

Anexo 1.4-1 - Projeto Básico de Engenharia - DIGITAL

01	04/05/17	Revisado em função da adequação ao relatório de estruturas	AQ	JCS	
00	21/03/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado

EQUATORIAL TRANSMISSORA 4 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	21/03/17
TÍTULO					

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

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT4-L400-PB-ELM-0006-R01	1 de 65	01

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	CARACTERÍSTICAS DOS CABOS.....	3
3.	DADOS CLIMATOLÓGICOS	3
3.1.	Temperaturas	3
3.2.	Velocidades do Vento	3
3.3.	Pressões Decorrentes da Ação do Vento Extremo (T = 250 anos)	3
3.4.	Pressões Decorrentes da Ação do Vento Nominal (T = 50 anos).....	4
4.	CONDIÇÕES DE GOVERNO	4
5.	TABELAS DE FLECHAS E TRAÇÕES	8
6.	Critério de Proteção CONTRA VIBRAÇÃO EÓLICA	8
7.	REFERÊNCIAS.....	10
	Anexo 1 – flechas e trações	11
	Anexo 2 – Comparação das Flechas Condutor / Pára-raios	62
	Anexo 3 - Gráfico de Proteção contra Vibrações Eólicas.....	64
	Anexo 3A – Gráfico Geral para Avaliação de Necessidade de Amortecedores.....	65
	Anexo 3B – Gráfico Específico para os Cabos Condutor e Para-Raios.....	65

1. OBJETIVO

- 1.1 Definir as condições básicas de projeto a serem adotadas no cálculo mecânico dos condutores e para-raios da LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - 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 A partir das condições básicas de projeto determinar as condições de governo a serem utilizadas nos cálculos de trações e flechas dos condutores e para-raios, necessários para as várias fases dos projetos básico e executivo das LT em estudo.

2. CARACTERÍSTICAS DOS CABOS

- 2.1 O estudo para definição do condutor e para-raios consta da referência [1]. As principais características dos cabos selecionados, necessárias para seu cálculo mecânico, constam da referência (1).

3. DADOS CLIMATOLÓGICOS

3.1. Temperaturas

- LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1
 - a) Média [EDS] 22°C
 - b) Mínima absoluta 5°C
 - c) Média das mínimas inverno [coincidente com vento máximo] 17°C
- LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1
 - d) Média [EDS] 21°C
 - e) Mínima absoluta 4°C
 - f) Média das mínimas inverno [coincidente com vento máximo] 17°C

3.2. Velocidades do Vento

- LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1
 - a) Velocidade extrema [250 anos, 10 min, 10 m, cat. B] 25,00 m/s
 - b) Velocidade nominal [50 anos, 10 min, 10 m, cat. B] 22,22 m/s
- LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1
 - c) Velocidade extrema [250 anos, 10 min, 10 m, cat. B] 27,78 m/s
 - d) Velocidade nominal [50 anos, 10 min, 10 m, cat. B] 23,61 m/s

3.3. Pressões Decorrentes da Ação do Vento Extremo (T = 250 anos)

- LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1
 - a) Condutores 70 kgf/m²
 - b) Para-raios 75 kgf/m²

- LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1
- c) Condutores 87 kgf/m²
- d) Para-raios 93 kgf/m²

3.4. Pressões Decorrentes da Ação do Vento Nominal (T = 50 anos)

- LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1
- a) Condutores 56 kgf/m²
- b) Para-raios 60 kgf/m²
- LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1
- c) Condutores 63 kgf/m²
- d) Para-raios 67 kgf/m²

4. CONDIÇÕES DE GOVERNO

- 4.1 As condições básicas de projeto selecionadas para os cabos visam limitar as trações que atuam sobre os mesmos a valores que garantam sua integridade mecânica durante toda a vida útil prevista para a linha de transmissão.
- 4.2 Os limites adotados devem levar em consideração tanto as cargas resultantes da ação dos ventos de projeto como também as deformações que podem ser produzidas nos cabos por vibrações induzidas por ventos uniformes de baixa intensidade.
- 4.3 São indicados a seguir os limites para as trações nos cabos, especificados pela a ANEEL:
- a) Sob ação do vento extremo (T = 250 anos), a tração axial deve ser inferior ou no máximo igual a 70% da carga de ruptura do cabo.
 - b) Sob ação do vento nominal (T = 50 anos), a tração axial deve ser inferior ou no máximo igual a 50% da carga de ruptura do cabo.
 - c) Na condição de temperatura mínima, a tração axial deve ser inferior ou no máximo igual a 33% da carga de ruptura do cabo.
- 4.4 Respeitados os limites estabelecidos no item 4.3, as trações de projeto para os cabos para-raios serão definidas de modo que, na condição (EDS – Every day Stress – item 3.1), sem vento, final, suas flechas sejam aproximadamente iguais e limitadas a 90% das flechas correspondentes dos condutores.
- 4.5 Nos trechos de paralelismo entre as LT's 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1 (lote 14) e C2 (Lote 15) serão adotados períodos de retorno de 500 anos. O estudo mecânico a ser aplicado nos trecho paralelos consta do relatório RE-EQT4-L401-PB-ELM-0024-R00 - RELATORIOS DE CONFIABILIDADE TRECHO PARALELISMO.
- 4.6 Em função do exposto nos itens anteriores estão sendo adotadas as seguintes trações limites para os cabos selecionados:

Condições de Governo	Trações Limites				
	AAAC 838 kcmil	Dotterel	3/8 EAR	OPGW 15,6	OPGW 13,4
70% CR : Final, Vento extremo; Tração suporte (Pressão de Vento ver Item 3.3)	6629 kgf	5499 kgf	4889 kgf	8836 kgf	6633kgf
50% CR : Vento nominal; Tração suporte (Pressão de Vento ver Item 3.3)	4735 kgf	3928 kgf	3492 kgf	6311 kgf	4738 kgf
Partida: final , Sem Vento EDS, Tração horizontal	1894,2 kgf (20%)	1180 kgf (15,02%)	731 kgf (10,47%)	1436 kgf (11,38%)	1225 kgf (12,93%)
33 % CR Tração Inicial, Sem Vento, Tração suporte	3125 kgf	2592 kgf	2305 kgf	4165 kgf	3127 kgf

4.7 Abaixo segue o resumo dos resultados obtidos no programa de flechas e trações conforme anexo 1:

- LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

AAAC 838	trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
	Final, Vento extremo	3216	3352	3441	3506	3559	3605	3648
	Inicial, Sem Vento	2490	2242	2127	2070	2042	2030	2028
	final , Sem Vento, EDS	1894,2	1894,2	1894,2	1894,2	1894,2	1894,2	1894,2
CAA DOTTEREL	trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
	Final, Vento extremo	2024	2141	2221	2278	2323	2359	2392
	Inicial, Sem Vento	1372	1301	1266	1249	1241	1239	1240
	final , Sem Vento, EDS	1180	1180	1180	1180	1180	1180	1180
3/8 EAR	trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
	Final, Vento extremo	1218	1288	13434	1368	1395	1416	1435
	Inicial, Sem Vento	783	766	758	756	756	757	760
	final , Sem Vento, EDS	731	731	731	731	731	731	731

OPGW 15,6	trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
	Final, Vento extremo	2231	2337	2407	2460	2500	2534	2565
	Inicial, Sem Vento	1592	1536	1510	1498	1494	1495	1499
	final , Sem Vento, EDS	1436	1436	1436	1436	1436	1436	1436
OPGW 13,4	trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
	Final, Vento extremo	1892	1988	2052	2099	2136	2167	2194
	Inicial, Sem Vento	1340	1302	1283	1275	1272	1274	1278
	final , Sem Vento, EDS	1225	1225	1225	1225	1225	1225	1225

- LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

AAAC 838	trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
	Final, Vento extremo	3628	3832	3968	4066	4144	4209	4269
	Inicial, Sem Vento	2490	2242	2127	2070	2042	2030	2028
	final , Sem Vento, EDS	1894,2	1894,2	1894,2	1894,2	1894,2	1894,2	1894,2
CAA DOTTEREL	trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
	Final, Vento extremo	2278	2443	2558	2642	2706	2759	2804
	Inicial, Sem Vento	1372	1301	1266	1249	1241	1239	1240
	final , Sem Vento, EDS	1180	1180	1180	1180	1180	1180	1180
3/8 EAR	trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
	Final, Vento extremo	1370	1467	1534	1583	1621	1652	1678
	Inicial, Sem Vento	783	766	758	756	756	757	760
	final , Sem Vento, EDS	731	731	731	731	731	731	731

	trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
OPGW 15,6	Final, Vento extremo	2486	2640	2744	2820	2879	2927	2969
	Inicial, Sem Vento	1592	1536	1510	1498	1494	1495	1499
	final , Sem Vento, EDS	1436	1436	1436	1436	1436	1436	1436
	trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
OPGW 13,4	Final, Vento extremo	2107	2243	2337	2405	2458	2502	2539
	Inicial, Sem Vento	1340	1302	1283	1275	1272	1274	1278
	final , Sem Vento, EDS	1225	1225	1225	1225	1225	1225	1225

4.6 Estão sendo verificadas nas tabelas abaixo para vãos isolados entre 300 m e 900 m, se as trações de projeto obedecem aos limites estabelecidos no item 4.3.

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

Carregamento	Tração Correspondente em kgf (1)(5)				
	AAAC 838	DOTTEREL	3/8" EAR	OPGW 15,6	OPGW 13,4
70 kgf/m ² , 17°C, final (2)	3648 (38,52%)				
76 kgf/m ² , 17°C, final (2)		2392 (30,44%)	1435 (20,55%)	2565 (20,32%)	2194 (23,15%)
s/vento, 5°C, inicial (2)	2490 (26,29%)	1372 (17,46%)	783 (11,21%)	1592 (12,61%)	1340 (14,14%)
s/vento, 22°C, final (3)	1894,2 (20,00%)	1180 (15,02%)	731 (10,47%)	1436 (11,38%)	1225 (12,93%)

(1) O valor entre parênteses indica o percentual da carga de ruptura do cabo.

(2) Trações no suporte.

(3) Tração horizontal

(5) A tração para a condição de vento extremo (T = 250 anos) está sendo limitada a 50% para o cabo condutor e para-raios Dotterel e 40% para os demais cabos para-raios, tornando desnecessária a verificação para a condição de vento nominal (T = 50 anos).

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

Carregamento	Tração Correspondente em kgf (1)(5)				
	AAAC 838	DOTTEREL	3/8" EAR	OPGW 15,6	OPGW 13,4
87 kgf/m ² , 17°C, final (2)	4269 (45,07%)				
93 kgf/m ² , 17°C, final (2)		2804 (35,69%)	1678 (24,03%)	2969 (23,52%)	2539 (26,79%)
s/vento, 4°C, inicial (2)	2490 (26,29%)	1372 (17,46%)	783 (11,21%)	1592 (12,61%)	1340 (14,14%)
s/vento, 21°C, final (3)	1894,2 (20,00%)	1180 (15,02%)	731 (10,47%)	1436 (11,38%)	1225 (12,93%)

(1) O valor entre parênteses indica o percentual da carga de ruptura do cabo.

(2) Trações no suporte.

(3) Tração horizontal

(5) A tração para a condição de vento extremo (T = 250 anos) está sendo limitada a 50% para o cabo condutor e para-raios Dotterel e 40% para os demais cabos para-raios, tornando desnecessária a verificação para a condição de vento nominal (T = 50 anos).

5. TABELAS DE FLECHAS E TRAÇÕES

5.1. A partir das condições de projeto constantes do item 4.6 anterior e dos critérios de vibração do item 6 (ver também Anexo 3) foram calculadas as flechas e trações para cada cabo, de acordo com as trações de partida apresentadas nas tabelas abaixo, extraídas do item 4.6 anterior.

Temper. Média (°C)	Trações de partida dos cabos (final, sem vento, temperatura média)				
	AAAC 838	DOTTEREL	3/8" EAR	OPGW 15,6	OPGW 13,4
22/21	1894,2 (20,00%)	1180 (15,02%)	731 (10,47%)	1436 (11,38%)	1225 (12,93%)

5.2 Os cálculos das flechas e trações foram realizados fazendo uso do programa de computador FLETRA. Os relatórios de saída do programa FLETRA constam do Anexo 1

5.3 Os cálculos foram executados para uma faixa de vãos variando de 300 m a 900 m, a qual deve cobrir a quase totalidade dos vãos esperados para a LT em estudo. No decorrer do projeto executivo, vãos básicos ou isolados que venham a estar situados fora dessa faixa serão objeto de estudo específico, respeitado o disposto no capítulo 4.

5.4 O exame dos relatórios de saída permite constatar que, partindo da tração de governo, sem vento, final, as demais condições de projeto são respeitadas, para o intervalo de vãos considerado (300 a 900 metros).

5.5 São comparadas no Anexo 2 as flechas do condutor e dos cabos para-raios para a condição de governo EDS, sem vento, final. A relação entre as flechas dos cabos para-raios e dos condutores atende o especificado no item 4.4, validando as condições de governo selecionadas.

6. CRITÉRIO DE PROTEÇÃO CONTRA VIBRAÇÃO EÓLICA

6.1 O procedimento usual de projeto consiste, portanto, em apoiar-se em resultados publicados sobre o desempenho de linhas existentes e aplicar as recomendações extraídas do comportamento dessa LT ao projeto em estudo.

6.2 No caso presente estão sendo adotadas as recomendações da Brochura 273 [5] no caso presente ou então sendo adotadas as recomendações Grupo de Trabalho CIGRE 22.11 publicadas na revista ELECTRA [4].

6.3 Como critério de avaliação da necessidade de proteção contra vibração eólica a referência citada utiliza parâmetros que levam em conta a tração atuando no cabo, sua massa unitária, a extensão do vão e o efeito da rugosidade do terreno atravessado sobre a turbulência do vento.

6.4 A análise das considerações teóricas sobre o fenômeno vibratório combinada com a experiência de campo acumulada ao longo das últimas décadas levaram o referido grupo de trabalho [4] a propor o gráfico apresentado na Figura do Anexo 3A, composto basicamente, por três áreas:

- área situada à esquerda das retas verticais aplicáveis a cada tipo de terreno, para a qual não é necessário o uso de amortecedores;
- área interna, à direita das retas verticais, abaixo da linha horizontal e à esquerda das curvas aplicáveis a cada tipo de terreno na qual os cabos podem ser seguramente protegidos pelo simples uso de amortecedores nas extremidades dos vãos;
- área situada acima do limite horizontal do gráfico e à direita das curvas aplicáveis a

cada tipo de terreno, na qual os cabos necessitam de proteções reforçadas, ou seja, maior número de amortecedores nas extremidades dos vãos e uso de armaduras pré-formadas ou grampos de suspensão tipo AGS (armor grip suspension).

