L401-PB-EST-0024

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	
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	16/02/17
TÍTULO					
LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1 Lote 14 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL INDICE DE RELATÓRIOS					
Nº DOCUMENTO			FOLHA	REVISÃO	
RE-EQT4-L400-PB-ELM-0001-R02			1 de 3	02	

1 O PROJETO BÁSICO CONTEM OS SEGUINTE RELATÓRIOS:

RELATÓRIOS DO PROJETO BÁSICO	NUMERAÇÃO
1. INDICE DE RELATÓRIOS	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0001
2. NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0002
3. DADOS CLIMATOLÓGICOS	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0003
4. VELOCIDADE DO VENTO E CARREGAMENTO DEVIDO AO VENTO	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0004
5. CONDUTOR E PÁRA-RAIOS	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0005
6. ESTUDO MECÂNICO DO CONDUTOR E PARA-RAIOS E VIBRAÇÕES	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0006
7. DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA PARA LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0007
8. LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0008
9. COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0009
10. ISOLADORES E FERRAGENS	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0010
11. FUNDAÇÕES TÍPICAS	RE-EQT4-L400-PB-CIV-0011
12. SISTEMA DE ATERRAMENTO	RE-EQT4-L400-PB-ELM-0012
13. DIRETRIZ SELECIONADA	RE-EQT4-L400-PB-TOP-0013
14. SÉRIE DE ESTRUTURAS, SILHUETAS E HIPÓTESES DE CARREGAMENTO - LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1	RE-EQT4-L401-PB-EST-0014
15. PROGRAMA DE ENSAIOS DE CARREGAMENTO LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1	RE-EQT4-L401-PB-EST-0015
16. SILHUETA DA ESTRUTURA PREDOMINANTE LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1	RE-EQT4-L401-PB-EST-0016
17. MEMORIA DE CALCULO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE - LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1	RE-EQT4-L401-PB-EST-0017
18. SÉRIE DE ESTRUTURAS, SILHUETAS E HIPÓTESES DE CARREGAMENTO - LT 500 kV Janaúba 3 - P. Juscelino - C1	RE-EQT4-L401-PB-EST-0018

19. VERIFICAÇÃO ELÉTRICA DA ESTRUTURA CROSS ROPE - LT 500 kV Janaúba 3 - P. Juscelino - C1	RE-EQT4-L401-PB-EST-0019
20. PROGRAMA DE ENSAIOS DE CARREGAMENTO LT 500 kV Janaúba 3 - P. Juscelino - C1	RE-EQT4-L402-PB-EST-0020
21. SILHUETA DA ESTRUTURA PREDOMINANTE LT 500 kV Janaúba 3 - P. Juscelino - C1	RE-EQT4-L402-PB-EST-0021
22. MEMORIA DE CALCULO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE - LT 500 kV Janaúba 3 - P. Juscelino - C1	RE-EQT4-L402-PB-EST-0022
23. VERIFICAÇÃO ELÉTRICA DA ESTRUTURA CROSS ROPE	RE-EQT4-L402-PB-EST-0023
24. CONFIABILIDADE DO TRECHO DE PARALELISMO	RE-EQT4-L401-PB-EST-0024



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 4 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 - C1
LT 500kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1
Lote 14 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS**

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT4-L400-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 Igaporã III - Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1, em circuito simples pertencentes ao Lote 14 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	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 4 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 - C1 LT 500kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1 Lote 14 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL RELATÓRIO NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS					
Nº DOCUMENTO				FOLHA	REVISÃO
RE-EQT4-L400-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 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1, em circuito simples pertencentes ao Lote 14 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

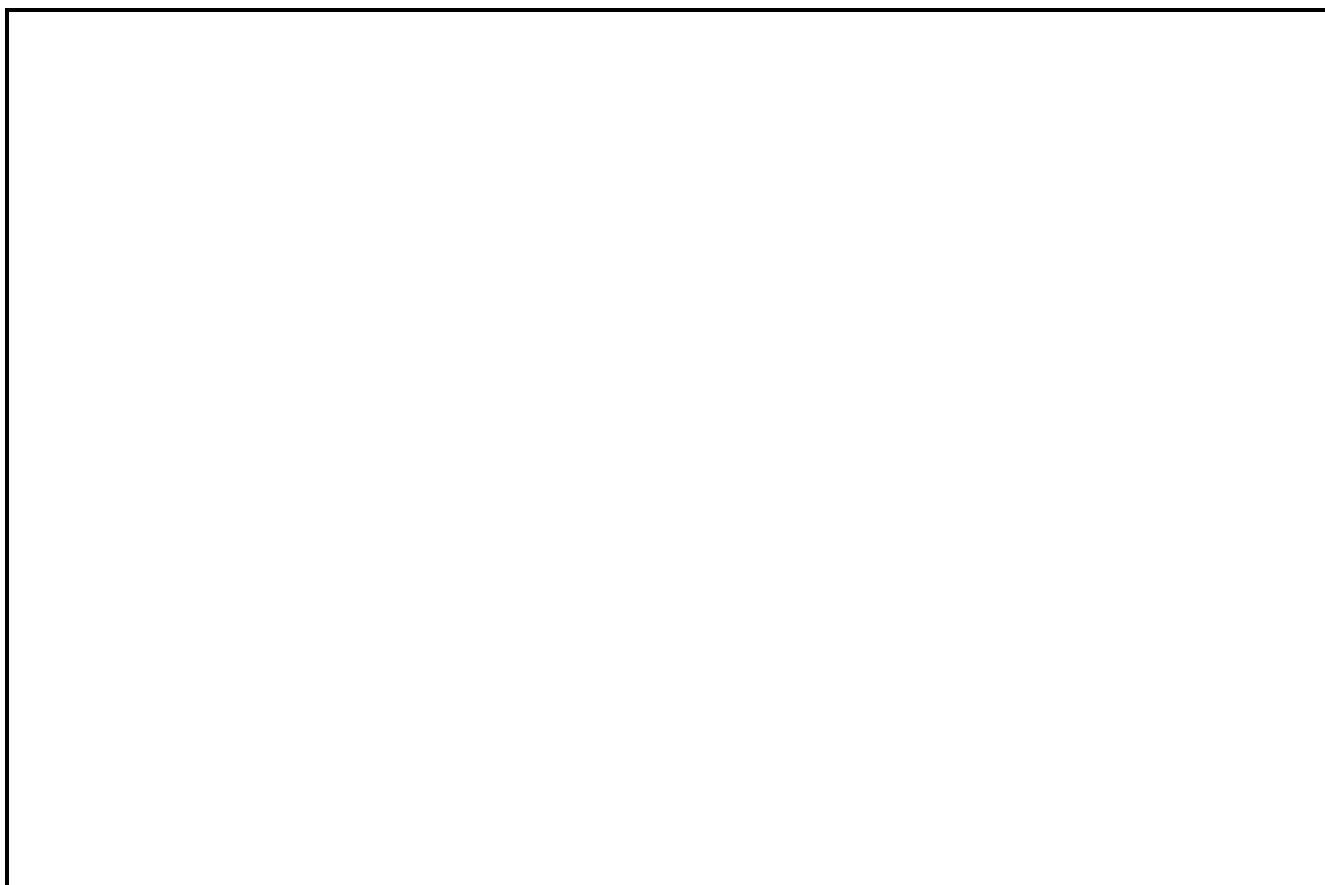
C29-1 Standard for electrical power insulators – test methods

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 *Connectors to use between aluminum-to-aluminum or aluminum-to-copper bare overhead conductors*
107 Methods of measurement of radio influence voltage (RIV) of high – voltage apparatus



Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
01	04/05/17	Atendimento aos comentários da EP	AQ	JCS	
00	22/02/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	



EQUATORIAL TRANSMISSORA 4 SPE SA

PROJETO BÁSICO

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

TÍTULO

**LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1
Lote 14 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO DADOS CLIMATOLÓGICOS**

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT4-L400-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 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1, em circuito simples pertencentes ao Lote 14 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.

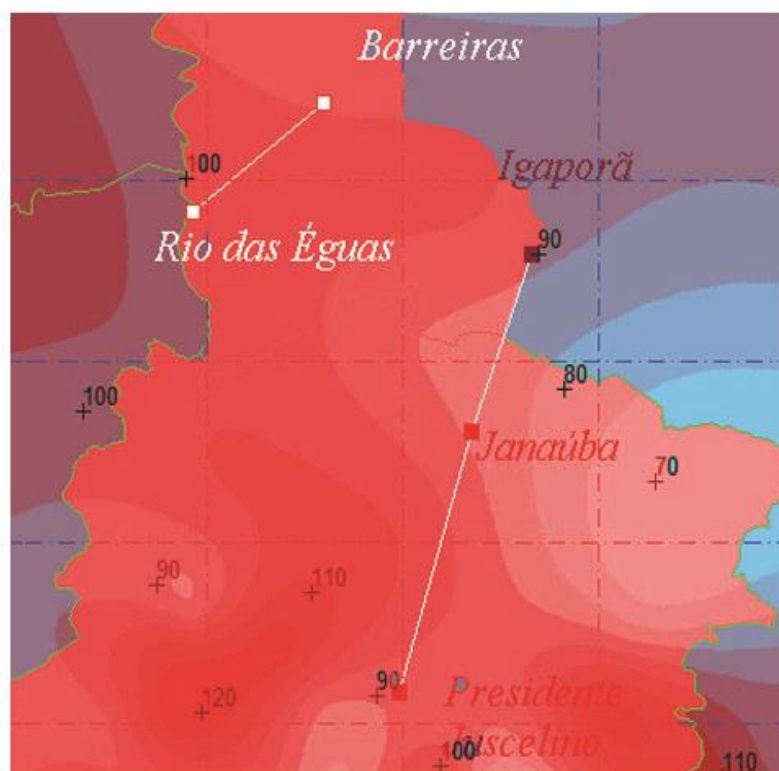
PARÂMETROS CLIMÁTICOS	IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1	JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C1
altitude média - (m)	700	700
temp média – (°C)	22	21
temp mín 50 anual – (°C)	17	17
temp mín 50 inverno – (°C)	14	13
temp mín absoluta – (°C)	5	4
temp máx 50 anual – (°C)	28	28
temp máx 50 verão – (°C)	30	30
temp máx abs – (°C)	39	39
pressão média – (mbar)	940	940
DRA 50% – (pu)	0.91	0.92
DRA 90% – (pu)	0.89	0.90
DRA médio 90% – (pu)	0.90	0.90
FCA _{60 Hz} 50% – (pu)	0.96	0.97
FCA _{60 Hz} 99% – (pu)	0.91	0.92
FCA _{man} 50% – (pu)	0.96	0.97
FCA _{man} 90% – (pu)	0.94	0.95
FCA _{atm} 50% – (pu)	0.95	0.96
FCA _{atm} 90% – (pu)	0.93	0.94
umi rel (U _{rel}) – (%)	73	74
umi abs (U _{abs}) - (g/m ³)	15	14
tempo ruim - (%)	10	10
Nivel Ceraunico (mapa ONS)	50	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	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

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

<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.

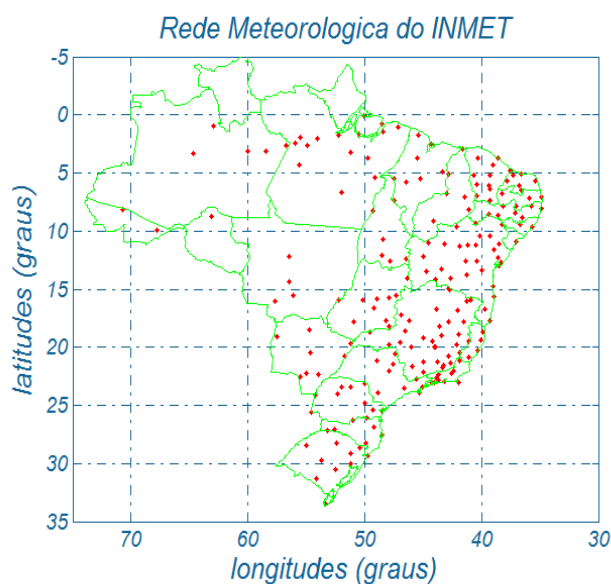


Figura 3.1 - Distribuição espacial das estações meteorológicas do INMET

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

$$T_{med} = \frac{T_{12} + 2 \cdot T_{24} + T_{máx} + T_{mín}}{5}$$

T_{med} - temperatura média diária

$T_{máx}$ - temperatura máxima diária

$T_{mín}$ - 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, extraindo-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, gapes 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} .

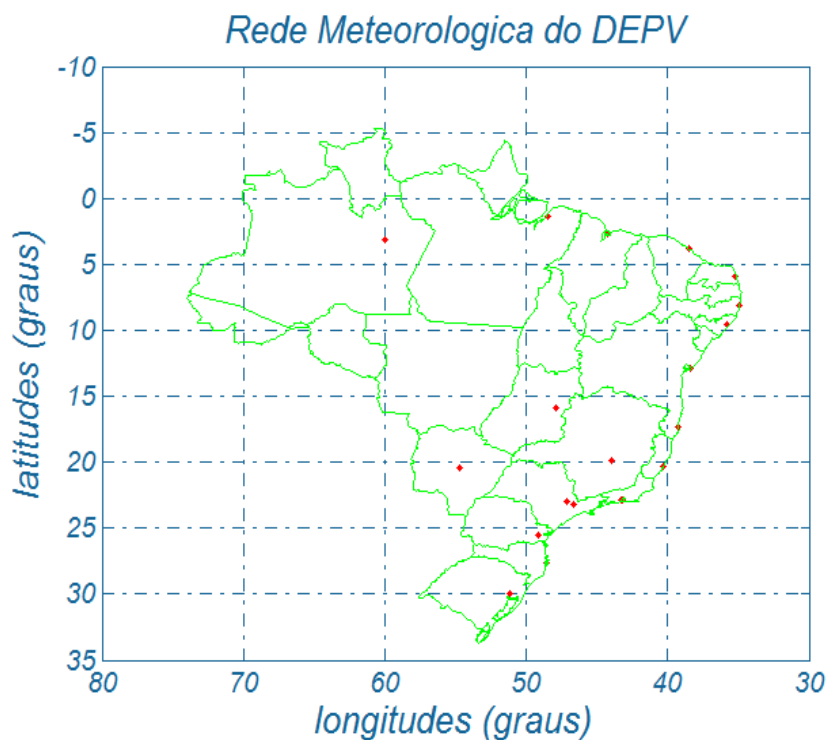


Figura 4.2.1 - Rede do DEPV, com as 20 estações da modelagem de [7]

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:

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

CV_{DRA} coeficiente de variação da distribuição da DRA (%)
 $CV_{FCA_{60Hz}}$ 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

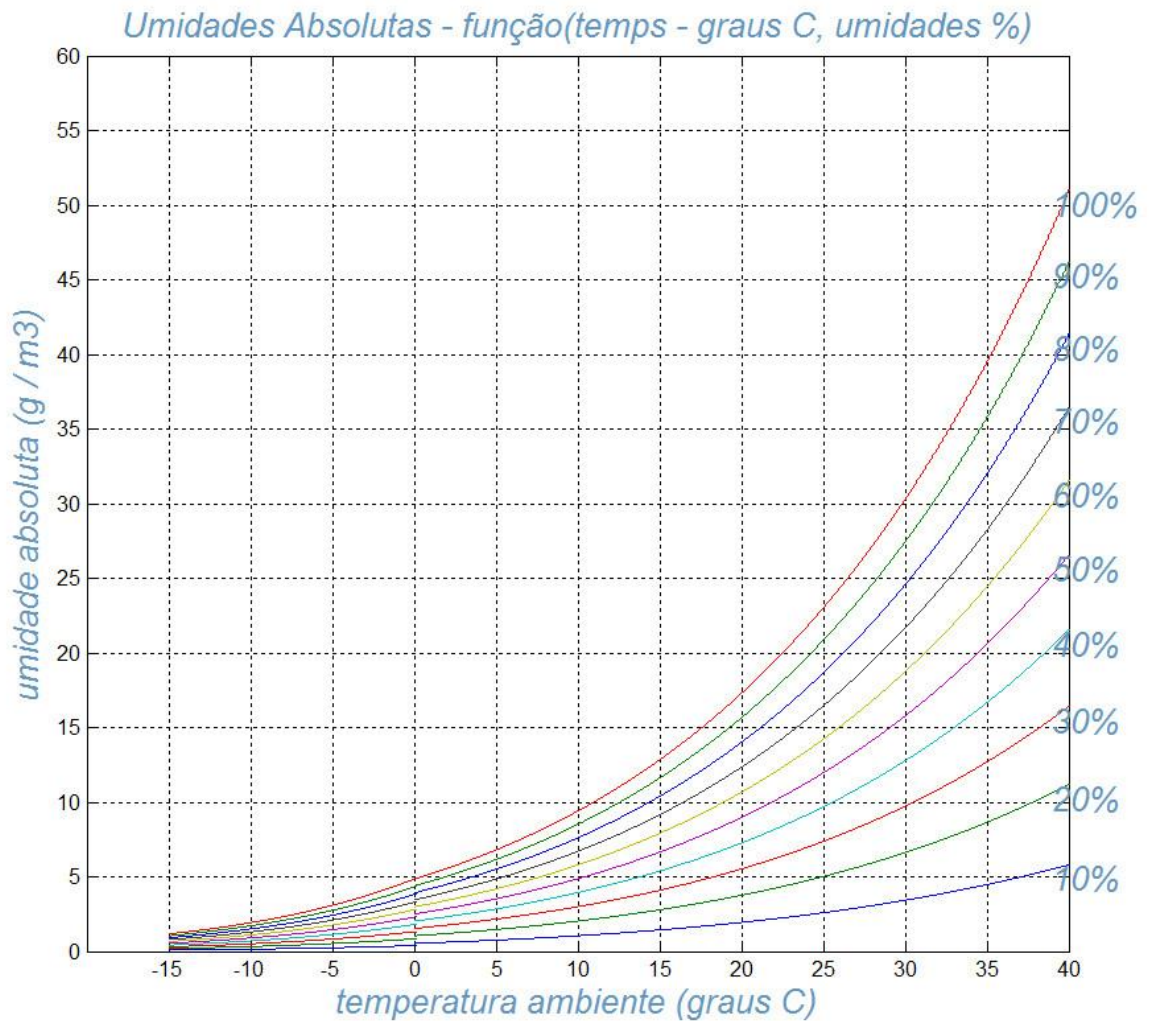


Figura 1.1 - Umidade absoluta do ar em função das leituras dos termômetros de bulbo seco e úmido

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.

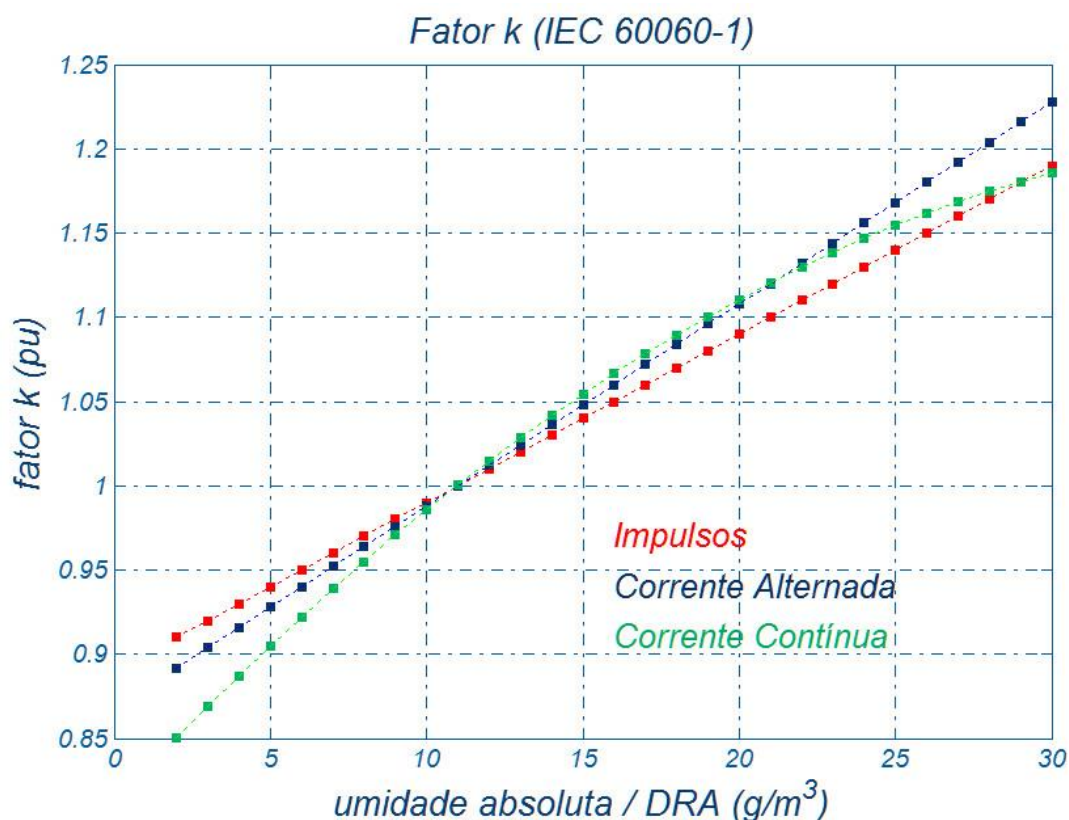


Figura 1.2 - Determinação do fator k em função de h / δ (g / m³) e do tipo de tensão (60 Hz, impulso ou CC)

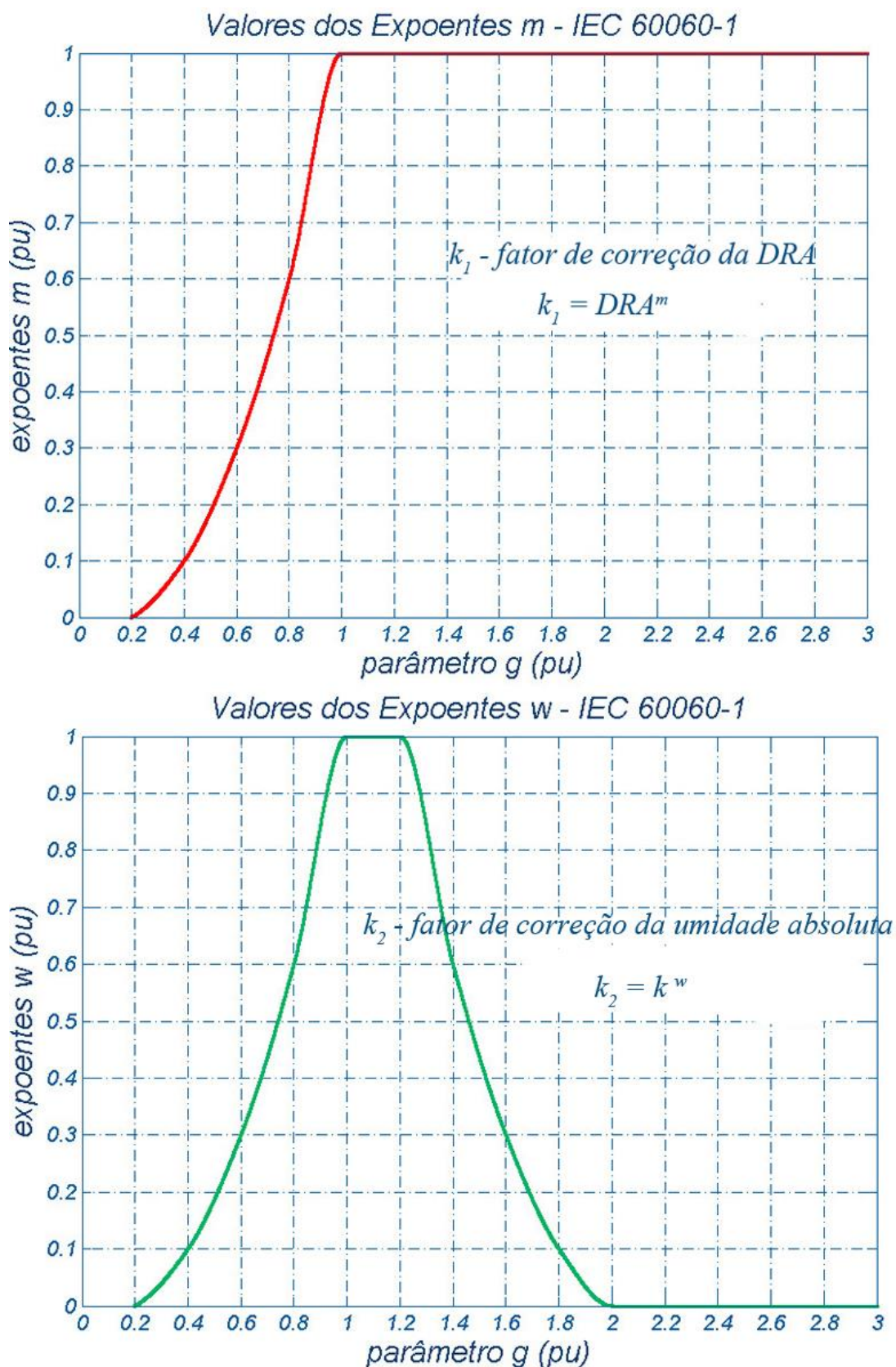


Figura 1.3 - Valores dos expoentes m para a DRA (superior) e w para a correção da umidade absoluta do ar (inferior), em função do parâmetro g

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>

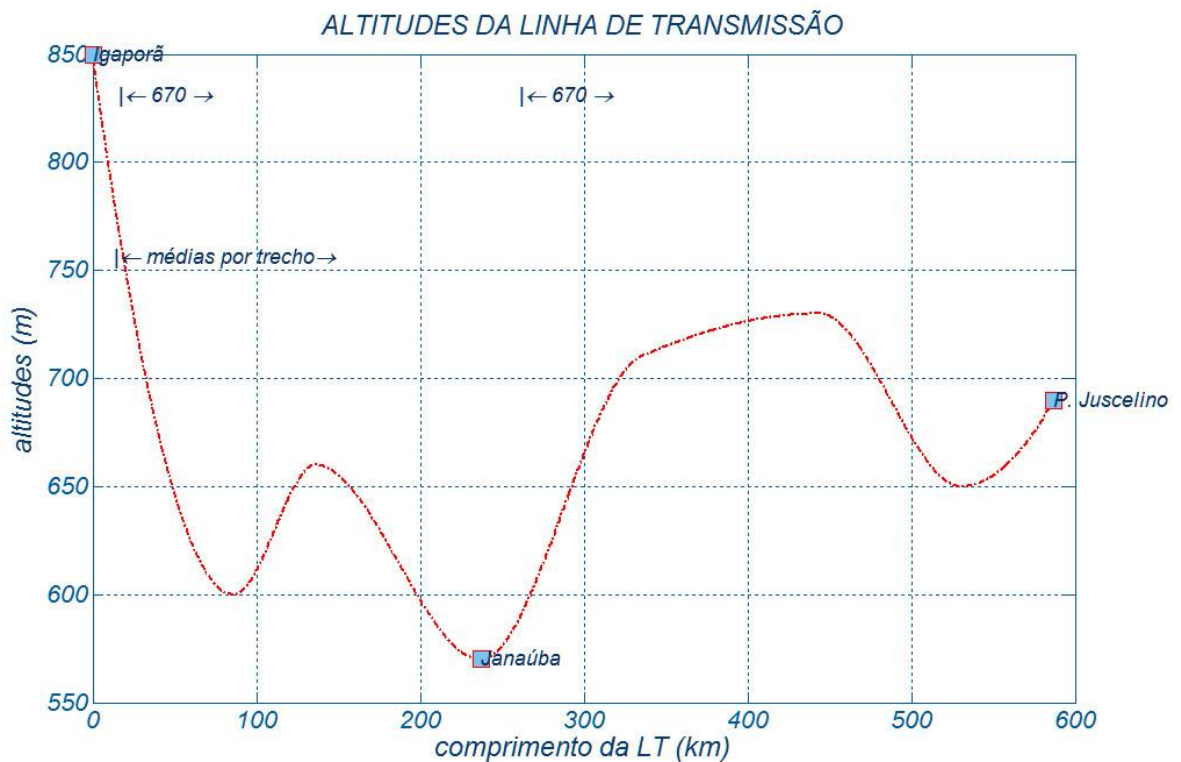
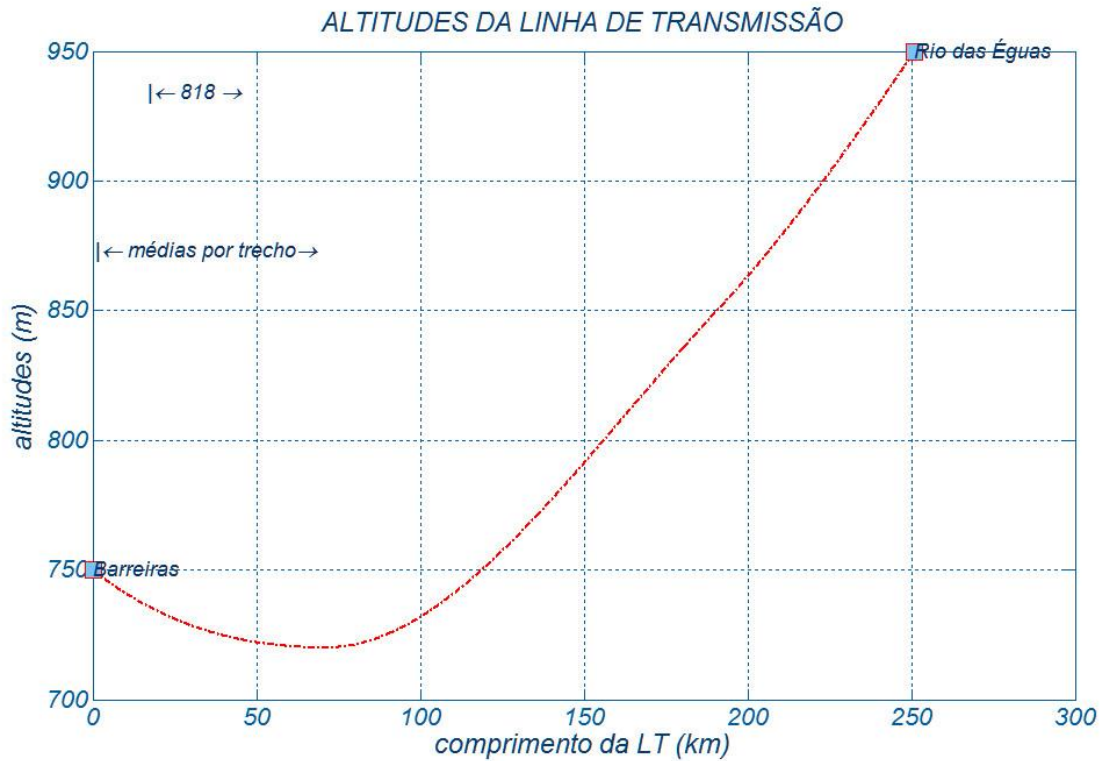
Tabela 2 - Características das estações meteorológicas(cont)

<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>

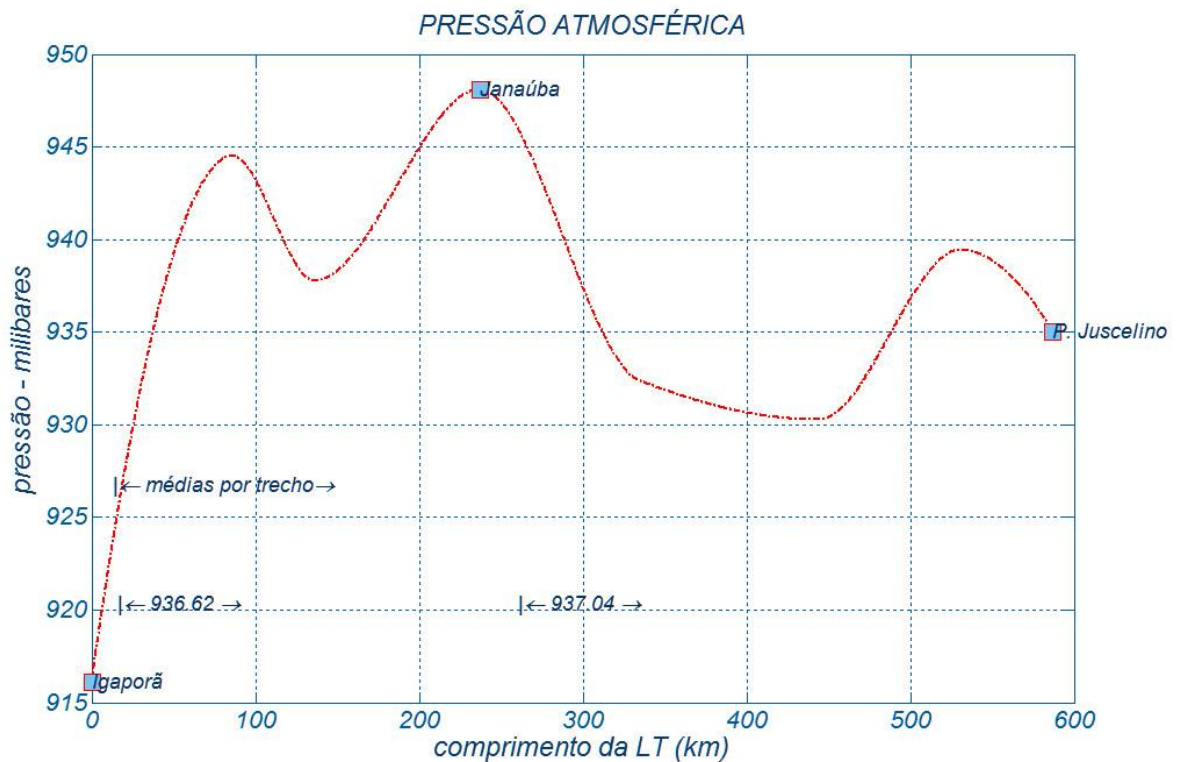
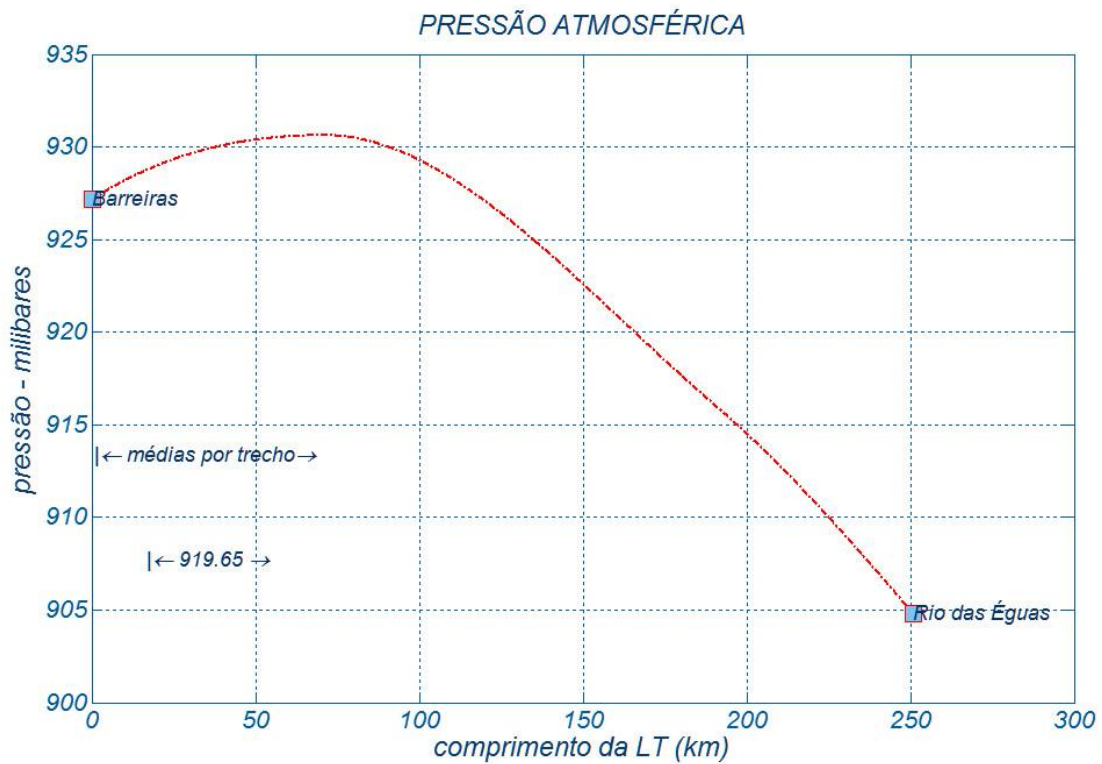
Tabela 2 - Características das estações meteorológicas(cont)

<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>

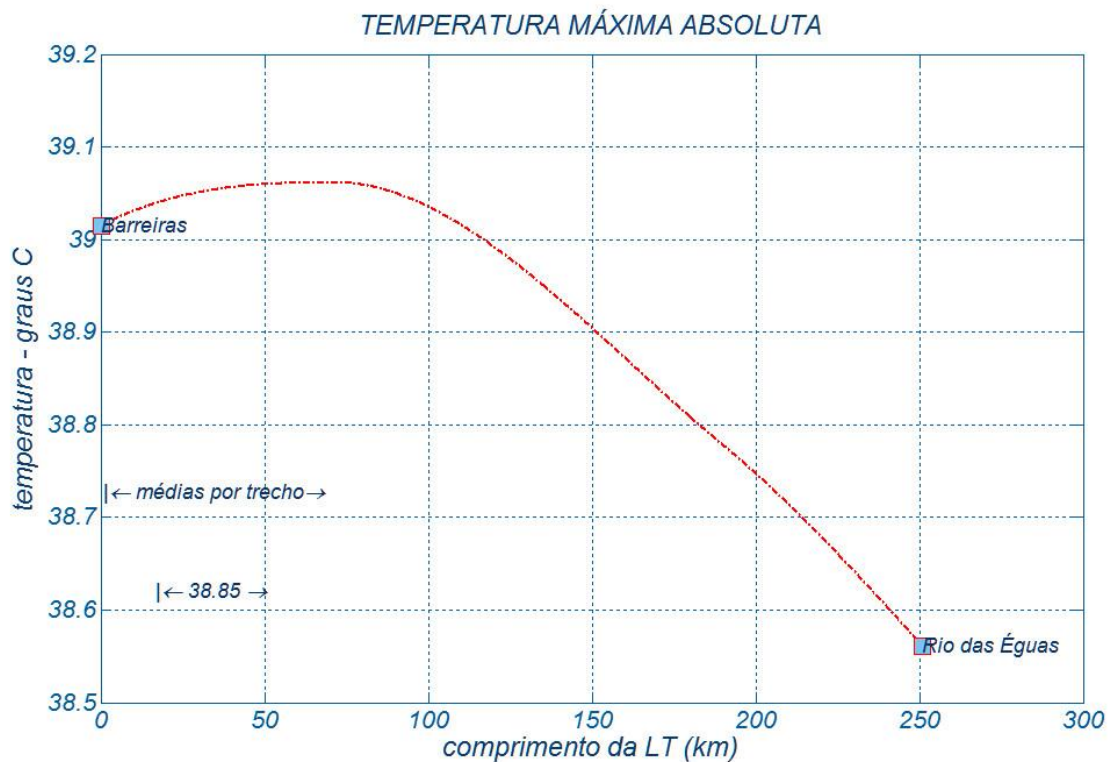
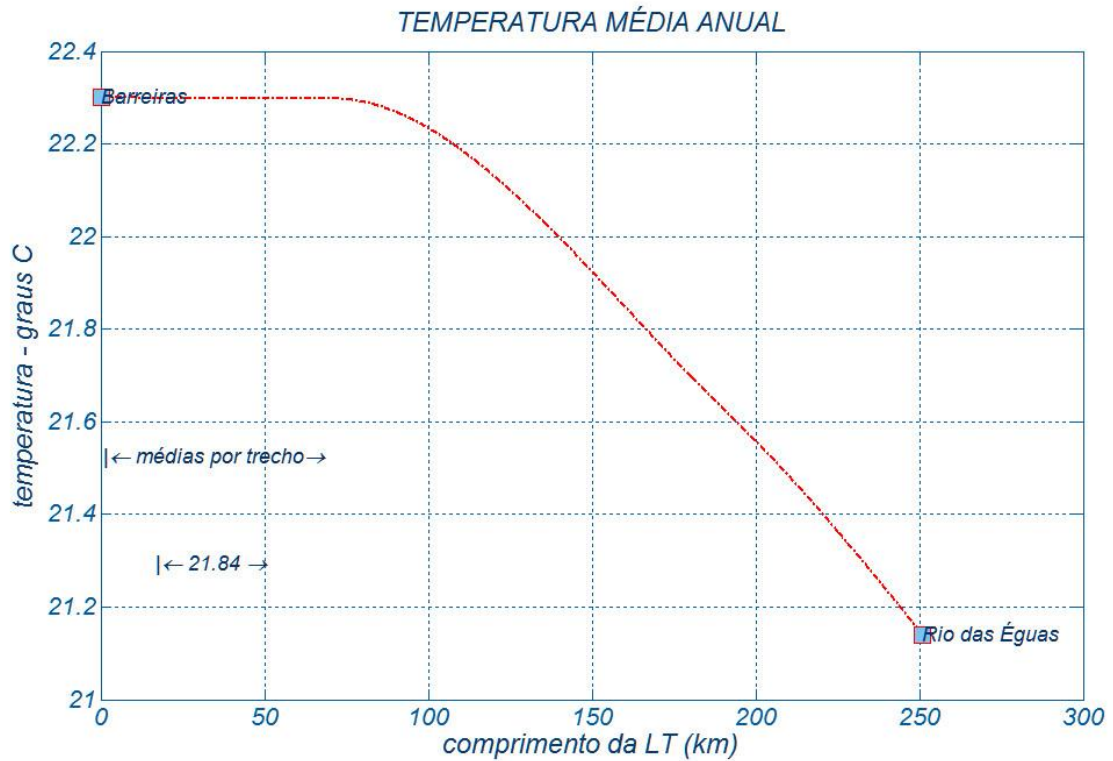
Anexo 3 Altitudes

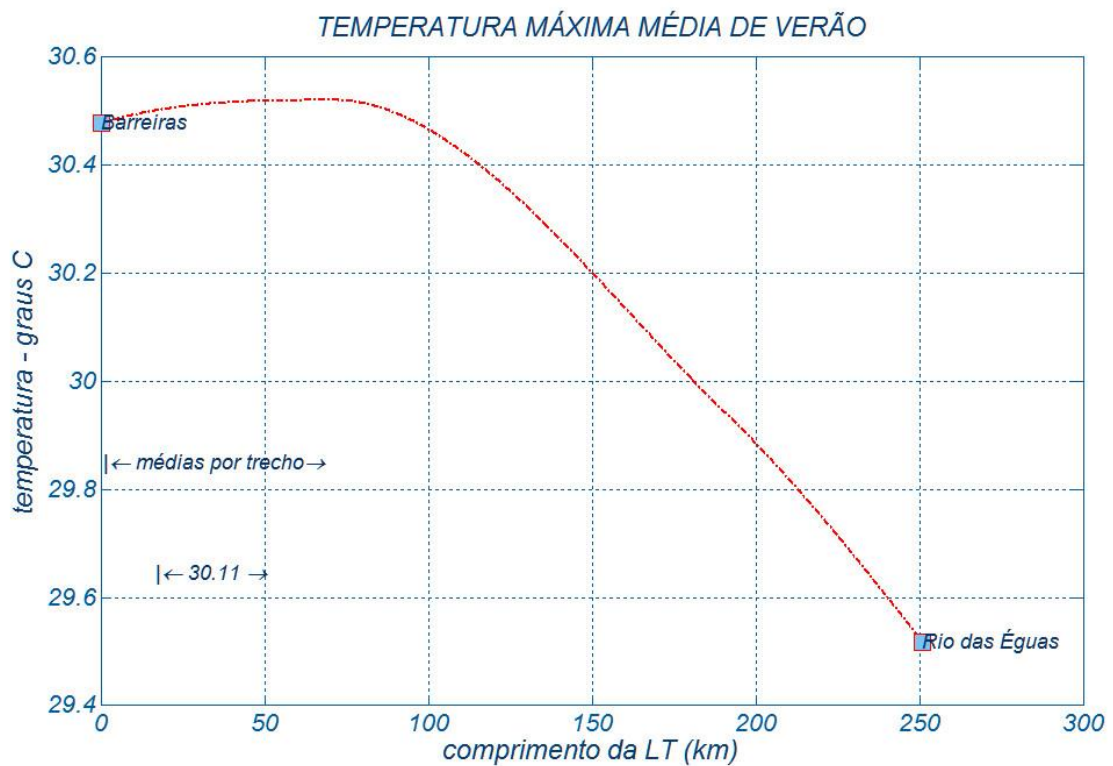
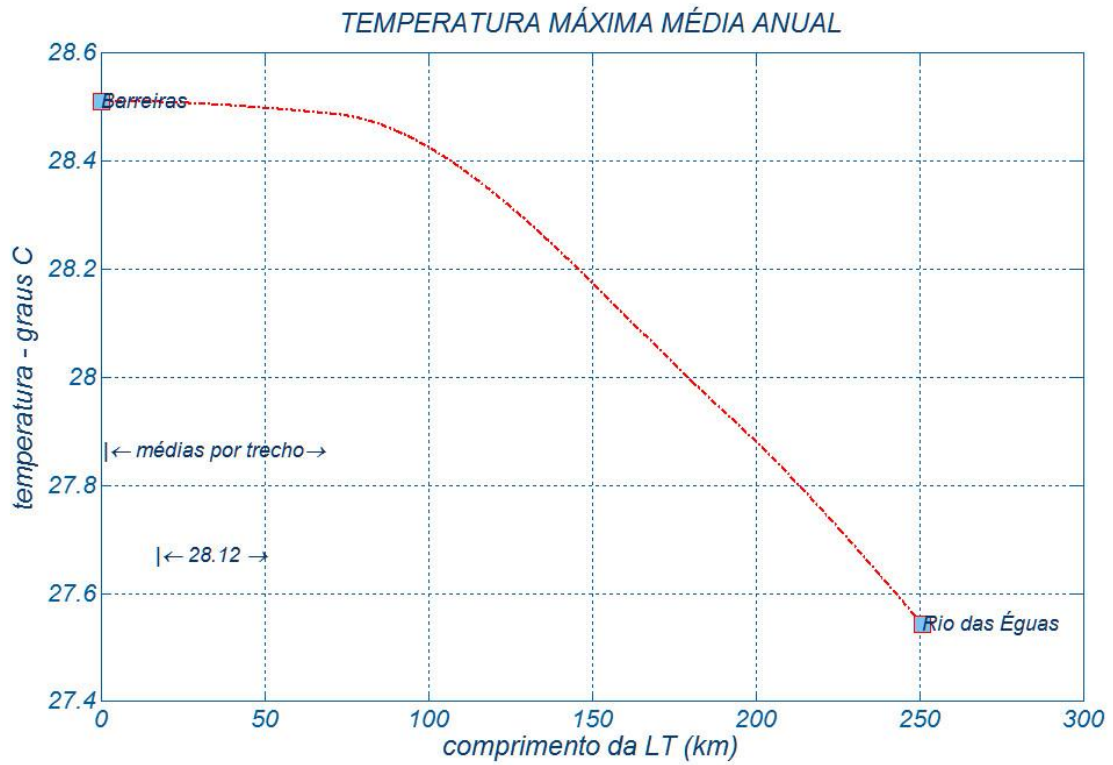


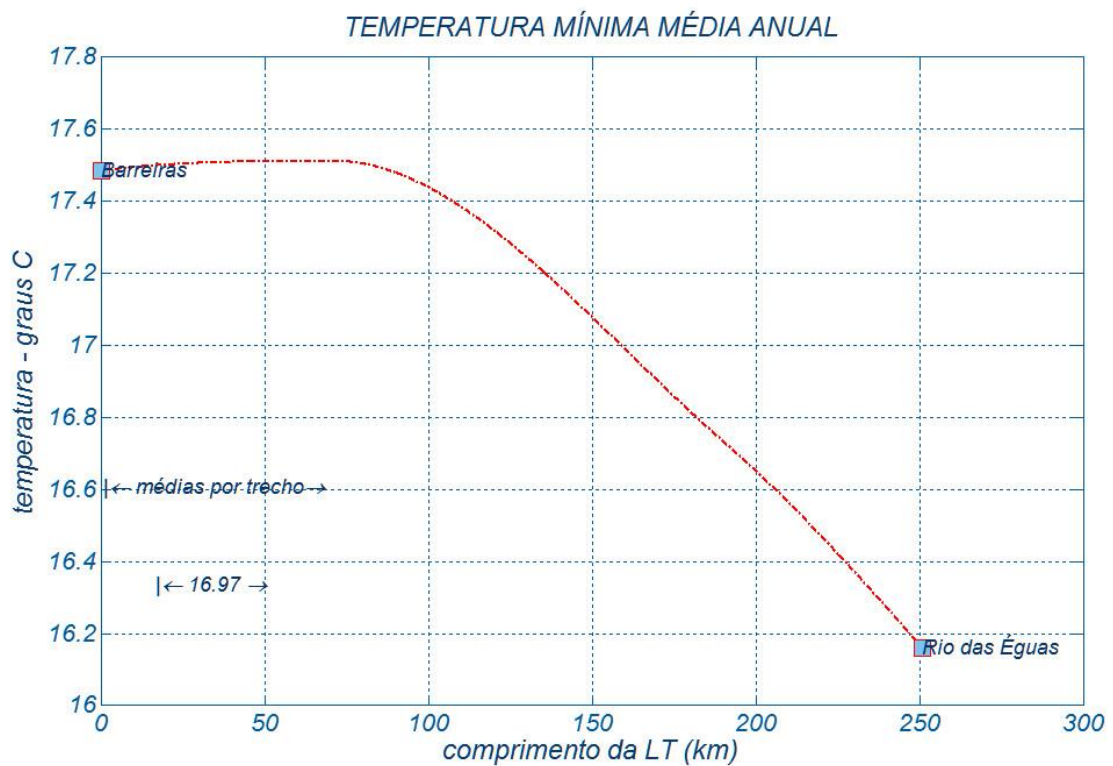
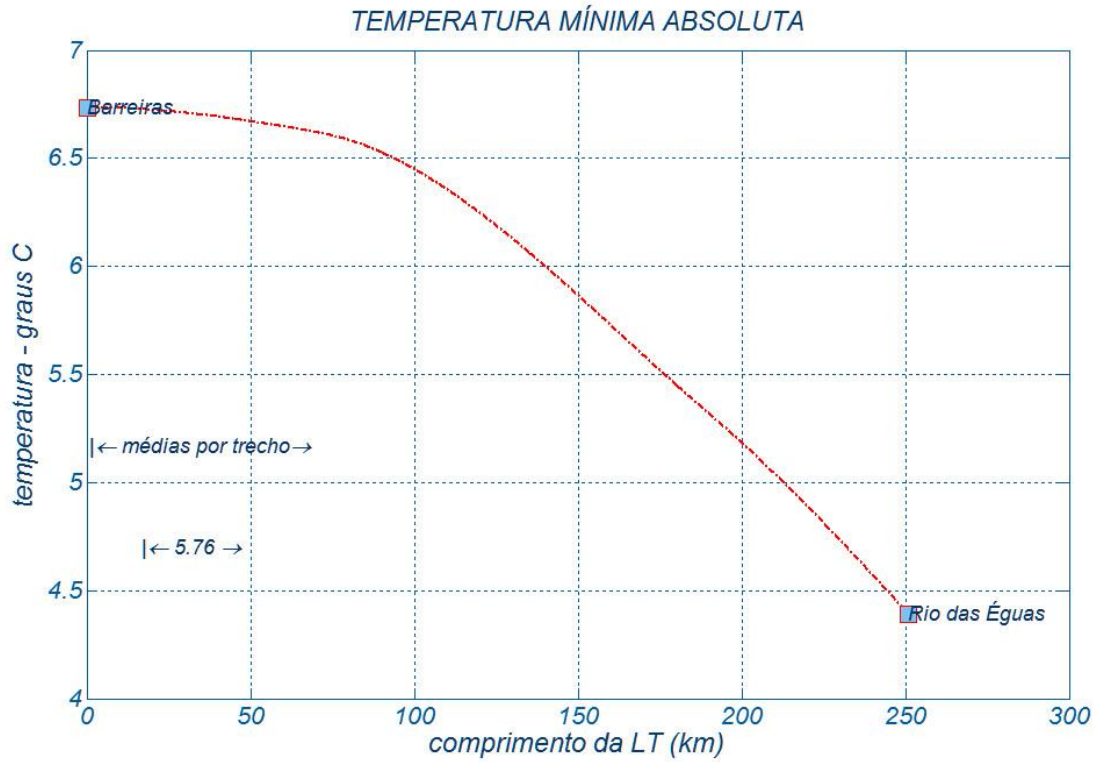
Anexo 4 Pressões atmosféricas

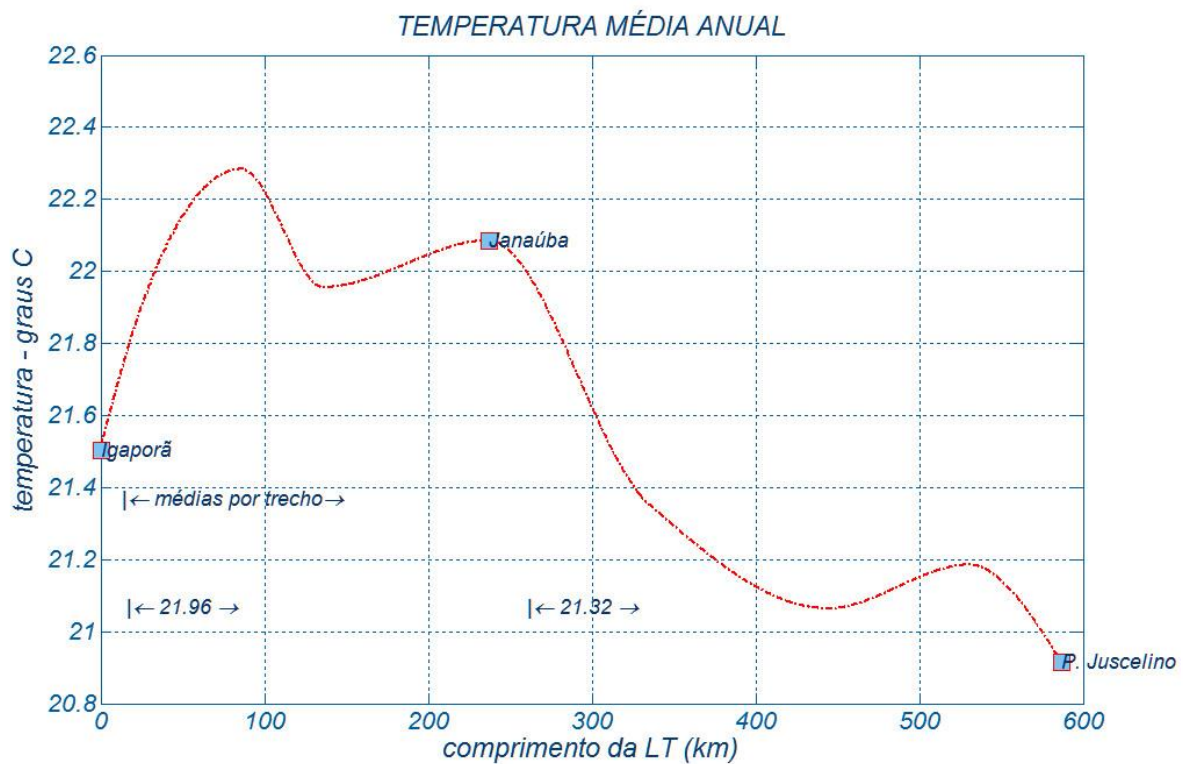
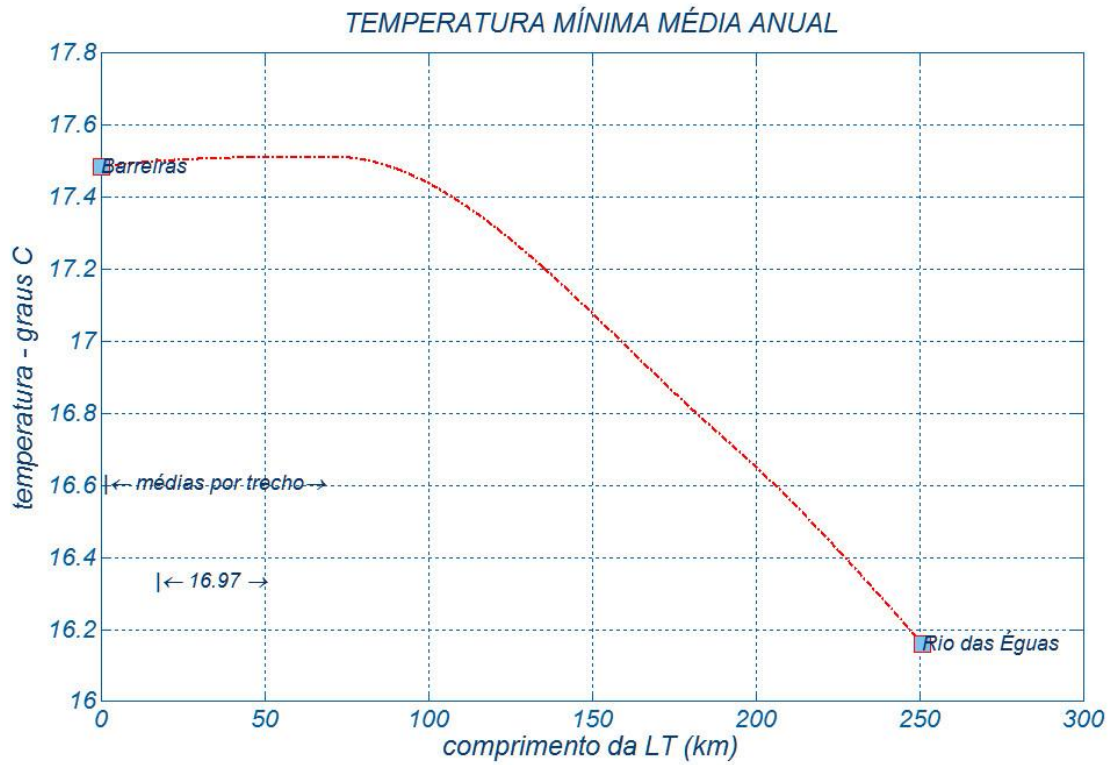


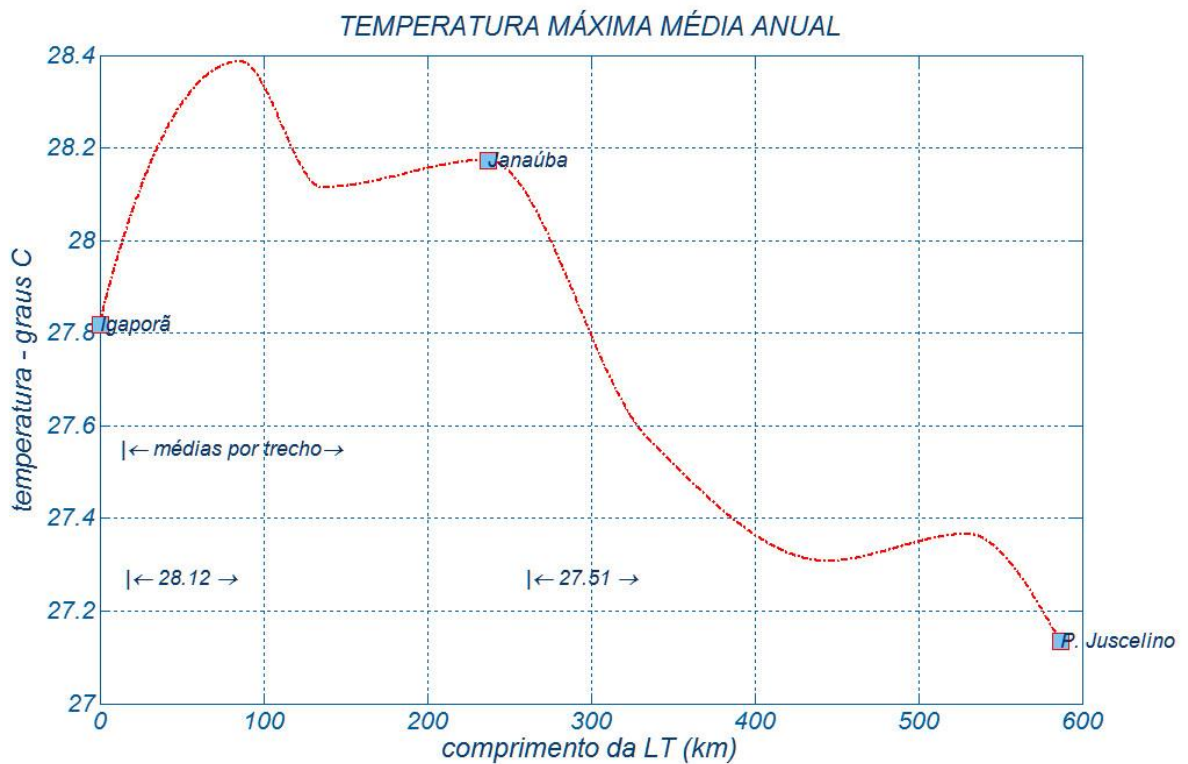
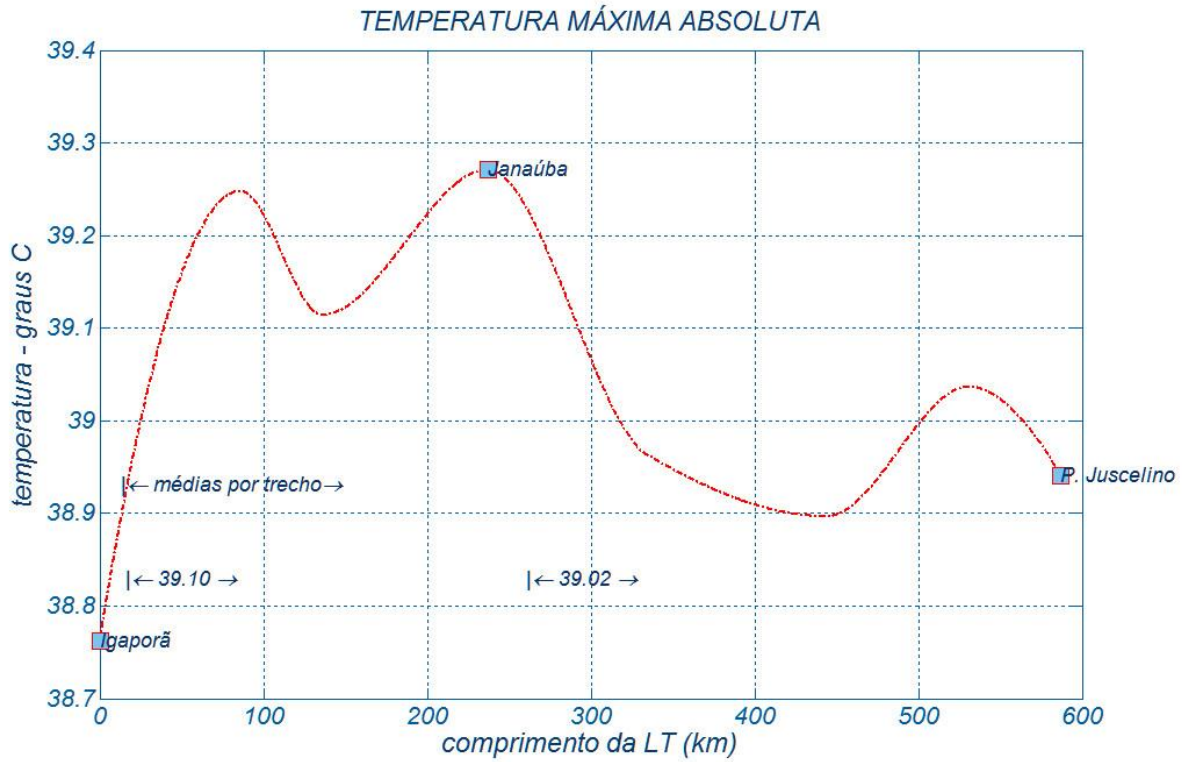
Anexo 5 Temperaturas ambientes

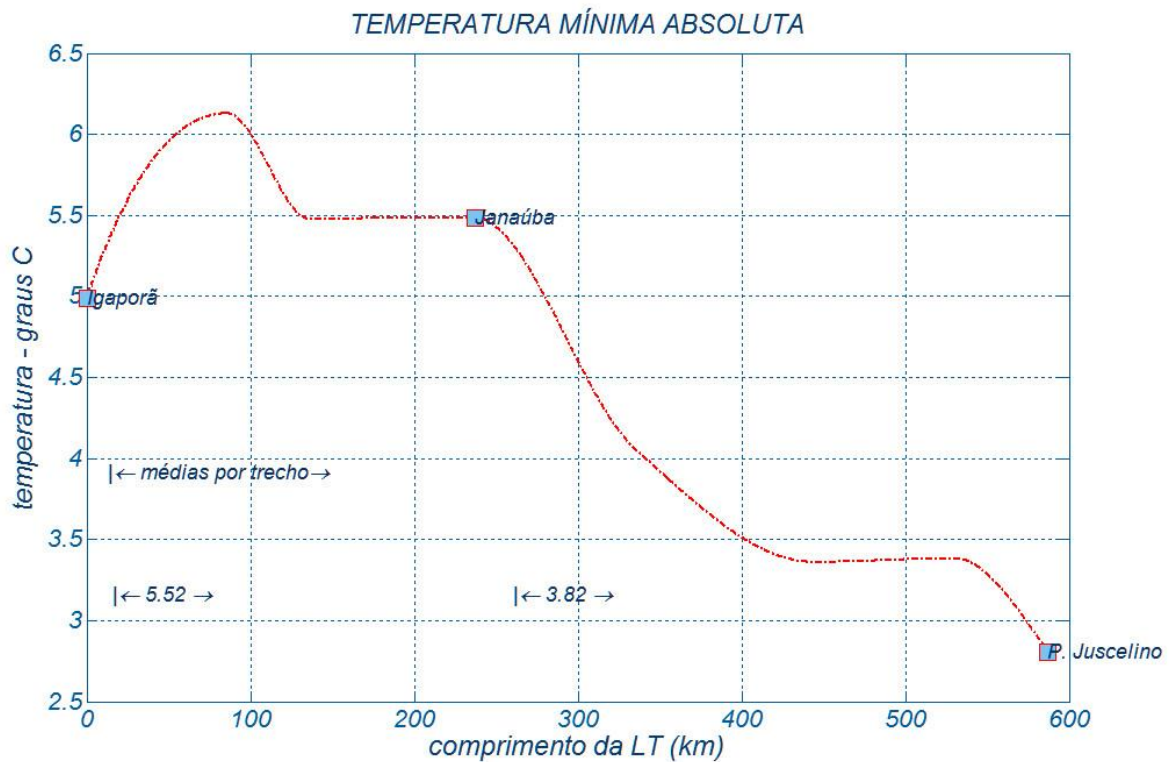
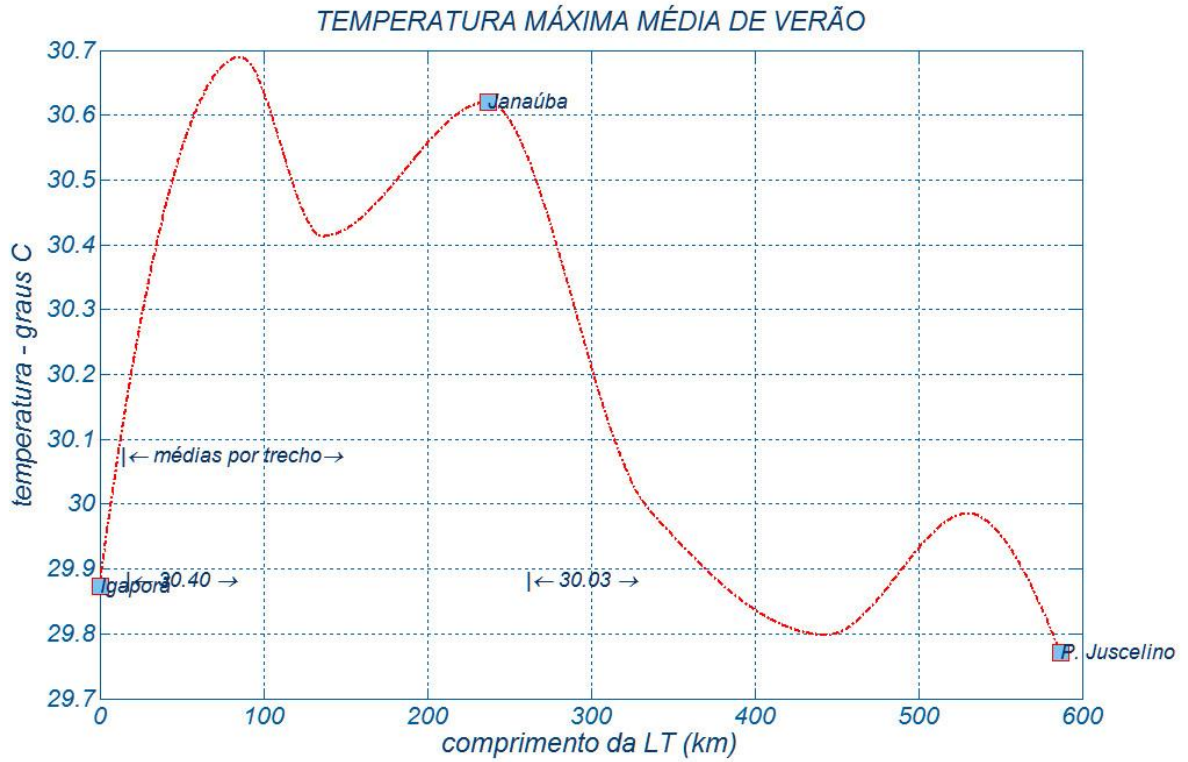




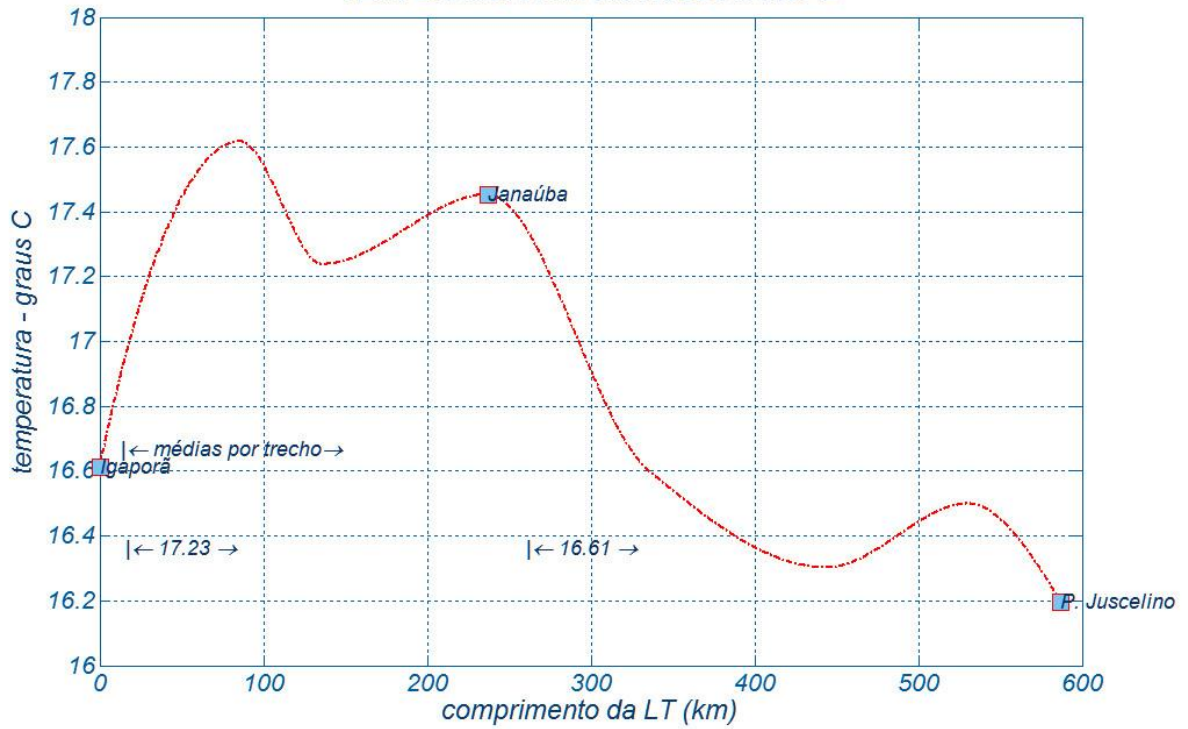




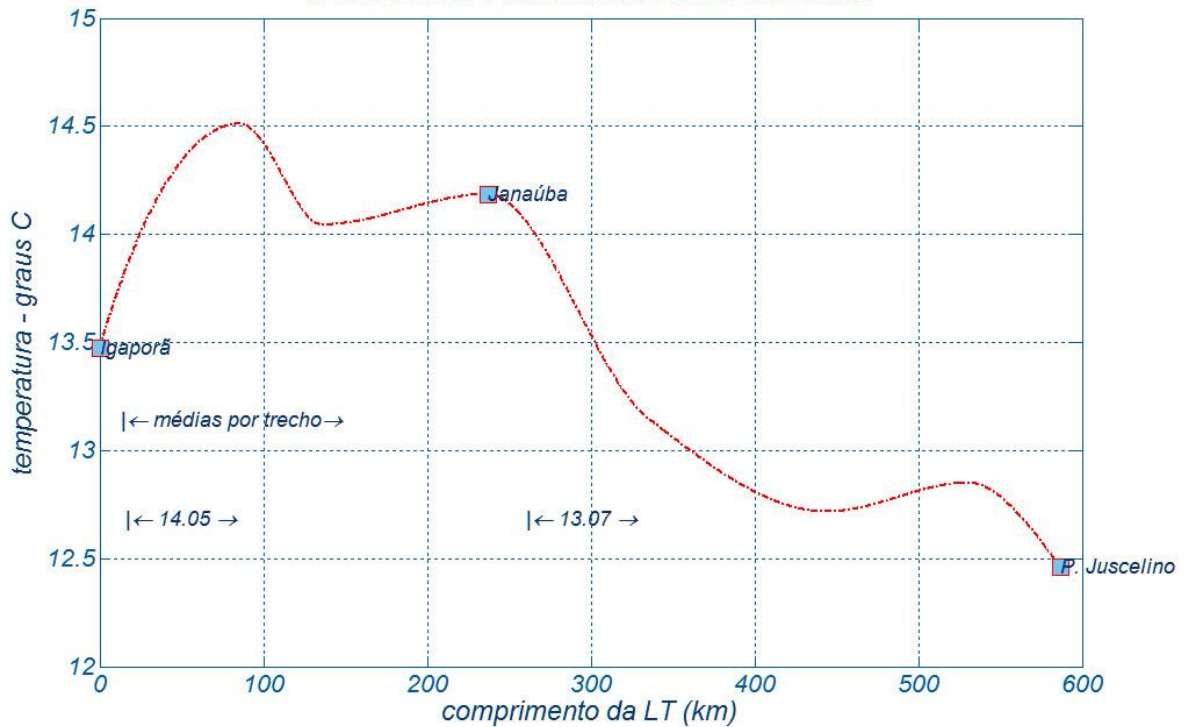




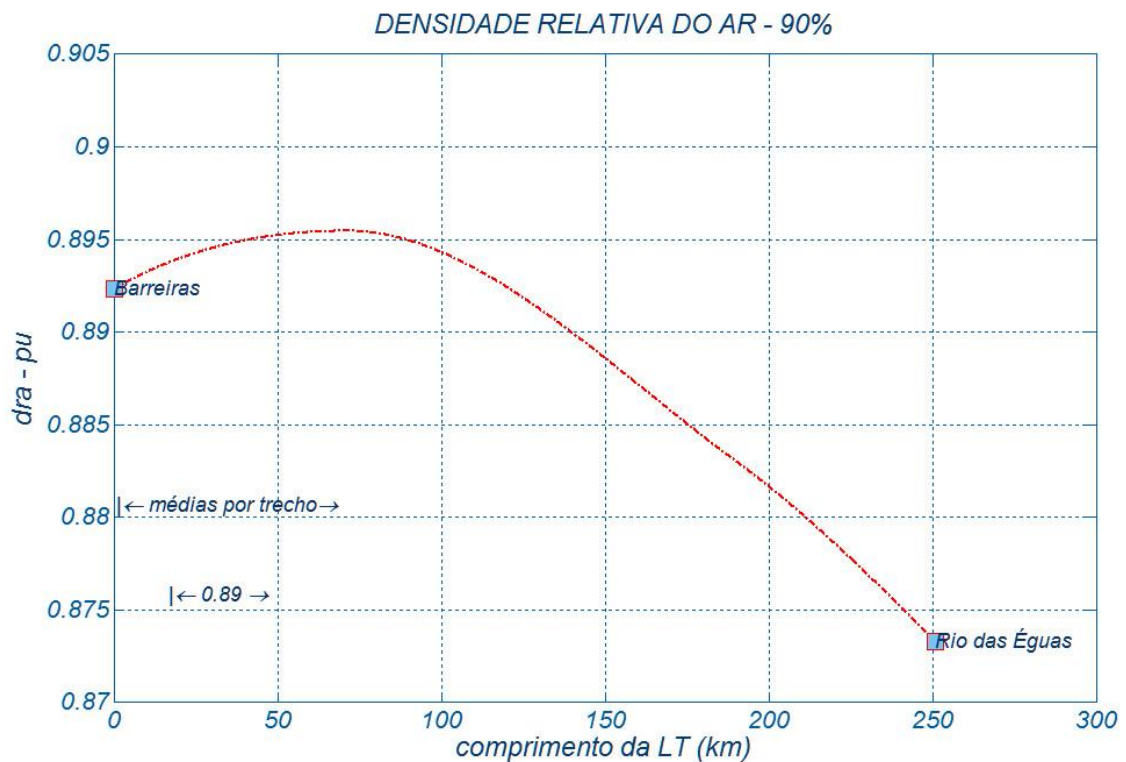
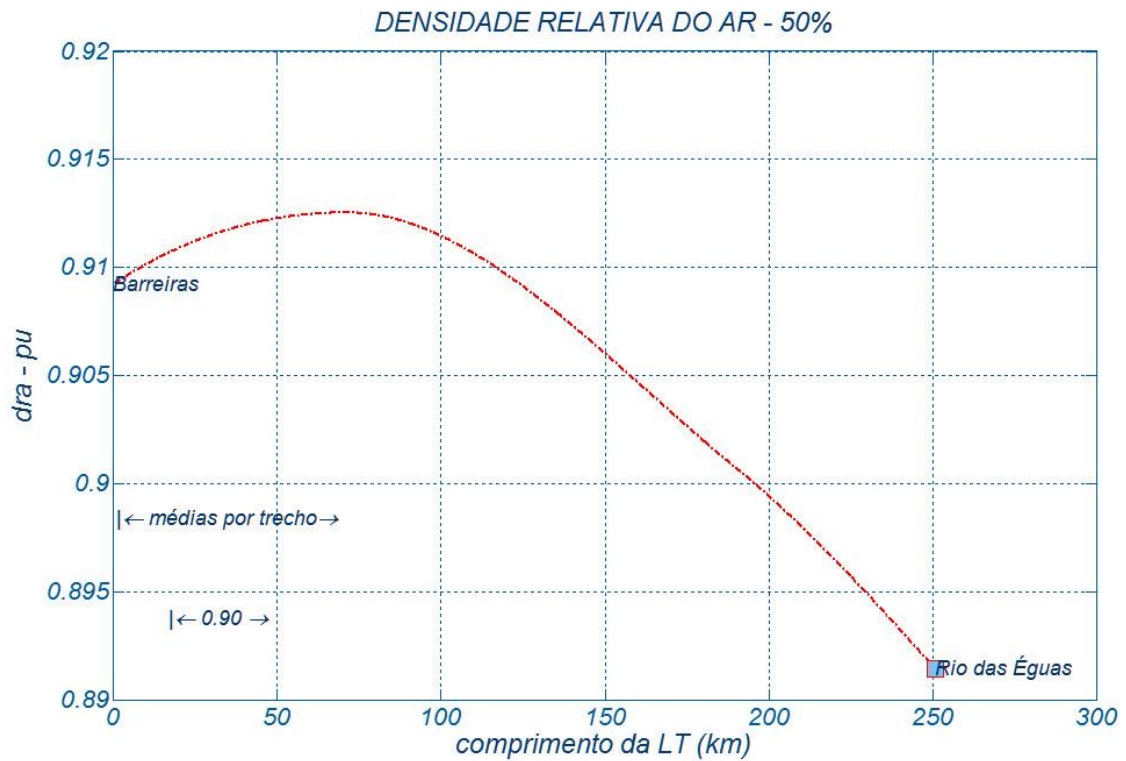
TEMPERATURA MÍNIMA MÉDIA ANUAL

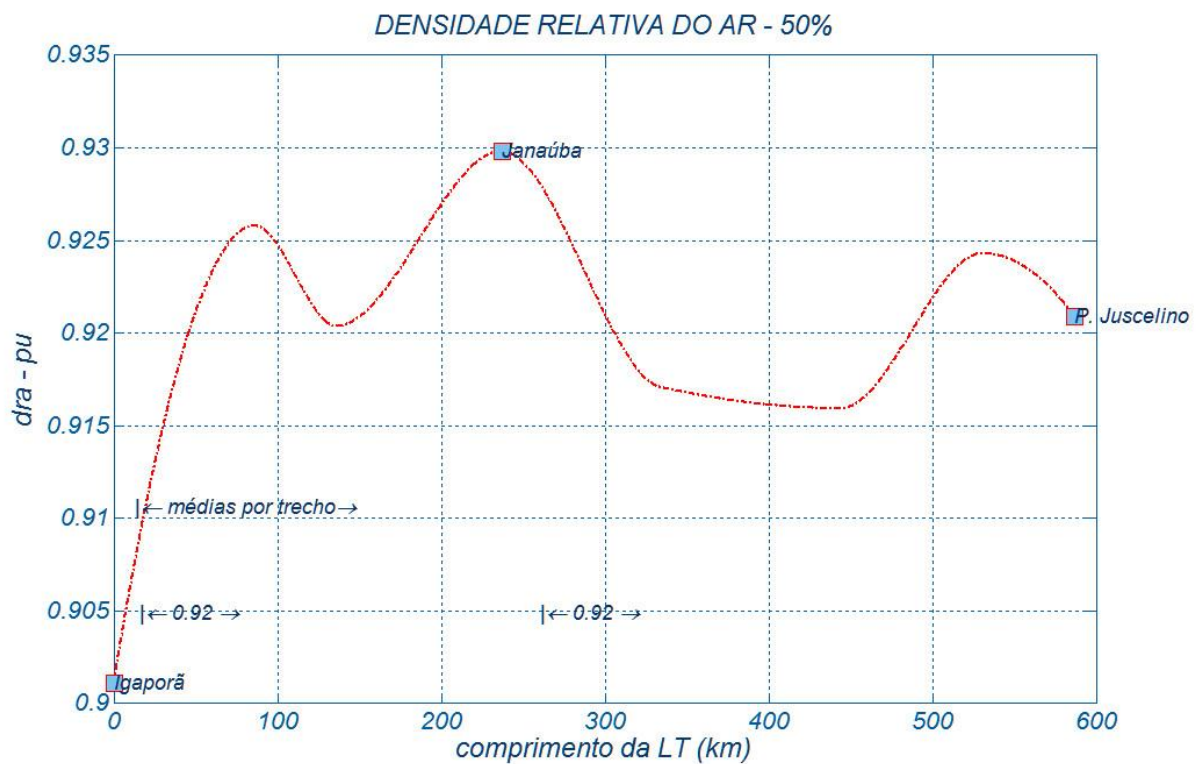
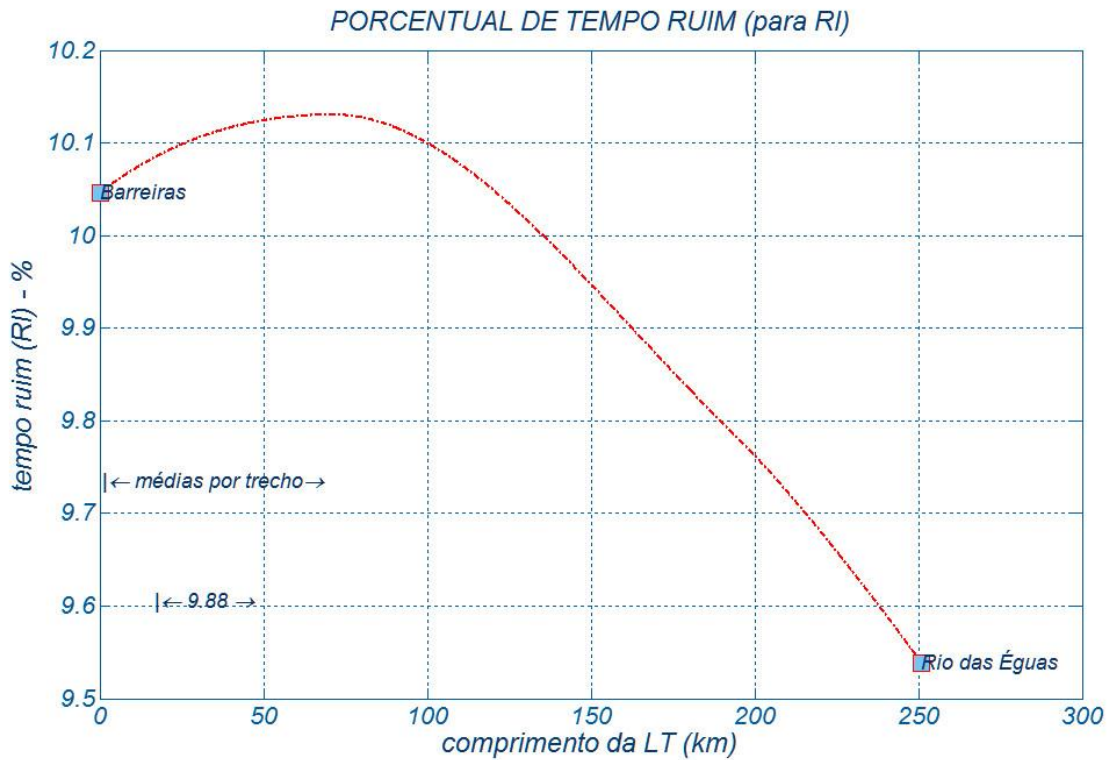


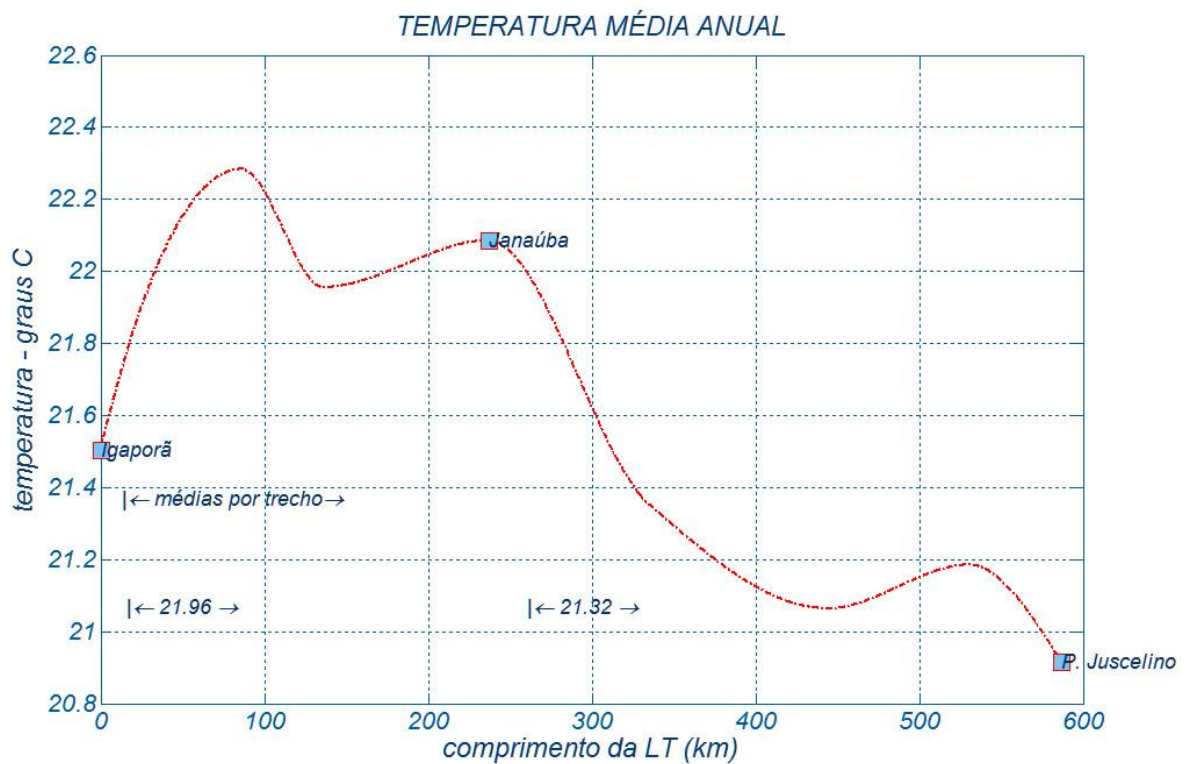
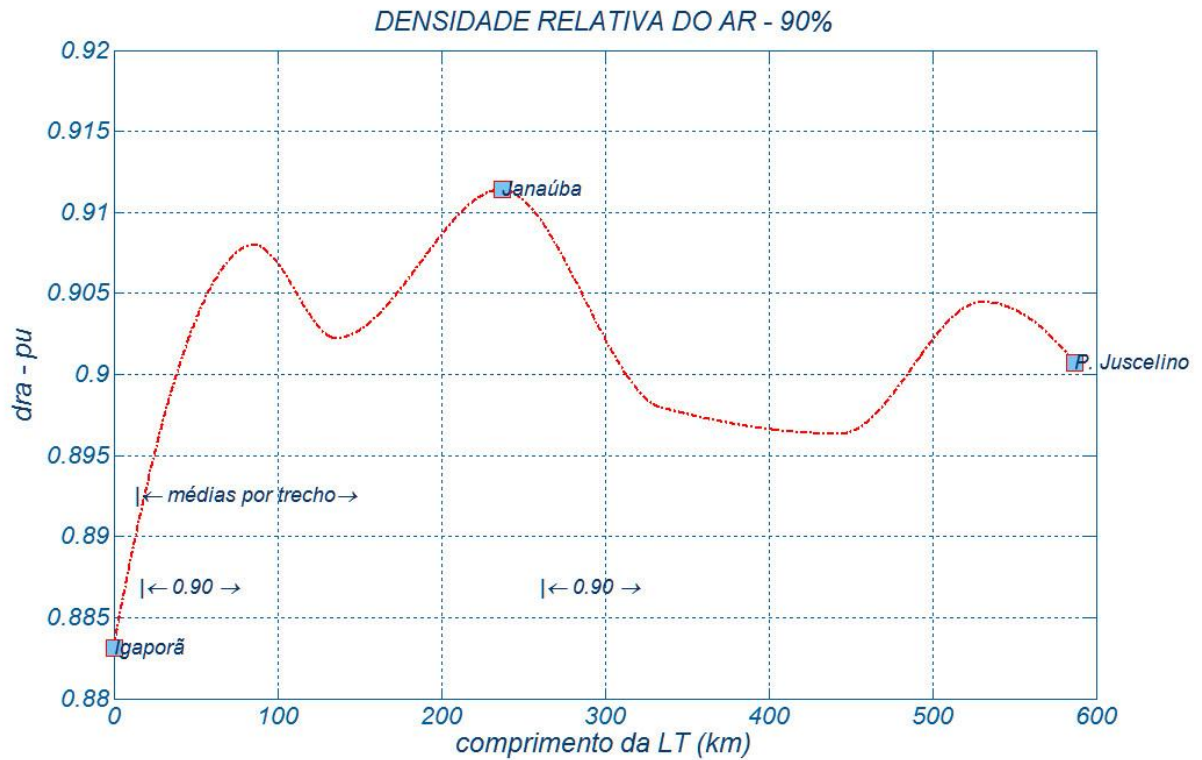
TEMPERATURA MÍNIMA MÉDIA DE INVERNO



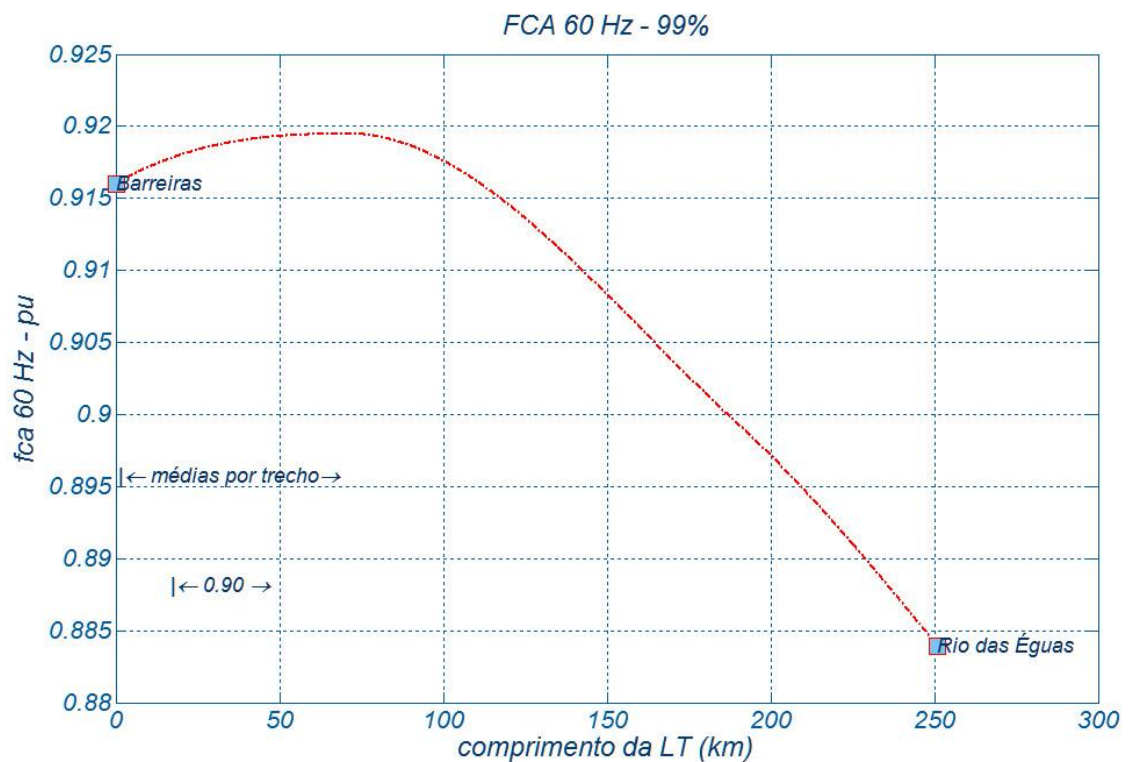
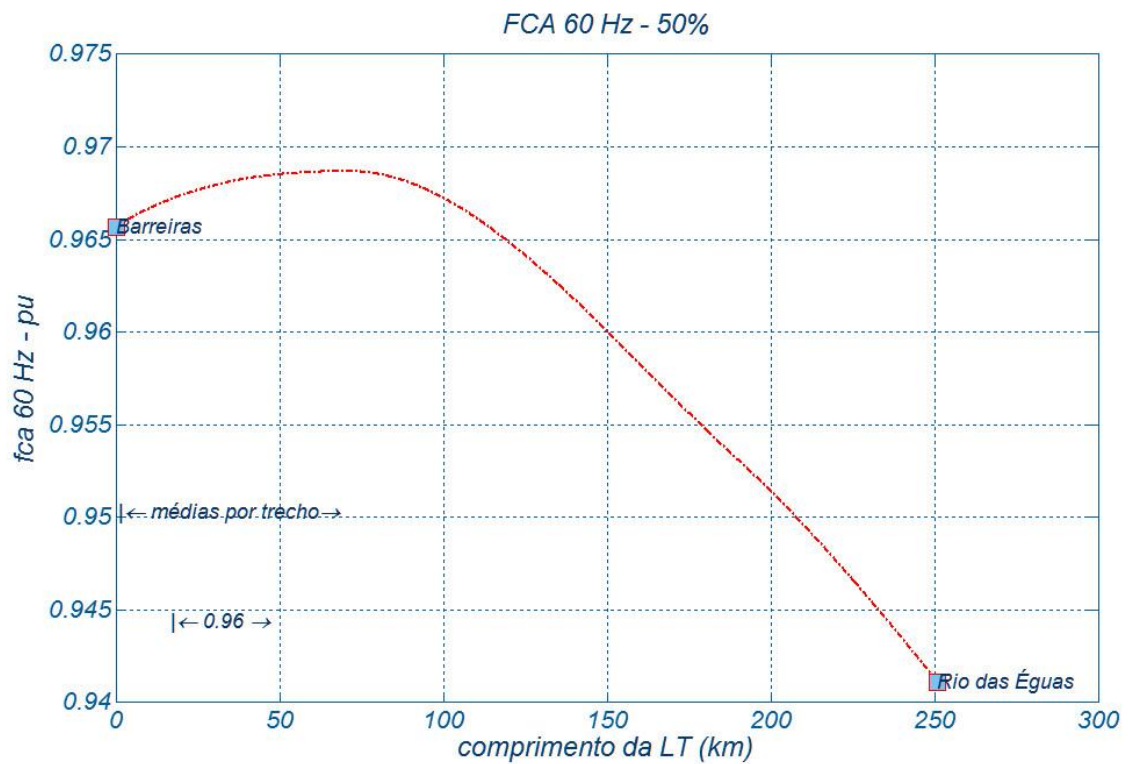
Anexo 6 DRAs e de “tempo - ruim”

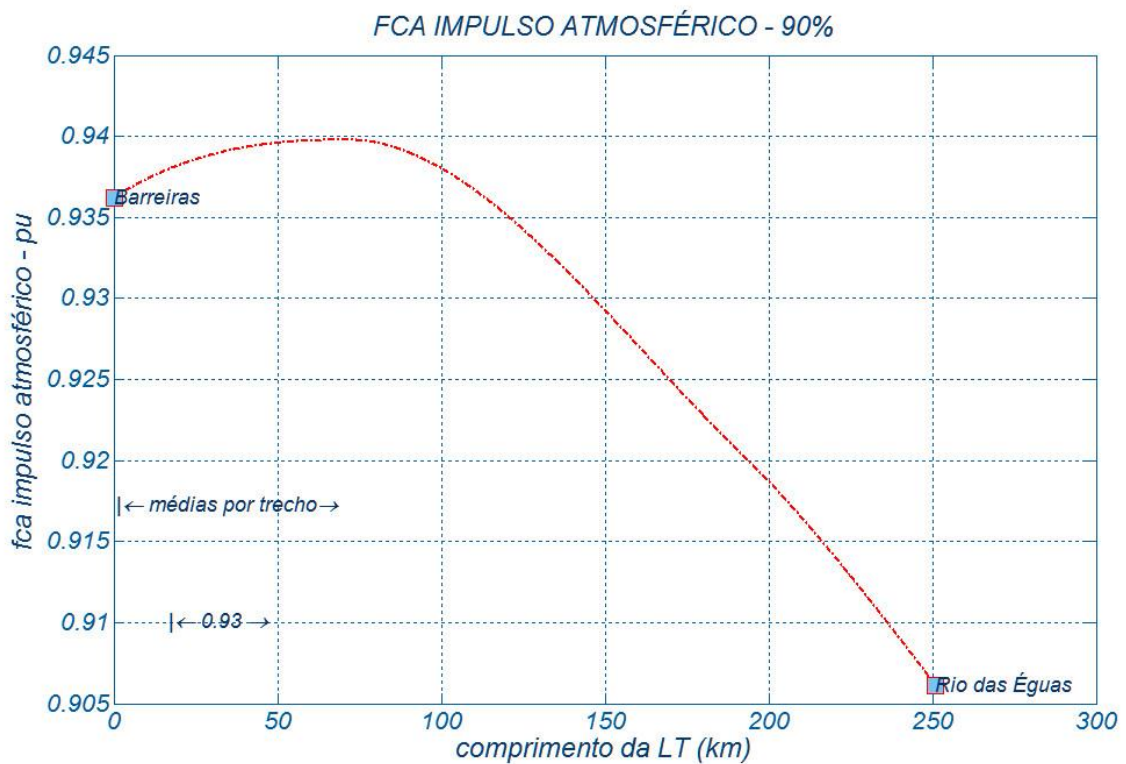
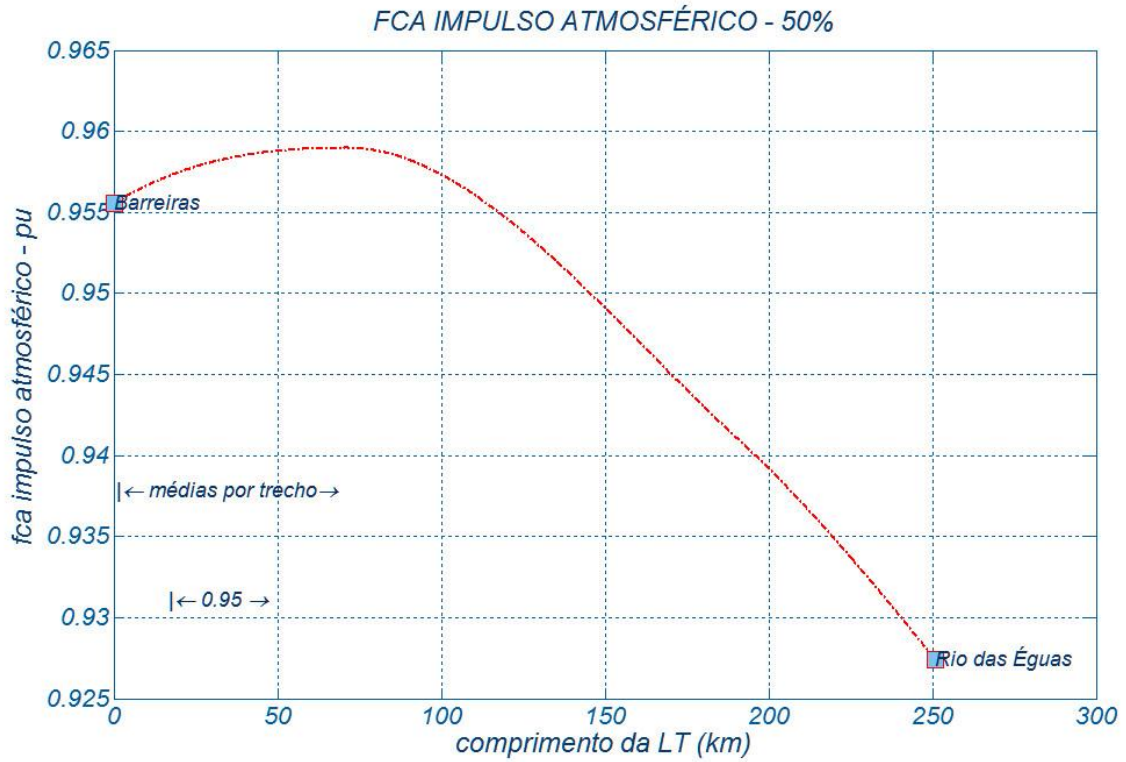


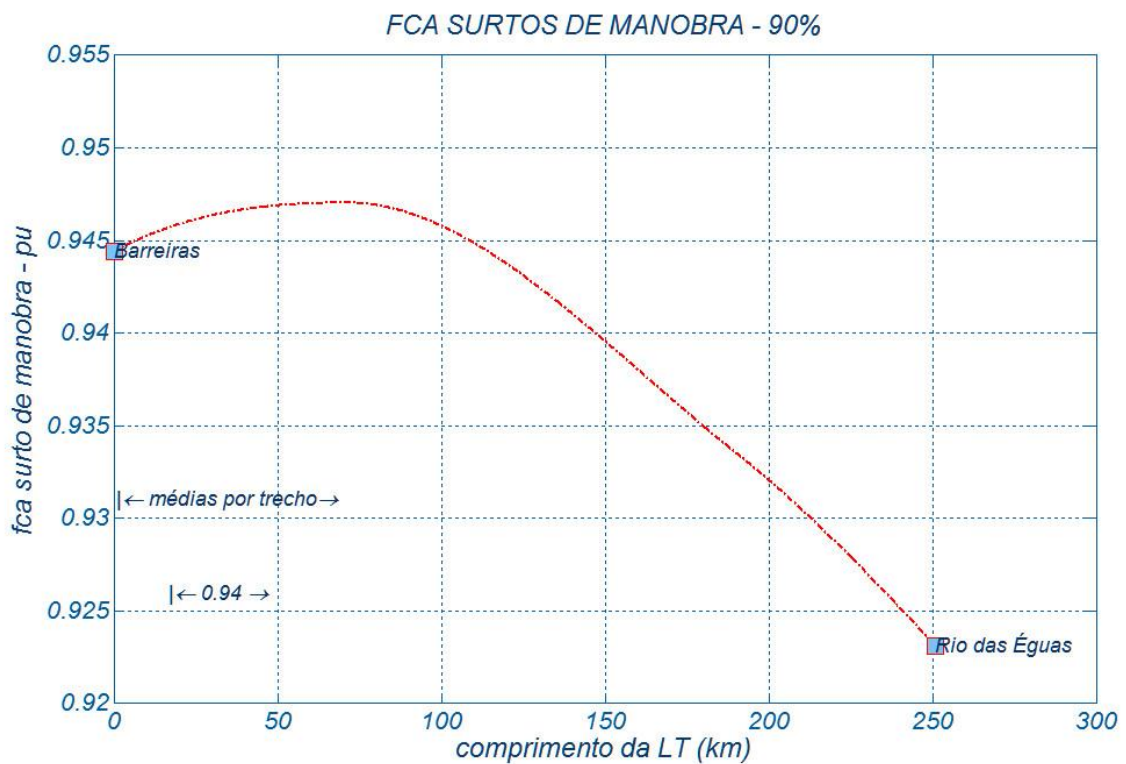
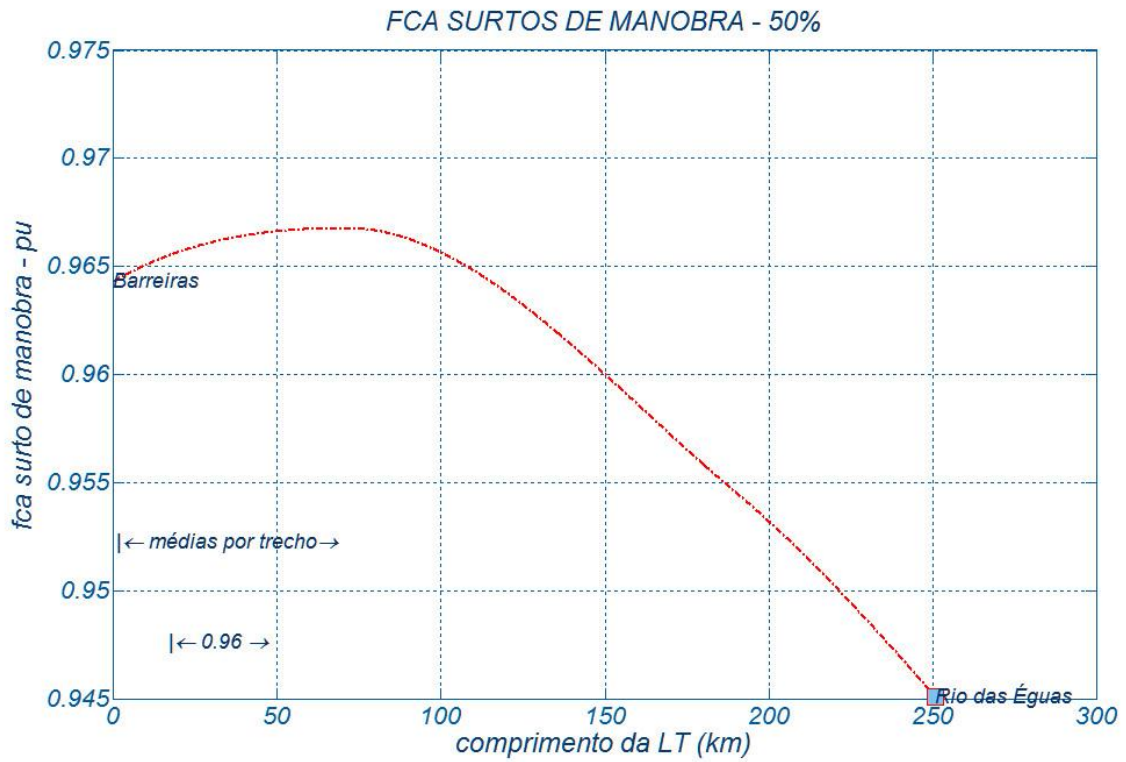


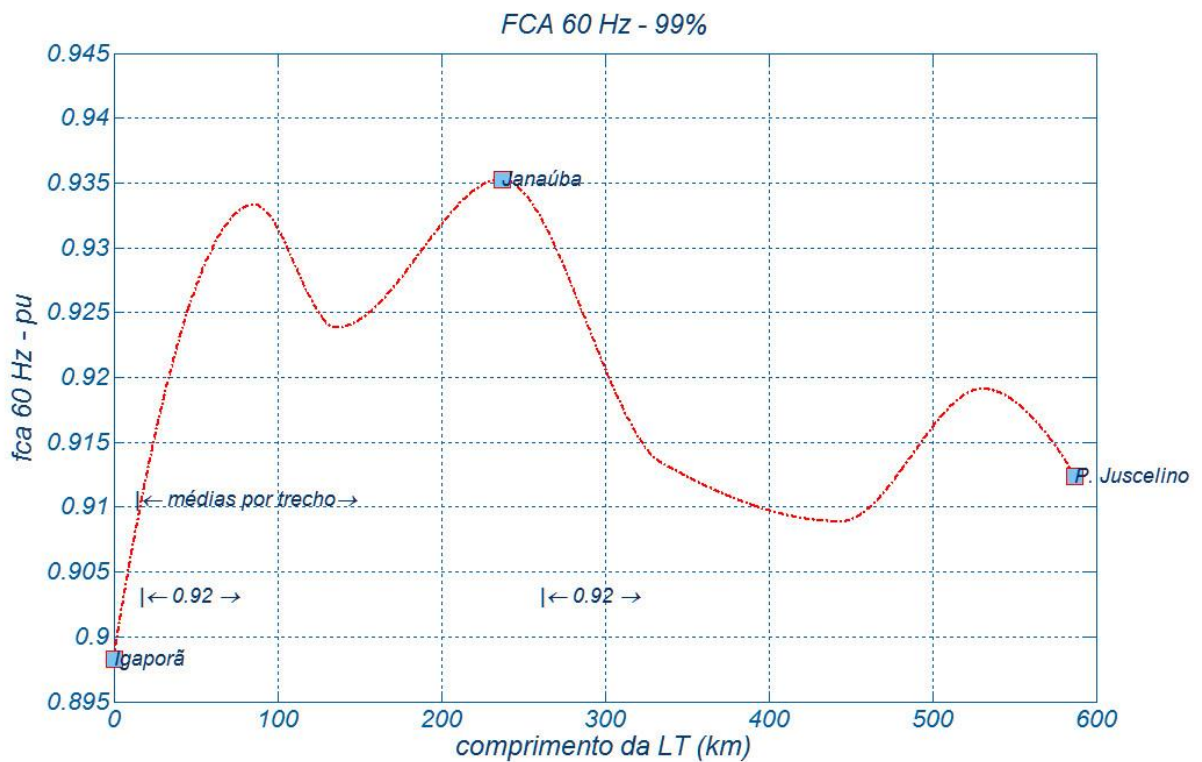
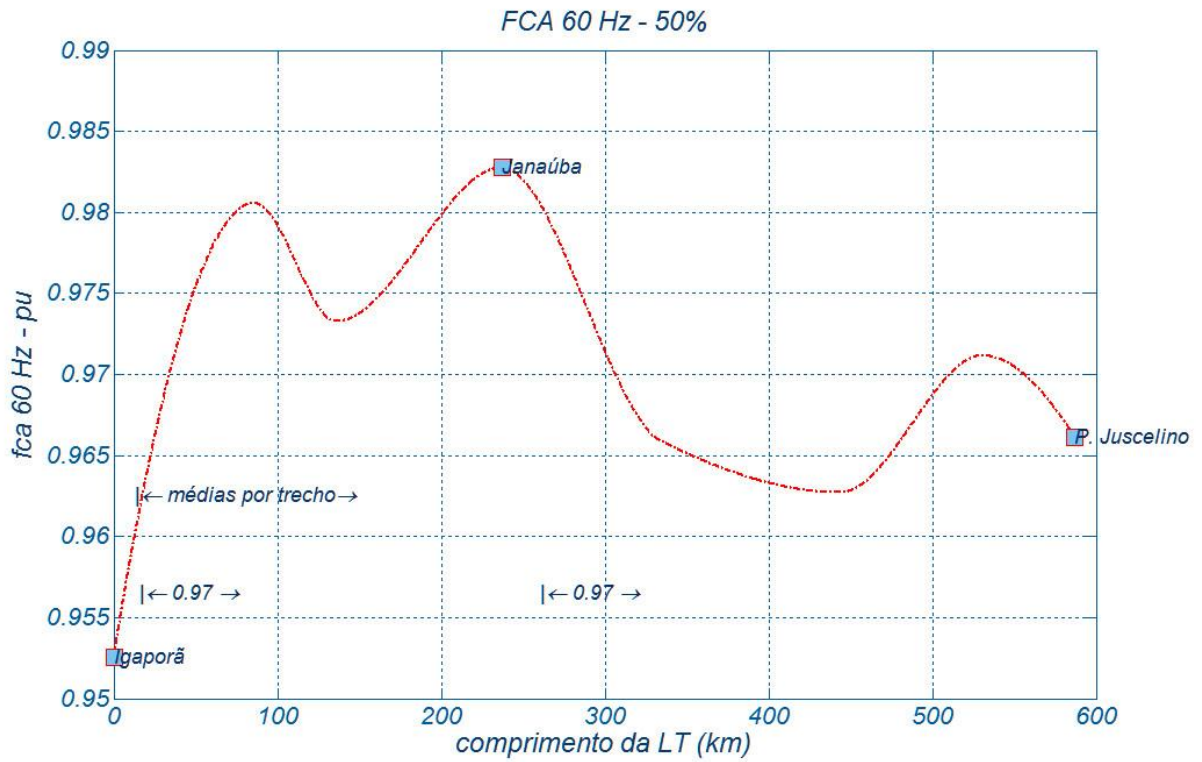


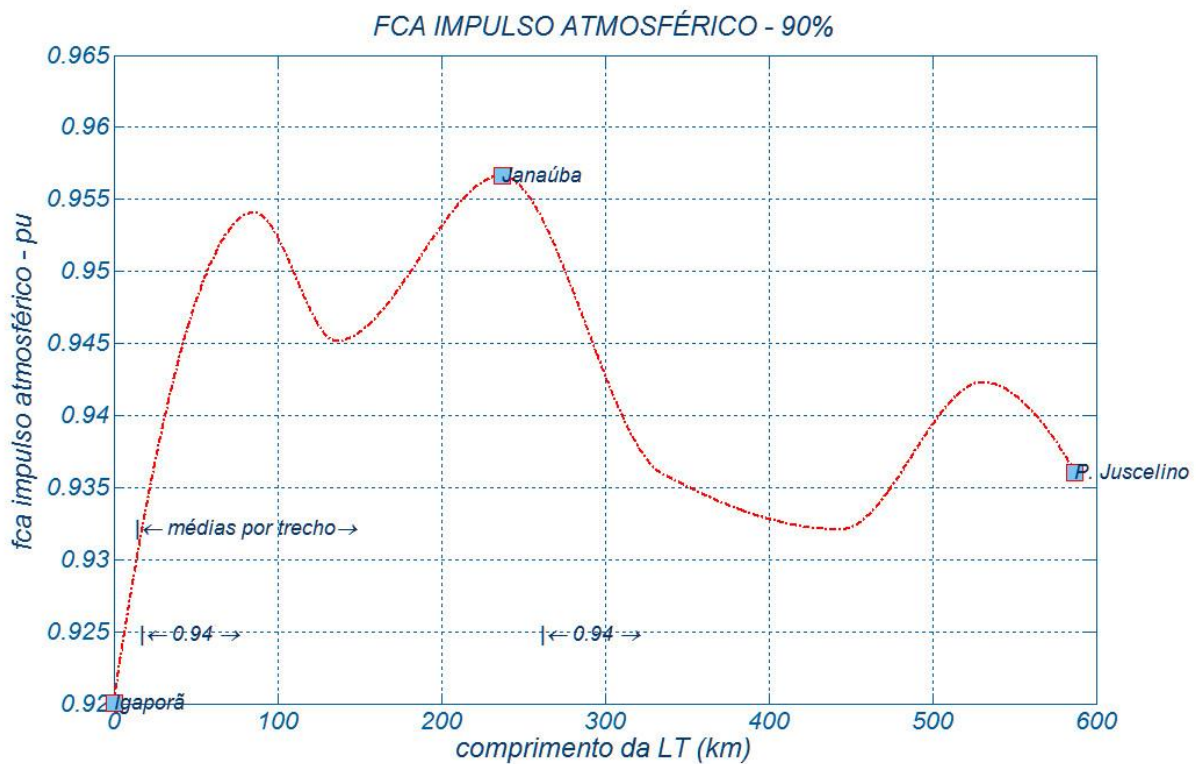
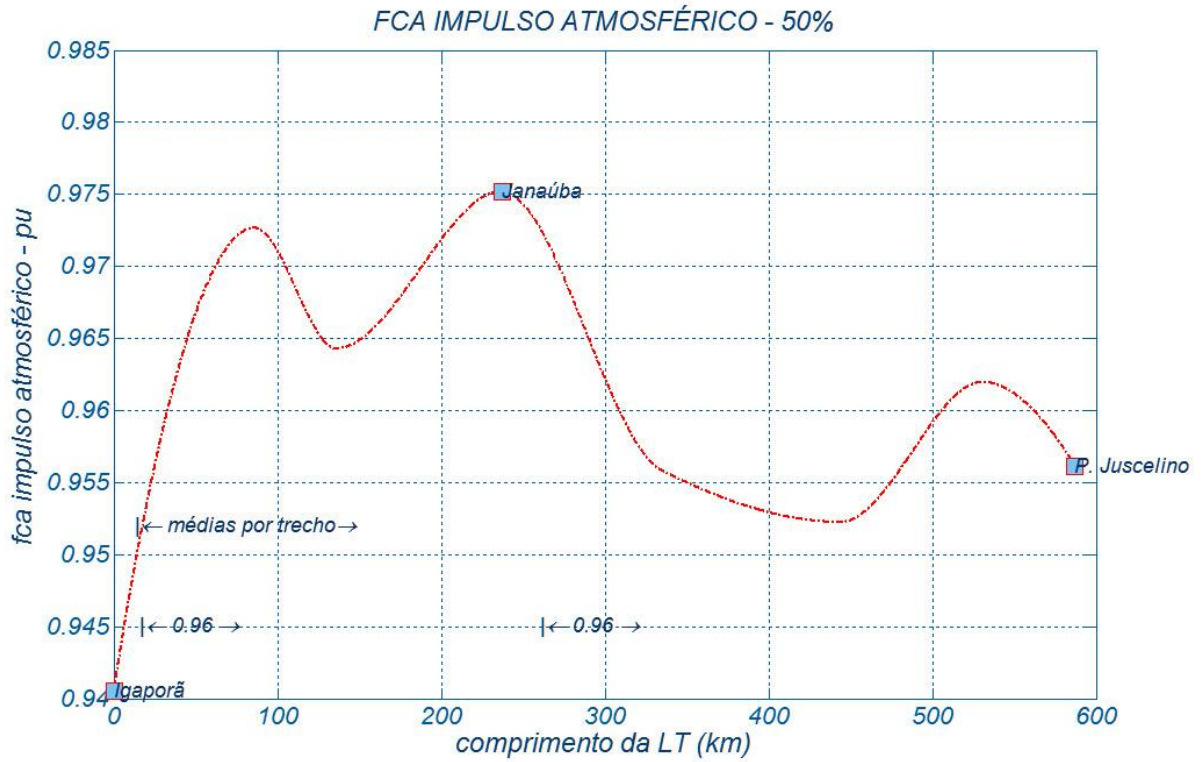
Anexo 7 Fatores de correção atmosféricos

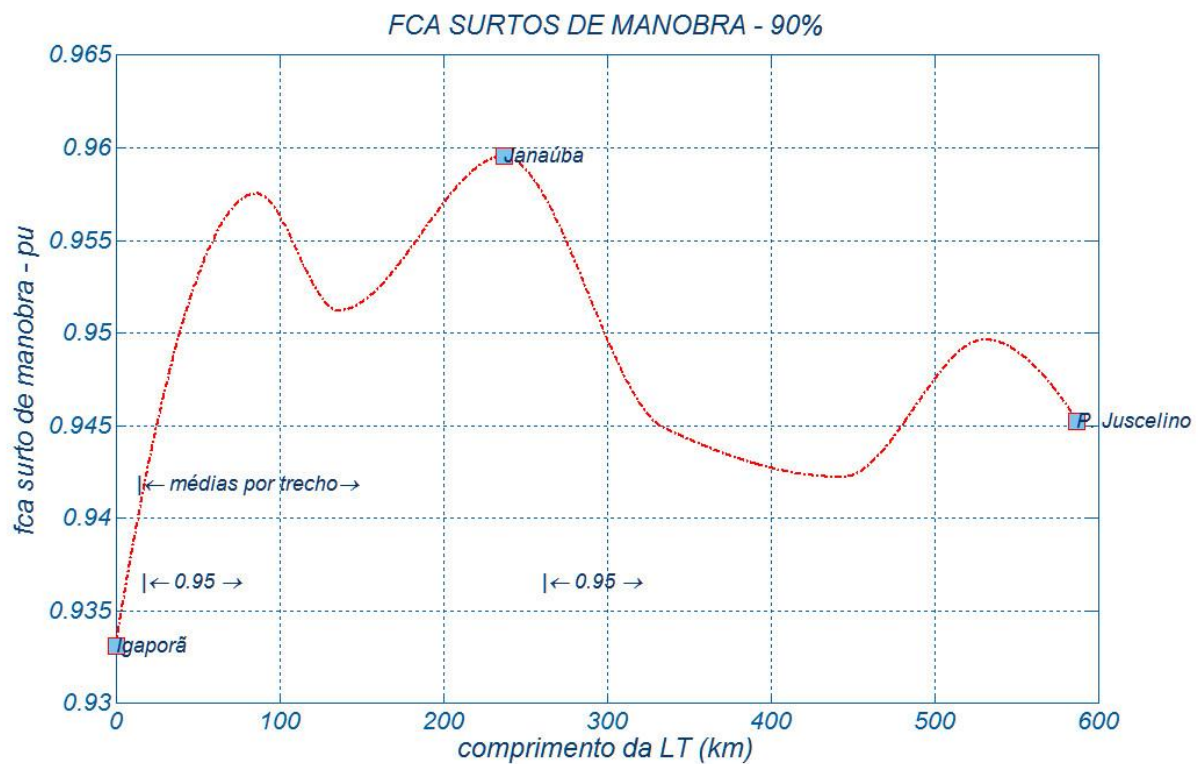
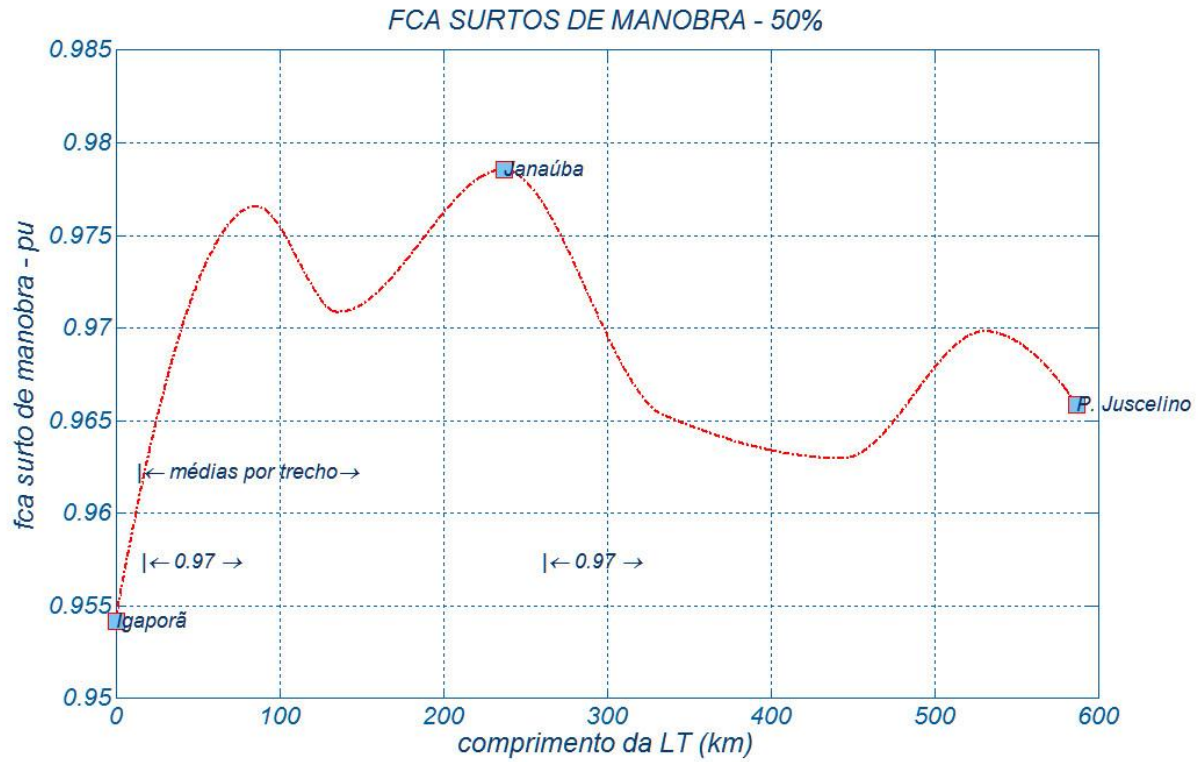




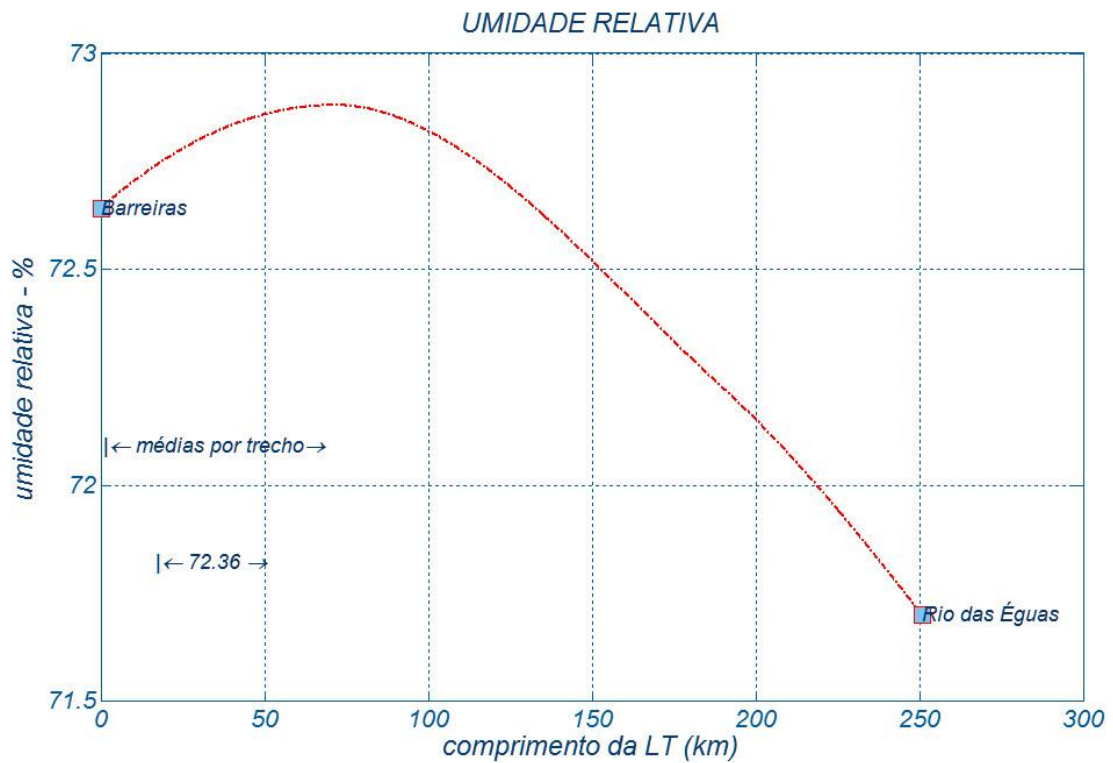
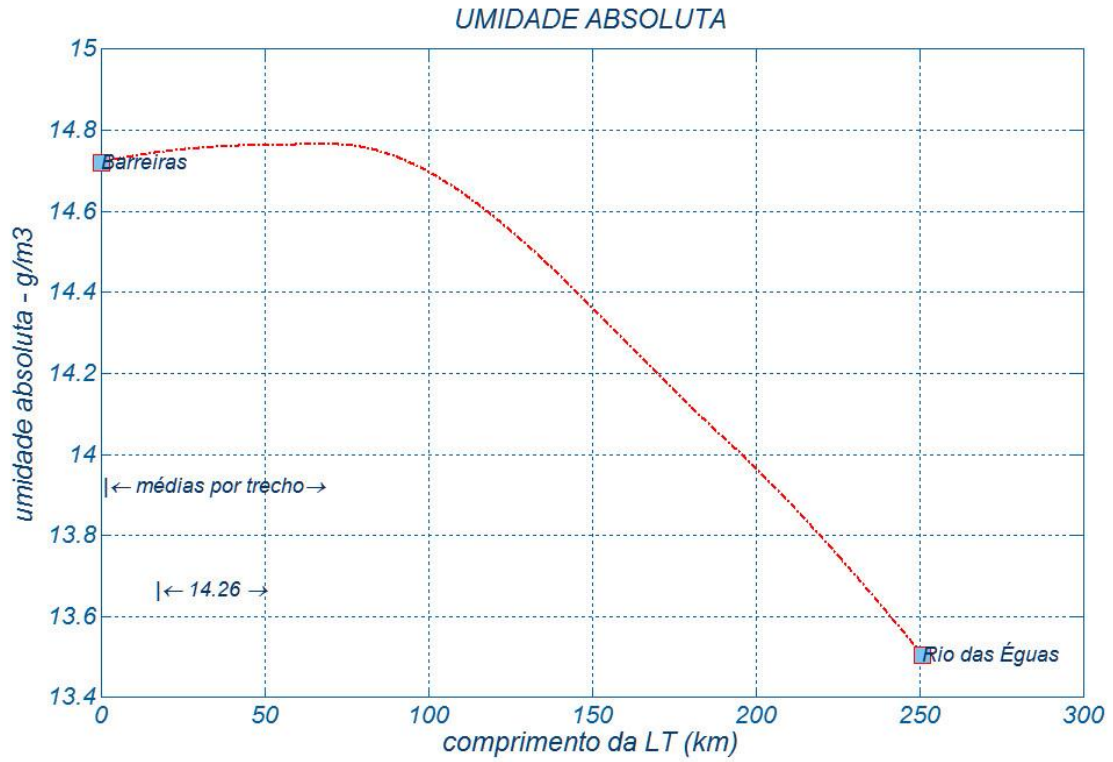


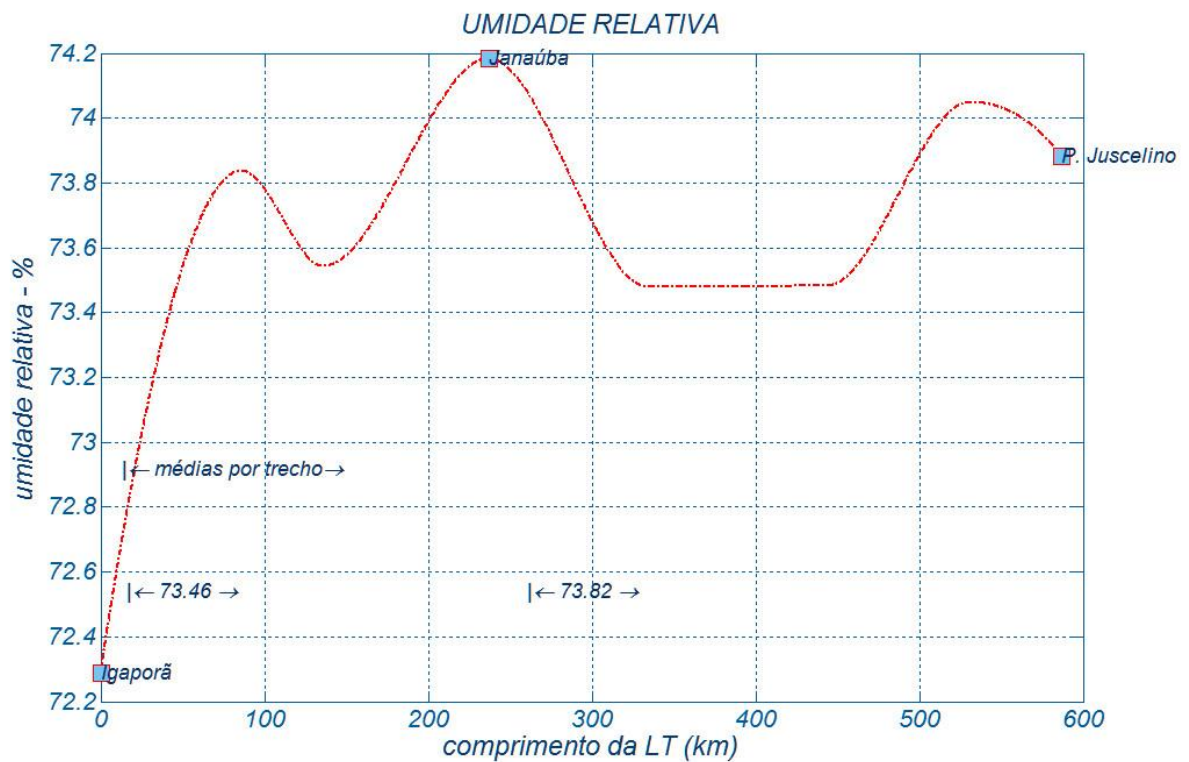
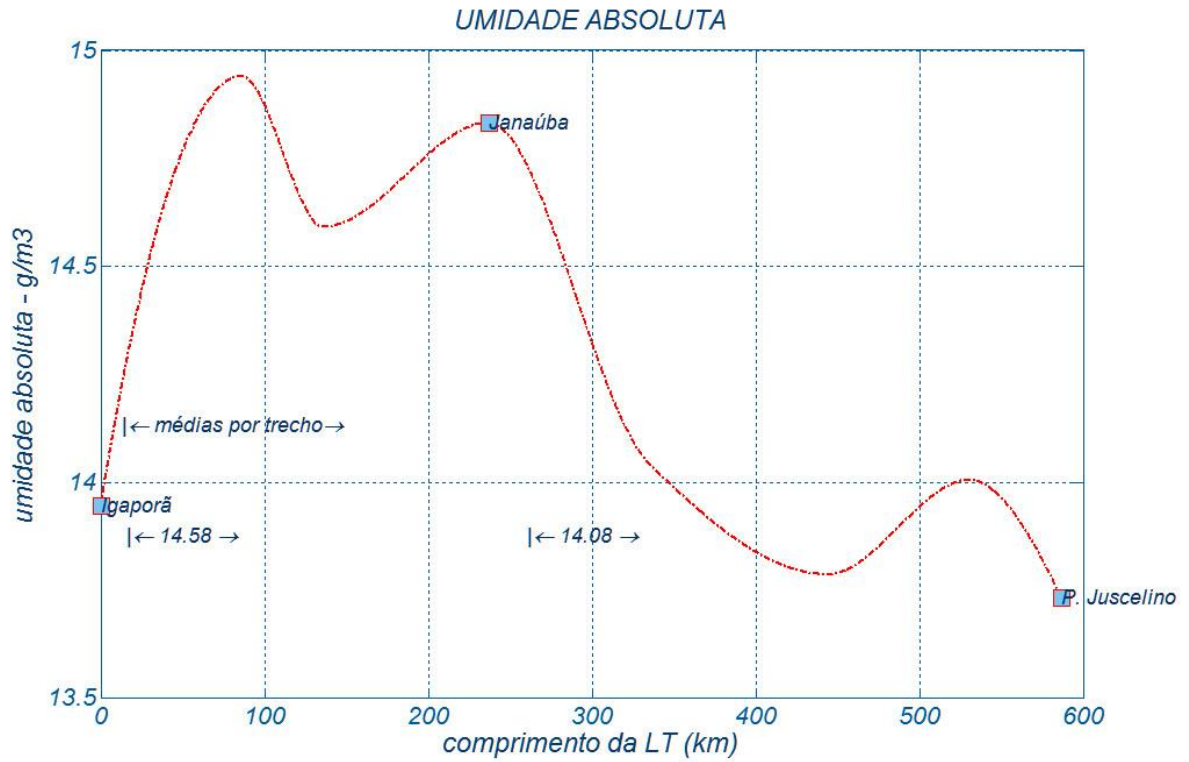






Anexo 8 Umidades do ar





02	15/05/17	Alterado Logotipo da AG	AQ	JCS	
01	04/05/17	Alterada Numeração do Documento	AQ	JCS	
00	22/02/17	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	22/02/17
TÍTULO					
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1 LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1 Lote 14 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL RELATÓRIO DADOS CLIMATOLÓGICOS					
Nº DOCUMENTO			FOLHA	REVISÃO	
RE-EQT4-L400-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 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1, em circuito simples pertencentes ao Lote 14 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.

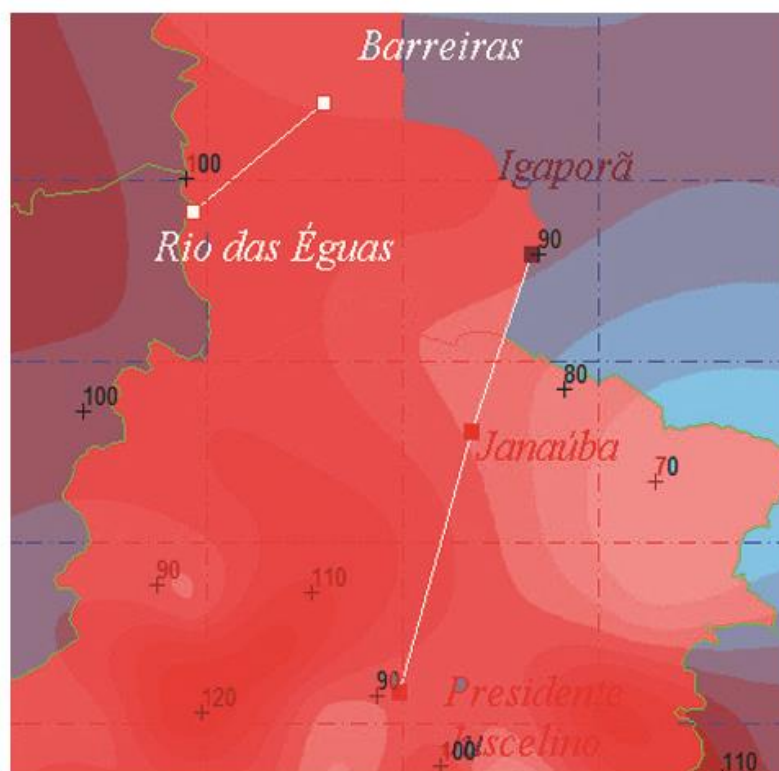
PARÂMETROS CLIMÁTICOS	IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1	JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C1
altitude média - (m)	700	700
temp média – (°C)	22	21
temp mín 50 anual – (°C)	17	17
temp mín 50 inverno – (°C)	14	13
temp mín absoluta – (°C)	5	4
temp máx 50 anual – (°C)	28	28
temp máx 50 verão – (°C)	30	30
temp máx abs – (°C)	39	39
pressão média – (mbar)	940	940
DRA 50% – (pu)	0.91	0.92
DRA 90% – (pu)	0.89	0.90
DRA médio 90% – (pu)	0.90	0.90
FCA _{60 Hz} 50% – (pu)	0.96	0.97
FCA _{60 Hz} 99% – (pu)	0.91	0.92
FCA _{man} 50% – (pu)	0.96	0.97
FCA _{man} 90% – (pu)	0.94	0.95
FCA _{atm} 50% – (pu)	0.95	0.96
FCA _{atm} 90% – (pu)	0.93	0.94
umi rel (U _{rel}) – (%)	73	74
umi abs (U _{abs}) - (g/m ³)	15	14
tempo ruim - (%)	10	10
Nivel Ceraunico (mapa ONS)	50	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 cerânicos	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

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

<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.

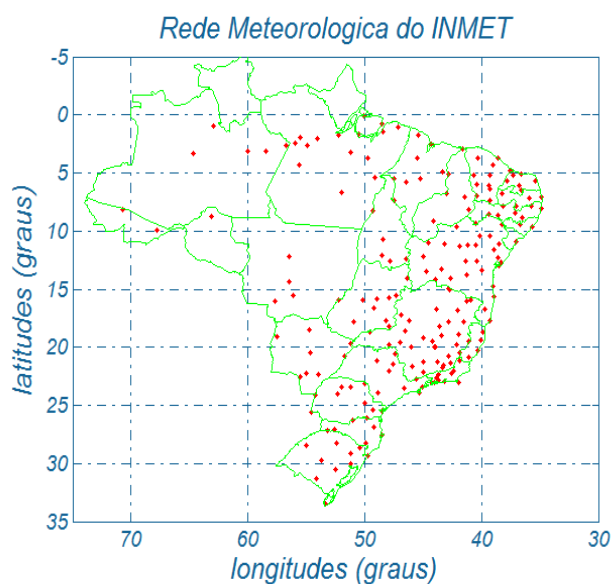


Figura 3.1 - Distribuição espacial das estações meteorológicas do INMET

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

$$T_{med} = \frac{T_{12} + 2 \cdot T_{24} + T_{máx} + T_{mín}}{5}$$

T_{med} - temperatura média diária

$T_{máx}$ - temperatura máxima diária

$T_{mín}$ - 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, gapes 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} .

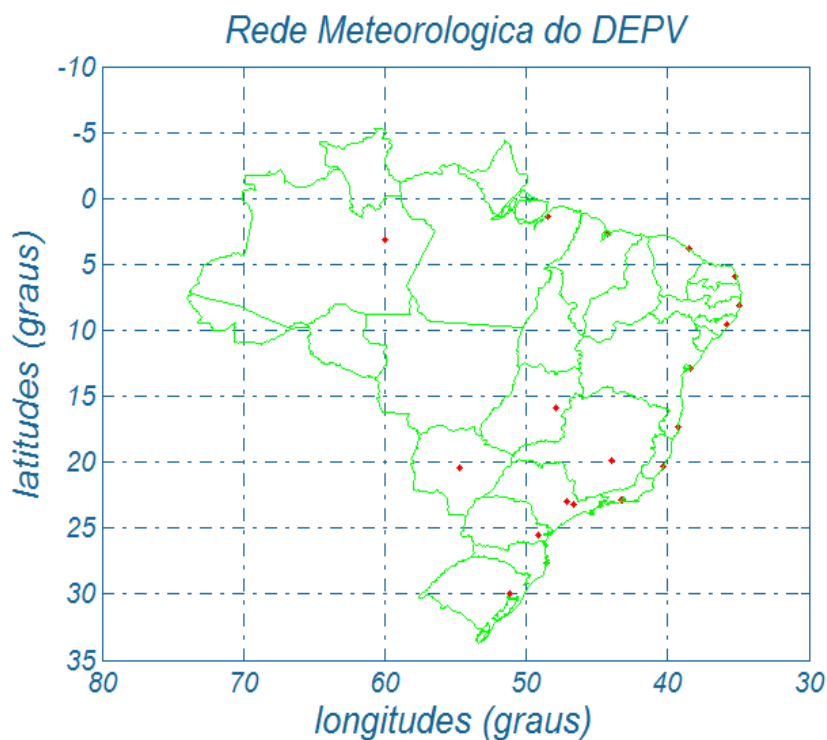


Figura 4.2.1 - Rede do DEPV, com as 20 estações da modelagem de [7]

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

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:

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

CV_{DRA} coeficiente de variação da distribuição da DRA (%)
 $CV_{FCA_{60Hz}}$ 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

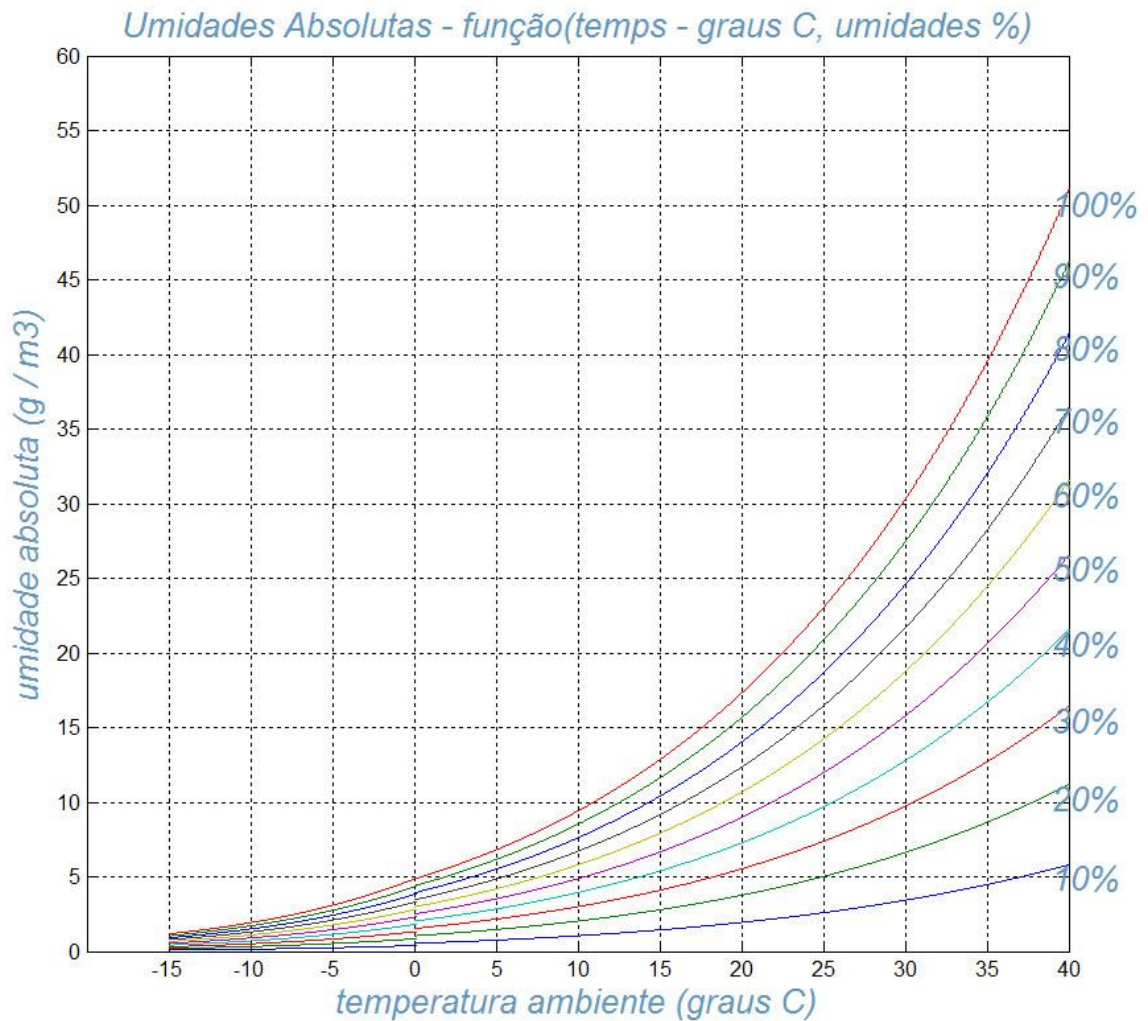


Figura 1.1 - Umidade absoluta do ar em função das leituras dos termômetros de bulbo seco e úmido

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.

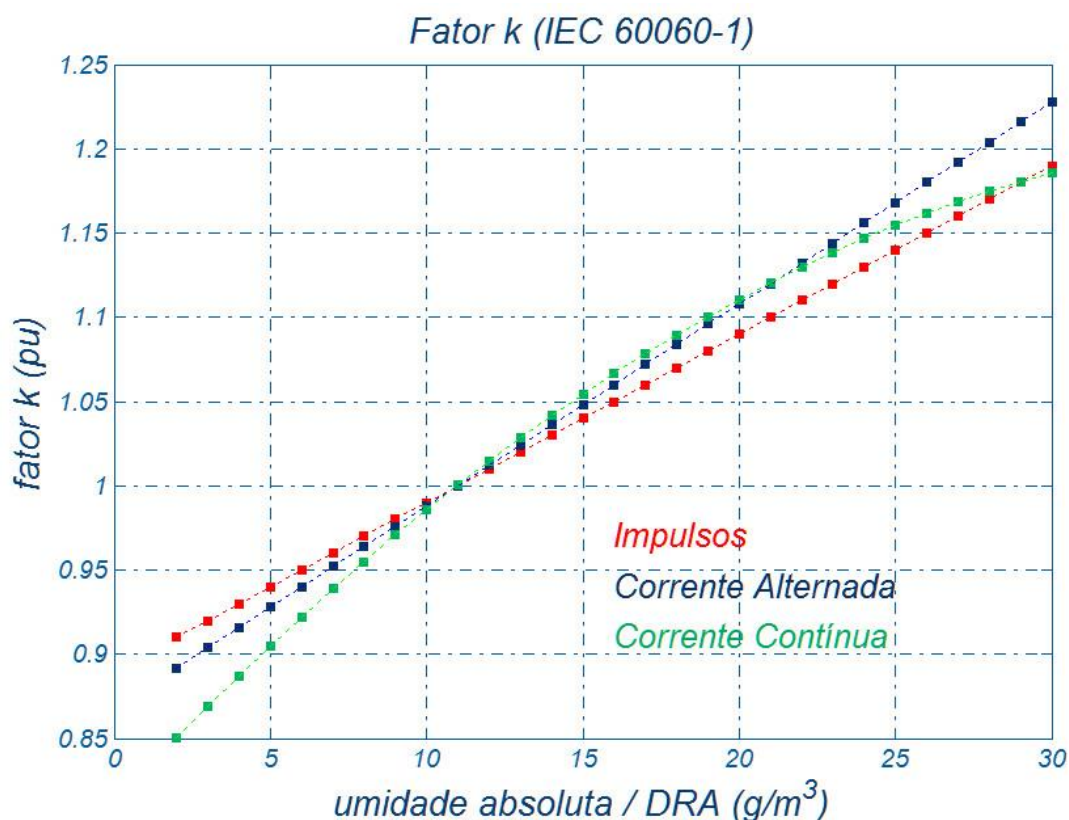


Figura 1.2 - Determinação do fator k em função de h / δ (g / m³) e do tipo de tensão (60 Hz, impulso ou CC)

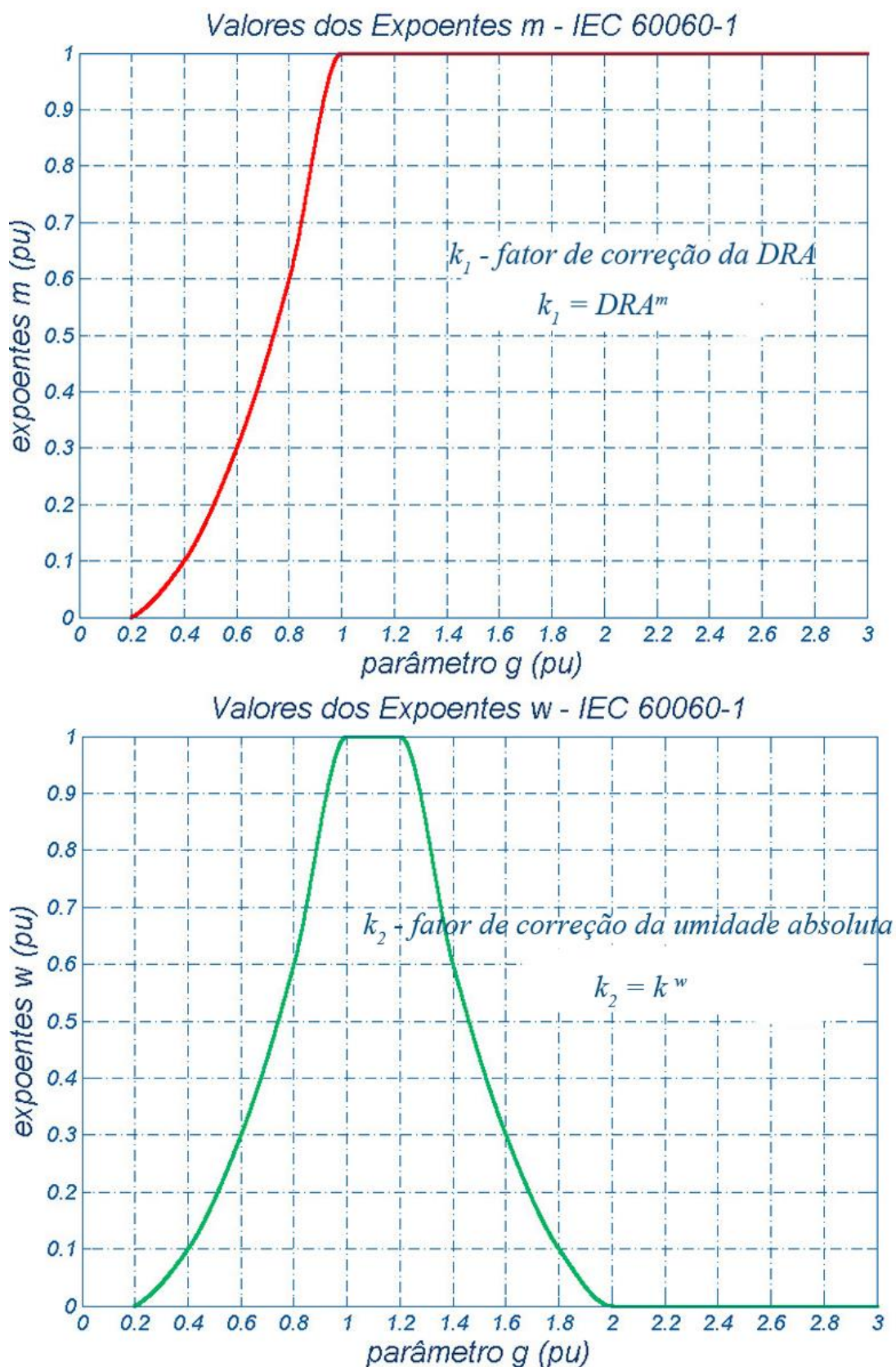


Figura 1.3 - Valores dos expoentes m para a DRA (superior) e w para a correção da umidade absoluta do ar (inferior), em função do parâmetro g

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>

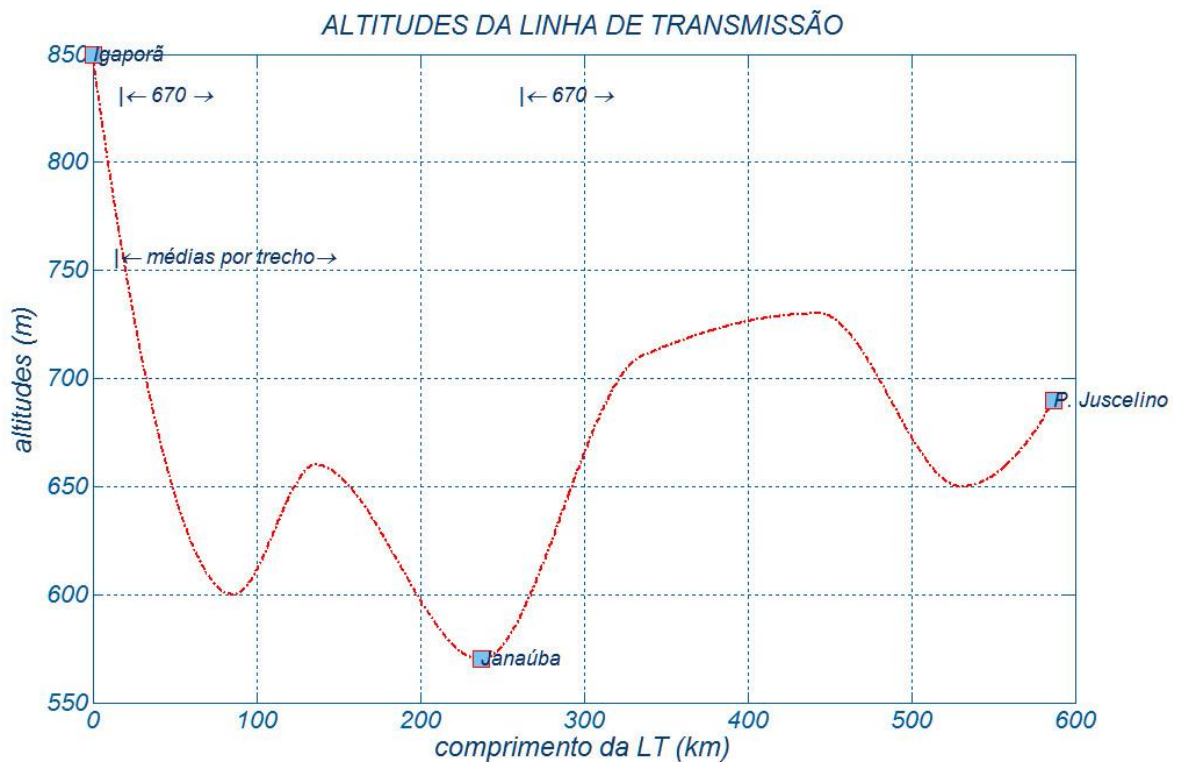
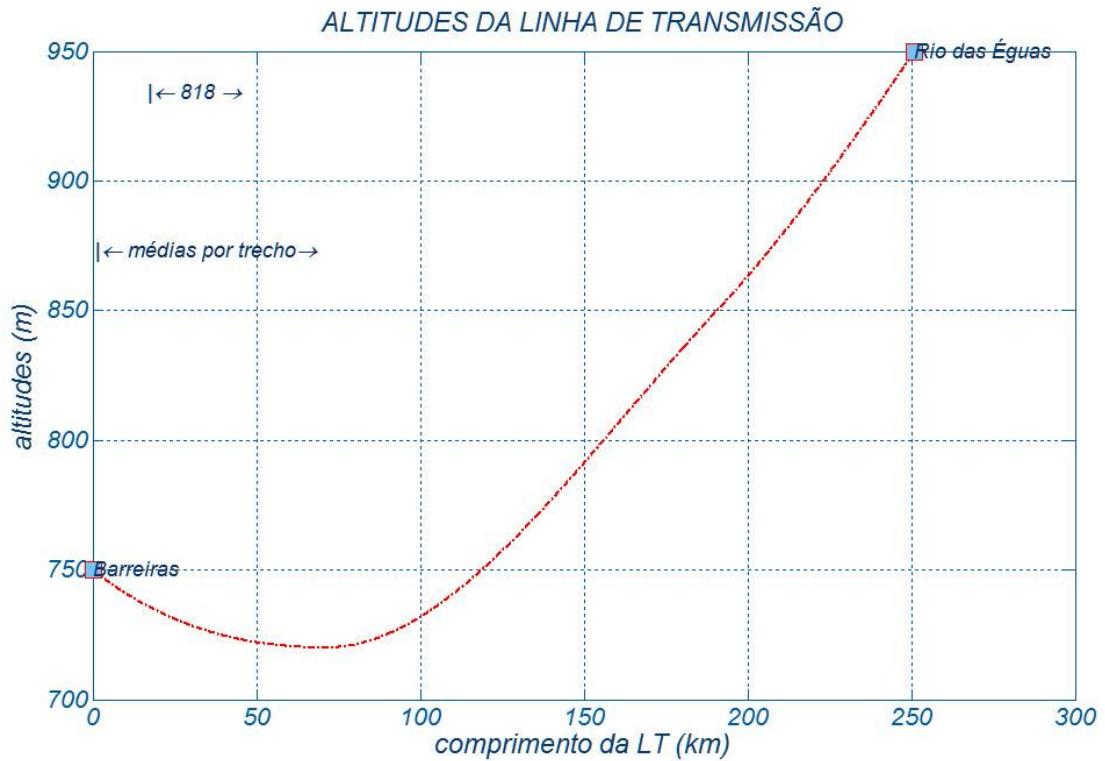
Tabela 2 - Características das estações meteorológicas(cont)

<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>

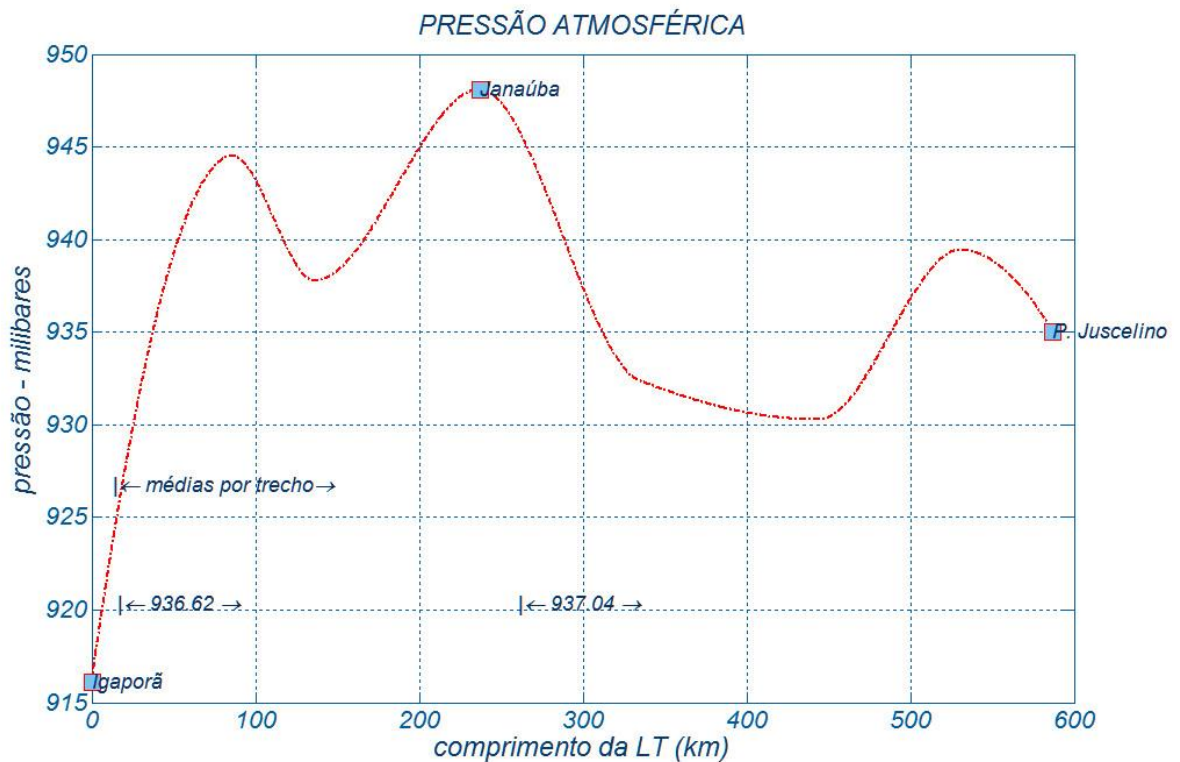
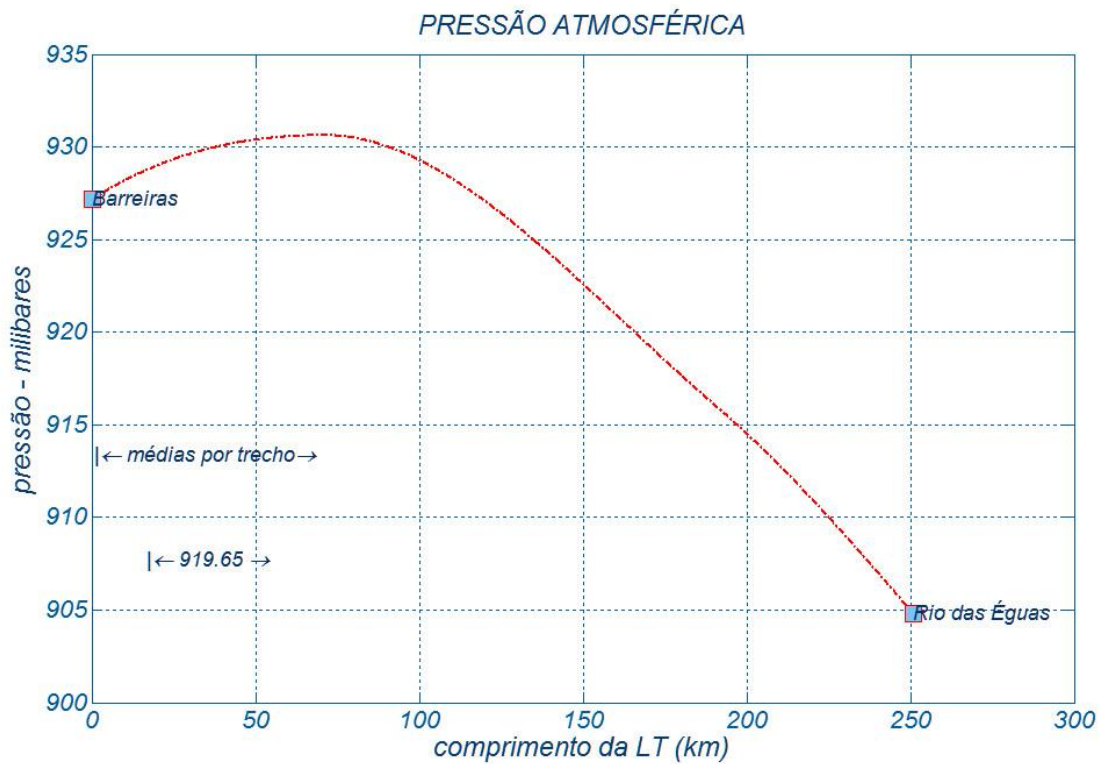
Tabela 2 - Características das estações meteorológicas(cont)

<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>

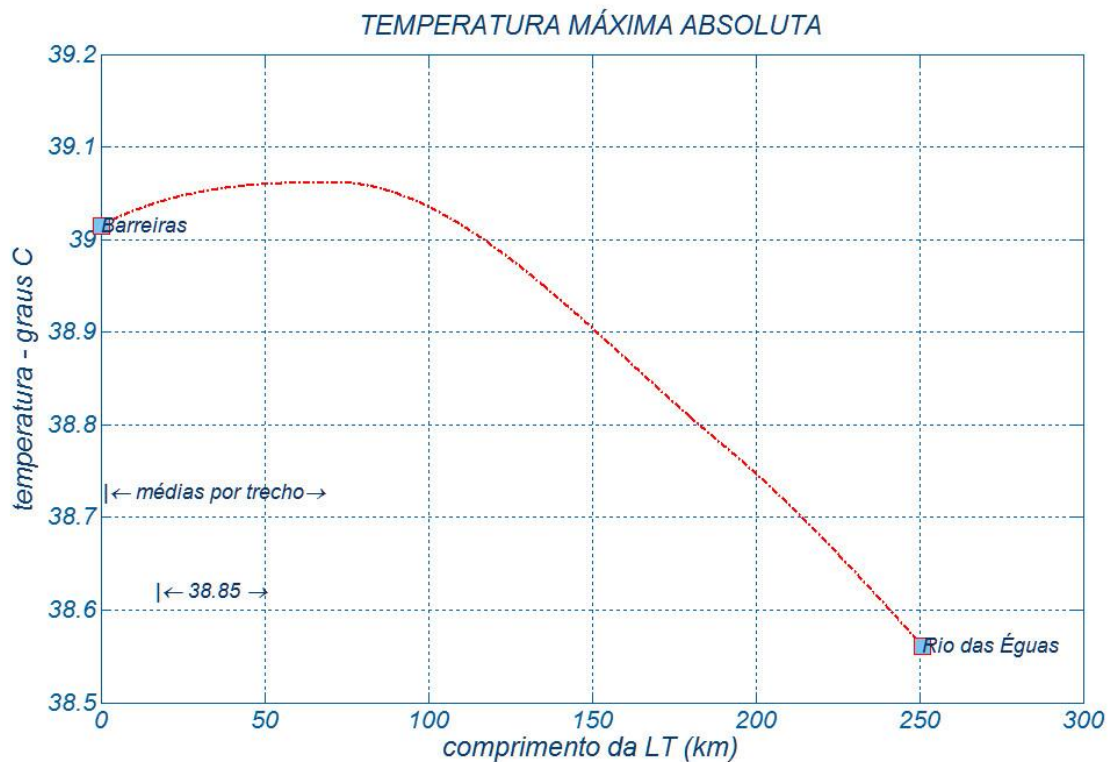
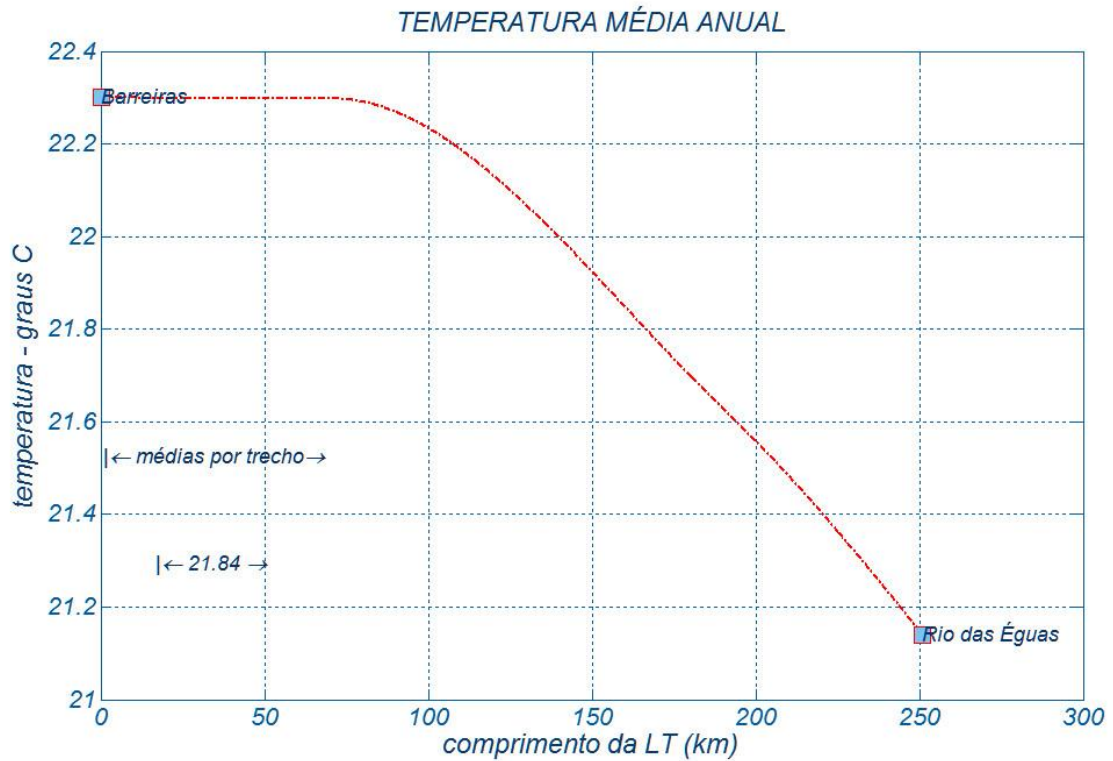
Anexo 3 Altitudes

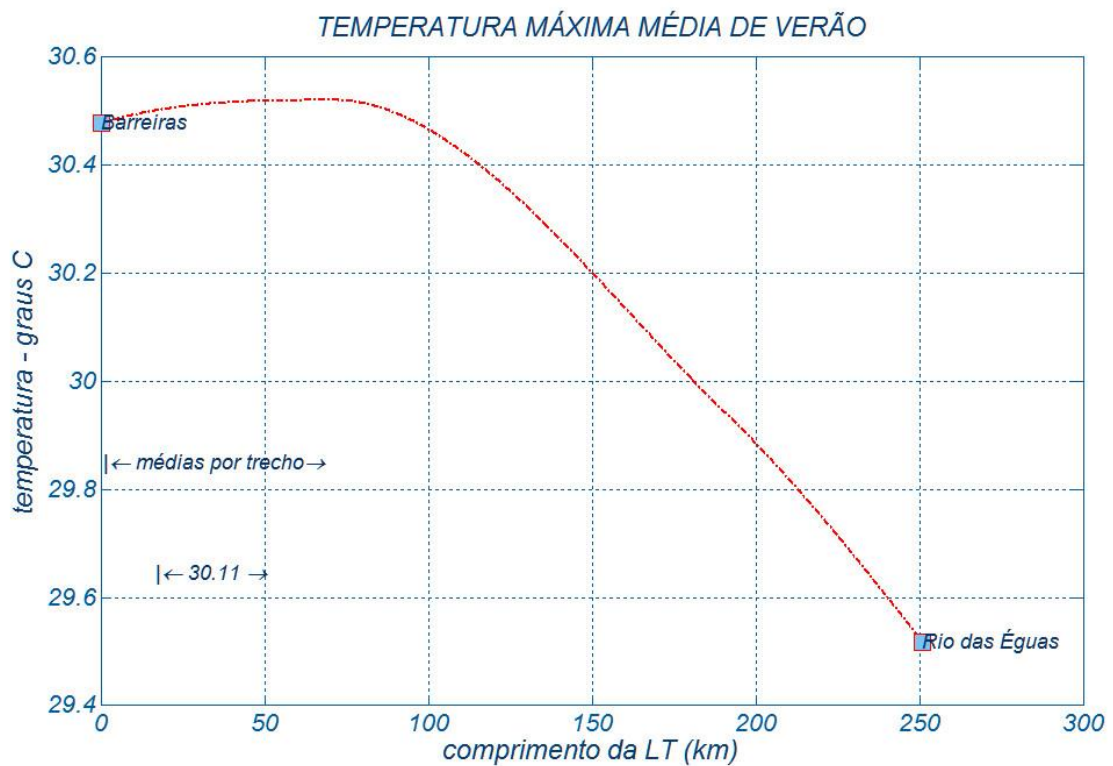
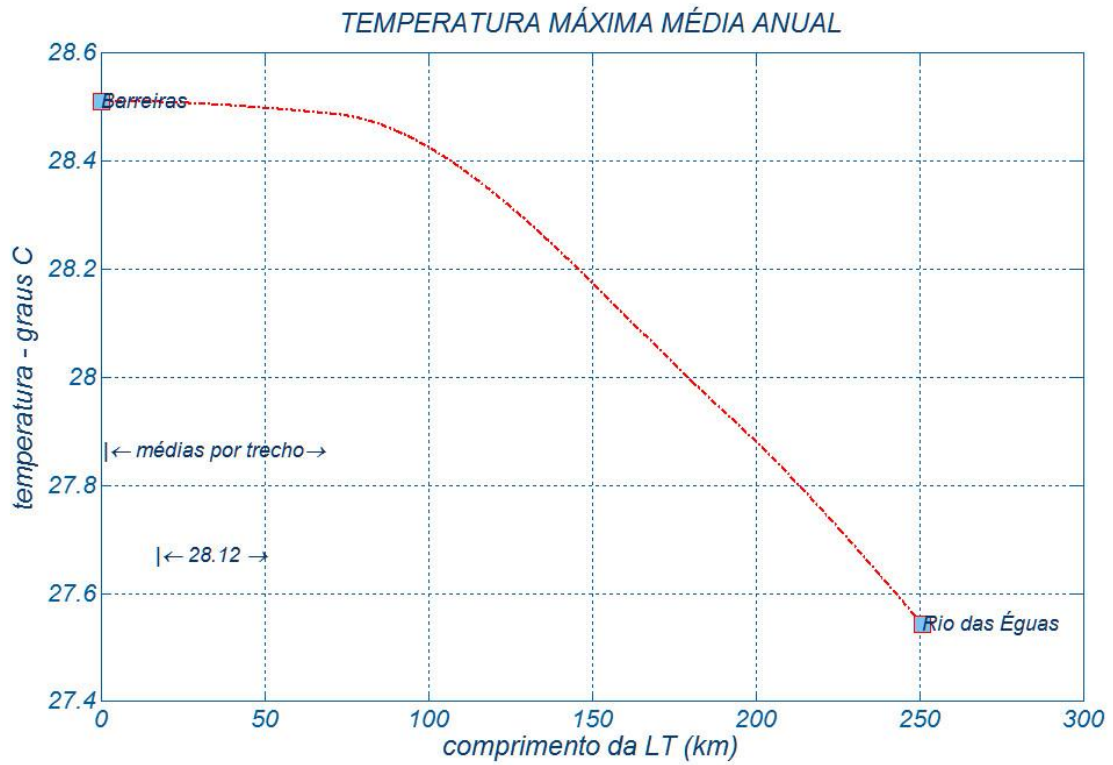


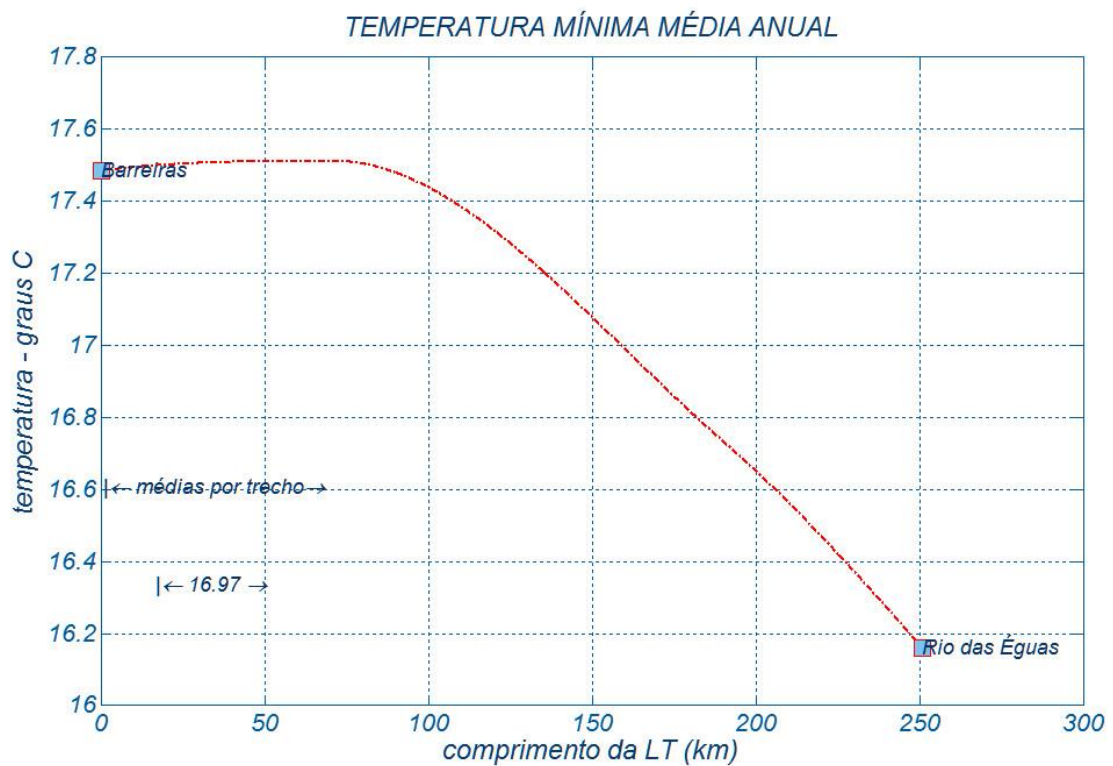
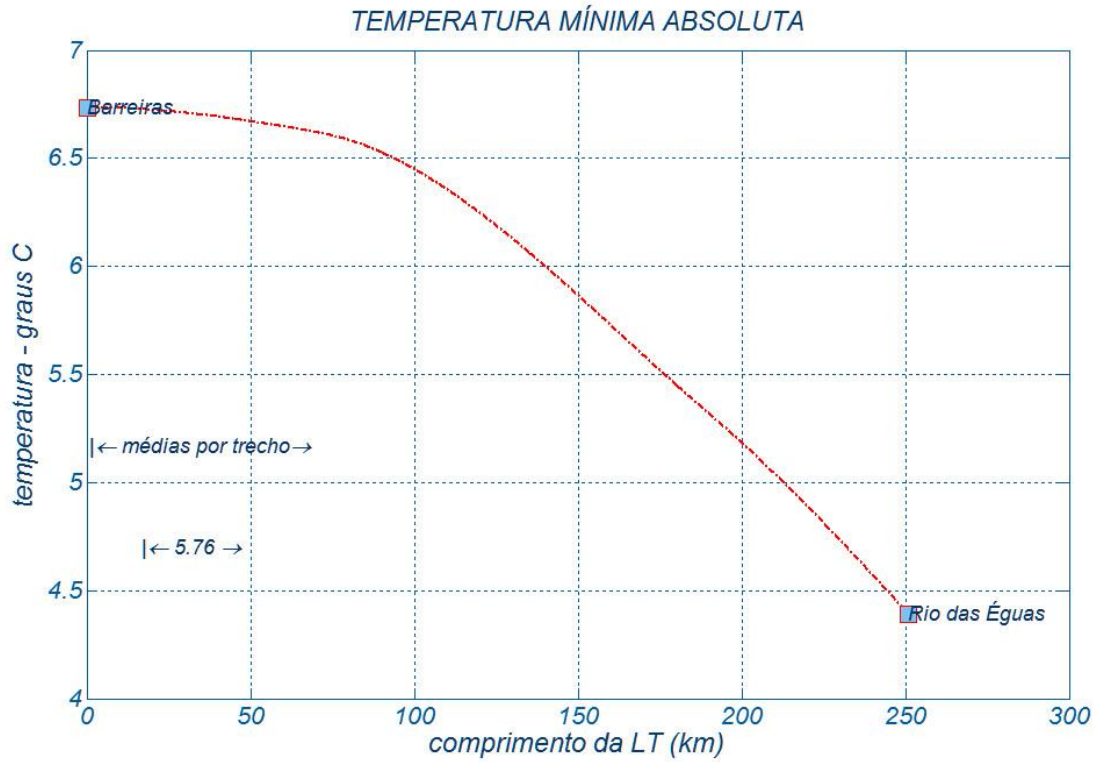
Anexo 4 Pressões atmosféricas

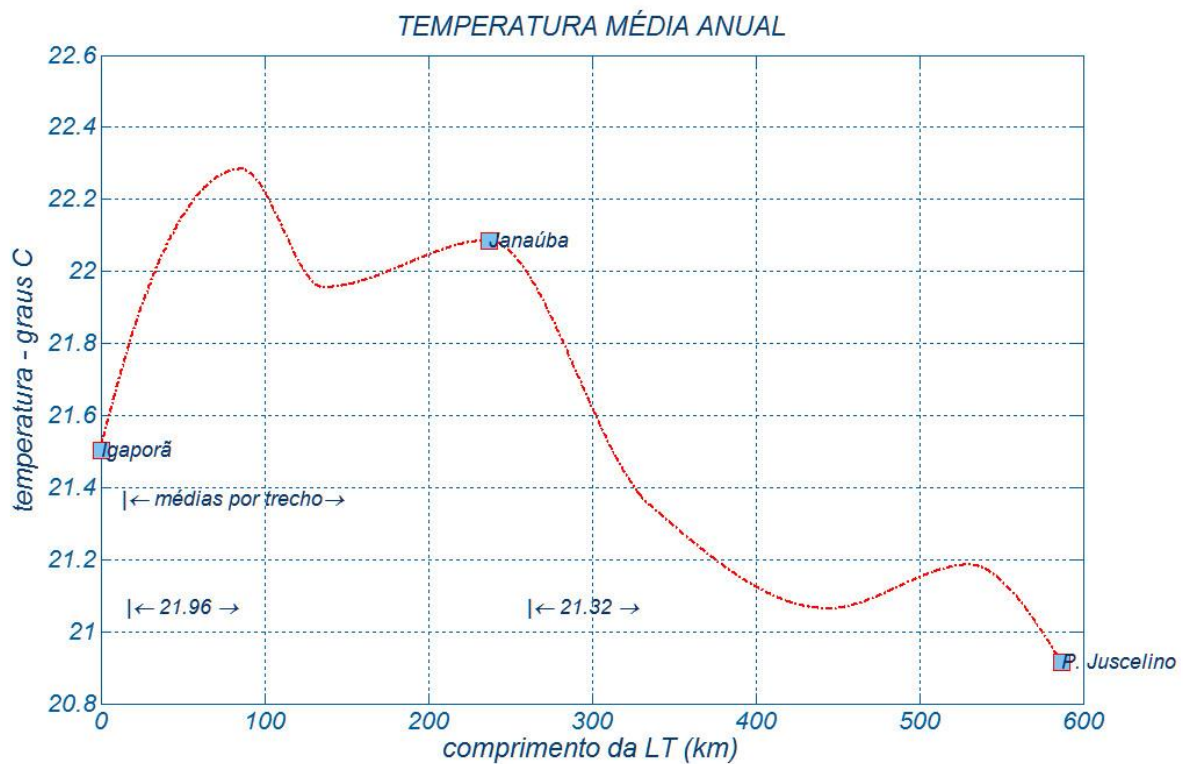
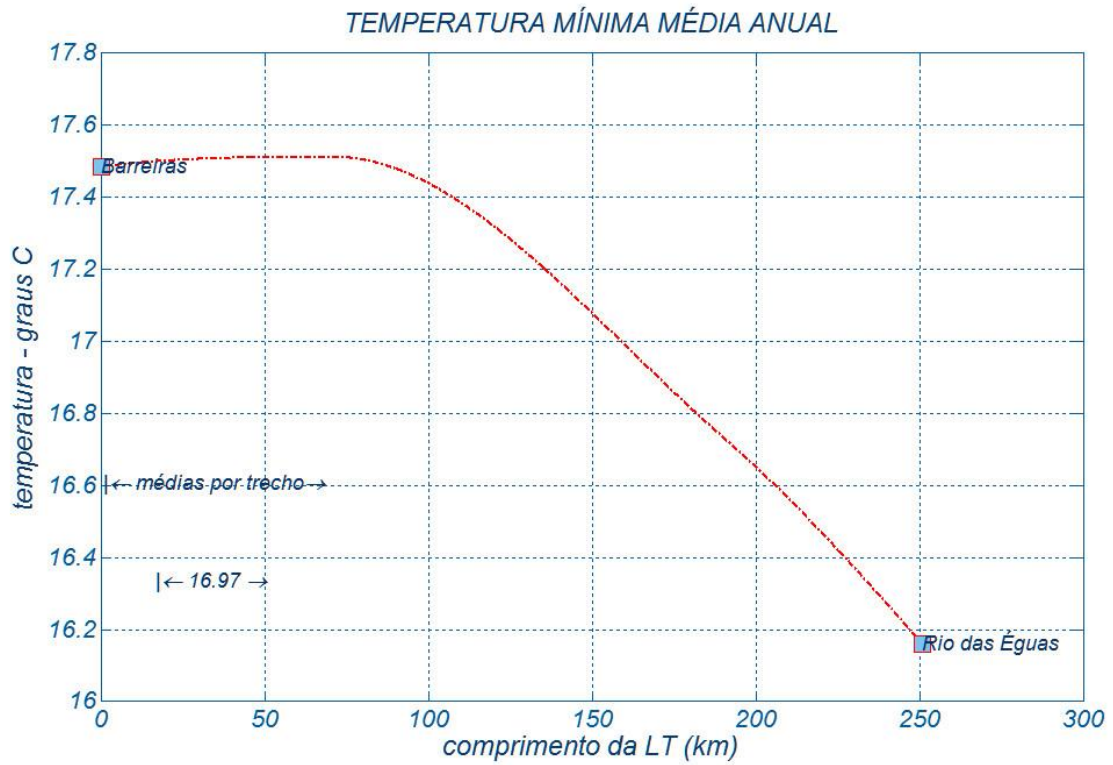


Anexo 5 Temperaturas ambientes

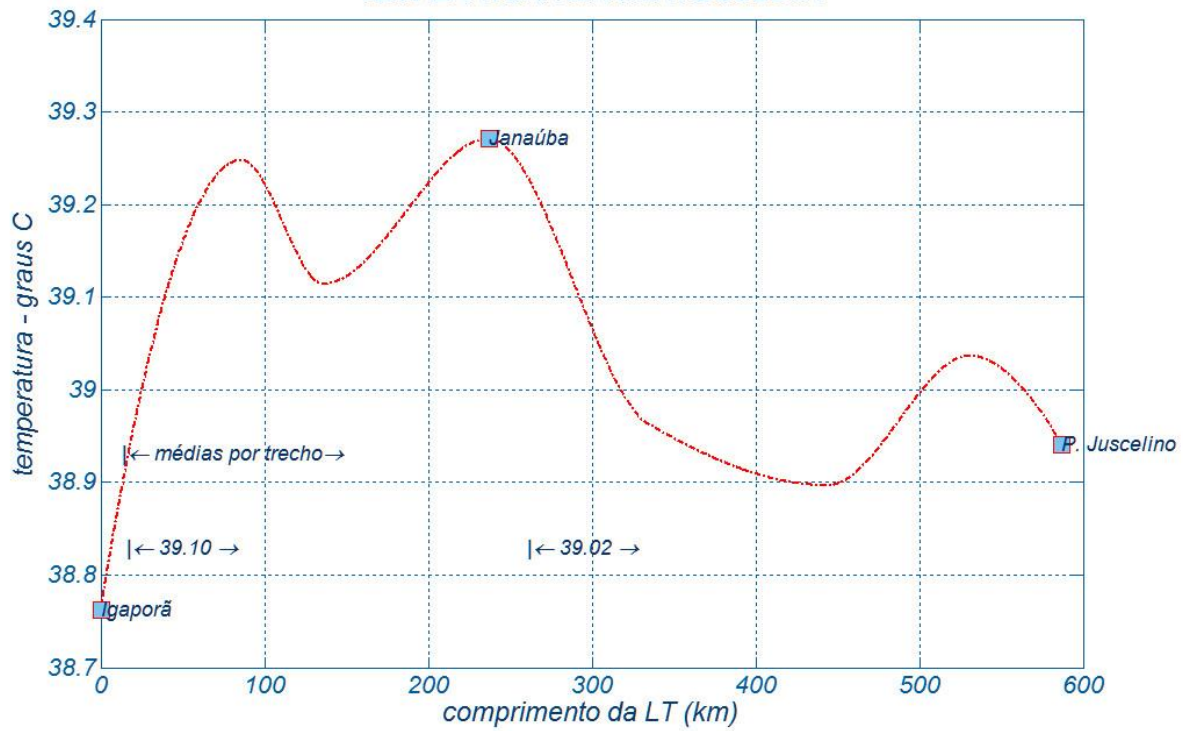




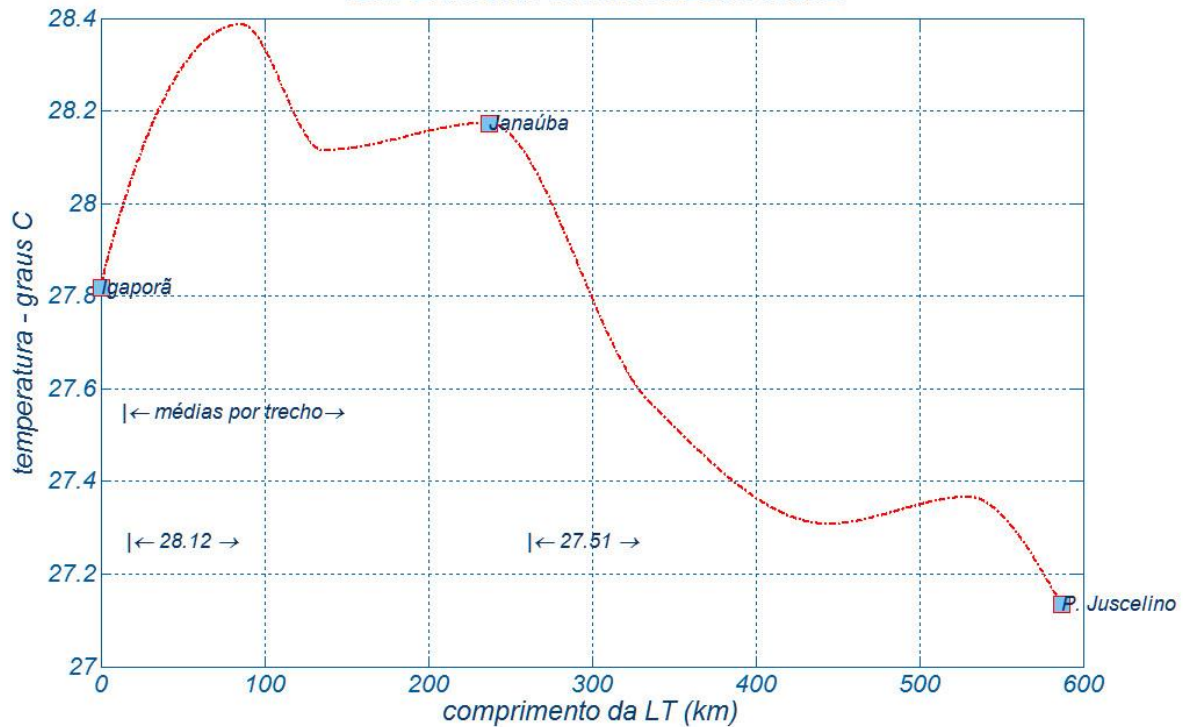


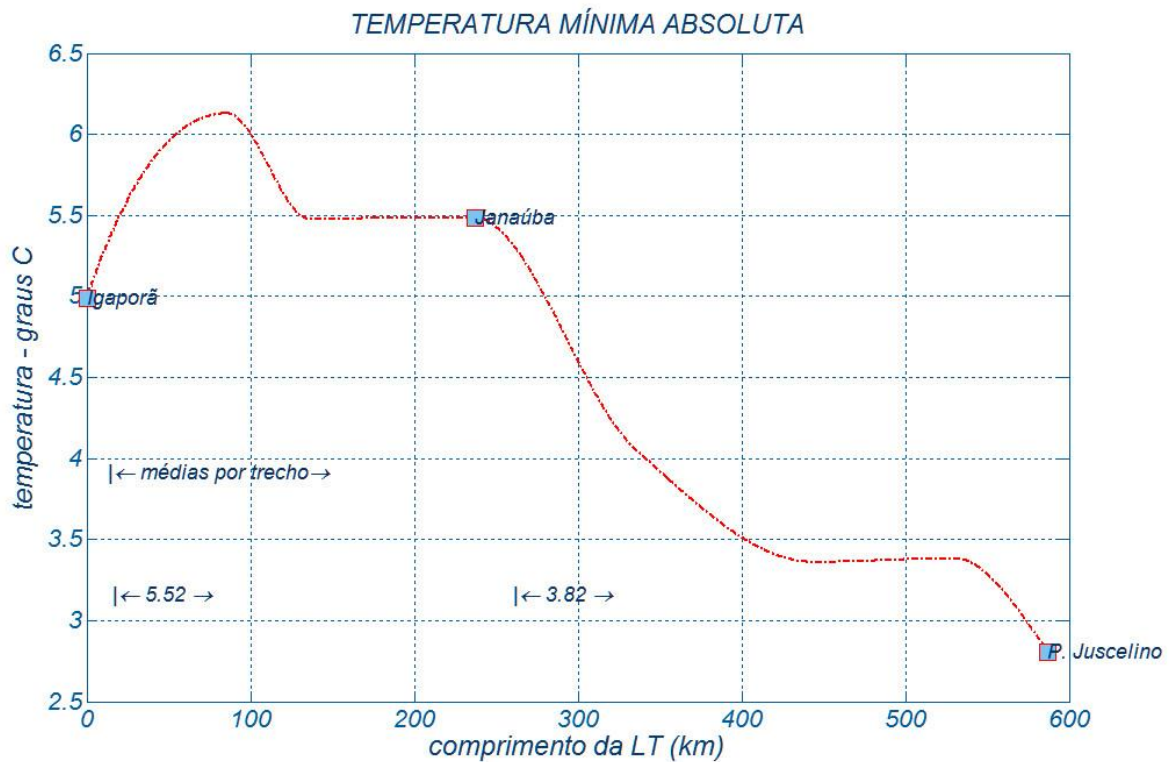
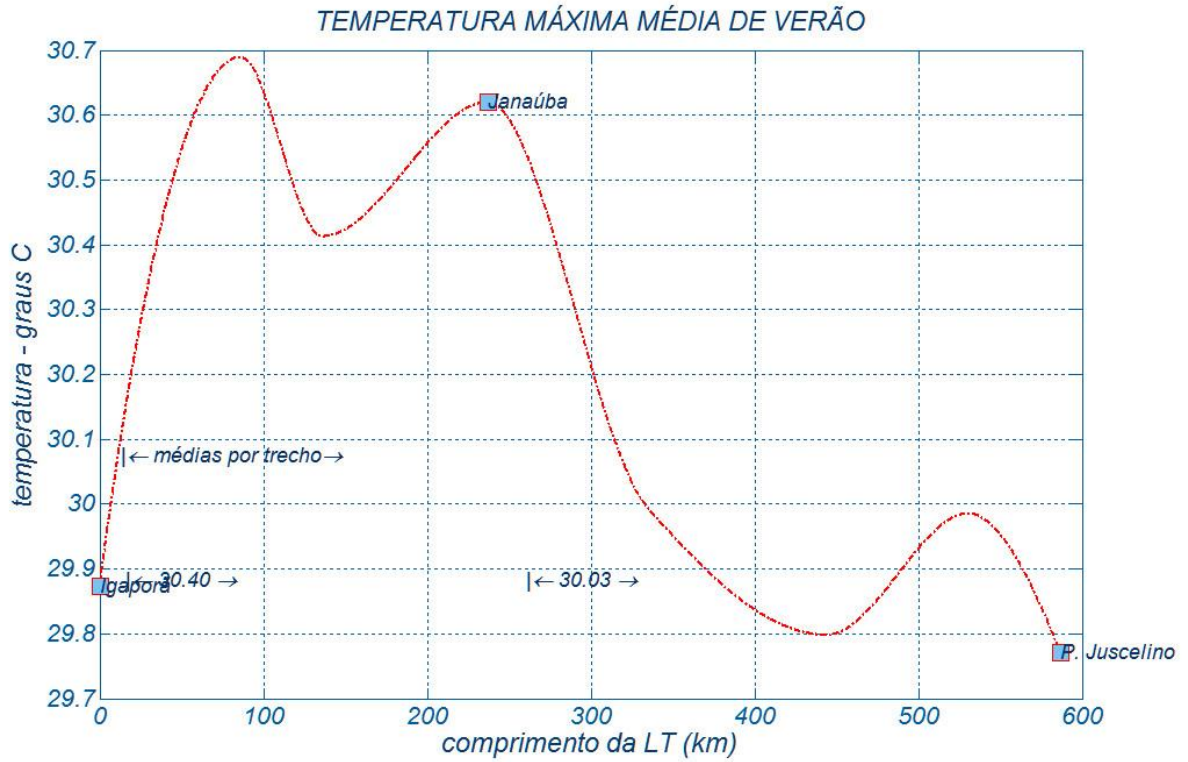