6.5. Os efeitos da vibração eólica são examinados a seguir para todos os cabos a serem utilizados na LT [5] para a pior condição com temperatura mínima de 4°C. São indicadas abaixo as características físicas desses cabos:

	AAAC 838	DOTTEREL	3/8" EAR	OPGW15,6	OPGW 13,4
D	0,02678 m	0,01542 m	0,00914 m	0,0156 m	0,0134 m
m	1,172kg/m	0,657 kg/m	0,407 kg/m	0,800 kg/m	0,682kg/m
p	1,172kg/m	0,657 kgf/m	0,407 kgf/m	0,800 kgf/m	0,682kgf/m

6.6 A seguir, os valores dos parâmetros (LD/m) e (H/p) para vãos de 300 a 900m:

AAAC 838	300	400	500	600	700	800	900
H (kgf)	2.484	2.229	2.106	2.040	2.001	1.975	1.958
LD/m (m3/kg)	6,85	9,14	11,42	13,71	15,99	18,28	20,56
H/p (m)	2.119	1.902	1.797	1.741	1.707	1.685	1.671
DOTTEREL	300	400	500	600	700	800	900
H (kgf)	1.369	1.295	1.256	1.233	1.220	1.210	1.204
LD/m (m3/kg)	7,04	9,39	11,74	14,08	16,43	18,78	21,12
H/p (m)	2.084	1.971	1.912	1.877	1.857	1.842	1.833
3/8 EAR	300	400	500	600	700	800	900
H (kgf)	781	762	752	746	742	739	738
LD/m (m3/kg)	6,74	8,98	11,23	13,47	15,72	17,97	20,21
H/p (m)	1.919	1.872	1.848	1.833	1.823	1.816	1.813
OPGW 15,6	300	400	500	600	700	800	900
H (kgf)	1.588	1.528	1.497	1.479	1.468	1.461	1.456
LD/m (m3/kg)	5,85	7,80	9,75	11,70	13,65	15,60	17,55
H/p (m)	1.985	1.910	1.871	1.849	1.835	1.826	1.820
OPGW 13,4	300	400	500	600	700	800	900
H (kgf)	1.336	1.294	1.272	1.258	1.250	1.244	1.240
LD/m (m3/kg)	5,89	7,86	9,82	11,79	13,75	15,72	17,68
H/p (m)	1.959	1.897	1.865	1.845	1.833	1.824	1.818

6.7 Plotando os valores acima utilizando os mesmos eixos da figura do anexo 3A, obtém-se as curvas mostradas na figura do anexo 3B a qual inclui também a curva limite correspondente ao terreno tipo 2 (aberto, plano, sem obstruções). A análise da figura do anexo 3B permite concluir:

- cabo condutor AAAC 838 – Vãos até 600 m caem na área em que o uso de amortecedores nas extremidades dos vãos é proteção suficiente.

- b) cabos para-raios CAA Dotterel– Vãos até 600 m caem na área em que o uso de amortecedores nas extremidades dos vãos é proteção suficiente.
 - c) cabos para - raios 3/8”– Vãos até 600 m caem na área em que o uso de amortecedores nas extremidades dos vãos é proteção suficiente.
 - d) cabos para - raios OPGW 15,6 – Vãos até 700 m caem na área em que o uso de amortecedores nas extremidades dos vãos é proteção suficiente.
 - e) cabos para - raios OPGW 13,4 – Vãos até 700 m caem na área em que o uso de amortecedores nas extremidades dos vãos é proteção suficiente.
- 6.8 Quando utilizados em vãos superiores ao limite indicado no item 6.7 anterior, os cabos condutores e os para-raios 3/8”, Dotterel, OPGW15,6 e OPGW 13,4 devem receber proteção reforçada, a qual pode ser obtida pelo uso de uma quantidade maior de amortecedores em ambas as extremidades dos vãos.
- 6.8 Adicionalmente os cabos para-raios 3/8” e Dotterel deverão ser protegidos por armaduras pré-formadas.
- 6.9 Travessias de grandes rios e outros vãos longos que, pelas características do terreno atravessado, possam favorecer a ação de ventos uniformes com baixo nível de turbulência, devem receber sistema de amortecimento reforçado, conforme orientação do projetista da LT.
- 6.10 No decorrer do projeto executivo, após serem determinadas por ensaios de tipo [6] as características de amortecimento dos materiais efetivamente comprados, a quantidade de amortecedores por vão deverá ser reavaliada e aumentada, caso necessário, visando reduzir as amplitudes de vibração a níveis suficientemente baixos para garantir a integridade dos cabos ao longo de toda a vida útil da LT.

7. REFERÊNCIAS

- 1 Relatório RE-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
- 2 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
- 3 Relatório RE-EQT4-L400-PB-ELM-0004 VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO , preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1
- 4 ELECTRA N° 198, outubro, 2001 – Safe design tension with respect to aeolian vibrations. Part 2: damped single conductors.
- 5 Brochura 273- Overhead conductor safe design tension with respect to aeolian vibrations
- 6 Relatório RE-EQT4-L400-PB-ELM-0010 ISOLADORES E FERRAGENS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1

ANEXO 1 – FLECHAS E TRAÇÕES

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

1894,2 kgf, a 22°C, sem vento, final

70 kgf/m²

F L E T R A

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 15/ 3/2017

PÁGINA 1

PROJETO: PROJETO BASICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

CABO: AAAC 1120 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE
diâmetro = 26.78 mm coef. dilat.i =0.00002300 oC-1
área secção = 425.16 mm² coef. dilat.f =0.00002300 oC-1
peso linear = 1.1720 kgf/m mód. elast. i = 4829. kgf/mm²
carga rupt. = 9471. kgf mód. elast. f = 6526. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC

Pressão = 70.00 kgf/m²

Carga = 2.2108 kgf/m

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC

Pressão = 0.00 kgf/m²

Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf

Comprimento = 0.00 m

Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC

Pressão = 0.00 kgf/m²

Carga = 0.00 kgf

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC

Pressão = 0.00 kgf/m²

Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

1894,2 kgf, a 22°C, sem vento, final

70 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 2

 PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

 CABO: AAAC 1120 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

 PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 5.31 5.31	2483.9 2487.0 2490.1
	22.	0.00 6.04 6.04	2184.0 2187.5 2191.1
	55.	0.00 7.44 7.44	1772.9 1777.3 1781.6
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00 7.28 7.28	3420.1 3428.1 3436.1
FINAIS	5.	0.00 6.18 6.18	2134.3 2137.9 2141.5
	10.	0.00 6.41 6.41	2056.6 2060.3 2064.1
	17.	0.00 6.74 6.74	1958.1 1962.0 1966.0
	22.	0.00 6.97 6.97	1894.3 1898.3 1902.4
	55.	0.00 8.39 8.39	1573.9 1578.8 1583.7
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00 7.78 7.78	3199.1 3207.6 3216.2

VÃO = 400.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 10.52 10.52	2229.4 2235.6 2241.7
	22.	0.00 11.38 11.38	2062.6 2069.3 2075.9
	55.	0.00 12.96 12.96	1811.8 1819.3 1826.9
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00 12.79 12.79	3461.6 3475.7 3489.8
FINAIS	5.	0.00 11.53 11.53	2035.0 2041.7 2048.4
	10.	0.00 11.79 11.79	1990.8 1997.7 2004.5
	17.	0.00 12.14 12.14	1932.9 1940.0 1947.1
	22.	0.00 12.39 12.39	1894.3 1901.5 1908.7
	55.	0.00 13.95 13.96	1682.4 1690.5 1698.6
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00 13.33 13.33	3322.3 3336.9 3351.6