TEMPERATURA MÁXIMA ABSOLUTA

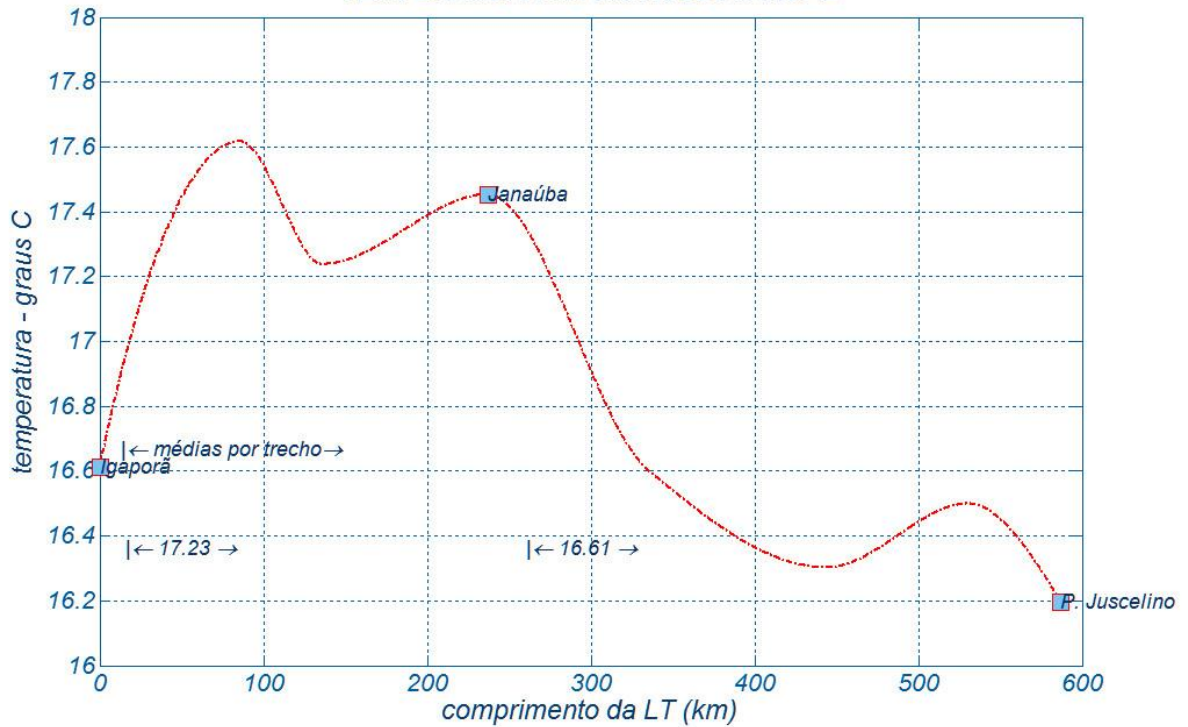


TEMPERATURA MÁXIMA MÉDIA ANUAL

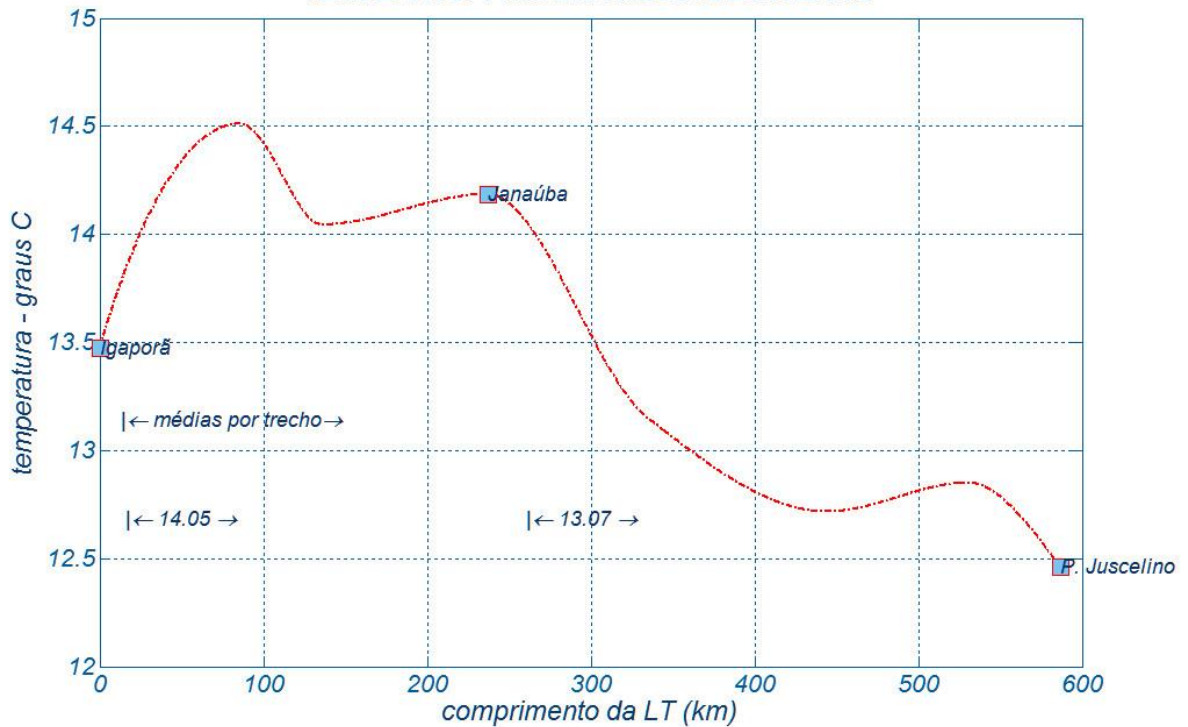




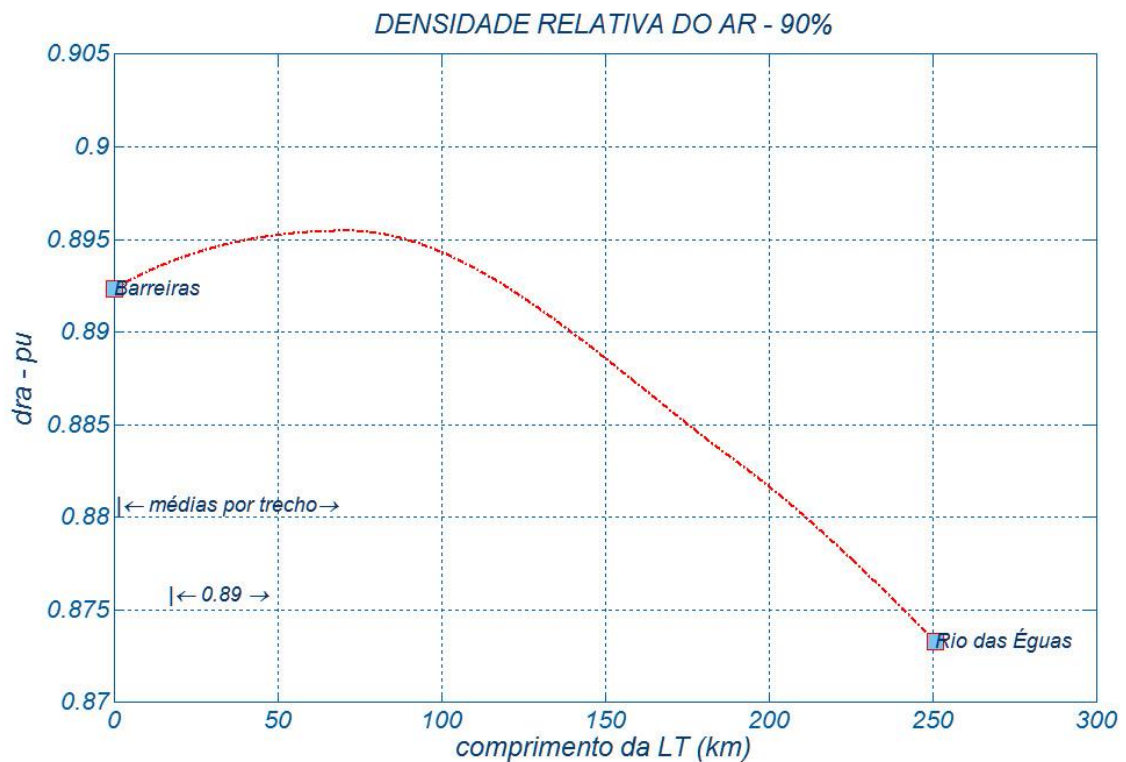
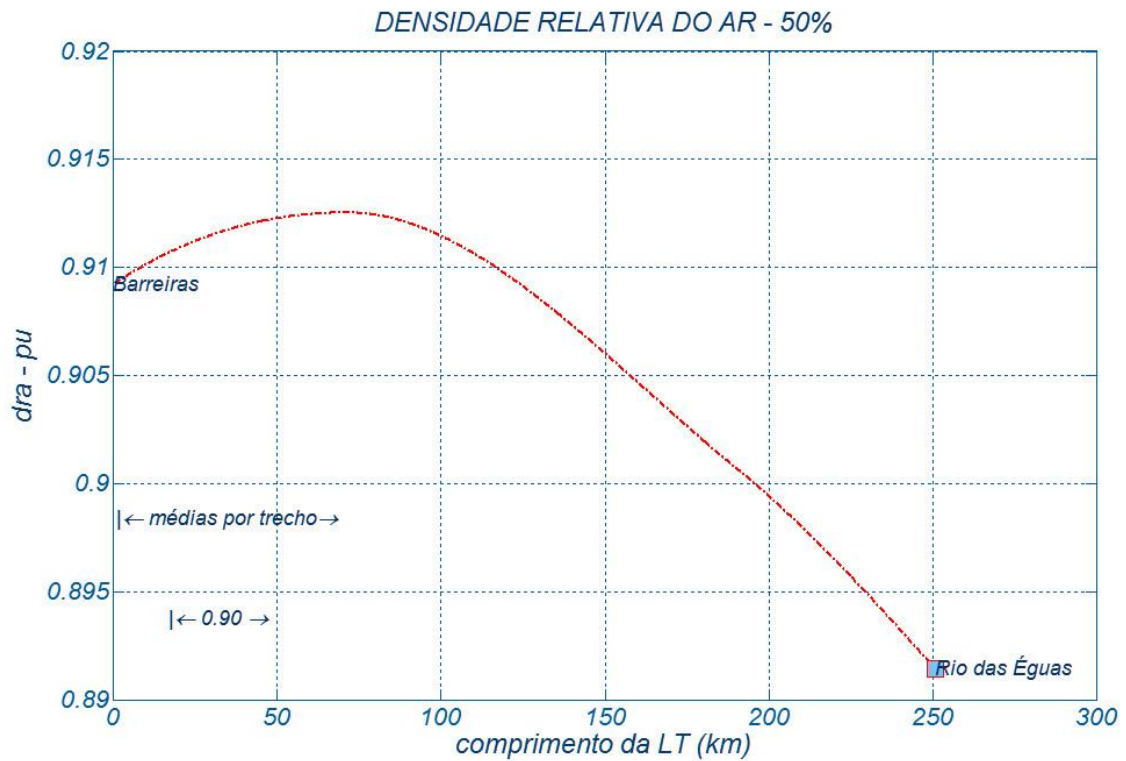
TEMPERATURA MÍNIMA MÉDIA ANUAL

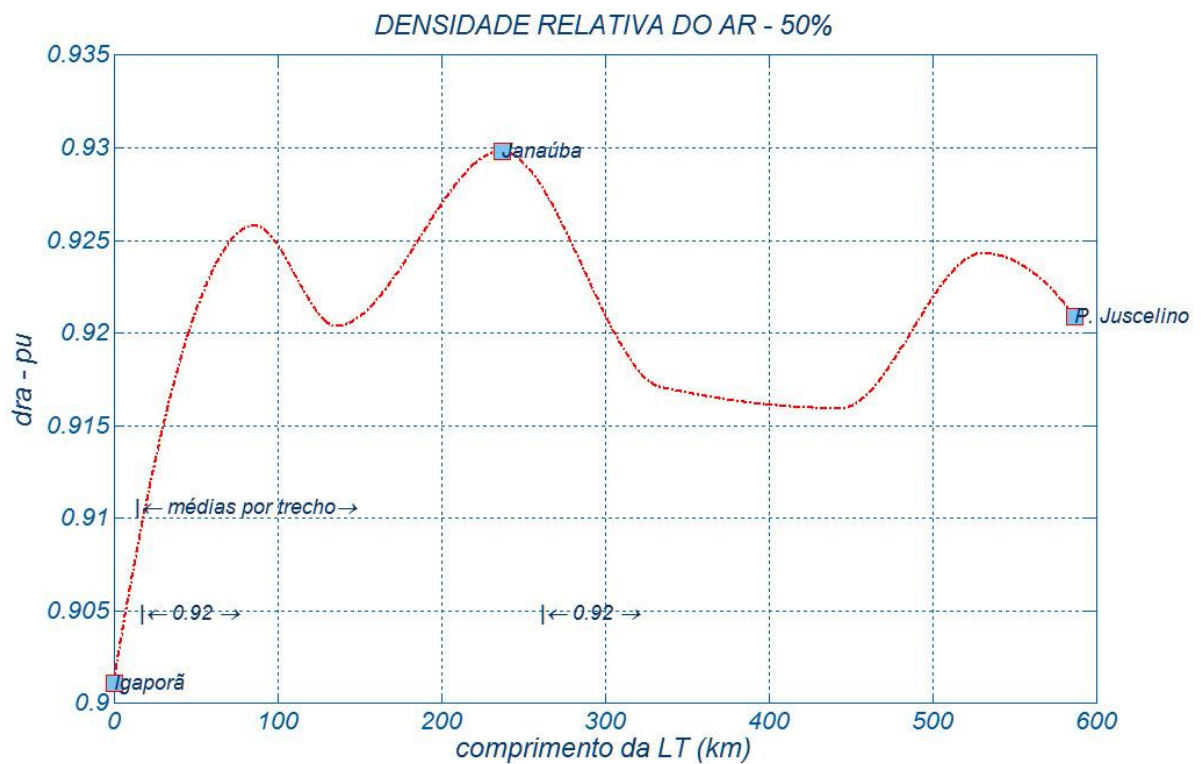
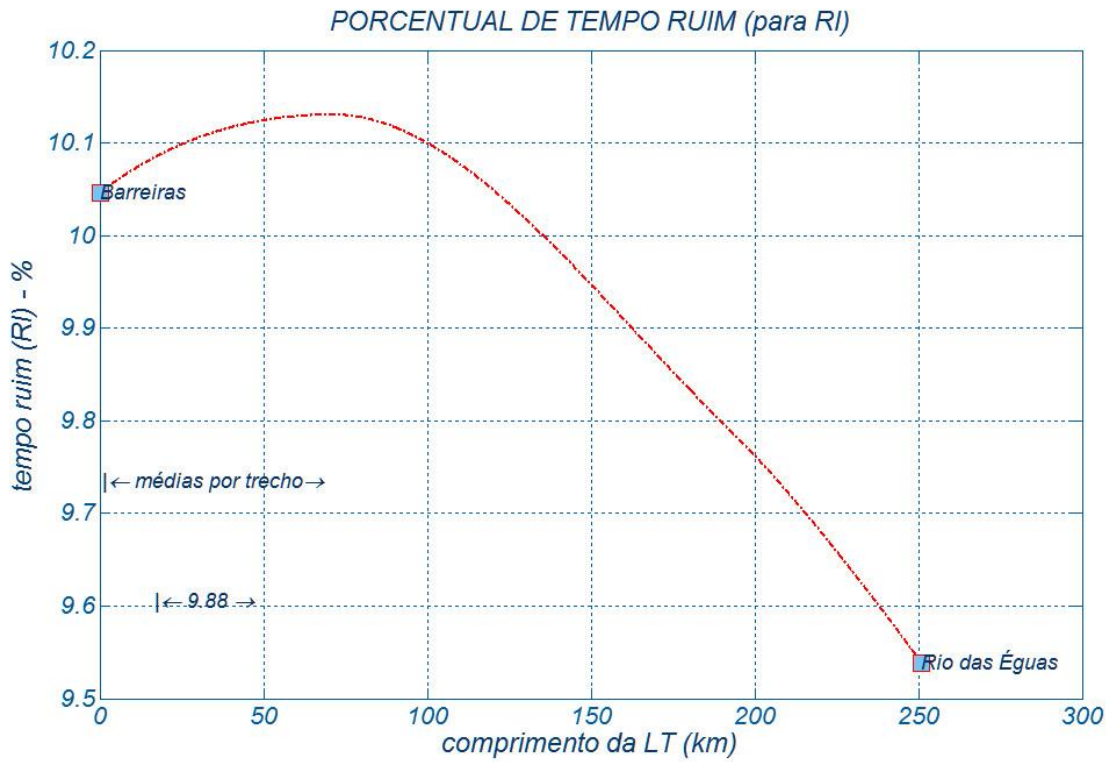


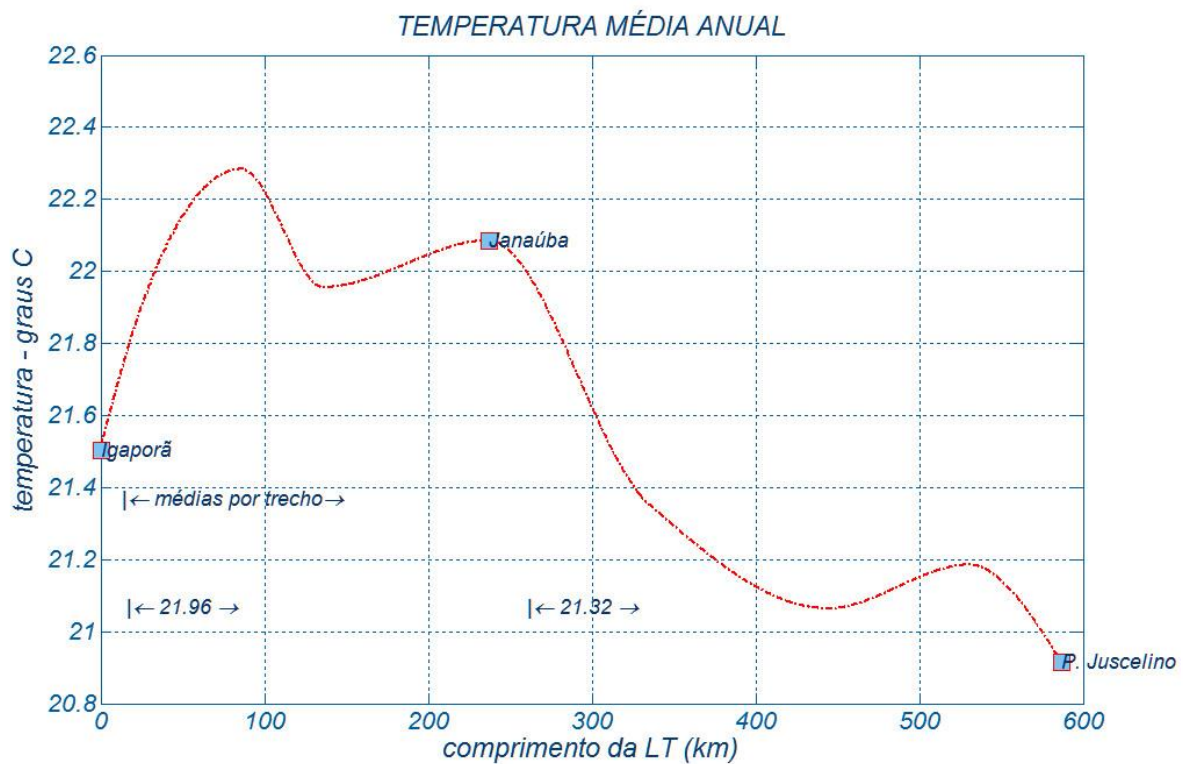
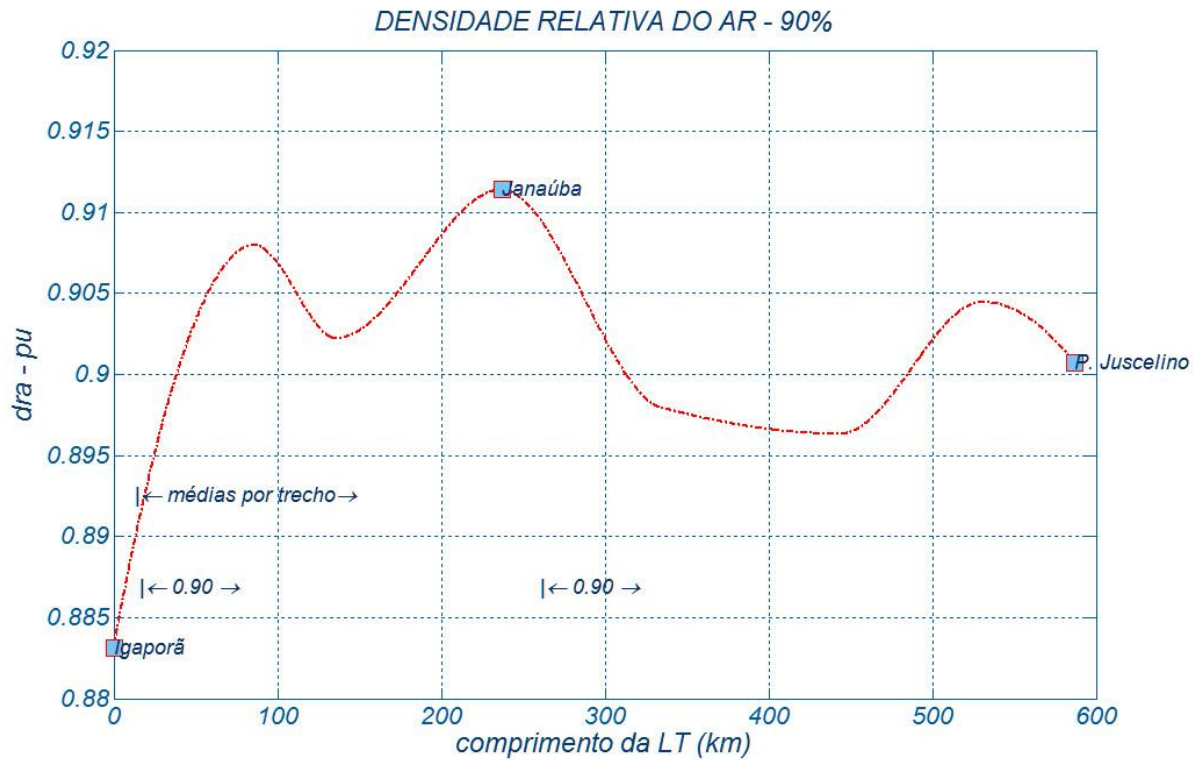
TEMPERATURA MÍNIMA MÉDIA DE INVERNO



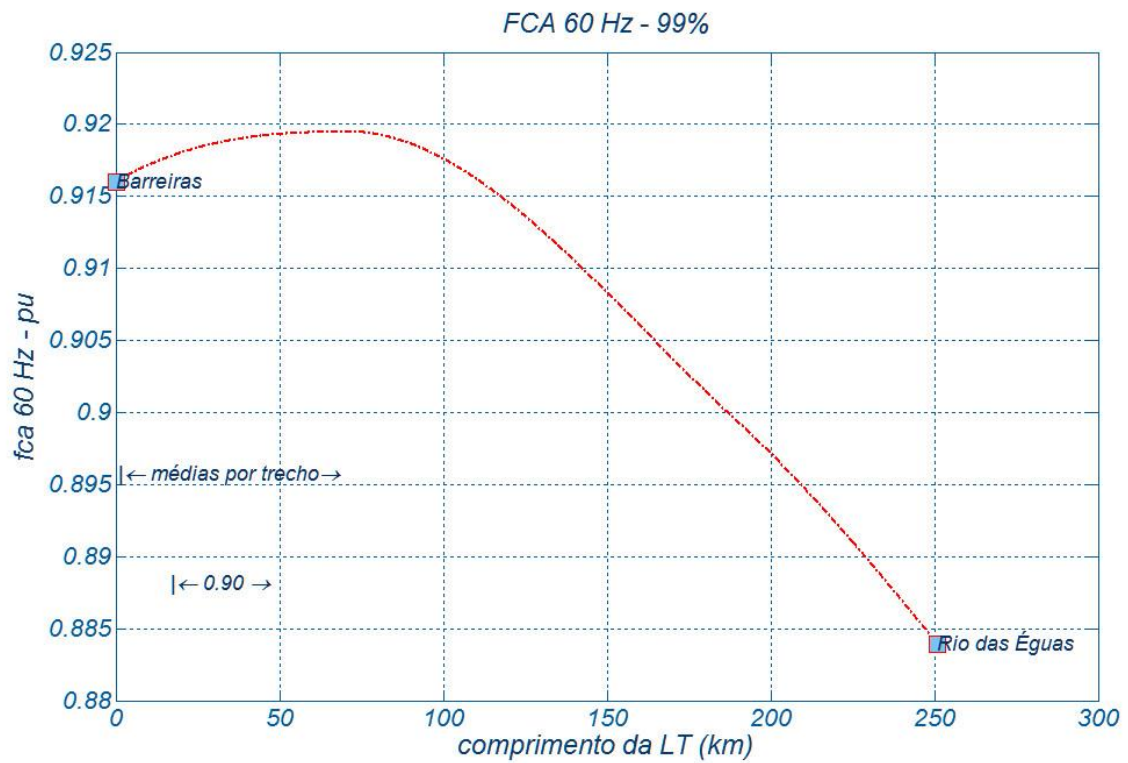
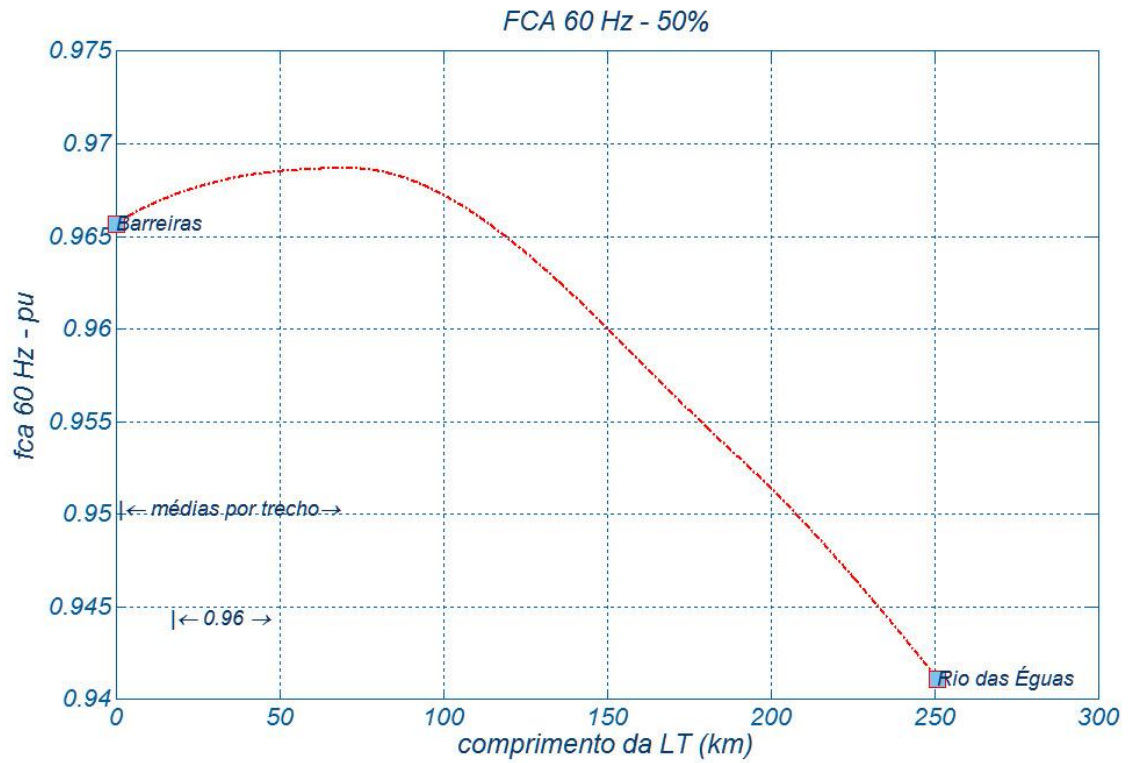
Anexo 6 DRAs e de “tempo - ruim”

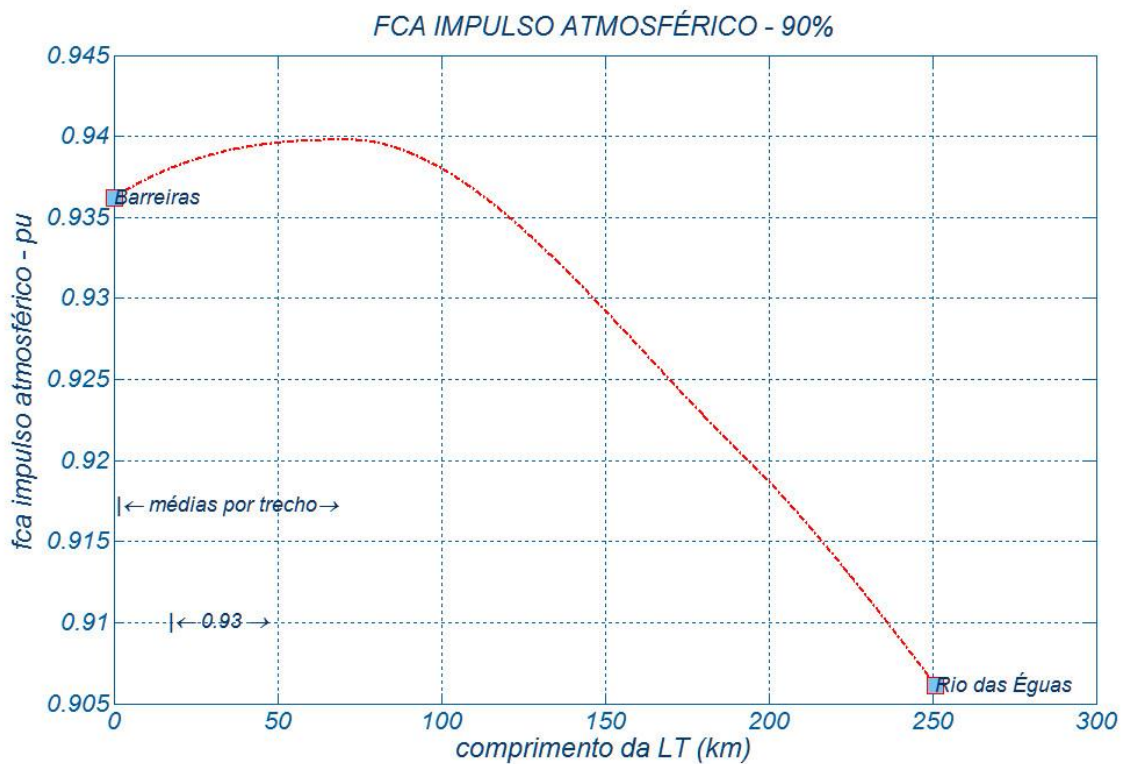
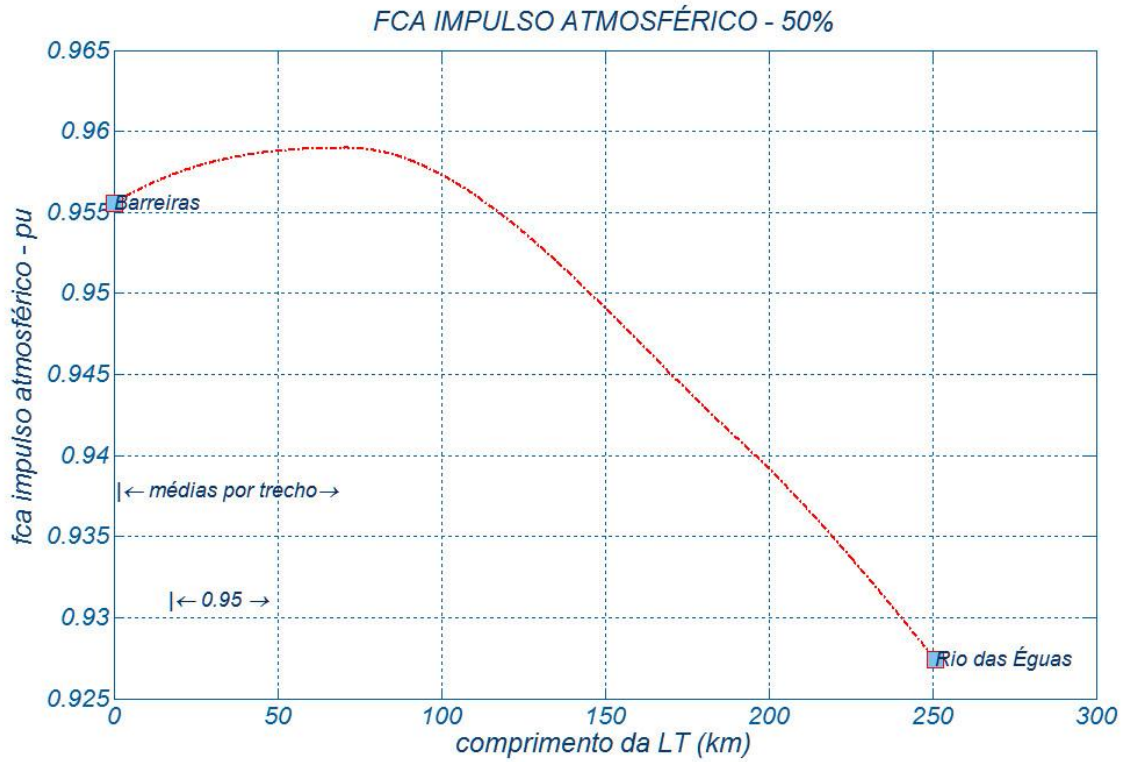


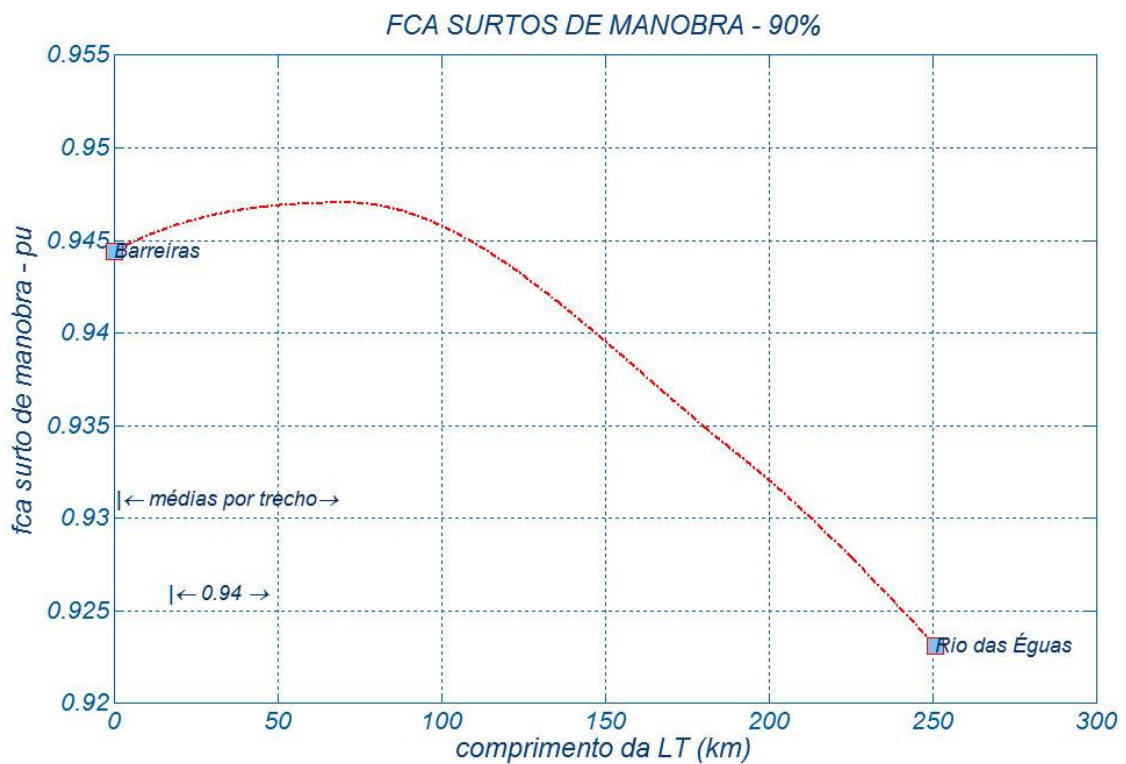
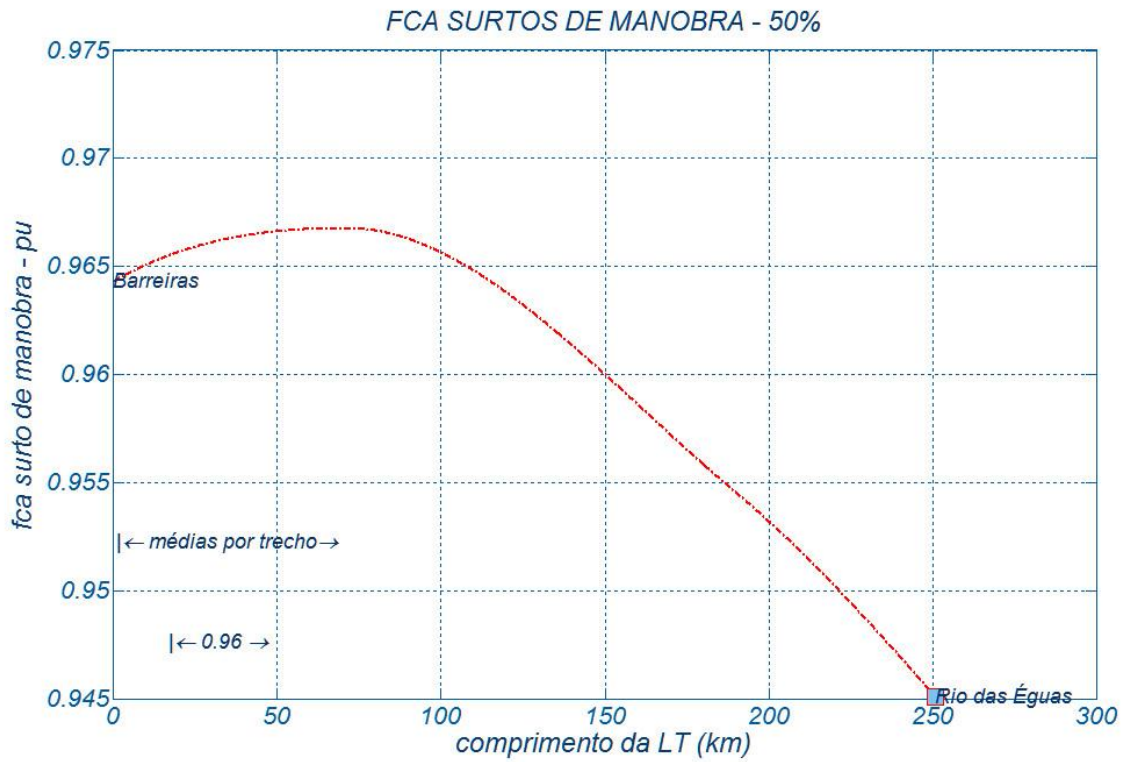


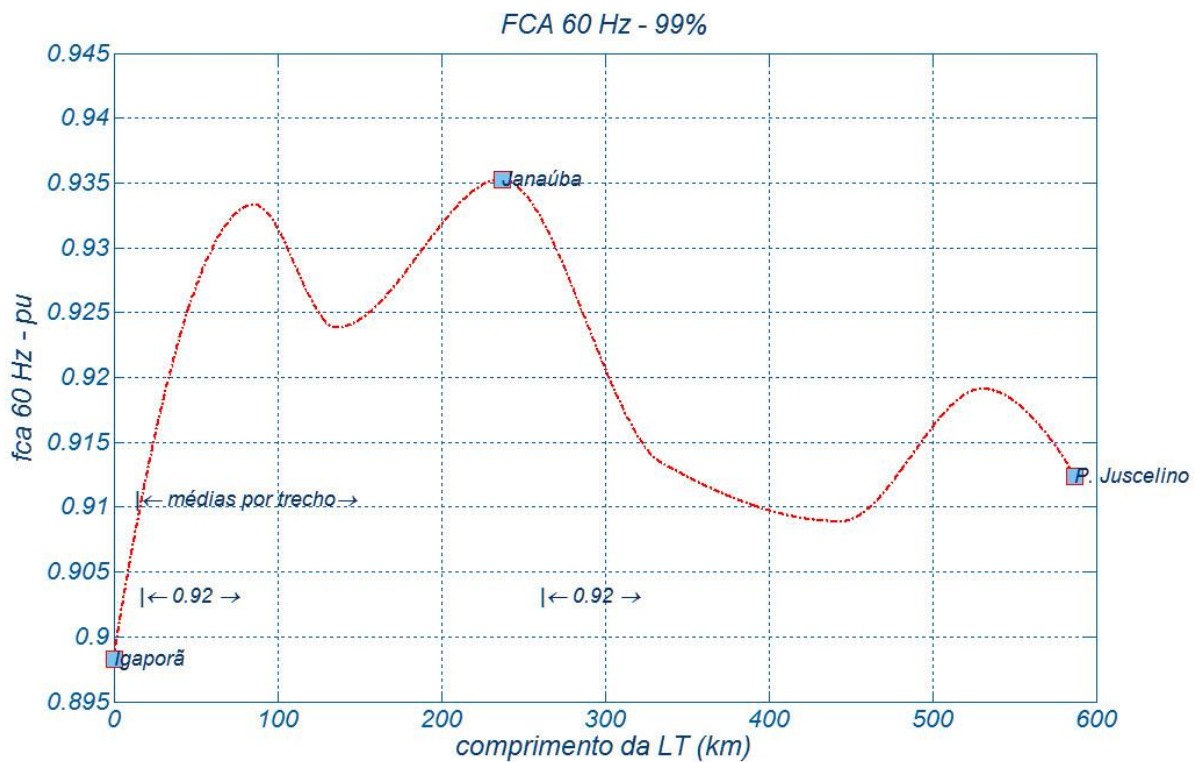
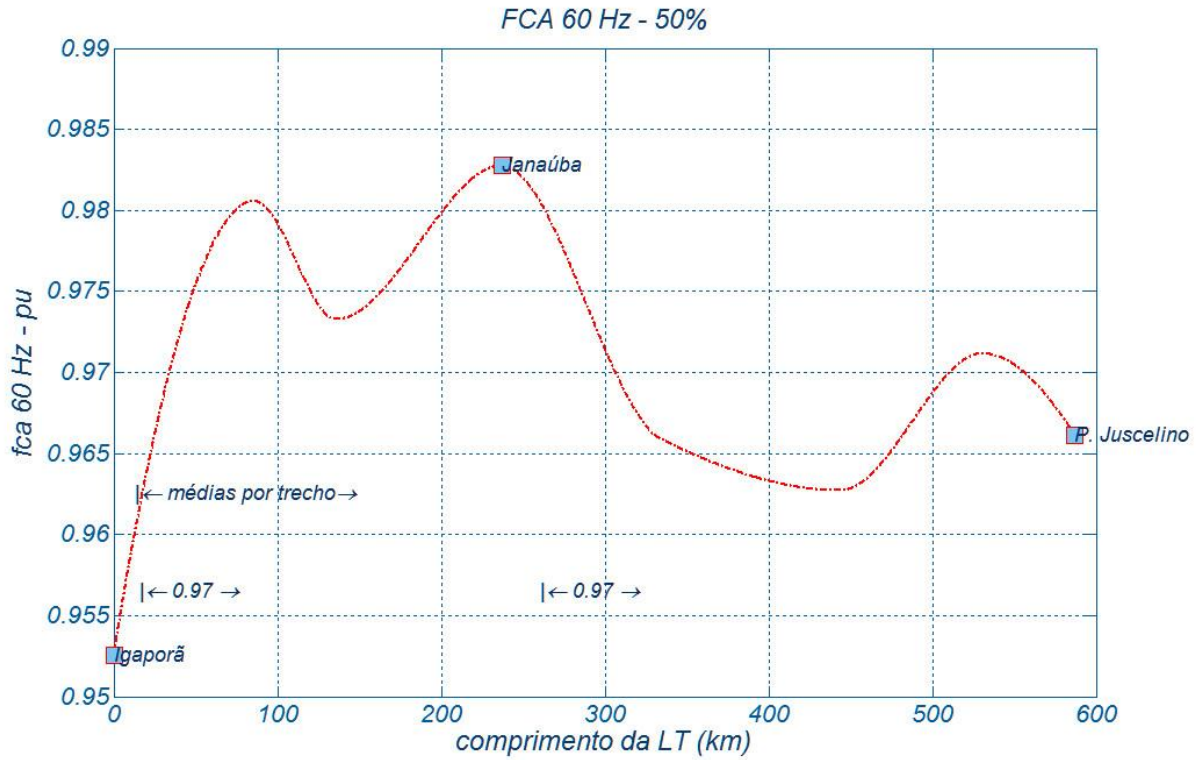


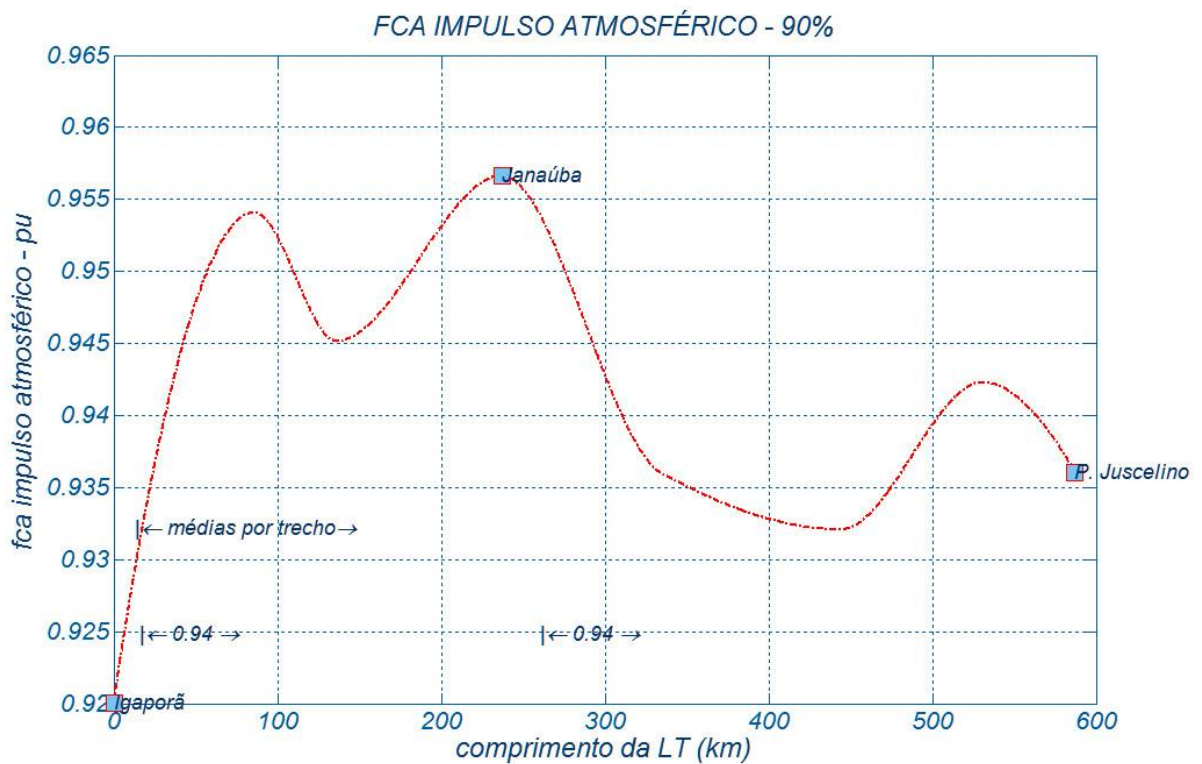
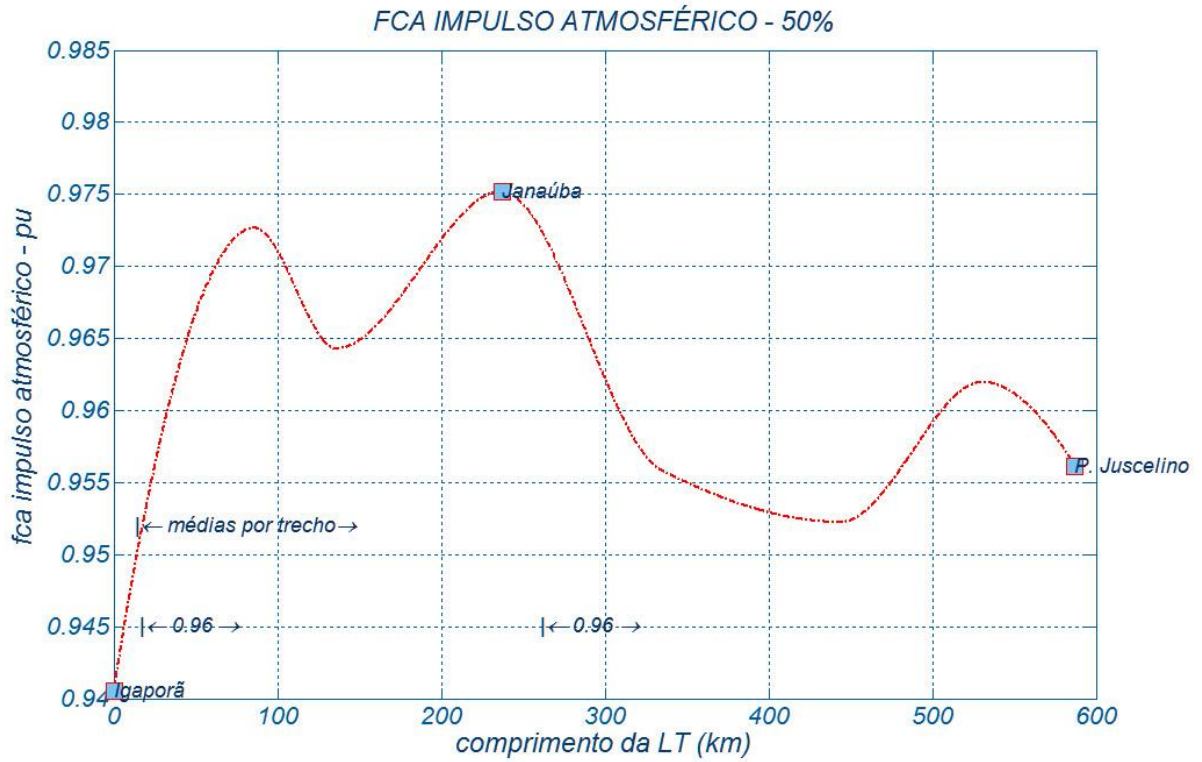
Anexo 7 Fatores de correção atmosféricos

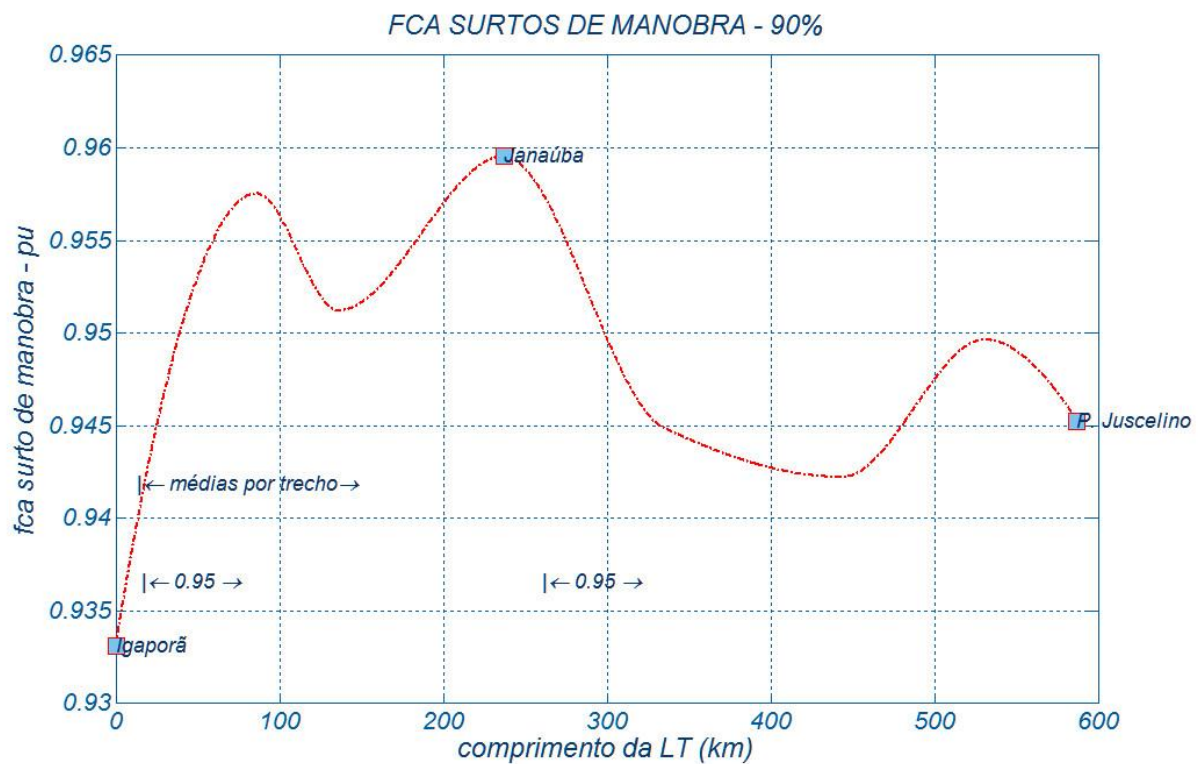
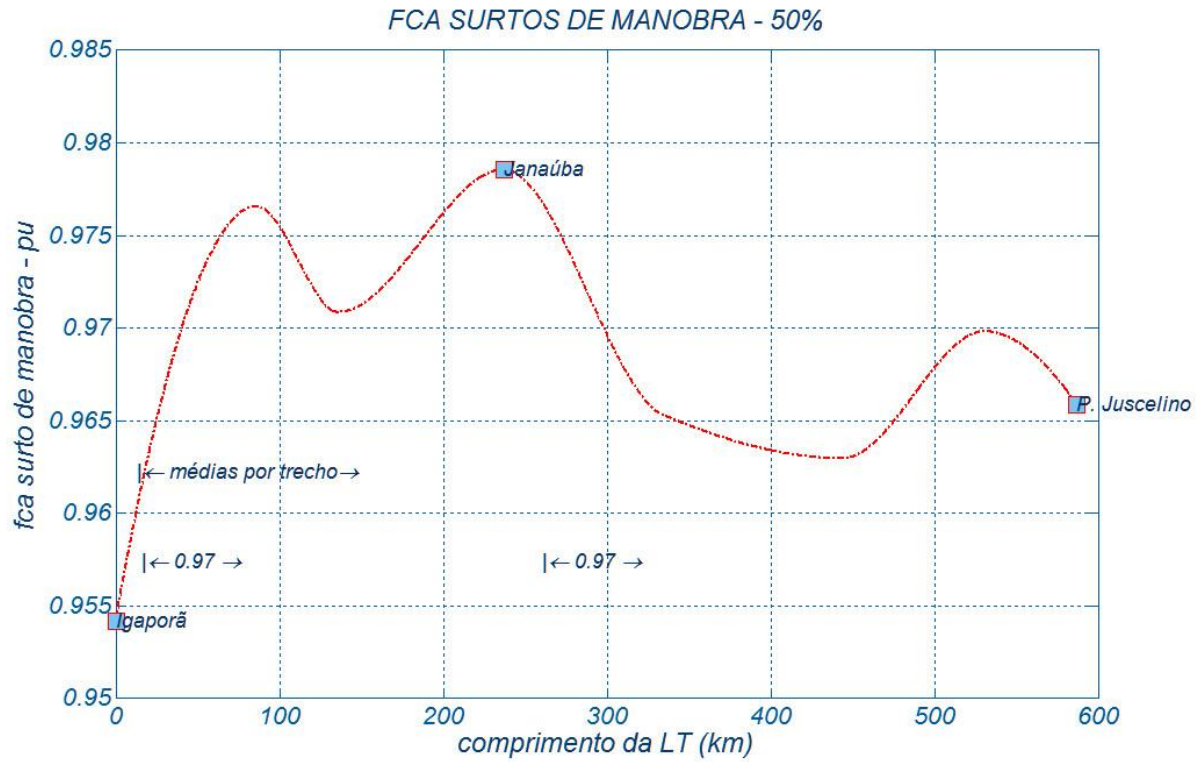




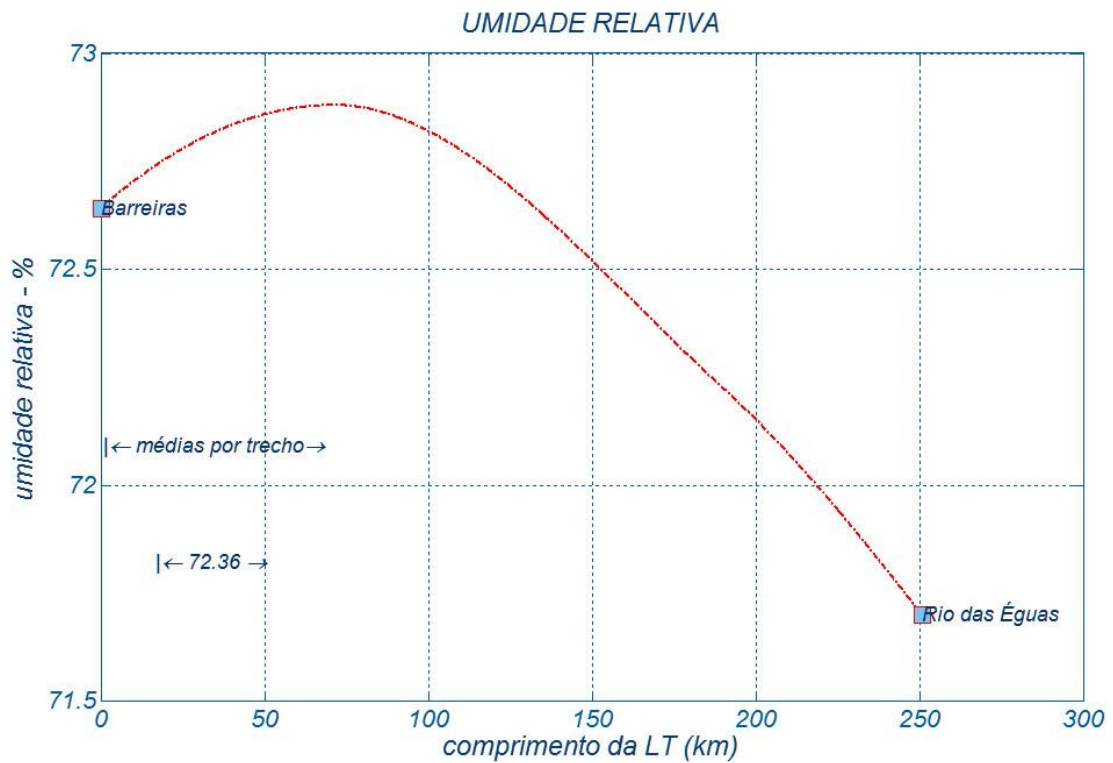
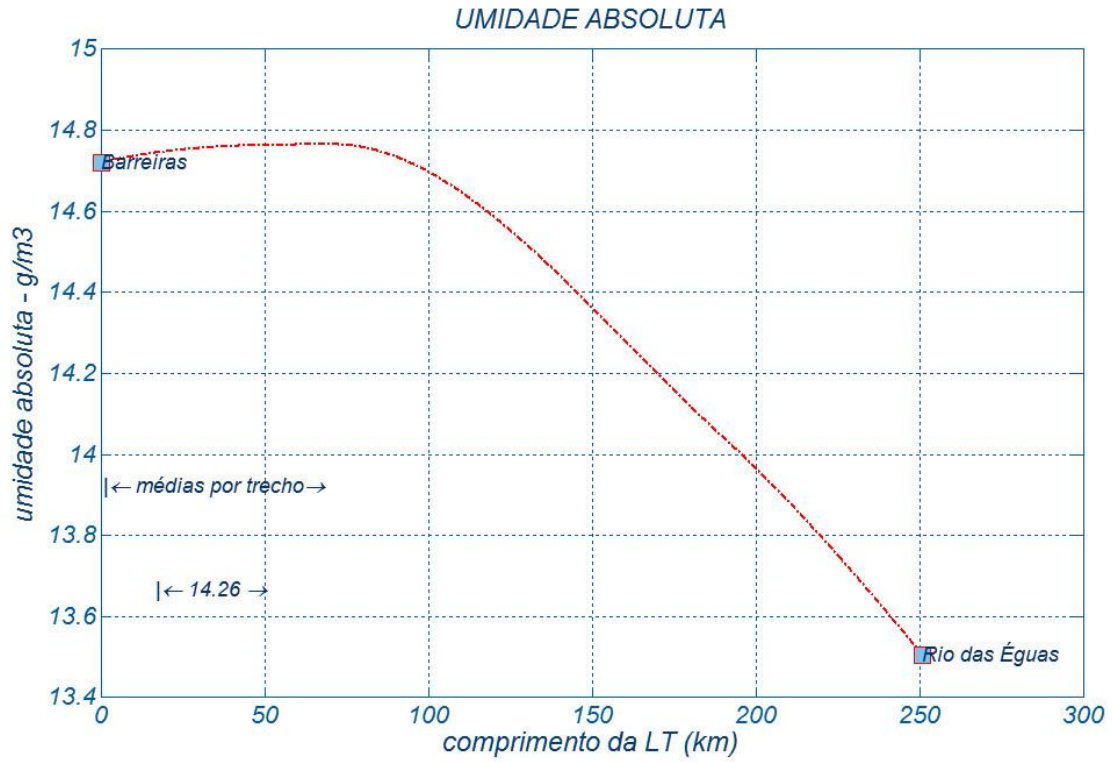


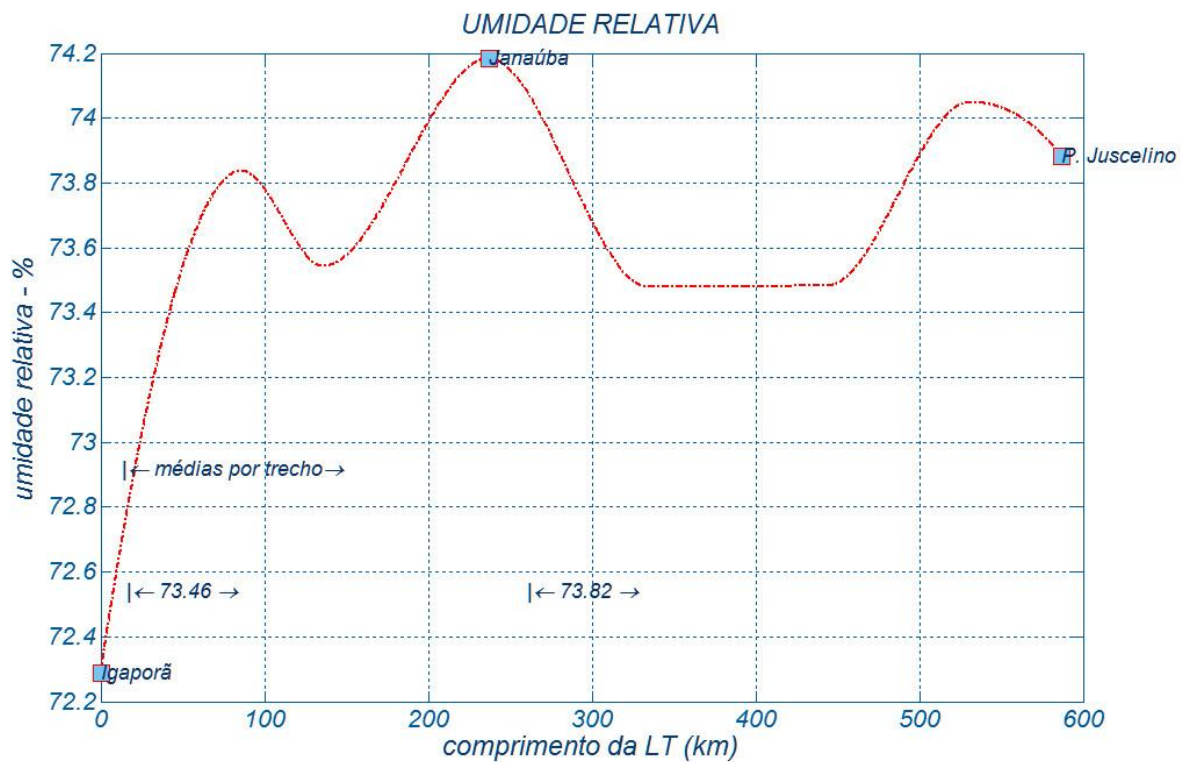
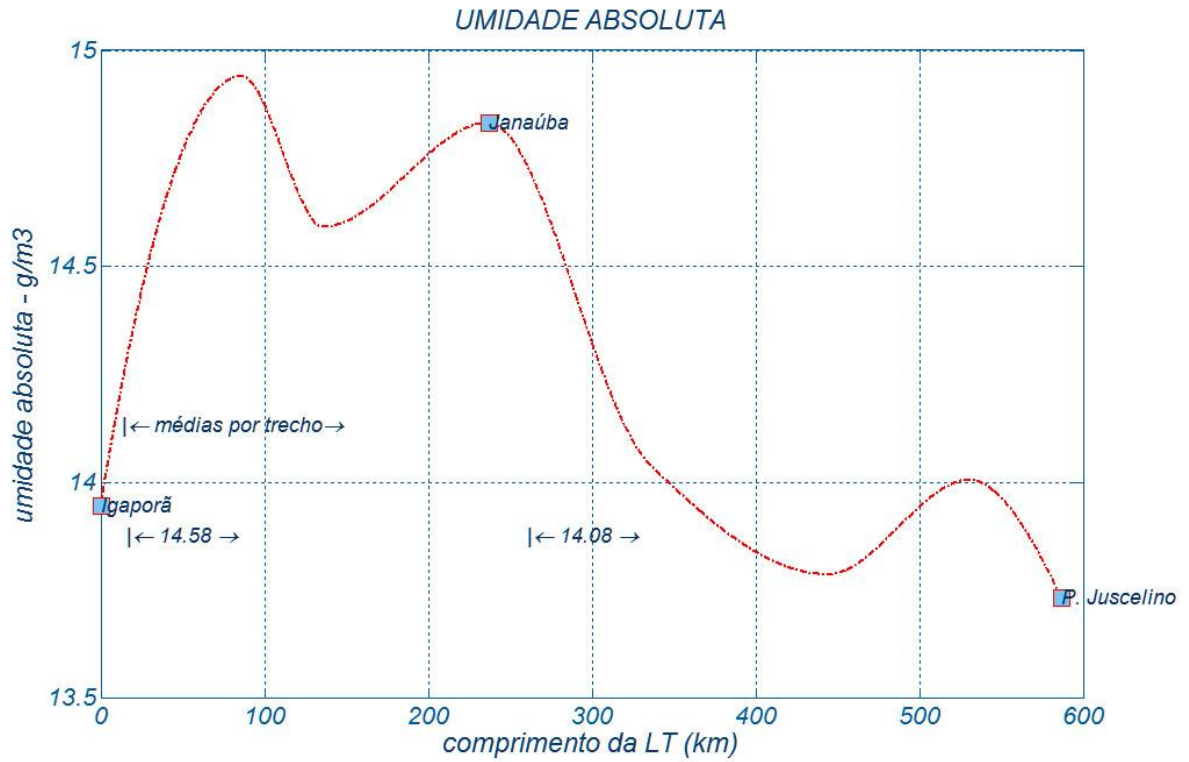


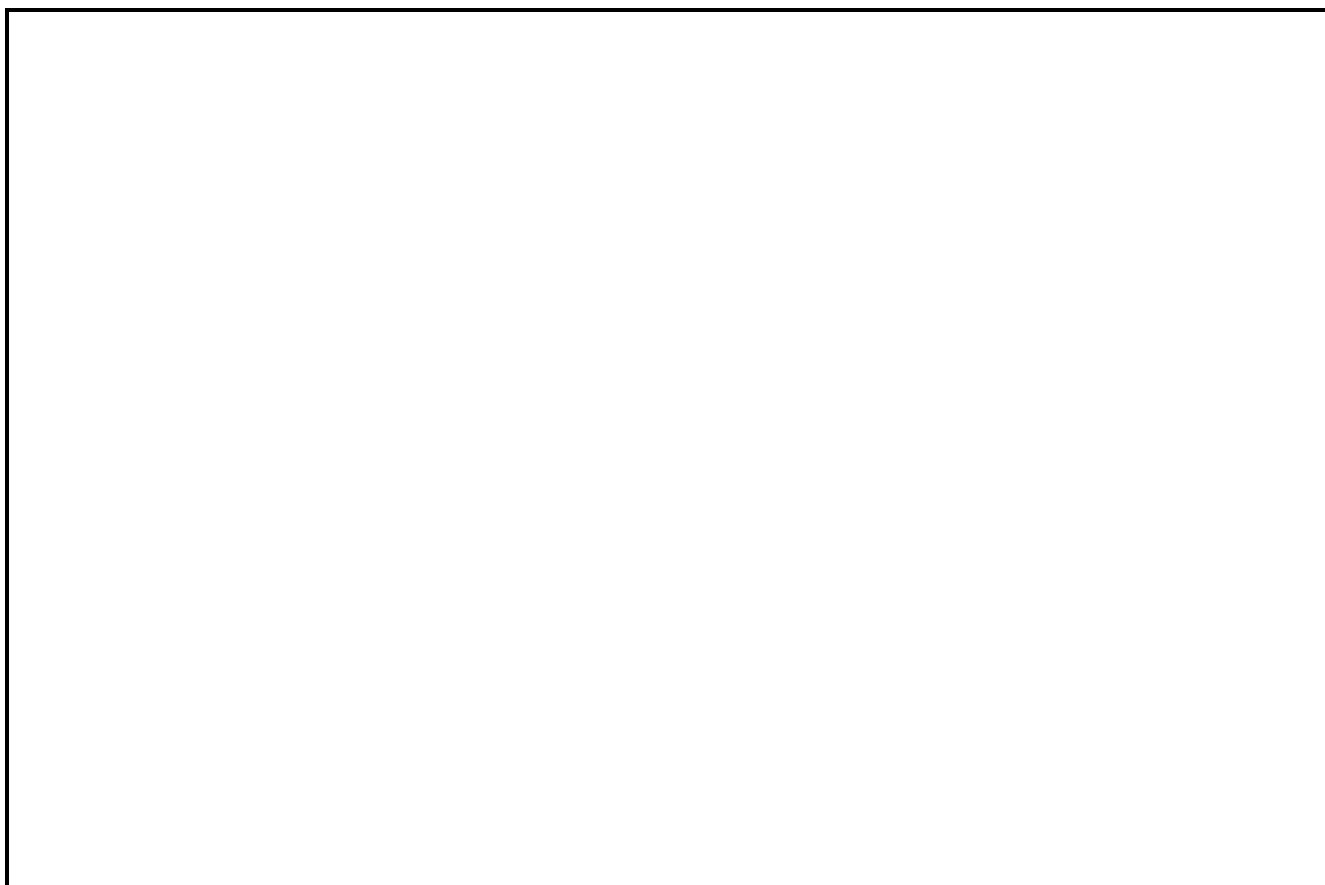




Anexo 8 Umidades do ar







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 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 - C1
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1
Lote 14 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTO DEVIDO AO VENTO

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT4-L400-PB-ELM-0004-R01	1 de 72	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.....	8
4. Referências.....	9
Anexo 1 – memorial descritivo das velocidades de vento.....	10

1. OBJETIVO

- 1.1 Definir as velocidades de vento a serem utilizadas no projeto da LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1, em circuito simples pertencentes ao Lote 14 do Leilão 0013/2015 – 2ª 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 - C1	Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1
250 anos, 10 minutos	90	100
250 anos, 3 segundos	160	170
50 anos, 10 minutos	80	85
50 anos, 30 segundos	105	115
2 anos, 30 segundos	65	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 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-EQT4-401-PB-EST-0024.

- 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-EQT4-L401-PB-EST-0024.
- 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:

- LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

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

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

- LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

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

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

- 2.2.9 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:

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

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 - C1	23	31,46	19,48
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	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 Igaporã III - Janaúba 3 - C1	1,1213	25,00	35,7
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	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 Igaporã III - Janaúba 3 - C1	35,7	23	2,1467	34	2,2926	0,9123	70	75
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	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:

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

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 - C1	39	2,4464	105
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	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:

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

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:

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

Para $\Theta = 15^\circ$, obtém-se:

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

Para $\Theta = 30^\circ$, obtém-se:

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

Para $\Theta = 45^\circ$, obtém-se:

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

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:

- a) Alta intensidade;
- b) Pouca variação em relação à altura de atuação;
- c) 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 - C1	1,1213	44,44	113
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	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 Igaporã III - Janaúba 3 - C1	28
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	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 Igaporã III - Janaúba 3 - C1	136
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	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 obtêm-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 - C1	31,46	57	19,48	22
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	34,46	68	22,47	29

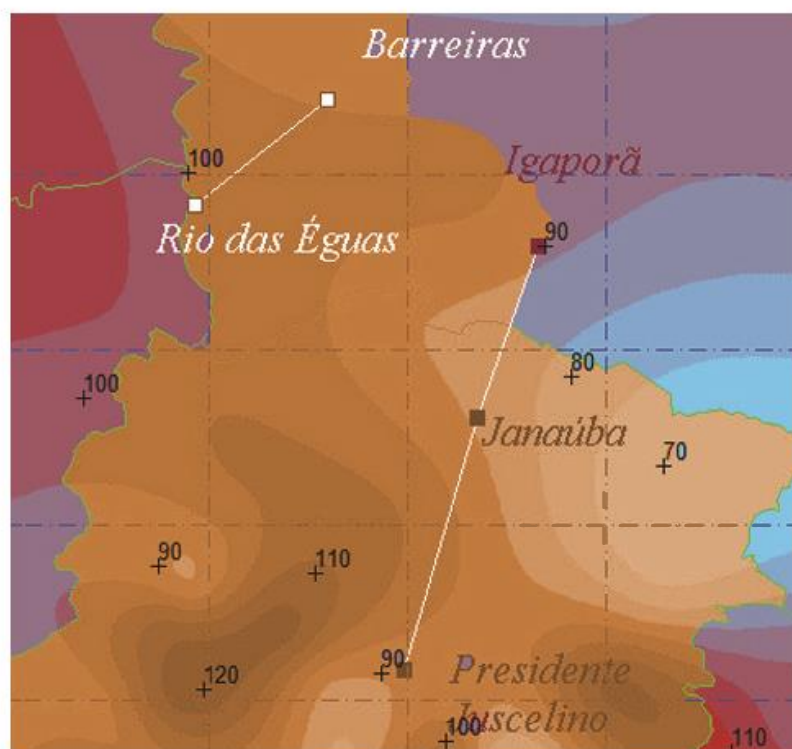
4. REFERÊNCIAS

- 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 14
- 4 Relatório RT-EQT4-L400-PB-ELM-0003_DADOS CLIMATOLÓGICOS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1
- 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**

BATÁVIA
Engenharia



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 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 isótopas 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.

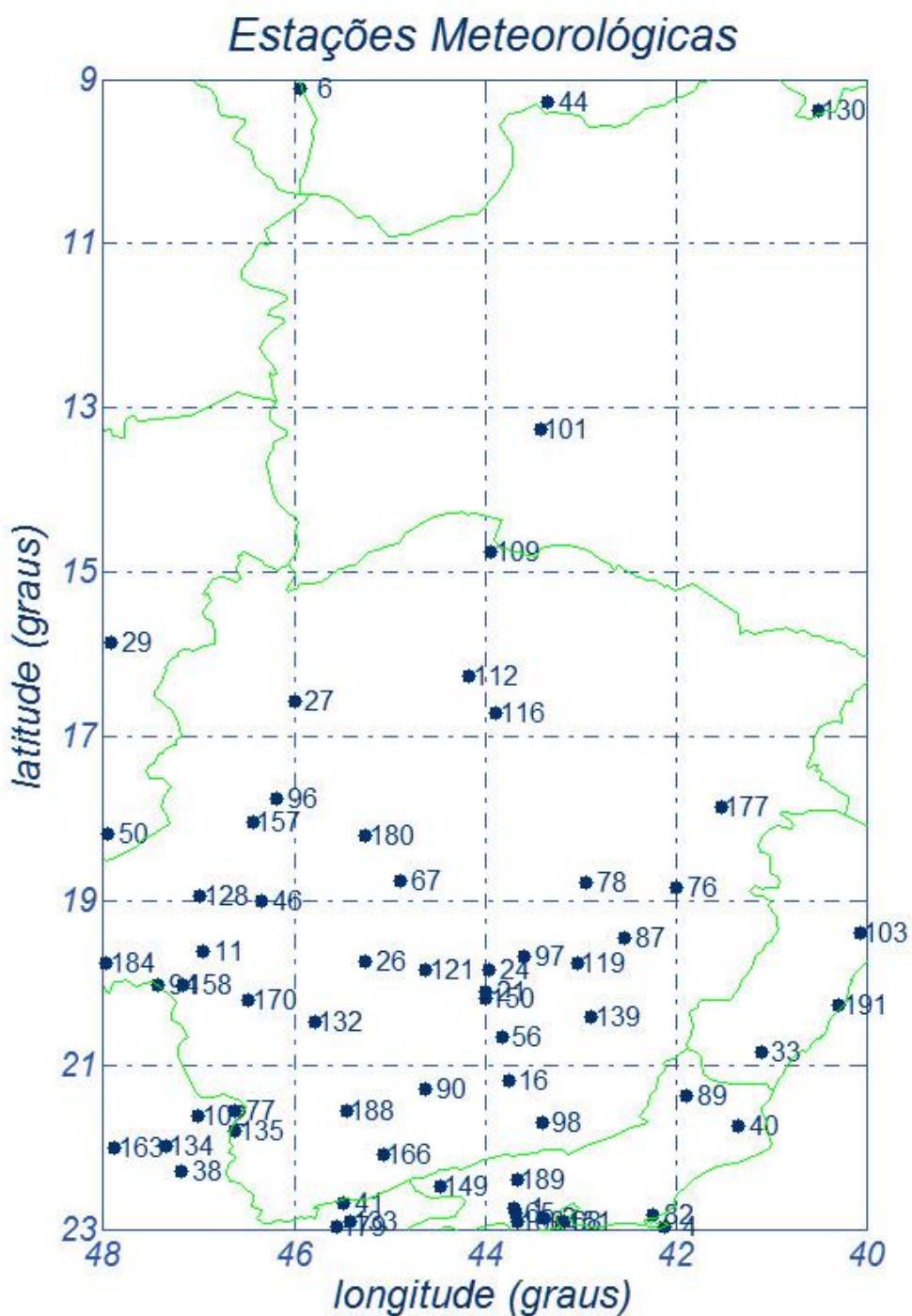


Figura 2.1 - Região de implantação do sistema elétrico de transmissão em foco

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>	22.75	43.70	8	55.89	13	89.42	13	1.60	1.30
<i>Afonso</i>	22.87	43.37	14	50.30	16	80.48	16	1.60	1.30
<i>Álcalis</i>	22.96	42.11	11	69.27	13	110.83	13	1.60	1.30
<i>Alto Parnaíba</i>	9.12	45.93	6	39.56	16	67.25	16	1.70	1.35
<i>Araxá</i>	19.62	46.95	10	57.23	13	91.57	13	1.60	1.30
<i>Barbacena</i>	21.18	43.75	12	53.76	13	86.02	13	1.60	1.30
<i>Barreiro</i>	20.10	43.98	12	65.97	13	105.55	13	1.60	1.30
<i>Belo Horizonte</i>	19.85	43.95	25	39.50	16	63.20	16	1.60	1.30
<i>Bom Despacho</i>	19.75	45.25	20	52.86	16	84.58	16	1.60	1.30
<i>Bonfim Minas</i>	16.57	46.00	6	51.07	16	81.71	16	1.60	1.30
<i>Brasília</i>	15.87	47.92	15	51.08	19	81.73	19	1.60	1.30
<i>Cacho. Itapemirim</i>	20.85	41.10	4	60.37	13	96.59	13	1.60	1.30
<i>Campininha</i>	22.30	47.18	15	41.90	13	67.04	13	1.60	1.30
<i>Campos</i>	21.75	41.33	8	37.74	19	60.39	19	1.60	1.30
<i>Campos do Jordão</i>	22.68	45.48	17	52.86	13	84.58	13	1.60	1.30
<i>Caracol</i>	9.28	43.33	8	42.80	16	72.77	16	1.70	1.35
<i>Carmo Parnaíba</i>	19.00	46.33	4	62.05	13	99.28	13	1.60	1.30
<i>Catalão</i>	18.18	47.95	6	44.02	19	70.43	19	1.60	1.30
<i>Cons. Lafaiete</i>	20.67	43.82	6	58.46	13	93.54	13	1.60	1.30
<i>Ecologia Agrícola</i>	22.80	43.68	21	61.04	16	97.66	16	1.60	1.30
<i>Felixlândia</i>	18.75	44.88	11	54.88	13	87.81	13	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_{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>	9.38	40.50	6	50.23	13	85.39	13	1.70	1.35
<i>Pimenta</i>	20.47	45.78	12	52.86	13	84.58	13	1.60	1.30
<i>Pindamonhangaba</i>	22.90	45.42	12	53.31	13	85.30	13	1.60	1.30
<i>Pirassununga</i>	21.98	47.35	15	53.80	16	86.08	16	1.60	1.30
<i>Poços Caldas</i>	21.80	46.62	11	63.95	13	102.32	13	1.60	1.30
<i>Ponte Nova</i>	20.42	42.88	7	42.67	13	68.27	13	1.60	1.30
<i>Resende</i>	22.48	44.47	28	66.07	13	105.71	13	1.60	1.30
<i>Retiro Pedras</i>	20.18	43.98	15	70.05	13	112.08	13	1.60	1.30
<i>Rio de Janeiro</i>	22.90	43.17	25	49.20	16	78.72	16	1.60	1.30
<i>S Pedro P Firme</i>	18.05	46.43	7	56.11	16	89.78	16	1.60	1.30
<i>Sacramento</i>	20.03	47.17	5	57.23	13	91.57	13	1.60	1.30
<i>Santa Cruz</i>	22.92	43.67	25	67.30	16	107.68	16	1.60	1.30
<i>São Carlos</i>	22.02	47.88	12	58.35	13	93.36	13	1.60	1.30
<i>São Lourenço</i>	22.10	45.07	13	58.69	13	93.90	13	1.60	1.30
<i>São Roque</i>	20.22	46.48	22	61.26	13	98.02	13	1.60	1.30
<i>Teófilo Otoni</i>	17.87	41.52	10	39.98	16	63.97	16	1.60	1.30
<i>Tremembé</i>	22.97	45.55	14	40.99	19	65.59	19	1.60	1.30
<i>Três Marias</i>	18.22	45.25	22	67.98	16	108.77	16	1.60	1.30
<i>Uberaba</i>	19.77	47.97	18	58.69	13	93.90	13	1.60	1.30
<i>Varginha</i>	21.57	45.45	11	52.08	13	83.33	13	1.60	1.30
<i>Vassouras</i>	22.40	43.67	11	44.35	19	70.96	19	1.60	1.30
<i>Vitoria</i>	20.28	40.29	7	63.50	13	101.61	13	1.60	1.30

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.

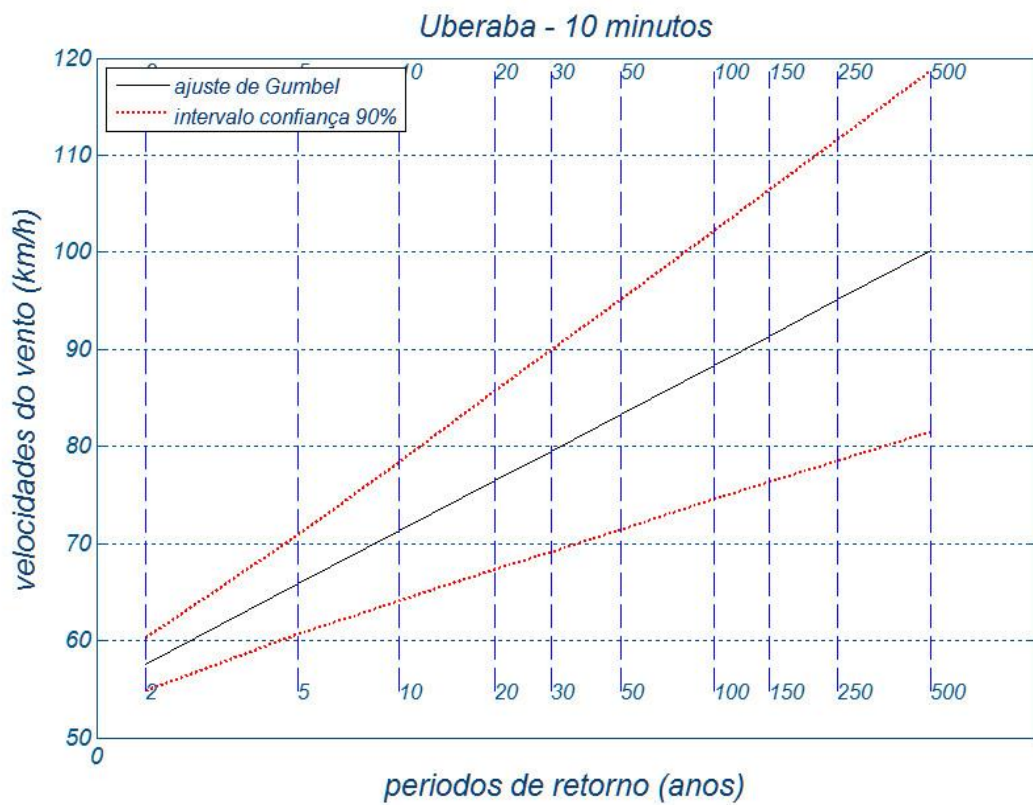
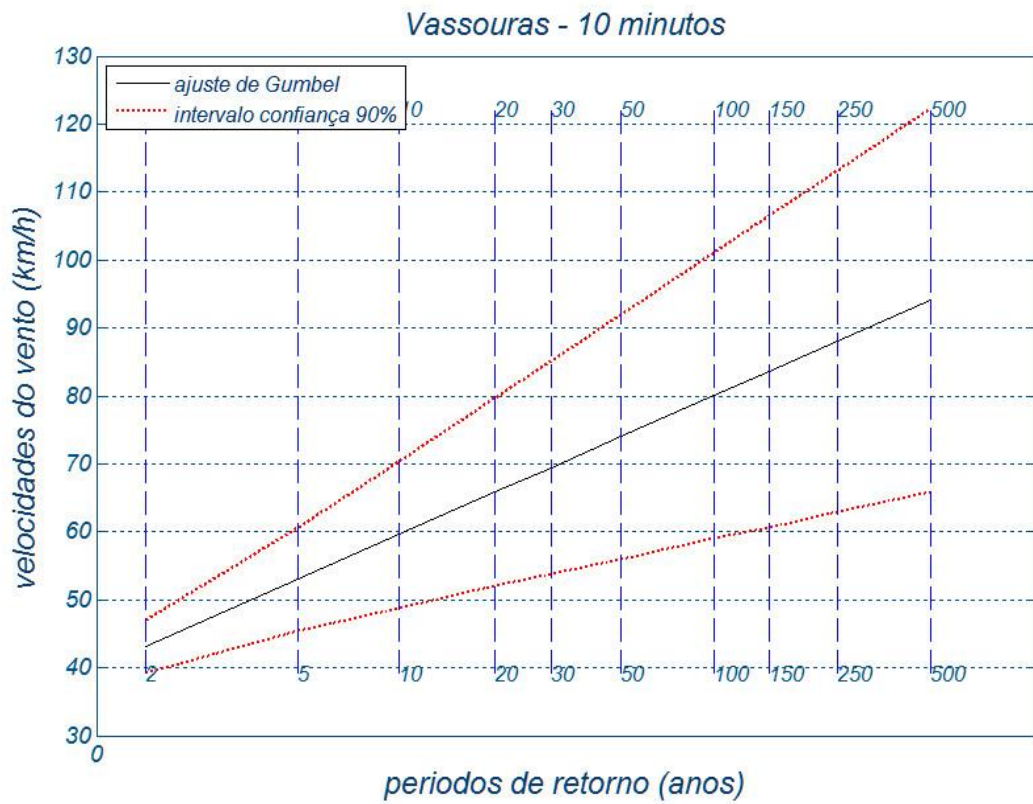
Tabela A1 - Valores dos coeficientes C_1 e C_2

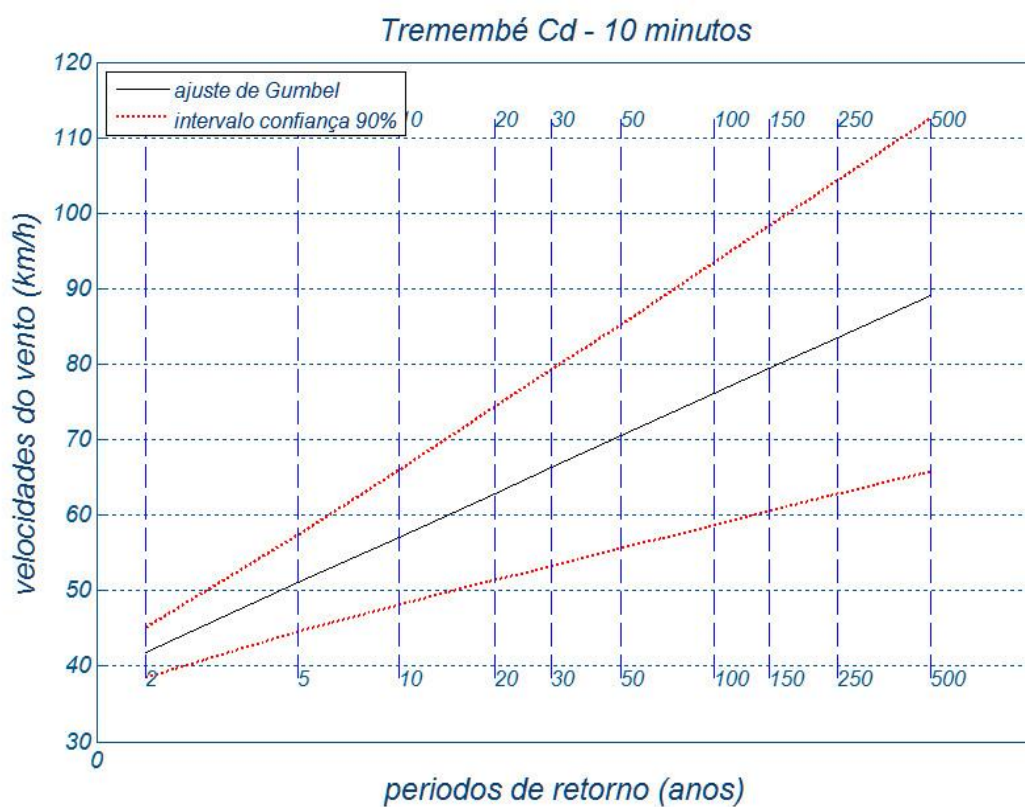
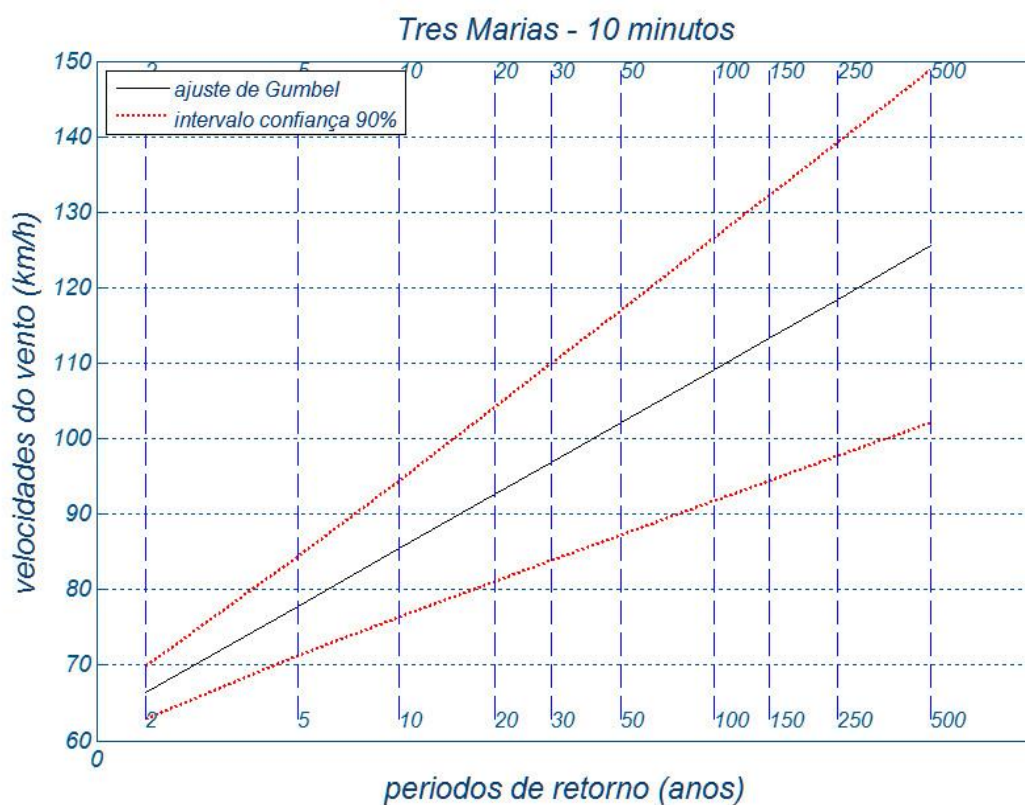
n	C_1			n	C_2		
2	0.49838	17	1.03970	2	0.40434	17	0.51768
3	0.64348	18	1.04810	3	0.42859	18	0.51980
4	0.73147	19	1.05570	4	0.44580	19	0.52175
5	0.79278	20	1.06280	5	0.45879	20	0.52355
6	0.83877	21	1.06940	6	0.46903	21	0.52522
7	0.87493	22	1.07550	7	0.47735	22	0.52678
8	0.90432	23	1.08120	8	0.48428	23	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

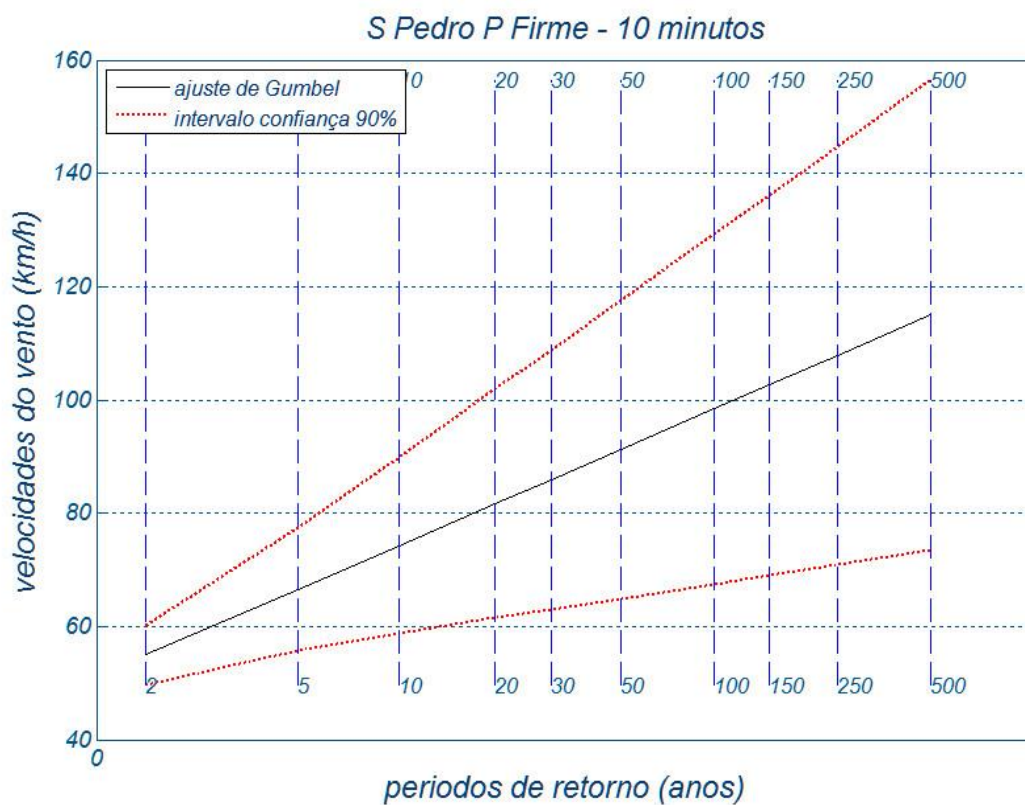
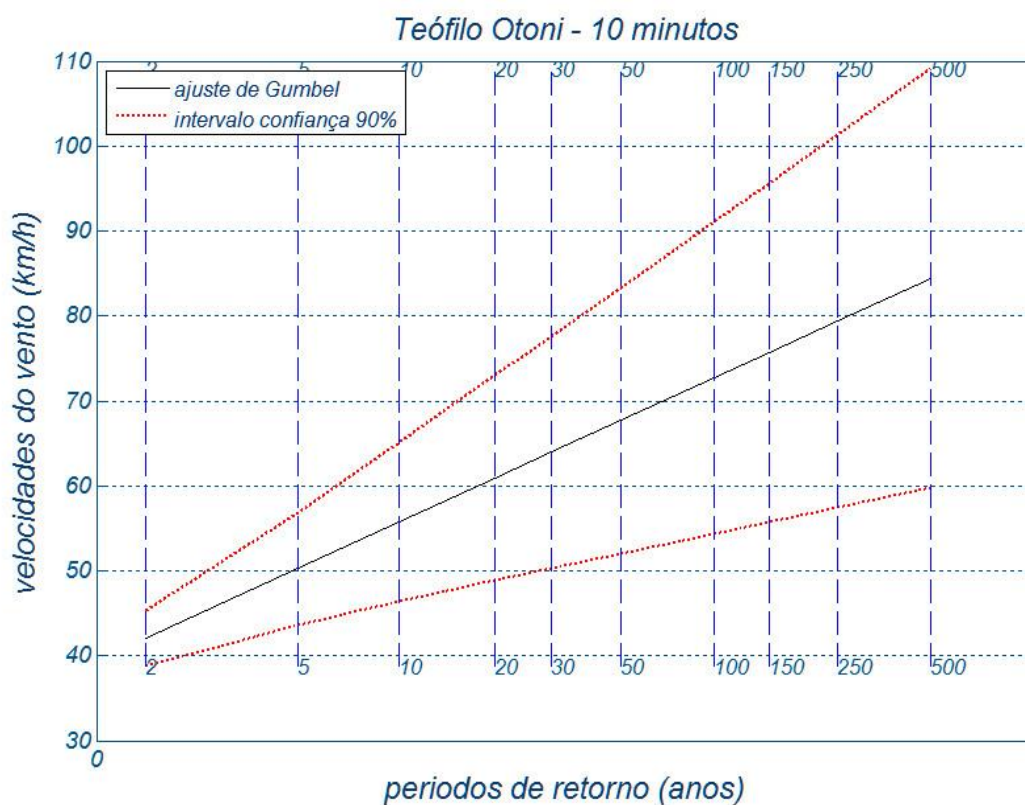
No caso dos valores de C_1 e C_2 serem assumidos para $n = \infty$, o método acima se identifica com o método dos momentos, que é menos conservador e raramente usado.

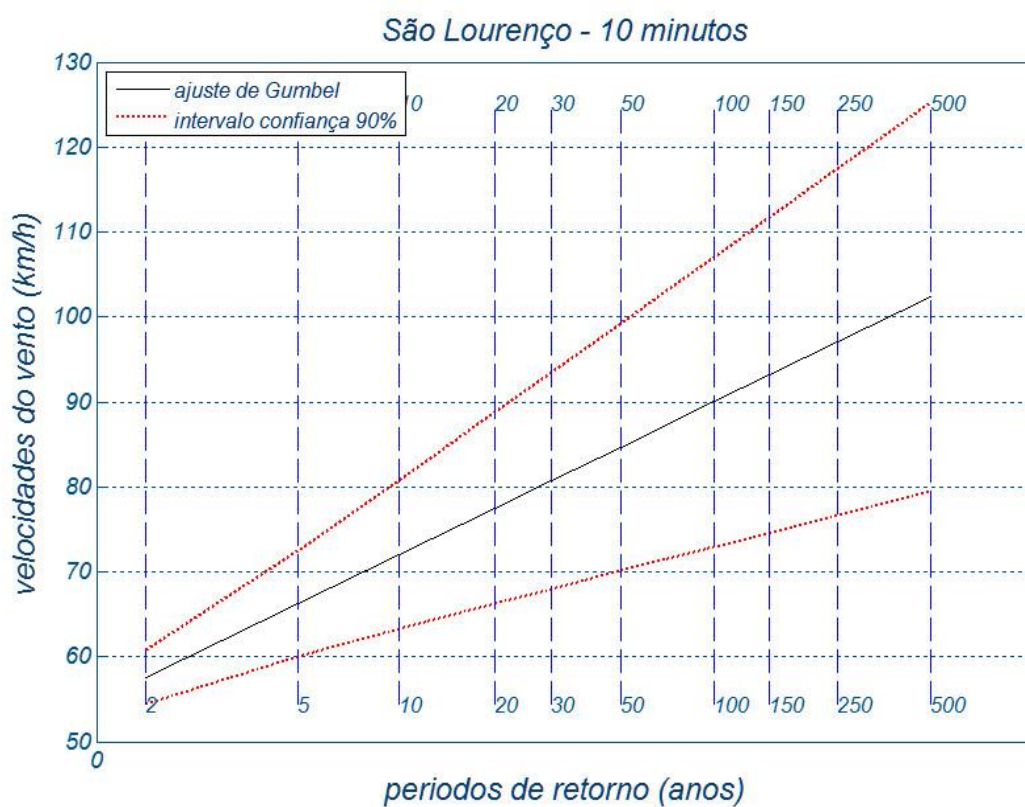
Anexo III Os ajustes da distribuição de Gumbel às amostras

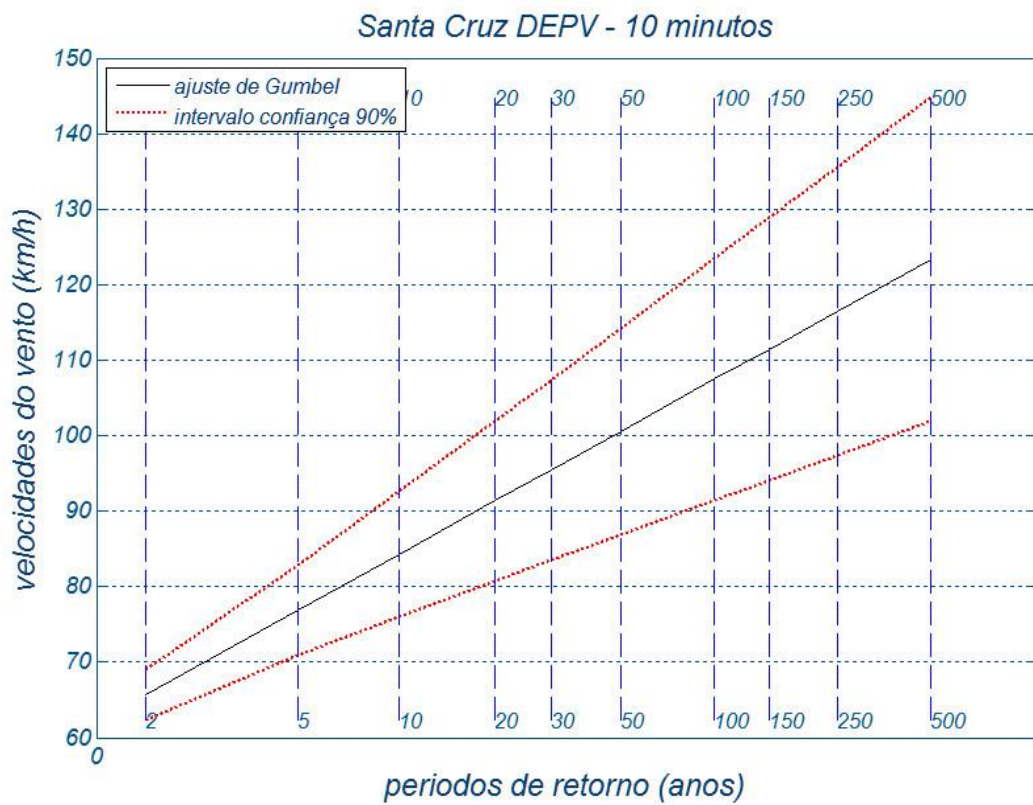
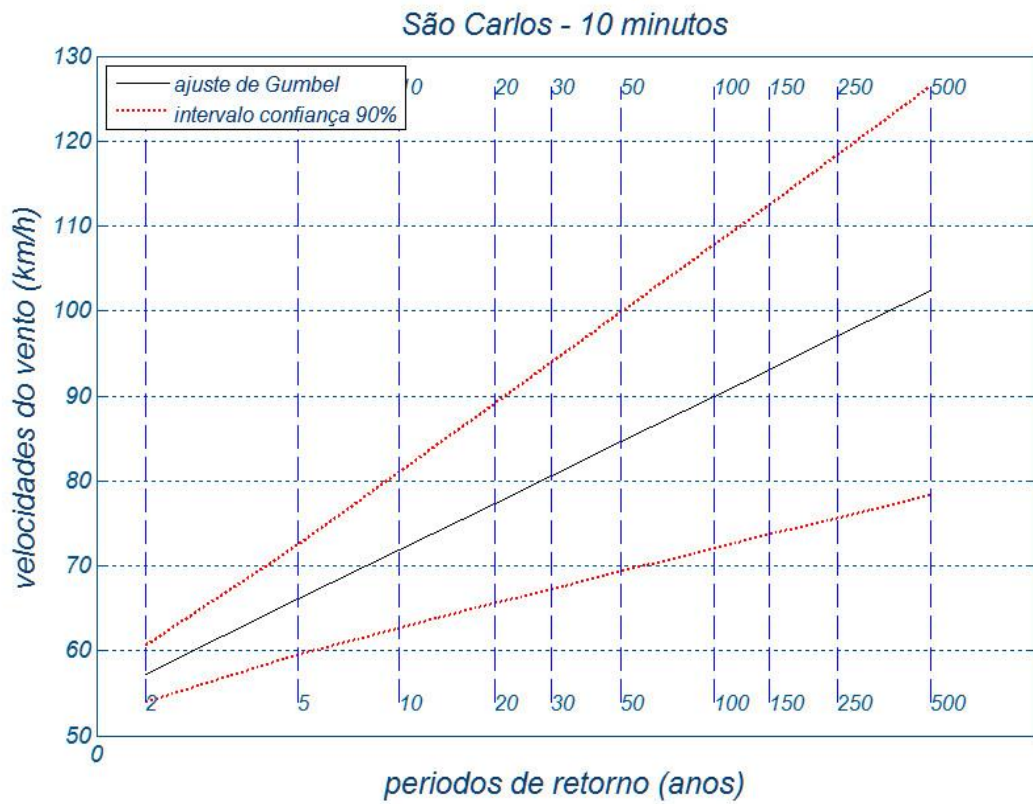
As figuras seguintes ilustram os ajustes de Gumbel em cada estação, tempo de média de 10 minutos. Para os demais tempos de média, os coeficientes da Tabela 3 podem ser usados.

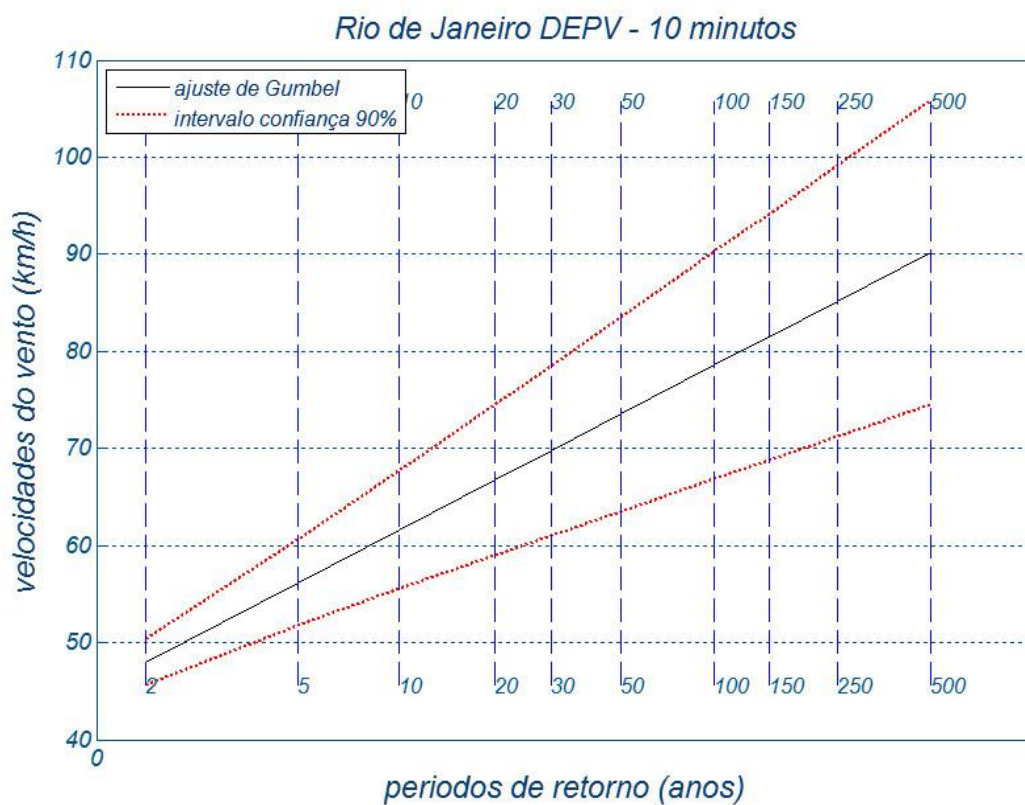
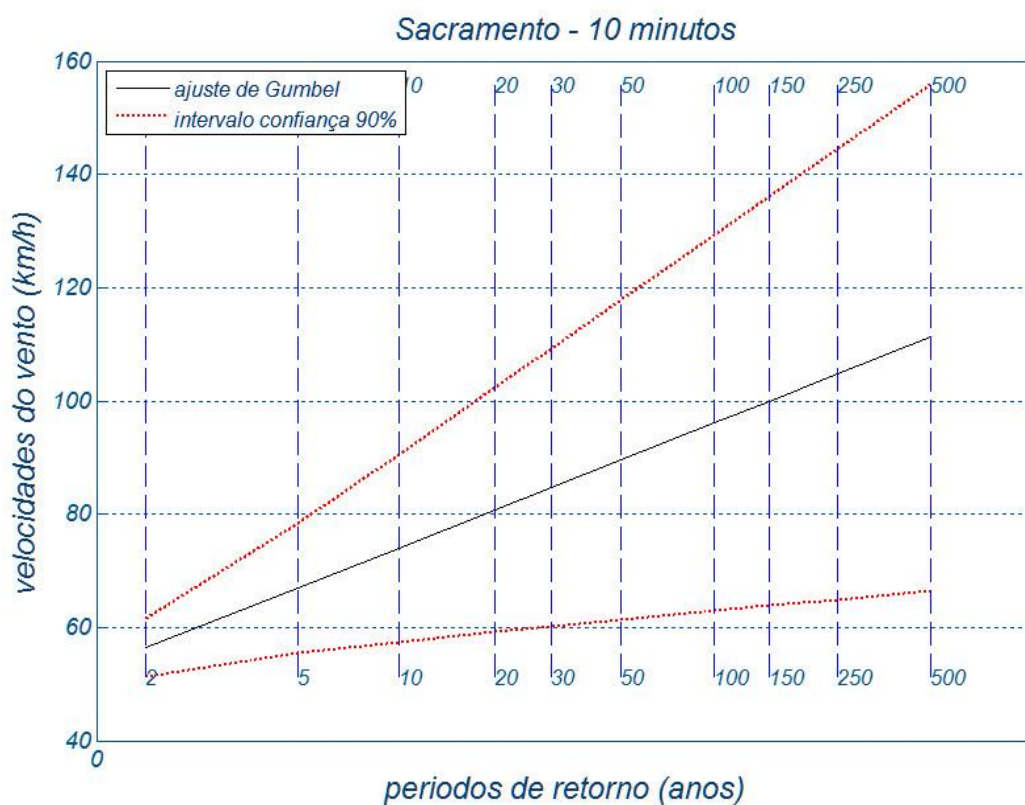


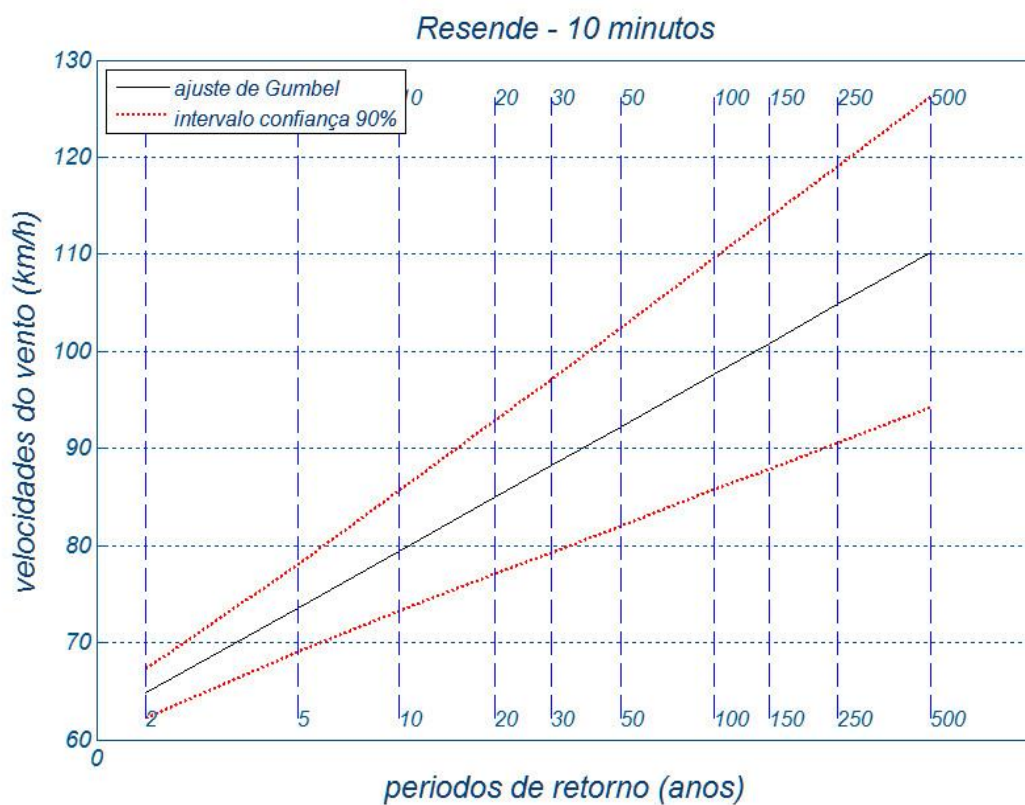
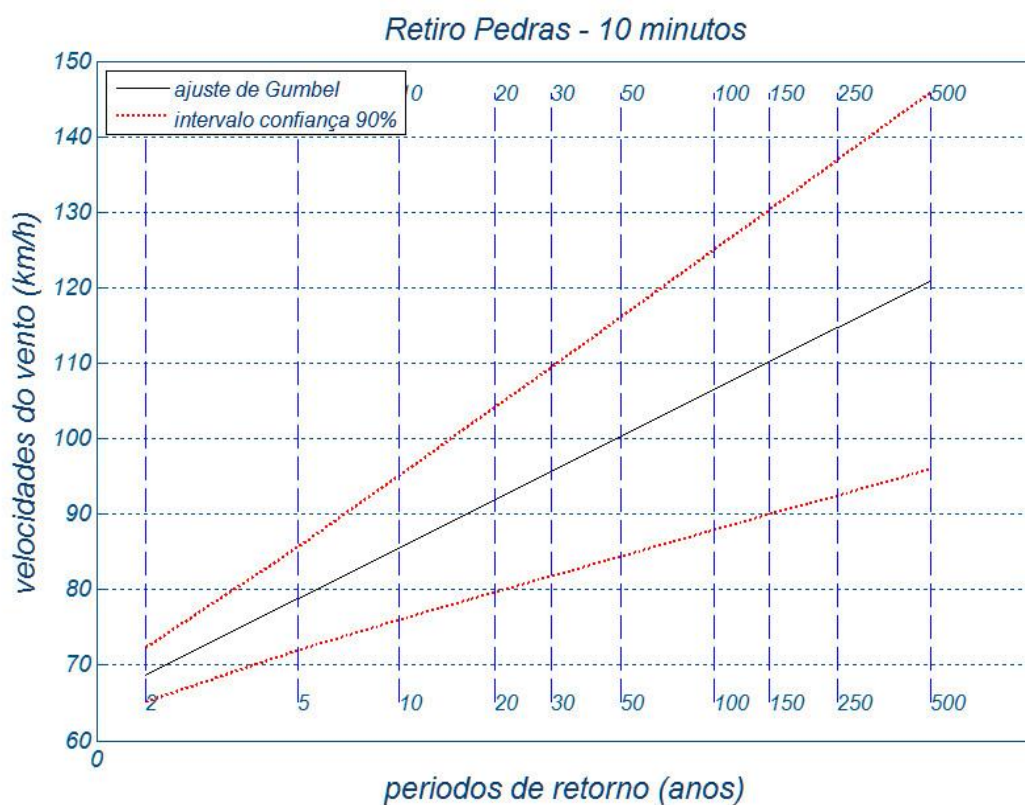


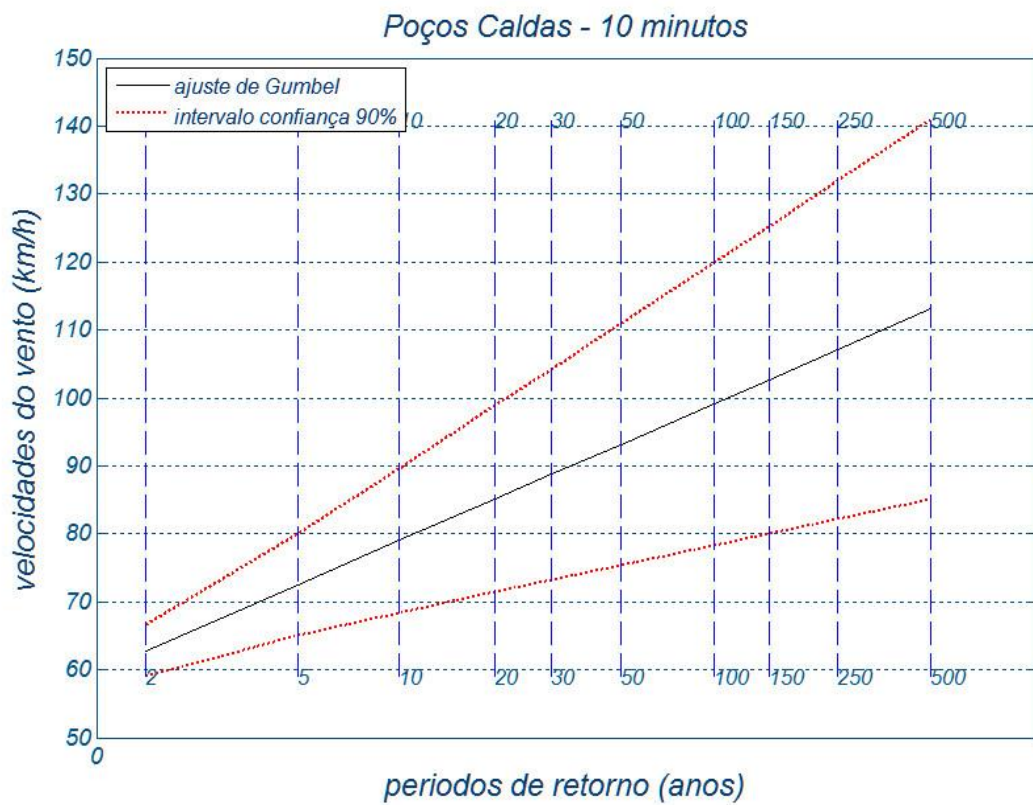
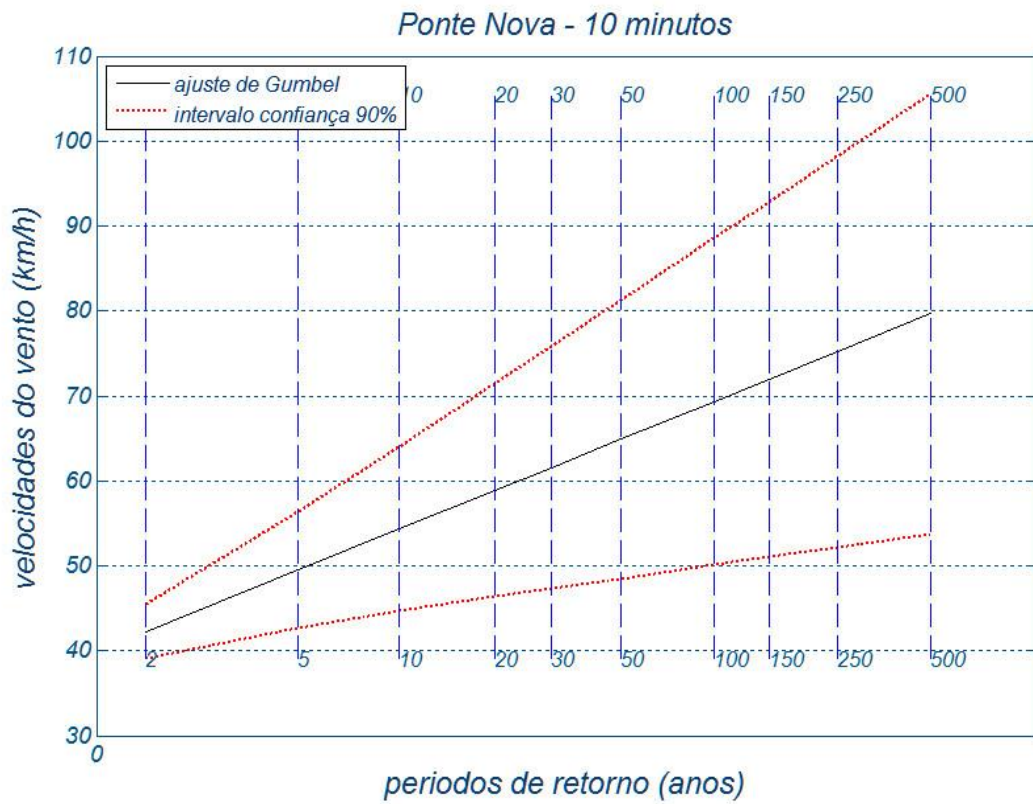


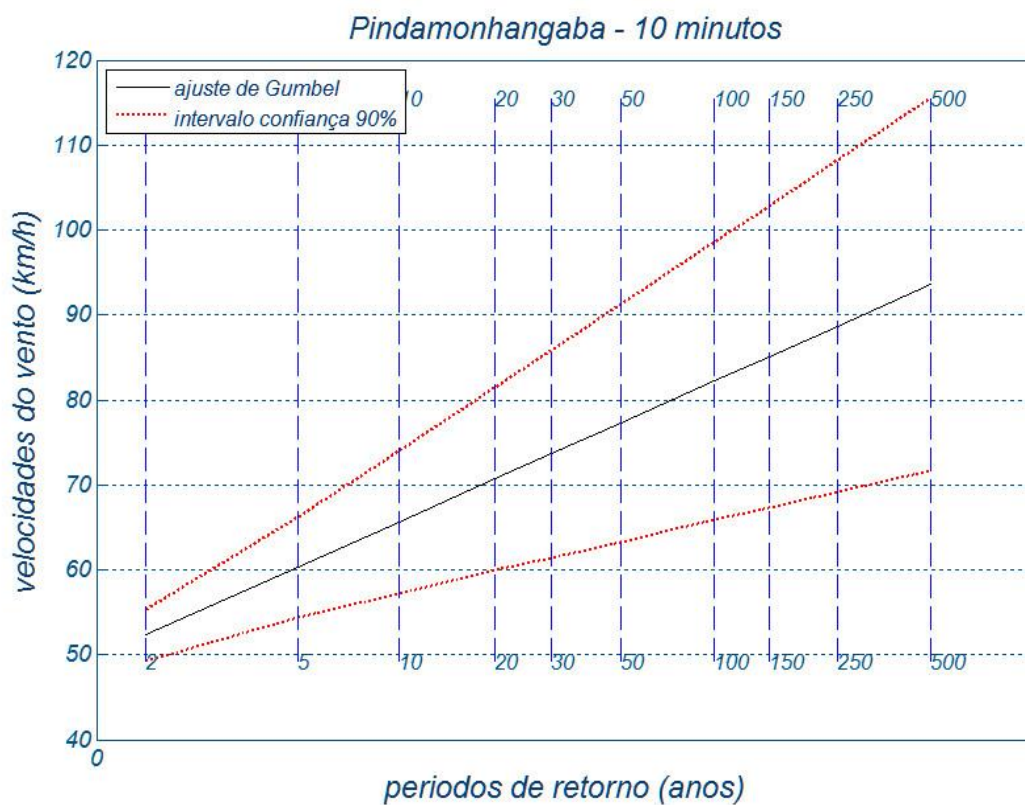
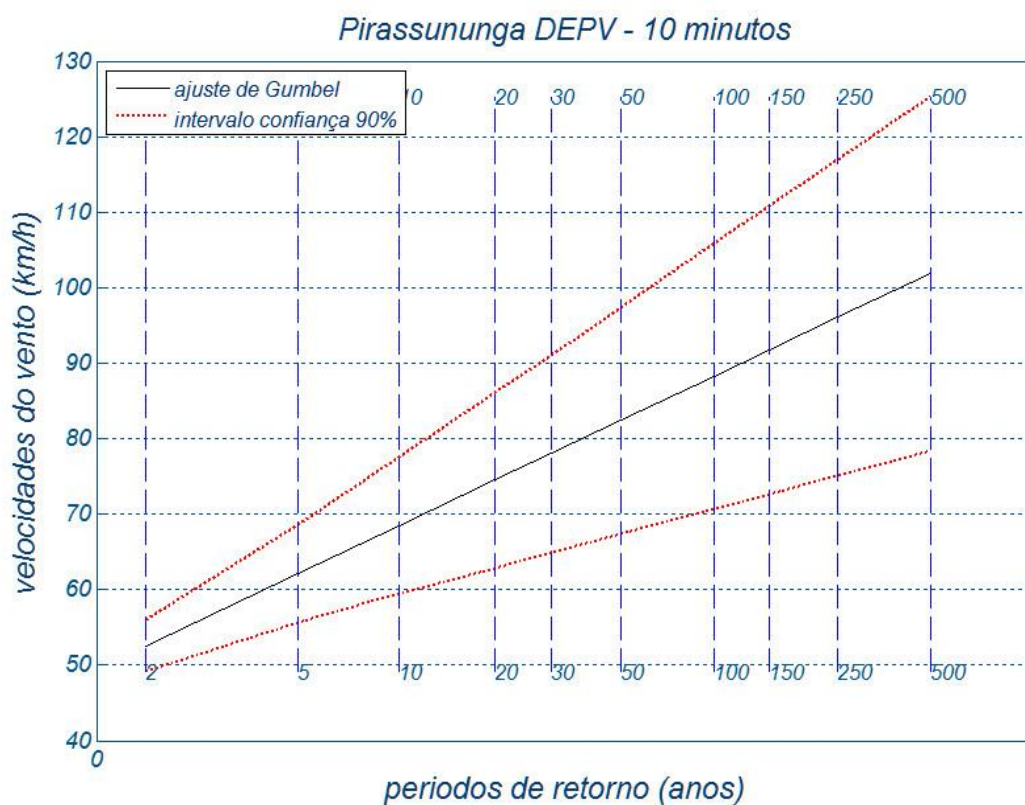


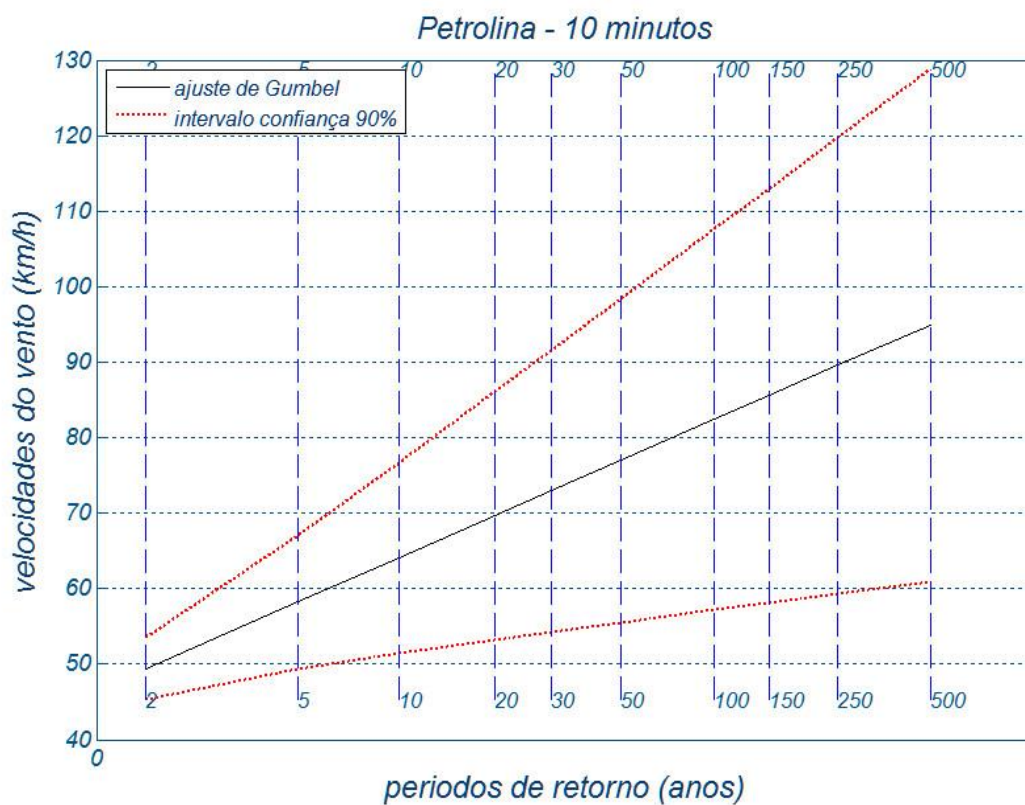
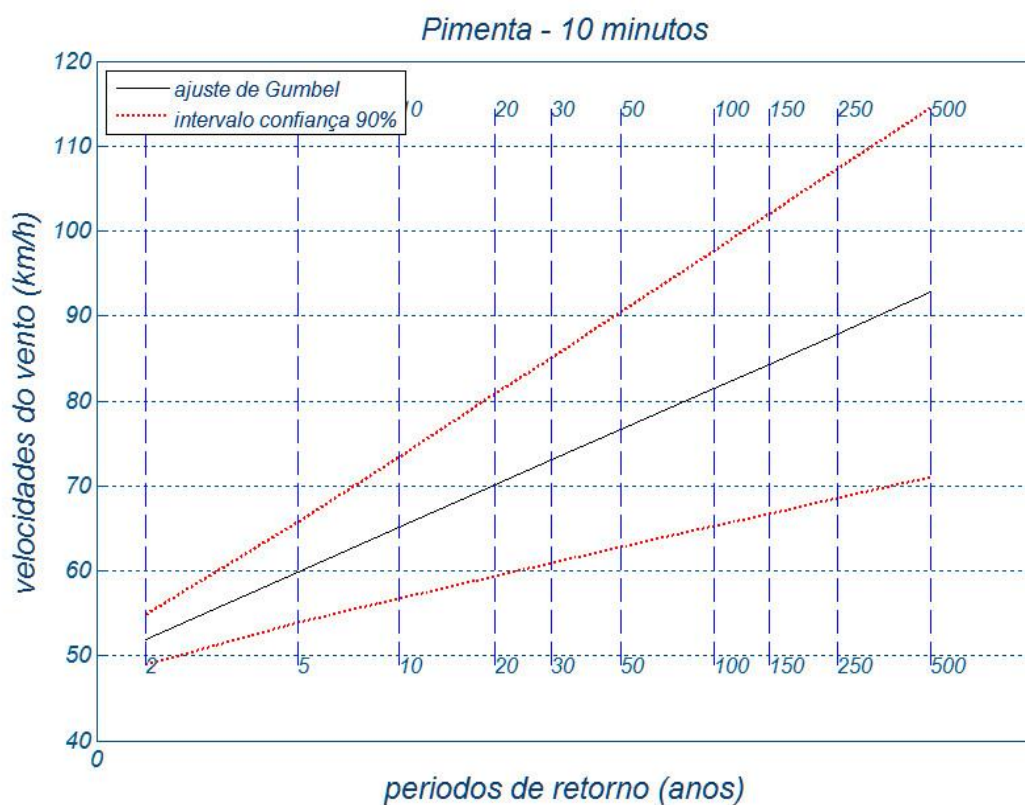


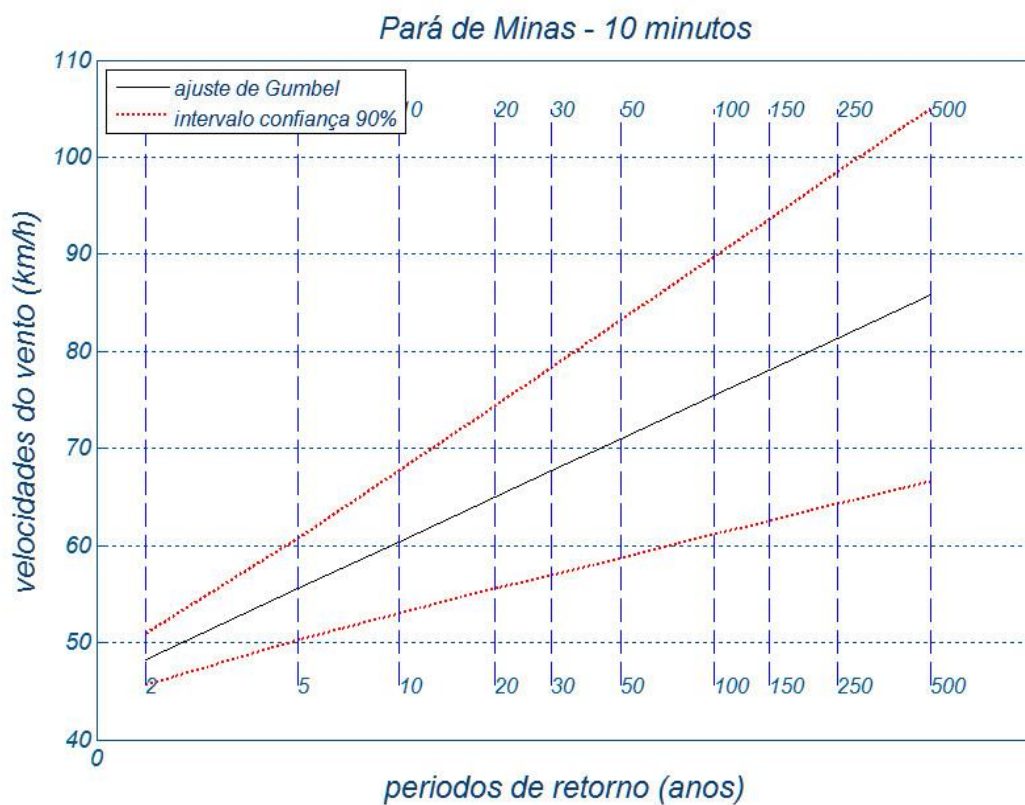
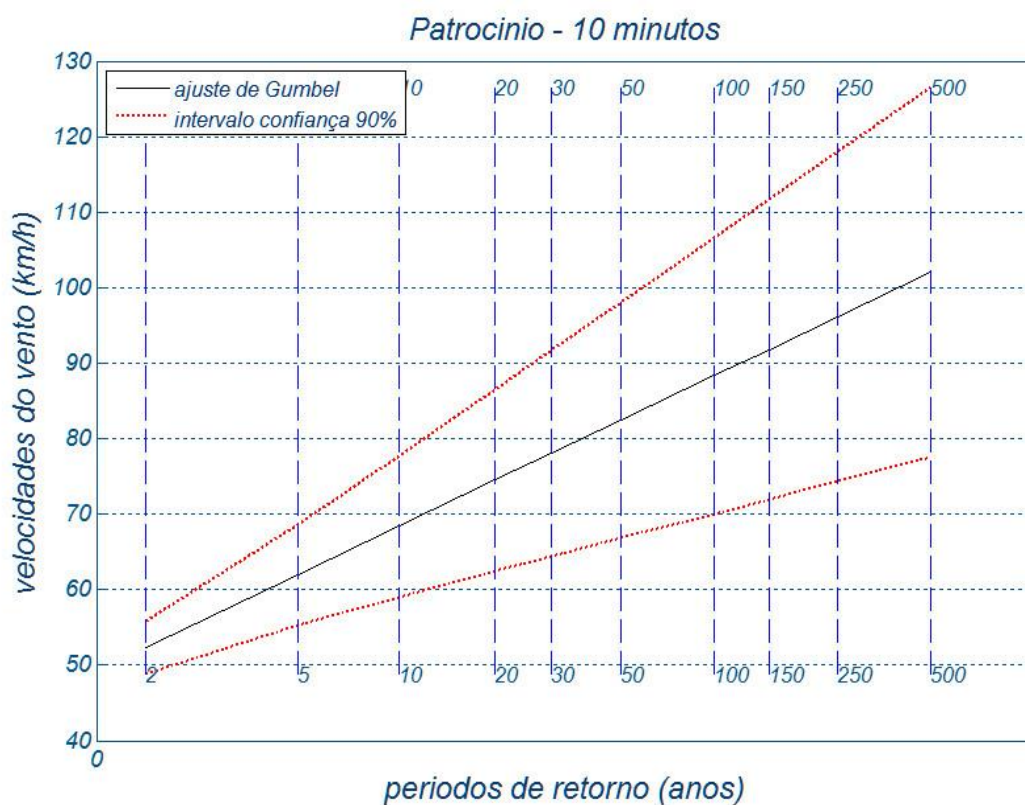


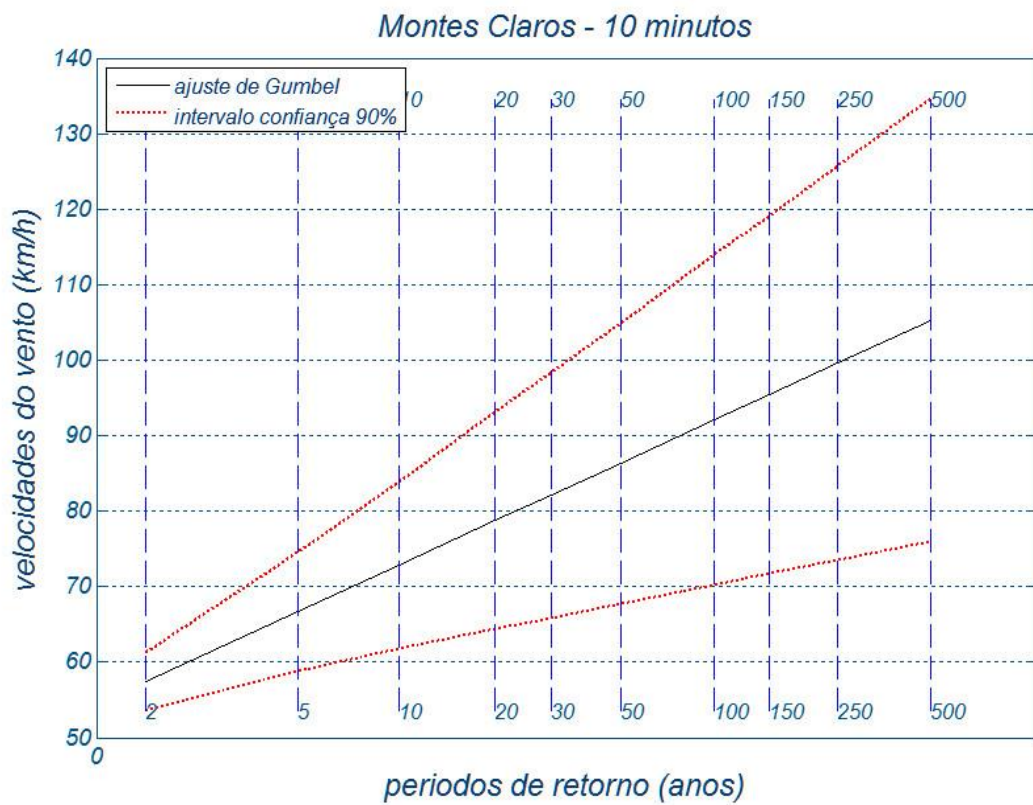
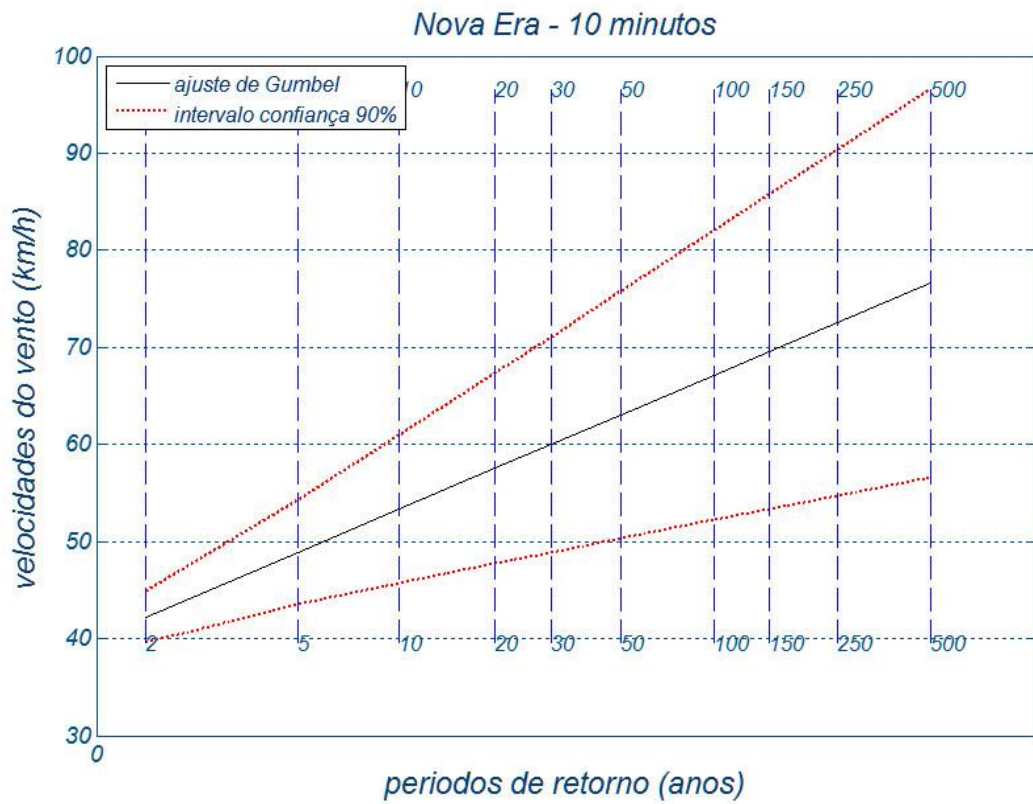


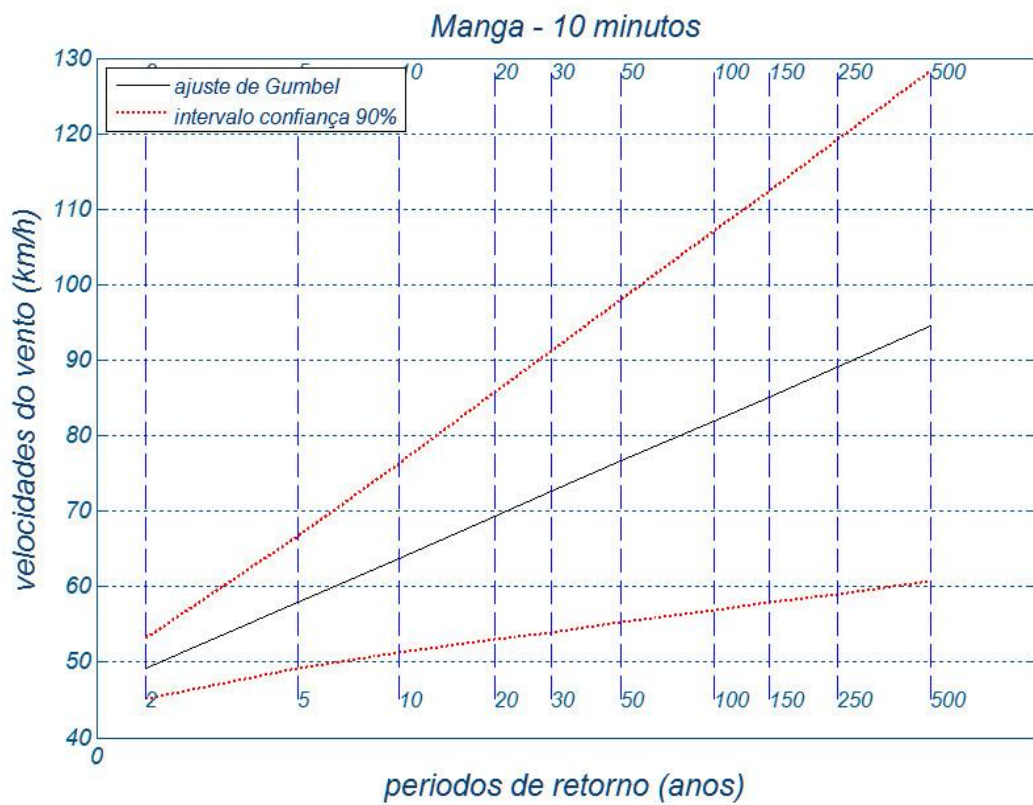
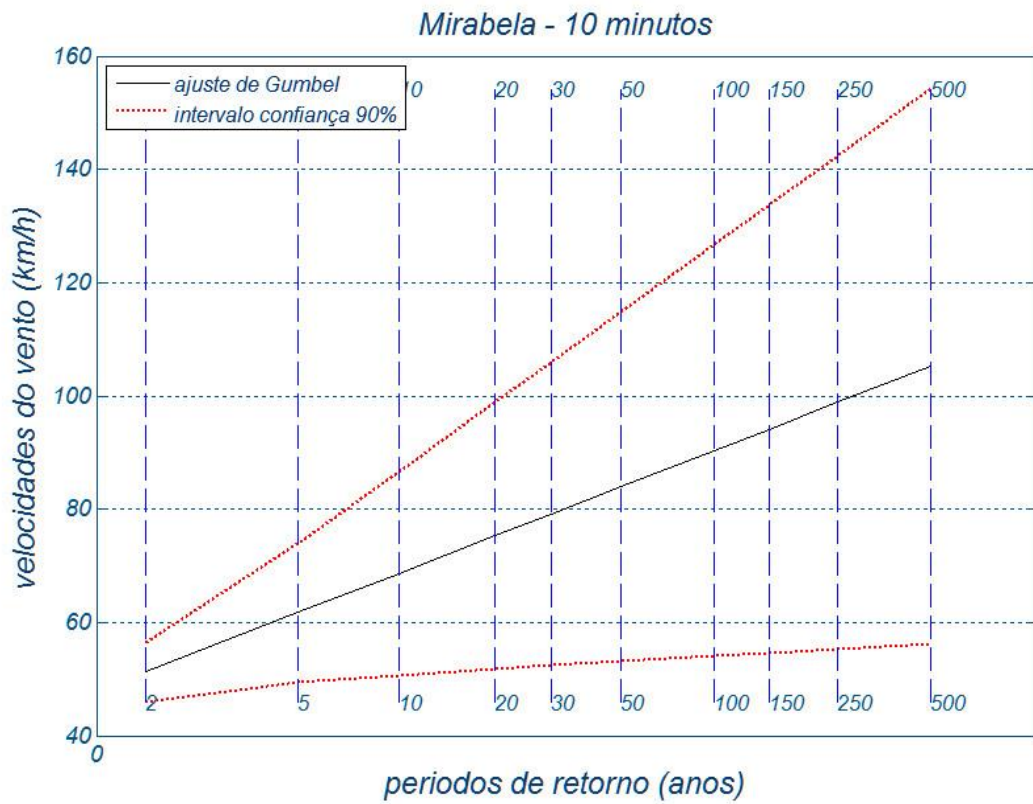


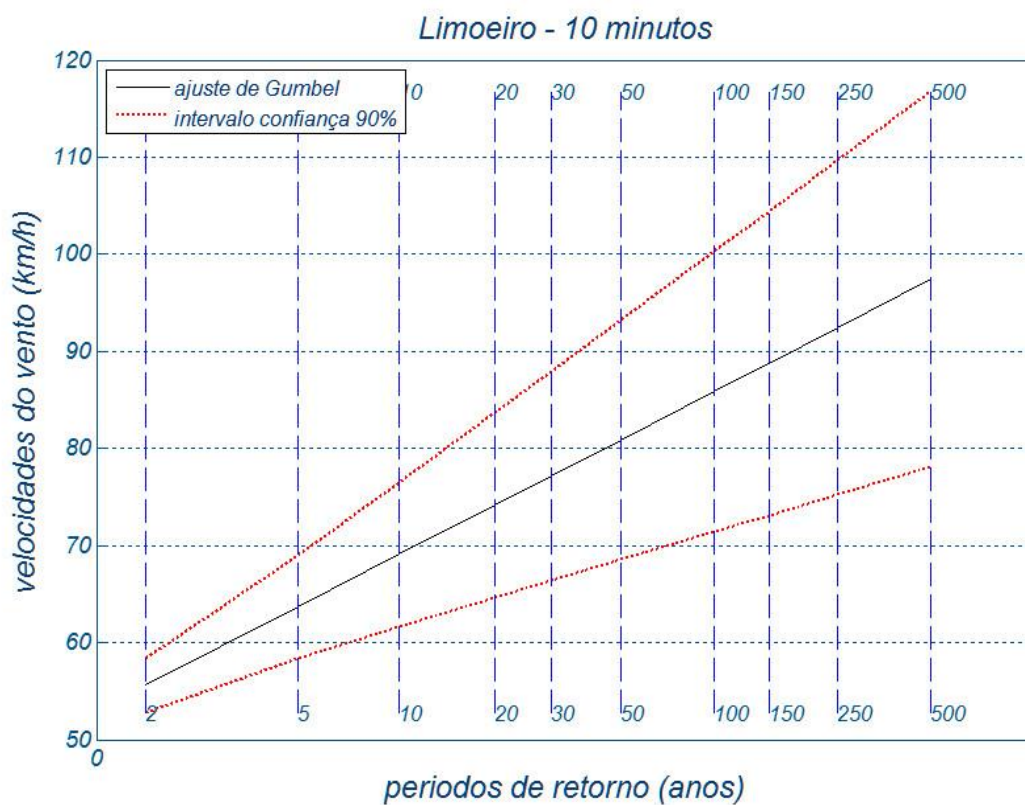
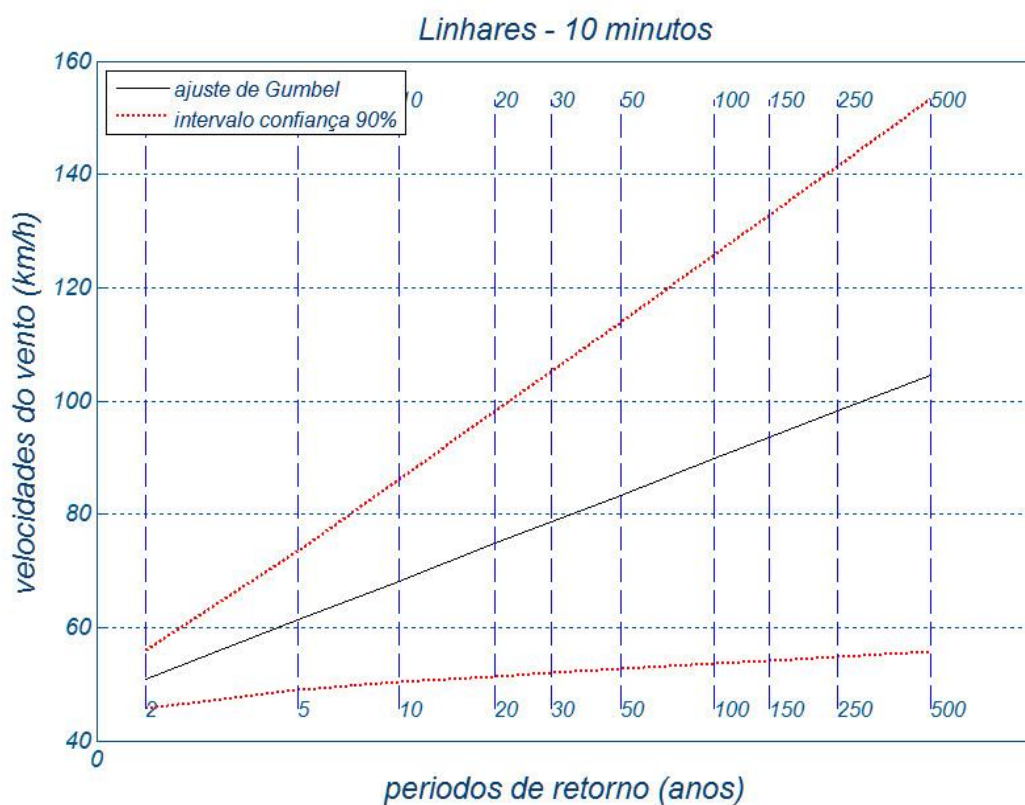


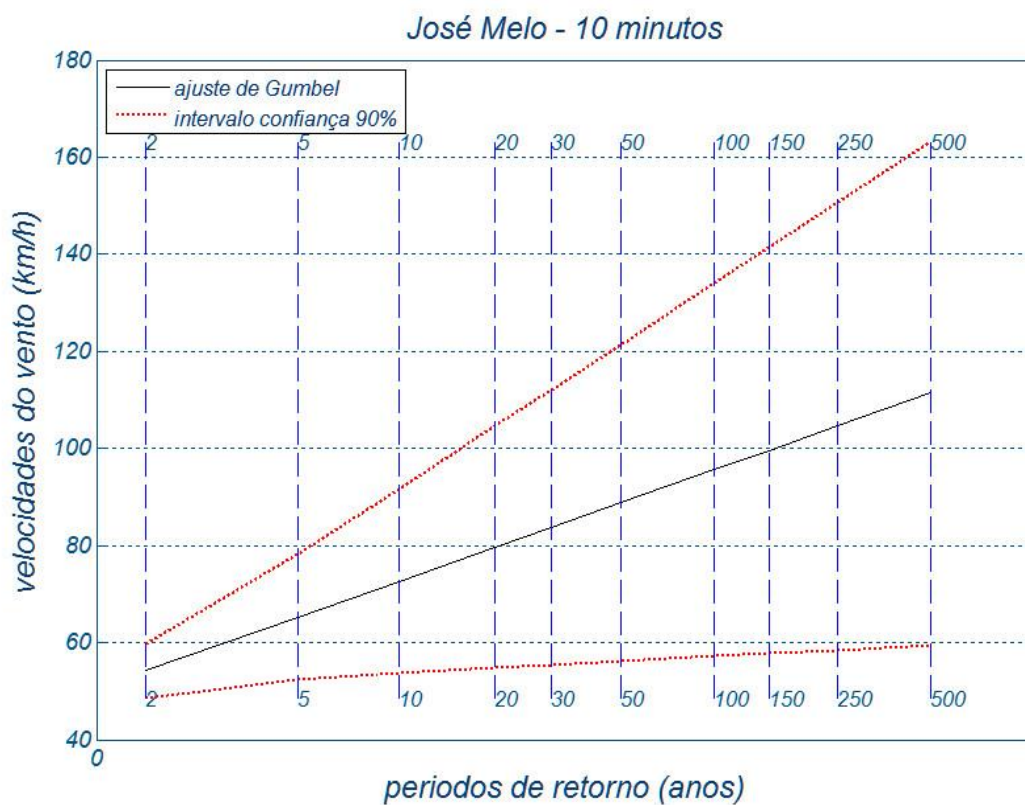
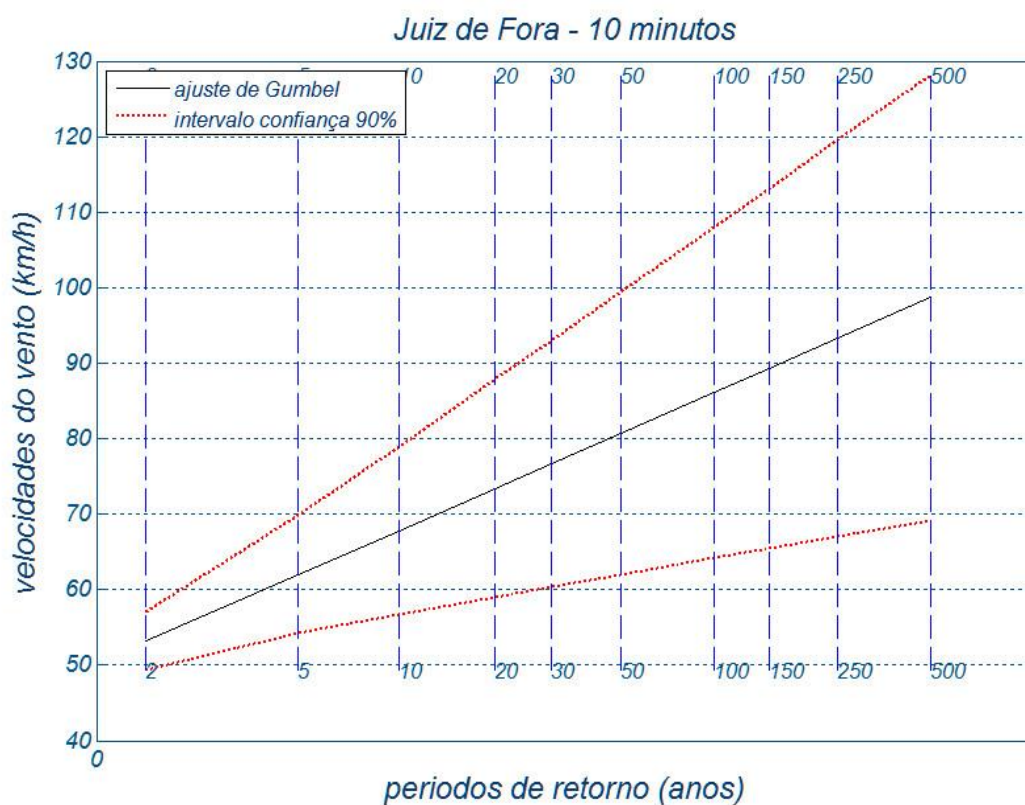


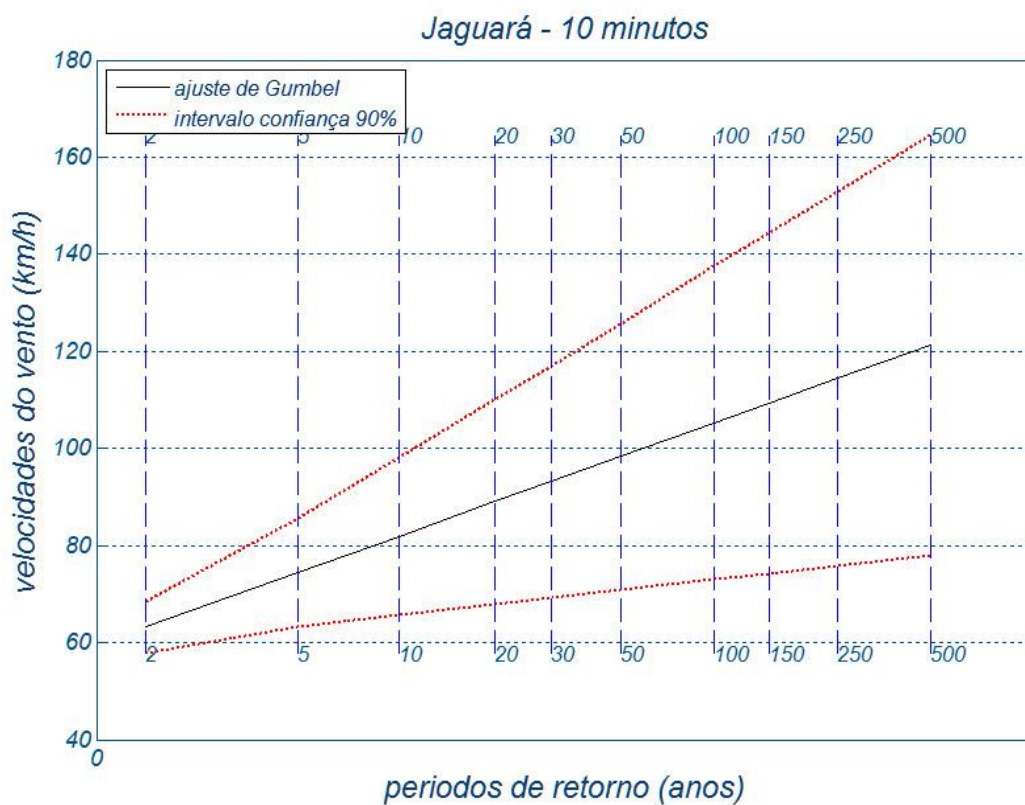
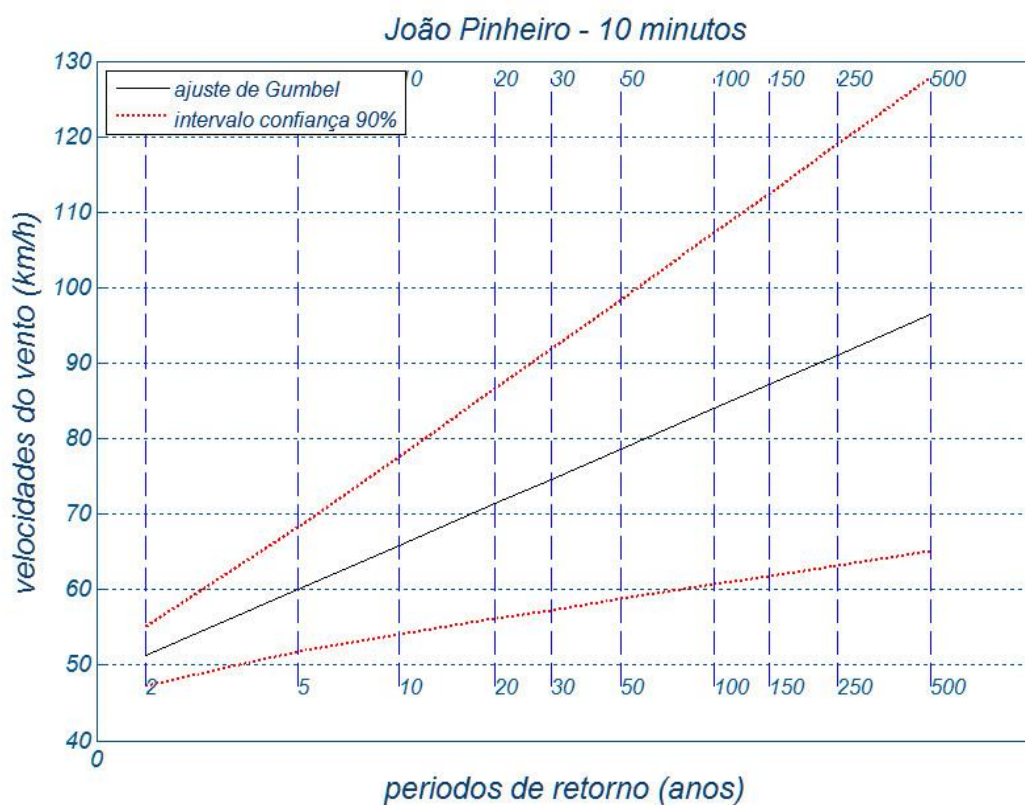


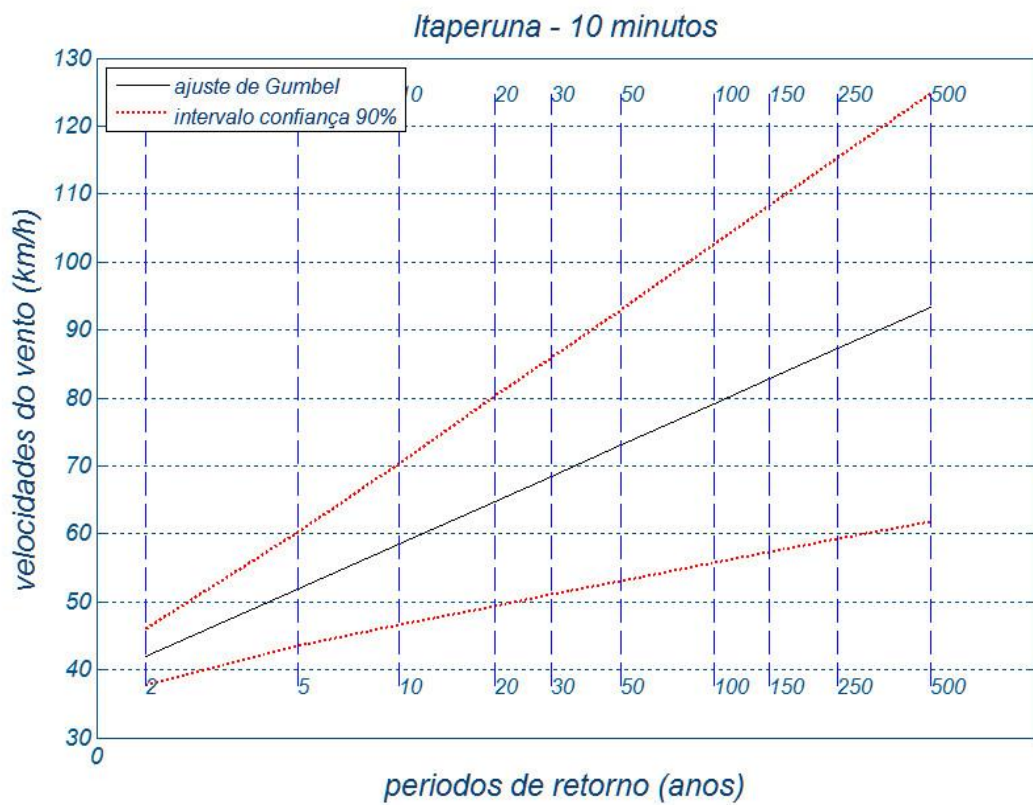
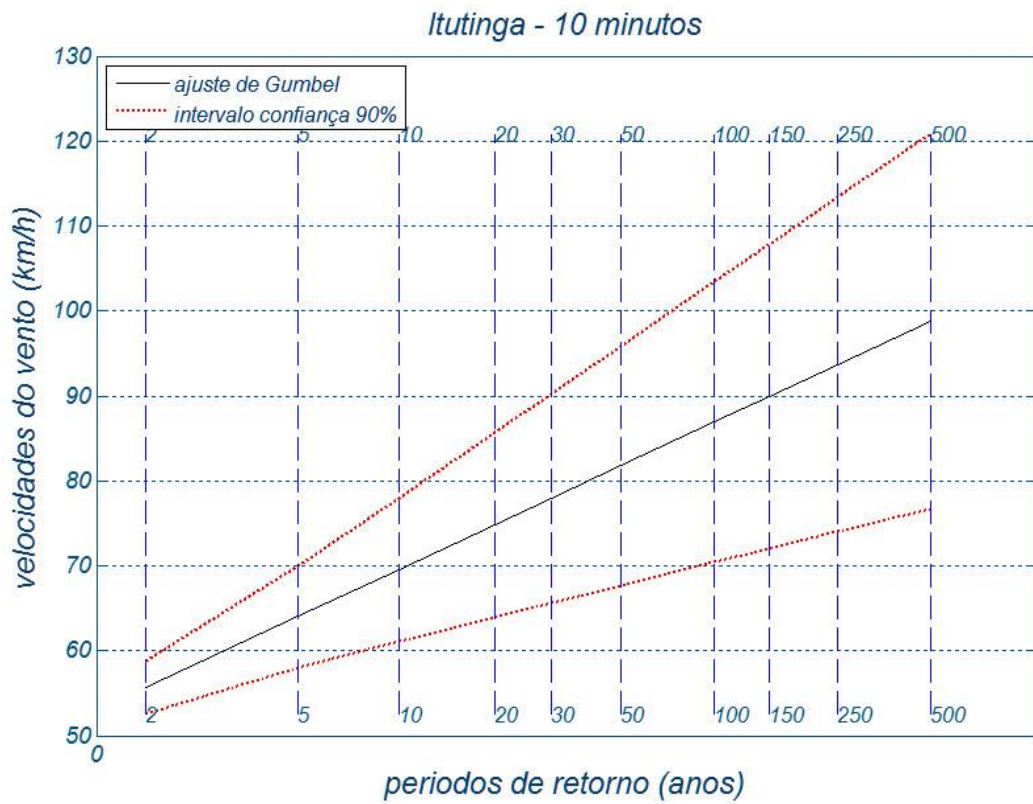


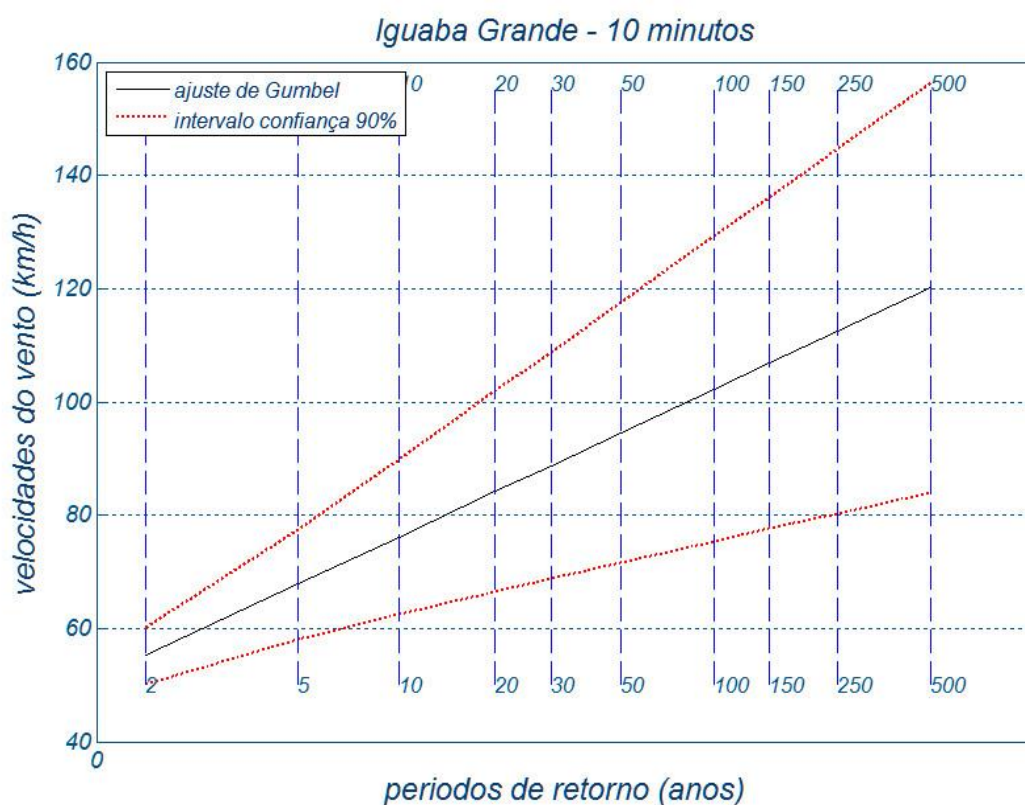
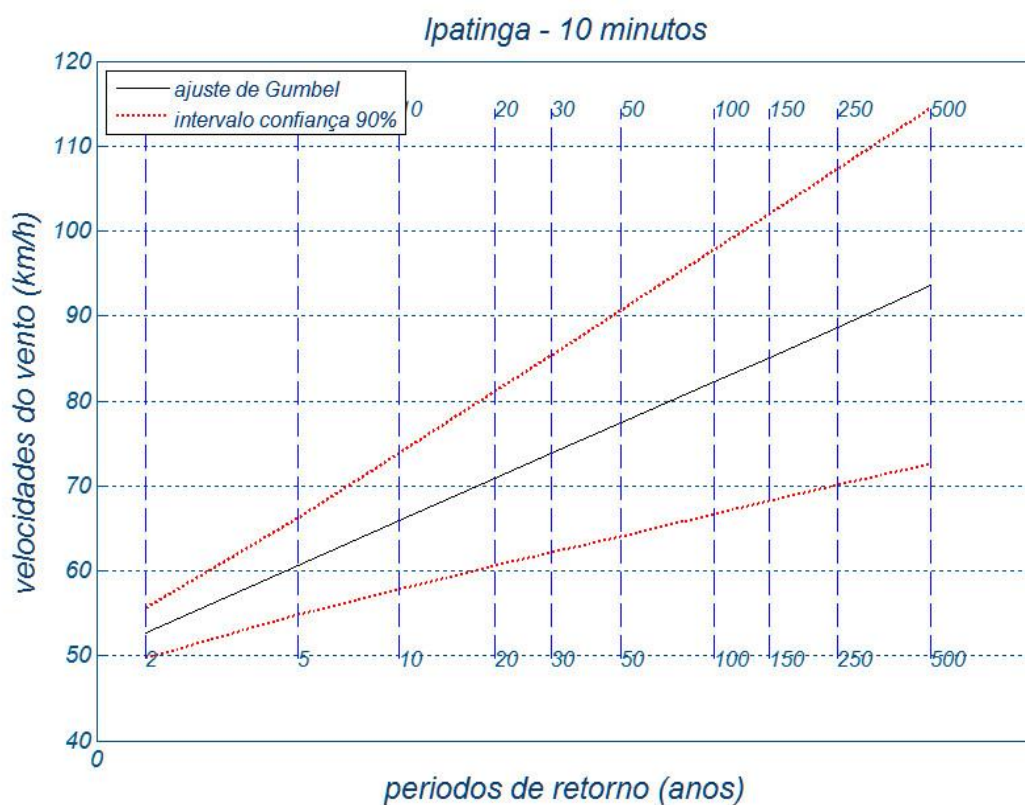


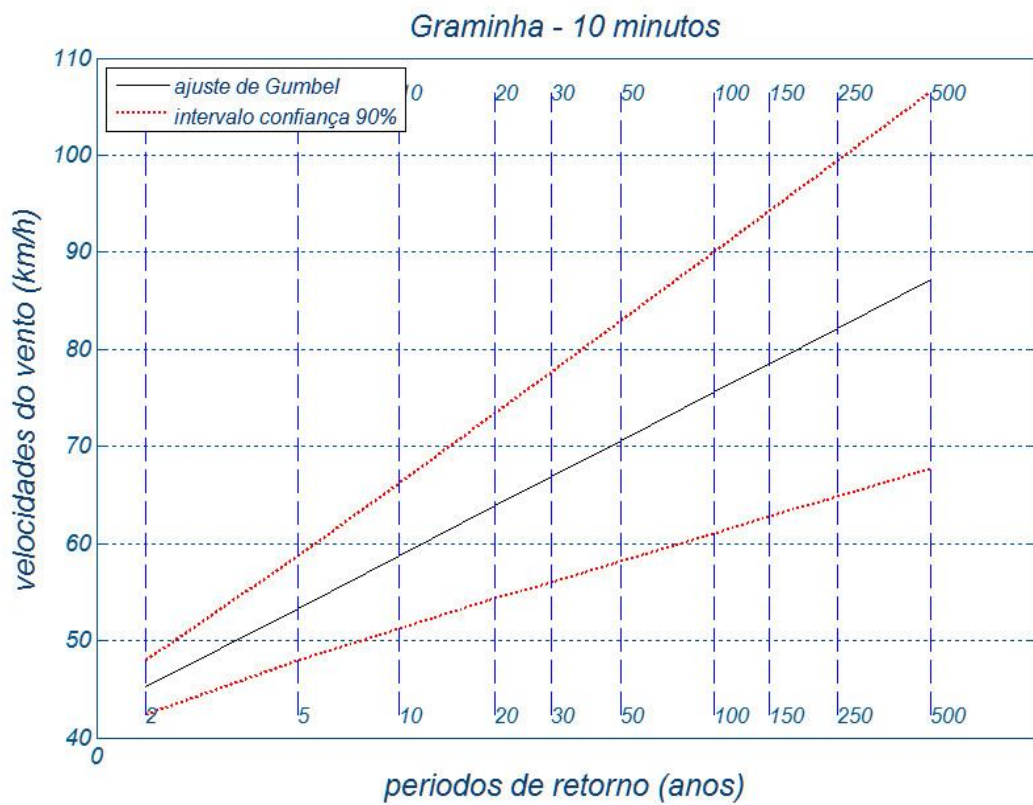
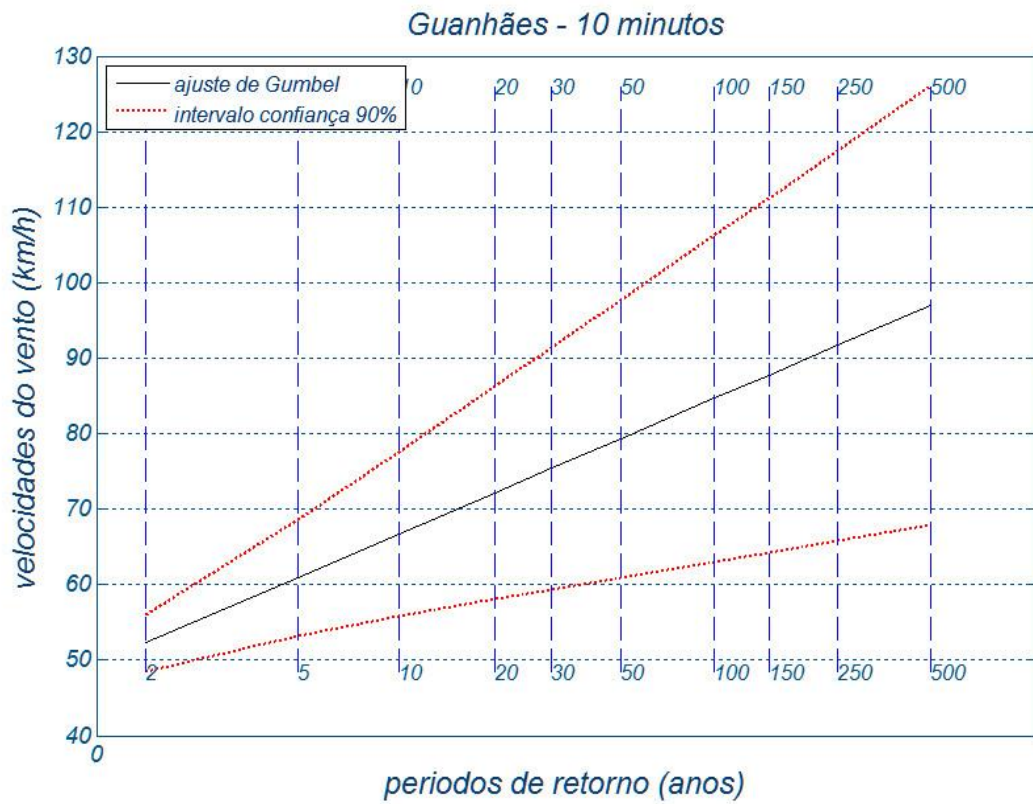


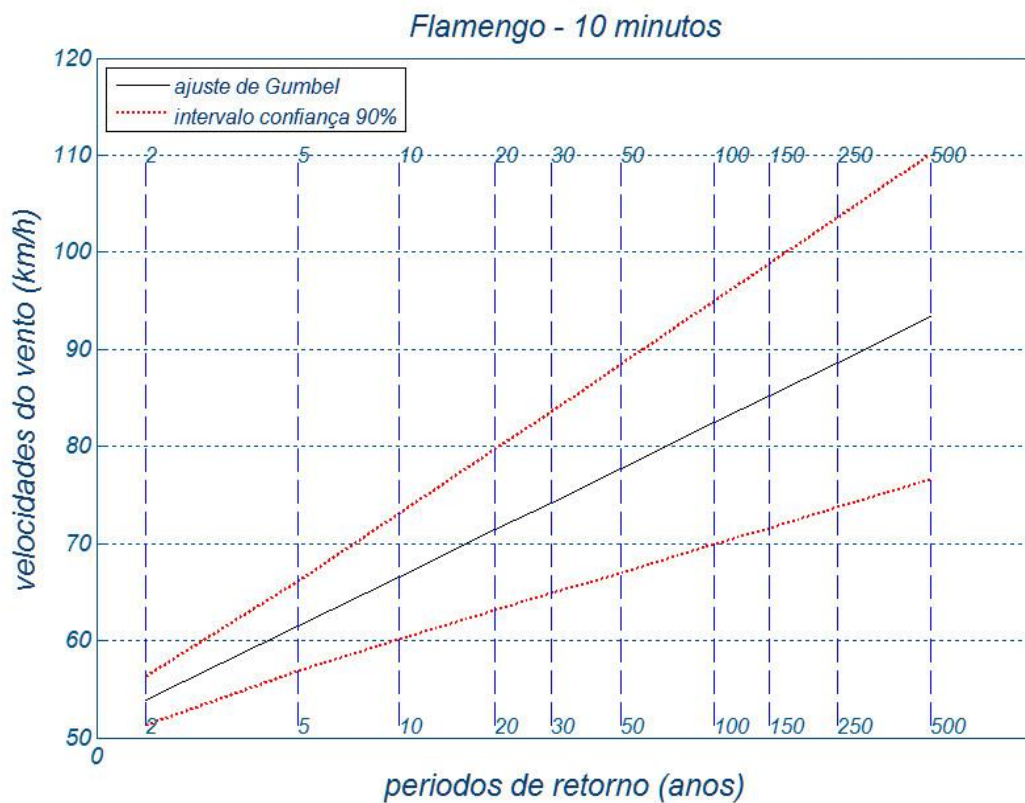
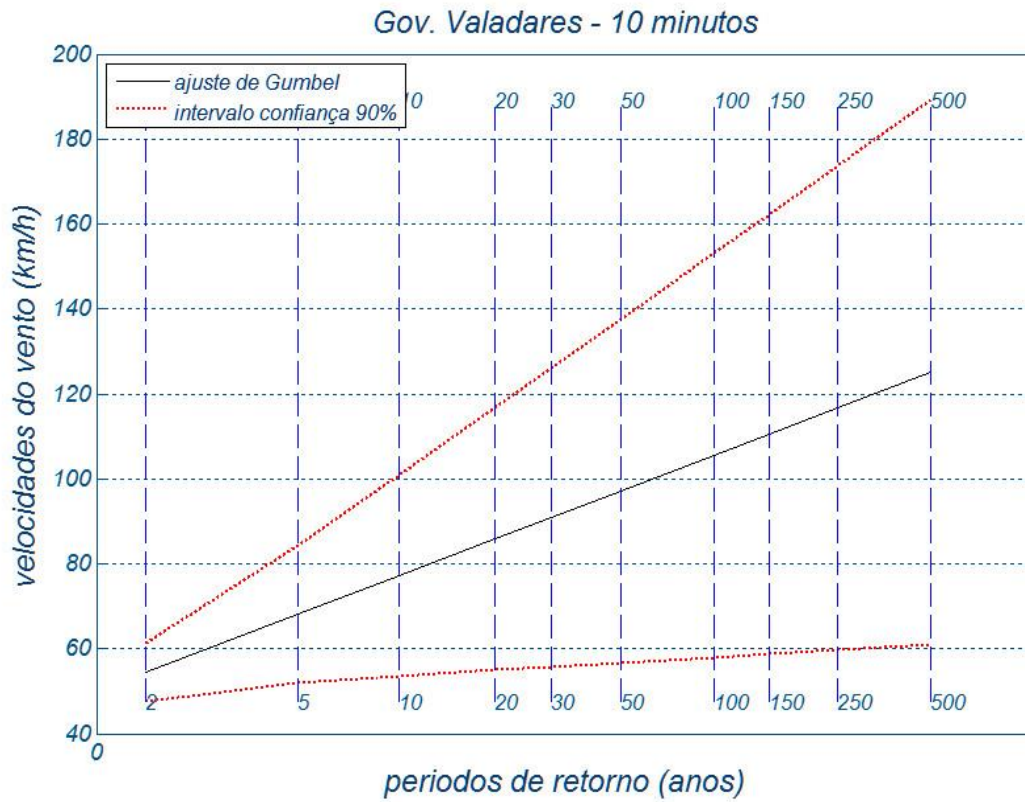


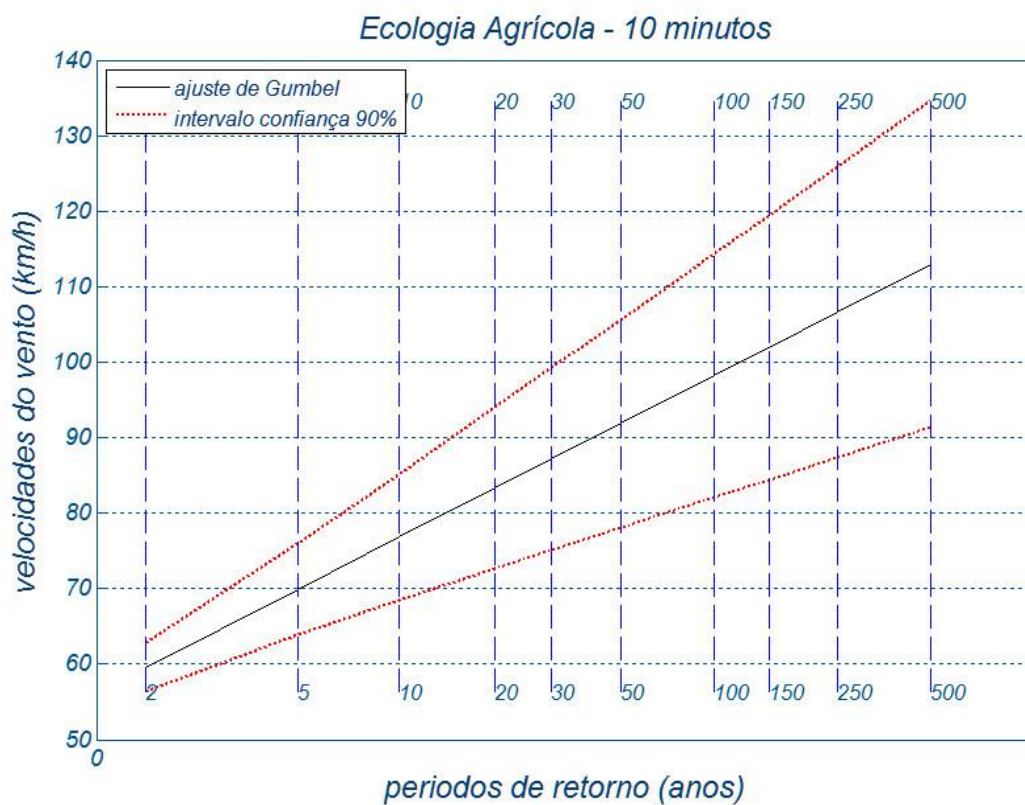
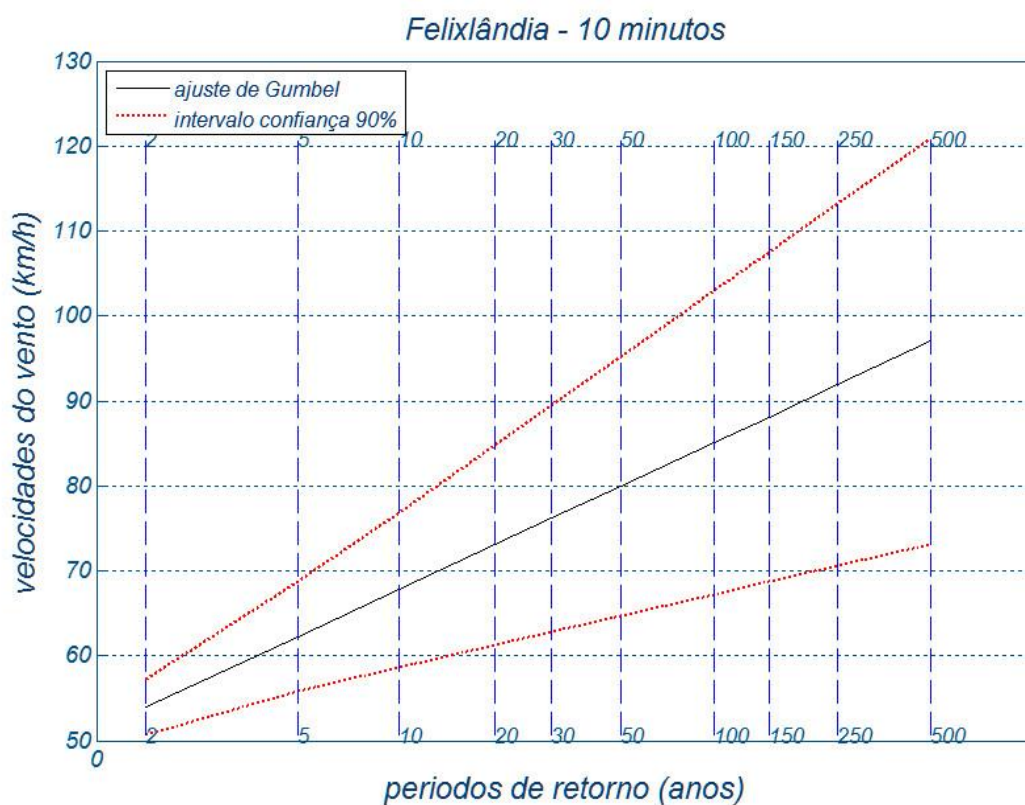


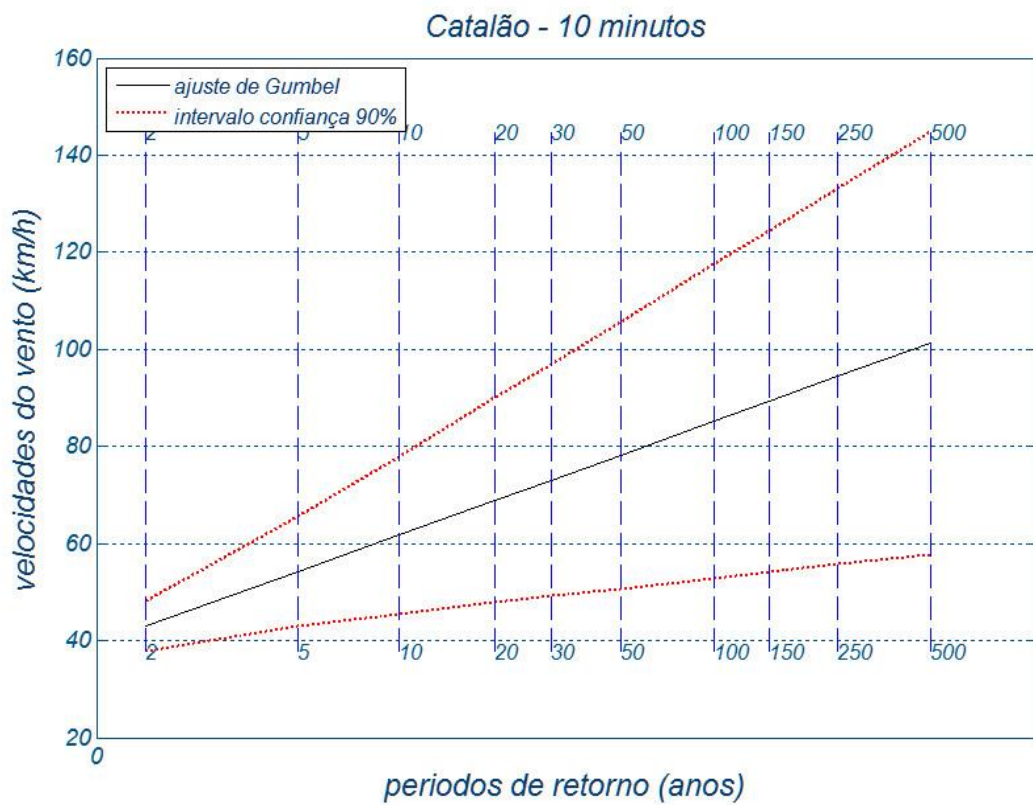
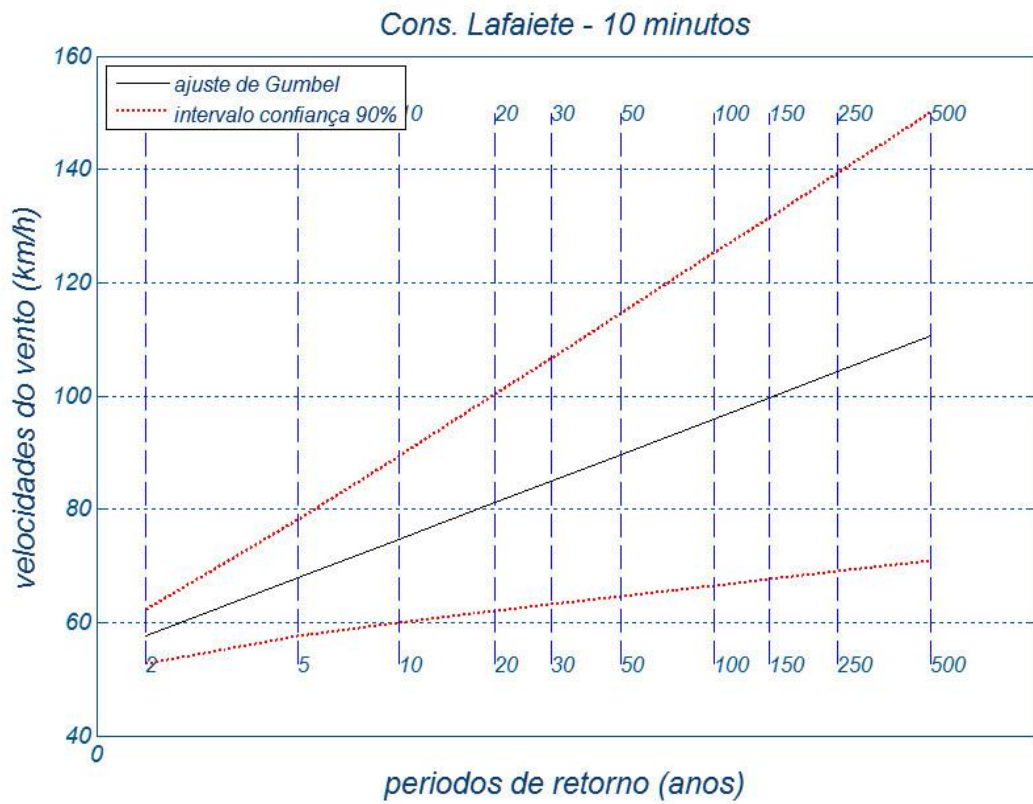


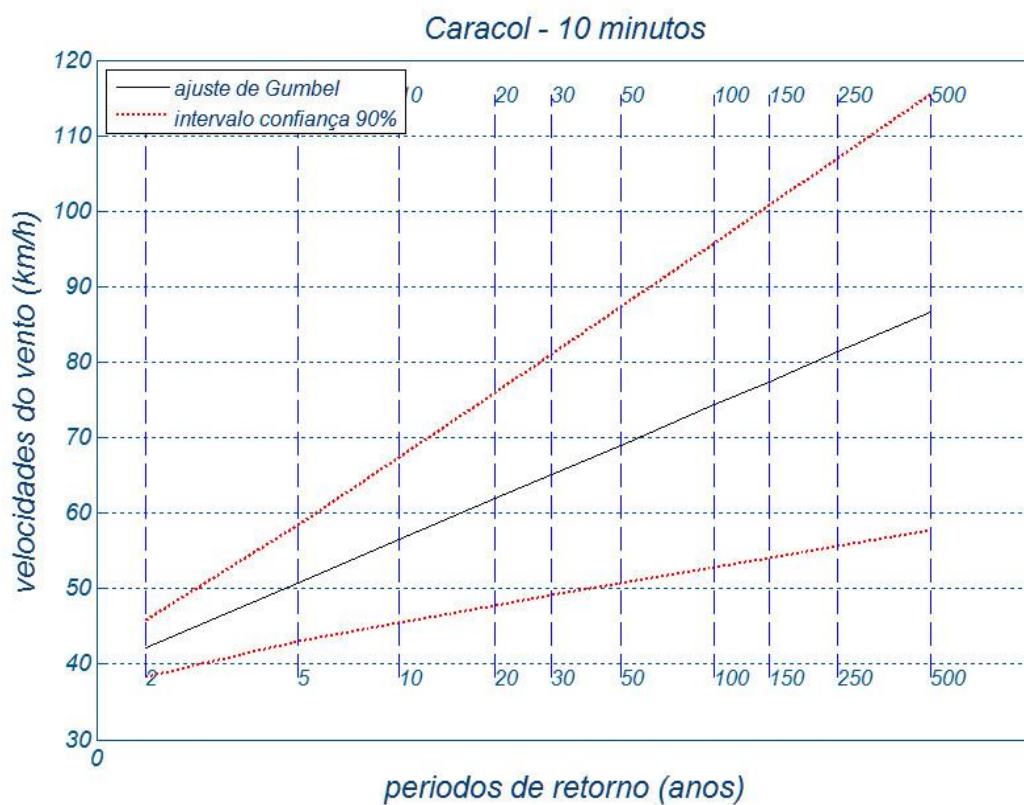
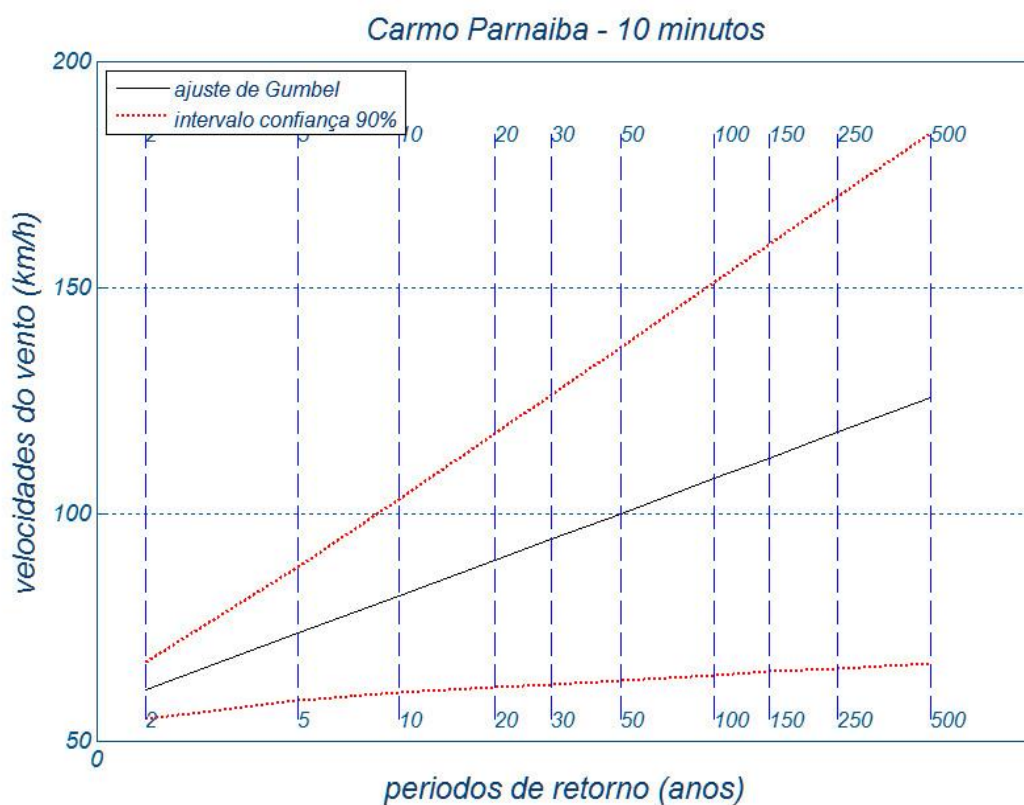