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

1894,2 kgf, a 22°C, sem vento, final

70 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 3

 PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

 CABO: AAAC 1120 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

 PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 17.42 17.42	2106.3 2116.4 2126.6
	22.	0.00 18.32 18.32	2003.0 2013.7 2024.3
	55.	0.00 19.99 19.99	1836.0 1847.6 1859.2
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00 19.83 19.83	3491.3 3513.0 3534.7
FINAIS	5.	0.00 18.48 18.48	1985.6 1996.4 2007.1
	10.	0.00 18.74 18.75	1957.5 1968.4 1979.3
	17.	0.00 19.11 19.11	1919.9 1931.0 1942.1
	22.	0.00 19.37 19.37	1894.2 1905.5 1916.8
	55.	0.00 21.03 21.03	1745.9 1758.1 1770.3
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00 20.39 20.39	3396.0 3418.4 3440.7

VÃO = 510.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 18.19 18.19	2097.8 2108.4 2119.0
	22.	0.00 19.10 19.10	1998.8 2009.9 2021.0
	55.	0.00 20.78 20.78	1837.8 1849.9 1862.0
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00 20.62 20.62	3493.7 3516.3 3538.9
FINAIS	5.	0.00 19.26 19.26	1982.2 1993.4 2004.6
	10.	0.00 19.53 19.53	1955.1 1966.5 1977.9
	17.	0.00 19.90 19.90	1919.0 1930.5 1942.1
	22.	0.00 20.16 20.16	1894.2 1905.9 1917.7
	55.	0.00 21.82 21.82	1750.7 1763.4 1776.0
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00 21.18 21.18	3401.7 3424.9 3448.1

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

1894,2 kgf, a 22°C, sem vento, final

70 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 4

 PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

 CABO: AAAC 1120 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

 PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 25.92 25.92	2040.0 2055.0 2070.1
	22.	0.00 26.84 26.84	1970.0 1985.6 2001.2
	55.	0.00 28.57 28.57	1851.3 1867.9 1884.4
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00 28.42 28.42	3511.5 3542.6 3573.6
FINAIS	5.	0.00 27.01 27.01	1958.2 1973.8 1989.5
	10.	0.00 27.28 27.28	1938.7 1954.5 1970.4
	17.	0.00 27.66 27.66	1912.4 1928.4 1944.5
	22.	0.00 27.92 27.92	1894.2 1910.4 1926.6
	55.	0.00 29.63 29.63	1785.4 1802.6 1819.7
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00 28.99 28.99	3442.6 3474.2 3505.9

VÃO = 700.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 36.01 36.01	2000.5 2021.4 2042.2
	22.	0.00 36.95 36.95	1950.0 1971.4 1992.7
	55.	0.00 38.72 38.72	1861.5 1883.9 1906.2
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00 38.56 38.56	3525.5 3567.4 3609.4
FINAIS	5.	0.00 37.11 37.11	1941.4 1962.8 1984.3
	10.	0.00 37.39 37.39	1927.2 1948.8 1970.3
	17.	0.00 37.77 37.77	1907.7 1929.5 1951.3
	22.	0.00 38.04 38.05	1894.2 1916.2 1938.1
	55.	0.00 39.80 39.80	1811.4 1834.3 1857.2
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00 39.15 39.15	3473.4 3516.0 3558.6

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

1894,2 kgf, a 22°C, sem vento, final

70 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 5

 PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

 CABO: AAAC 1120 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

 PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 47.69 47.69	1975.2 2002.7 2030.1
	22.	0.00 48.64 48.64	1937.0 1965.0 1992.9
	55.	0.00 50.44 50.44	1868.6 1897.5 1926.5
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00 50.29 50.29	3535.3 3589.8 3644.3
FINAIS	5.	0.00 48.81 48.81	1930.4 1958.5 1986.5
	10.	0.00 49.09 49.09	1919.6 1947.8 1976.0
	17.	0.00 49.48 49.48	1904.7 1933.1 1961.5
	22.	0.00 49.75 49.75	1894.2 1922.8 1951.4
	55.	0.00 51.54 51.54	1829.2 1858.8 1888.3
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00 50.88 50.88	3494.7 3549.8 3604.8

VÃO = 900.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 60.97 60.97	1958.0 1992.9 2027.8
	22.	0.00 61.93 61.93	1928.1 1963.5 1998.9
	55.	0.00 63.75 63.75	1873.6 1910.0 1946.4
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00 63.60 63.60	3542.5 3611.1 3679.6
FINAIS	5.	0.00 62.10 62.10	1922.9 1958.4 1993.9
	10.	0.00 62.38 62.38	1914.3 1950.0 1985.7
	17.	0.00 62.77 62.77	1902.5 1938.4 1974.3
	22.	0.00 63.05 63.05	1894.2 1930.2 1966.3
	55.	0.00 64.86 64.87	1841.9 1878.9 1916.0
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00 64.20 64.20	3509.9 3579.1 3648.2

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

DOTTEREL, 12/7

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

75 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE
diâmetro = 15.42 mm coef. dilat.i =0.00001480 oC-1
área secção = 141.89 mm² coef. dilat.f =0.00001530 oC-1
peso linear = 0.6570 kg/m mód. elast. i = 9773. kgf/mm²
carga rupt. = 7857. kgf mód. elast. f = 10687. kgf/mm²

PARÂMETROS TENSÃO-DEFORMAÇÃO [psi]:

AO = 0.21700E-02 AM = 0.00000E+00 (6 meses)
A1 = 0.70500E-05 AA = 0.00000E+00 (1 ano)
A2 =-0.32100E-10 AF = 0.11960E+06 (10 anos)
A3 = 0.11400E-15

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 75.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 1.3301 kgf/m	Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
Comprimento = 0.00 m
Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 0.00 kgf	Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO CALCULADOS!

PERÍODO: 10 ANOS

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

DOTTEREL, 12/7

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 2

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

 CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

 PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 °C - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 11.68 °C 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [°C]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 5.40 5.40	1368.9 1370.7 1372.4
	22.	0.00 5.90 5.90	1252.6 1254.6 1256.5
	40.	0.00 6.43 6.43	1149.9 1152.0 1154.2
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 7.23 7.23	2070.4 2075.2 2080.0
FINAIS	5.	0.00 5.74 5.74	1289.0 1290.9 1292.7
	10.	0.00 5.89 5.89	1254.7 1256.6 1258.6
	17.	0.00 6.11 6.11	1209.9 1211.9 1213.9
	22.	0.00 6.27 6.27	1180.0 1182.1 1184.1
	40.	0.00 6.82 6.82	1084.9 1087.1 1089.4
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 7.44 7.44	2013.8 2018.7 2023.6

VÃO = 400.00 m CREEP = 11.64 °C 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [°C]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 10.16 10.16	1294.7 1298.1 1301.4
	22.	0.00 10.74 10.74	1224.8 1228.4 1231.9
	40.	0.00 11.34 11.34	1160.2 1163.9 1167.6
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 12.31 12.31	2163.0 2171.1 2179.3
FINAIS	5.	0.00 10.55 10.55	1247.0 1250.4 1253.9
	10.	0.00 10.73 10.73	1226.3 1229.8 1233.3
	17.	0.00 10.97 10.97	1198.8 1202.3 1205.9
	22.	0.00 11.15 11.15	1180.0 1183.6 1187.3
	40.	0.00 11.76 11.76	1118.2 1122.0 1125.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 12.54 12.54	2124.4 2132.7 2141.0