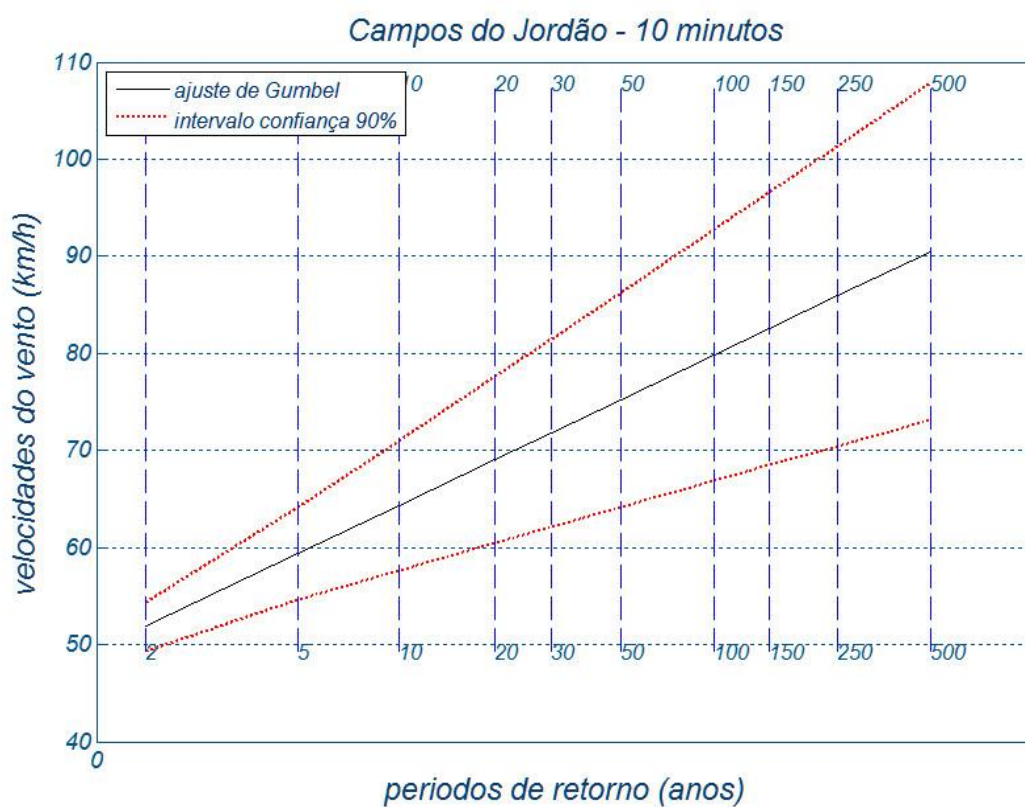
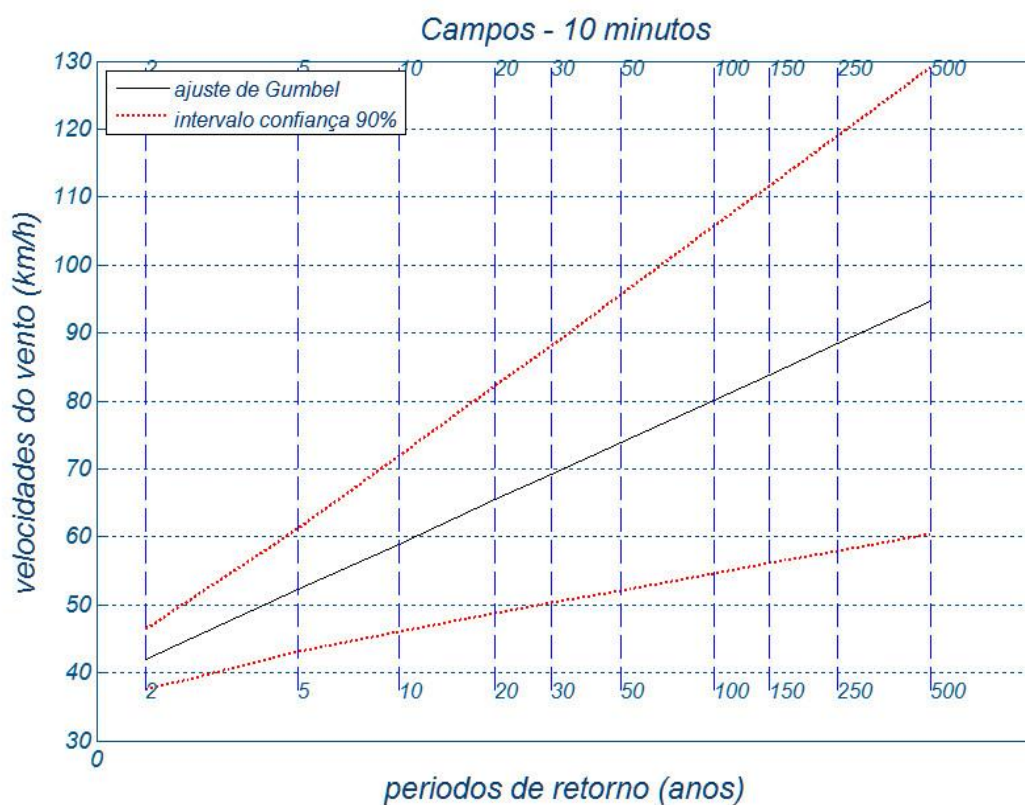


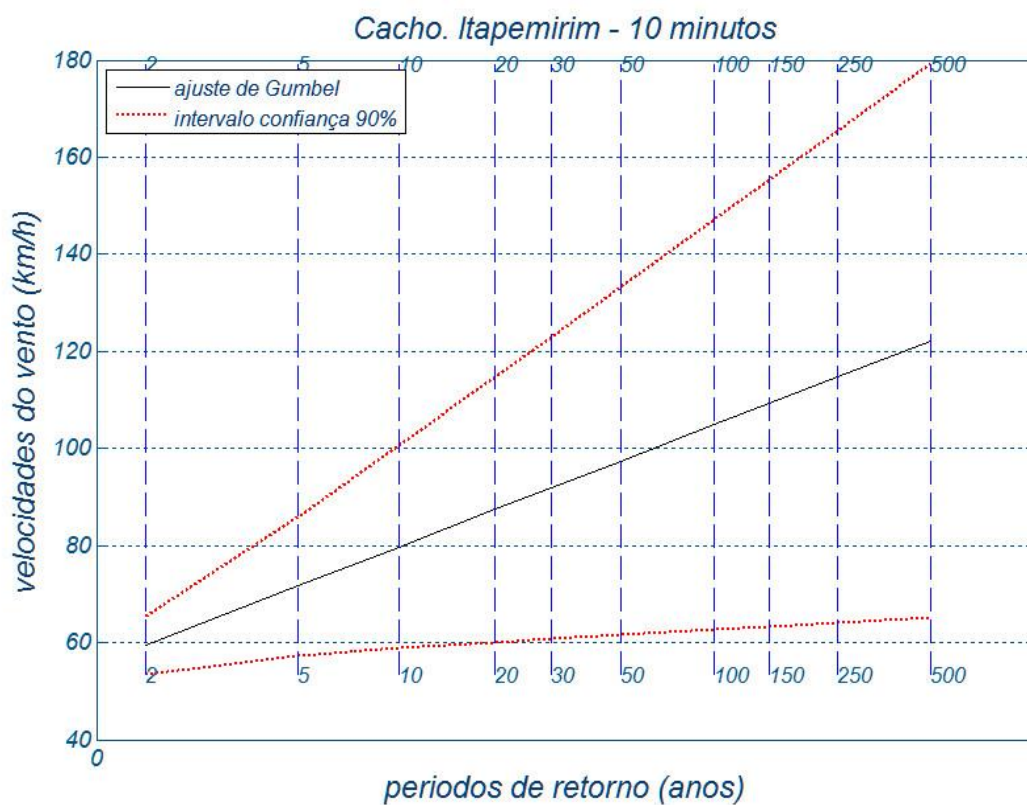
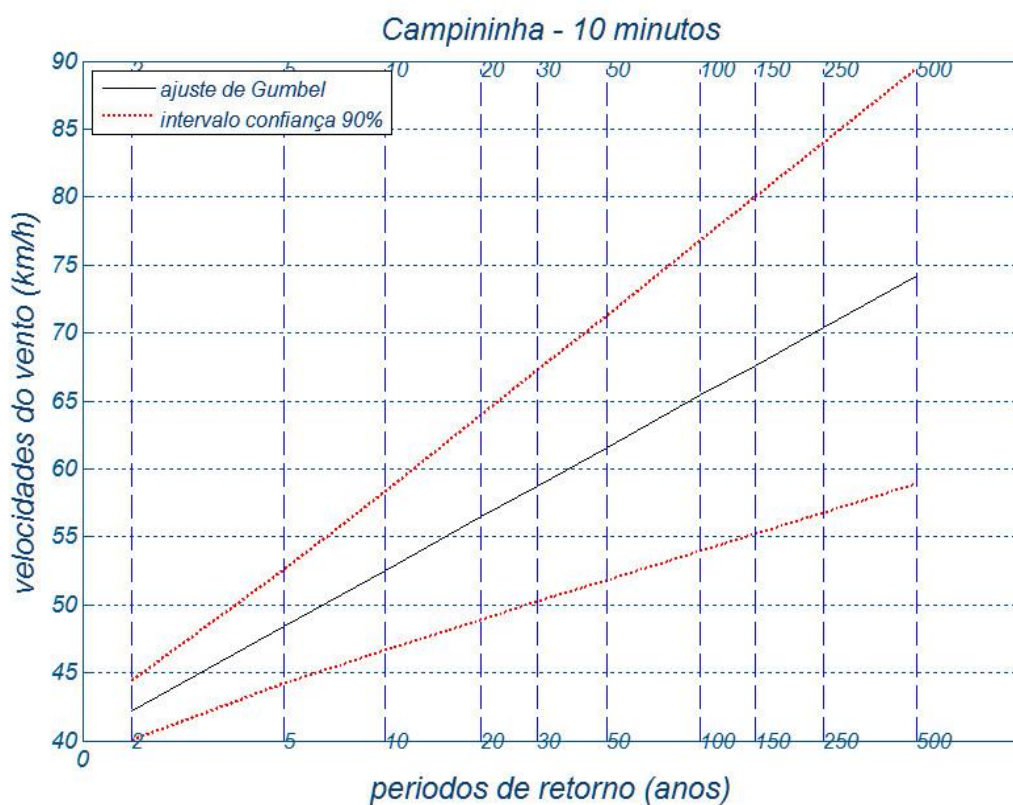


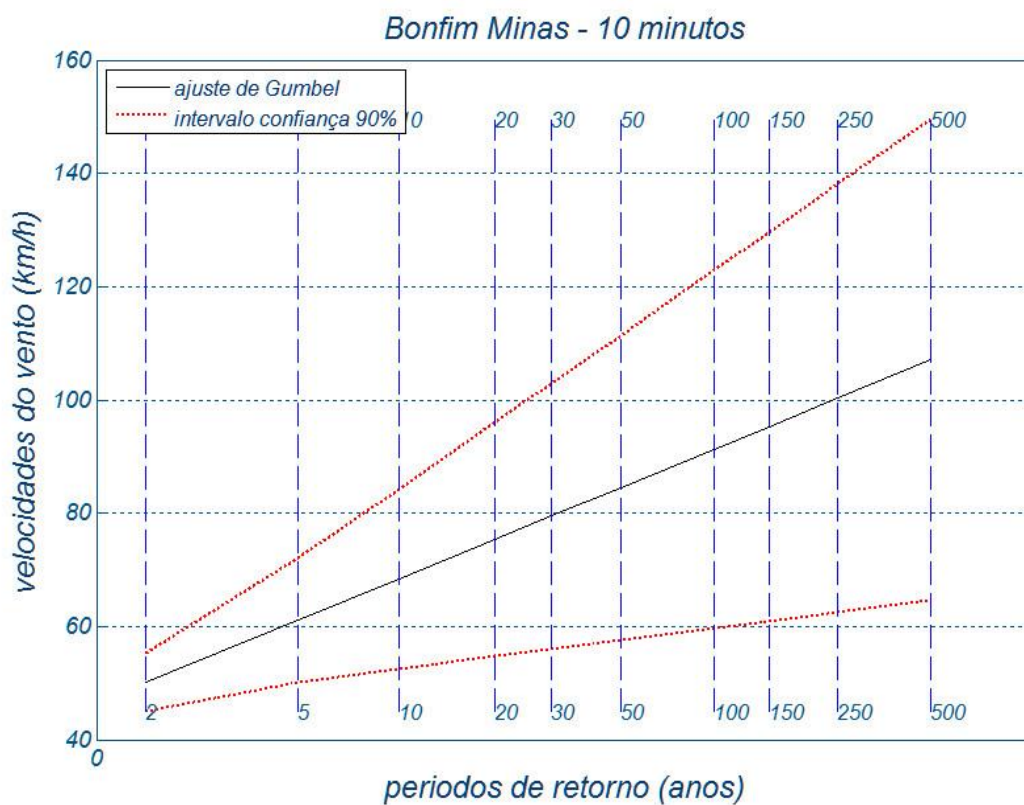
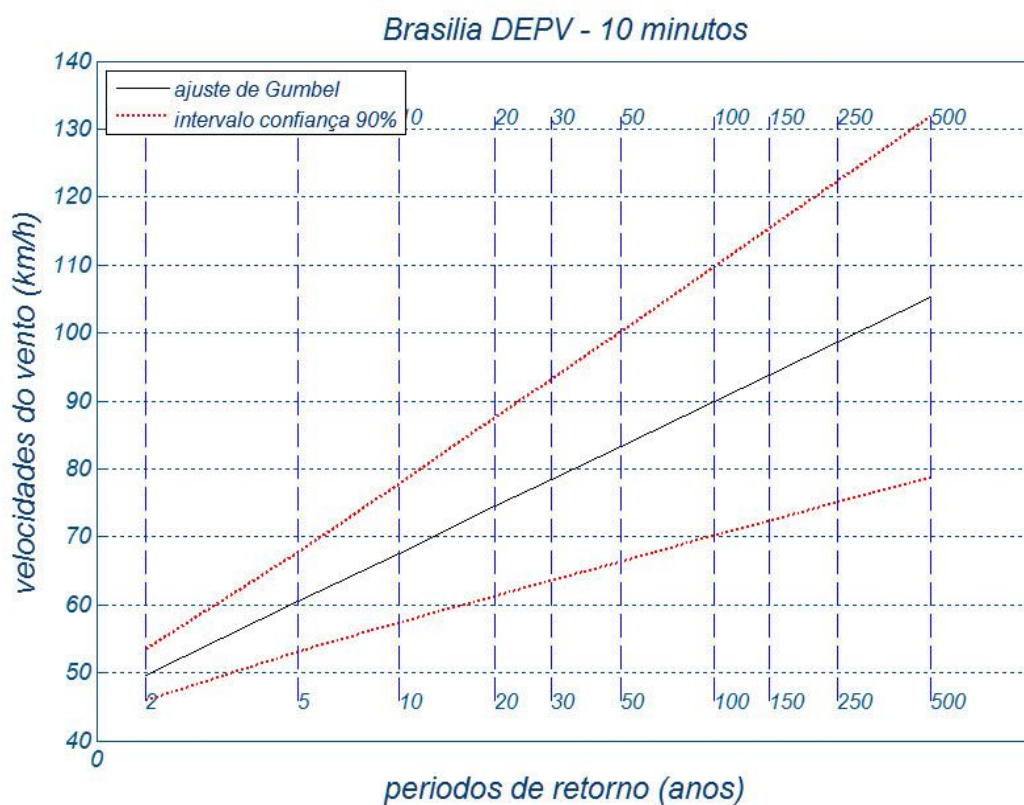


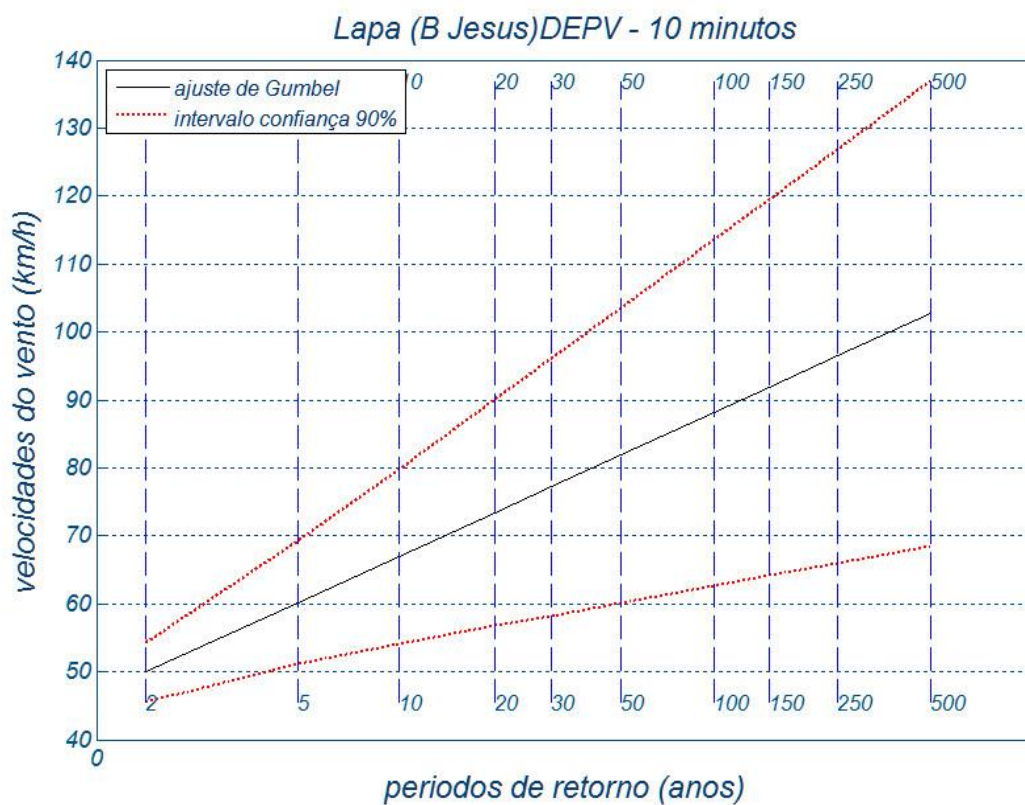
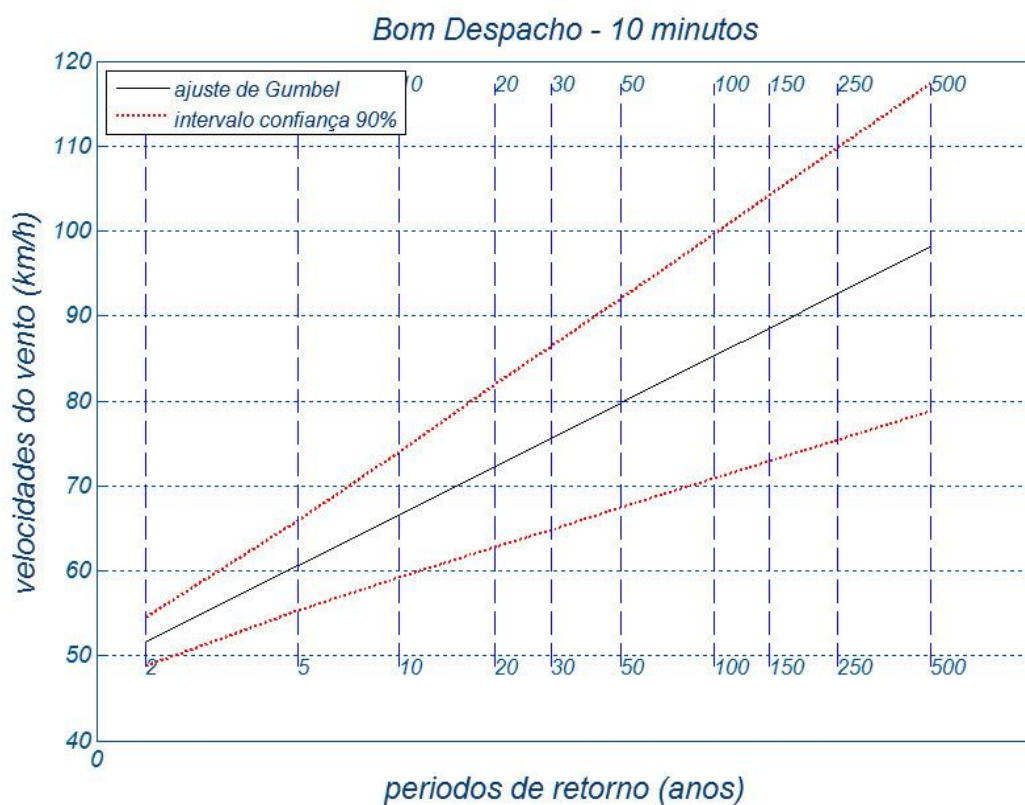


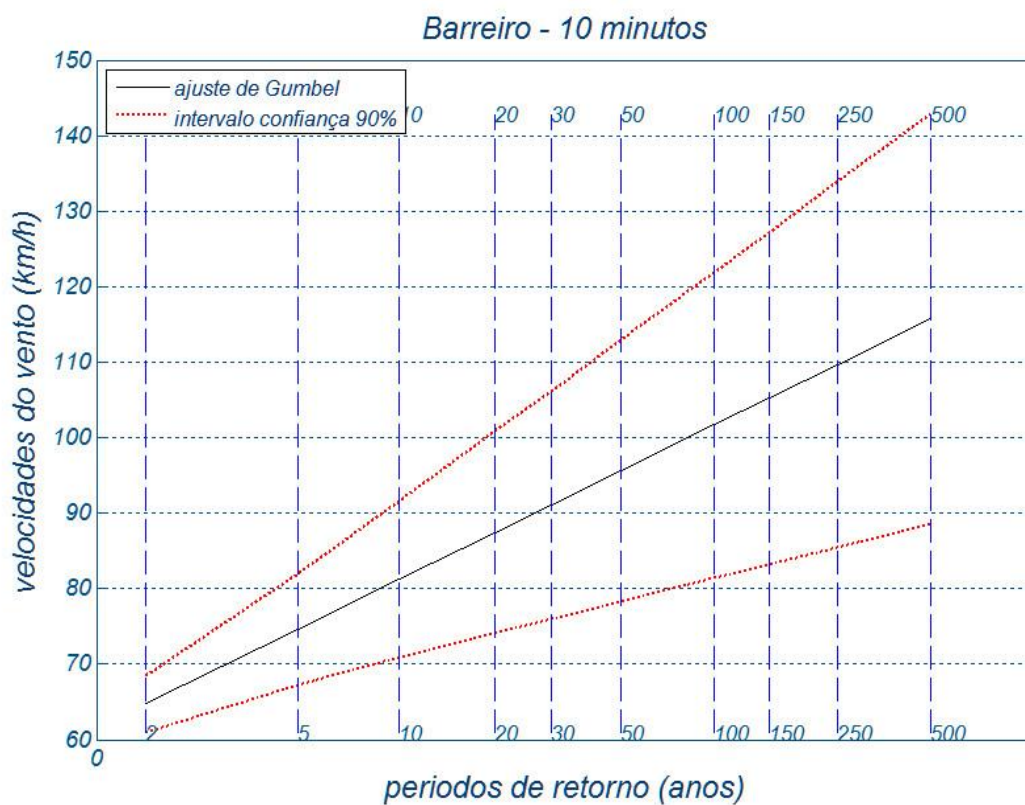
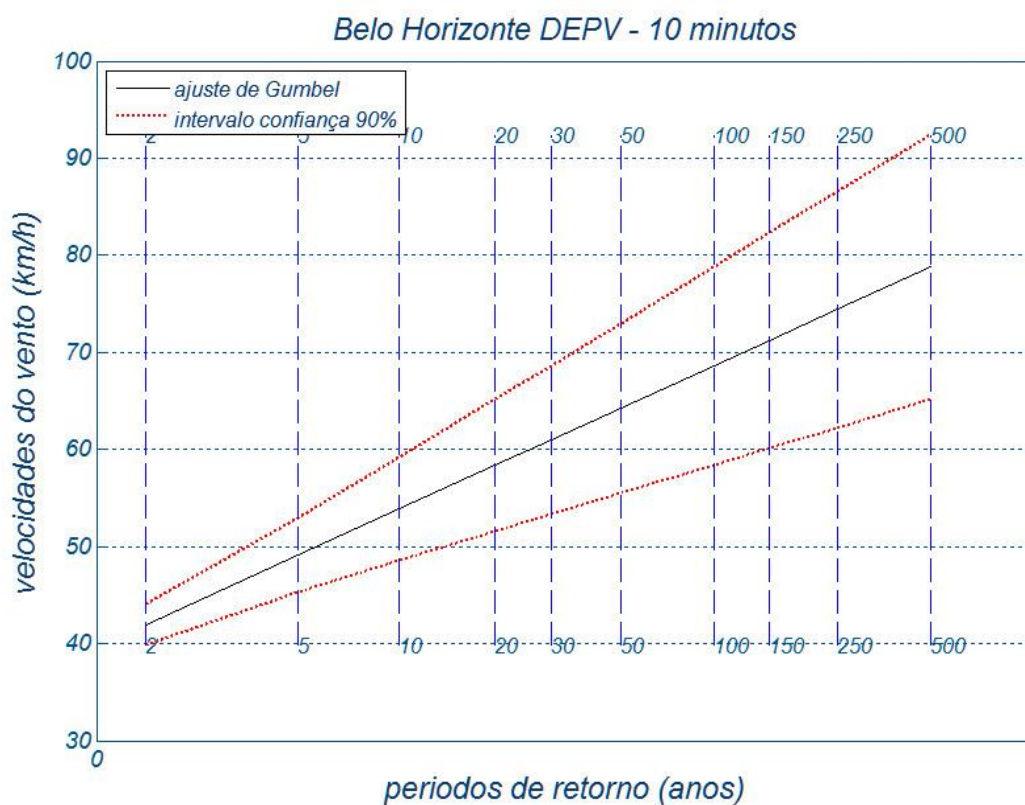


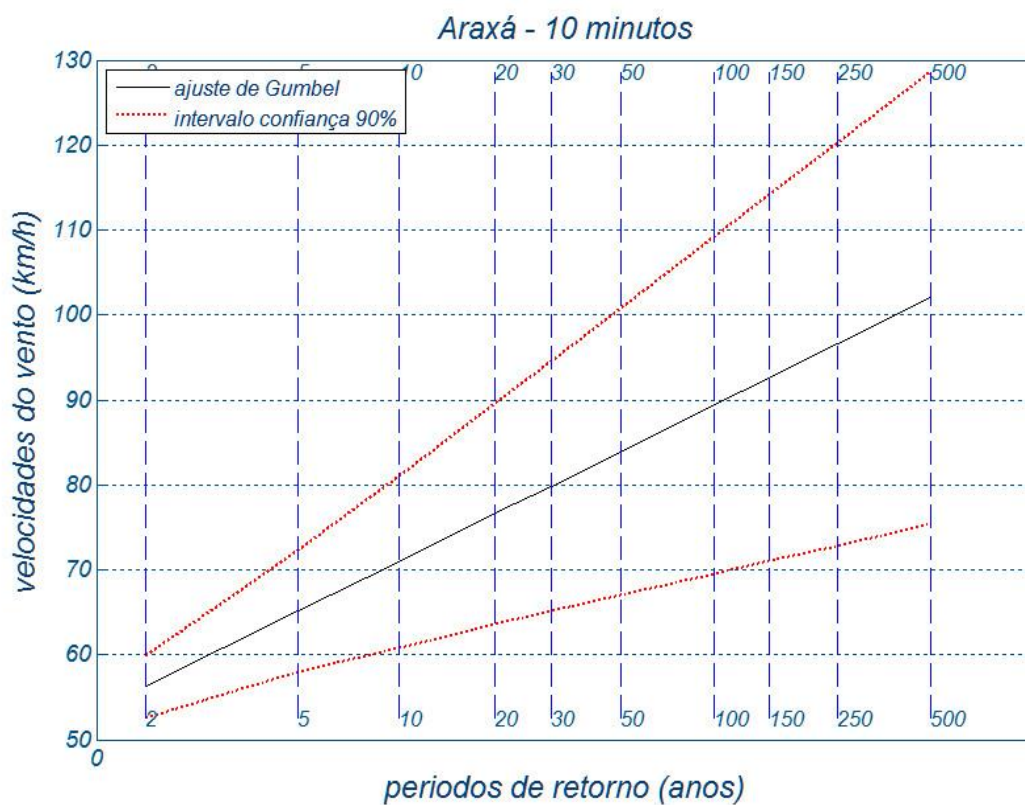
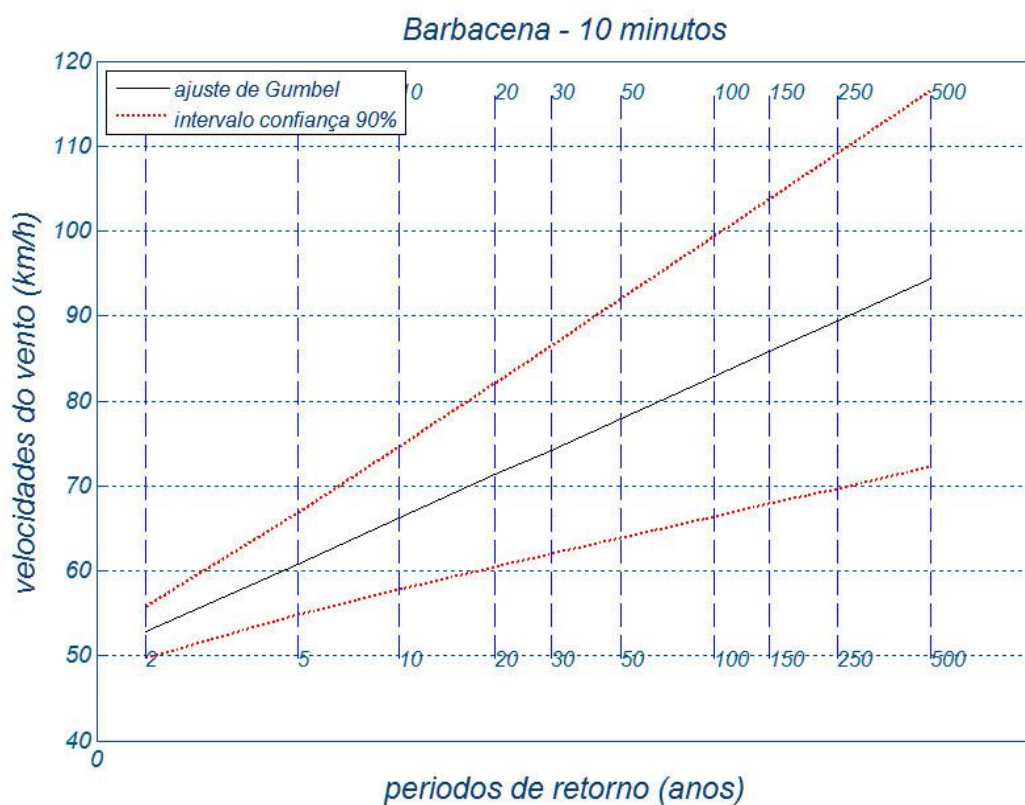


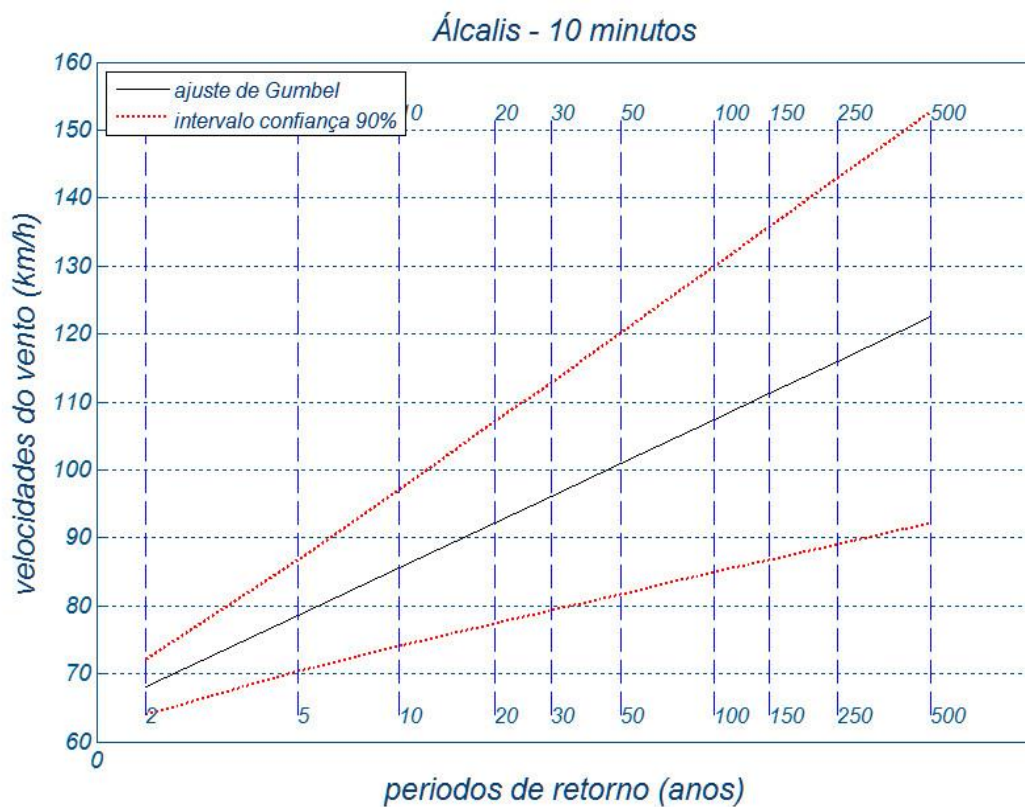
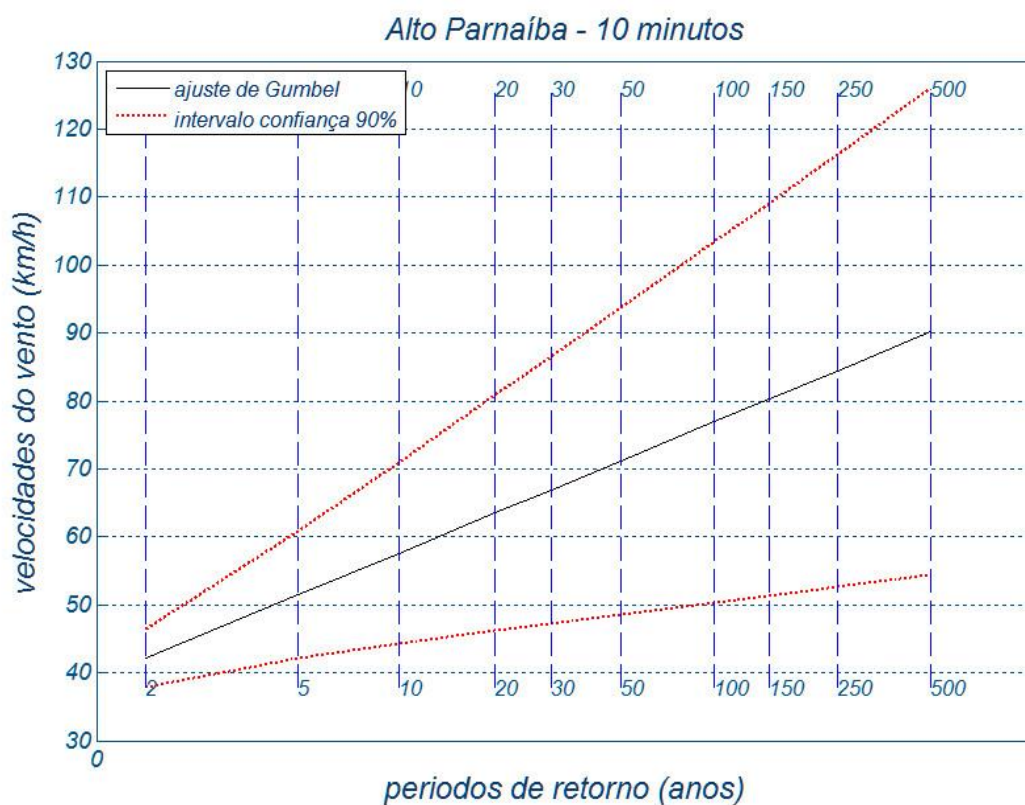


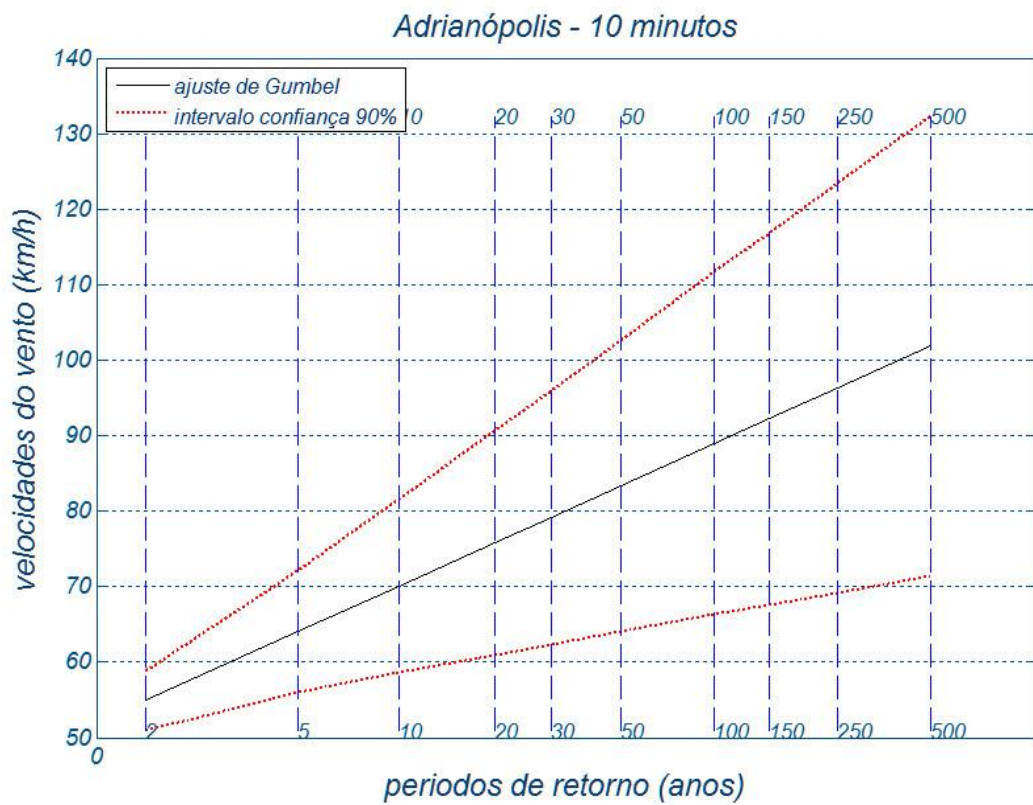
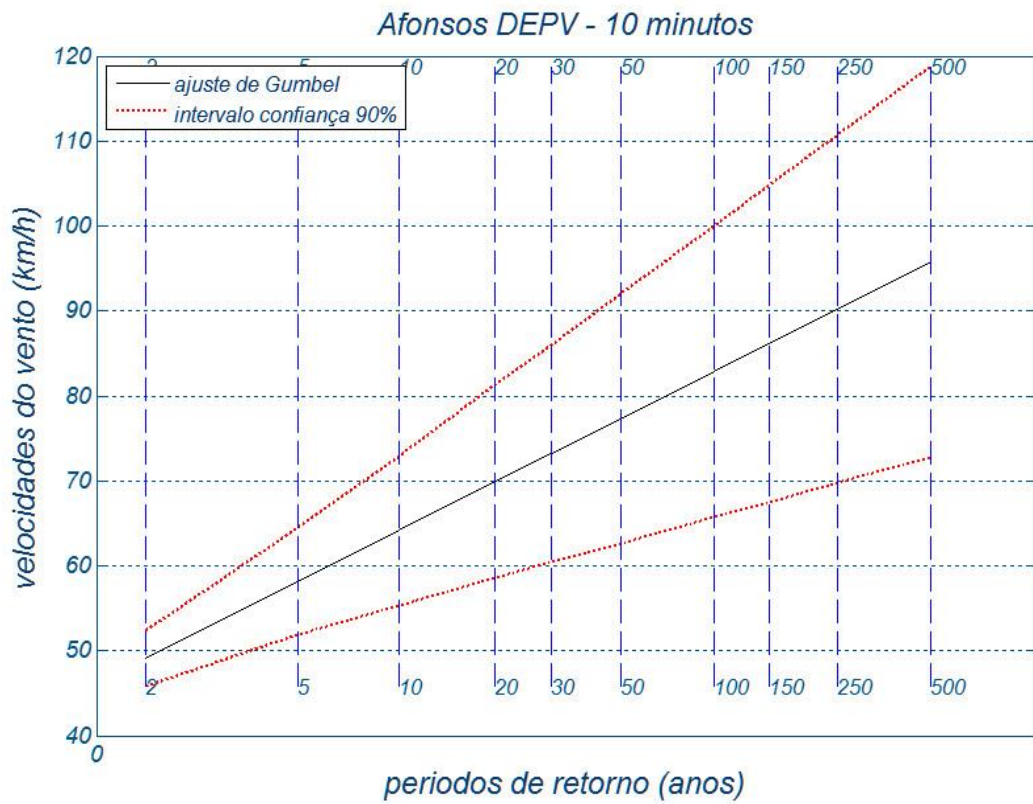


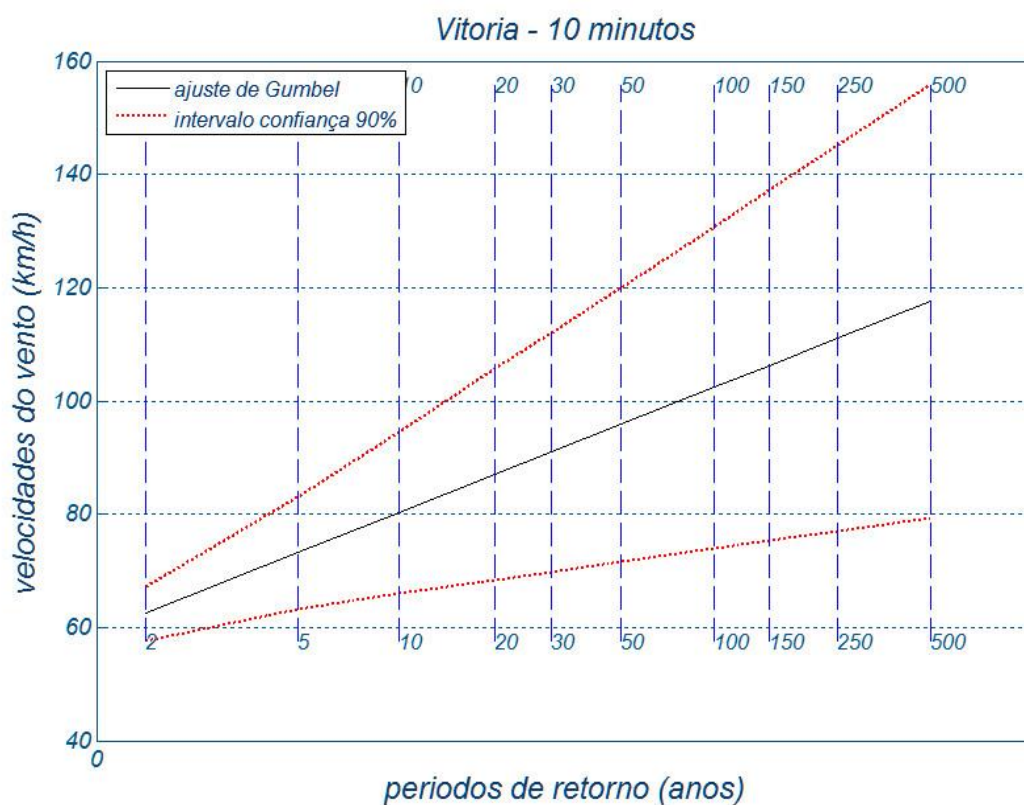






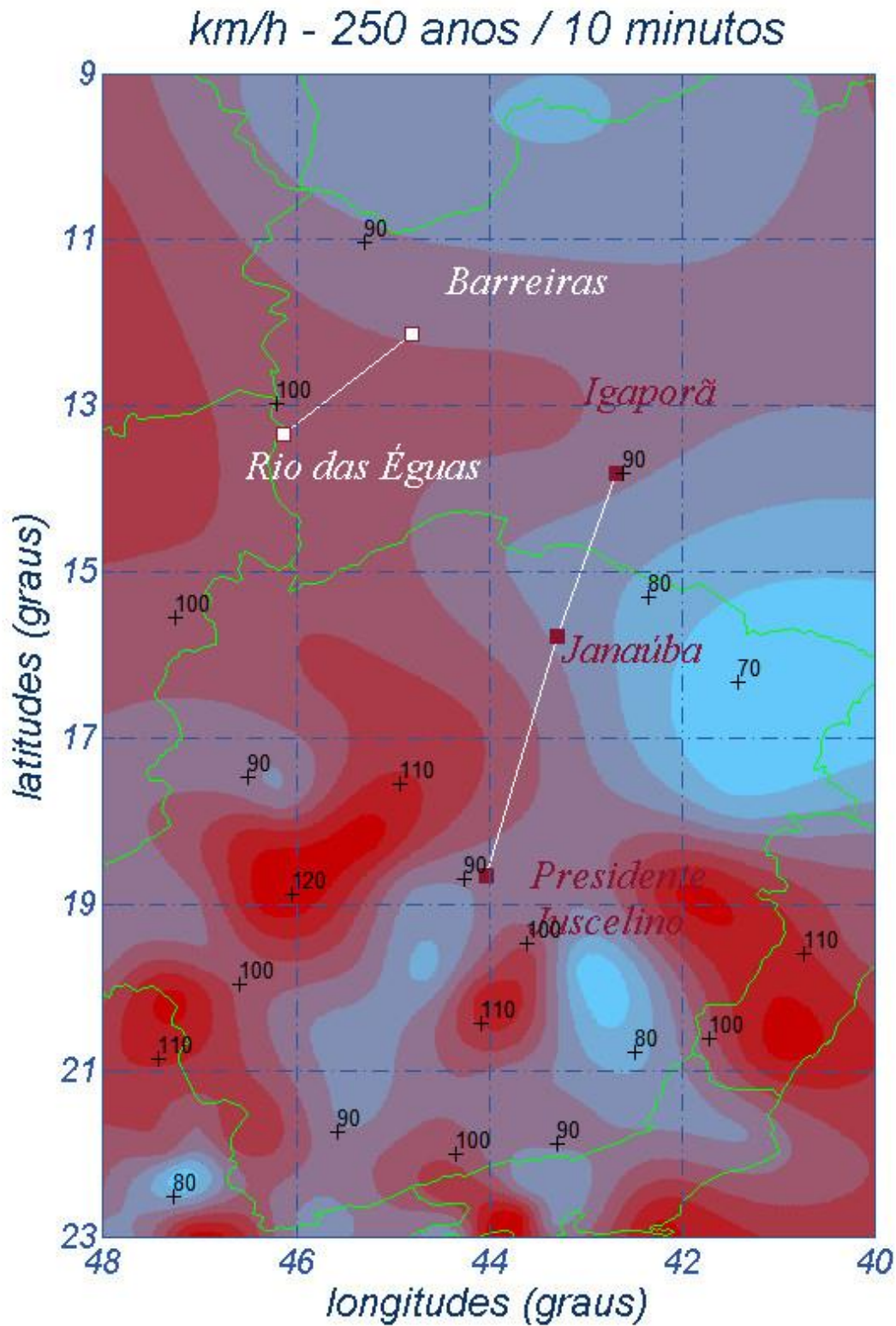


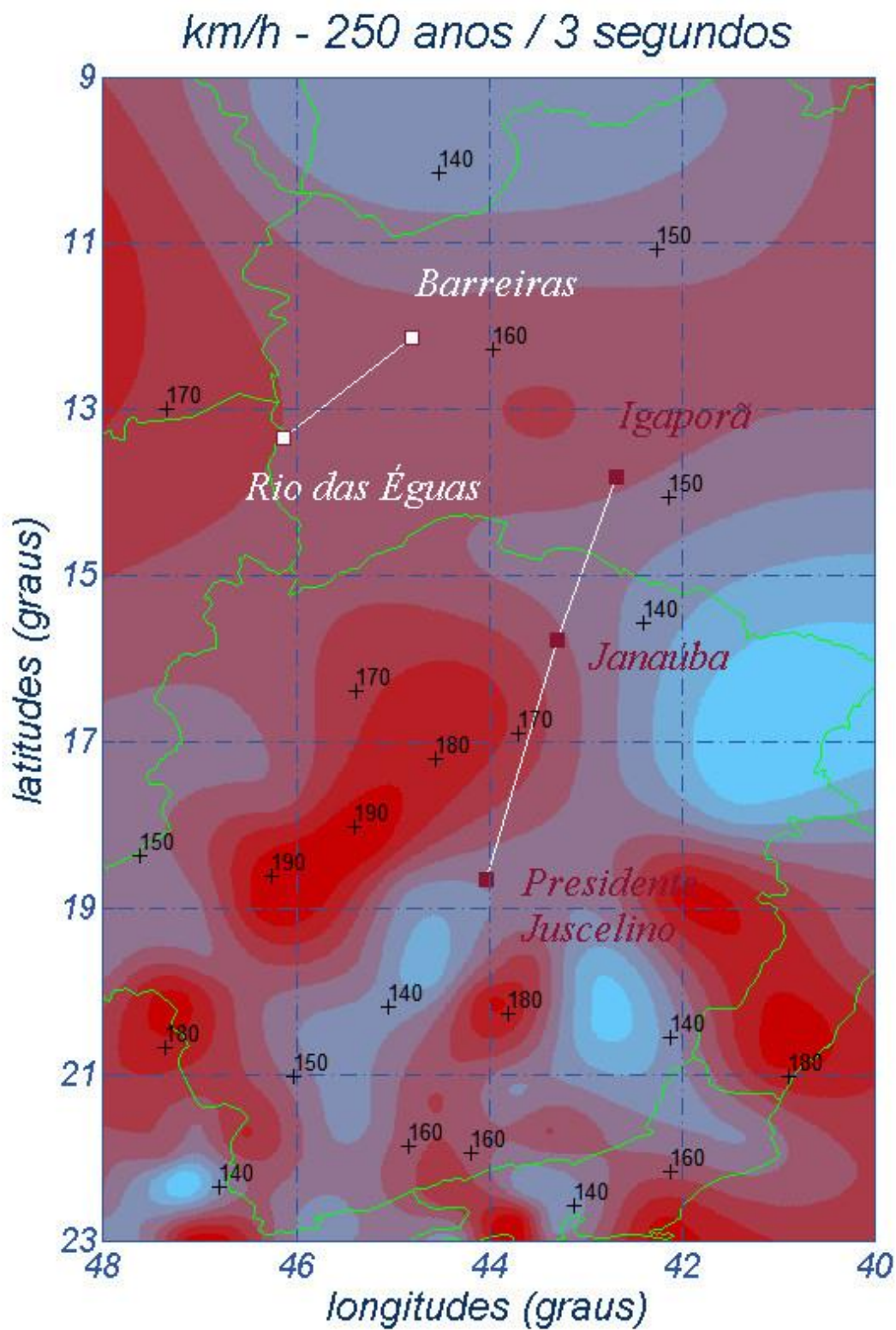




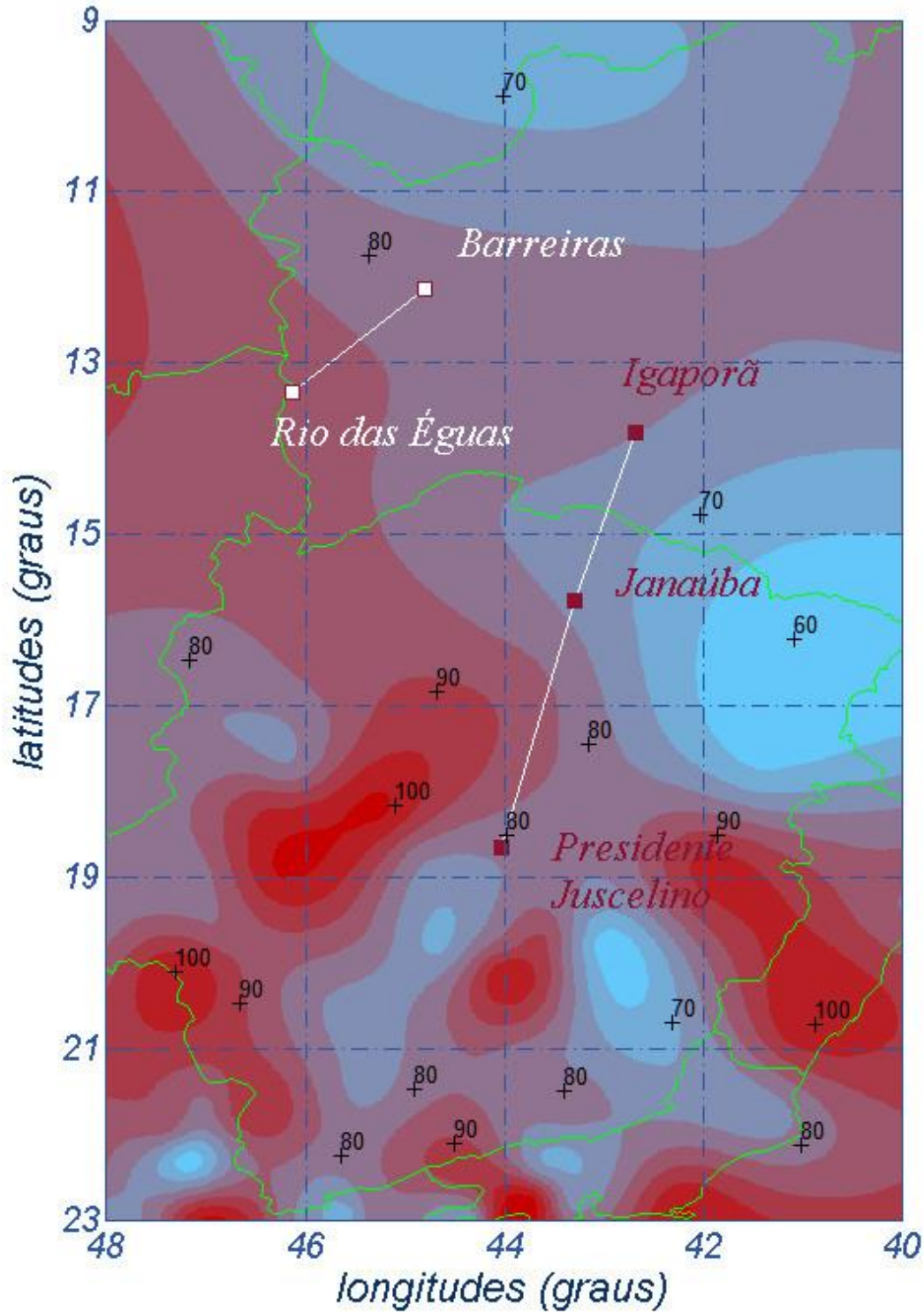
Anexo IV Os mapeamentos de isótopas da região

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.

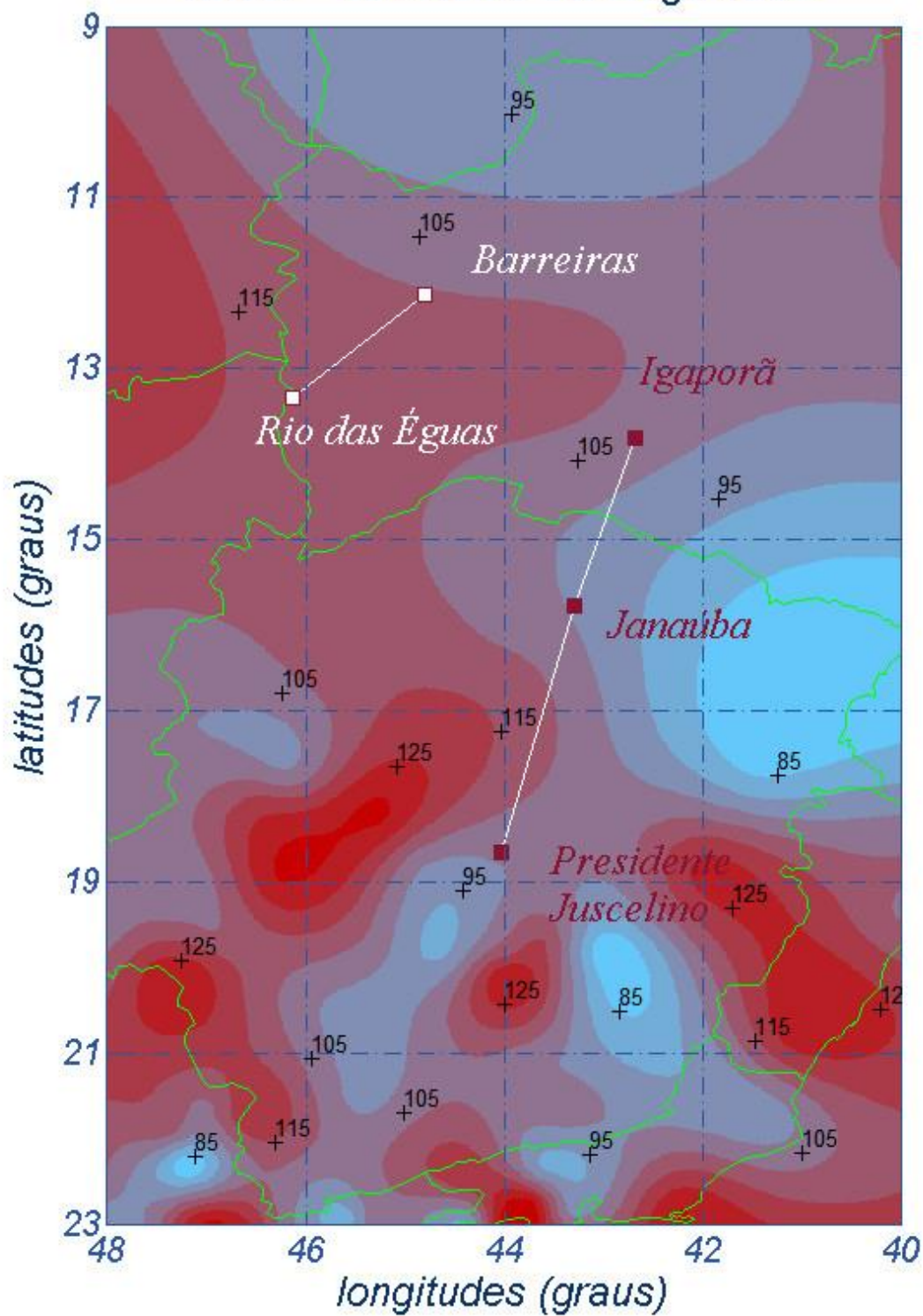


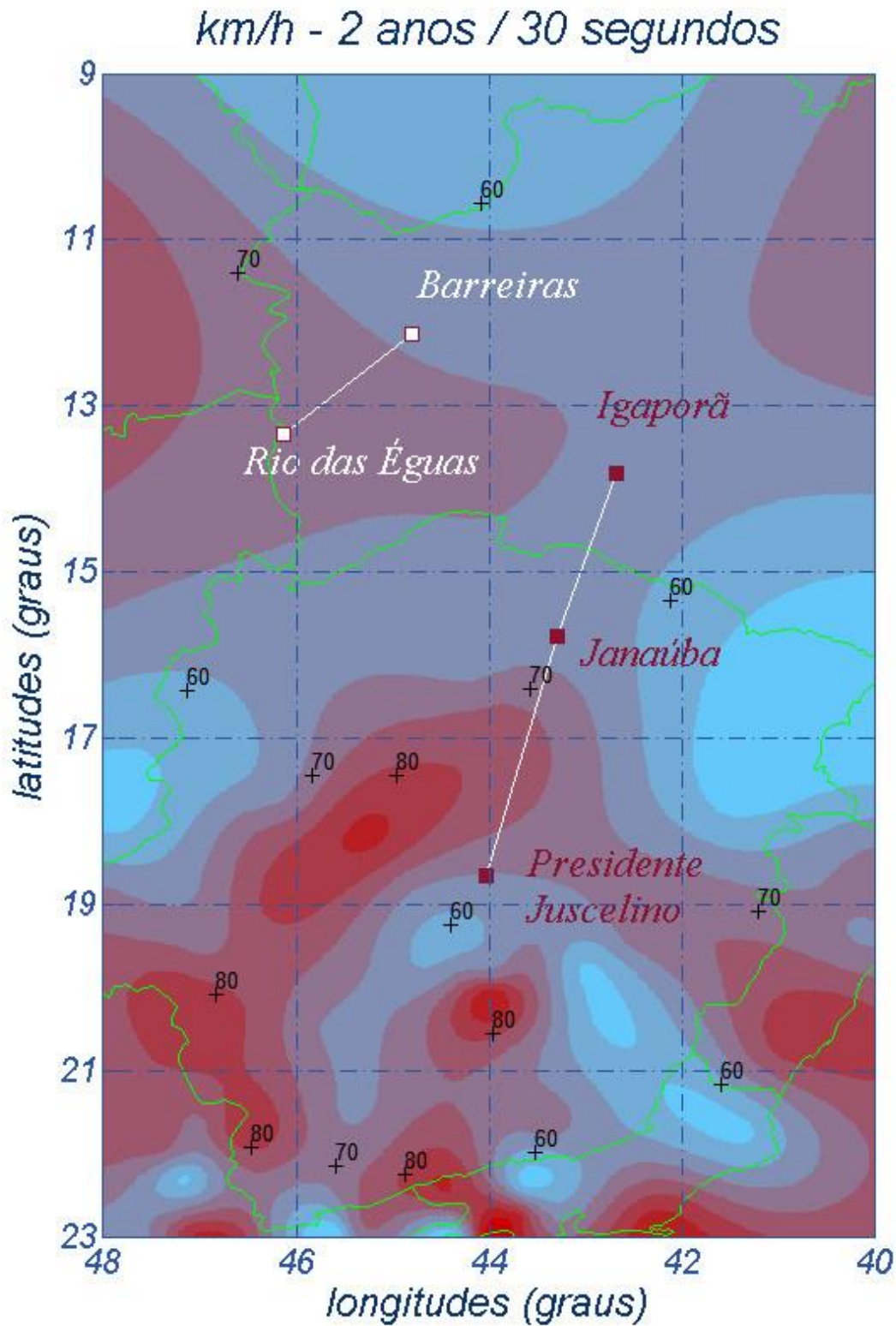


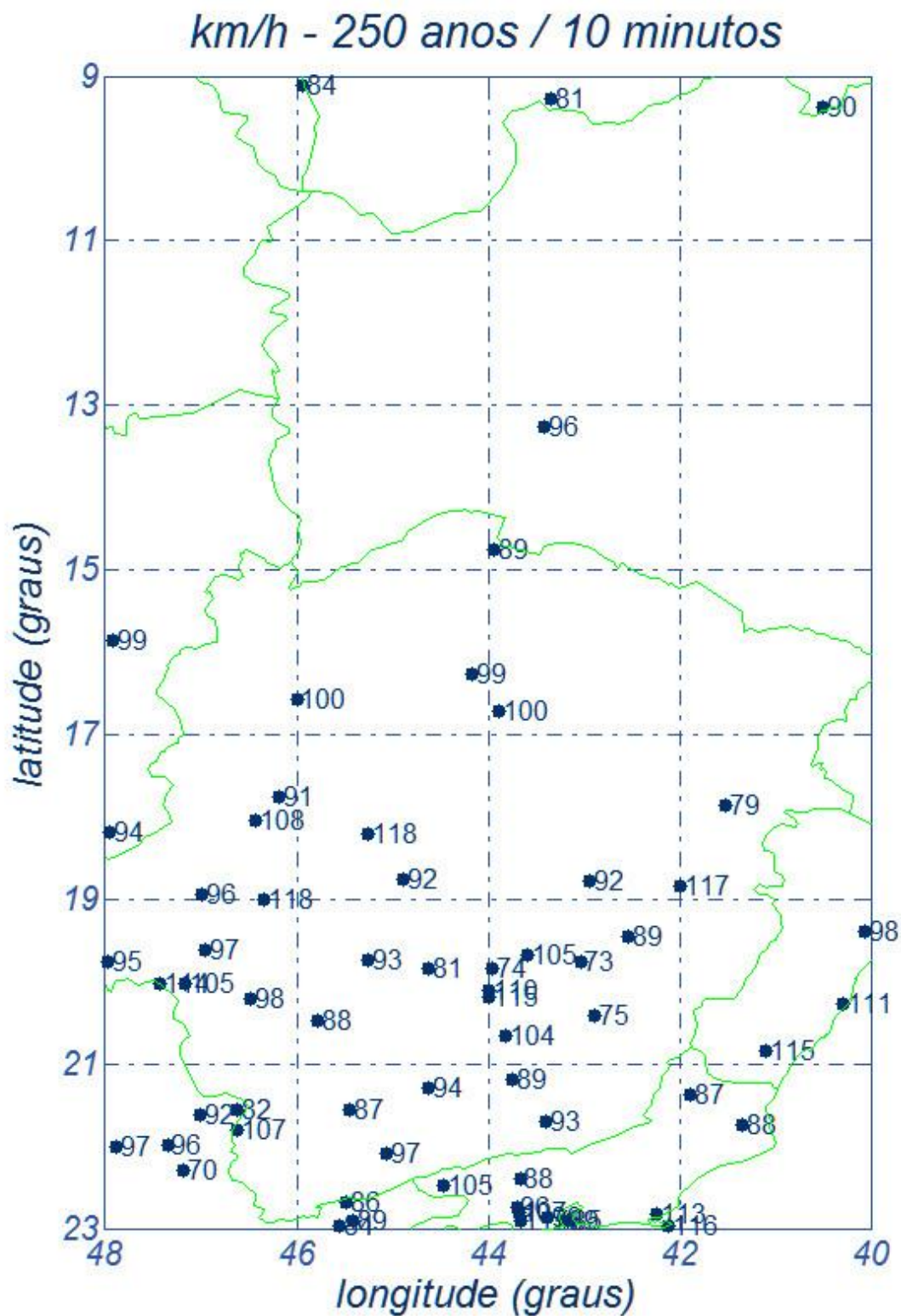
km/h - 50 anos / 10 minutos

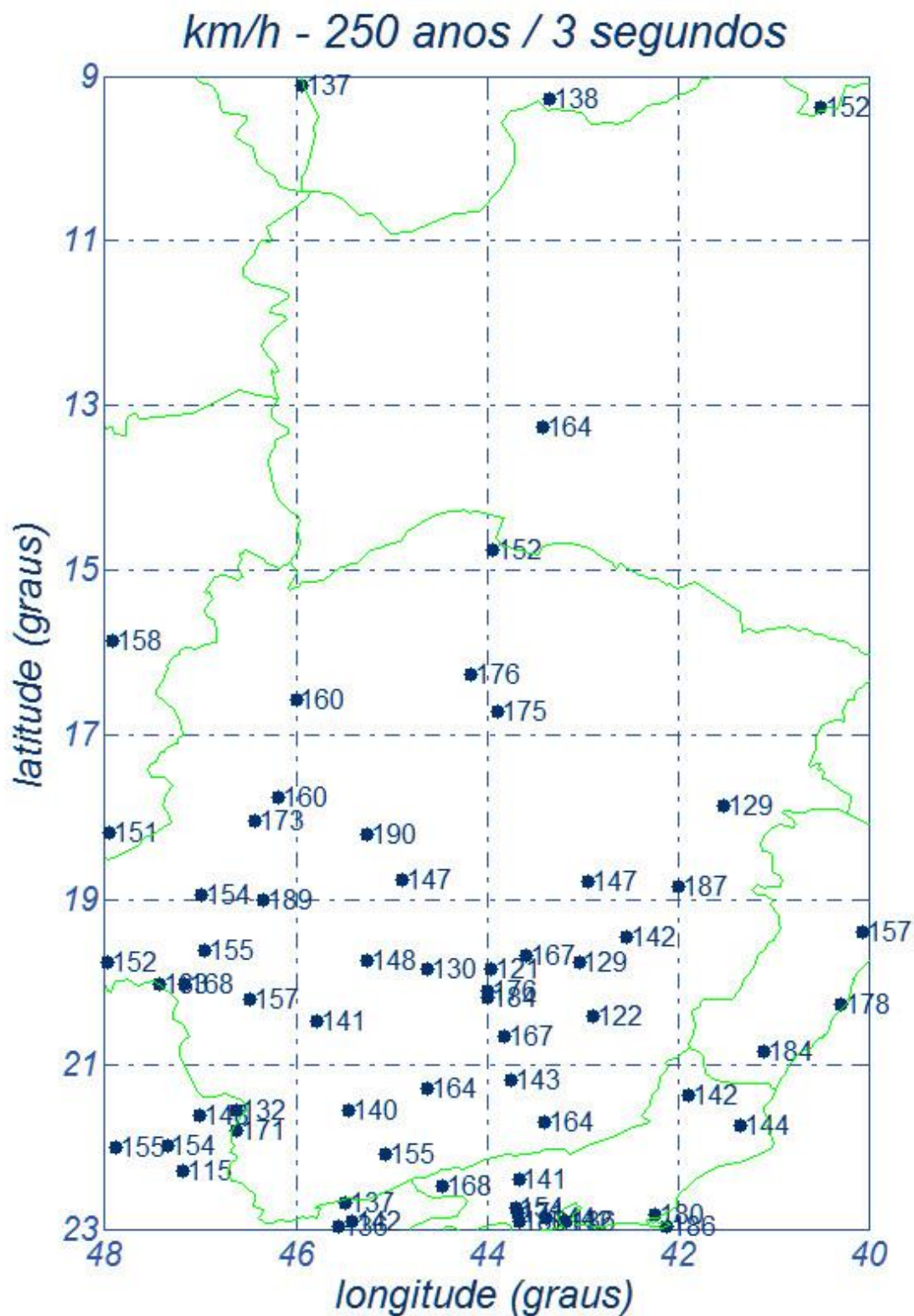


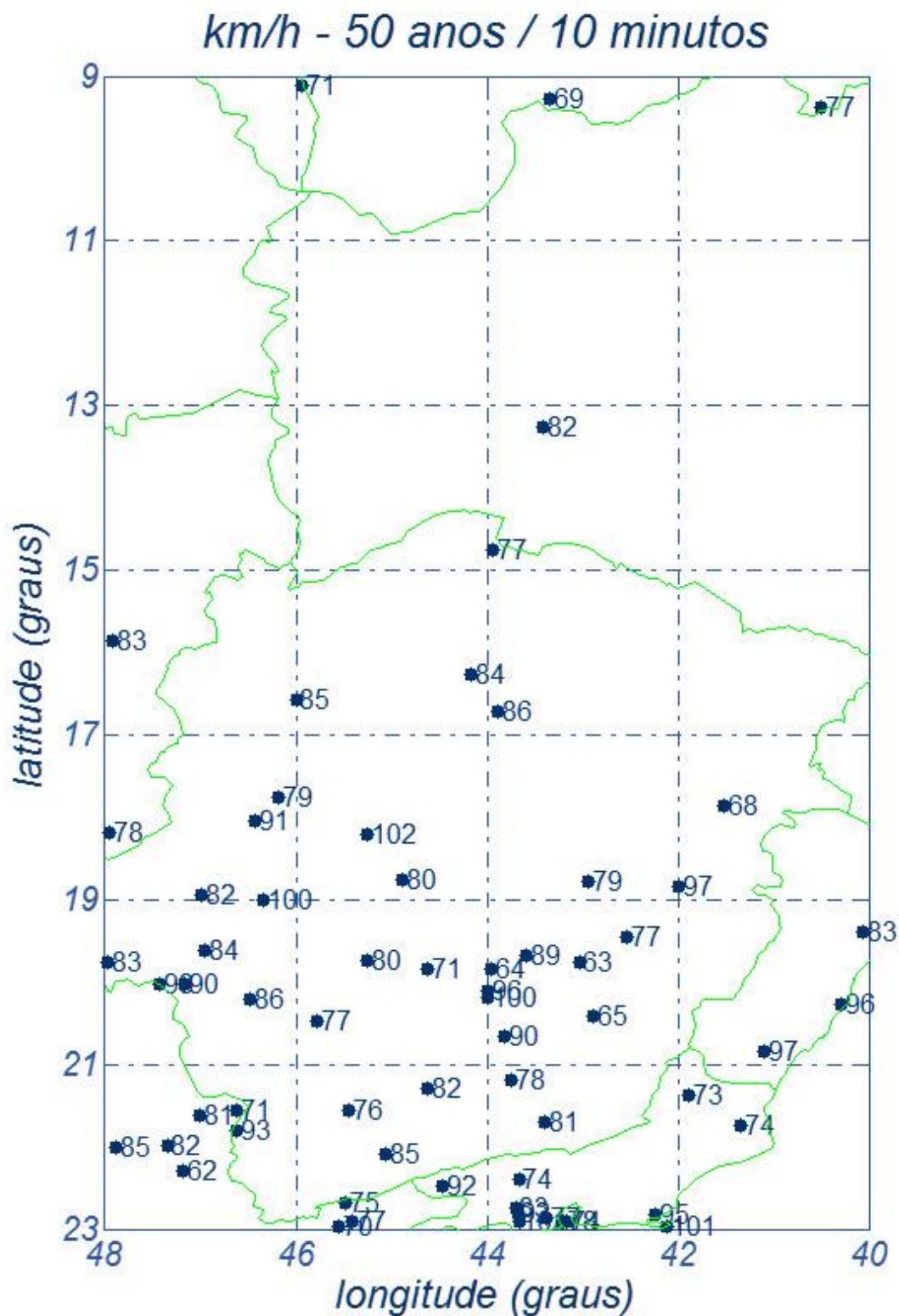
km/h - 50 anos / 30 segundos

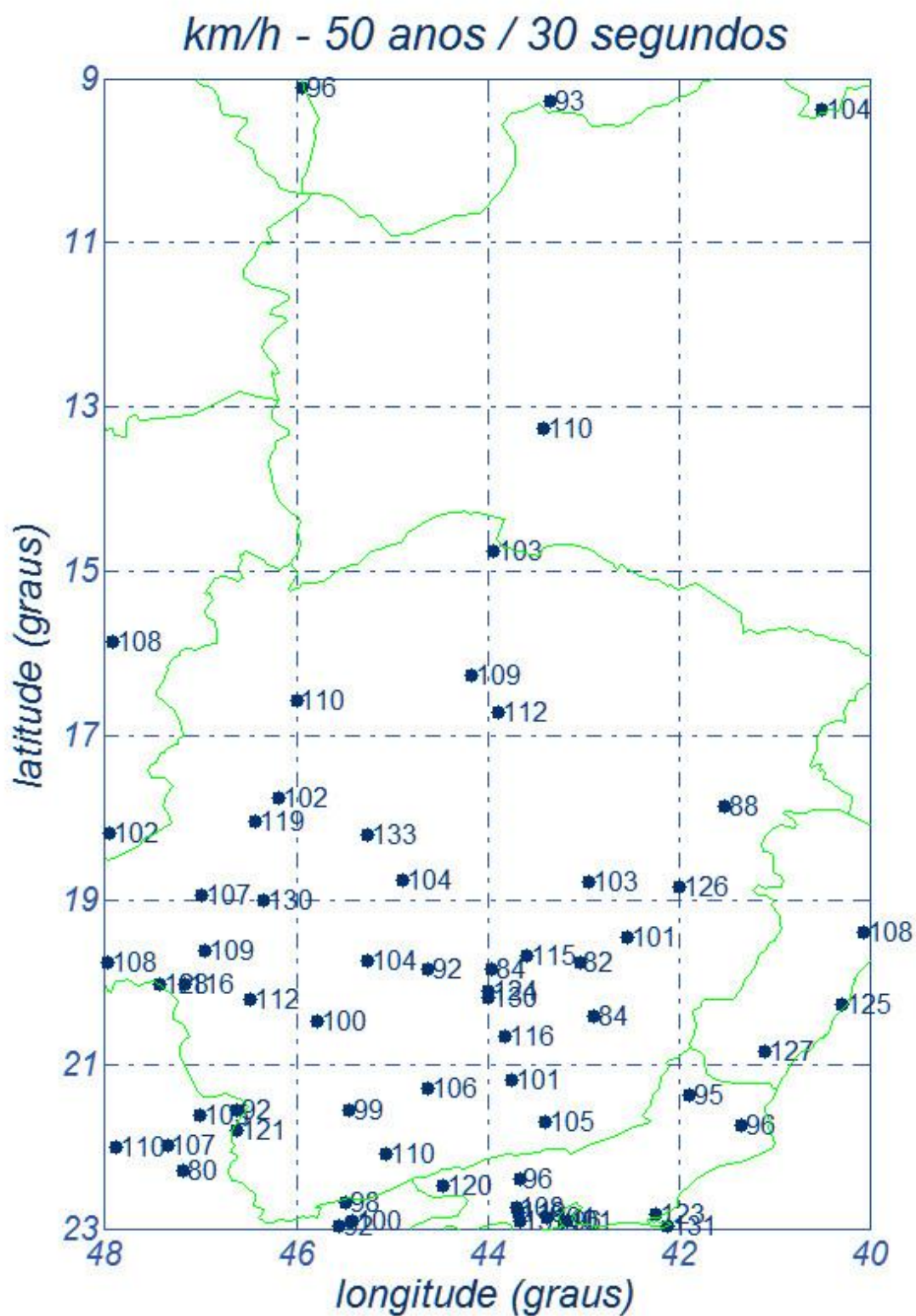


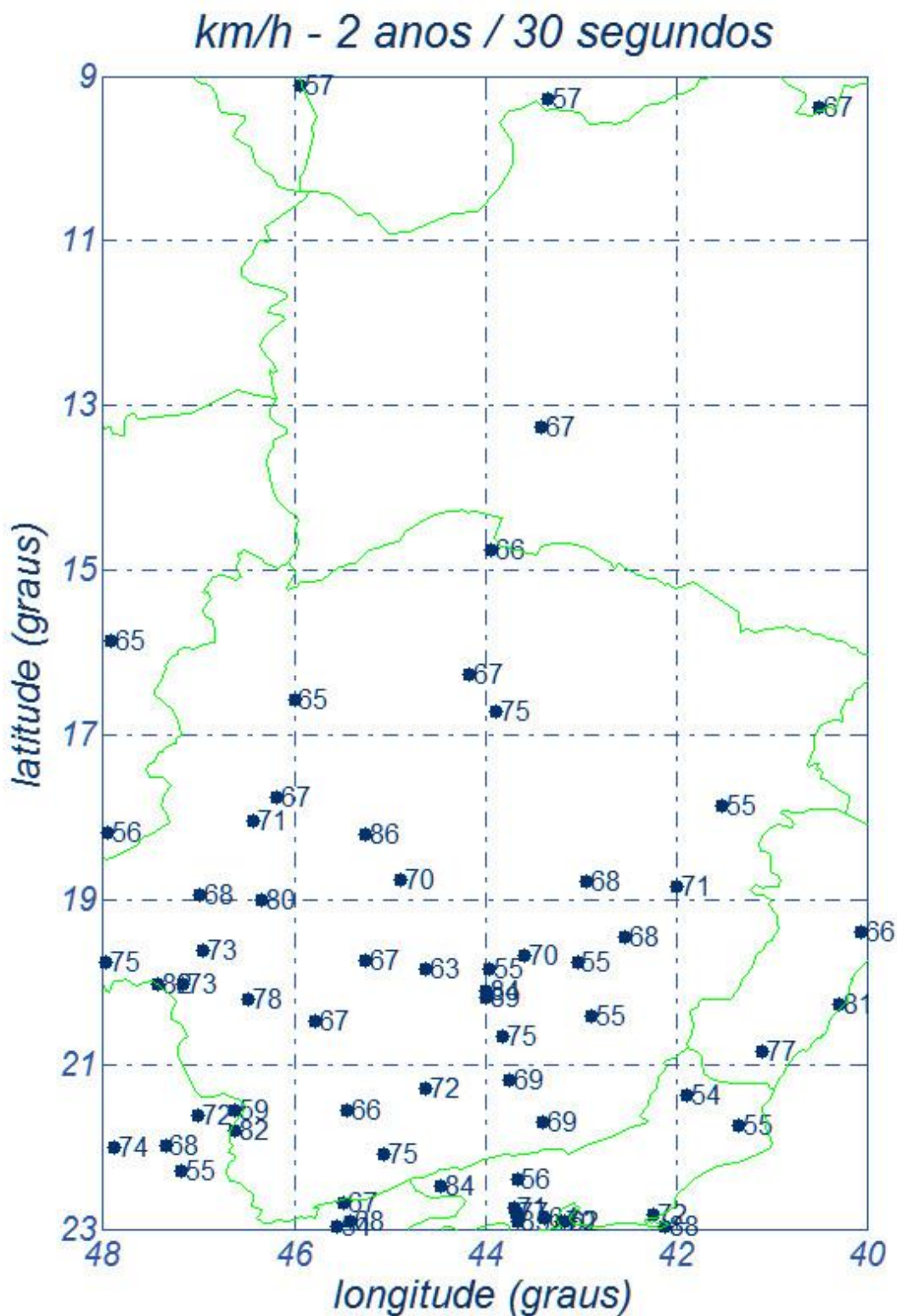












Anexo V O problema da turbulência dos ventos no Brasil

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 SNPTEE (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 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 - C1 LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1 Lote 14 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL RELATÓRIO VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTO DEVIDO AO VENTO					
Nº DOCUMENTO			FOLHA	REVISÃO	
RE-EQT4-L400-PB-ELM-0004-R02			1 de 72	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.....	8
4. Referências.....	9
Anexo 1 – memorial descritivo das velocidades de vento.....	10

1. OBJETIVO

- 1.1 Definir as velocidades de vento a serem utilizadas no projeto da LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1, em circuito simples pertencentes ao Lote 14 do Leilão 0013/2015 – 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 - C1	Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1
250 anos, 10 minutos	90	100
250 anos, 3 segundos	160	170
50 anos, 10 minutos	80	85
50 anos, 30 segundos	105	115
2 anos, 30 segundos	65	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 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-EQT4-401-PB-EST-0024.

- 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-EQT4-L401-PB-EST-0024.
- 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:

- LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

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

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

- LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

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

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

- 2.2.9 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:

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

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 - C1	23	31,46	19,48
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	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 Igaporã III - Janaúba 3 - C1	1,1213	25,00	35,7
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	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 Igaporã III - Janaúba 3 - C1	35,7	23	2,1467	34	2,2926	0,9123	70	75
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	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:

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

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 - C1	39	2,4464	105
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	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:

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

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:

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

Para $\Theta = 15^\circ$, obtém-se:

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

Para $\Theta = 30^\circ$, obtém-se:

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

Para $\Theta = 45^\circ$, obtém-se:

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

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:

- a) Alta intensidade;
- b) Pouca variação em relação à altura de atuação;
- c) 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 - C1	1,1213	44,44	113
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	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 Igaporã III - Janaúba 3 - C1	28
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	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 Igaporã III - Janaúba 3 - C1	136
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	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 obtêm-se as seguintes pressões dinâmicas de referência para os ventos indicados na tabela 2.2.8:

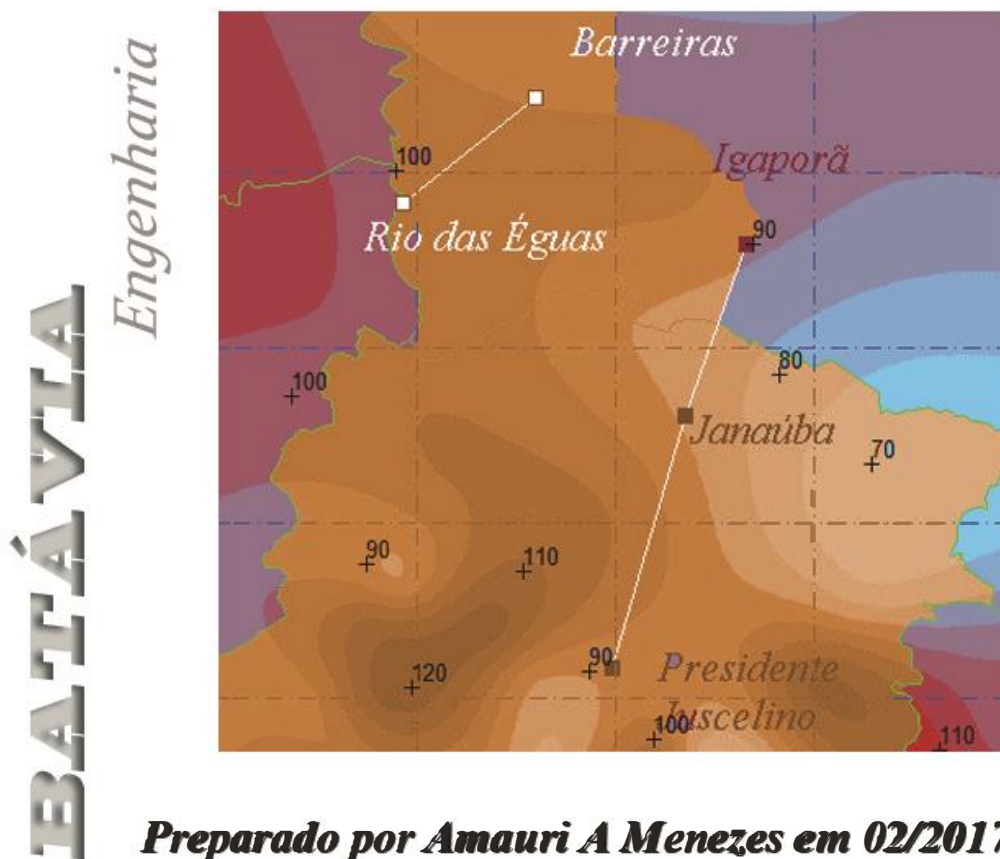
Linhas de transmissão	T = 50 anos		T = 2 anos	
	VR (m/s)	q0 (kgf/m ²)	VR (m/s)	q0 (kgf/m ²)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	31,46	57	19,48	22
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	34,46	68	22,47	29

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 14
- 4 Relatório RT-EQT4-L400-PB-ELM-0003_DADOS CLIMATOLÓGICOS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1
- 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 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 isótopas 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.

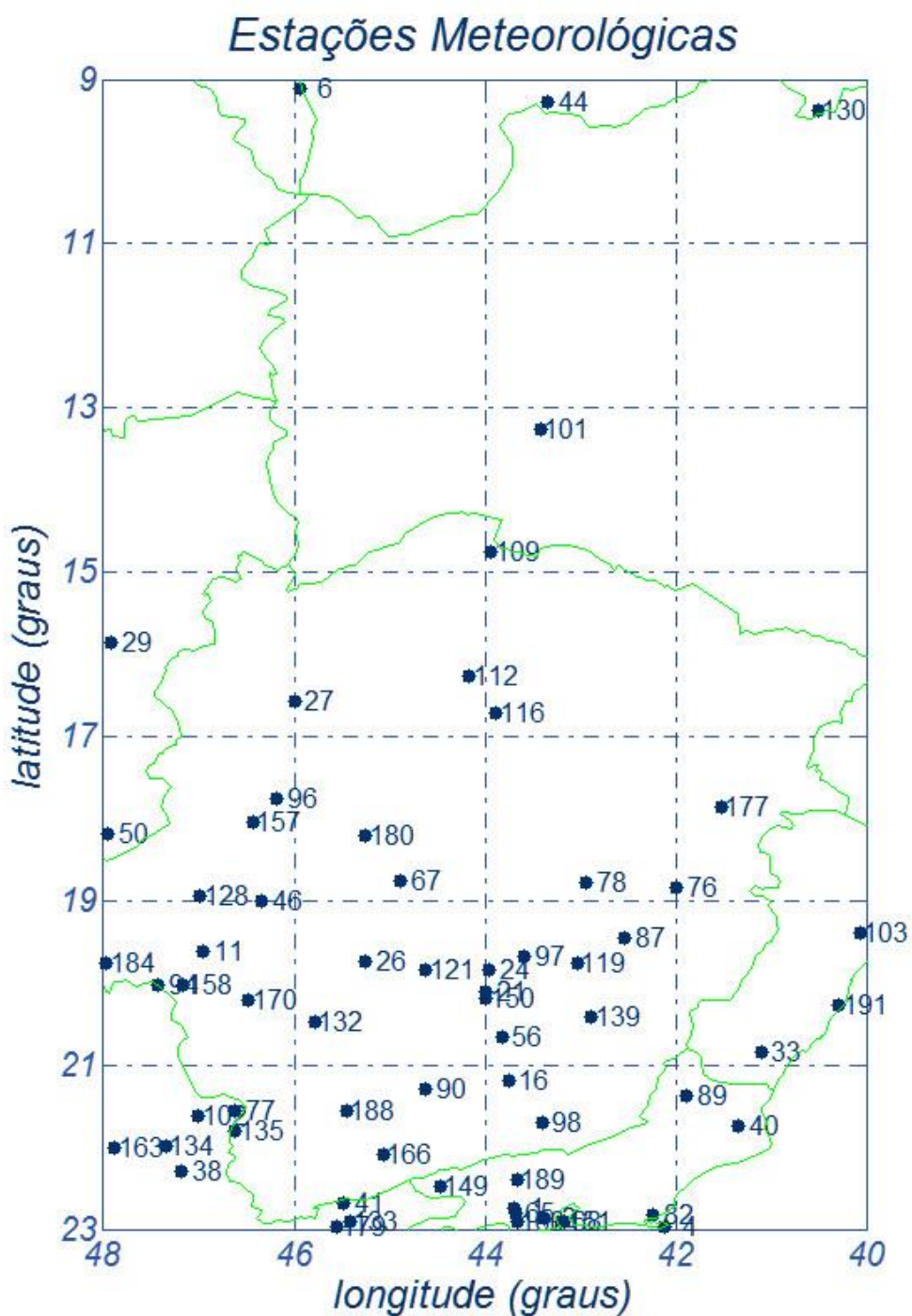


Figura 2.1 - Região de implantação do sistema elétrico de transmissão em foco

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>	22.75	43.70	8	55.89	13	89.42	13	1.60	1.30
<i>Afonso</i>	22.87	43.37	14	50.30	16	80.48	16	1.60	1.30
<i>Álcalis</i>	22.96	42.11	11	69.27	13	110.83	13	1.60	1.30
<i>Alto Parnaíba</i>	9.12	45.93	6	39.56	16	67.25	16	1.70	1.35
<i>Araxá</i>	19.62	46.95	10	57.23	13	91.57	13	1.60	1.30
<i>Barbacena</i>	21.18	43.75	12	53.76	13	86.02	13	1.60	1.30
<i>Barreiro</i>	20.10	43.98	12	65.97	13	105.55	13	1.60	1.30
<i>Belo Horizonte</i>	19.85	43.95	25	39.50	16	63.20	16	1.60	1.30
<i>Bom Despacho</i>	19.75	45.25	20	52.86	16	84.58	16	1.60	1.30
<i>Bonfim Minas</i>	16.57	46.00	6	51.07	16	81.71	16	1.60	1.30
<i>Brasília</i>	15.87	47.92	15	51.08	19	81.73	19	1.60	1.30
<i>Cacho. Itapemirim</i>	20.85	41.10	4	60.37	13	96.59	13	1.60	1.30
<i>Campininha</i>	22.30	47.18	15	41.90	13	67.04	13	1.60	1.30
<i>Campos</i>	21.75	41.33	8	37.74	19	60.39	19	1.60	1.30
<i>Campos do Jordão</i>	22.68	45.48	17	52.86	13	84.58	13	1.60	1.30
<i>Caracol</i>	9.28	43.33	8	42.80	16	72.77	16	1.70	1.35
<i>Carmo Parnaíba</i>	19.00	46.33	4	62.05	13	99.28	13	1.60	1.30
<i>Catalão</i>	18.18	47.95	6	44.02	19	70.43	19	1.60	1.30
<i>Cons. Lafaiete</i>	20.67	43.82	6	58.46	13	93.54	13	1.60	1.30
<i>Ecologia Agrícola</i>	22.80	43.68	21	61.04	16	97.66	16	1.60	1.30
<i>Felixlândia</i>	18.75	44.88	11	54.88	13	87.81	13	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_{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>	9.38	40.50	6	50.23	13	85.39	13	1.70	1.35
<i>Pimenta</i>	20.47	45.78	12	52.86	13	84.58	13	1.60	1.30
<i>Pindamonhangaba</i>	22.90	45.42	12	53.31	13	85.30	13	1.60	1.30
<i>Pirassununga</i>	21.98	47.35	15	53.80	16	86.08	16	1.60	1.30
<i>Poços Caldas</i>	21.80	46.62	11	63.95	13	102.32	13	1.60	1.30
<i>Ponte Nova</i>	20.42	42.88	7	42.67	13	68.27	13	1.60	1.30
<i>Resende</i>	22.48	44.47	28	66.07	13	105.71	13	1.60	1.30
<i>Retiro Pedras</i>	20.18	43.98	15	70.05	13	112.08	13	1.60	1.30
<i>Rio de Janeiro</i>	22.90	43.17	25	49.20	16	78.72	16	1.60	1.30
<i>S Pedro P Firme</i>	18.05	46.43	7	56.11	16	89.78	16	1.60	1.30
<i>Sacramento</i>	20.03	47.17	5	57.23	13	91.57	13	1.60	1.30
<i>Santa Cruz</i>	22.92	43.67	25	67.30	16	107.68	16	1.60	1.30
<i>São Carlos</i>	22.02	47.88	12	58.35	13	93.36	13	1.60	1.30
<i>São Lourenço</i>	22.10	45.07	13	58.69	13	93.90	13	1.60	1.30
<i>São Roque</i>	20.22	46.48	22	61.26	13	98.02	13	1.60	1.30
<i>Teófilo Otoni</i>	17.87	41.52	10	39.98	16	63.97	16	1.60	1.30
<i>Tremembé</i>	22.97	45.55	14	40.99	19	65.59	19	1.60	1.30
<i>Três Marias</i>	18.22	45.25	22	67.98	16	108.77	16	1.60	1.30
<i>Uberaba</i>	19.77	47.97	18	58.69	13	93.90	13	1.60	1.30
<i>Varginha</i>	21.57	45.45	11	52.08	13	83.33	13	1.60	1.30
<i>Vassouras</i>	22.40	43.67	11	44.35	19	70.96	19	1.60	1.30
<i>Vitoria</i>	20.28	40.29	7	63.50	13	101.61	13	1.60	1.30

nomenclatura:

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

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.