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

DOTTEREL, 12/7

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 3

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

 CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

 PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 °C - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 11.63 °C 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [°C]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 16.37 16.37	1255.6 1261.0 1266.3
	22.	0.00 16.99 16.99	1210.0 1215.6 1221.1
	40.	0.00 17.63 17.63	1166.2 1172.0 1177.7
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 18.73 18.73	2223.3 2235.6 2248.0
FINAIS	5.	0.00 16.79 16.79	1224.6 1230.1 1235.6
	10.	0.00 16.98 16.98	1211.0 1216.6 1222.1
	17.	0.00 17.24 17.24	1192.7 1198.3 1203.9
	22.	0.00 17.43 17.43	1180.0 1185.7 1191.4
	40.	0.00 18.08 18.09	1137.2 1143.1 1149.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 18.97 18.97	2195.5 2208.0 2220.5

VÃO = 510.00 m CREEP = 11.63 °C 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [°C]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 17.08 17.08	1252.8 1258.4 1264.0
	22.	0.00 17.70 17.70	1209.0 1214.7 1220.5
	40.	0.00 18.34 18.34	1166.7 1172.7 1178.6
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 19.45 19.45	2228.1 2240.9 2253.7
FINAIS	5.	0.00 17.49 17.49	1223.0 1228.7 1234.4
	10.	0.00 17.68 17.68	1209.9 1215.7 1221.5
	17.	0.00 17.95 17.95	1192.2 1198.1 1203.9
	22.	0.00 18.13 18.13	1180.0 1185.9 1191.8
	40.	0.00 18.79 18.79	1138.7 1144.8 1150.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 19.68 19.68	2201.2 2214.2 2227.2

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

DOTTEREL, 12/7

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 4

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

 CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

 PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 11.63 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 24.02 24.02	1233.3 1241.1 1249.0
	22.	0.00 24.66 24.66	1201.4 1209.4 1217.5
	40.	0.00 25.33 25.33	1170.0 1178.2 1186.5
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 26.51 26.51	2263.6 2281.1 2298.5
FINAIS	5.	0.00 24.45 24.45	1211.6 1219.6 1227.6
	10.	0.00 24.65 24.65	1202.1 1210.1 1218.1
	17.	0.00 24.92 24.92	1189.1 1197.2 1205.3
	22.	0.00 25.11 25.11	1180.0 1188.2 1196.3
	40.	0.00 25.80 25.80	1148.9 1157.3 1165.7
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 26.76 26.76	2242.8 2260.4 2278.0

VÃO = 700.00 m CREEP = 11.64 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 33.10 33.10	1219.5 1230.2 1241.0
	22.	0.00 33.75 33.75	1196.0 1206.9 1217.9
	40.	0.00 34.43 34.43	1172.4 1183.6 1194.8
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 35.67 35.68	2291.5 2314.9 2338.3
FINAIS	5.	0.00 33.54 33.54	1203.5 1214.4 1225.3
	10.	0.00 33.74 33.74	1196.5 1207.4 1218.4
	17.	0.00 34.01 34.01	1186.8 1197.8 1208.9
	22.	0.00 34.21 34.21	1180.0 1191.1 1202.2
	40.	0.00 34.91 34.91	1156.4 1167.8 1179.1
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 35.93 35.93	2275.4 2298.9 2322.5

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

DOTTEREL, 12/7

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 5

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

 CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

 PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 11.66 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 43.59 43.59	1210.4 1224.5 1238.6
	22.	0.00 44.26 44.26	1192.4 1206.7 1221.0
	40.	0.00 44.95 44.95	1174.1 1188.6 1203.2
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 46.24 46.24	2311.3 2341.5 2371.7
FINAIS	5.	0.00 44.04 44.04	1198.2 1212.4 1226.7
	10.	0.00 44.24 44.25	1192.7 1207.0 1221.4
	17.	0.00 44.53 44.53	1185.3 1199.7 1214.0
	22.	0.00 44.73 44.73	1180.0 1194.5 1208.9
	40.	0.00 45.44 45.44	1161.6 1176.3 1190.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 46.50 46.50	2298.5 2328.9 2359.3

VÃO = 900.00 m CREEP = 11.68 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 55.52 55.52	1204.1 1222.0 1239.9
	22.	0.00 56.19 56.19	1189.9 1208.0 1226.1
	40.	0.00 56.90 56.90	1175.3 1193.6 1211.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 58.22 58.22	2325.8 2363.7 2401.6
FINAIS	5.	0.00 55.98 55.98	1194.5 1212.5 1230.5
	10.	0.00 56.18 56.18	1190.1 1208.2 1226.3
	17.	0.00 56.47 56.47	1184.2 1202.4 1220.5
	22.	0.00 56.67 56.67	1180.0 1198.2 1216.5
	40.	0.00 57.39 57.40	1165.2 1183.7 1202.2
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 58.49 58.49	2315.4 2353.5 2391.5

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE
diâmetro = 9.14 mm coef. dilat.i = 0.00001152 oC-1
área secção = 51.08 mm² coef. dilat.f = 0.00001152 oC-1
peso linear = 0.4070 kgf/m mód. elast. i = 18600. kgf/mm²
carga rupt. = 6985. kgf mód. elast. f = 18200. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 75.00 kgf/m²
Carga = 0.7975 kgf/m

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
Comprimento = 0.00 m
Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 2

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

 CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE

 PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 5.87 5.87	780.8 782.0 783.2
	22.	0.00 6.27 6.27	731.0 732.3 733.6
	40.	0.00 6.68 6.68	685.5 686.8 688.2
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 7.39 7.39	1215.3 1218.2 1221.1
FINAIS	5.	0.00 5.87 5.87	780.5 781.7 782.9
	10.	0.00 5.99 5.99	765.2 766.4 767.6
	17.	0.00 6.15 6.15	744.8 746.1 747.3
	22.	0.00 6.27 6.27	731.0 732.3 733.5
	40.	0.00 6.68 6.68	685.7 687.1 688.4
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 7.41 7.41	1212.3 1215.2 1218.2

VÃO = 400.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 10.70 10.70	761.8 763.9 766.1
	22.	0.00 11.15 11.15	731.0 733.3 735.5
	40.	0.00 11.61 11.61	701.6 704.0 706.3
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 12.48 12.48	1280.1 1285.1 1290.0
FINAIS	5.	0.00 10.70 10.70	761.7 763.8 766.0
	10.	0.00 10.83 10.83	752.3 754.5 756.7
	17.	0.00 11.02 11.02	739.7 741.9 744.2
	22.	0.00 11.15 11.15	731.0 733.3 735.5
	40.	0.00 11.61 11.61	701.7 704.1 706.4
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 12.50 12.50	1277.6 1282.6 1287.6

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 3

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

 CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE

 PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 16.95 16.95	751.6 755.0 758.4
	22.	0.00 17.43 17.43	731.0 734.5 738.1
	40.	0.00 17.92 17.92	710.8 714.4 718.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 18.89 18.89	1321.5 1328.9 1336.4
FINAIS	5.	0.00 16.95 16.95	751.5 755.0 758.4
	10.	0.00 17.09 17.09	745.3 748.8 752.2
	17.	0.00 17.29 17.29	736.9 740.4 743.9
	22.	0.00 17.43 17.43	731.0 734.5 738.0
	40.	0.00 17.92 17.92	710.8 714.5 718.1
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 18.92 18.92	1319.5 1327.0 1334.4

VÃO = 510.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 17.65 17.65	750.8 754.4 758.0
	22.	0.00 18.13 18.13	731.0 734.7 738.3
	40.	0.00 18.63 18.63	711.5 715.2 719.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 19.61 19.61	1324.7 1332.5 1340.2
FINAIS	5.	0.00 17.65 17.65	750.8 754.4 757.9
	10.	0.00 17.79 17.79	744.8 748.4 752.0
	17.	0.00 17.99 17.99	736.7 740.3 744.0
	22.	0.00 18.13 18.13	731.0 734.7 738.3
	40.	0.00 18.63 18.63	711.5 715.3 719.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 19.64 19.64	1322.8 1330.5 1338.3

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

3/8" EAR

731 kgf, a 22°C, sem vento, final

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 4

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

 CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE

 PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 24.62 24.62	745.6 750.6 755.6
	22.	0.00 25.11 25.11	731.0 736.1 741.1
	40.	0.00 25.63 25.63	716.3 721.5 726.7
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 26.68 26.68	1348.8 1359.3 1369.9
FINAIS	5.	0.00 24.62 24.62	745.6 750.6 755.6
	10.	0.00 24.76 24.76	741.2 746.2 751.2
	17.	0.00 24.97 24.97	735.2 740.3 745.3
	22.	0.00 25.11 25.11	731.0 736.1 741.1
	40.	0.00 25.63 25.63	716.4 721.5 726.7
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 26.71 26.71	1347.2 1357.7 1368.3

VÃO = 700.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 33.70 33.70	741.9 748.7 755.5
	22.	0.00 34.21 34.21	731.0 737.9 744.8
	40.	0.00 34.74 34.74	719.9 726.9 733.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 35.84 35.84	1367.5 1381.6 1395.7
FINAIS	5.	0.00 33.70 33.70	741.9 748.7 755.5
	10.	0.00 33.85 33.85	738.6 745.5 752.3
	17.	0.00 34.06 34.06	734.2 741.0 747.8
	22.	0.00 34.21 34.21	731.0 737.9 744.7
	40.	0.00 34.74 34.74	719.9 726.9 733.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 35.88 35.88	1366.2 1380.3 1394.5

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

3/8" EAR

731 kgf, a 22°C, sem vento, final

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 5

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

 CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE

 PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 44.21 44.21	739.4 748.3 757.1
	22.	0.00 44.73 44.73	731.0 740.0 748.9
	40.	0.00 45.27 45.27	722.4 731.4 740.5
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 46.41 46.41	1380.8 1399.0 1417.2
FINAIS	5.	0.00 44.21 44.21	739.4 748.3 757.1
	10.	0.00 44.36 44.36	736.9 745.8 754.7
	17.	0.00 44.57 44.58	733.5 742.4 751.3
	22.	0.00 44.73 44.73	731.0 740.0 748.9
	40.	0.00 45.26 45.26	722.4 731.4 740.5
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 46.45 46.45	1379.7 1397.9 1416.1

VÃO = 900.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 56.15 56.15	737.7 748.9 760.1
	22.	0.00 56.67 56.67	731.0 742.3 753.6
	40.	0.00 57.22 57.22	724.1 735.5 746.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 58.39 58.39	1390.5 1413.3 1436.1
FINAIS	5.	0.00 56.15 56.15	737.7 748.9 760.1
	10.	0.00 56.30 56.30	735.7 746.9 758.2
	17.	0.00 56.52 56.52	733.0 744.2 755.5
	22.	0.00 56.67 56.67	731.0 742.3 753.6
	40.	0.00 57.21 57.22	724.1 735.5 746.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 58.43 58.43	1389.6 1412.4 1435.2

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

OPGW 15,6

1436 kgf, a 22°C, sem vento, final

75 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

CABO: OPGW1 1 POR FASE
diâmetro = 15.60 mm coef. dilat.i = 0.00001433 oC-1
área secção = 145.00 mm² coef. dilat.f = 0.00001433 oC-1
peso linear = 0.8000 kgf/m mód. elast. i = 14300. kgf/mm²
carga rupt. = 12623. kgf mód. elast. f = 12430. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 75.00 kgf/m²
Carga = 1.4174 kgf/m

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
Comprimento = 0.00 m
Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

OPGW 15,6

1436 kgf, a 22°C, sem vento, final

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 2

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

CABO: OPGW1 1 POR FASE

PARTIDA: 1436.0 kgf = 11.38 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 5.67 5.67	1587.9 1590.1 1592.4
	22.	0.00 6.18 6.18	1456.1 1458.5 1461.0
	40.	0.00 6.72 6.72	1341.1 1343.7 1346.4
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 7.01 7.01	2275.1 2280.0 2285.0
FINAIS	5.	0.00 5.78 5.78	1558.5 1560.8 1563.1
	10.	0.00 5.92 5.92	1520.2 1522.5 1524.9
	17.	0.00 6.13 6.13	1469.8 1472.3 1474.7
	22.	0.00 6.27 6.27	1436.0 1438.5 1441.0
	40.	0.00 6.78 6.78	1327.6 1330.3 1333.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 7.19 7.19	2220.6 2225.7 2230.8

VÃO = 400.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 10.48 10.48	1527.9 1532.1 1536.3
	22.	0.00 11.06 11.06	1448.6 1453.0 1457.4
	40.	0.00 11.65 11.65	1375.3 1379.9 1384.5
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 12.02 12.02	2361.3 2369.8 2378.3
FINAIS	5.	0.00 10.59 10.59	1511.6 1515.8 1520.0
	10.	0.00 10.76 10.76	1488.4 1492.6 1496.9
	17.	0.00 10.99 10.99	1457.2 1461.6 1466.0
	22.	0.00 11.15 11.15	1436.0 1440.4 1444.9
	40.	0.00 11.73 11.73	1365.5 1370.2 1374.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 12.23 12.23	2320.0 2328.6 2337.3

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

OPGW 15,6

1436 kgf, a 22°C, sem vento, final

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 3

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

CABO: OPGW1 1 POR FASE

PARTIDA: 1436.0 kgf = 11.38 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 16.73 16.73	1496.7 1503.4 1510.0
	22.	0.00 17.33 17.33	1444.6 1451.5 1458.3
	40.	0.00 17.96 17.96	1394.4 1401.5 1408.7
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 18.38 18.38	2414.0 2426.9 2439.9
FINAIS	5.	0.00 16.84 16.84	1486.5 1493.2 1499.9
	10.	0.00 17.02 17.02	1471.2 1477.9 1484.7
	17.	0.00 17.26 17.26	1450.4 1457.2 1464.1
	22.	0.00 17.44 17.44	1436.0 1442.9 1449.9
	40.	0.00 18.05 18.05	1387.3 1394.4 1401.6
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 18.63 18.63	2382.4 2395.5 2408.6

VÃO = 510.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 17.43 17.43	1494.5 1501.4 1508.3
	22.	0.00 18.04 18.04	1444.3 1451.5 1458.6
	40.	0.00 18.67 18.67	1395.8 1403.2 1410.6
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 19.09 19.09	2418.1 2431.5 2444.9
FINAIS	5.	0.00 17.55 17.55	1484.7 1491.6 1498.6
	10.	0.00 17.72 17.72	1469.9 1477.0 1484.0
	17.	0.00 17.97 17.97	1449.9 1457.0 1464.1
	22.	0.00 18.14 18.14	1436.0 1443.2 1450.4
	40.	0.00 18.76 18.76	1388.9 1396.3 1403.8
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 19.34 19.34	2387.2 2400.8 2414.4

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

OPGW 15,6

1436 kgf, a 22°C, sem vento, final

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 4

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

 CABO: OPGW1 1 POR FASE

 PARTIDA: 1436.0 kgf = 11.38 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 24.40 24.40	1478.9 1488.5 1498.2
	22.	0.00 25.02 25.02	1442.1 1452.1 1462.0
	40.	0.00 25.67 25.67	1405.9 1416.1 1426.3
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 26.12 26.12	2447.7 2466.0 2484.3
FINAIS	5.	0.00 24.51 24.51	1471.9 1481.6 1491.3
	10.	0.00 24.69 24.70	1461.1 1470.9 1480.6
	17.	0.00 24.95 24.95	1446.3 1456.2 1466.1
	22.	0.00 25.13 25.13	1436.0 1446.0 1455.9
	40.	0.00 25.77 25.77	1400.5 1410.8 1421.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 26.39 26.39	2423.1 2441.6 2460.1