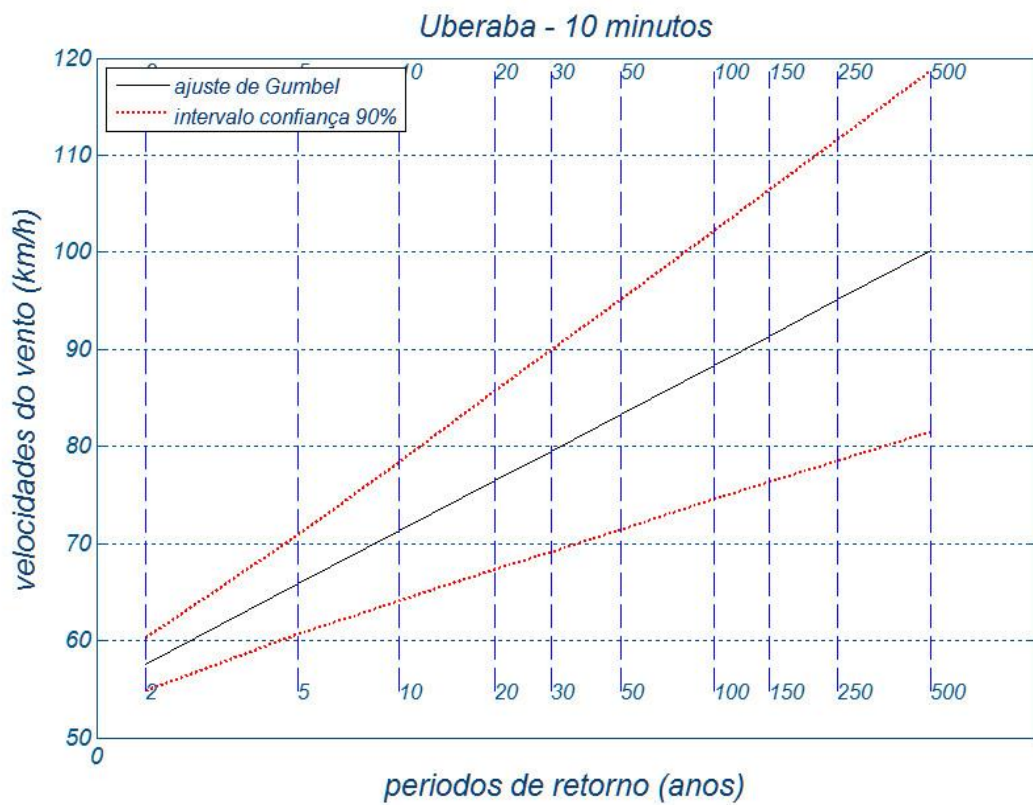
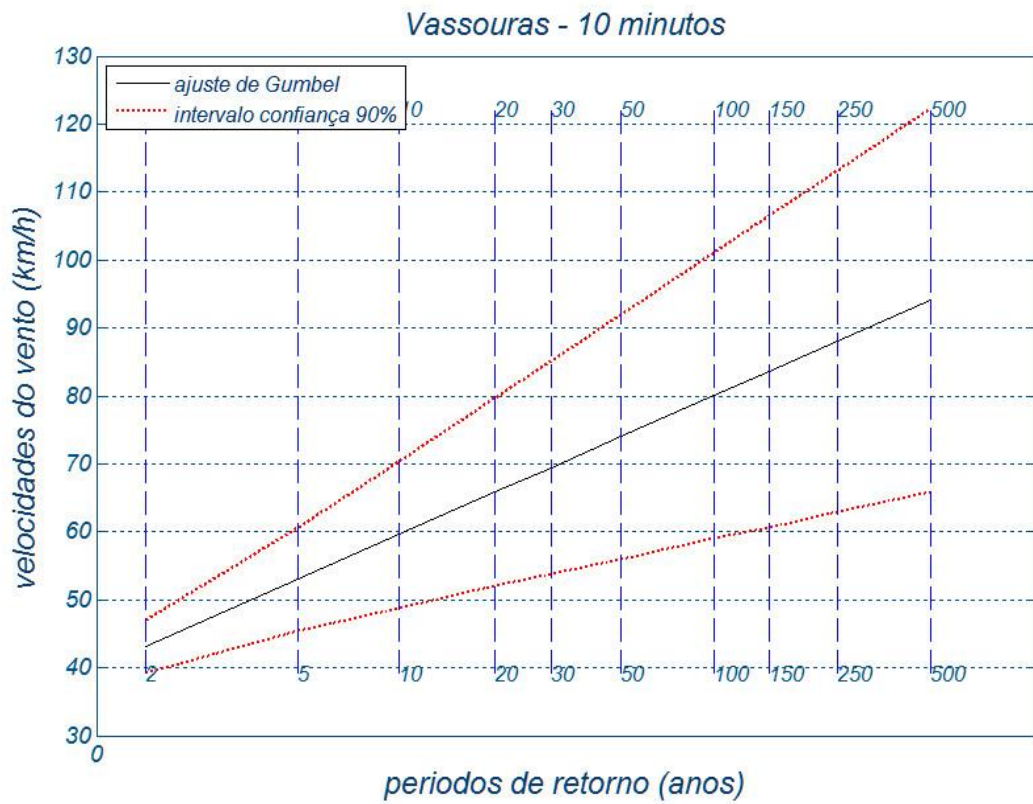
Tabela A1 - Valores dos coeficientes C_1 e C_2

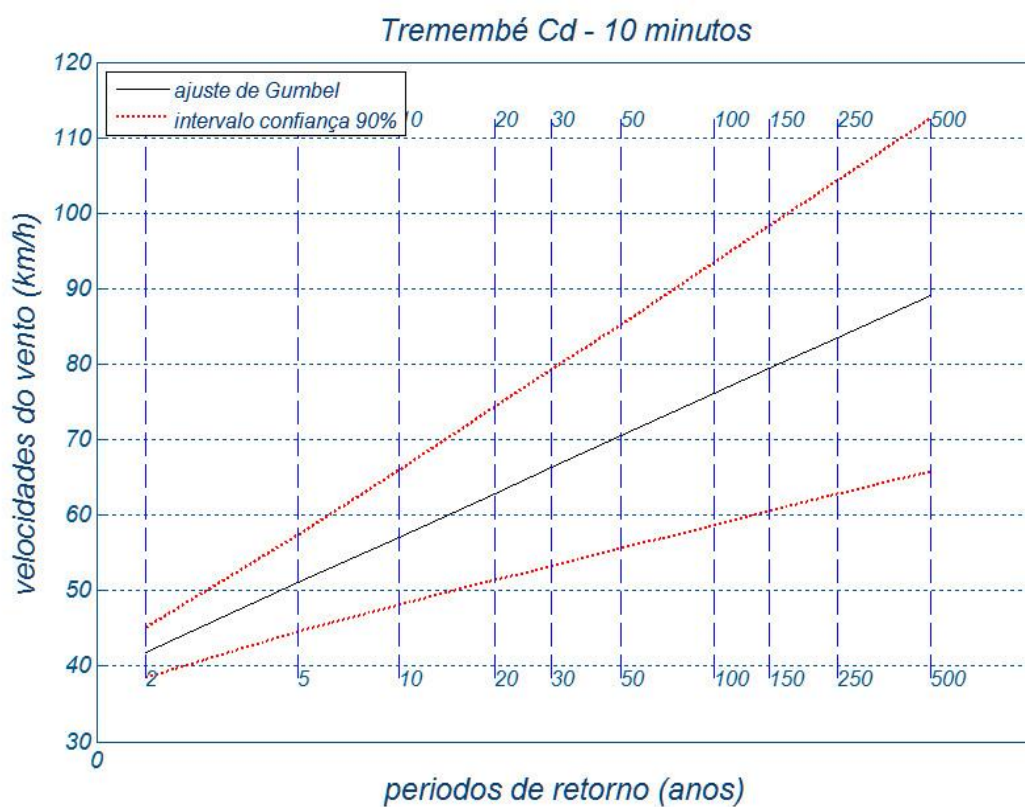
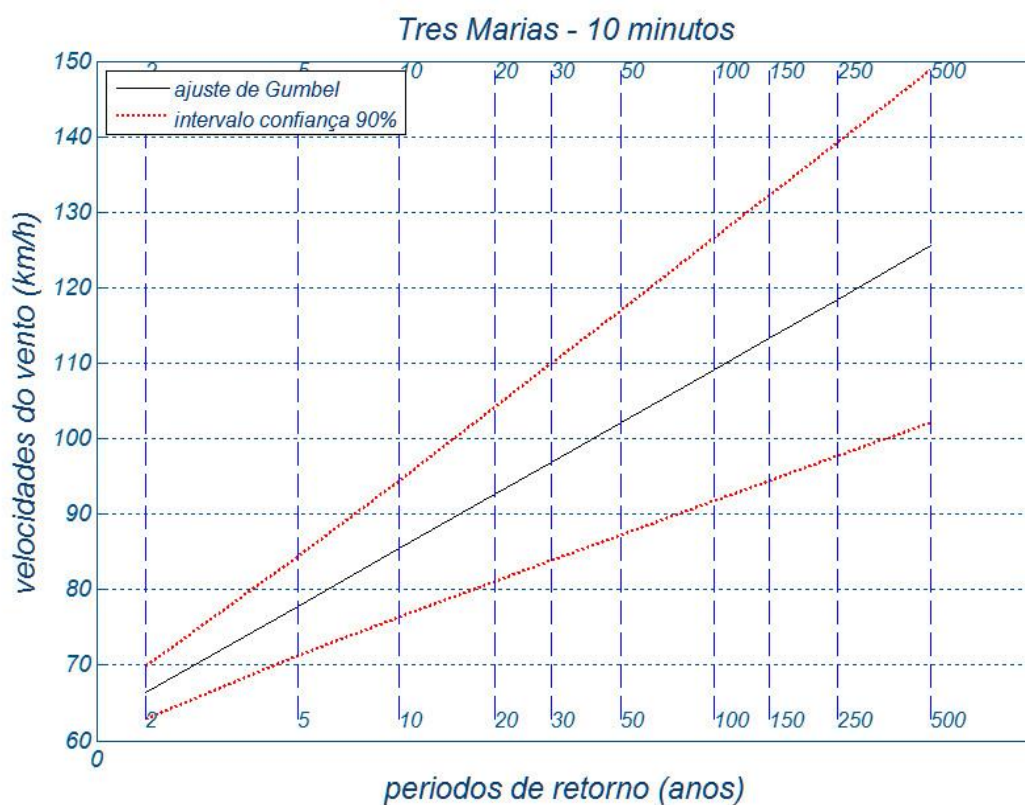
n	C_1			n	C_2		
2	0.49838	17	1.03970	2	0.40434	17	0.51768
3	0.64348	18	1.04810	3	0.42859	18	0.51980
4	0.73147	19	1.05570	4	0.44580	19	0.52175
5	0.79278	20	1.06280	5	0.45879	20	0.52355
6	0.83877	21	1.06940	6	0.46903	21	0.52522
7	0.87493	22	1.07550	7	0.47735	22	0.52678
8	0.90432	23	1.08120	8	0.48428	23	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

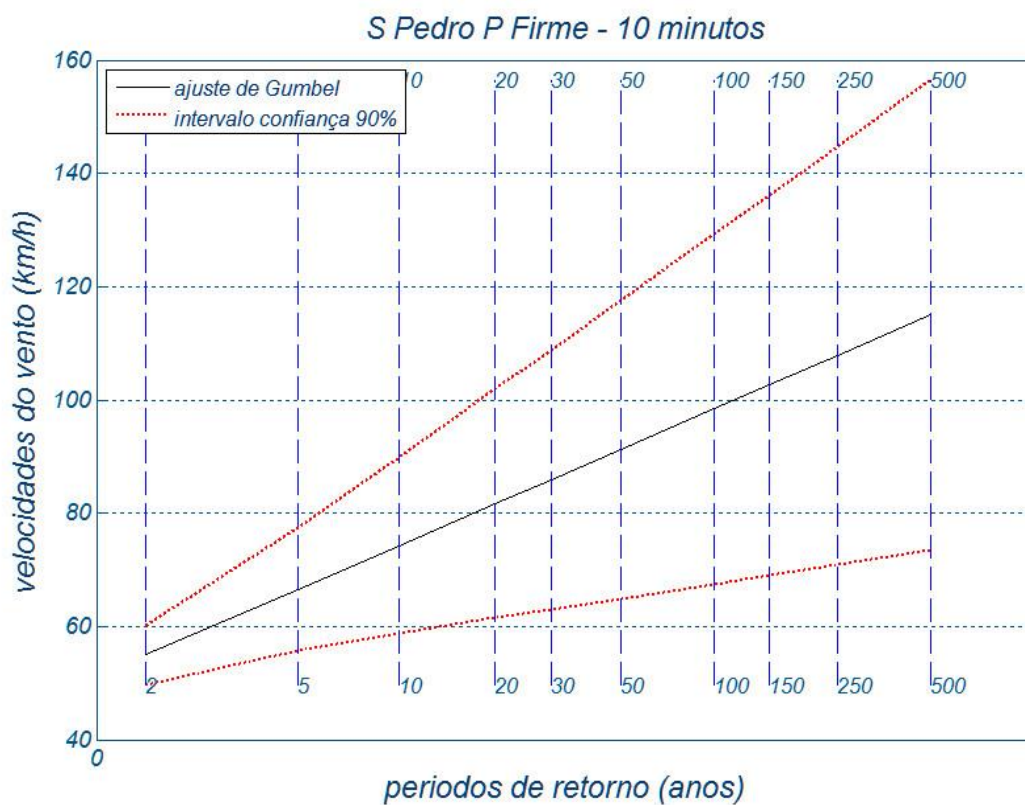
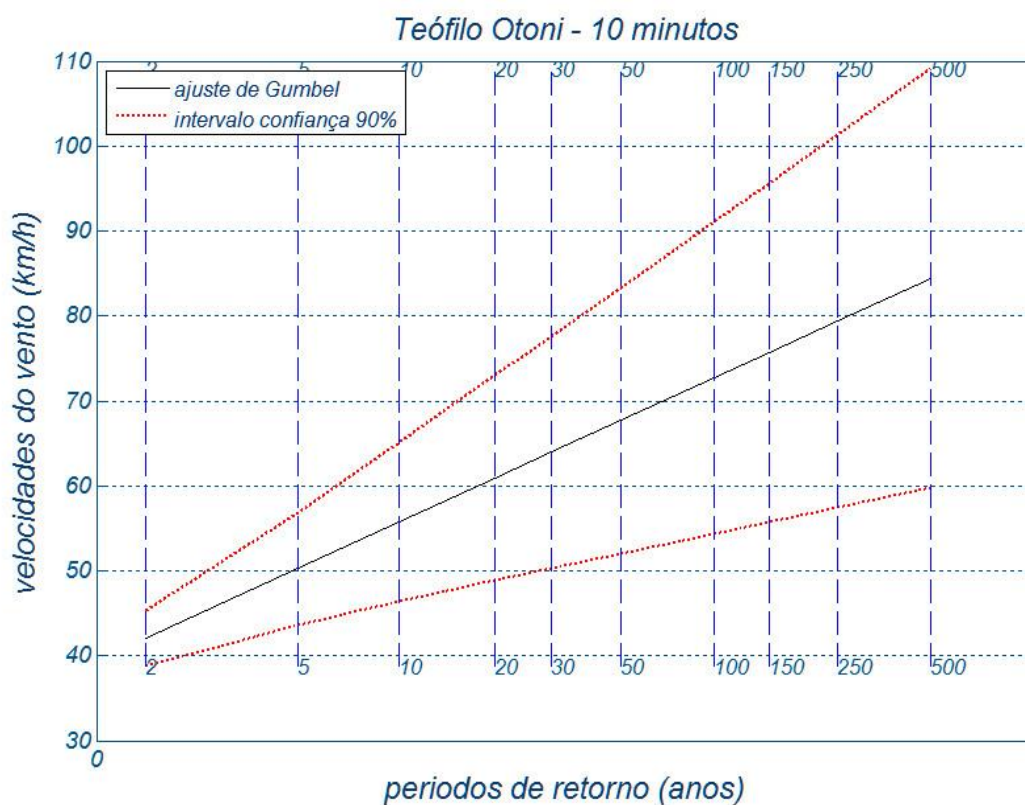
No caso dos valores de C_1 e C_2 serem assumidos para $n = \infty$, o método acima se identifica com o método dos momentos, que é menos conservador e raramente usado.

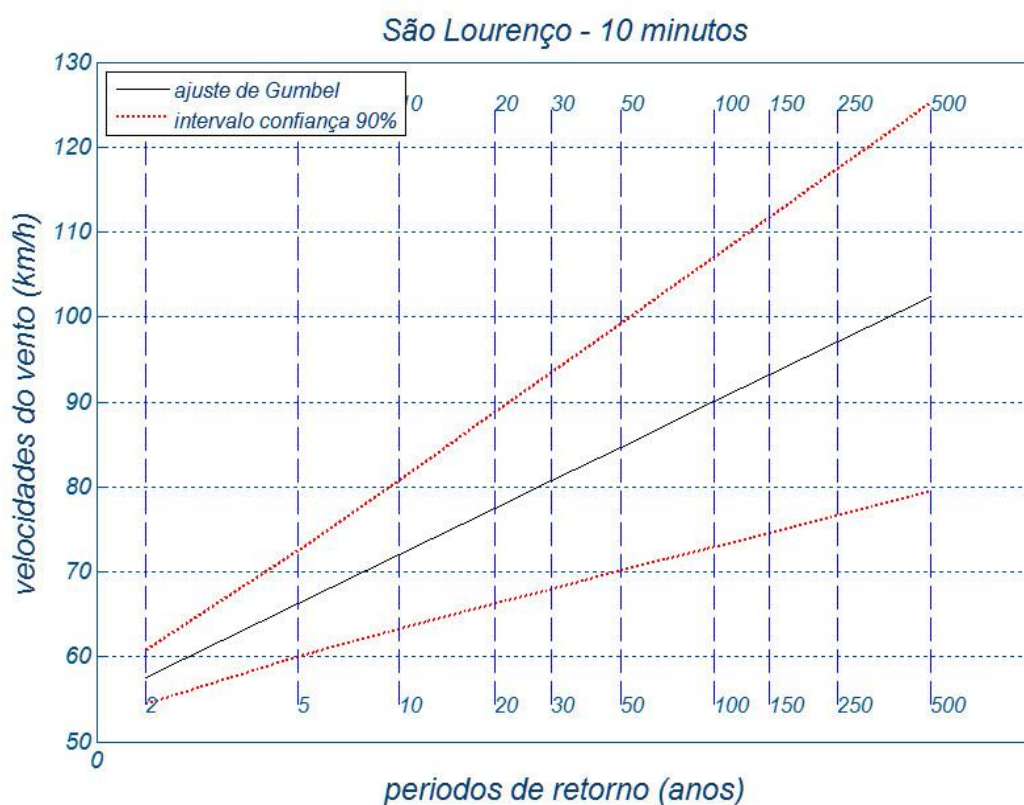
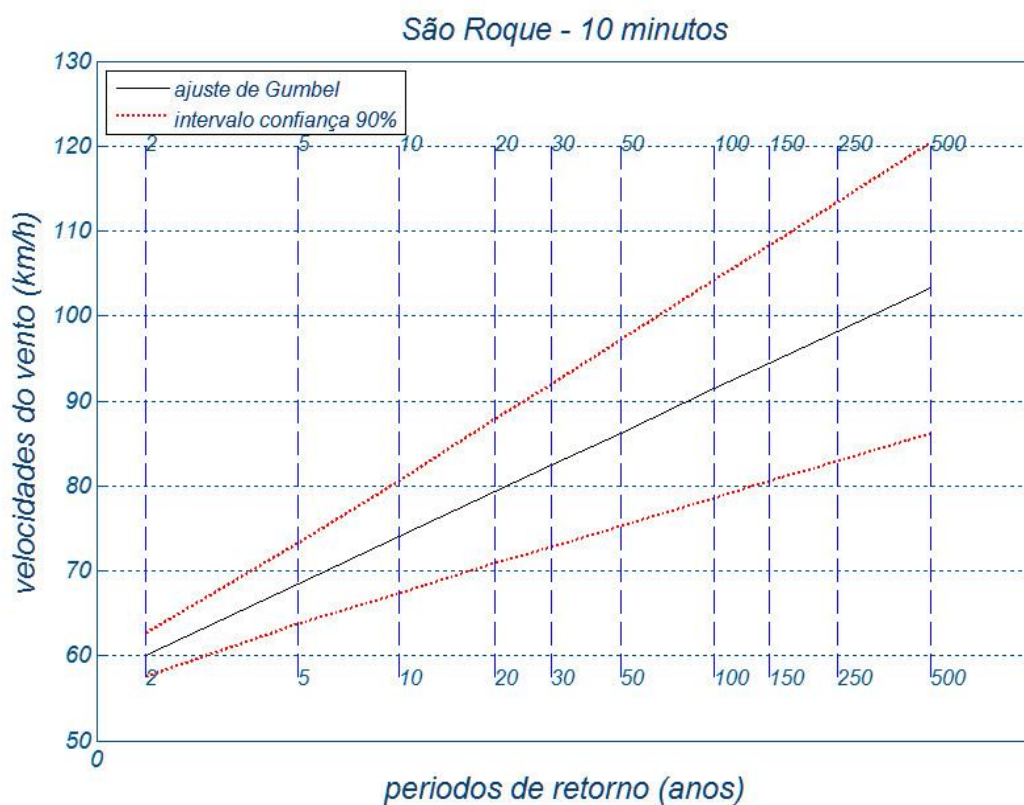
Anexo III Os ajustes da distribuição de Gumbel às amostras

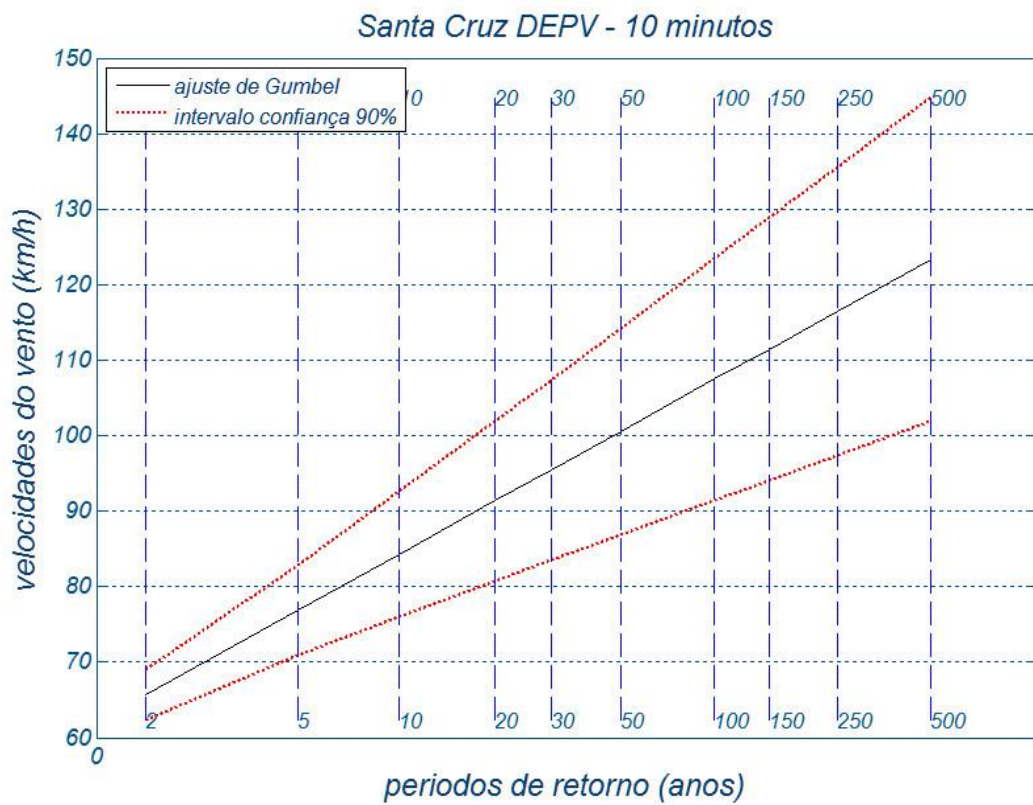
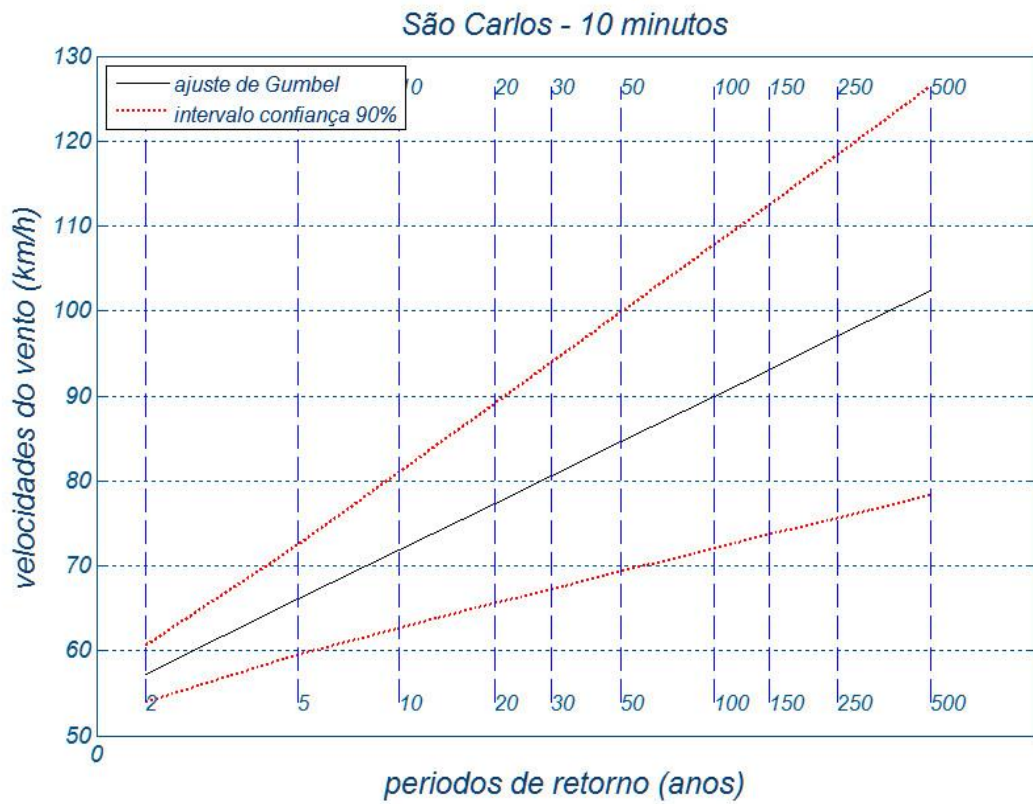
As figuras seguintes ilustram os ajustes de Gumbel em cada estação, tempo de média de 10 minutos. Para os demais tempos de média, os coeficientes da Tabela 3 podem ser usados.

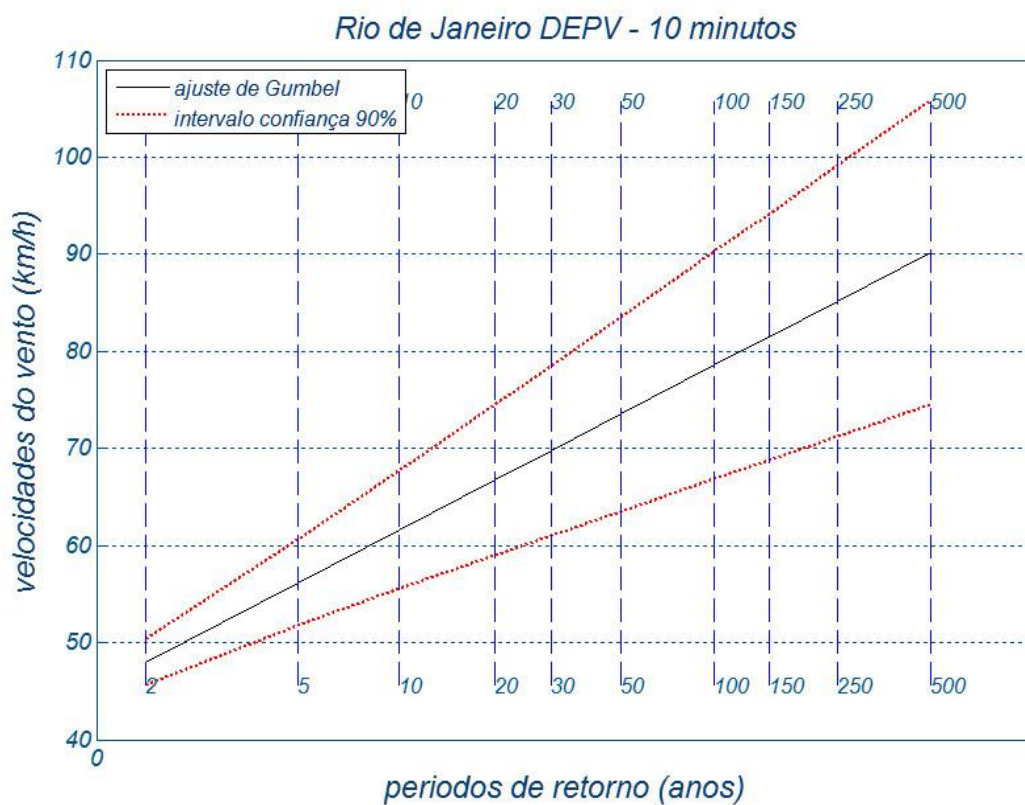
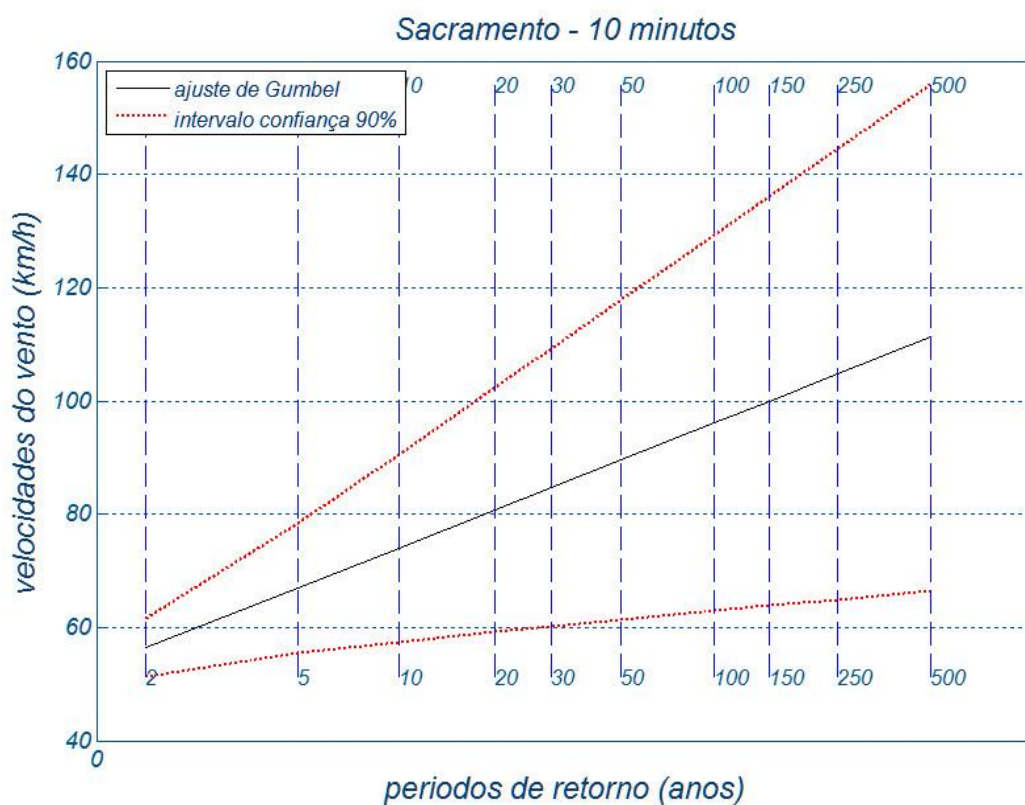


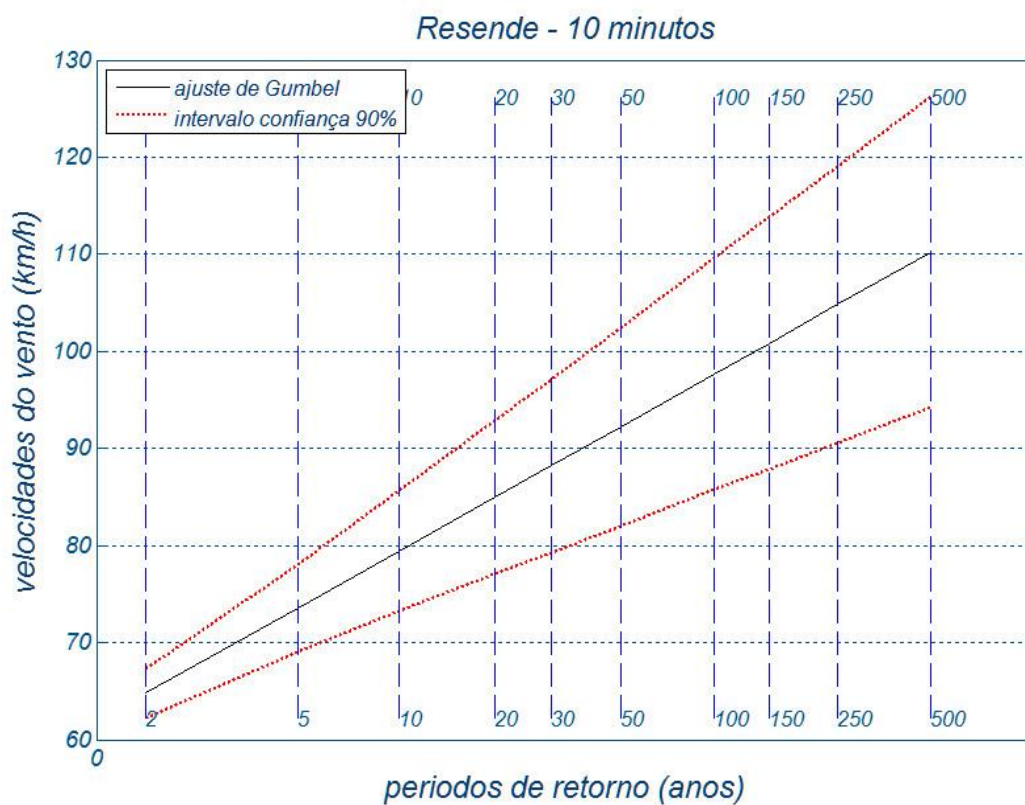
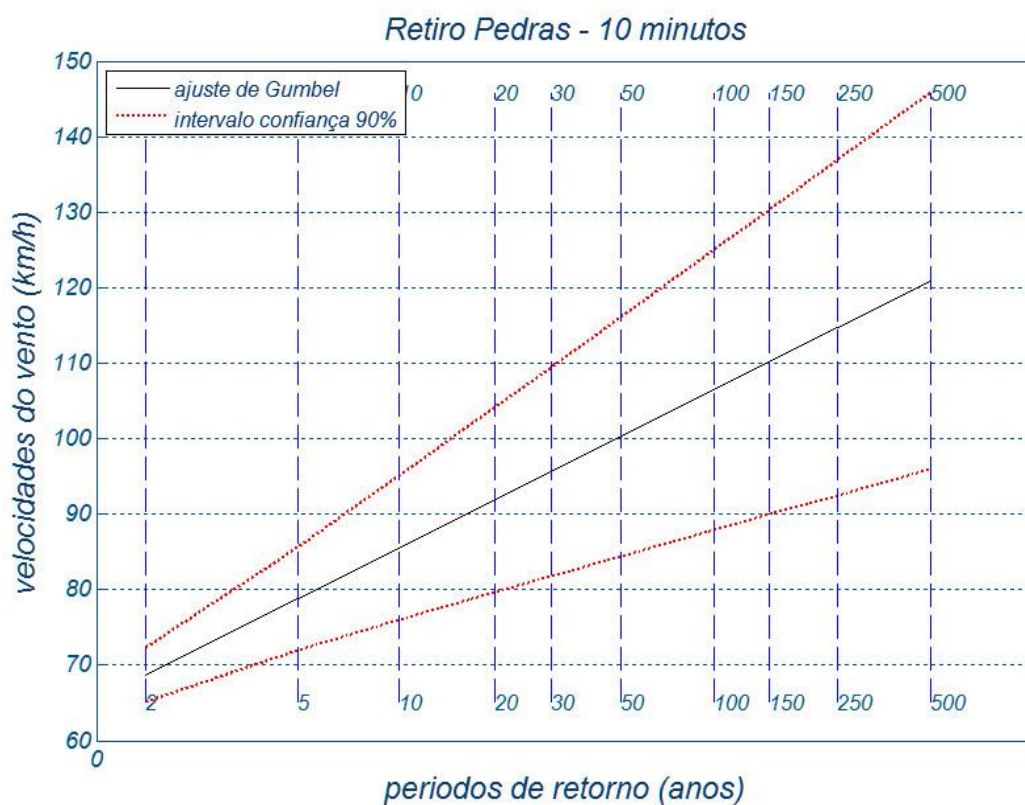


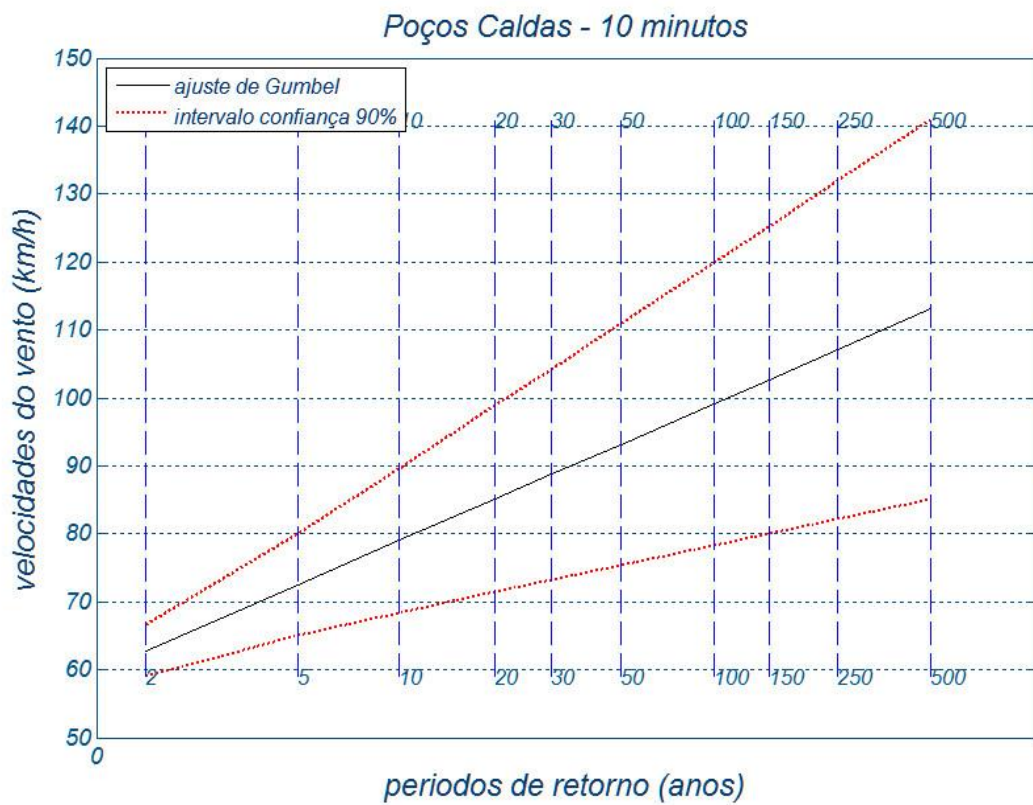
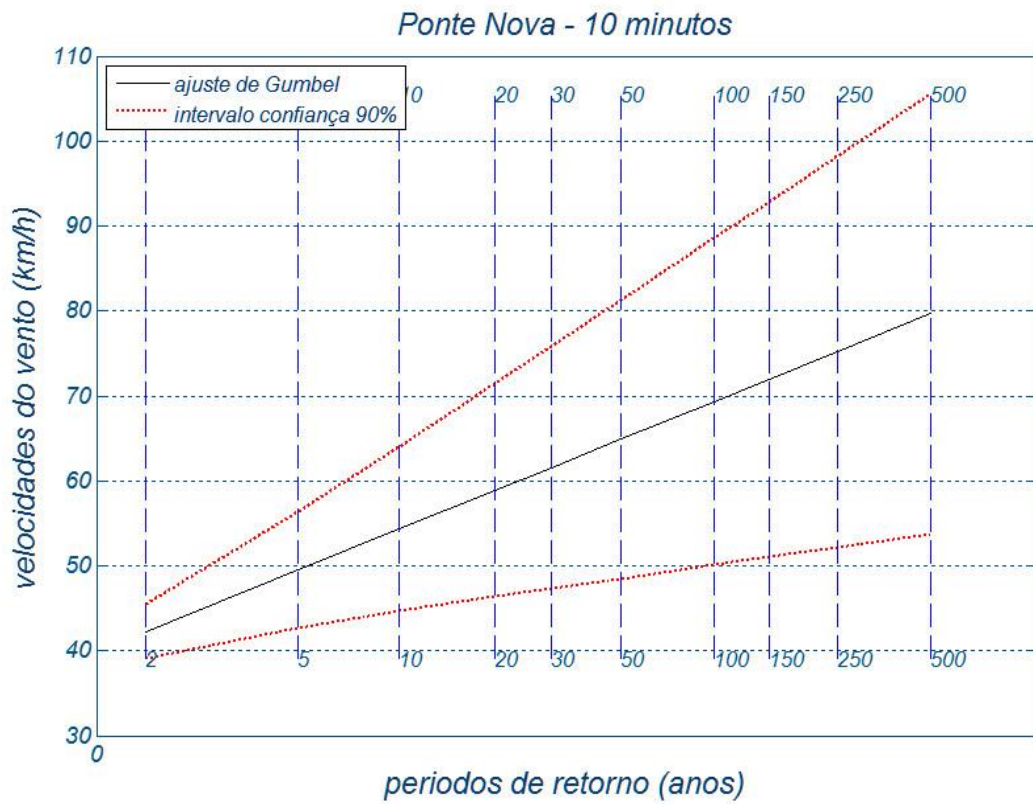


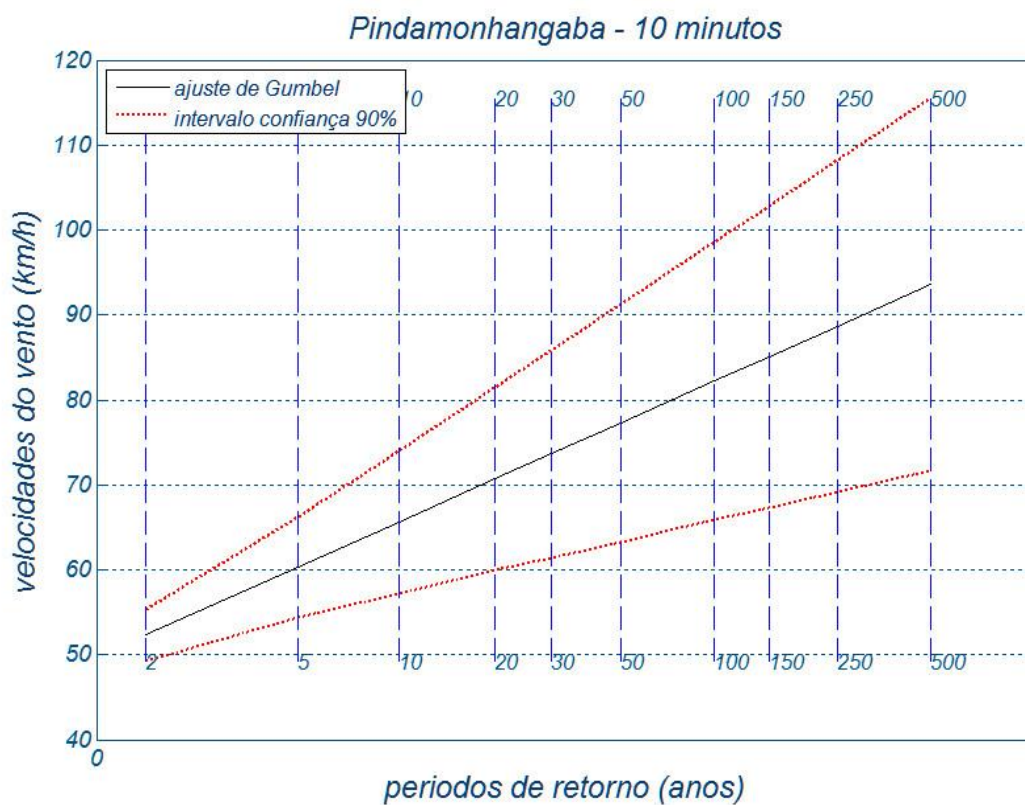
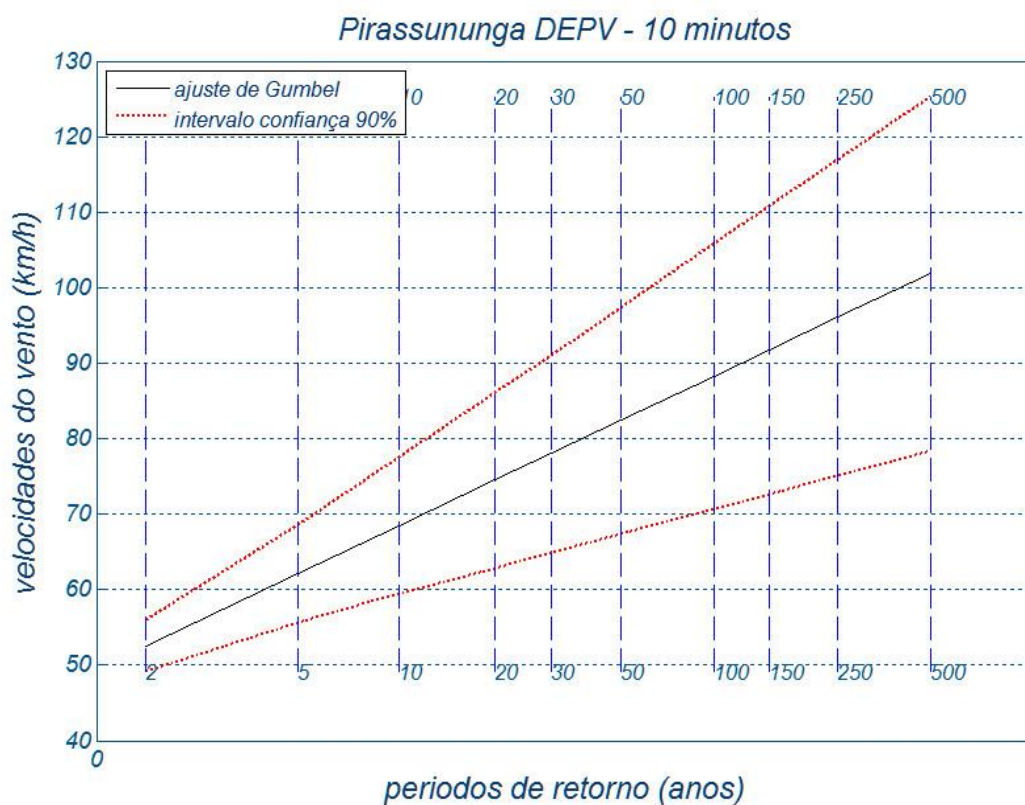


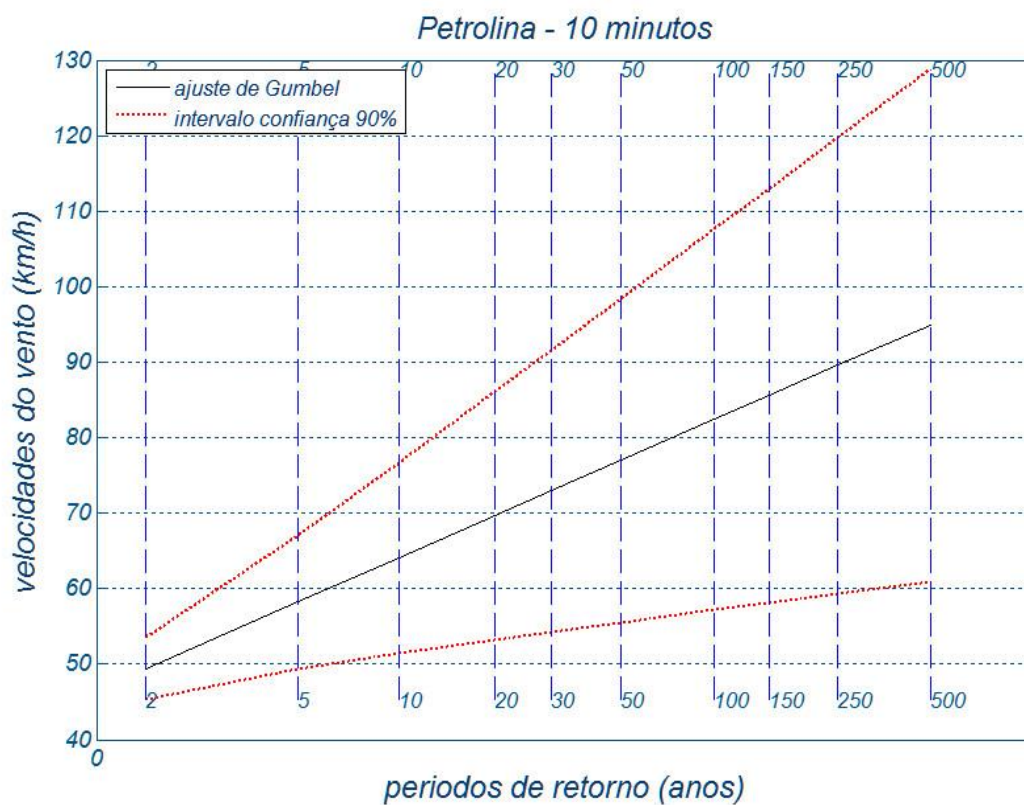
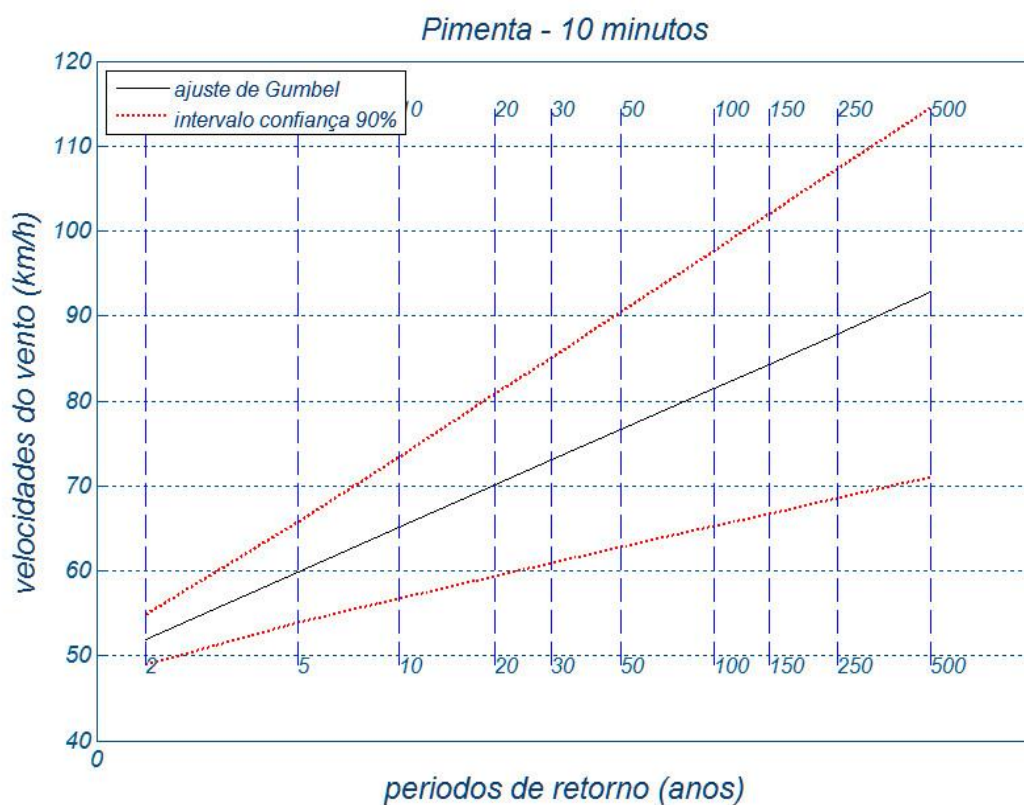


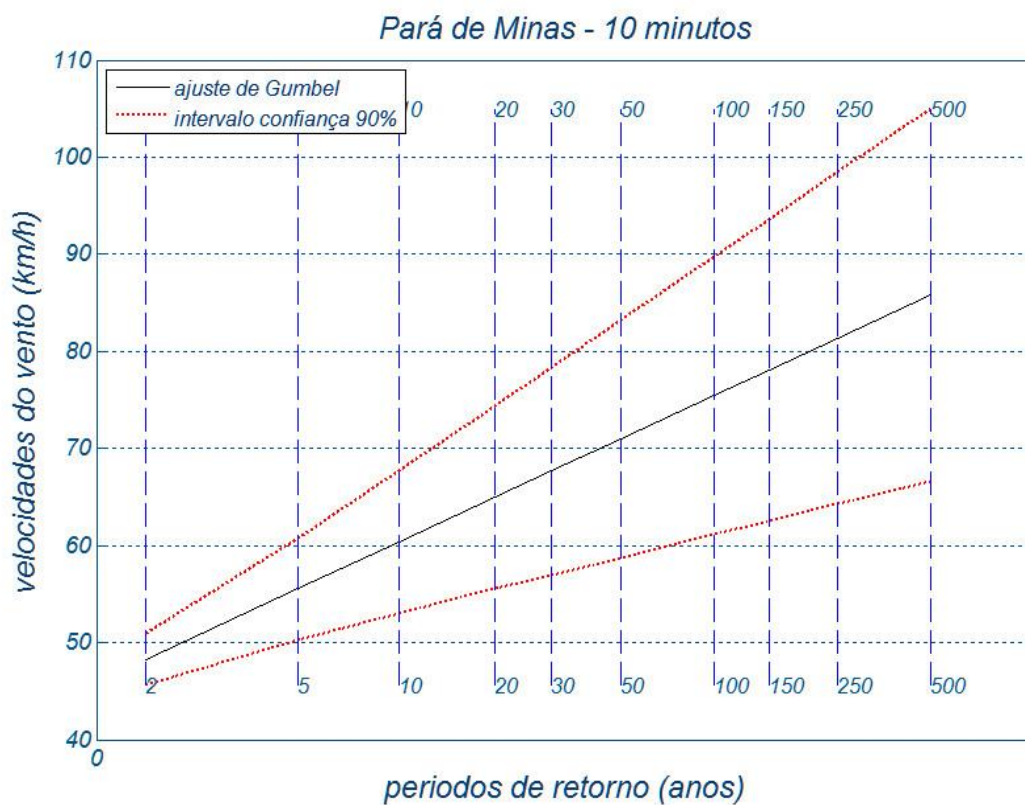
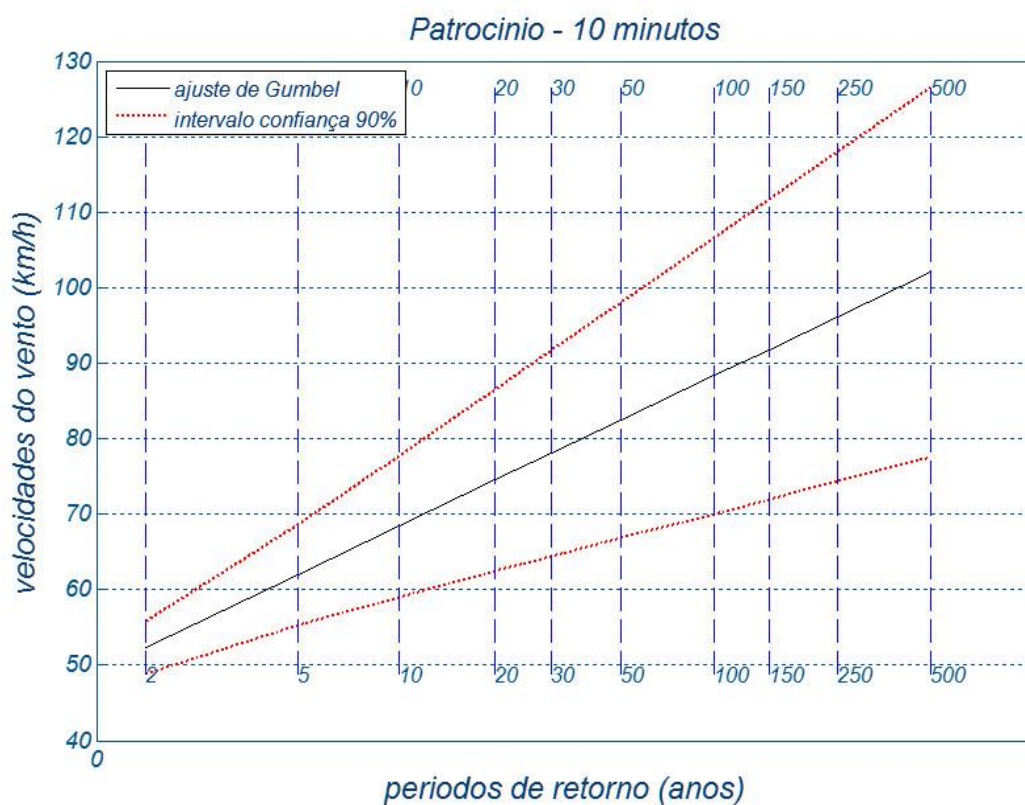


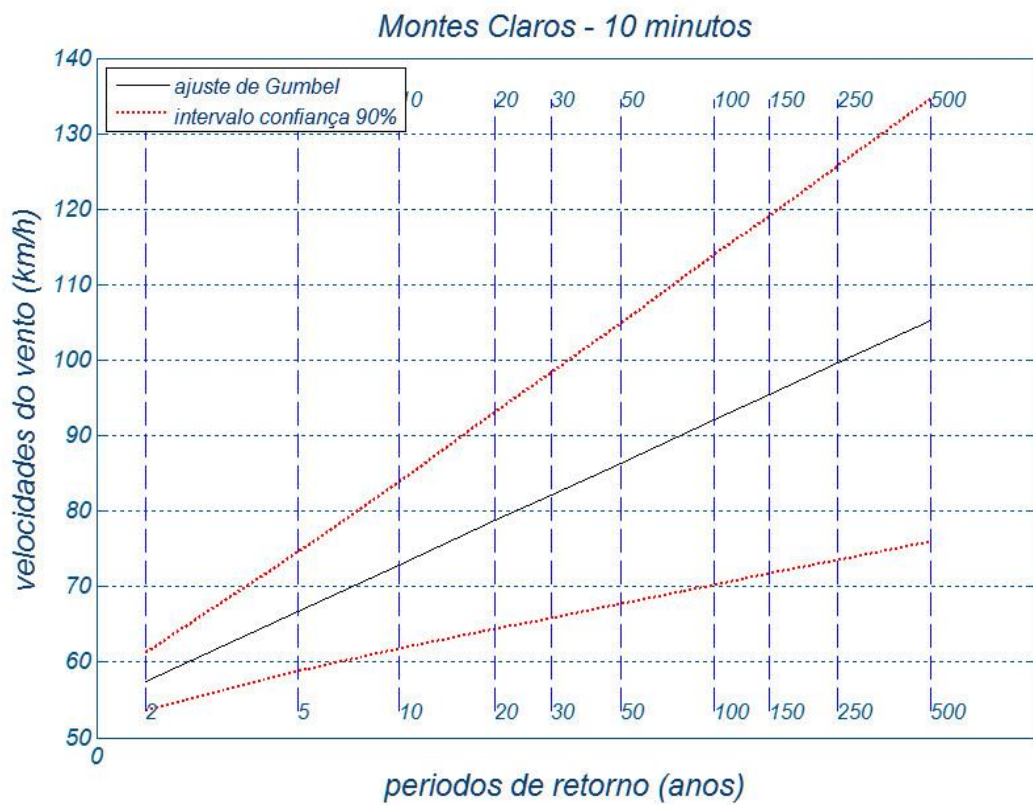
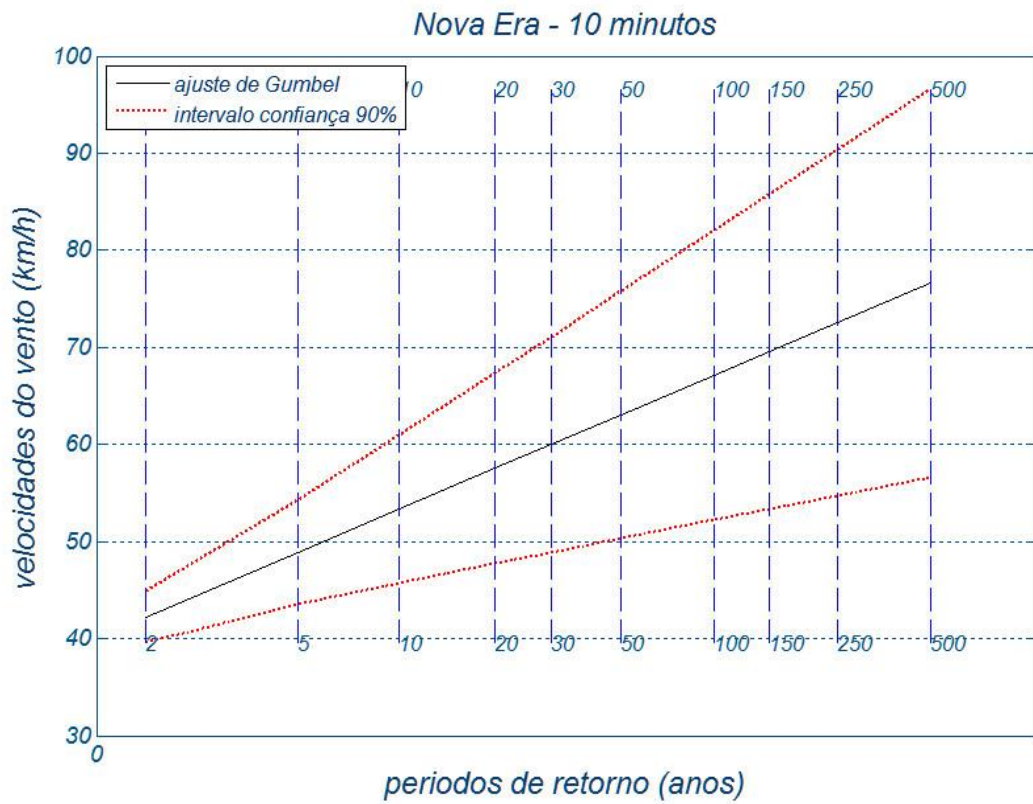


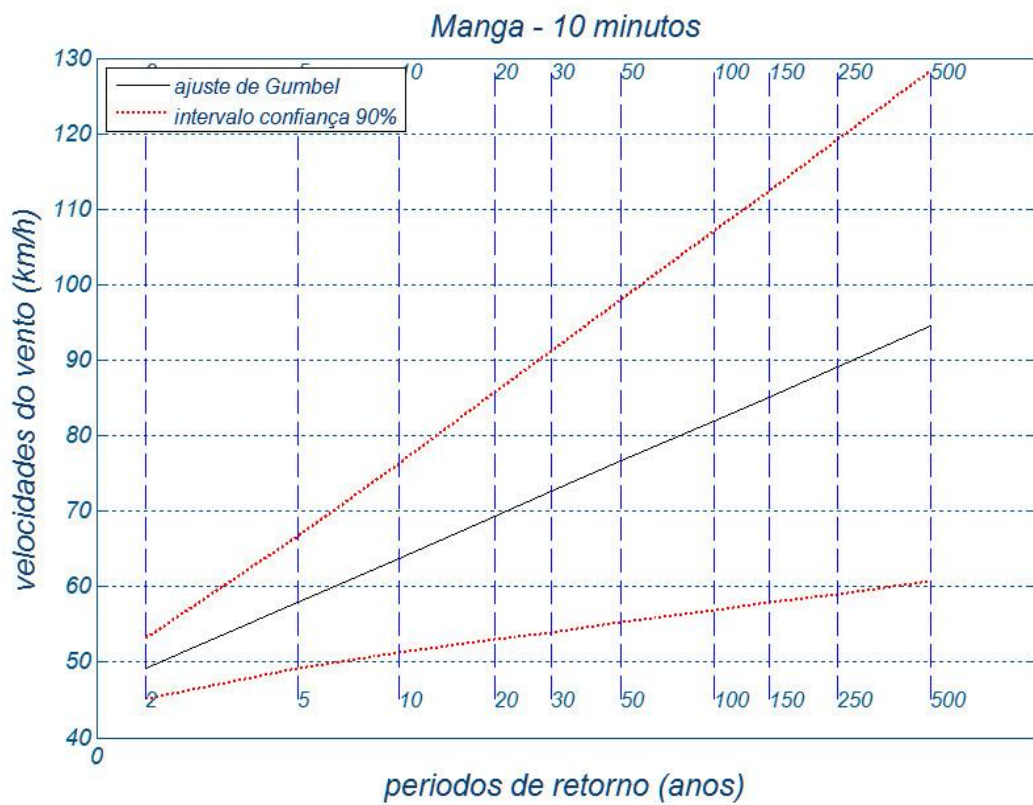
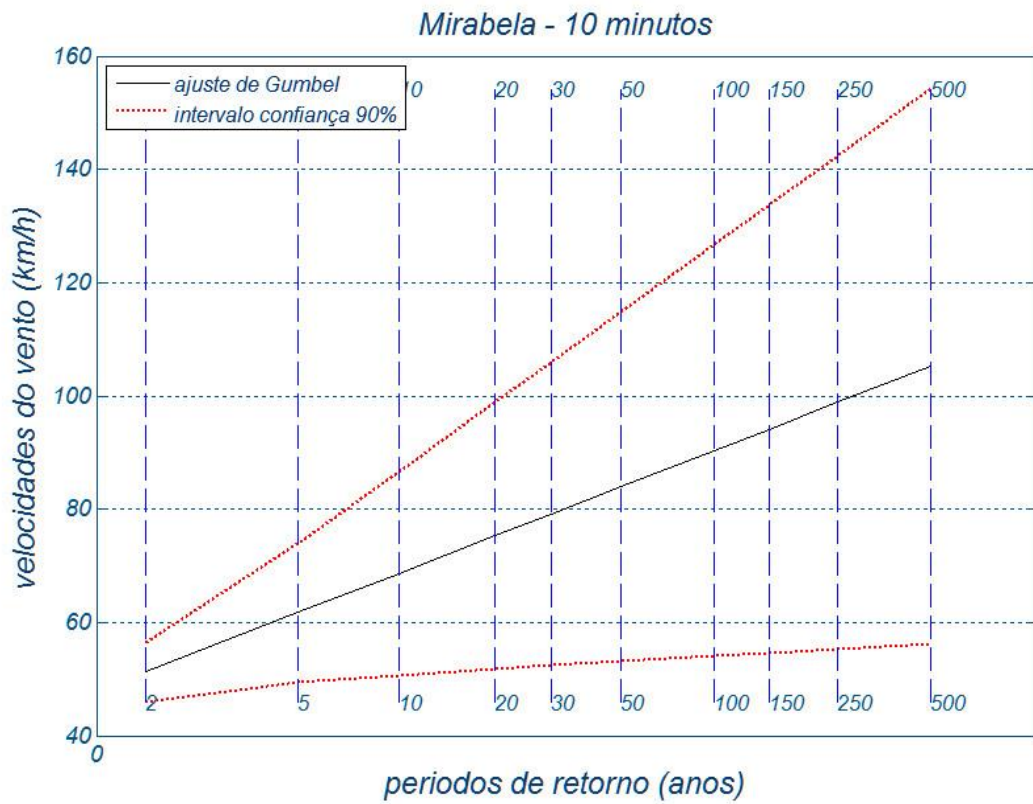


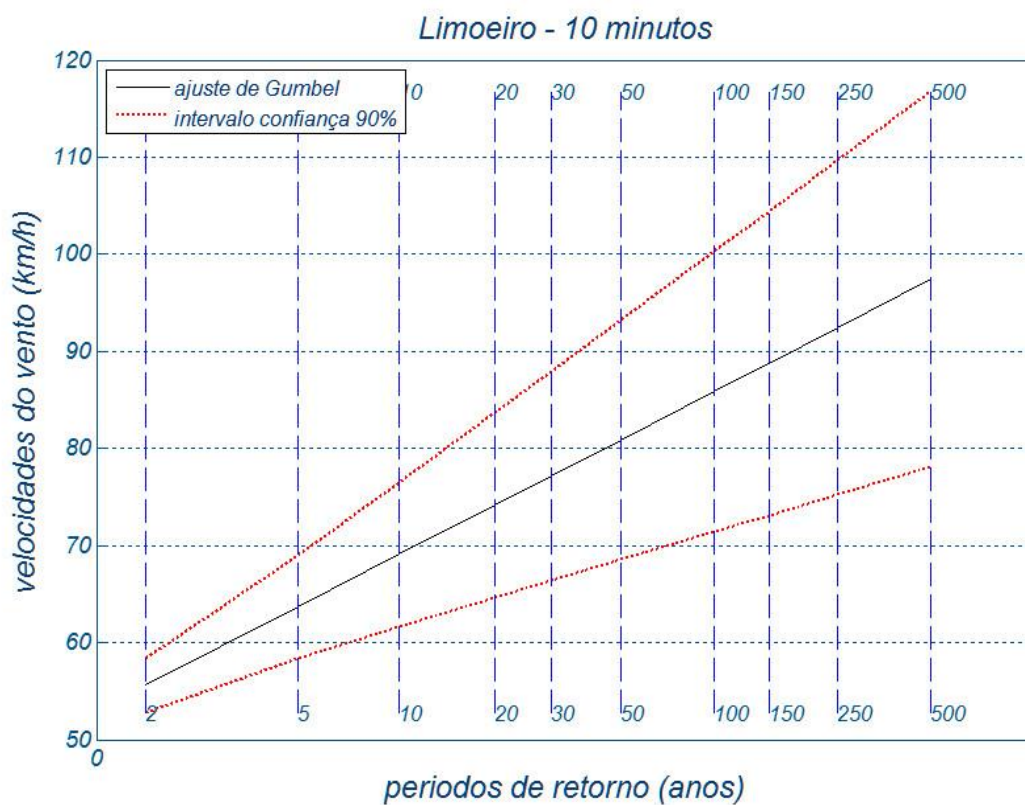
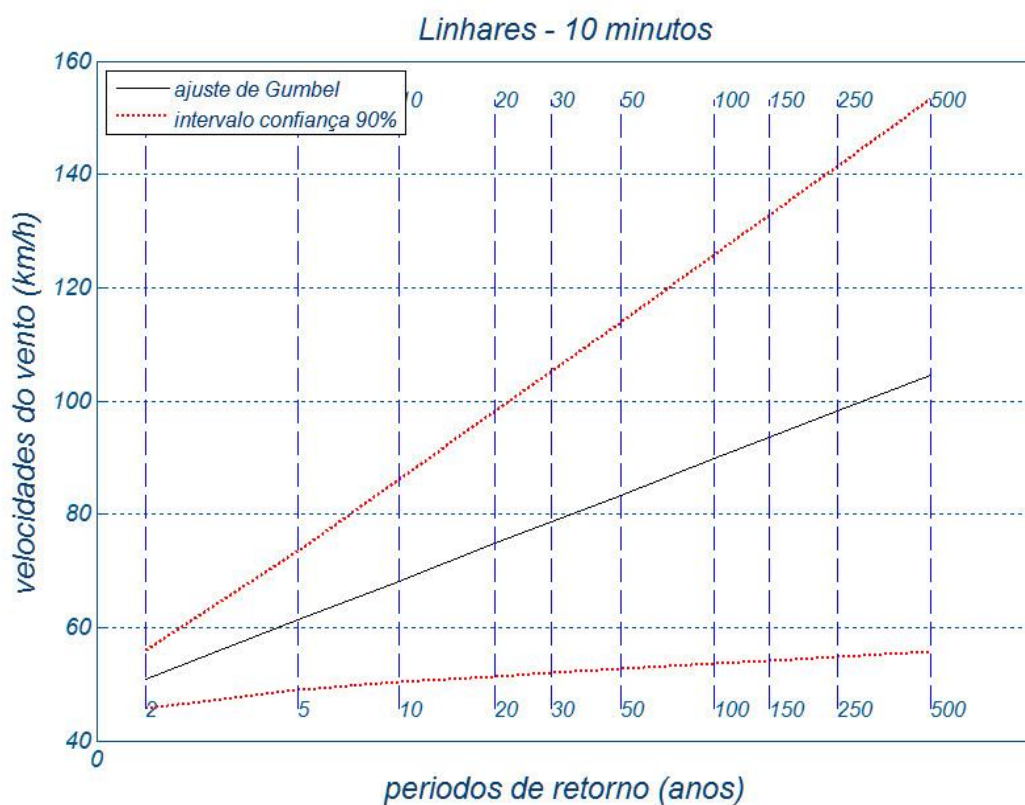


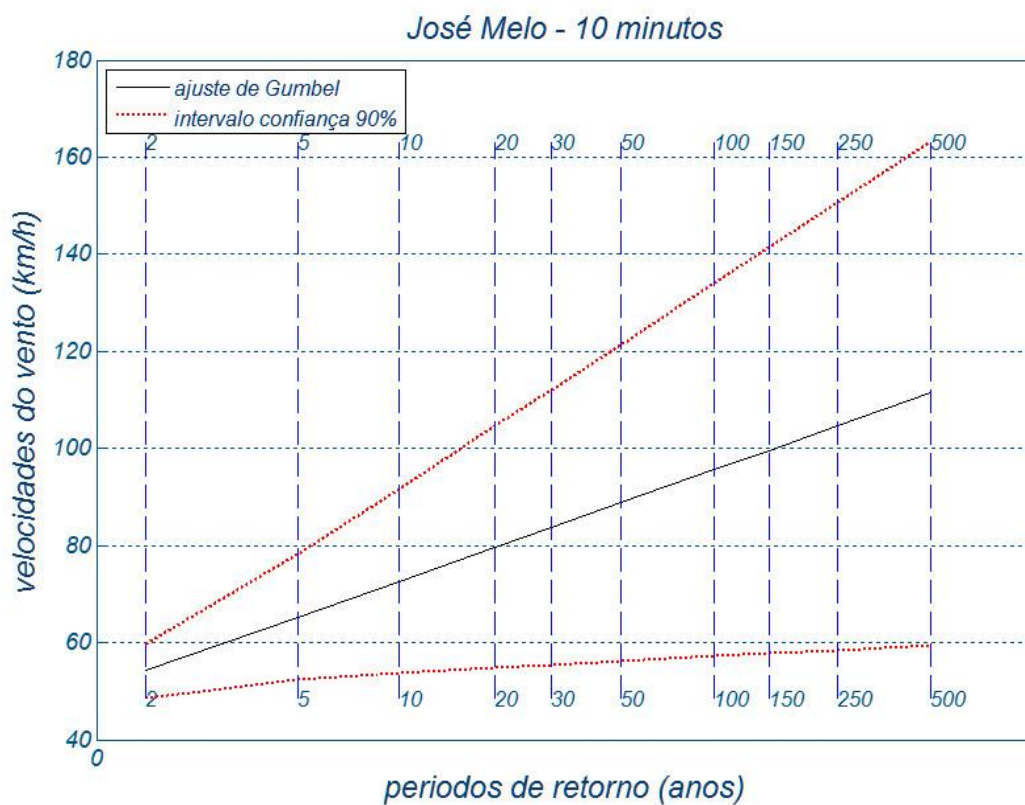
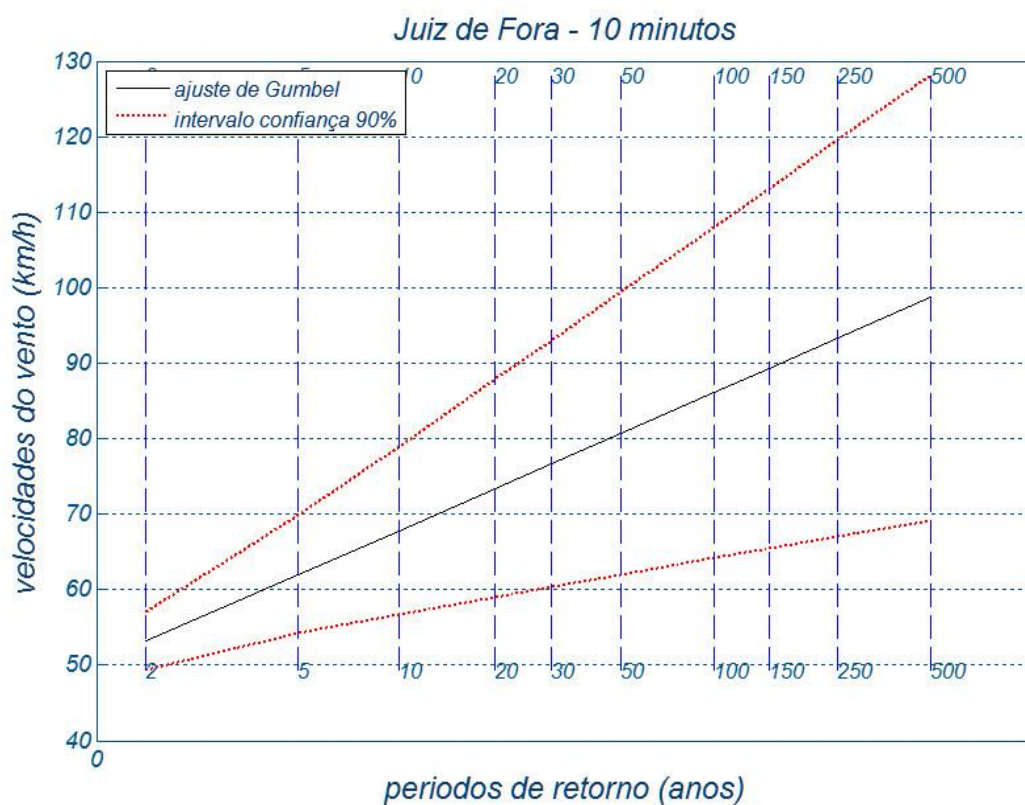


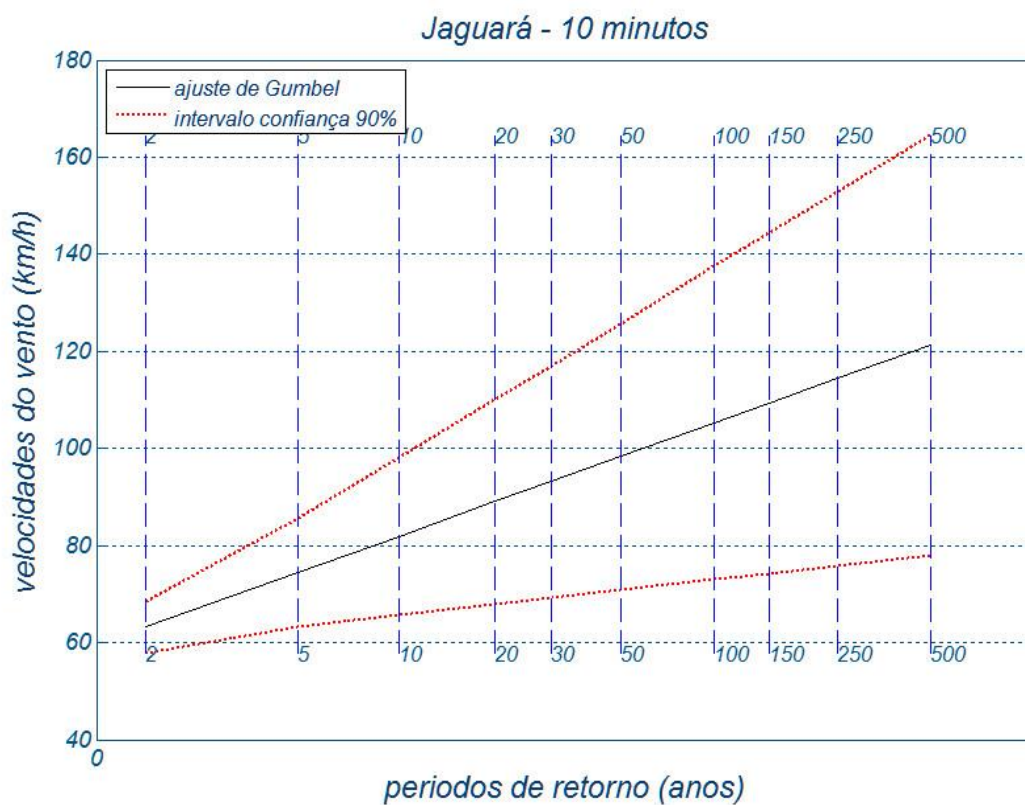
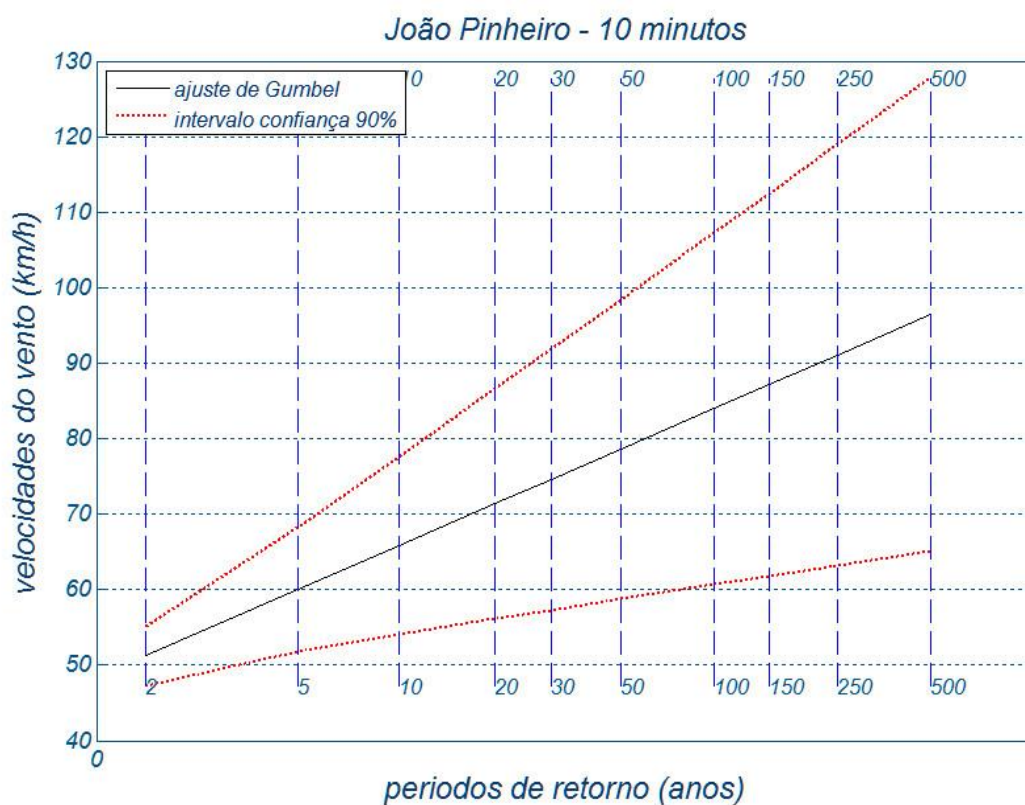


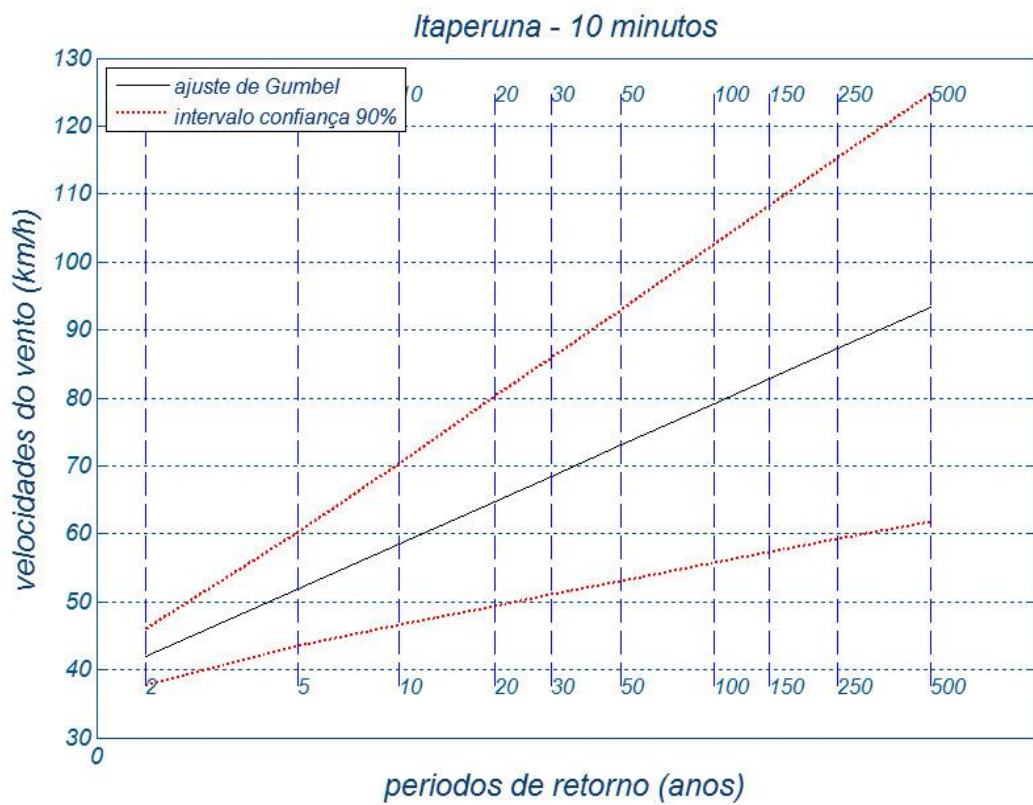
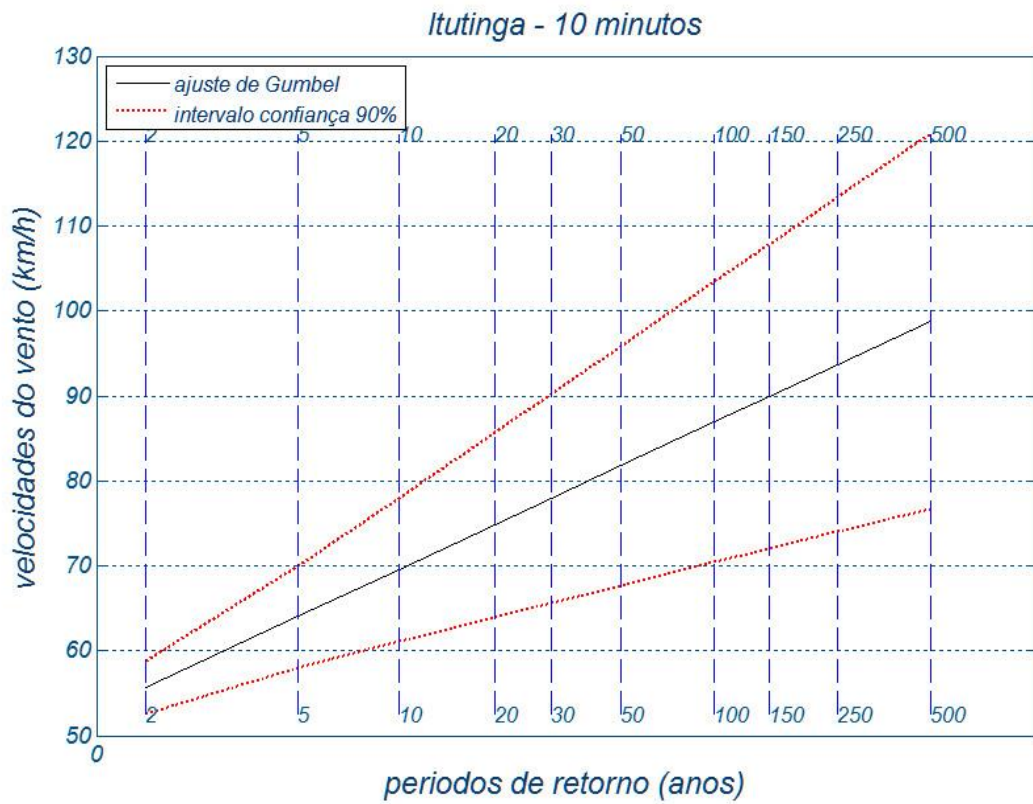


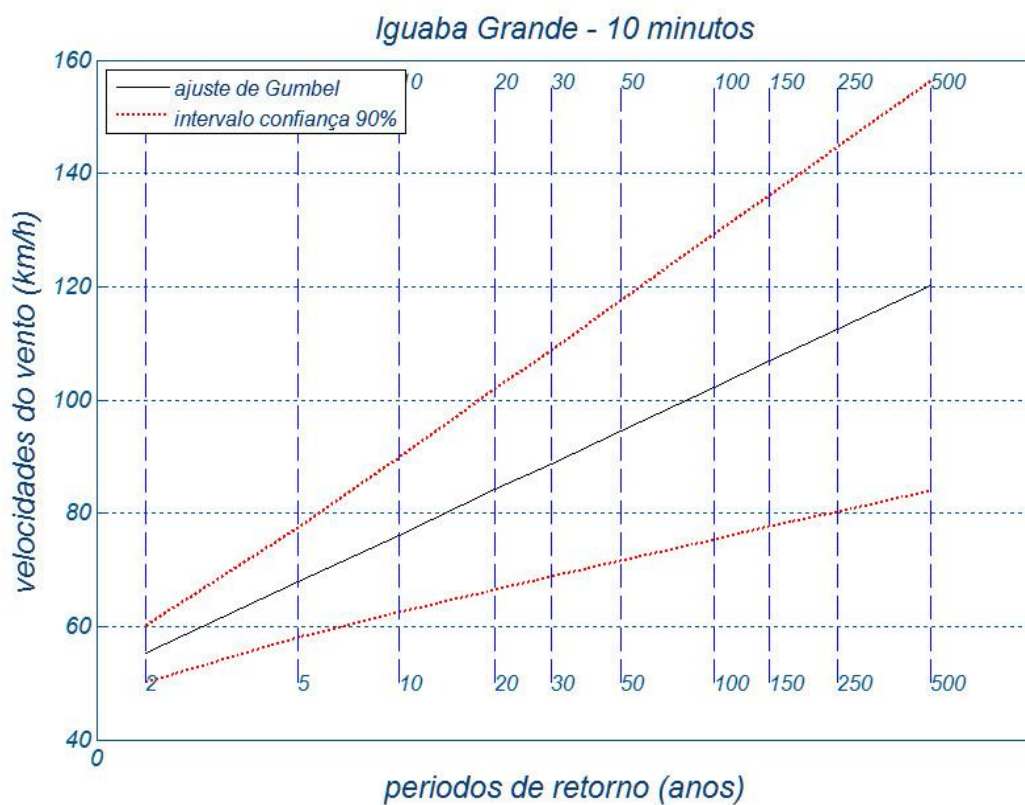
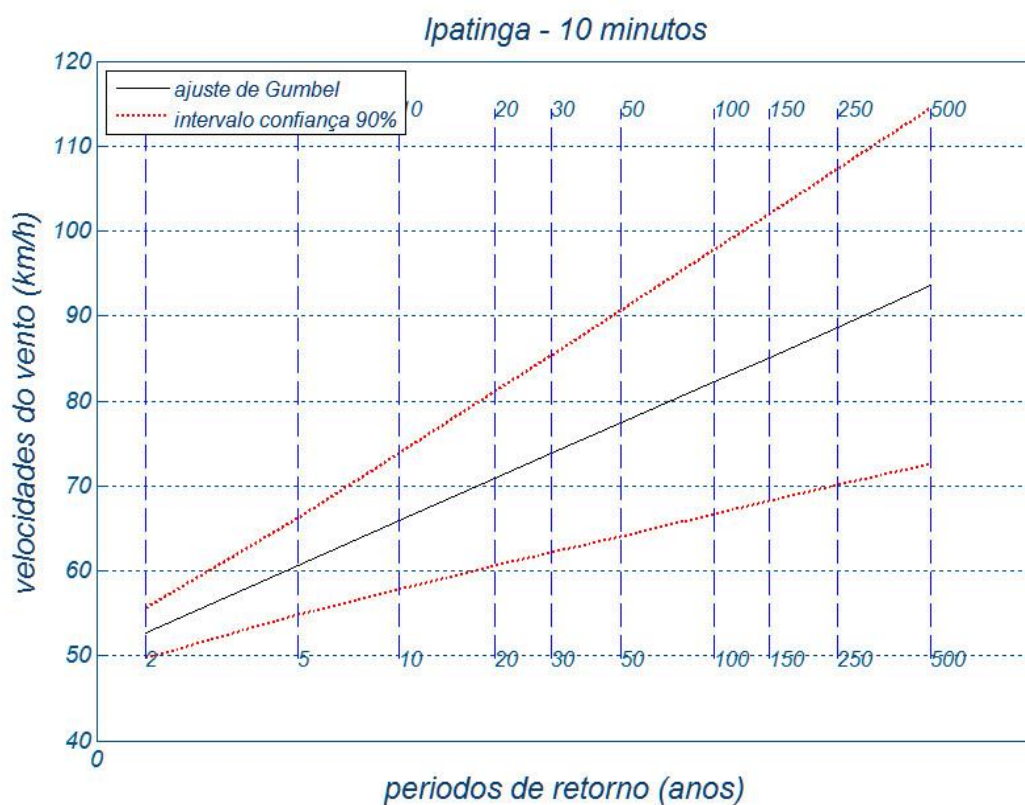


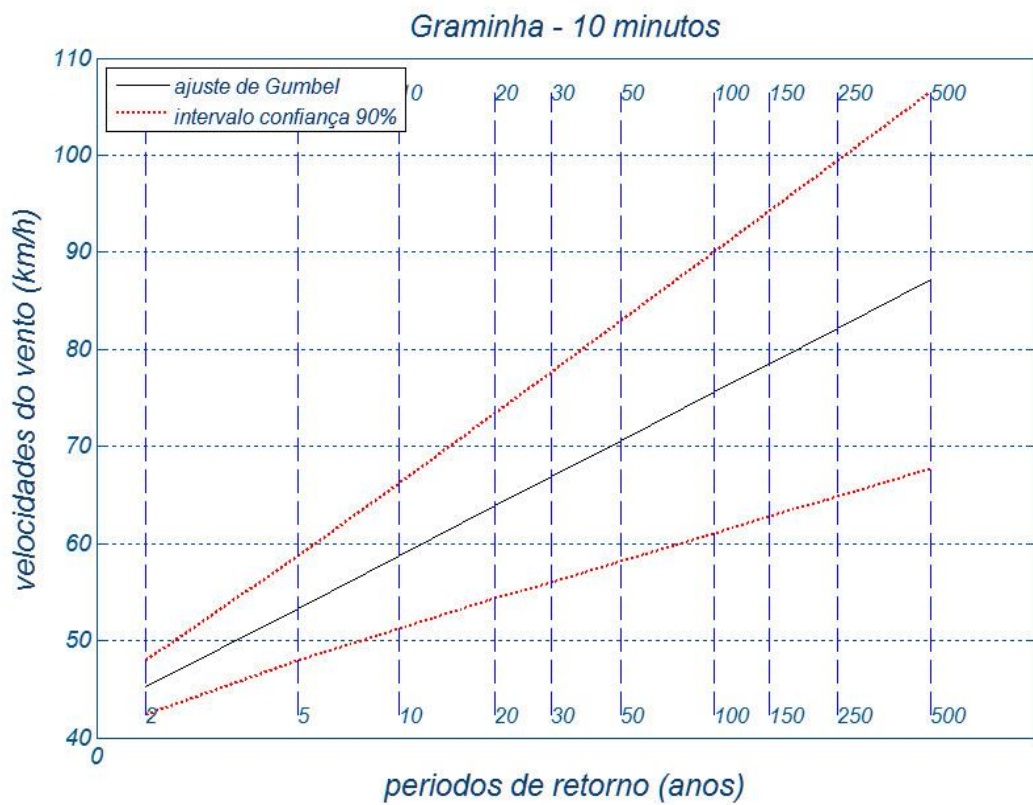
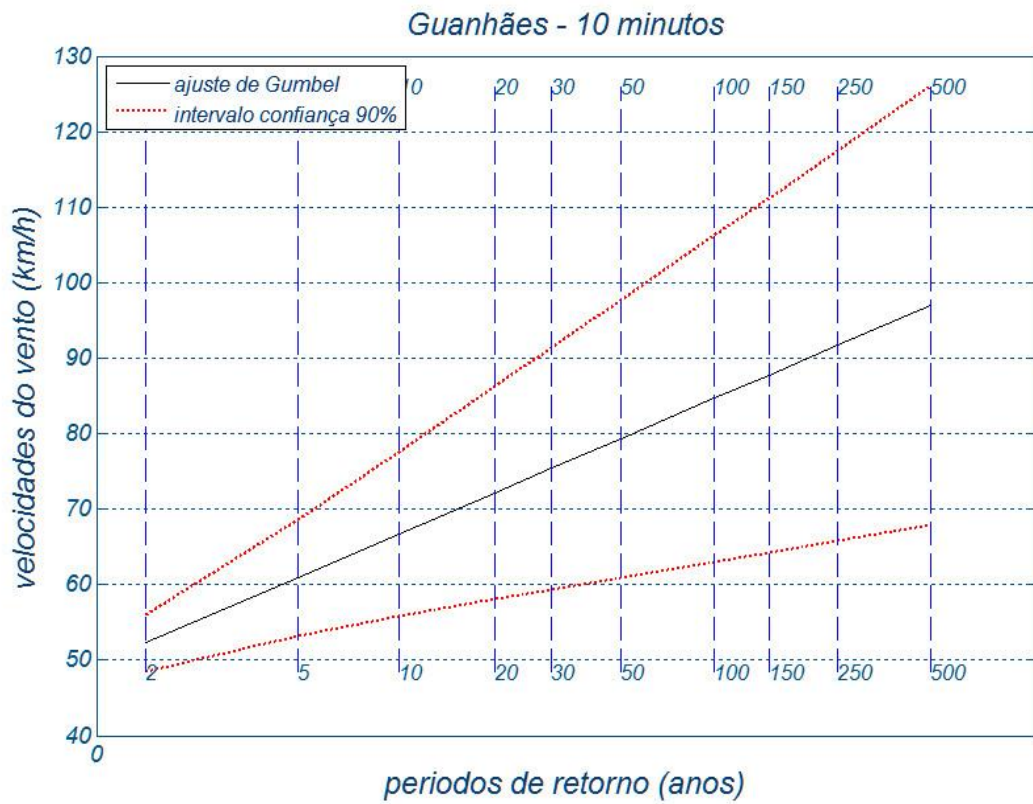


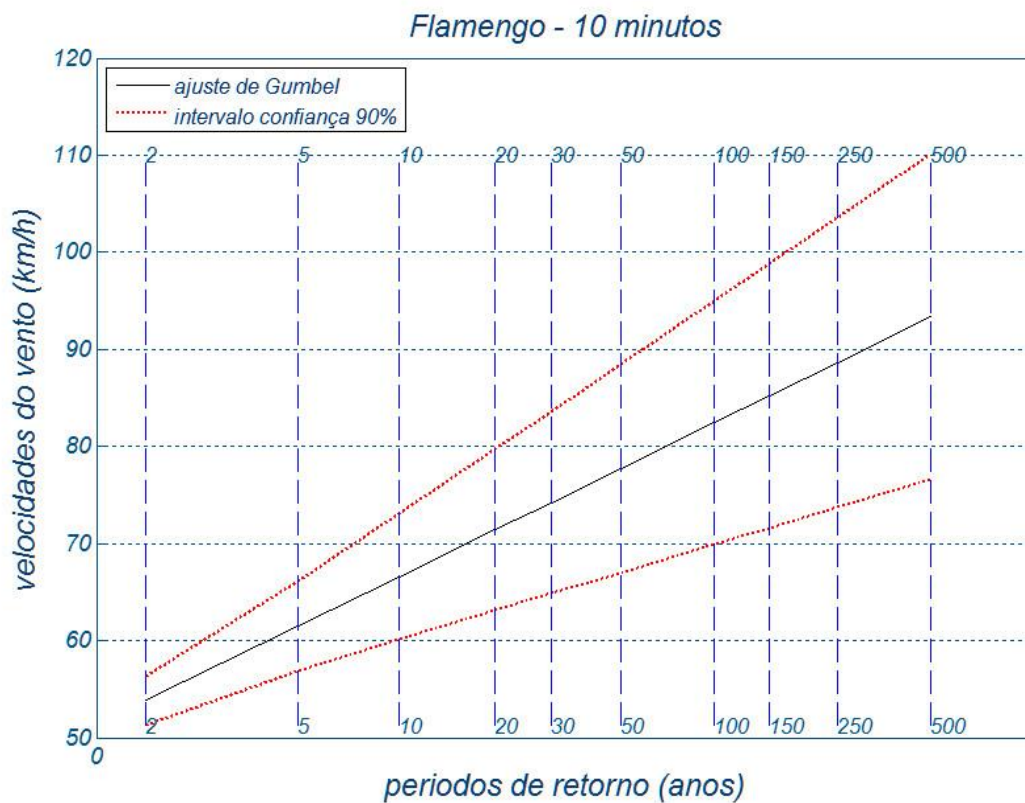
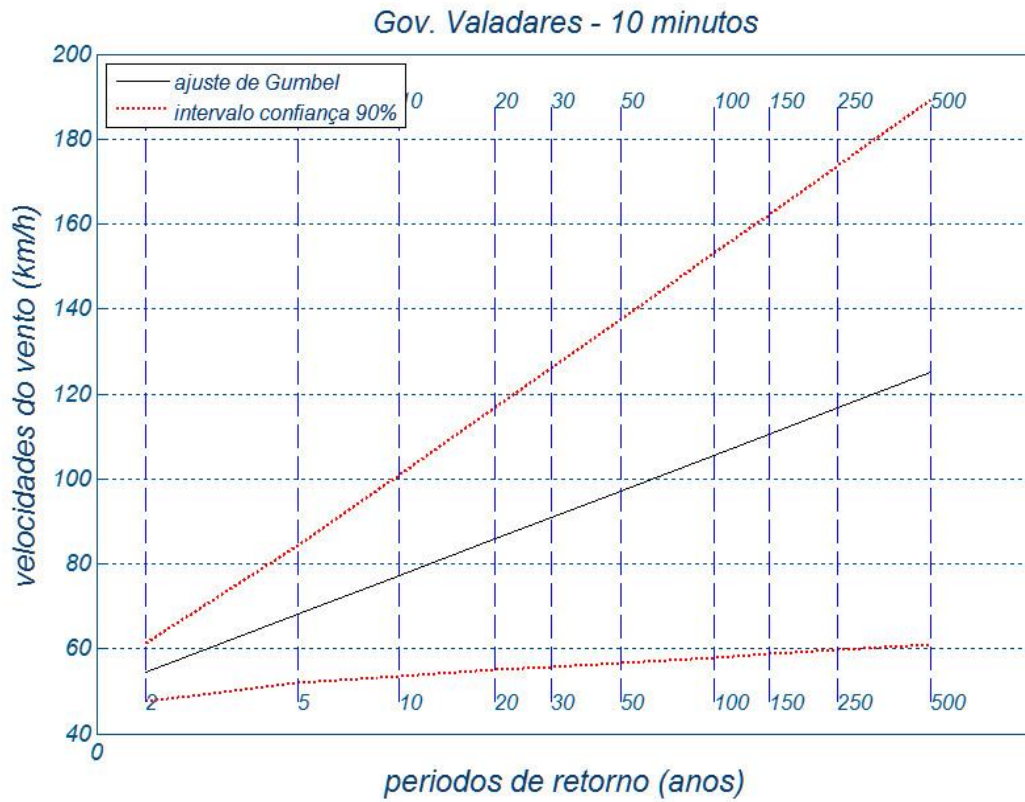


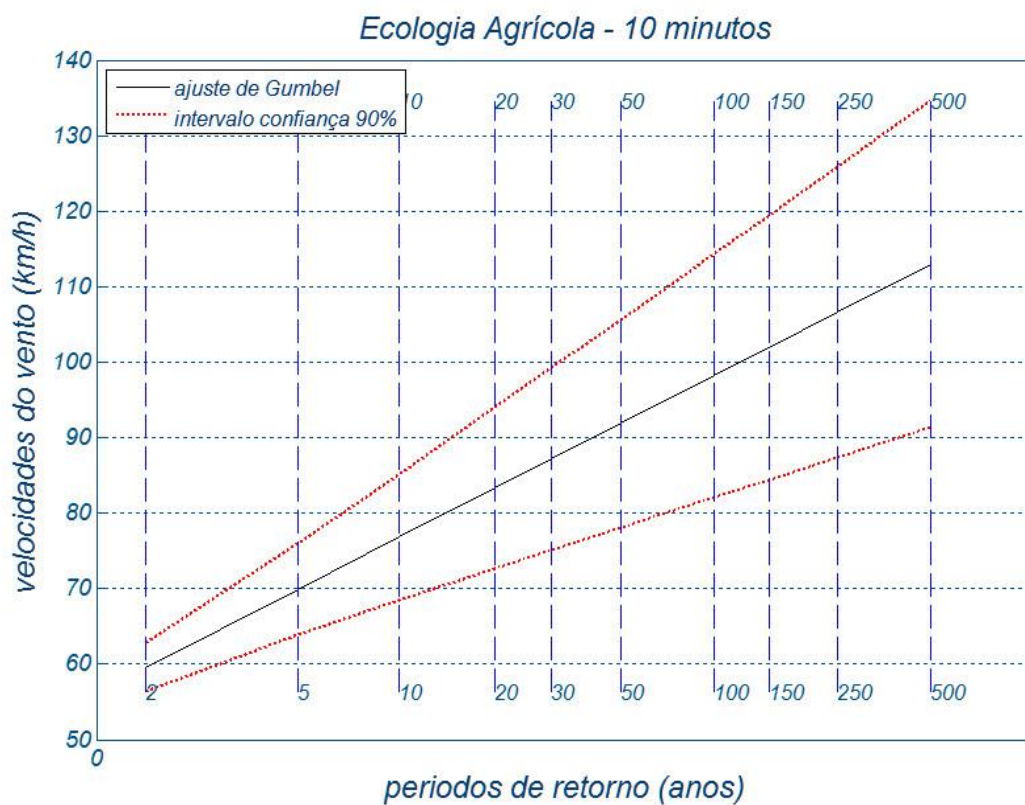
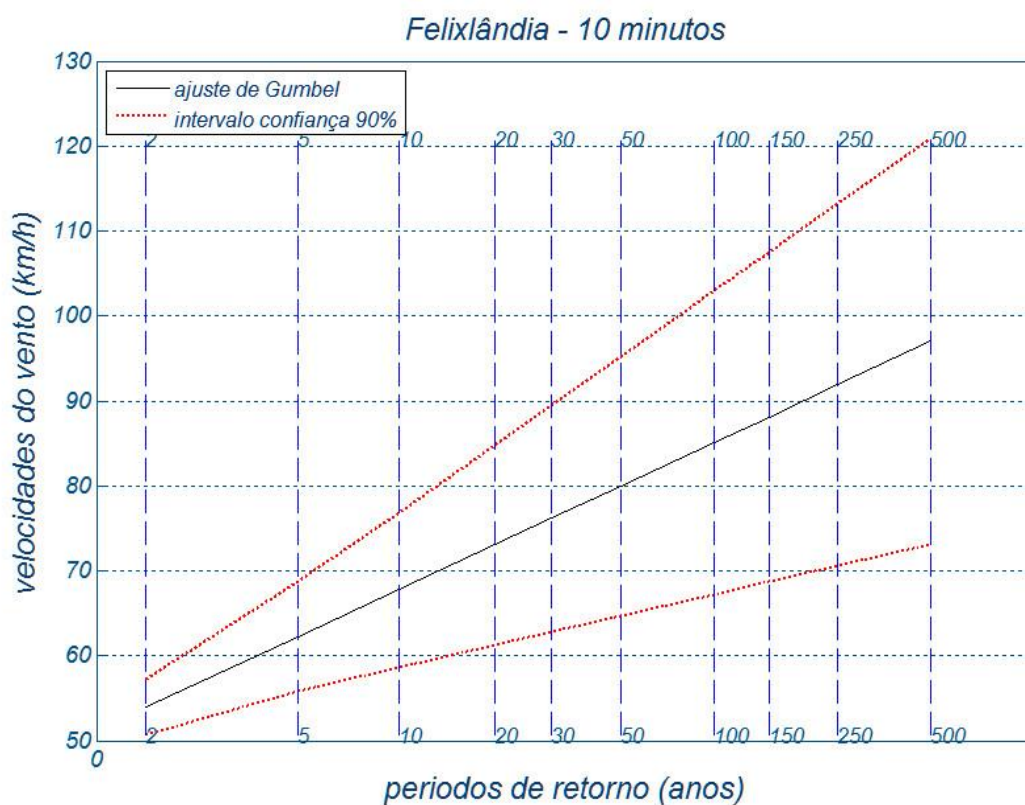