VÃO = 700.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 33.48 33.48	1467.8 1481.0 1494.3
	22.	0.00 34.12 34.12	1440.6 1454.1 1467.6
	40.	0.00 34.78 34.78	1413.3 1427.1 1440.8
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 35.26 35.26	2470.2 2494.8 2519.5
FINAIS	5.	0.00 33.60 33.60	1462.7 1476.0 1489.3
	10.	0.00 33.79 33.79	1454.7 1468.1 1481.4
	17.	0.00 34.05 34.05	1443.7 1457.2 1470.6
	22.	0.00 34.23 34.23	1436.0 1449.5 1463.1
	40.	0.00 34.89 34.89	1409.2 1422.9 1436.7
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 35.54 35.54	2450.7 2475.6 2500.4

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

OPGW 15,6

1436 kgf, a 22°C, sem vento, final

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 5

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

 CABO: OPGW1 1 POR FASE

 PARTIDA: 1436.0 kgf = 11.38 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 44.00 44.00	1460.5 1477.8 1495.2
	22.	0.00 44.64 44.64	1439.6 1457.2 1474.7
	40.	0.00 45.31 45.31	1418.3 1436.2 1454.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 45.81 45.81	2485.8 2517.7 2549.6
FINAIS	5.	0.00 44.11 44.11	1456.6 1474.0 1491.4
	10.	0.00 44.30 44.30	1450.5 1467.9 1485.4
	17.	0.00 44.57 44.57	1442.0 1459.5 1477.1
	22.	0.00 44.75 44.75	1436.0 1453.6 1471.2
	40.	0.00 45.42 45.42	1415.0 1432.9 1450.8
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 46.11 46.11	2470.1 2502.2 2534.3

VÃO = 900.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 55.94 55.94	1455.5 1477.4 1499.3
	22.	0.00 56.59 56.59	1438.9 1461.0 1483.2
	40.	0.00 57.27 57.27	1421.9 1444.3 1466.7
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 57.78 57.78	2497.0 2537.1 2577.2
FINAIS	5.	0.00 56.05 56.06	1452.4 1474.4 1496.4
	10.	0.00 56.25 56.25	1447.5 1469.6 1491.6
	17.	0.00 56.51 56.51	1440.8 1462.9 1485.1
	22.	0.00 56.70 56.70	1436.0 1458.2 1480.4
	40.	0.00 57.38 57.38	1419.2 1441.7 1464.1
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 58.09 58.09	2484.2 2524.5 2564.7

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

OPGW 13,4

1225 kgf, a 22°C, sem vento, final

75 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

CABO: OPGW2 1 POR FASE
diâmetro = 13.40 mm coef. dilat.i = 0.00001320 oC-1
área secção = 103.00 mm² coef. dilat.f = 0.00001320 oC-1
peso linear = 0.6820 kg/m mód. elast. i = 13800. kgf/mm²
carga rupt. = 9477. kgf mód. elast. f = 13800. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 75.00 kgf/m²
Carga = 1.2146 kgf/m

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
Comprimento = 0.00 m
Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

OPGW 13,4

1225 kgf, a 22°C, sem vento, final

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 2

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

 CABO: OPGW2 1 POR FASE

 PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 5.74 5.74	1336.4 1338.4 1340.3
	22.	0.00 6.19 6.19	1240.4 1242.5 1244.6
	40.	0.00 6.65 6.65	1153.8 1156.0 1158.3
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 7.20 7.20	1900.3 1904.6 1909.0
FINAIS	5.	0.00 5.82 5.82	1318.3 1320.3 1322.3
	10.	0.00 5.95 5.95	1289.4 1291.4 1293.4
	17.	0.00 6.14 6.14	1250.9 1253.0 1255.1
	22.	0.00 6.27 6.27	1225.0 1227.1 1229.3
	40.	0.00 6.73 6.73	1140.6 1142.9 1145.2
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 7.26 7.26	1883.3 1887.7 1892.1

VÃO = 400.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 10.55 10.55	1294.3 1297.9 1301.5
	22.	0.00 11.06 11.06	1234.8 1238.6 1242.3
	40.	0.00 11.58 11.59	1178.7 1182.6 1186.5
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 12.25 12.25	1985.0 1992.4 1999.8
FINAIS	5.	0.00 10.64 10.64	1283.3 1286.9 1290.5
	10.	0.00 10.79 10.79	1265.5 1269.1 1272.8
	17.	0.00 11.00 11.00	1241.4 1245.2 1248.9
	22.	0.00 11.15 11.15	1225.0 1228.8 1232.6
	40.	0.00 11.67 11.67	1169.9 1173.9 1177.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 12.33 12.33	1972.8 1980.3 1987.7

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

OPGW 13,4

1225 kgf, a 22°C, sem vento, final

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 3

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

 CABO: OPGW2 1 POR FASE

 PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 16.79 16.79	1271.5 1277.1 1282.8
	22.	0.00 17.33 17.33	1231.7 1237.5 1243.4
	40.	0.00 17.90 17.90	1193.0 1199.0 1205.1
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 18.65 18.65	2038.9 2050.2 2061.4
FINAIS	5.	0.00 16.88 16.88	1264.2 1269.9 1275.6
	10.	0.00 17.04 17.04	1252.3 1258.1 1263.9
	17.	0.00 17.27 17.27	1236.2 1242.1 1247.9
	22.	0.00 17.43 17.43	1225.0 1230.9 1236.8
	40.	0.00 17.99 17.99	1186.8 1192.9 1199.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 18.73 18.73	2029.8 2041.1 2052.4

VÃO = 510.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 17.49 17.49	1269.8 1275.7 1281.7
	22.	0.00 18.04 18.04	1231.5 1237.6 1243.7
	40.	0.00 18.60 18.60	1194.0 1200.3 1206.6
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 19.36 19.36	2043.2 2054.8 2066.5
FINAIS	5.	0.00 17.59 17.59	1262.8 1268.7 1274.7
	10.	0.00 17.75 17.75	1251.4 1257.4 1263.4
	17.	0.00 17.97 17.97	1235.8 1241.9 1248.0
	22.	0.00 18.13 18.13	1225.0 1231.1 1237.3
	40.	0.00 18.70 18.70	1188.1 1194.4 1200.8
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 19.45 19.45	2034.3 2046.0 2057.7

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

OPGW 13,4

1225 kgf, a 22°C, sem vento, final

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 4

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

 CABO: OPGW2 1 POR FASE

 PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 24.45 24.45	1258.1 1266.3 1274.6
	22.	0.00 25.01 25.01	1229.8 1238.3 1246.7
	40.	0.00 25.60 25.60	1201.7 1210.4 1219.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 26.41 26.41	2074.4 2090.3 2106.2
FINAIS	5.	0.00 24.55 24.55	1253.0 1261.3 1269.6
	10.	0.00 24.71 24.72	1244.5 1252.9 1261.3
	17.	0.00 24.95 24.95	1233.0 1241.5 1249.9
	22.	0.00 25.11 25.11	1225.0 1233.5 1242.0
	40.	0.00 25.70 25.70	1197.2 1205.9 1214.6
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 26.50 26.50	2067.4 2083.4 2099.3