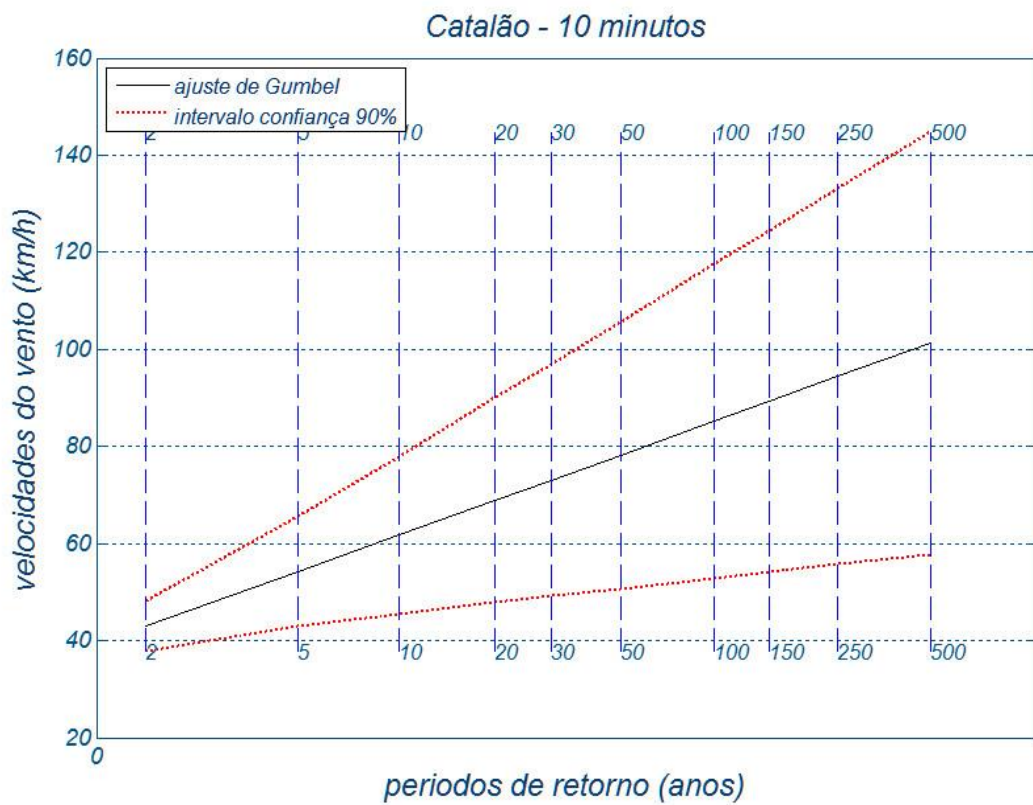
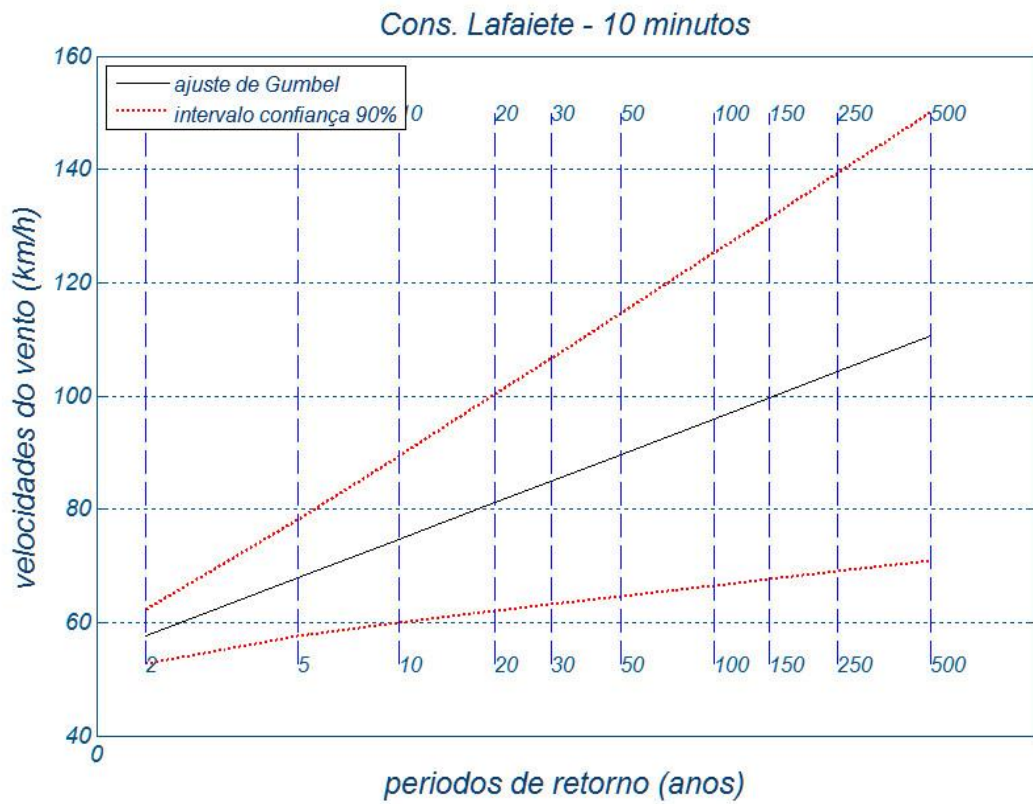


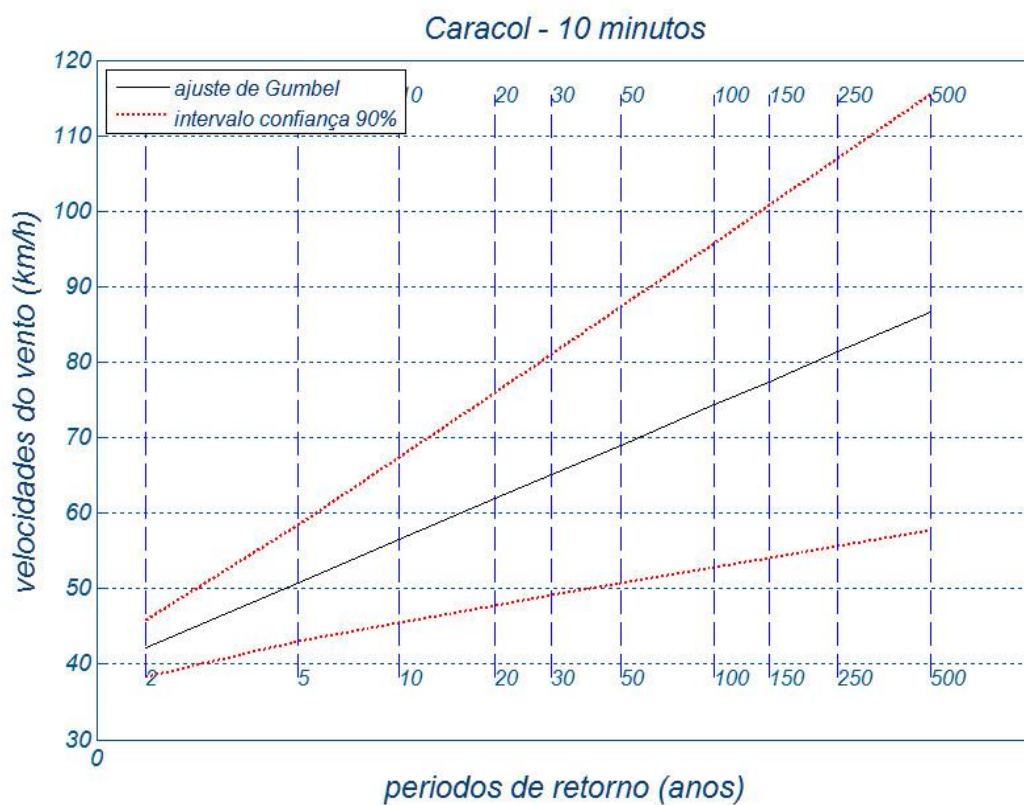
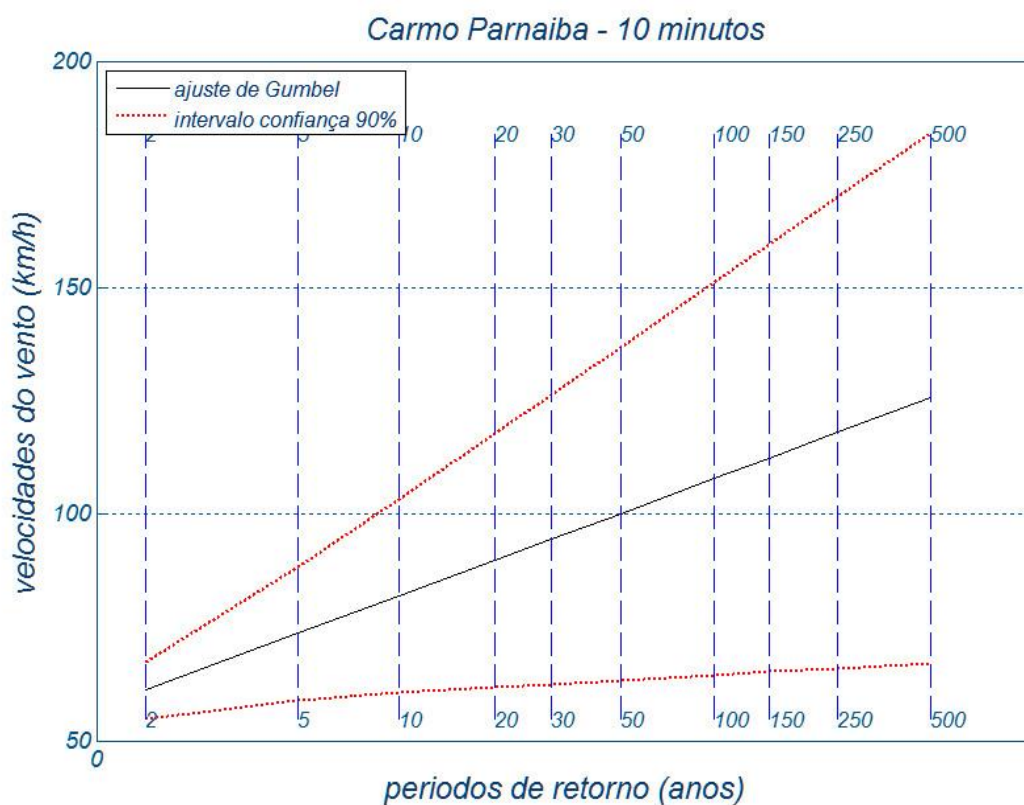


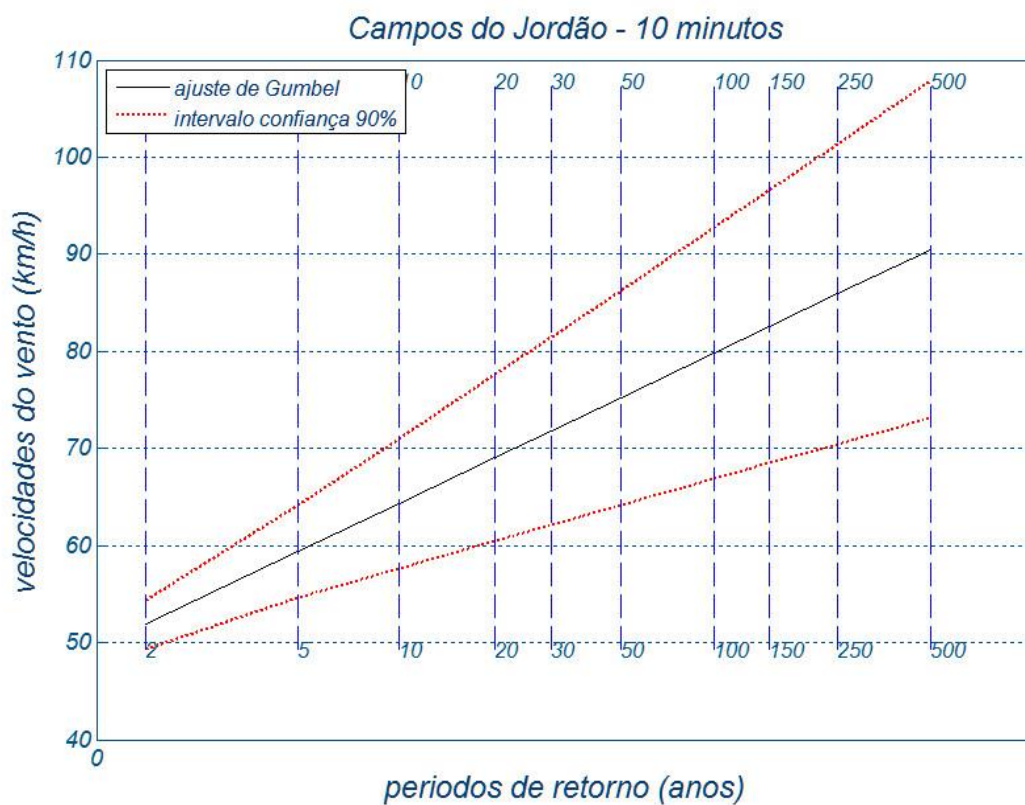
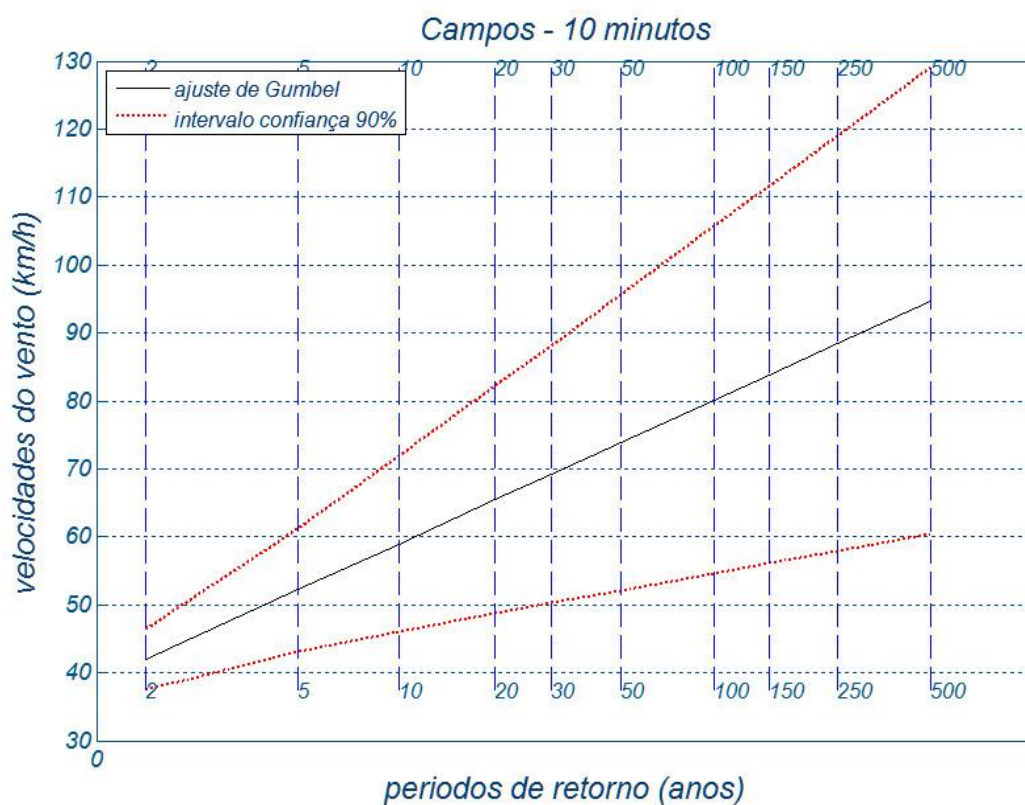


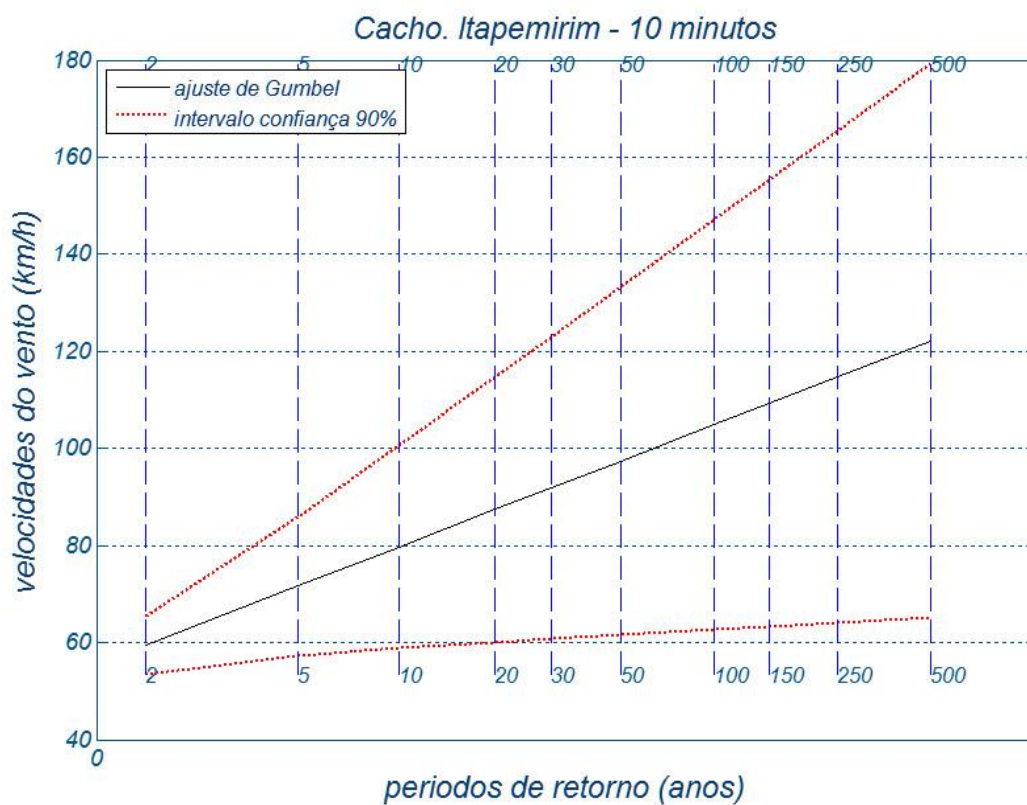
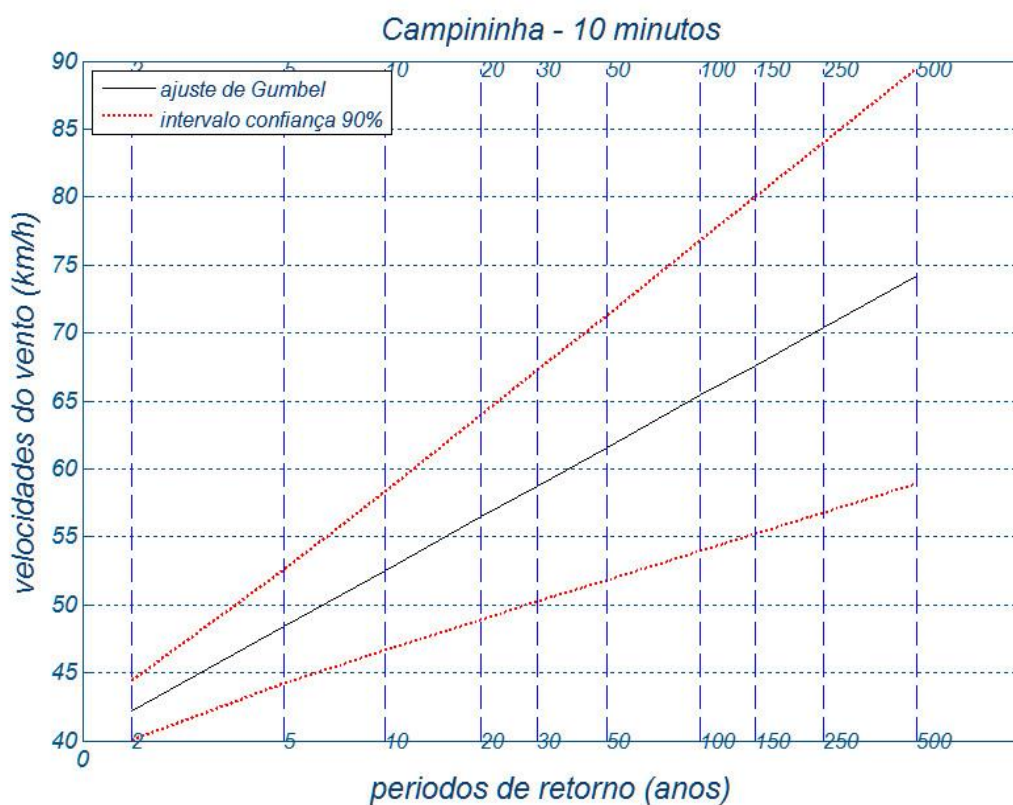


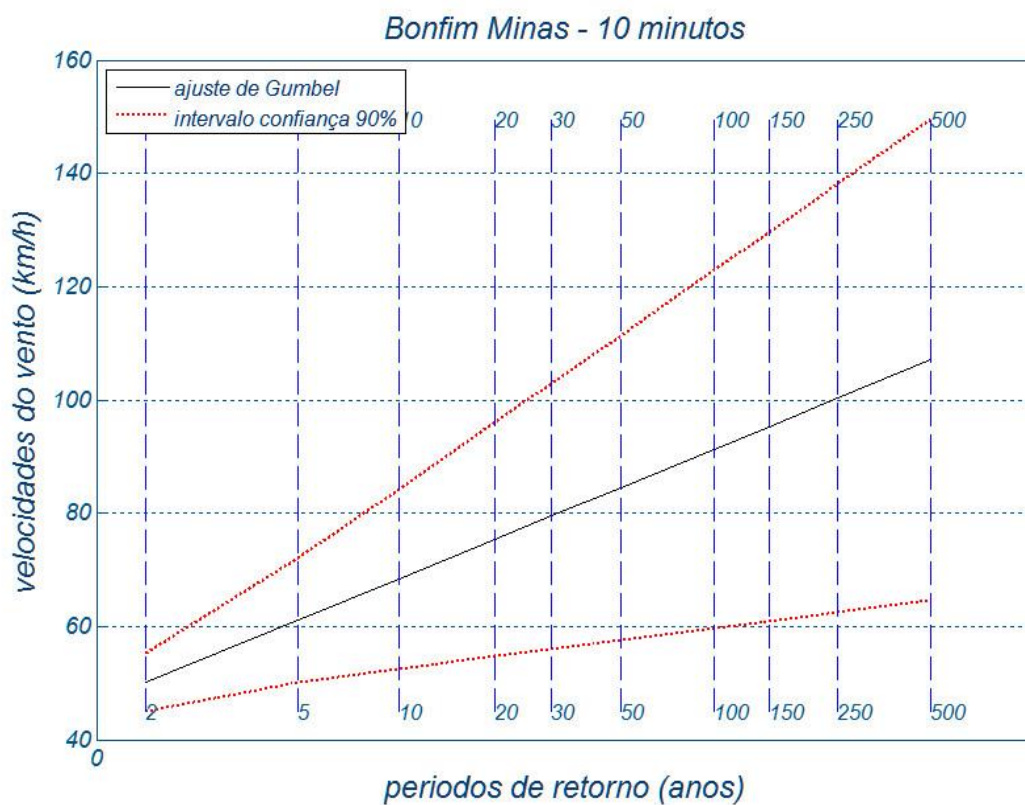
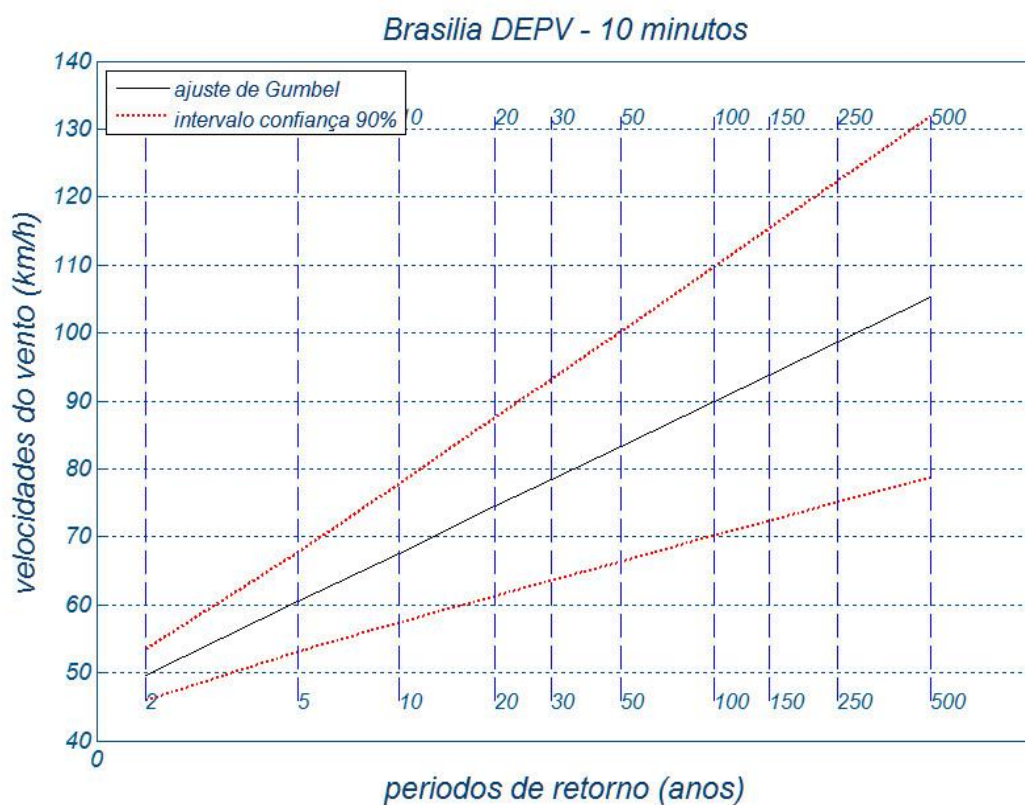


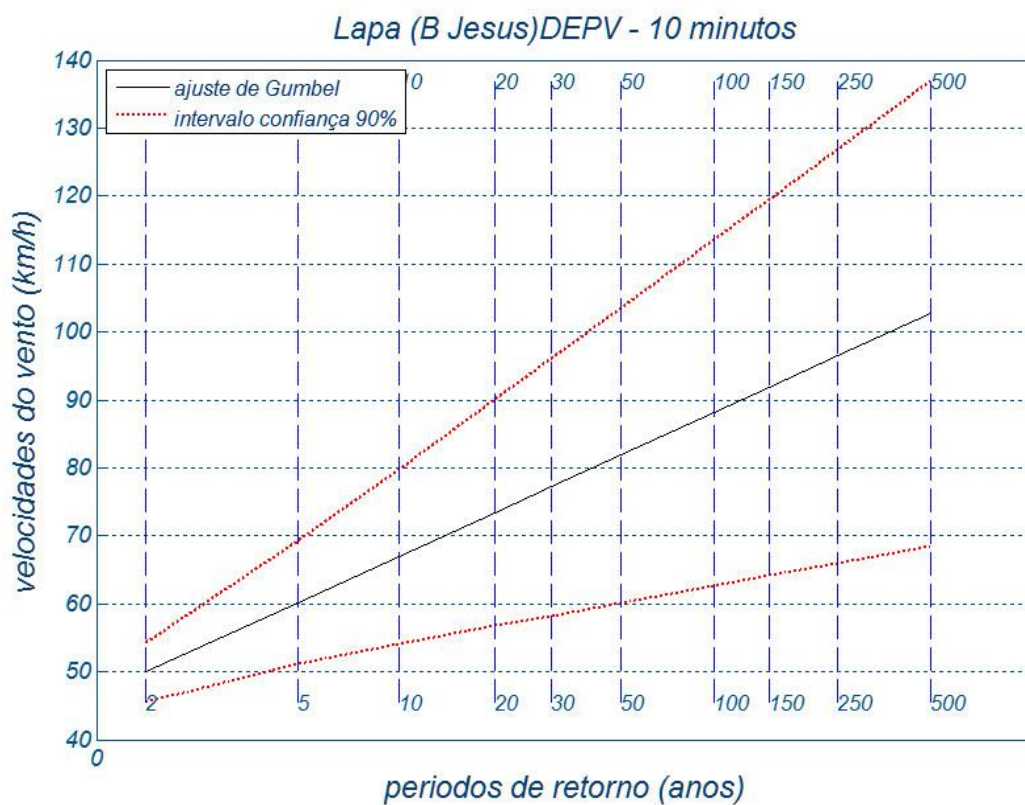
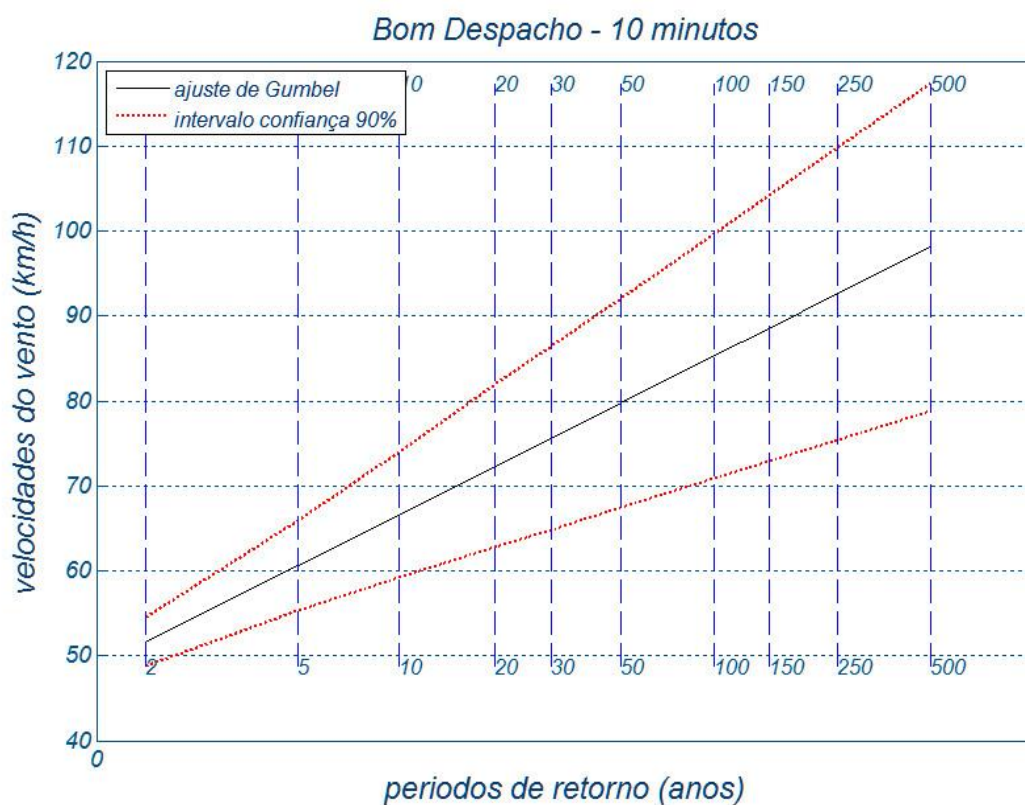


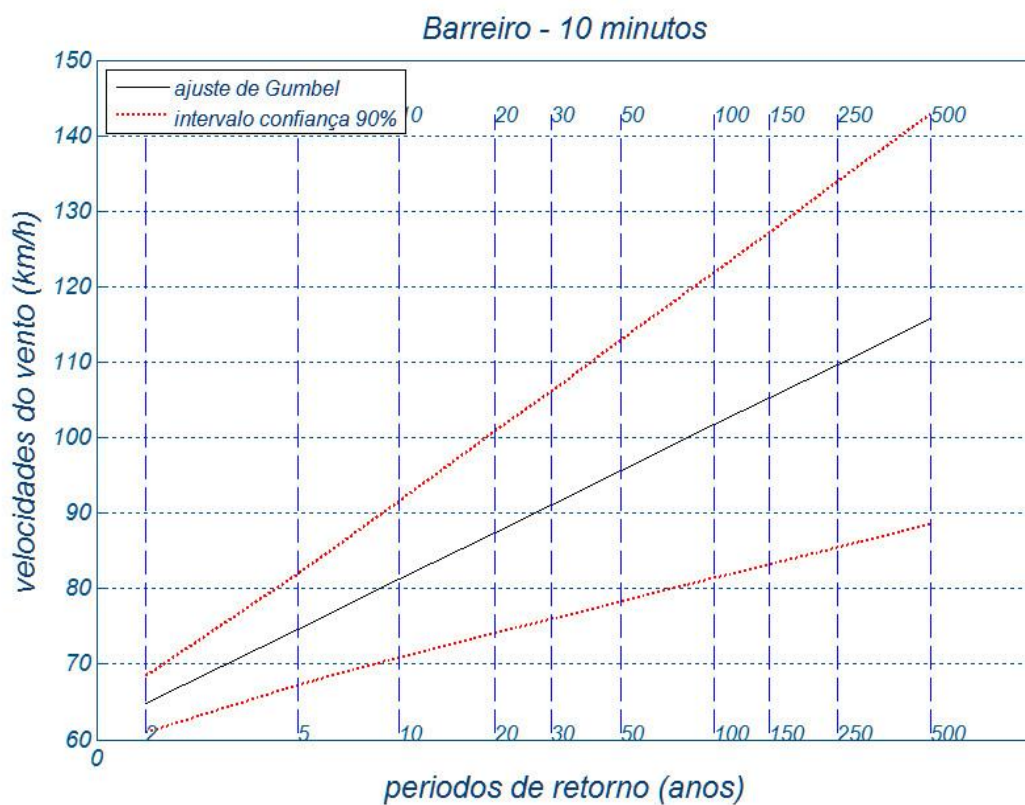
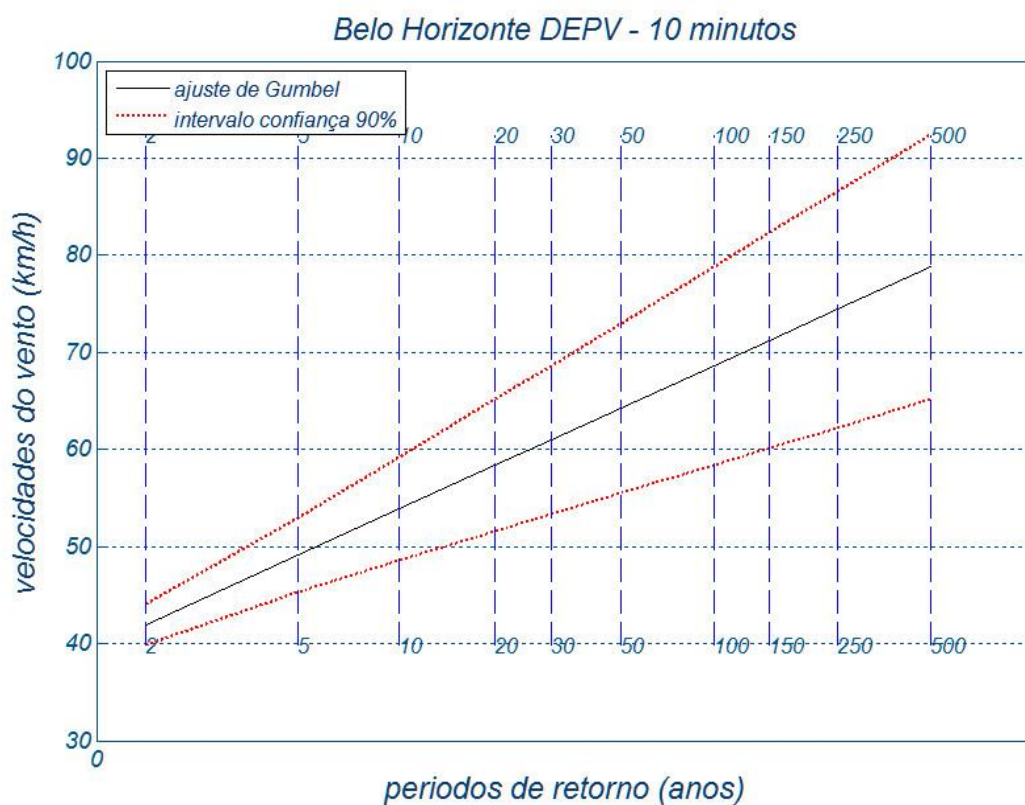


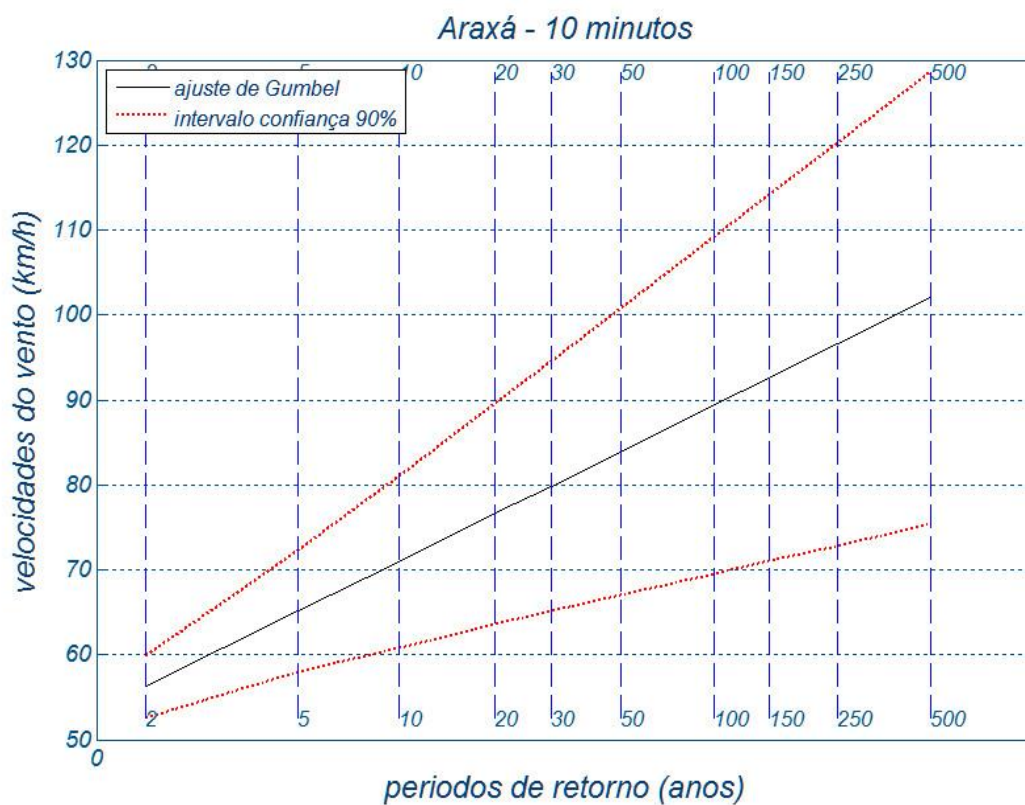
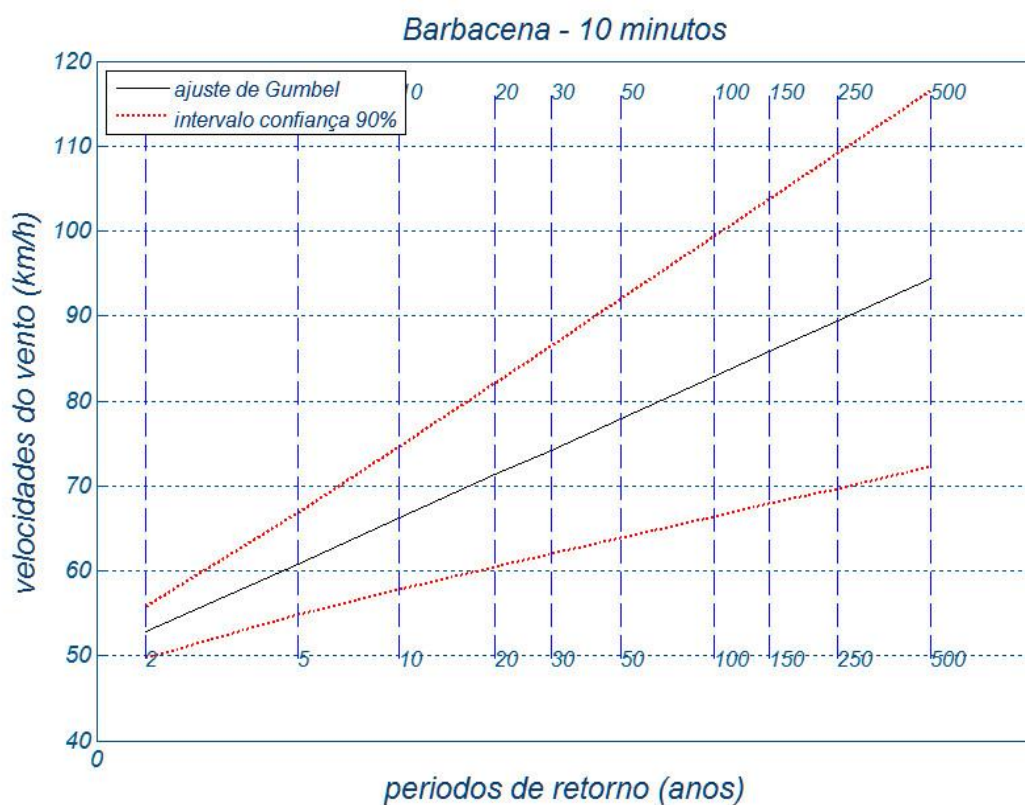


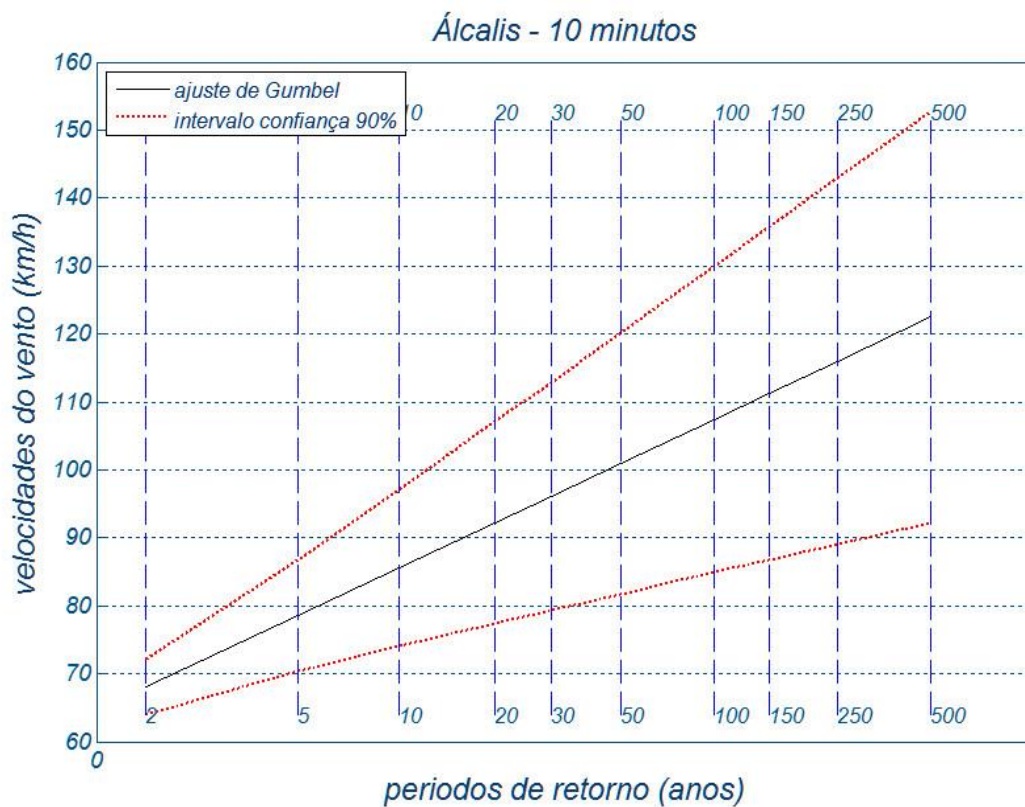
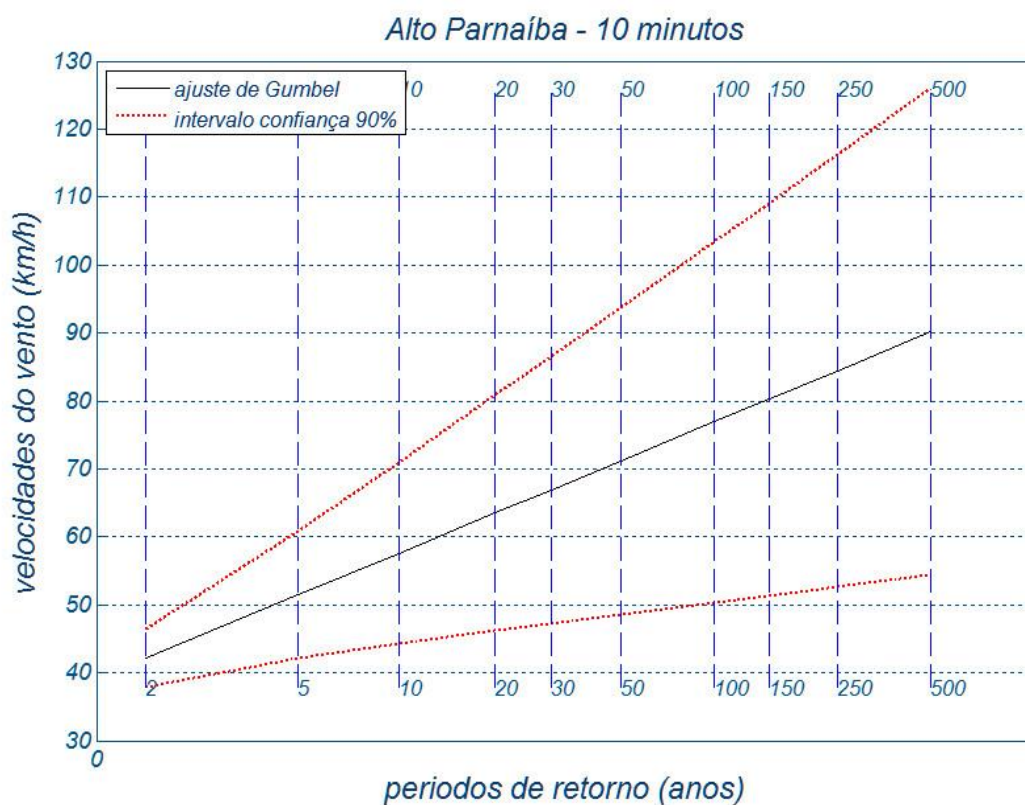


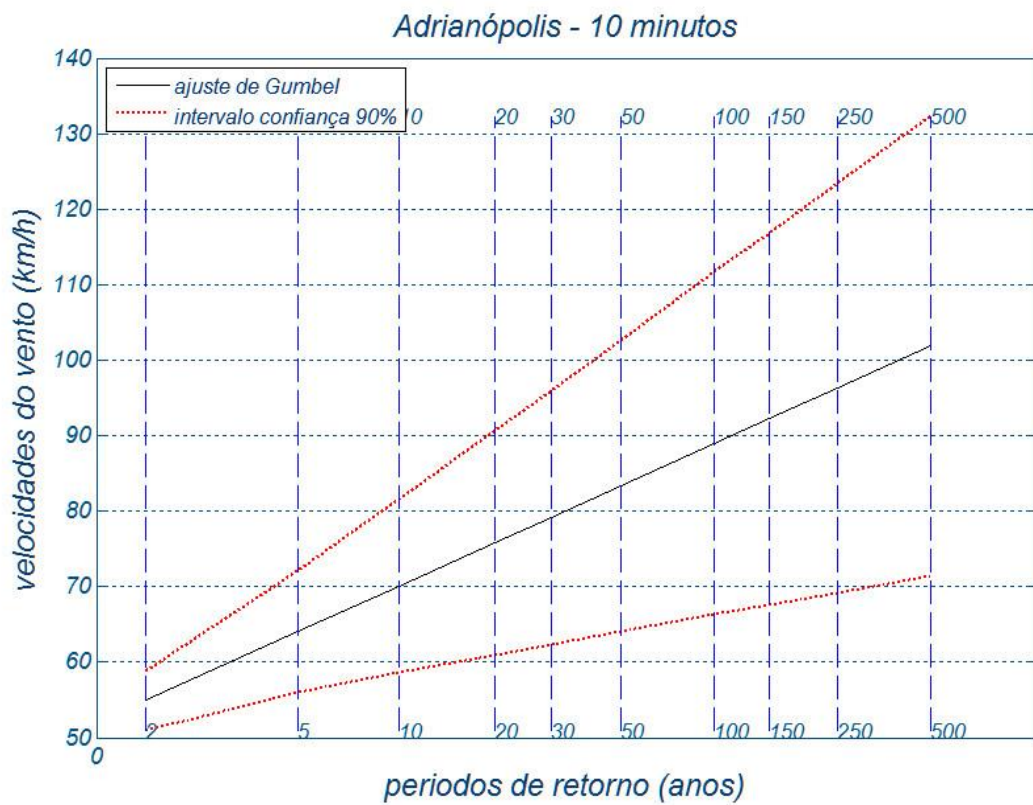
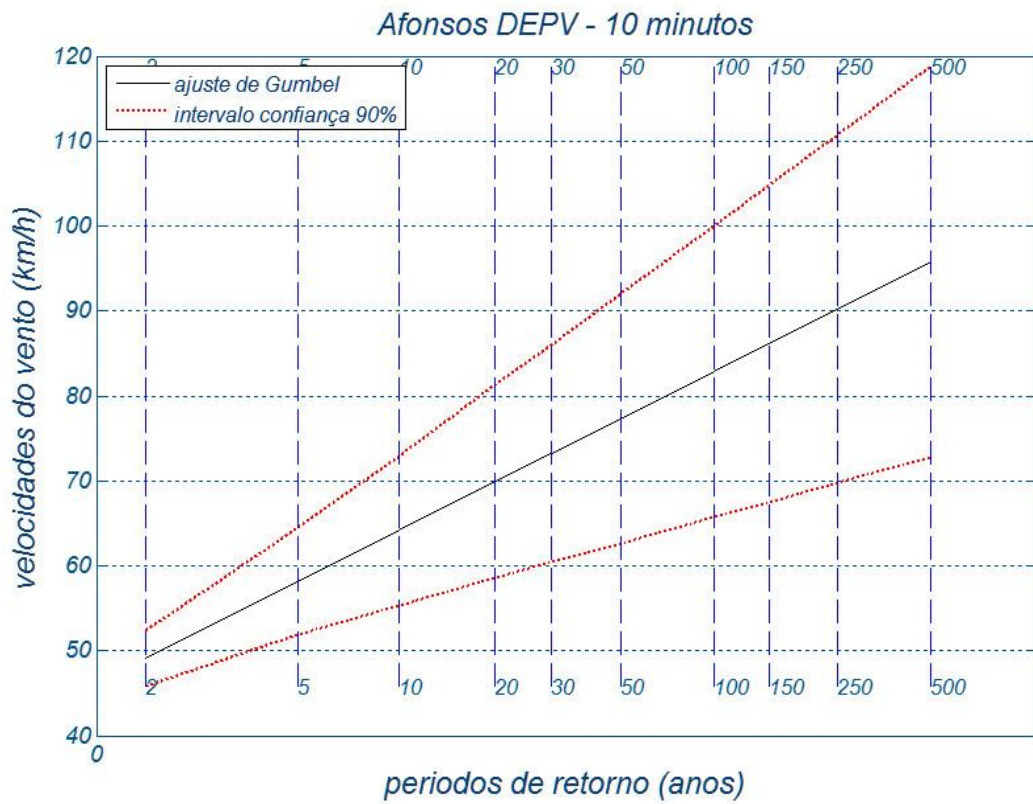


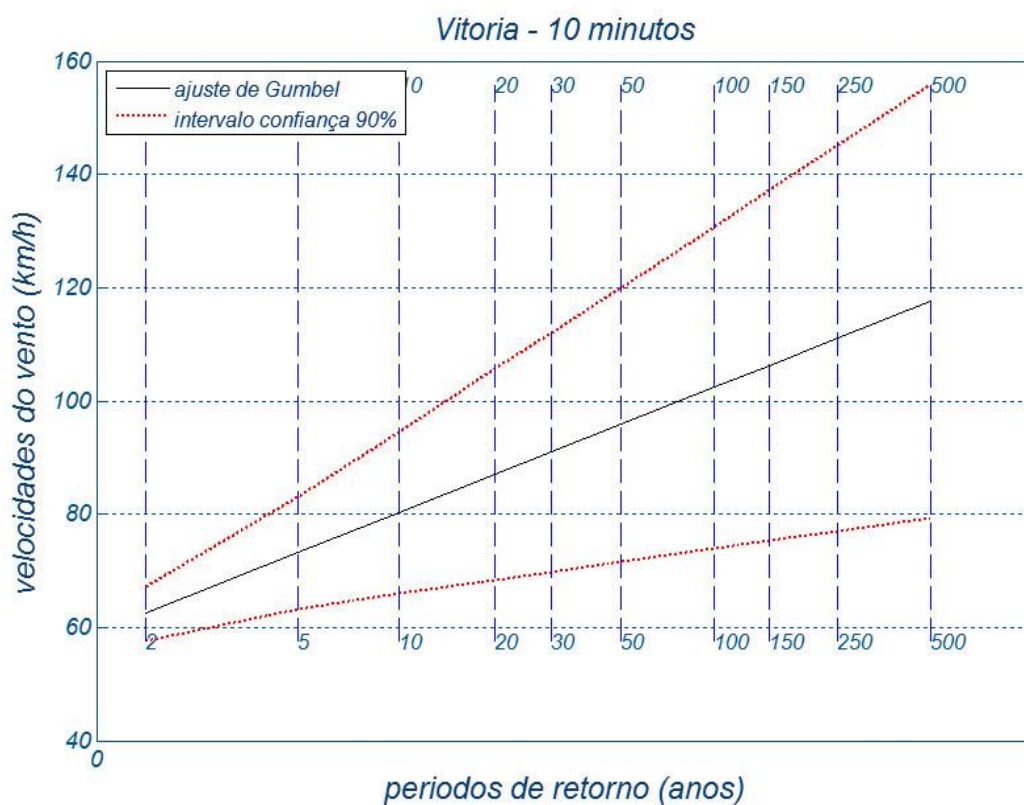






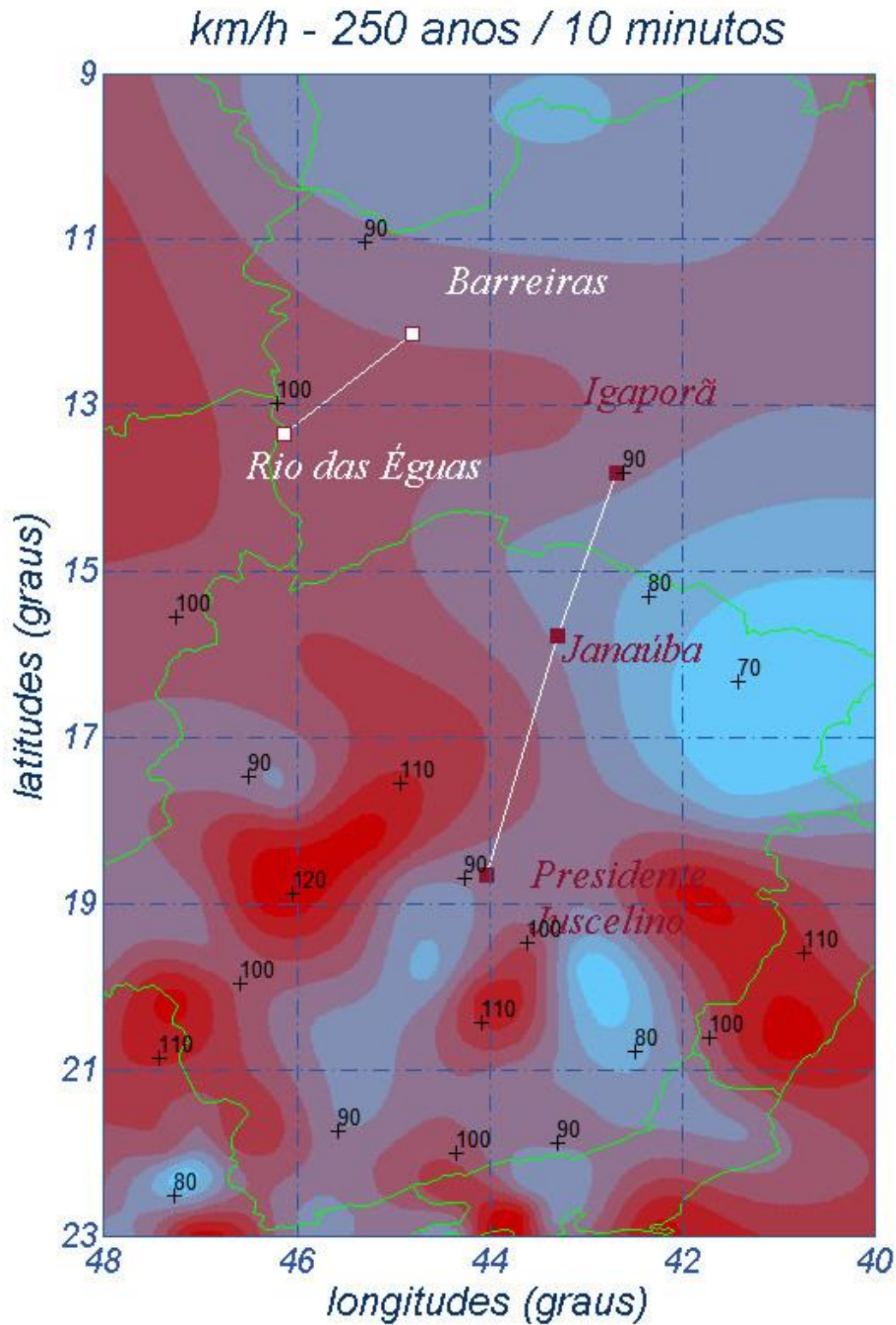


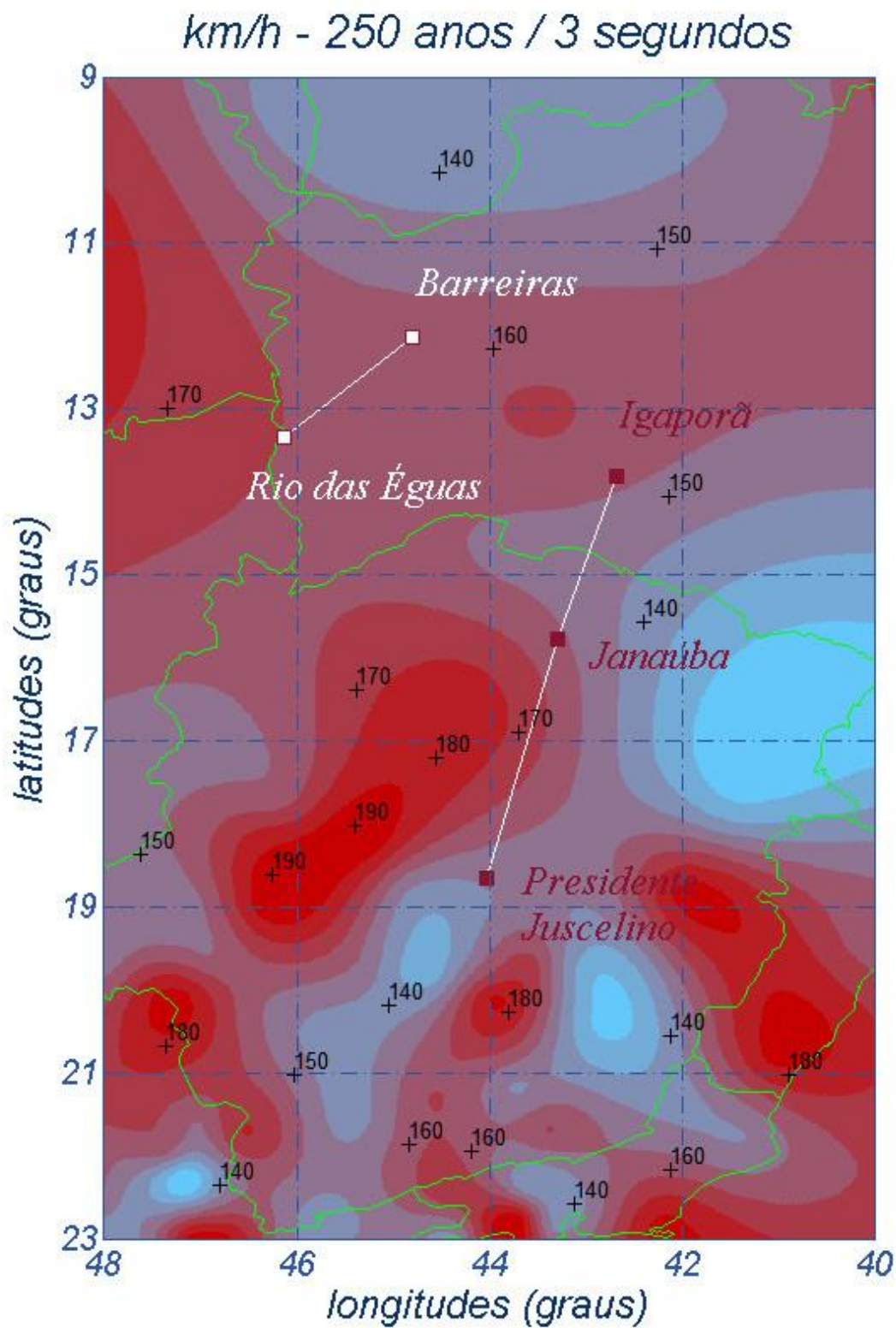




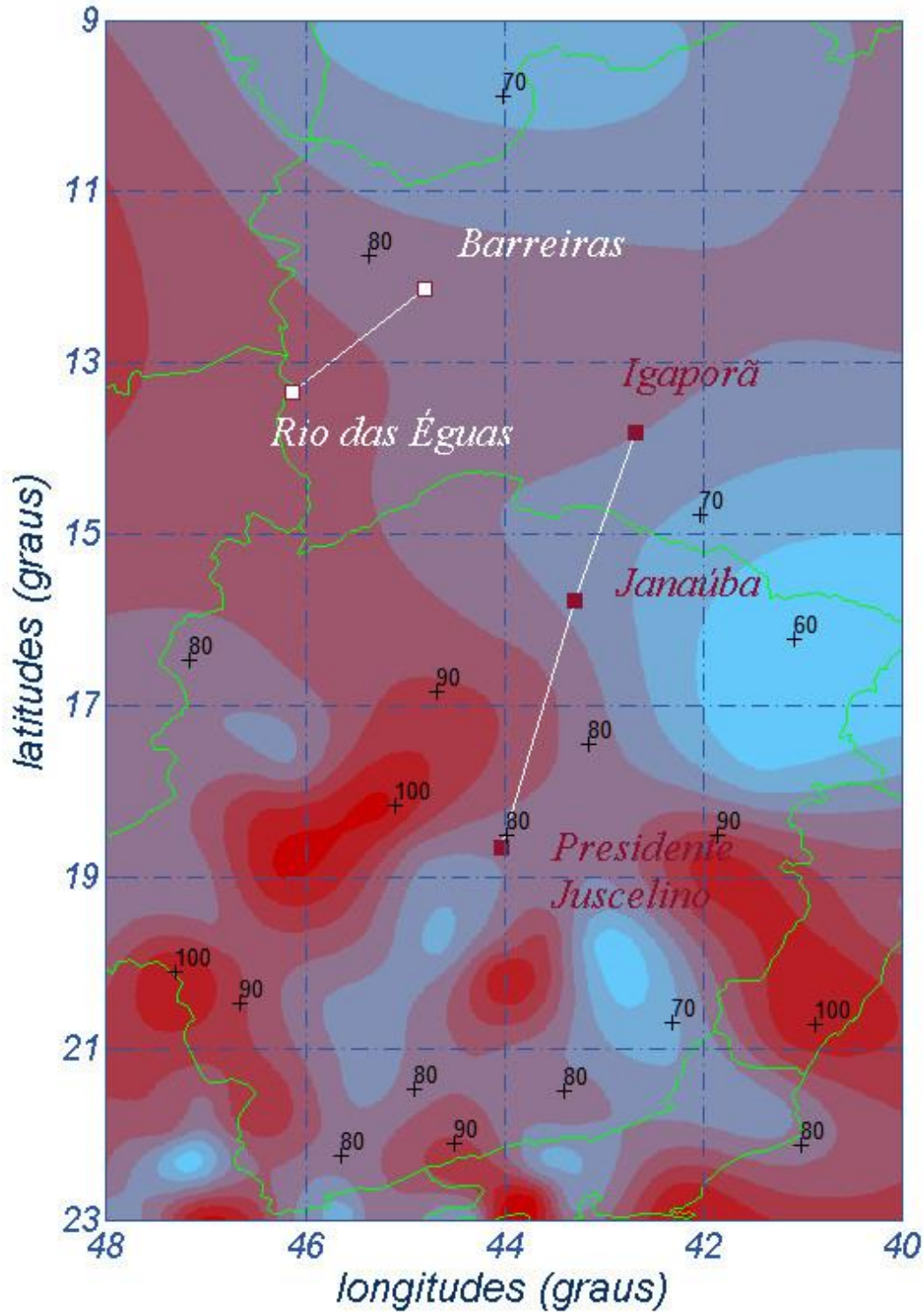
Anexo IV Os mapeamentos de isótopas da região

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.

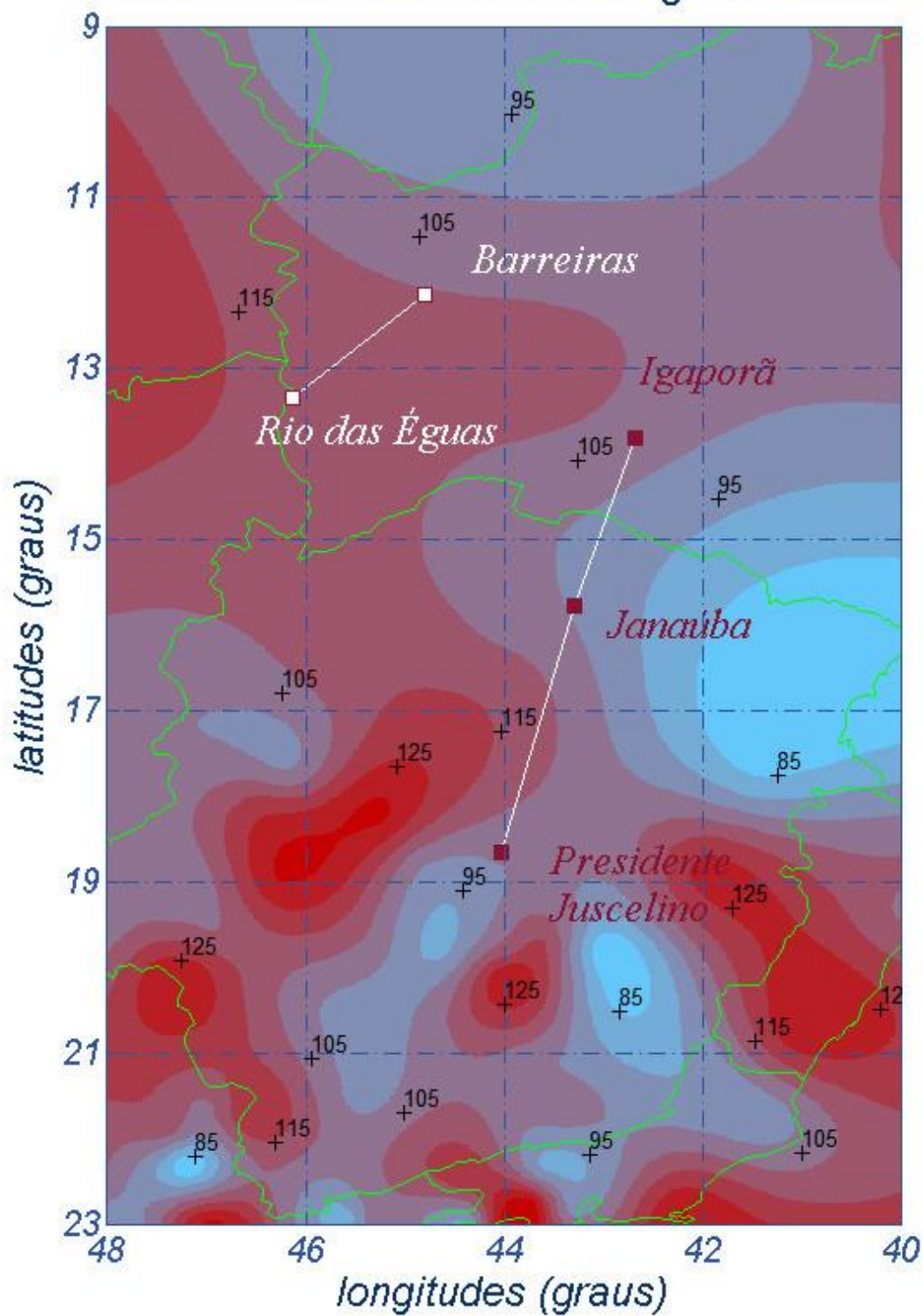


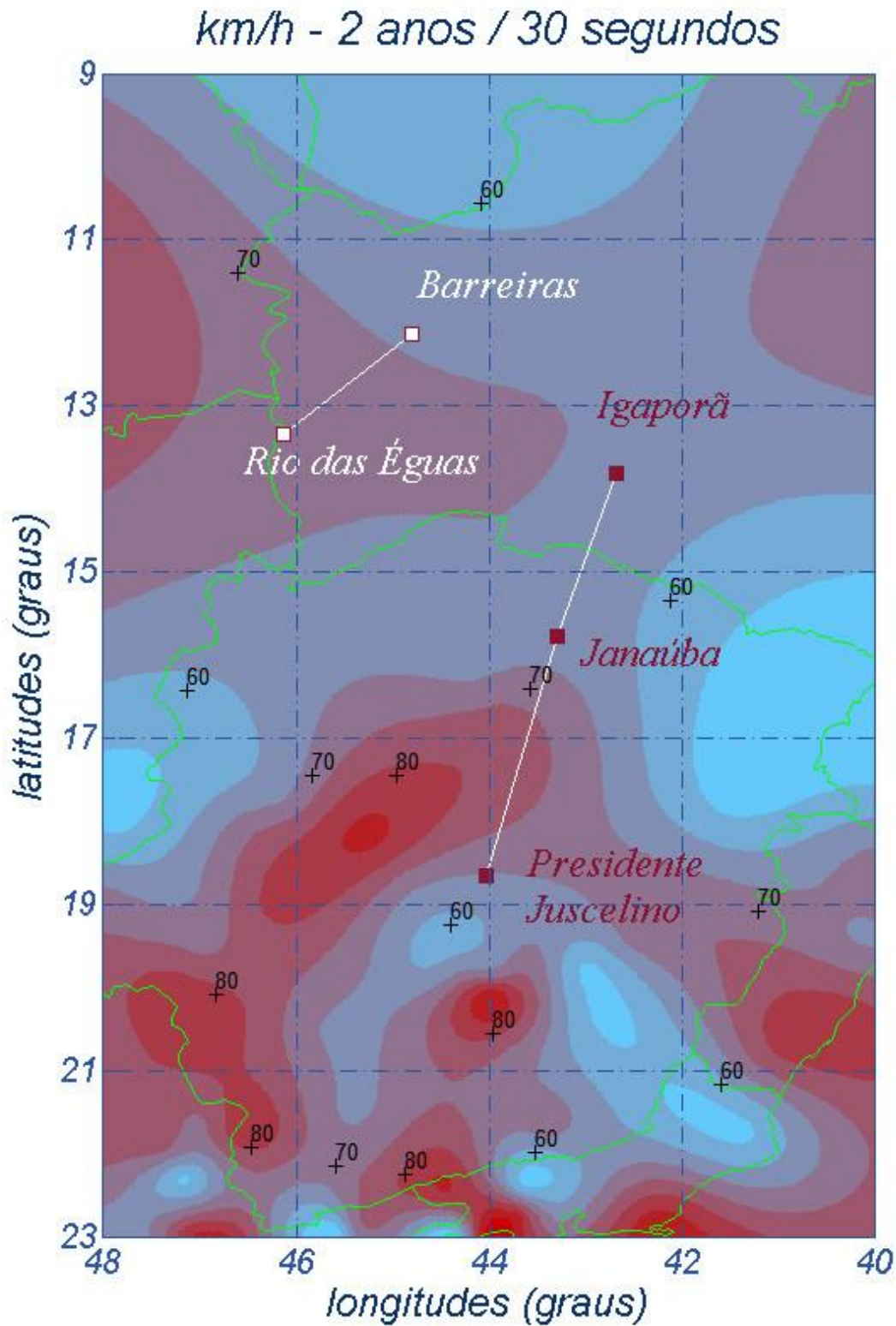


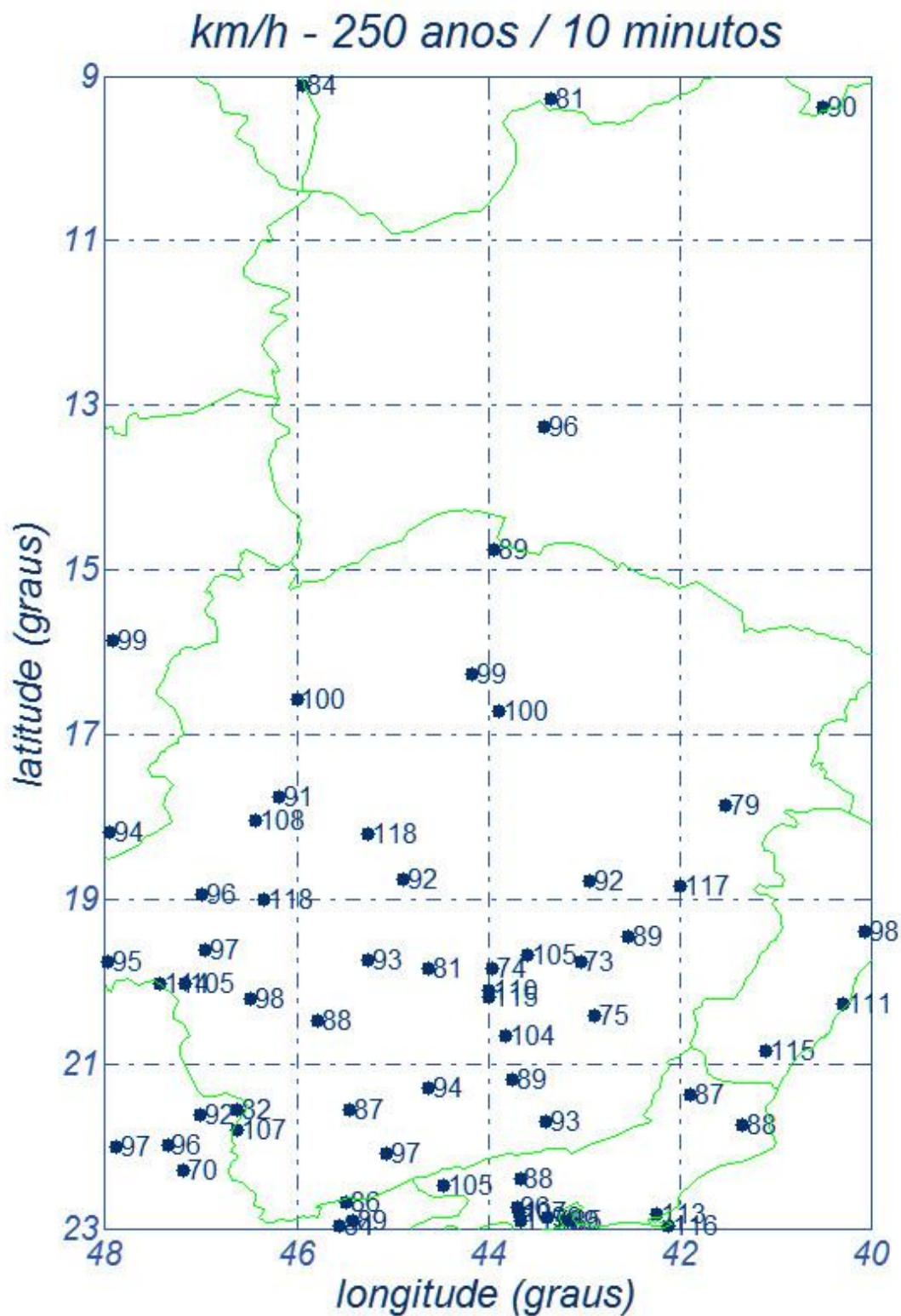
km/h - 50 anos / 10 minutos

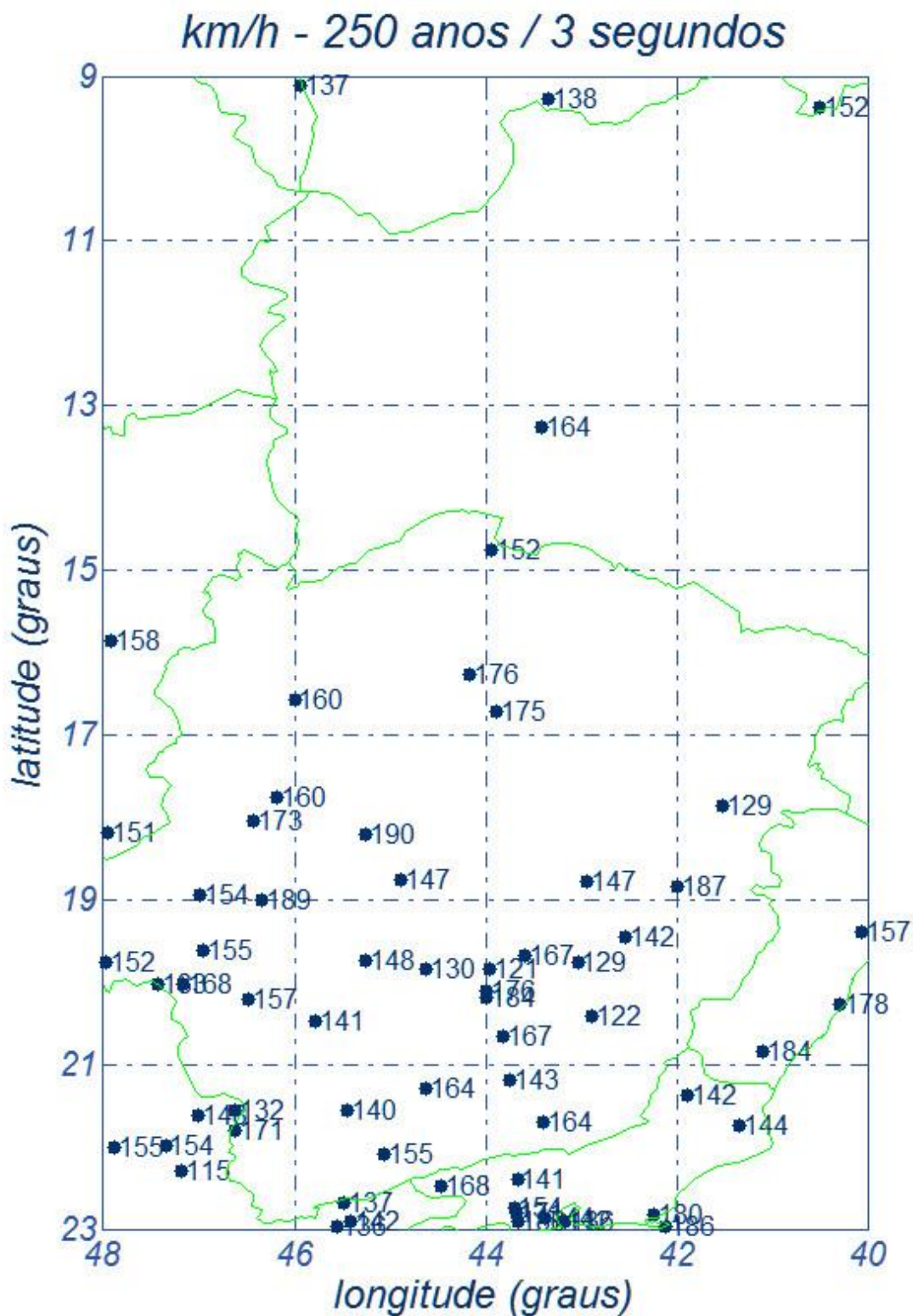


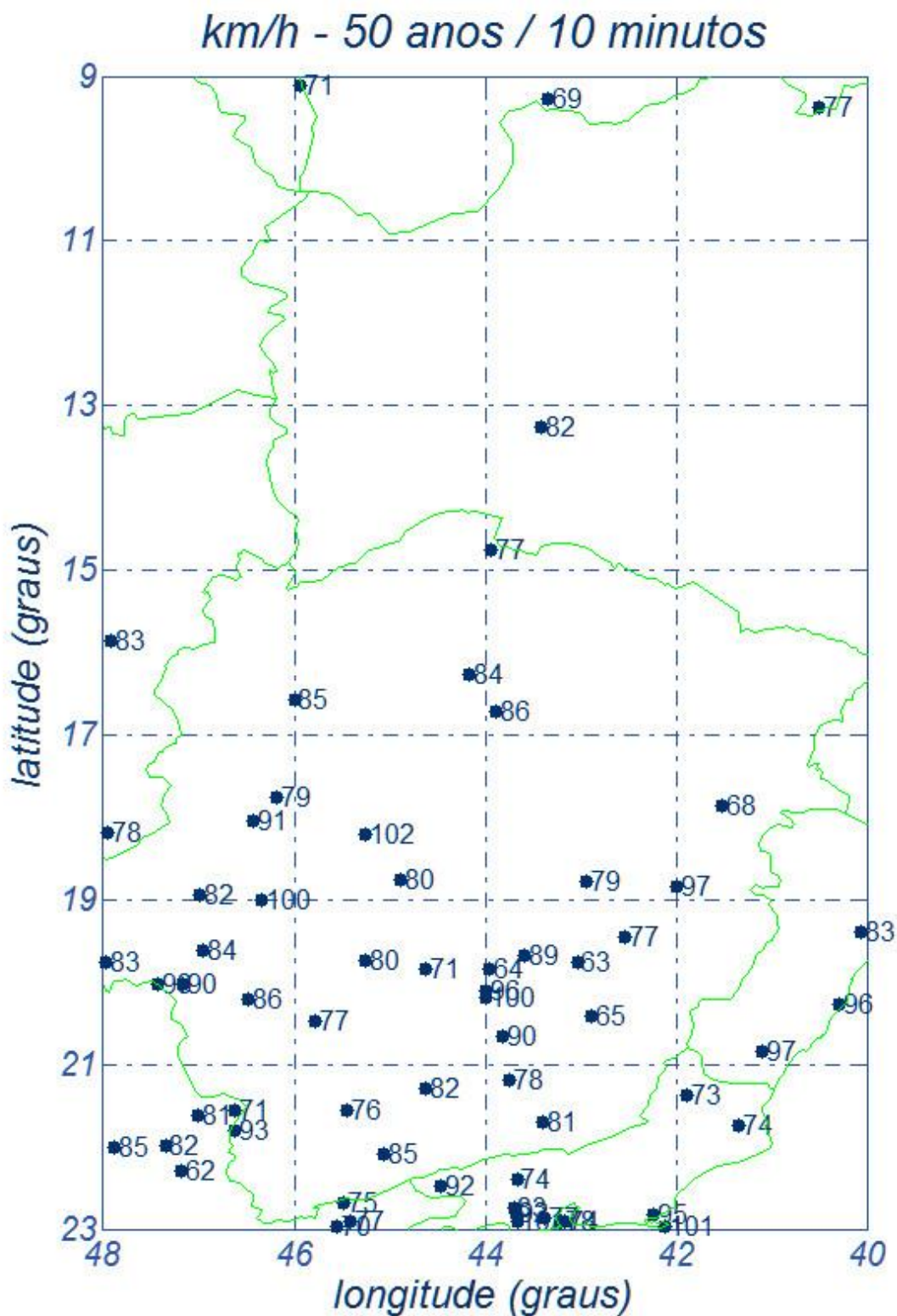
km/h - 50 anos / 30 segundos

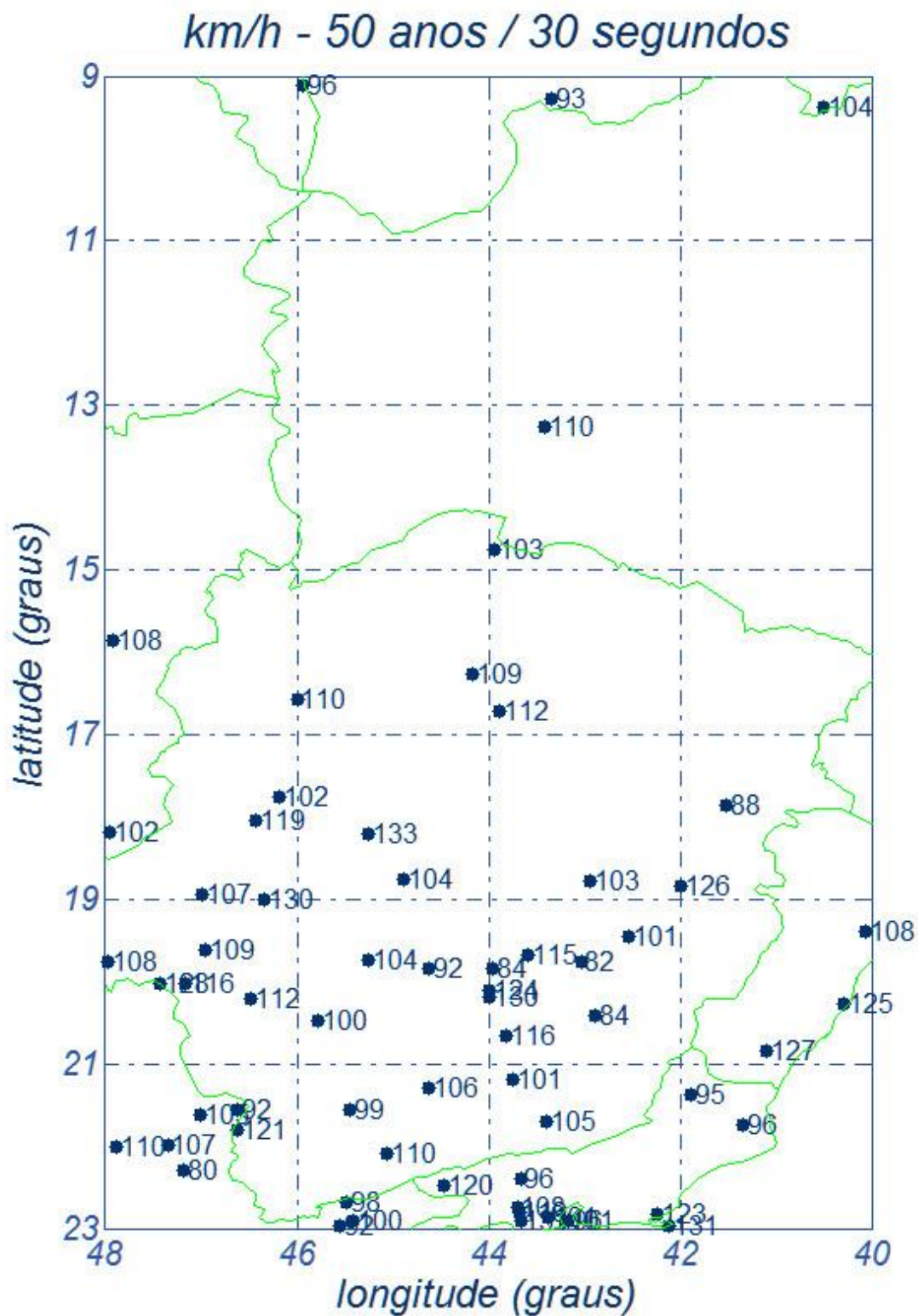


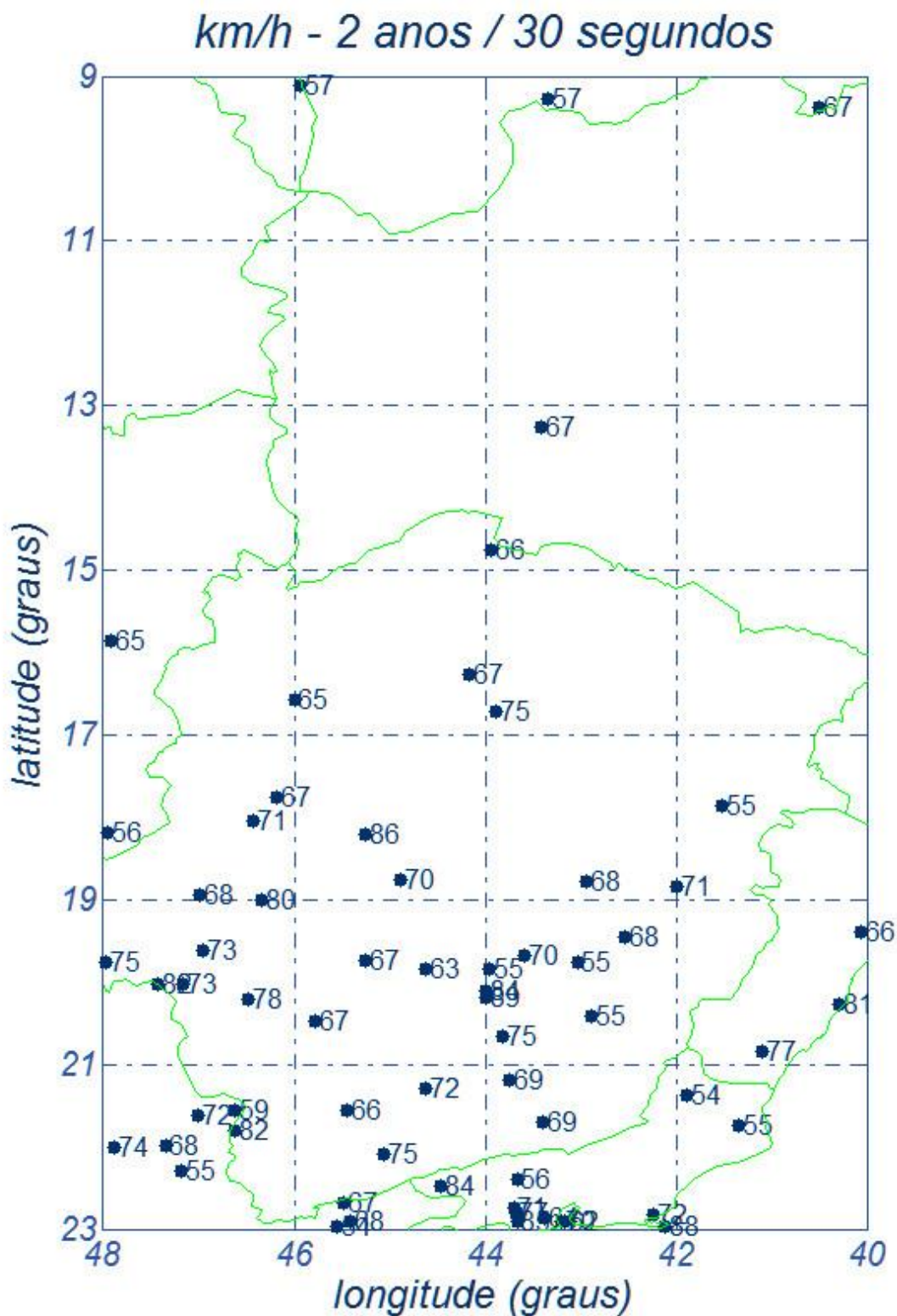












Anexo V O problema da turbulência dos ventos no Brasil

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:

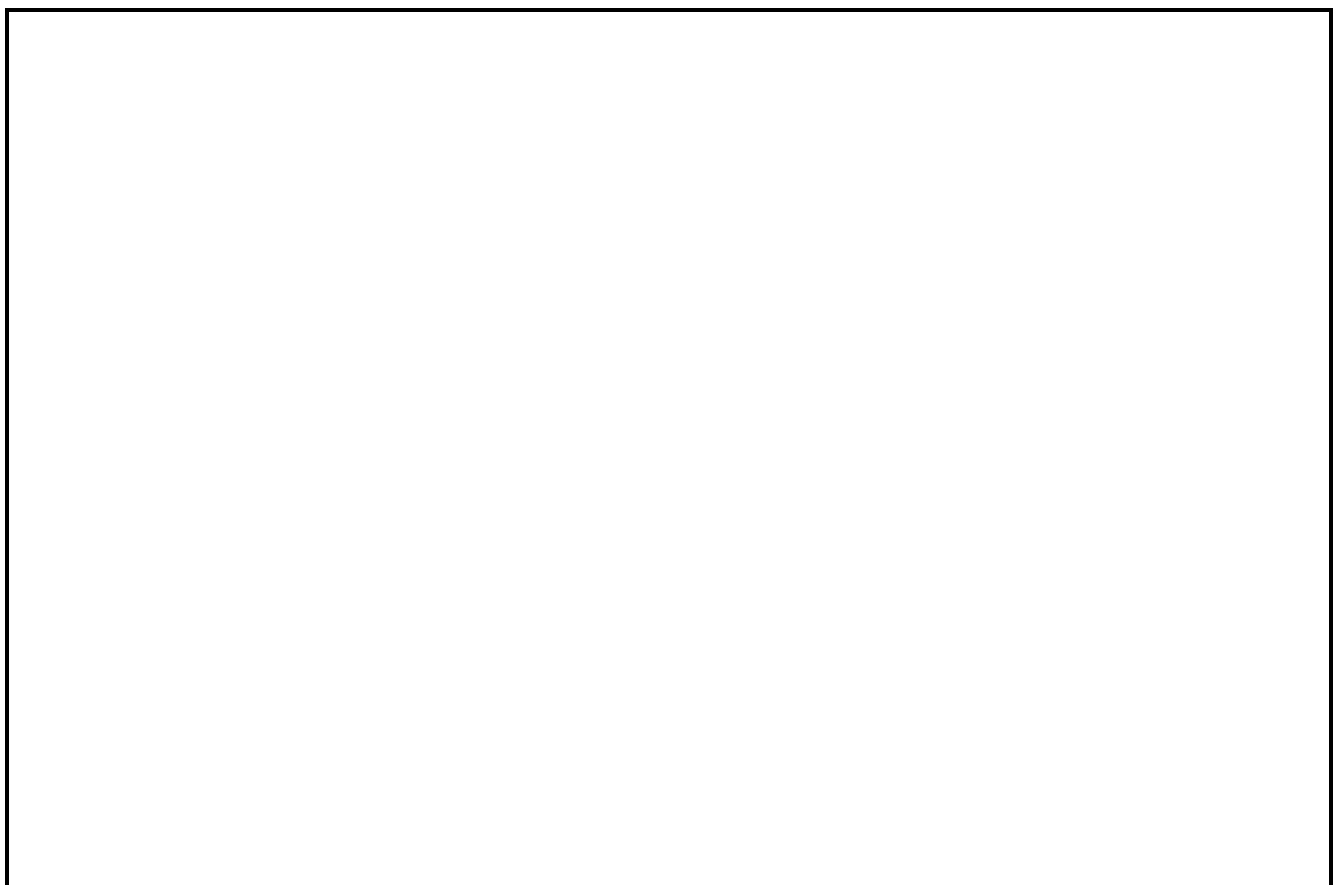
a) Para se proceder a uma regionalização paramétrica das séries de 3 s, pode-se fazer uso dos conceitos de uma análise exploratória de dados envolvendo as duas séries em questão: as de 10 minutos e as de 3 segundos, esta última também dita de valores instantâneos. Assim é que há uma relação média entre 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.



00	31/03/17	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	31/03/17

TÍTULO

**LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1
LT 500kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1
Lote 14 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO CONDUTOR E PARA-RAIOS**

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT4-L400-PB-ELM-0005-R00	1 de 39	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	22
	ANEXO 4 – ESQUEMA DE TROCA DE PARA-RAIOS	27
	ANEXO 5 – PERDAS - LT	29
	ANEXO 6 – TRANPOSIÇÃO DE FASES	34
	ANEXO 7 – DESENHO DAS ESTRUTURAS PREDOMINANTES V1CRL/V2CRL	36
	ANEXO 8 – ACOPLAMENTO MUTUO E PARÂMETROS CONCENTRADOS	38

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 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1, em circuito simples pertencentes ao Lote 14 do Leilão 0013/2015 – 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 das LT's em conformidade com o Anexo Técnico do Edital (1)(8), e de forma a se obter o desempenho para as LT's 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 a 50°C-AC (Ω/km)	CABOS X TIPO / fase	Resistência 50°C-AC (Ω/km)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	251	(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 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	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 - C1	6 x AAAC 838MCM (liga 1120 - AS 1531)	0,348	1,137	0,00000317	612	1
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	6 x AAAC 823MCM (liga 1120 - AS 1531)	0,348	1,137	0,00000317	612	1

Acoplamento Mutuo		
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1 LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C2		Anexo
R0 (Ω/km)	X0(Ω/km)	
0,288	0,368	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 da LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	700
Altitude da LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	700
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 6-14 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 - C1	6 x AAAC 838MCM (liga 1120 - AS 1531)	28	15°	2950	4000	51	59	55	60
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	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 Igaporã III - Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	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 (∅ 15,6 mm)	180	22,27
OPGW 2 (∅ 13,4 mm)	180	10,95

3.1.4 Demais parâmetros para verificação do comportamento térmico dos cabos para-raios

TABELA 8 – PARÂMETROS DE VERIFICAÇÃO				
LT	Compr. da LT (km)	Resistividade do Solo ($\Omega.m$)	Resist. da malha SEs (Ω)	Resist. de aterram. das estruturas (Ω)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	250	1000	1	20
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	332	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 ATP DRAW, por modelagem line constant (modelo Bergeron), solução em regime permanente.

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 do estudo apresentado constantes do Anexo 3.

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 - C1	Junto às SE	Dotterel	15 em cada SE	20,58
		OPGW 15,6	15 em cada SE	21,74
	Restante da LT	3/8" EHS	220	7,60
		OPGW 13,4	220	10,68
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	Junto às SE	Dotterel	15 em cada SE	30,32
		OPGW 15,6	15 em cada SE	21,49
	Restante da LT	3/8" EHS	302	7,51
		OPGW 13,4	302	10,76

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 das LT's mostradas 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	CAA DOTTEREL + OPGW 15,6	31,27	20,68	220,8	662,4	3,12
	3/8" EHS + OPGW 13,4	19,28				
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino C1	CAA DOTTEREL + OPGW 15,6	31,27	20,37	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's terão 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 das LT's, 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 - C1 e Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1
- 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-EQT4-L400-PB-ELM-0003 DADOS CLIMATOLÓGICOS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1
- 7 Relatório RE-EQT4-L400-PB-ELM-0009 COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO, preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1
- 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) = 30-Mar-17 16:33:21 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: 30/03/17
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 34567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
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 35.56 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 34.27 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 34.27 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 35.56 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 36.85 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 36.85 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 34.865 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 34.865 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 35.24 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 36.255 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 36.255 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 35.56 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 34.27 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 34.27 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 35.56 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 36.85 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 36.85 15.08 0.0 0.0 0
Line conductor card. 5.000E-01 4.232E+00 4 | 0.5000 4.23220 4 0.9144 -15.85 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 15.85 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	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	7.555	21.047
2	2	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	0.480	21.047
3	3	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	-5.455	21.047
4	1	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	7.030	19.757
5	1	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	5.980	19.757
6	1	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	5.455	21.047
7	1	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	5.980	22.337
8	1	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	7.030	22.337
9	2	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	0.245	20.352
10	2	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	-0.245	20.352
11	2	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	-0.480	20.940
12	2	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	-0.245	21.742
13	2	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	0.245	21.742
14	3	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	-5.980	19.757

15	3	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	-7.030	19.757
16	3	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	-7.555	21.047
17	3	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	-7.030	22.337
18	3	.43000	.07853	4	.000000	2.67800	-5.980	22.337
19	0	.50000	4.23220	4	.000000	.91440	-15.850	33.087
20	0	.25000	.72400	4	.000000	1.34000	15.850	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  1.009209E-08
2 -1.252800E-10  1.175681E-08
3 -5.210096E-11 -1.531611E-10  1.023085E-08
4 -2.059668E-09 -1.574868E-10 -5.987385E-11  1.017508E-08
5 -1.086641E-09 -2.576812E-10 -7.653859E-11 -2.638541E-09  1.024211E-08
6 -1.017449E-09 -3.359485E-10 -8.200288E-11 -1.055332E-09 -1.958449E-09  1.023107E-08
7 -1.094863E-09 -2.631540E-10 -8.324046E-11 -6.231891E-10 -7.240649E-10 -1.965223E-09  1.022606E-08
8 -2.067414E-09 -1.624862E-10 -6.618905E-11 -7.908410E-10 -6.220697E-10 -1.061738E-09 -2.654835E-09  1.015866E-08
9 -1.191146E-10 -2.428109E-09 -1.966663E-10 -1.749847E-10 -2.790956E-10 -2.972288E-10 -2.001042E-10 -1.289427E-10  1.192965E-08
10 -8.844009E-11 -1.279879E-09 -2.888555E-10 -1.294933E-10 -1.954520E-10 -1.950745E-10 -1.371153E-10 -9.399276E-11 -3.592475E-09
    1.206038E-08
11 -7.254833E-11 -1.431441E-09 -3.352250E-10 -9.043081E-11 -1.322734E-10 -1.522268E-10 -1.314154E-10 -9.130911E-11 -1.425076E-09
    -2.792001E-09  1.179736E-08
12 -9.745729E-11 -1.361826E-09 -3.115072E-10 -9.835721E-11 -1.426319E-10 -2.075808E-10 -2.142286E-10 -1.457586E-10 -6.660560E-10
    
```

```

-7.981359E-10 -2.144033E-09 1.178123E-08
13 -1.254831E-10 -2.457425E-09 -2.069774E-10 -1.303084E-10 -2.013022E-10 -3.041478E-10 -2.925231E-10 -1.876035E-10 -8.011087E-10
-6.387624E-10 -1.210868E-09 -3.717430E-09 1.187432E-08
14 -4.949481E-11 -1.296571E-10 -1.958545E-09 -6.727220E-11 -8.598818E-11 -7.656658E-11 -6.475517E-11 -5.259174E-11 -1.971173E-10
-2.719647E-10 -2.623291E-10 -2.062484E-10 -1.418612E-10 1.024208E-08
15 -4.179412E-11 -8.888963E-11 -1.055537E-09 -5.449091E-11 -6.730081E-11 -5.992972E-11 -5.367483E-11 -4.533149E-11 -1.308598E-10
-1.708056E-10 -1.601841E-10 -1.333632E-10 -9.773725E-11 -2.638690E-09 1.017481E-08
16 -3.876749E-11 -7.313646E-11 -1.017812E-09 -4.180189E-11 -4.953255E-11 -5.216910E-11 -5.755580E-11 -4.939208E-11 -8.956212E-11
-1.162330E-10 -1.250002E-10 -1.282507E-10 -9.695712E-11 -1.086934E-09 -2.060109E-09 1.009144E-08
17 -4.935230E-11 -9.415407E-11 -1.062228E-09 -4.531101E-11 -5.260983E-11 -6.623570E-11 -8.322649E-11 -7.053973E-11 -9.532423E-11
-1.256351E-10 -1.590905E-10 -1.914937E-10 -1.450711E-10 -6.224593E-10 -7.913914E-10 -2.068212E-09 1.015767E-08
18 -5.746769E-11 -1.356322E-10 -1.965668E-09 -5.361362E-11 -6.473257E-11 -8.323853E-11 -1.017110E-10 -8.316334E-11 -1.387608E-10
-1.945454E-10 -2.574245E-10 -2.988190E-10 -2.134236E-10 -7.243753E-10 -6.236212E-10 -1.095503E-09 -2.655642E-09 1.022535E-08
19 -7.578953E-11 -7.132212E-11 -1.751052E-10 -5.796493E-11 -5.630426E-11 -7.579450E-11 -1.133580E-10 -1.092347E-10 -6.047830E-11
-6.663646E-11 -8.409290E-11 -1.226839E-10 -1.105596E-10 -1.563737E-10 -2.183234E-10 -3.090688E-10 -3.748373E-10 -2.954586E-10
6.140601E-09
20 -3.228233E-10 -9.100881E-11 -7.953666E-11 -2.280497E-10 -1.633608E-10 -1.829237E-10 -3.086520E-10 -3.915434E-10 -7.136223E-11
-6.213450E-11 -7.181495E-11 -1.168755E-10 -1.264575E-10 -5.912803E-11 -6.098464E-11 -7.978544E-11 -1.148485E-10 -1.190038E-10
-2.927801E-10 6.410425E-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  1.828443E-08
2 -6.158661E-09  1.771051E-08
3 -2.239557E-09 -6.161924E-09  1.826875E-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  8.381133E-09
   0.000000E+00
1  7.525398E-10 -1.210275E-09
   -1.292497E-09 -2.101547E-09
2  7.525398E-10  2.294128E-08 -1.210275E-09
   1.292497E-09 -2.839305E-25  2.101547E-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  1.380934E-01
   9.396812E-01
2  5.822609E-02  1.380934E-01
   4.489404E-01  9.396812E-01
3  5.822427E-02  5.822632E-02  1.380934E-01
   4.030118E-01  4.621879E-01  9.396812E-01
4  5.825629E-02  5.825564E-02  5.825390E-02  1.381523E-01
   5.714536E-01  4.532879E-01  4.056859E-01  9.396188E-01
5  5.825626E-02  5.825583E-02  5.825428E-02  5.828577E-02  1.381523E-01
   5.428290E-01  4.658770E-01  4.122331E-01  5.927211E-01  9.396188E-01
6  5.822679E-02  5.822648E-02  5.822504E-02  5.825626E-02  5.825629E-02  1.380934E-01
   5.405214E-01  4.754912E-01  4.162847E-01  5.428290E-01  5.714536E-01  9.396812E-01
7  5.819743E-02  5.819701E-02  5.819548E-02  5.822684E-02  5.822686E-02  5.819746E-02  1.380347E-01
   5.428913E-01  4.659394E-01  4.122955E-01  5.192226E-01  5.250004E-01  5.715159E-01  9.397435E-01

```


8	5.819746E-02 5.715159E-01	5.819681E-02 4.533503E-01	5.819510E-02 4.057483E-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	1.380347E-01 9.397435E-01	
9	5.824189E-02 4.461206E-01	5.824271E-02 6.197975E-01	5.824221E-02 4.646609E-01	5.827147E-02 4.517592E-01	5.827167E-02 4.643208E-01	5.824229E-02 4.713295E-01	5.821279E-02 4.605212E-01	5.821259E-02 4.490144E-01	1.381251E-01 9.396476E-01
10	5.824178E-02 4.412699E-01	5.824270E-02 5.961207E-01	5.824229E-02 4.713295E-01	5.827136E-02 4.465392E-01	5.827158E-02 4.582000E-01	5.824221E-02 4.646609E-01	5.821270E-02 4.549546E-01	5.821249E-02 4.441459E-01	5.825858E-02 6.502140E-01
									1.381251E-01 9.396476E-01
11	5.822830E-02 4.393376E-01	5.822927E-02 5.990750E-01	5.822891E-02 4.754713E-01	5.825786E-02 4.434832E-01	5.825809E-02 4.545190E-01	5.822875E-02 4.621731E-01	5.819926E-02 4.541033E-01	5.819904E-02 4.431883E-01	5.824514E-02 6.016167E-01
									5.824515E-02 6.308582E-01
12	5.821009E-02 4.413035E-01	5.821101E-02 5.961543E-01	5.821060E-02 4.713631E-01	5.823962E-02 4.441171E-01	5.823983E-02 4.549258E-01	5.821052E-02 4.646945E-01	5.818107E-02 4.582960E-01	5.818085E-02 4.466352E-01	5.822685E-02 5.672174E-01
									5.822686E-02 5.716332E-01
13	5.821020E-02 4.461542E-01	5.821101E-02 6.198311E-01	5.821052E-02 4.646945E-01	5.823972E-02 4.489857E-01	5.823992E-02 4.604924E-01	5.821060E-02 4.713631E-01	5.818115E-02 4.644168E-01	5.818096E-02 4.518552E-01	5.822686E-02 5.716332E-01
									5.822685E-02 5.672174E-01
14	5.825348E-02 3.996570E-01	5.825565E-02 4.542916E-01	5.825629E-02 5.714536E-01	5.828316E-02 4.029494E-01	5.828357E-02 4.092941E-01	5.825428E-02 4.122331E-01	5.822467E-02 4.076418E-01	5.822427E-02 4.015576E-01	5.827158E-02 4.582000E-01
									5.827167E-02 4.643208E-01
15	5.825302E-02 3.940708E-01	5.825543E-02 4.433141E-01	5.825626E-02 5.428290E-01	5.828272E-02 3.970974E-01	5.828316E-02 4.029494E-01	5.825390E-02 4.056859E-01	5.822427E-02 4.015576E-01	5.822384E-02 3.959113E-01	5.827136E-02 4.465392E-01
									5.827147E-02 5.825807E-02

	4.517592E-01	4.535092E-01	4.489857E-01	4.441171E-01	5.927211E-01	9.396188E-01			
16	5.822337E-02 3.917295E-01	5.822587E-02 4.393468E-01	5.822679E-02 5.405214E-01	5.825302E-02 3.940708E-01	5.825348E-02 3.996570E-01	5.822427E-02 4.030118E-01	5.819469E-02 3.997193E-01	5.819425E-02 3.941332E-01	5.824178E-02 4.412699E-01
	5.824189E-02 4.461206E-01	5.822852E-02 4.489292E-01	5.821020E-02 4.461542E-01	5.821009E-02 4.413035E-01	5.825626E-02 5.428290E-01	5.825629E-02 5.714536E-01	1.380934E-01 9.396812E-01		
17	5.819425E-02 3.941332E-01	5.819661E-02 4.433765E-01	5.819743E-02 5.428913E-01	5.822384E-02 3.959113E-01	5.822427E-02 4.015576E-01	5.819510E-02 4.057483E-01	5.816558E-02 4.030741E-01	5.816516E-02 3.972222E-01	5.821249E-02 4.441459E-01
	5.821259E-02 4.490144E-01	5.819924E-02 4.531061E-01	5.818096E-02 4.518552E-01	5.818085E-02 4.466352E-01	5.822684E-02 5.192226E-01	5.822686E-02 5.250004E-01	5.819746E-02 5.715159E-01	1.380347E-01 9.397435E-01	
18	5.819469E-02 3.997193E-01	5.819683E-02 4.543540E-01	5.819746E-02 5.715159E-01	5.822427E-02 4.015576E-01	5.822467E-02 4.076418E-01	5.819548E-02 4.122955E-01	5.816598E-02 4.094189E-01	5.816558E-02 4.030741E-01	5.821270E-02 4.549546E-01
	5.821279E-02 4.605212E-01	5.819943E-02 4.655998E-01	5.818115E-02 4.644168E-01	5.818107E-02 4.582960E-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	1.380347E-01 9.397435E-01
19	5.794672E-02 3.501764E-01	5.795069E-02 3.697998E-01	5.795293E-02 3.881462E-01	5.797599E-02 3.496894E-01	5.797666E-02 3.523017E-01	5.794804E-02 3.556667E-01	5.791884E-02 3.561253E-01	5.791818E-02 3.532491E-01	5.796639E-02 3.689140E-01
	5.796661E-02 3.703304E-01	5.795351E-02 3.724384E-01	5.793543E-02 3.736100E-01	5.793521E-02 3.720688E-01	5.798206E-02 3.849598E-01	5.798234E-02 3.877497E-01	5.795349E-02 3.945008E-01	5.792444E-02 3.983157E-01	5.792416E-02 3.946715E-01
	4.289914E+00 1.022123E+00								
20	5.795349E-02 3.945008E-01	5.795112E-02 3.726952E-01	5.794804E-02 3.556667E-01	5.798234E-02 3.877497E-01	5.798206E-02 3.849598E-01	5.795293E-02 3.881462E-01	5.792416E-02 3.946715E-01	5.792444E-02 3.983157E-01	5.796661E-02 3.703304E-01
	5.796639E-02 3.689140E-01	5.795308E-02 3.695617E-01	5.793521E-02 3.720688E-01	5.793543E-02 3.736100E-01	5.797666E-02 3.523017E-01	5.797599E-02 3.496894E-01	5.794672E-02 3.501764E-01	5.791818E-02 3.532491E-01	5.791884E-02 3.561253E-01
	5.767288E-02 3.364450E-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  1.270850E-01
   4.868061E-01

2  1.119054E-01  1.239755E-01
   3.300585E-01  5.374049E-01

3  1.102238E-01  1.091450E-01  1.215436E-01
   2.832564E-01  3.386582E-01  5.040583E-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  3.450508E-01
   1.144072E+00

1 -2.105523E-02 -1.723275E-02
   -2.078796E-02  1.029413E-02

2  2.521863E-02  1.377659E-02  1.755694E-02
   -2.316286E-02  1.920987E-01  9.756527E-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 :	6.14982E+02	-8.39163E+00	2.46309E-03	1.96115E+05	3.26858E+03	3.45051E-01	1.14407E+00	3.15961E-06
Positive:	1.49226E+02	-2.05101E+00	4.01199E-04	2.92291E+05	4.87152E+03	1.37766E-02	1.92099E-01	8.64866E-06

ANEXO 2 - TEMPCOND

 * PROGRAMA TEMPCOND VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 kV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1 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 - C1 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

 * PROGRAMA TEMPCOND VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 kV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C1 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 - C1 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 SAPEAÇU (kA)

I2 - CONTRIBUICAO DA SE POÇÕES III (kA)

IE - CORRENTE QUE DESCE PELA ESTRUTURA ONDE HOUE O CURTO (kA)

IV1 - CORRENTE EM DIRECAO A SE IGAPORÃ III NO CABO PARA-RAIOS V (kA)

IV2 - CORRENTE EM DIRECAO A SE JANAÚBA 3 NO CABO PARA-RAIOS V (kA)

IW1 - CORRENTE EM DIRECAO A SE IGAPORÃ III NO CABO PARA-RAIOS W (kA)

IW2 - CORRENTE EM DIRECAO A SE JANAÚBA 3 NO CABO PARA-RAIOS W (KA)

TERMINAIS APÓS DE 15KM

DOTTEREL AÇO 3/8 EAR

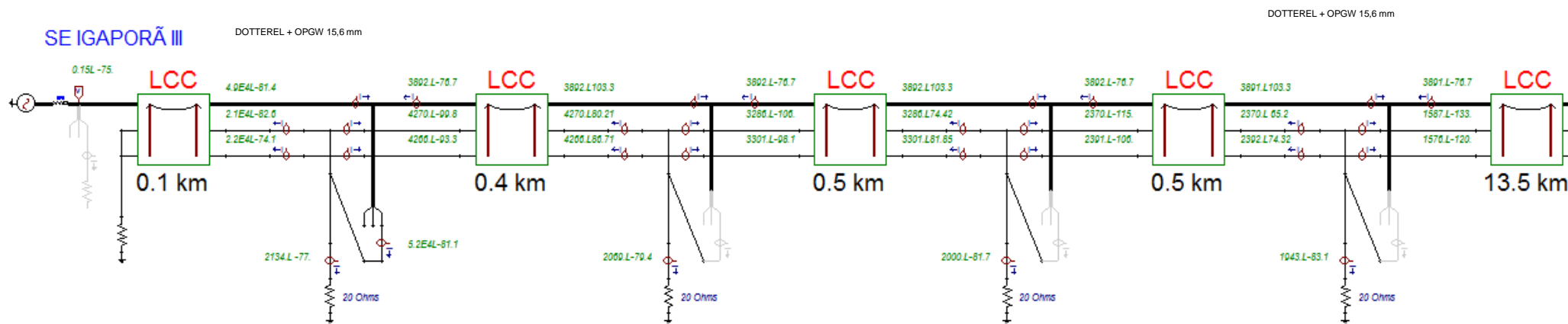
DOTTEREL AÇO 3/8 EAR

OPGW 15,6 OPGW 13,4

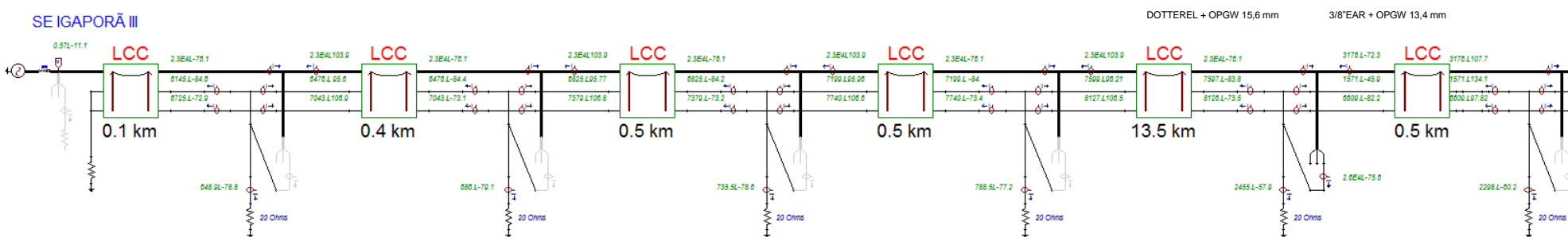
OPGW 15,6 OPGW 13,4

	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	52,49	48,61	3,89	2,13	20,58	21,74	4,27	4,27
	1	48,99	45,22	3,78	2,19	20,45	21,44	2,64	2,68
	5	37,80	34,39	3,42	2,70	14,66	15,40	2,83	2,87
	15	25,91	22,74	3,18	2,46	7,60	8,13	1,57	6,61
ACO 3/8 + OPGW 13,4	25	18,37	15,43	2,94	3,13	2,36	10,68	0,47	2,05
	42	12,68	9,87	2,80	4,35	1,16	5,30	0,39	1,68
	125	8,17	4,09	4,09	1,71	0,59	2,70	0,59	2,70
	208	12,68	2,80	9,87	4,35	0,39	1,68	1,16	5,30
	225	18,37	2,94	15,43	3,13	0,47	2,05	2,36	10,68
DOTTEREL + OPGW 15,6	235	25,91	3,18	22,74	2,46	1,57	6,61	7,60	8,13
	245	37,80	3,42	34,39	2,70	2,83	2,87	14,66	15,40
	249	48,99	3,78	45,22	2,19	2,64	2,68	20,45	21,44
	249,9	52,49	3,89	48,61	2,13	4,27	4,27	20,58	21,74

Curto na saída da SE



Curto localizado na troca a 15 km da SE



D - DISTANCIA DO PONTO DE FALTA A SE 1 (KM)

I - CORRENTE DE CC TOTAL (kA)

I1 - CONTRIBUICAO DA SE SAPEAÇU (kA)

I2 - CONTRIBUICAO DA SE POÇÕES III (kA)

IE - CORRENTE QUE DESCE PELA ESTRUTURA ONDE HOUE O CURTO (kA)

IV1 - CORRENTE EM DIRECAO A SE JANAÚBA 3 NO CABO PARA-RAIOS V (kA)

IV2 - CORRENTE EM DIRECAO A SE PRESIDENTE JUSCELINO NO CABO PARA-RAIOS V (kA)

IW1 - CORRENTE EM DIRECAO A SE JANAÚBA 3 NO CABO PARA-RAIOS W (kA)

IW2 - CORRENTE EM DIRECAO A SE PRESIDENTE JUSCELINO NO CABO PARA-RAIOS W (KA)

TERMINAIS APÓS DE 15KM

DOTTEREL AÇO 3/8 EAR

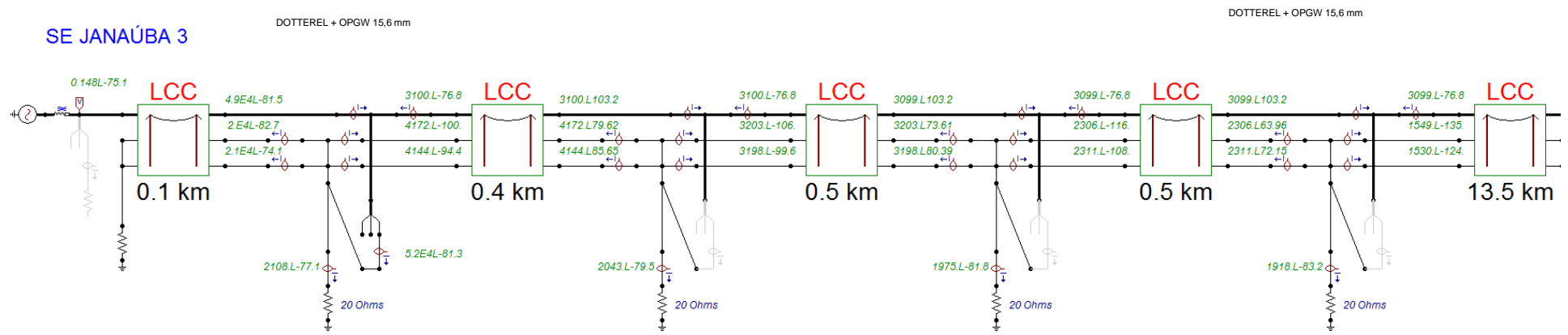
DOTTEREL AÇO 3/8 EAR

OPGW 15,6 OPGW 13,4

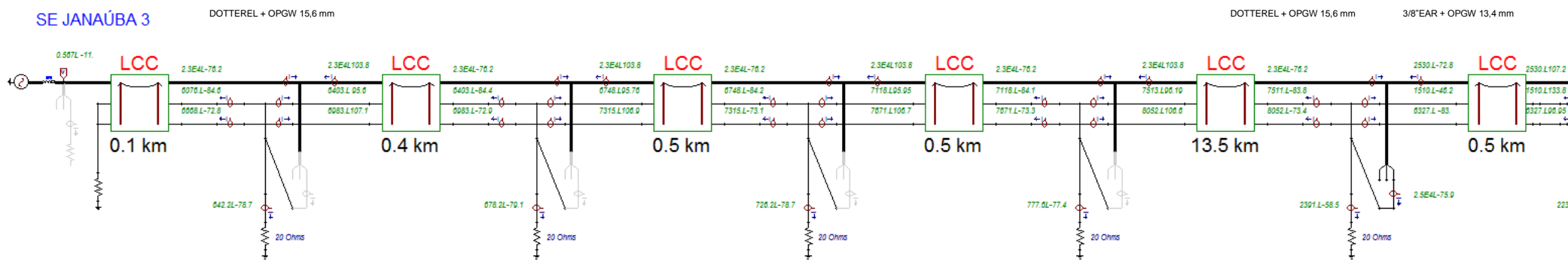
OPGW 15,6 OPGW 13,4

	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	51,72	48,63	3,10	2,11	20,32	21,49	4,17	4,14
	1	48,26	45,26	3,01	2,16	20,20	21,21	2,56	2,58
	5	37,21	34,48	2,74	2,66	14,49	15,24	2,73	2,75
	15	25,35	22,83	2,53	2,39	7,51	8,05	1,51	6,33
DOTTEREL + ACO 3/8 + OPGW 13,4	25	17,76	15,45	2,32	3,18	2,39	10,76	0,33	1,42
	55	10,09	7,91	2,18	4,26	0,77	3,61	0,30	1,29
	166	6,25	3,12	3,12	1,36	0,45	2,05	0,45	2,05
	277	10,09	2,18	7,91	4,26	0,30	1,29	0,77	3,61
	307	17,76	2,32	15,45	3,18	0,33	1,42	2,39	10,76
DOTTEREL + OPGW 15,6	317	25,35	2,53	22,83	2,39	1,51	6,33	7,51	8,05
	327	37,21	2,74	34,48	2,66	2,73	2,75	14,49	15,24
	331	48,26	3,01	45,26	2,16	2,56	2,58	20,20	21,21
	331,9	51,72	3,10	48,63	2,11	4,17	4,14	20,32	21,49

Curto na saída da SE



Curto localizado na troca a 15 km da SE



ANEXO 4 – ESQUEMA DE TROCA DE PARA-RAIOS



LT 500 kV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1



LT 500 kV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C1

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:

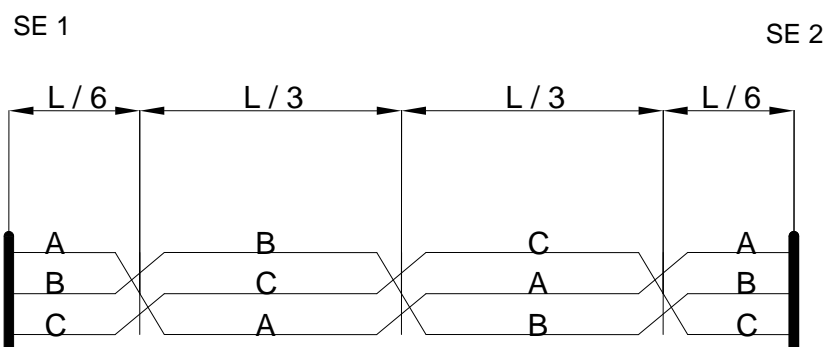
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +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



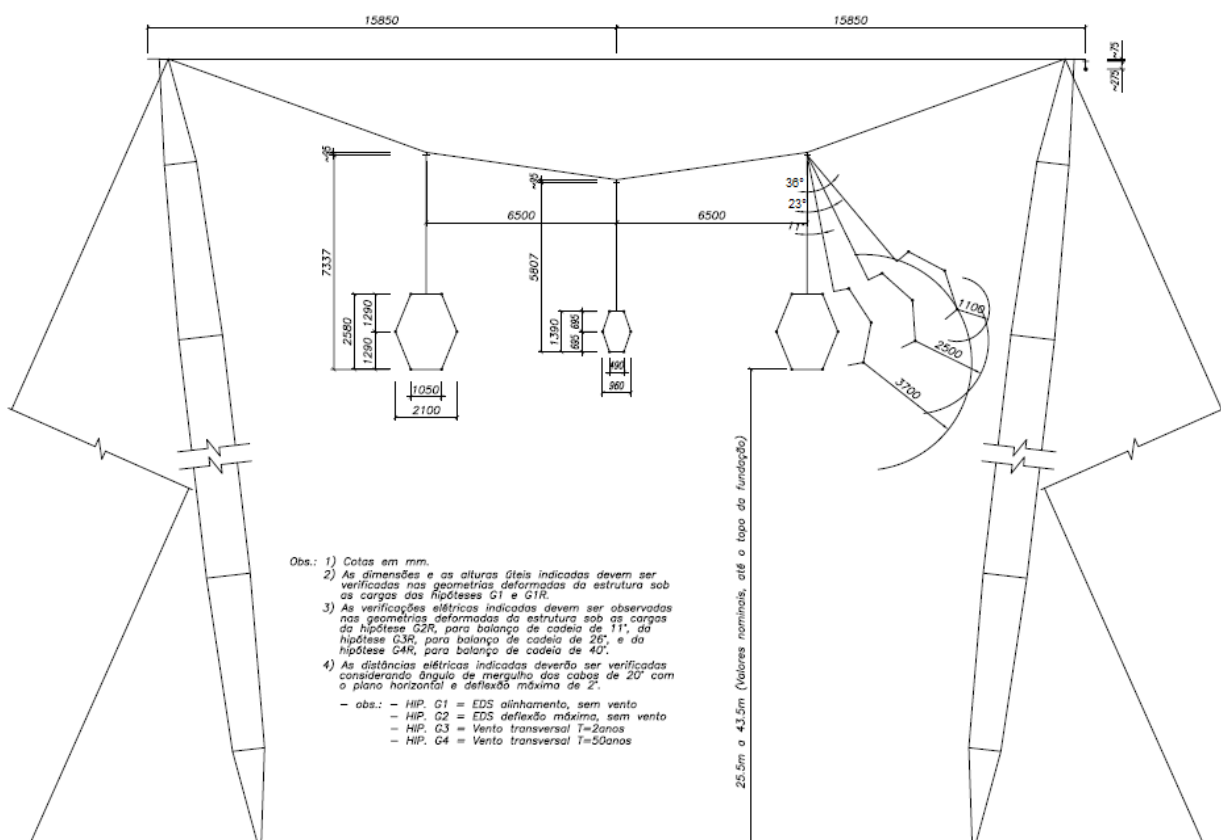
Notas:

- 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

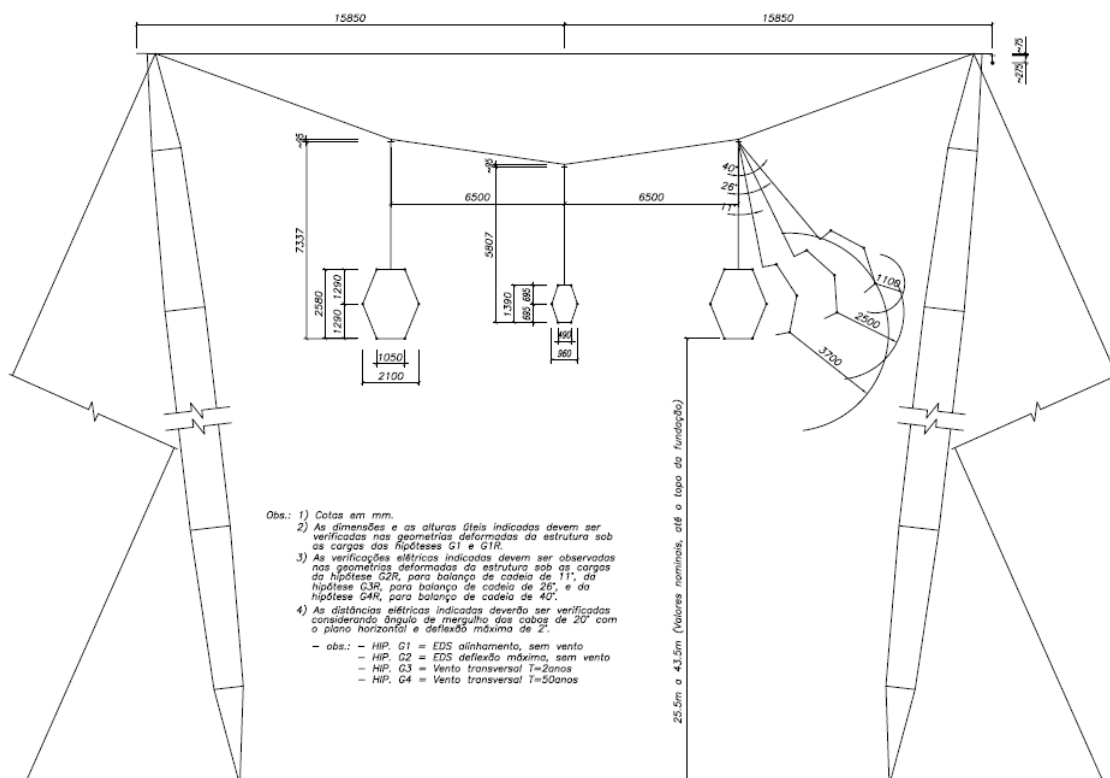
ESQUEMA TÍPICO DAS TRANSPOSIÇÕES

ANEXO 7 – DESENHO DAS ESTRUTURAS PREDOMINANTES V1CRL/V2CRL

- LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1 (Torre V1CRL)

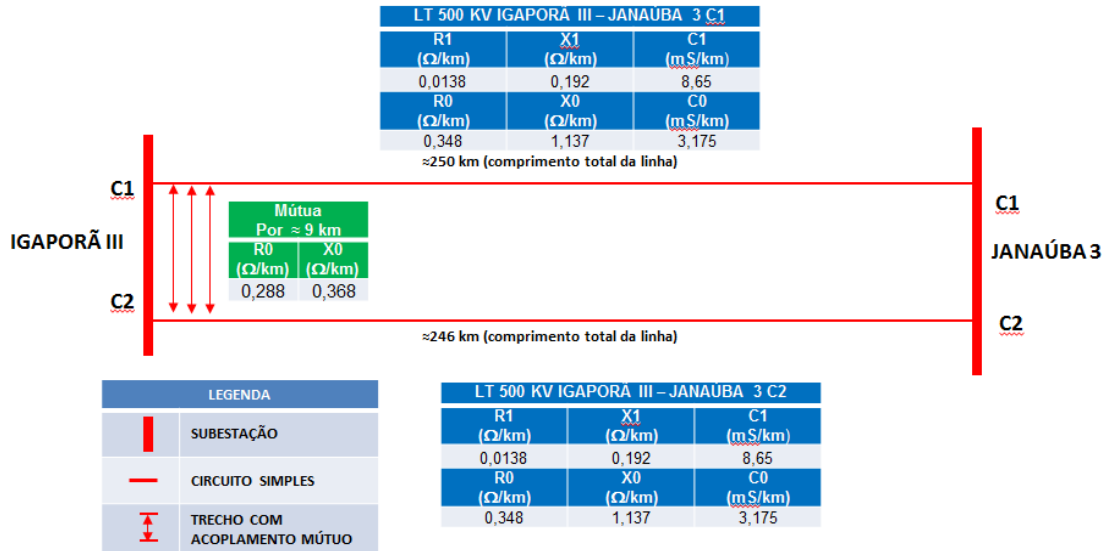


- LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1 (Torre V2CRL)



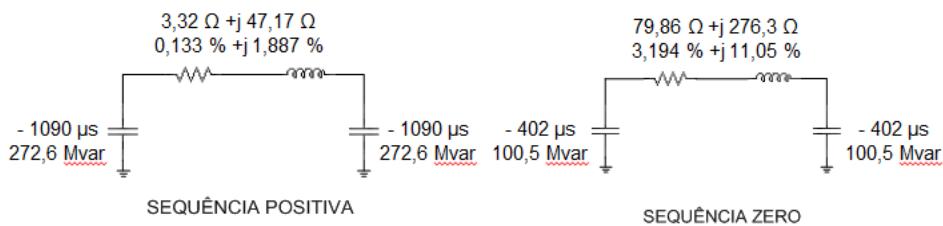
ANEXO 8 – ACOPLAMENTO MUTUO E PARÂMETROS CONCENTRADOS

**PARAMETROS ELETRICOS – ACOPLAMENTO
LT 500 KV IGAPORÃ III – JANAUBA 3 C1 E C2**

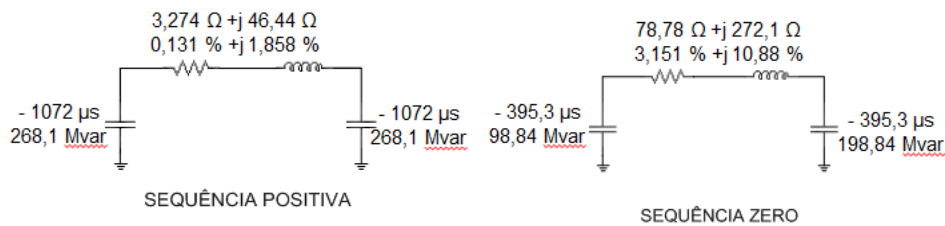


PARÂMETROS ELÉTRICOS CONCENTRADOS (PI*)

LT 500 KV IGAPORÃ III – JANAUBA 3 C1

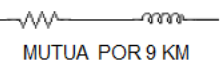


LT 500 KV IGAPORÃ III – JANAUBA 3 C2



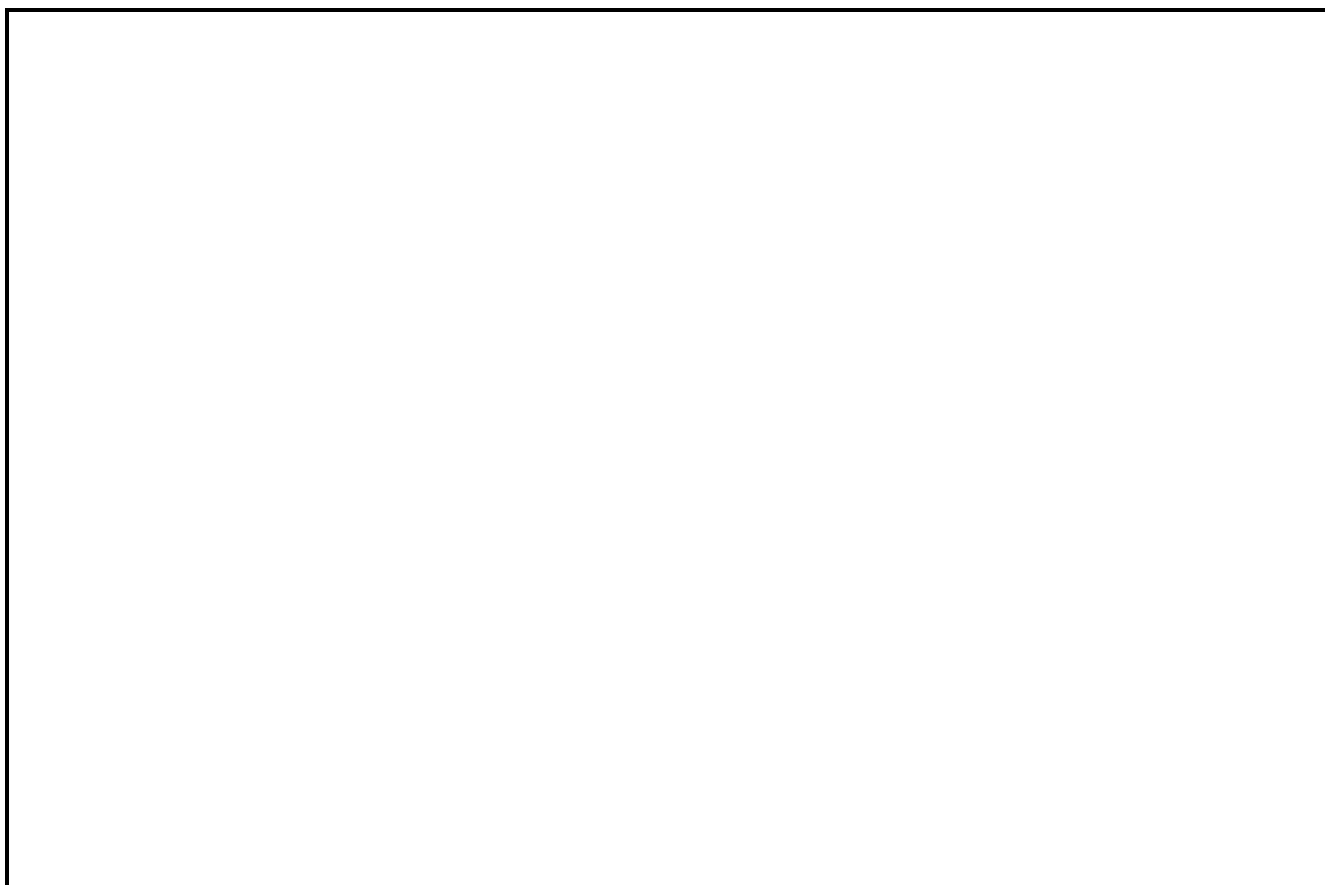
MÚTUAS

2,591 Ω + j 3,312 Ω
0,103 % + j 0,132 %



MUTUA POR 9 KM

(*) 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 4 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	31/03/17

TÍTULO

**LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1
LT 500kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1
Lote 14 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO CONDUTOR E PARA-RAIOS**

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT4-L400-PB-ELM-0005-R01	1 de 41	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	22
	ANEXO 4 – ESQUEMA DE TROCA DE PARA-RAIOS	29
	ANEXO 5 – PERDAS - LT	31
	ANEXO 6 – TRANPOSIÇÃO DE FASES	36
	ANEXO 7 – DESENHO DAS ESTRUTURAS PREDOMINANTES V1CRL/V2CRL	38
	ANEXO 8 – ACOPLAMENTO MUTUO E PARÂMETROS CONCENTRADOS	40

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 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1, em circuito simples pertencentes ao Lote 14 do Leilão 0013/2015 – 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 das LT's em conformidade com o Anexo Técnico do Edital (1)(8), e de forma a se obter o desempenho para as LT's 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 a 50°C-AC (Ω/km)	CABOS X TIPO / fase	Resistência 50°C-AC (Ω/km)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	251	(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 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	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 - C1	6 x AAAC 838MCM (liga 1120 - AS 1531)	0,346	1,143	0,00000316	615	1
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	6 x AAAC 823MCM (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		Anexo
R0 (Ω/km)	X0(Ω/km)	
0,288	0,368	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 da LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	700
Altitude da LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	700
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 6-14 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)			
						CALCULADA		ADOTADA	
				DURAÇÃO		DURAÇÃO		DURAÇÃO	
				Longa	Curta	Longa	Curta	Longa	Curta
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	6 x AAAC 838MCM (liga 1120 - AS 1531)	28	15°	2950	4000	51	59	55	60
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	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 Igaporã III - Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	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 (∅ 15,6 mm)	180	22,27
OPGW 2 (∅ 13,4 mm)	180	10,95

3.1.4 Demais parâmetros para verificação do comportamento térmico dos cabos para-raios

TABELA 8 – PARÂMETROS DE VERIFICAÇÃO				
LT	Compr. da LT (km)	Resistividade do Solo ($\Omega.m$)	Resist. da malha SEs (Ω)	Resist. de aterram. das estruturas (Ω)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	250	1000	1	20
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	332	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 ATP DRAW, por modelagem line constant (modelo Bergeron), solução em regime permanente.

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 do estudo apresentado constantes do Anexo 3.

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 - C1	Junto às SE	Dotterel	15 em cada SE	20,58
		OPGW 15,6	15 em cada SE	21,74
	Restante da LT	3/8" EHS	220	7,60
		OPGW 13,4	220	10,68
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	Junto às SE	Dotterel	15 em cada SE	30,32
		OPGW 15,6	15 em cada SE	21,49
	Restante da LT	3/8" EHS	302	7,51
		OPGW 13,4	302	10,76

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 das LT's mostradas 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	CAA DOTTEREL + OPGW 15,6	31,27	20,68	220,8	662,4	3,12
	3/8" EHS + OPGW 13,4	19,28				
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino C1	CAA DOTTEREL + OPGW 15,6	31,27	20,37	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's terão 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 das LT's, 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 - C1 e Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1
- 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-EQT4-L400-PB-ELM-0003 DADOS CLIMATOLÓGICOS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1
- 7 Relatório RE-EQT4-L400-PB-ELM-0009 COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO, preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1
- 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) = 30-Mar-17 16:33:21 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: 30/03/17
 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 - C1 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 - C1 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

 * PROGRAMA TEMPCOND VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 kV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C1 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 - C1 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 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)

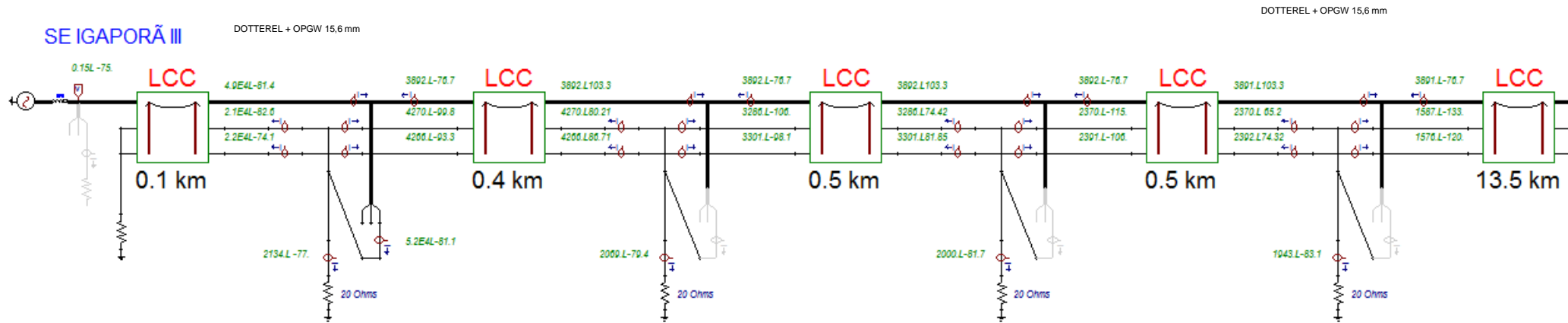
OPGW 15,6 OPGW 13,4

IW2 - CORRENTE EM DIRECAO A SE JANAÚBA 3 NO CABO PARA-RAIOS W (kA)

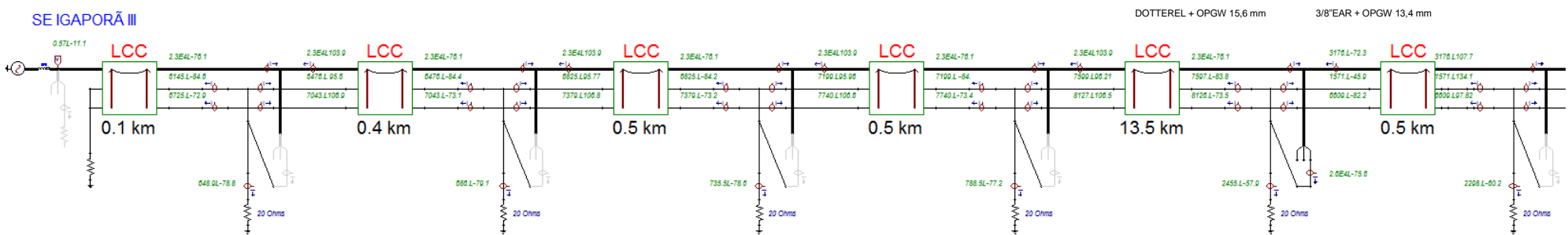
OPGW 15,6 OPGW 13,4

	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	52,49	48,61	3,89	2,13	20,58	21,74	4,27	4,27
	1	48,99	45,22	3,78	2,19	20,45	21,44	2,64	2,68
	5	37,80	34,39	3,42	2,70	14,66	15,40	2,83	2,87
	15	25,91	22,74	3,18	2,46	7,60	8,13	1,57	6,61
ACO 3/8 + OPGW 13,4	15,5	25,46	22,29	3,17	2,74	6,04	9,84	2,26	4,67
	25	18,37	15,43	2,94	3,13	2,36	10,68	0,47	2,05
	42	12,68	9,87	2,80	4,35	1,16	5,30	0,39	1,68
	125	8,17	4,09	4,09	1,71	0,59	2,70	0,59	2,70
	208	12,68	2,80	9,87	4,35	0,39	1,68	1,16	5,30
	225	18,37	2,94	15,43	3,13	0,47	2,05	2,36	10,68
	234,5	25,46	3,17	22,29	2,74	2,26	4,67	6,04	9,84
DOTTEREL + OPGW 15,6	235	25,91	3,18	22,74	2,46	1,57	6,61	7,60	8,13
	245	37,80	3,42	34,39	2,70	2,83	2,87	14,66	15,40
	249	48,99	3,78	45,22	2,19	2,64	2,68	20,45	21,44
	249,9	52,49	3,89	48,61	2,13	4,27	4,27	20,58	21,74

Curto na saída da SE

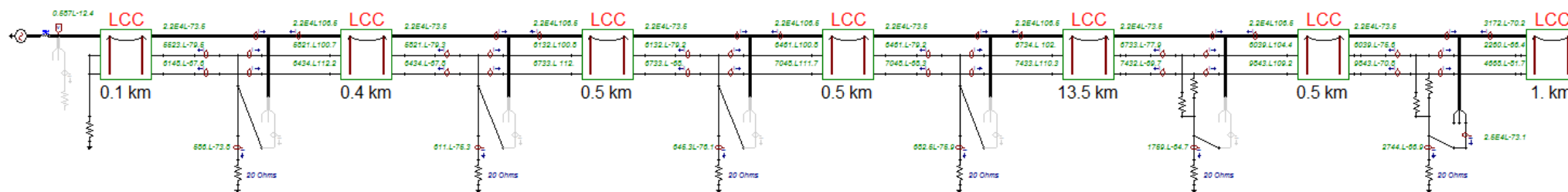


Curto localizado na troca a 15 km da SE



Curto localizado na troca a 15,5 km da SE

SE IGAPORÃ III



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)

IV1 - CORRENTE EM DIRECAO A SE JANAÚBA 3 NO CABO PARA-RAIOS V (kA)

IV2 - CORRENTE EM DIRECAO A SE PRESIDENTE JUSCELINO NO CABO PARA-RAIOS V (kA)

IW1 - CORRENTE EM DIRECAO A SE JANAÚBA 3 NO CABO PARA-RAIOS W (kA)

IW2 - CORRENTE EM DIRECAO A SE PRESIDENTE JUSCELINO NO CABO PARA-RAIOS W (KA)

TERMINAIS APÓS DE 15KM

DOTTEREL AÇO 3/8 EAR

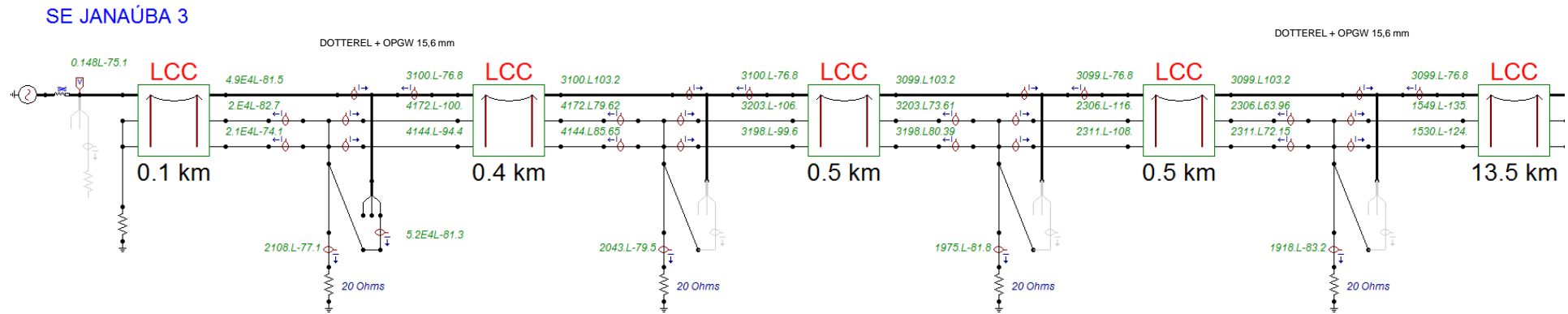
DOTTEREL AÇO 3/8 EAR

OPGW 15,6 OPGW 13,4

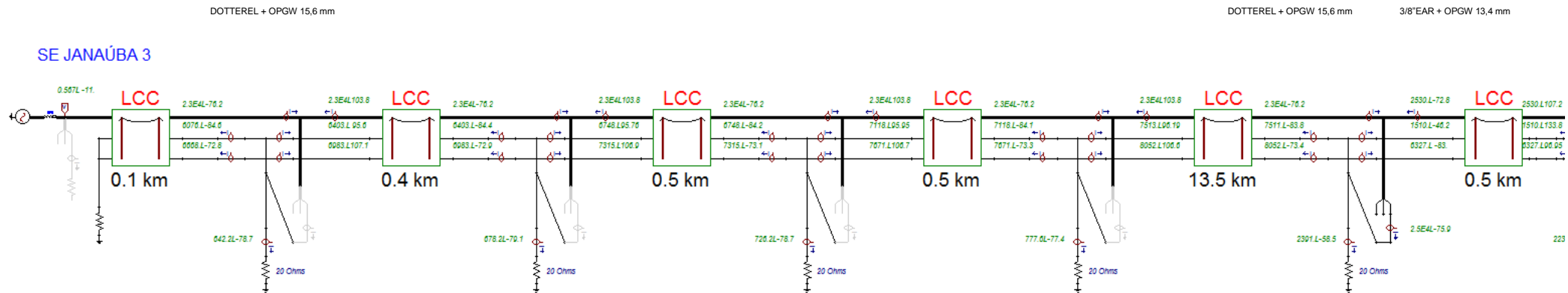
OPGW 15,6 OPGW 13,4

	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	51,72	48,63	3,10	2,11	20,32	21,49	4,17	4,14
	1	48,26	45,26	3,01	2,16	20,20	21,21	2,56	2,58
	5	37,21	34,48	2,74	2,66	14,49	15,24	2,73	2,75
	15	25,35	22,83	2,53	2,39	7,51	8,05	1,51	6,33
ACO 3/8 + OPGW 13,4	15,5	24,90	22,38	2,52	2,68	5,95	9,77	2,18	4,42
	25	17,76	15,45	2,32	3,18	2,39	10,76	0,33	1,42
	55	10,09	7,91	2,18	4,26	0,77	3,61	0,30	1,29
	166	6,25	3,12	3,12	1,36	0,45	2,05	0,45	2,05
	277	10,09	2,18	7,91	4,26	0,30	1,29	0,77	3,61
	307	17,76	2,32	15,45	3,18	0,33	1,42	2,39	10,76
	316,5	24,90	2,52	22,38	2,68	2,18	4,42	5,95	9,77
DOTTEREL + OPGW 15,6	317	25,35	2,53	22,83	2,39	1,51	6,33	7,51	8,05
	327	37,21	2,74	34,48	2,66	2,73	2,75	14,49	15,24
	331	48,26	3,01	45,26	2,16	2,56	2,58	20,20	21,21
	331,9	51,72	3,10	48,63	2,11	4,17	4,14	20,32	21,49

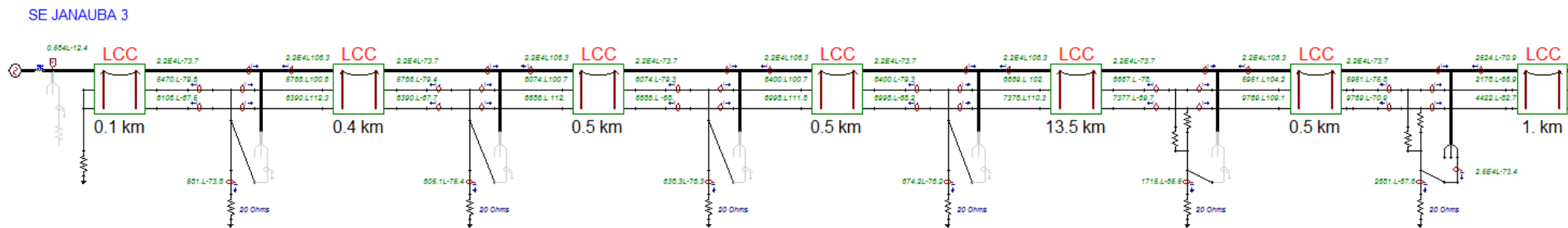
Curto na saída da SE



Curto localizado na troca a 15 km da SE



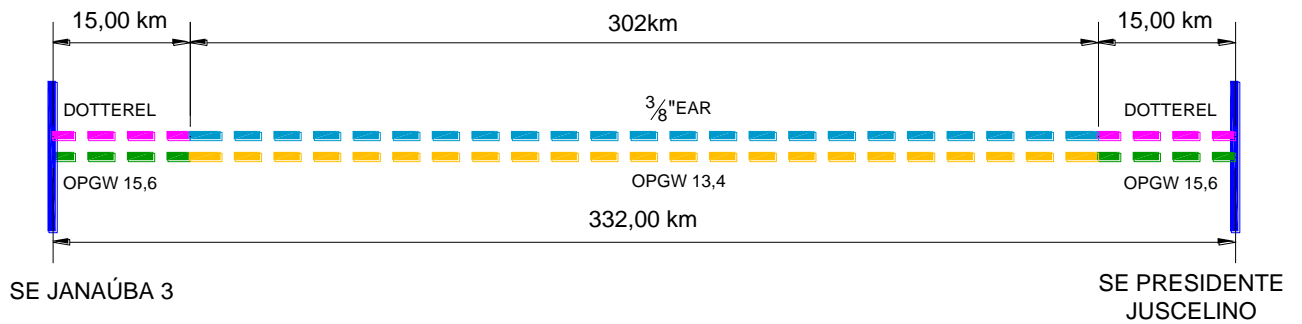
Curto localizado na troca a 15,5 km da SE



ANEXO 4 – ESQUEMA DE TROCA DE PARA-RAIOS



LT 500 kV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1



LT 500 kV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C1

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:

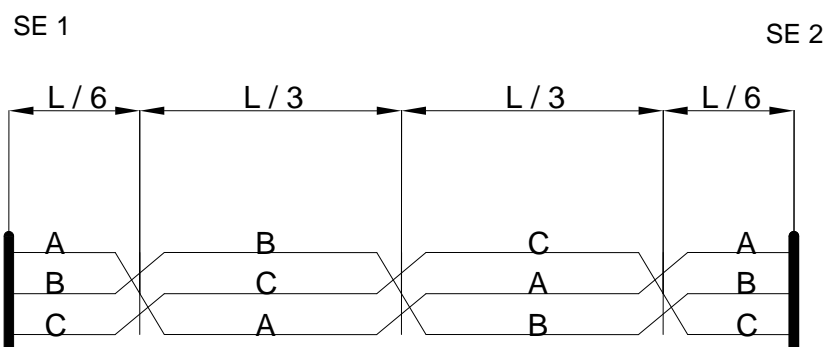
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +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



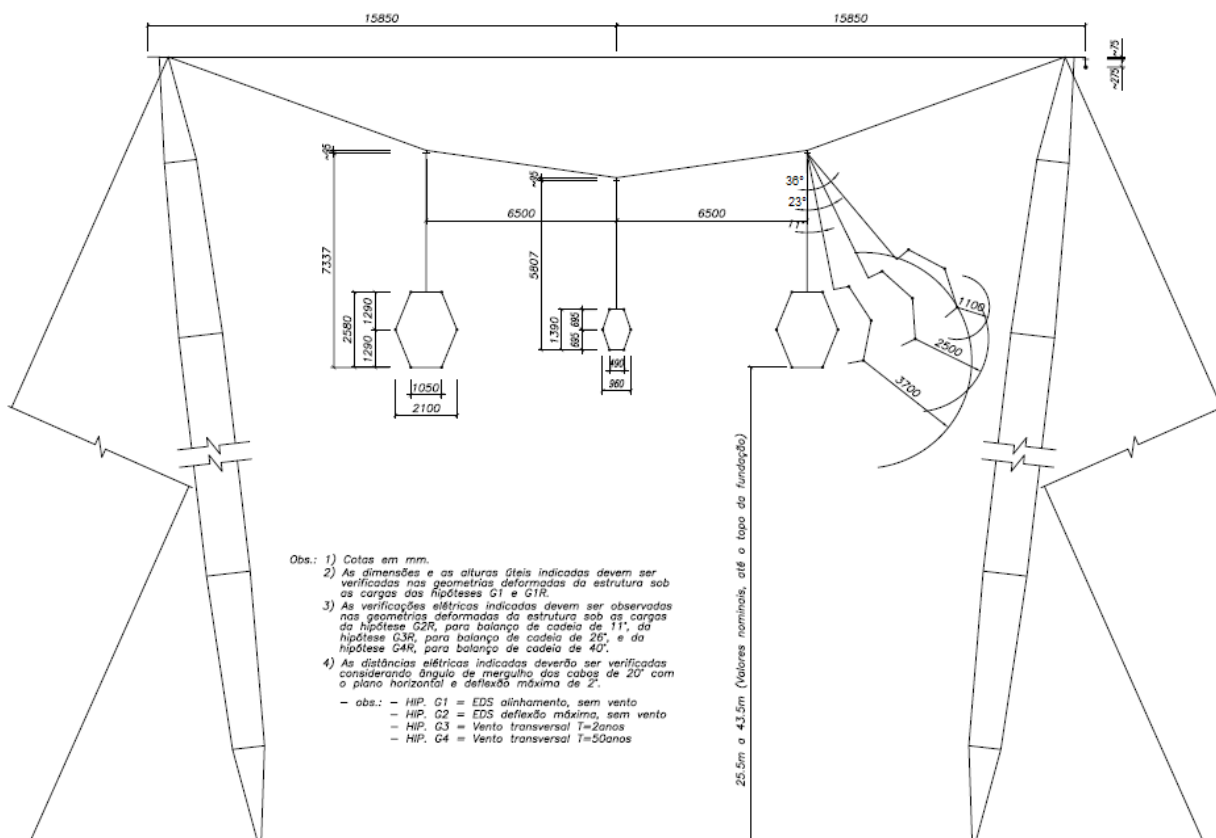
Notas:

- 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

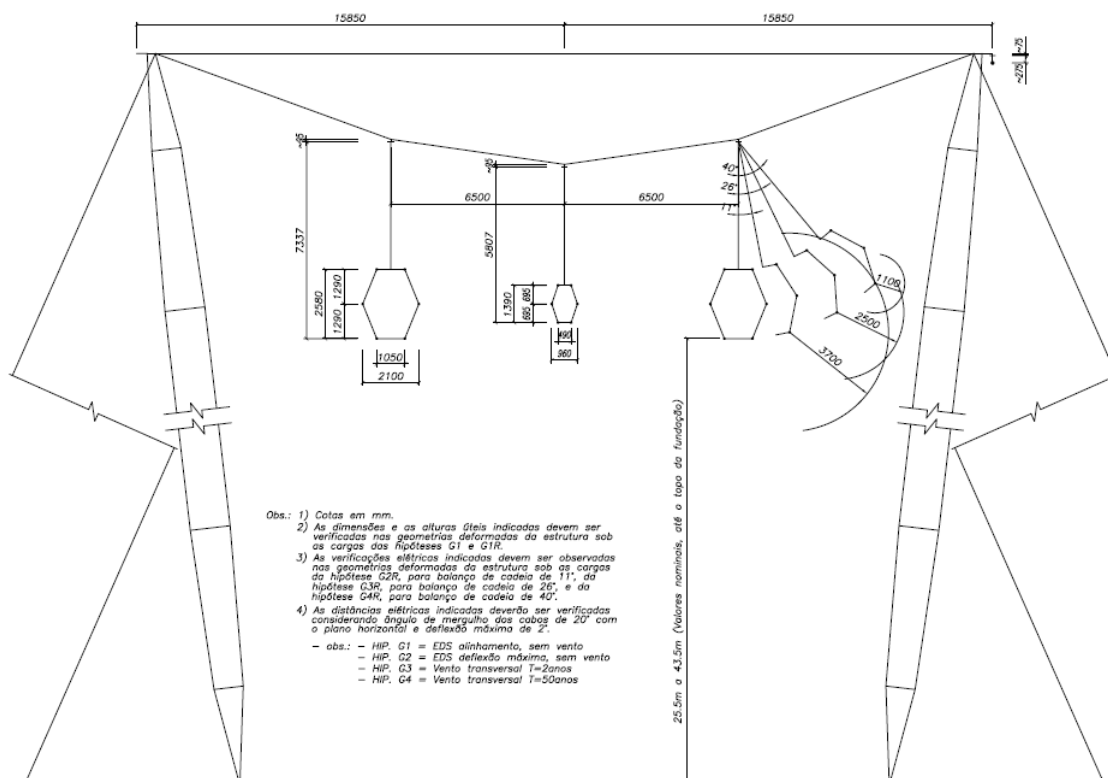
ESQUEMA TÍPICO DAS TRANSPOSIÇÕES

ANEXO 7 – DESENHO DAS ESTRUTURAS PREDOMINANTES V1CRL/V2CRL

- LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1 (Torre V1CRL)

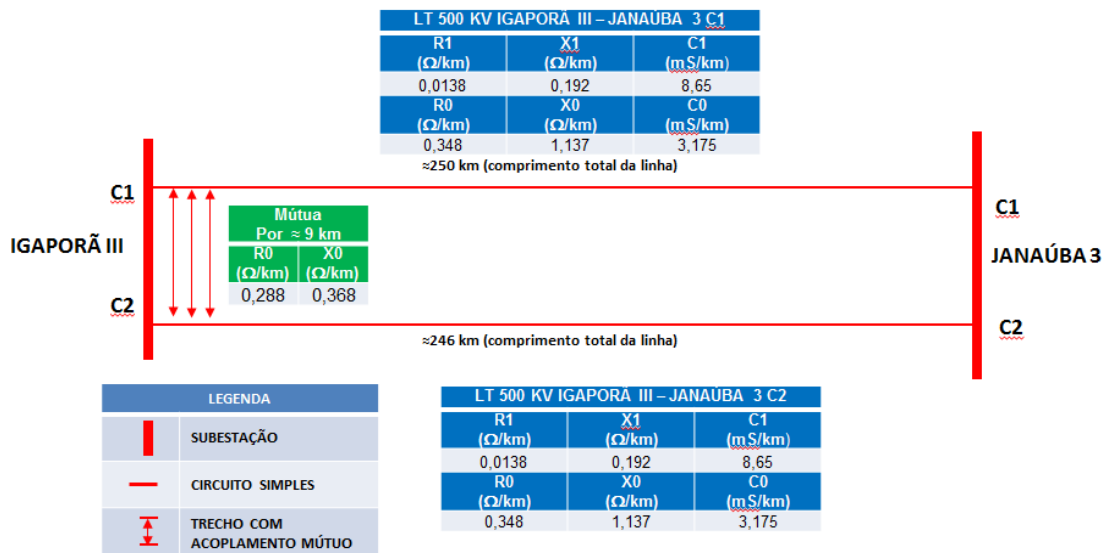


- LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1 (Torre V2CRL)



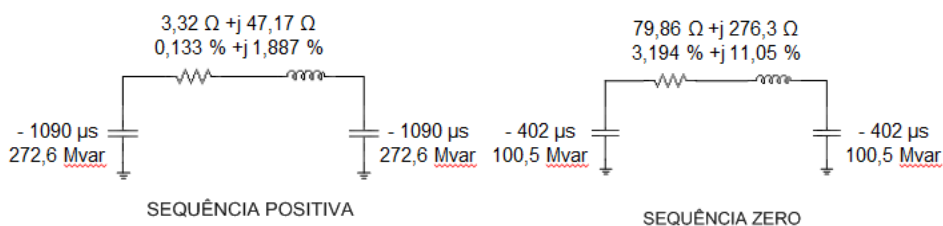
ANEXO 8 – ACOPLAMENTO MUTUO E PARÂMETROS CONCENTRADOS

**PARAMETROS ELETRICOS – ACOPLAMENTO
LT 500 KV IGAPORÃ III – JANAUBA 3 C1 E C2**

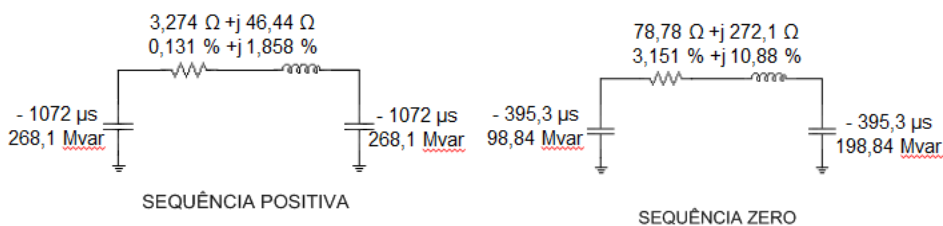


PARÂMETROS ELÉTRICOS CONCENTRADOS (PI*)

LT 500 KV IGAPORÃ III – JANAUBA 3 C1

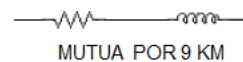


LT 500 KV IGAPORÃ III – JANAUBA 3 C2

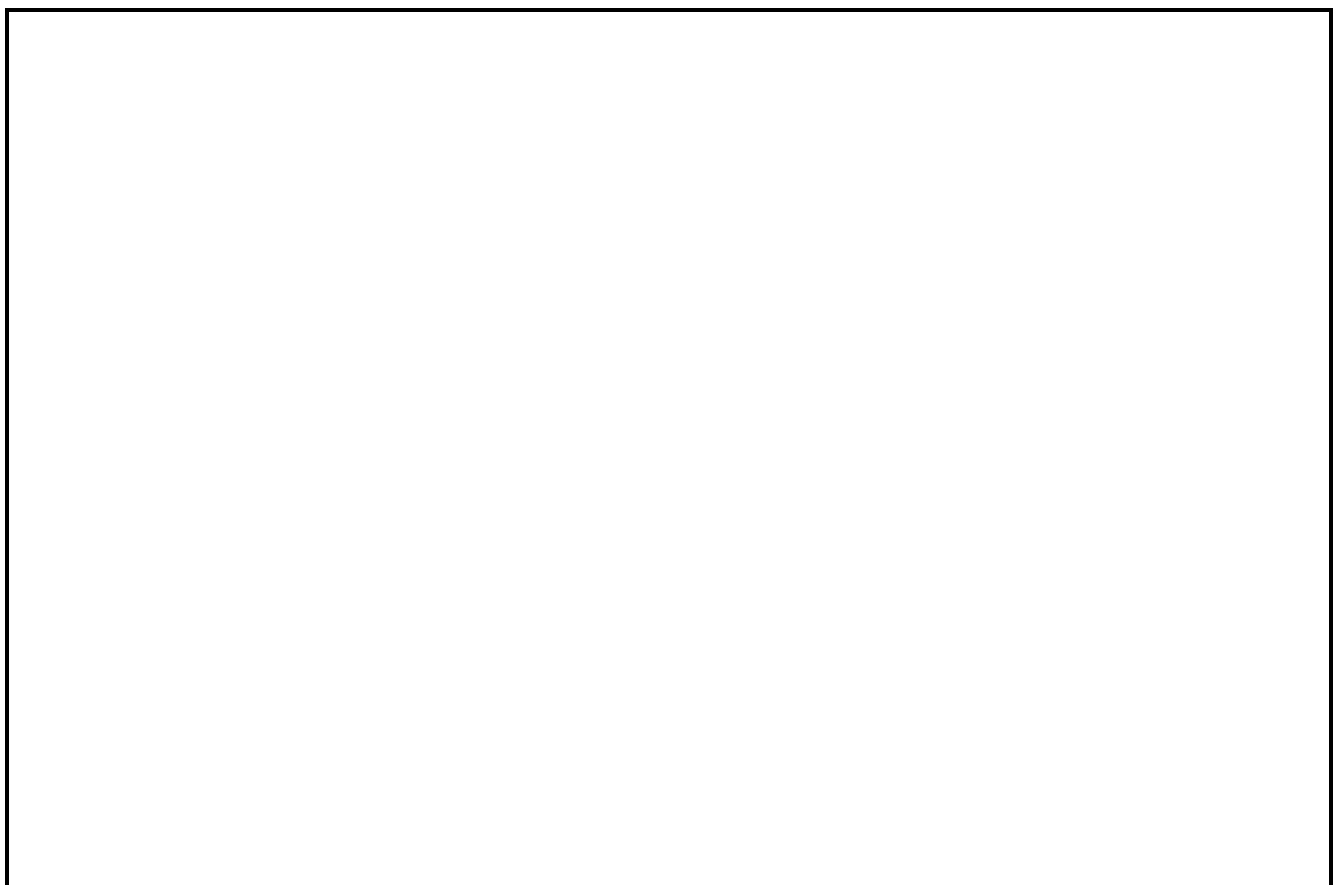


MÚTUAS

$2,591 \Omega + j 3,312 \Omega$
 $0,103 \% + j 0,132 \%$



(*) 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 4 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	31/03/17

TÍTULO

**LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1
LT 500kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1
Lote 14 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL
RELATÓRIO CONDUTOR E PARA-RAIOS**

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT4-L400-PB-ELM-0005-R02	1 de 43	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	8
ANEXO 1 - ATP	9
ANEXO 2 - TEMPCOND	18
ANEXO 3 – SAIDA PROGRAMA ATP DRAW	23
ANEXO 4 – ESQUEMA DE TROCA DE PARA-RAIOS	31
ANEXO 5 – PERDAS - LT	33
ANEXO 6 – TRANPOSIÇÃO DE FASES	38
ANEXO 7 – DESENHO DAS ESTRUTURAS PREDOMINANTES V1CRL/V2CRL	40
ANEXO 8 – ACOPLAMENTO MUTUO E PARÂMETROS CONCENTRADOS	42

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 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1, em circuito simples pertencentes ao Lote 14 do Leilão 0013/2015 – 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 das LT's em conformidade com o Anexo Técnico do Edital (1)(8), e de forma a se obter o desempenho para as LT's 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 a 50°C-AC (Ω/km)	CABOS X TIPO / fase	Resistência 50°C-AC (Ω/km)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	250 332	(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 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	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 - C1	6 x AAAC 838MCM (liga 1120 - AS 1531)	0,346	1,143	0,00000316	615	1
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	6 x AAAC 823MCM (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		Anexo
R0 (Ω/km)	X0(Ω/km)	
0,288	0,368	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 da LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	700
Altitude da LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	700
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 6-14 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	
				DURAÇÃO		DURAÇÃO		DURAÇÃO	
				Longa	Curta	Longa	Curta	Longa	Curta
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	6 x AAAC 838MCM (liga 1120 - AS 1531)	28	15°	2950	4000	51	59	55	60
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	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 Igaporã III - Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	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

TABELA 8 – PARÂMETROS DE VERIFICAÇÃO				
LT	Compr. da LT (km)	Resistividade do Solo ($\Omega.m$)	Resist. da malha SEs (Ω)	Resist. de aterram. das estruturas (Ω)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	250	1000	1	20
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	332	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 ATP DRAW, por modelagem line constant (modelo PI), solução em regime permanente.

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 do estudo apresentado constantes do Anexo 3.

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 - C1	Junto às SE	Dotterel	21 em cada SE	17,15
		OPGW 16,75	21 em cada SE	19,8
	Verificação vão adjacente a troca 21,5 km da SE	3/8" EHS	208	2,39
		OPGW 13,4	208	10,95
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	Junto às SE	Dotterel	21 em cada SE	16,92
		OPGW 16,75	21 em cada SE	19,49
	Verificação vão adjacente a troca 21,5 km da SE	3/8" EHS	290	2,39
		OPGW 13,4	290	10,94

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	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 das LT's mostradas 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	CAA DOTTEREL + OPGW 16,75	28,53	20,83	220,8	662,4	3,14
	3/8" EHS + OPGW 13,4	19,28				
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino C1	CAA DOTTEREL + OPGW 16,75	28,53	20,45	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's terão 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 das LT's, 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 - C1 e Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1
- 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-EQT4-L400-PB-ELM-0003 DADOS CLIMATOLÓGICOS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1
- 7 Relatório RE-EQT4-L400-PB-ELM-0009 COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO, preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1
- 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) = 30-Mar-17 16:33:21 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: 30/03/17
 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 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 - C1 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 - C1 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

 * PROGRAMA TEMPCOND VERSAO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PAGINA - 1*
 * LT 500 kV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C1 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 - C1 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 IGAPORÃ III (kA)

I2 - CONTRIBUICAO DA SE JANAÚBA 3 (kA)

IE - CORRENTE QUE DESCE PELA ESTRUTURA ONDE HOUE O CURTO (kA)

IV1 - CORRENTE EM DIRECAO A SE IGAPORÃ III NO CABO PARA-RAIOS V (kA)

IV2 - CORRENTE EM DIRECAO A SE JANAÚBA 3 NO CABO PARA-RAIOS V (kA)

IW1 - CORRENTE EM DIRECAO A SE IGAPORÃ III NO CABO PARA-RAIOS W (kA)

IW2 - CORRENTE EM DIRECAO A SE JANAÚBA 3 NO CABO PARA-RAIOS W (KA)

TERMINAIS APÓS DE 21 KM

DOTTEREL AÇO 3/8 EAR

DOTTEREL AÇO 3/8 EAR

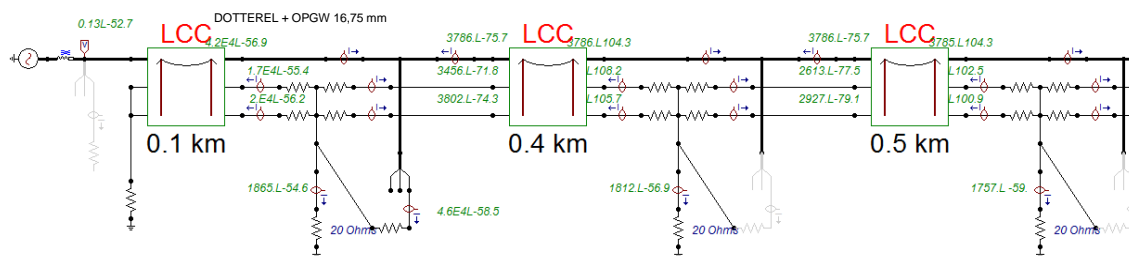
OPGW 16,75 OPGW 13,4

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
	125,0	8,65	4,32	4,32	1,71	0,64	2,91	0,64	2,91
	228,5	21,30	3,19	18,12	1,90	1,25	5,30	2,39	10,95
DOTTEREL + OPGW 16,75	229,0	21,56	3,19	18,39	1,94	1,44	6,48	5,44	6,46
	249,0	43,21	3,69	39,68	1,95	2,04	2,34	17,35	19,77
	249,9	45,70	3,78	42,10	1,86	3,45	3,80	17,15	19,80

Curto na saída da SE

SE IGAPORA III



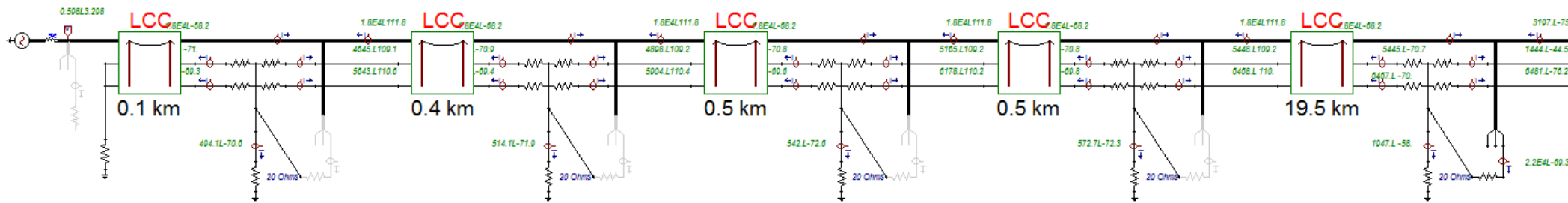
Curto localizado na troca a 21 km da SE

SE IGAPORA III

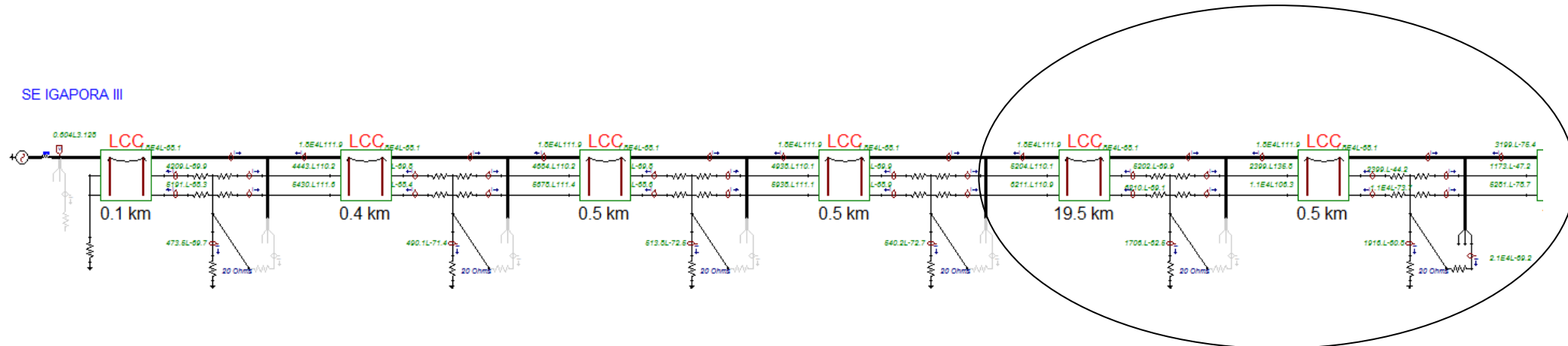
DOTTEREL + OPGW 16,75 mm

DOTTEREL + OPGW 16,75 mm

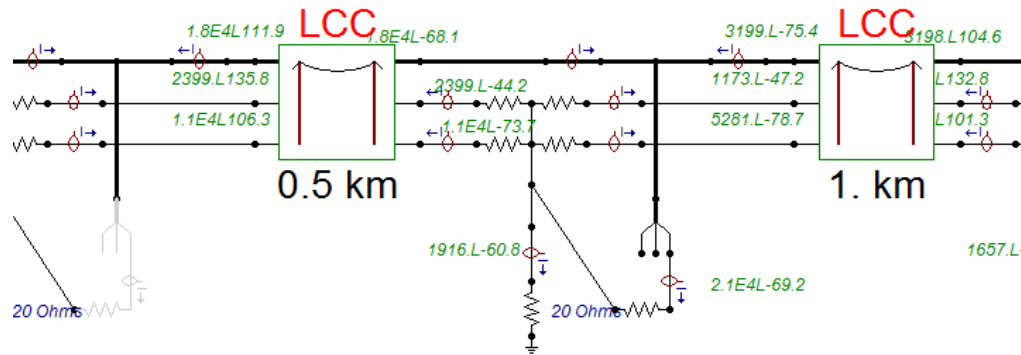
3/8"EAR + OPGW 13,4 mm



Curto localizado na troca a 21,5 km da SE



DETALHE A



DETALHE A

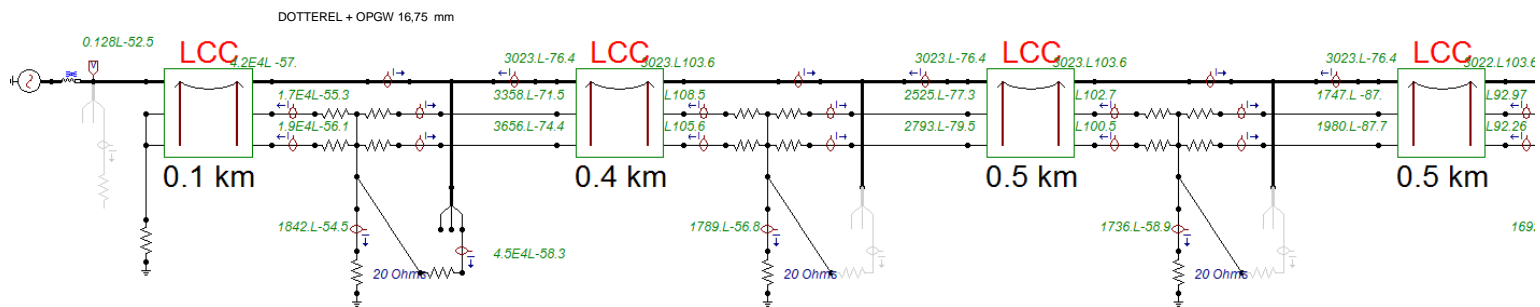
- D - DISTANCIA DO PONTO DE FALTA A SE 1 (KM)
- I - CORRENTE DE CC TOTAL (kA)
- I1 - CONTRIBUICAO DA SE JANAÚBA 3 (kA)
- I2 - CONTRIBUICAO DA SE PRESIDENTE JUSCELINO (kA)
- IE - CORRENTE QUE DESCE PELA ESTRUTURA ONDE HOUE O CURTO (kA) TERMINAIS APÓS DE 15KM
- IV1 - CORRENTE EM DIRECAO A SE JANAÚBA 3 NO CABO PARA-RAIOS V (kA) DOTTEREL AÇO 3/8 EAR
- IV2 - CORRENTE EM DIRECAO A SE PRESIDENTE 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 16,75 OPGW 13,4
- IW2 - CORRENTE EM DIRECAO A SE PRESIDENTE JUSCELINO NO CABO PARA-RAIOS W (KA) OPGW 16,75 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 16,75	0,1	44,93	30,22	3,02	1,84	16,92	19,49	3,35	3,65
	1,0	42,53	39,72	3,69	1,93	17,12	19,55	1,95	2,20
	21,0	20,95	18,44	2,53	1,97	5,41	6,44	1,33	5,99
ACO 3/8 + OPGW 13,4	21,5	20,60	18,17	2,53	1,94	2,39	10,94	1,05	4,76
	166,0	6,64	3,33	3,33	1,40	0,48	2,20	0,48	2,20
	310,5	20,60	2,53	18,17	1,94	1,05	4,76	2,39	10,94
DOTTEREL + OPGW 16,75	311,0	20,95	2,53	18,44	1,97	1,33	5,99	5,41	6,44
	331,0	42,53	3,69	39,72	1,93	1,95	2,20	17,12	19,55
	331,9	44,93	3,02	30,22	1,84	3,35	3,65	16,92	19,49

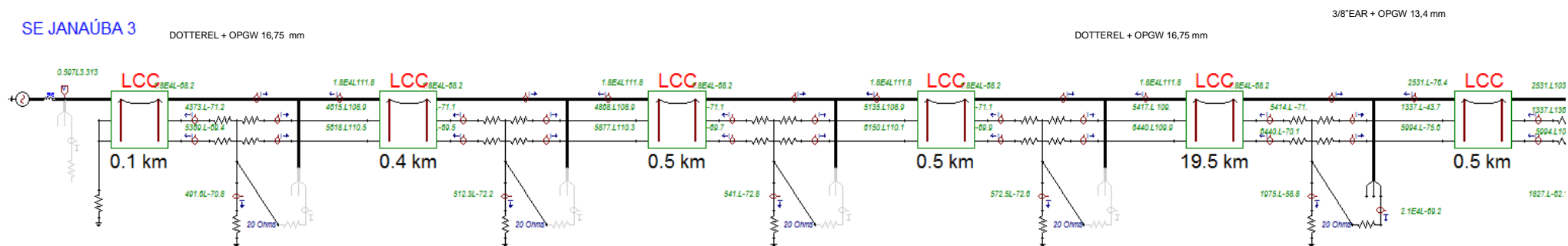
Curto na saída da SE

SE JANAÚBA 3

DOTTEREL + OPGW 16,75 mm

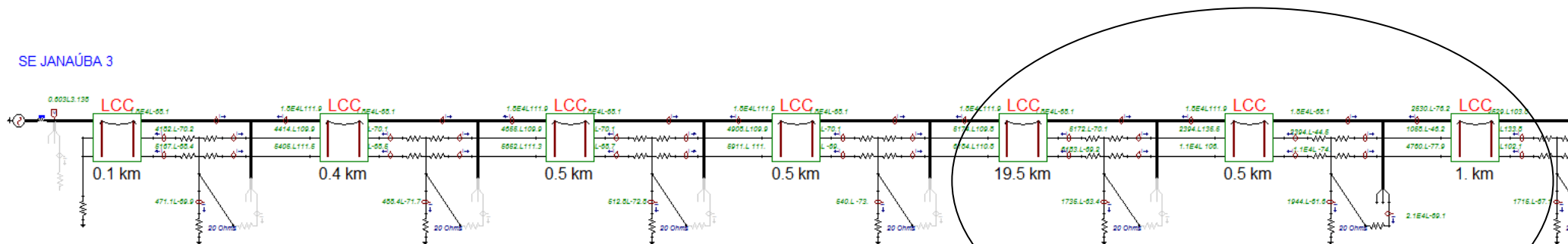


Curto localizado na troca a 21 km da SE

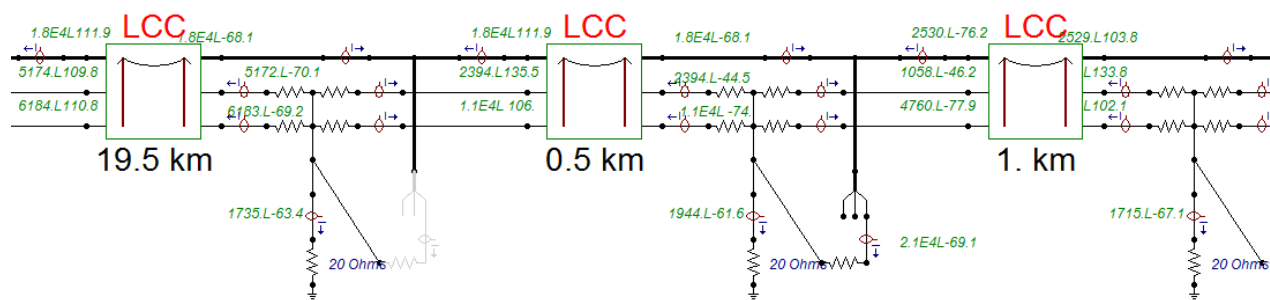


Curto localizado na troca a 21,5 km da SE

SE JANAÚBA 3

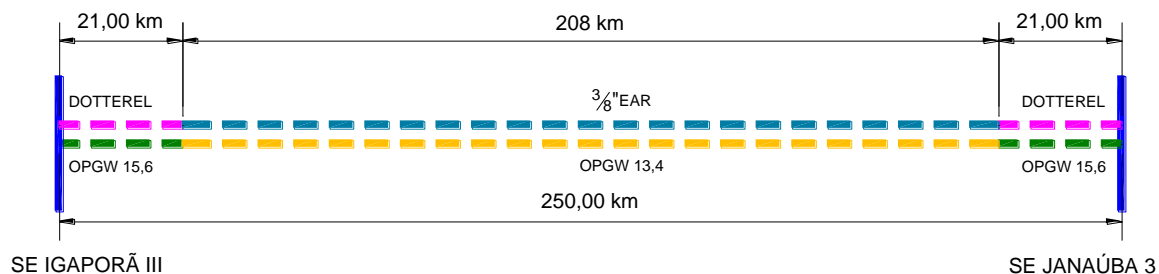


DETALHE B

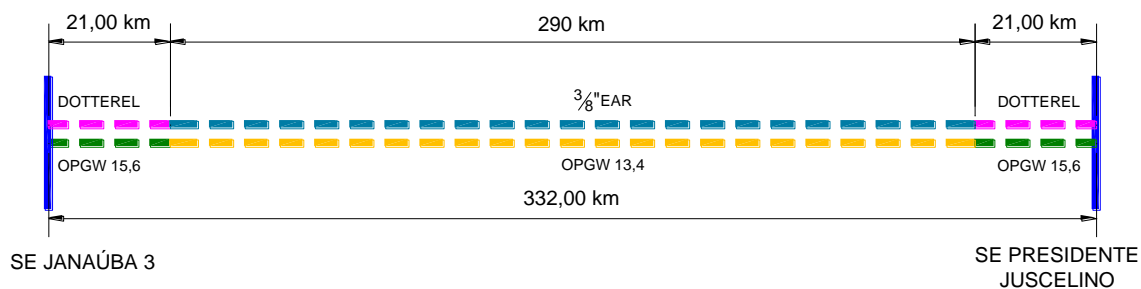


DETALHE B

ANEXO 4 – ESQUEMA DE TROCA DE PARA-RAIOS



LT 500 kV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1



LT 500 kV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C1

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:

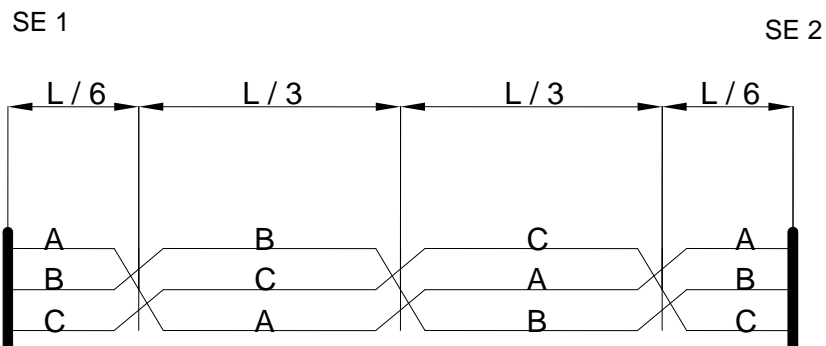
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3543 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE C1-PÁRA-RAIOS X =	0.0593 +J	0.3773 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE A1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +J	0.3990 ohms/km
IMPEDÂNCIA MÚTUA FASE B1-PÁRA-RAIOS Y =	0.0593 +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



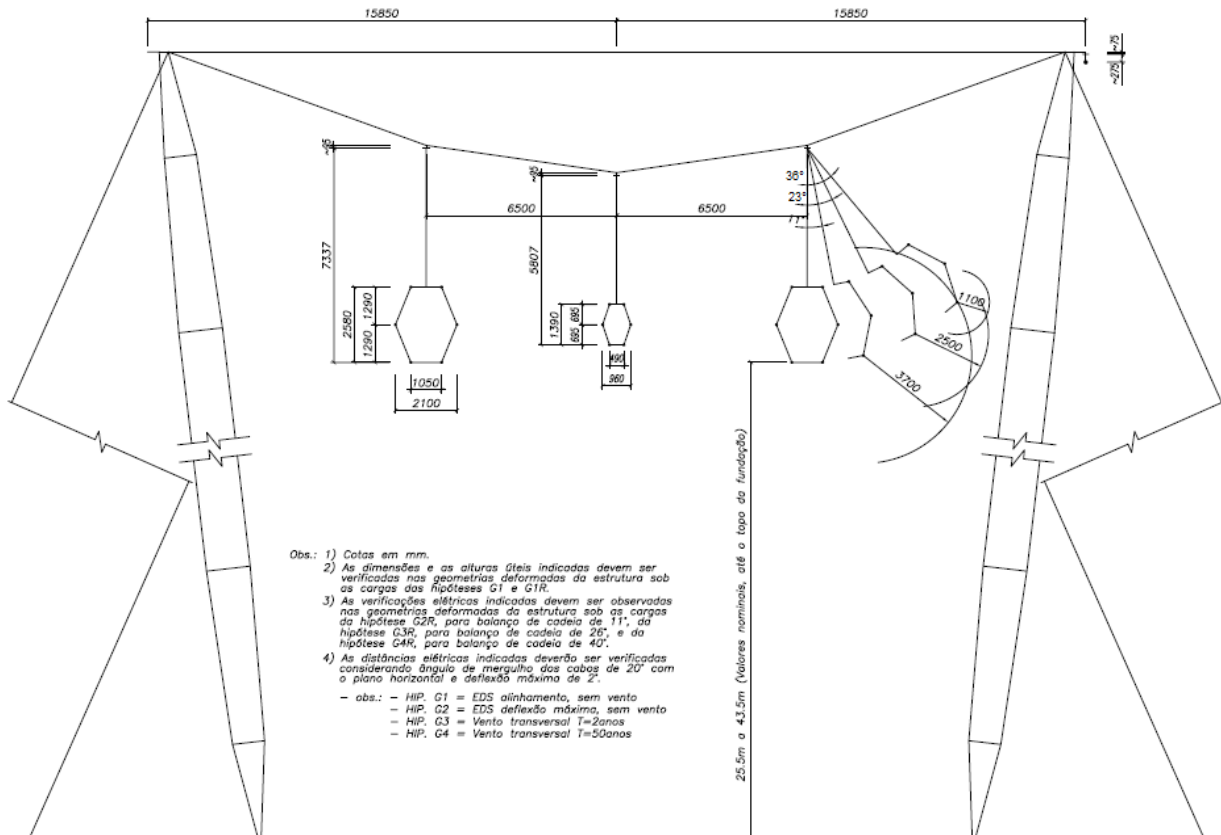
Notas:

- 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

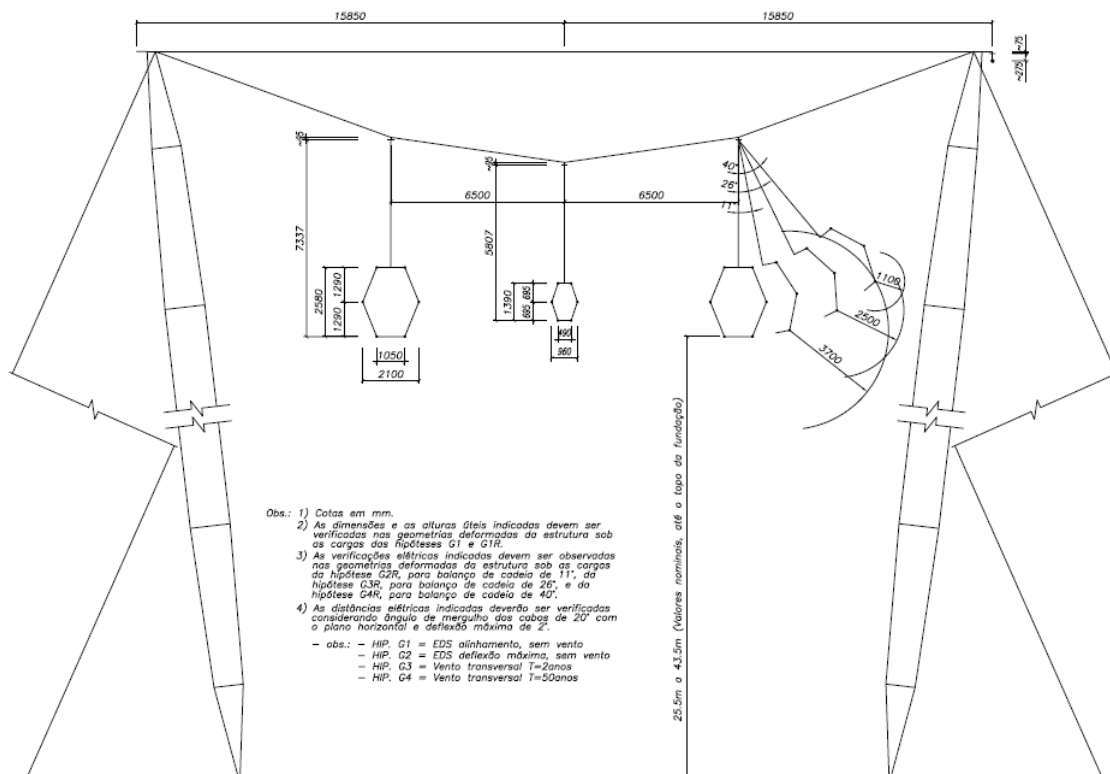
ESQUEMA TÍPICO DAS TRANSPOSIÇÕES

ANEXO 7 – DESENHO DAS ESTRUTURAS PREDOMINANTES V1CRL/V2CRL

- LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1 (Torre V1CRL)



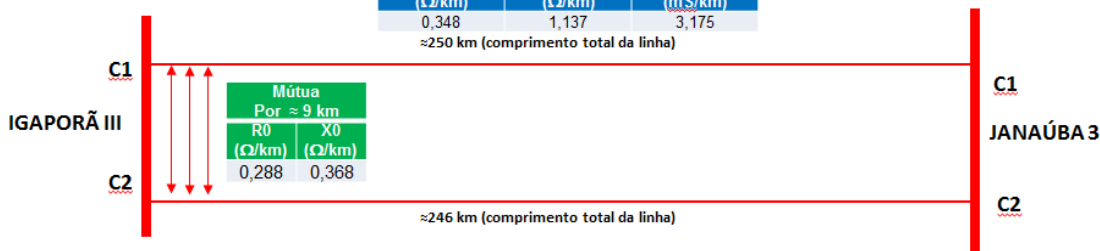
- LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1 (Torre V2CRL)



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

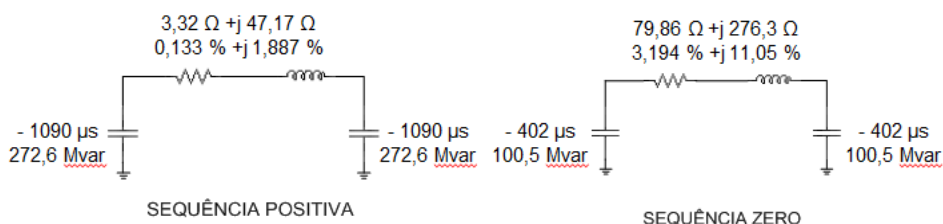


LEGENDA	
	SUBESTAÇÃO
	CIRCUITO SIMPLES
	TRECHO COM ACOPLAMENTO MÚTUO

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*)

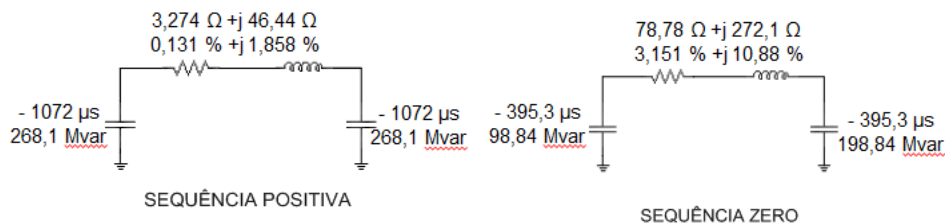
LT 500 KV IGAPORÃ III – JANAUBA 3 C1



SEQUÊNCIA POSITIVA

SEQUÊNCIA ZERO

LT 500 KV IGAPORÃ III – JANAUBA 3 C2

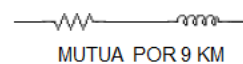


SEQUÊNCIA POSITIVA

SEQUÊNCIA ZERO

MÚTUAS

2,591 Ω + j 3,312 Ω
0,103 % + j 0,132 %



(*) Os parâmetros concentrados já consideram a correção hiperbólica