VÃO = 700.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 33.53 33.53	1249.7 1261.0 1272.3
	22.	0.00 34.11 34.11	1228.6 1240.1 1251.6
	40.	0.00 34.71 34.71	1207.4 1219.1 1230.8
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 35.57 35.57	2098.6 2119.9 2141.2
FINAIS	5.	0.00 33.63 33.63	1245.9 1257.2 1268.5
	10.	0.00 33.80 33.80	1239.6 1251.0 1262.4
	17.	0.00 34.04 34.04	1231.0 1242.5 1254.0
	22.	0.00 34.21 34.21	1225.0 1236.5 1248.0
	40.	0.00 34.81 34.81	1203.9 1215.7 1227.4
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 35.66 35.66	2093.1 2114.5 2135.9

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

OPGW 13,4

1225 kgf, a 22°C, sem vento, final

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 5

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

 CABO: OPGW2 1 POR FASE

 PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 44.03 44.03	1244.1 1258.8 1273.6
	22.	0.00 44.62 44.62	1227.8 1242.8 1257.7
	40.	0.00 45.24 45.24	1211.2 1226.4 1241.6
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 46.13 46.13	2115.7 2143.2 2170.8
FINAIS	5.	0.00 44.14 44.14	1241.2 1256.0 1270.8
	10.	0.00 44.31 44.31	1236.3 1251.2 1266.1
	17.	0.00 44.55 44.55	1229.7 1244.6 1259.6
	22.	0.00 44.72 44.72	1225.0 1240.0 1255.0
	40.	0.00 45.34 45.34	1208.5 1223.7 1238.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 46.22 46.22	2111.3 2138.9 2166.5

VÃO = 900.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 55.96 55.96	1240.2 1258.9 1277.6
	22.	0.00 56.56 56.56	1227.2 1246.1 1265.0
	40.	0.00 57.18 57.19	1214.0 1233.1 1252.2
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 58.10 58.10	2128.1 2162.7 2197.2
FINAIS	5.	0.00 56.07 56.07	1237.9 1256.6 1275.3
	10.	0.00 56.24 56.25	1234.0 1252.8 1271.6
	17.	0.00 56.49 56.49	1228.7 1247.6 1266.5
	22.	0.00 56.66 56.66	1225.0 1243.9 1262.9
	40.	0.00 57.29 57.29	1211.8 1230.9 1250.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 58.20 58.20	2124.5 2159.1 2193.7

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894,2 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

87 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: PROJETO BASICO

LT 500 KV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

CABO: AAAC 1120 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE
diâmetro = 26.78 mm coef. dilat.i =0.00002300 oC-1
área secção = 425.16 mm² coef. dilat.f =0.00002300 oC-1
peso linear = 1.1720 kgf/m mód. elast. i = 4829. kgf/mm²
carga rupt. = 9471. kgf mód. elast. f = 6526. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 87.00 kgf/m²
Carga = 2.6080 kgf/m

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
Comprimento = 0.00 m
Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 21.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894,2 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

87 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 2

 PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

 CABO: AAAC 1120 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

 PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 5.31 5.31	2483.9 2487.0 2490.1
	21.	0.00 6.04 6.04	2184.0 2187.5 2191.1
	55.	0.00 7.48 7.48	1763.1 1767.5 1771.8
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 7.74 7.74	3793.9 3804.0 3814.0
FINAIS	4.	0.00 6.18 6.18	2134.3 2137.9 2141.5
	9.	0.00 6.41 6.42	2056.6 2060.3 2064.1
	17.	0.00 6.78 6.78	1944.9 1948.9 1952.8
	21.	0.00 6.97 6.97	1894.2 1898.3 1902.4
	55.	0.00 8.43 8.43	1566.3 1571.2 1576.1
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 8.14 8.14	3606.6 3617.2 3627.7

VÃO = 400.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 10.52 10.52	2229.4 2235.6 2241.7
	21.	0.00 11.38 11.38	2062.6 2069.3 2075.9
	55.	0.00 13.00 13.00	1805.4 1812.9 1820.5
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 13.35 13.35	3912.7 3930.0 3947.3
FINAIS	4.	0.00 11.53 11.53	2034.9 2041.7 2048.4
	9.	0.00 11.79 11.79	1990.8 1997.6 2004.5
	17.	0.00 12.19 12.19	1925.0 1932.2 1939.3
	21.	0.00 12.39 12.39	1894.2 1901.5 1908.7
	55.	0.00 14.00 14.00	1677.0 1685.1 1693.3
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 13.76 13.76	3796.5 3814.3 3832.1

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894,2 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

87 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 3

 PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

CABO: AAAC 1120 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 17.42 17.42	2106.3 2116.4 2126.6
	21.	0.00 18.32 18.32	2003.0 2013.7 2024.3
	55.	0.00 20.04 20.04	1831.5 1843.1 1854.8
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 20.46 20.46	3992.7 4019.2 4045.6
FINAIS	4.	0.00 18.48 18.48	1985.7 1996.4 2007.2
	9.	0.00 18.74 18.75	1957.5 1968.4 1979.3
	17.	0.00 19.17 19.17	1914.7 1925.9 1937.0
	21.	0.00 19.37 19.37	1894.2 1905.5 1916.8
	55.	0.00 21.08 21.08	1741.9 1754.1 1766.4
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 20.87 20.87	3914.2 3941.1 3968.1

VÃO = 510.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 18.19 18.19	2097.8 2108.4 2119.0
	21.	0.00 19.10 19.10	1998.8 2009.9 2021.0
	55.	0.00 20.83 20.83	1833.5 1845.6 1857.7
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 21.25 21.25	3999.1 4026.6 4054.0
FINAIS	4.	0.00 19.26 19.26	1982.2 1993.4 2004.6
	9.	0.00 19.53 19.53	1955.2 1966.5 1977.9
	17.	0.00 19.95 19.95	1914.0 1925.6 1937.1
	21.	0.00 20.16 20.16	1894.2 1906.0 1917.7
	55.	0.00 21.87 21.87	1746.8 1759.5 1772.2
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 21.66 21.66	3923.3 3951.3 3979.3

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894,2 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

87 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 4

 PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

 CABO: AAAC 1120 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

 PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 25.92 25.92	2040.0 2055.0 2070.1
	21.	0.00 26.84 26.84	1970.0 1985.6 2001.2
	55.	0.00 28.62 28.62	1848.1 1864.6 1881.2
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 29.09 29.09	4046.8 4084.3 4121.8
FINAIS	4.	0.00 27.01 27.01	1958.2 1973.8 1989.5
	9.	0.00 27.28 27.28	1938.7 1954.5 1970.4
	17.	0.00 27.71 27.71	1908.7 1924.8 1940.8
	21.	0.00 27.92 27.92	1894.2 1910.4 1926.6
	55.	0.00 29.69 29.69	1782.4 1799.6 1816.7
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 29.50 29.50	3990.5 4028.5 4066.4

VÃO = 700.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 36.01 36.01	2000.5 2021.4 2042.2
	21.	0.00 36.95 36.95	1950.0 1971.4 1992.7
	55.	0.00 38.77 38.77	1859.0 1881.4 1903.8
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 39.27 39.27	4084.3 4134.7 4185.1
FINAIS	4.	0.00 37.11 37.11	1941.4 1962.8 1984.3
	9.	0.00 37.39 37.39	1927.2 1948.8 1970.3
	17.	0.00 37.83 37.83	1905.0 1926.9 1948.7
	21.	0.00 38.04 38.05	1894.2 1916.2 1938.1
	55.	0.00 39.85 39.85	1809.0 1832.0 1855.0
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 39.69 39.69	4042.0 4092.9 4143.8

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894,2 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

87 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 5

 PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

 CABO: AAAC 1120 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

 PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 47.69 47.69	1975.2 2002.7 2030.1
	21.	0.00 48.64 48.64	1937.0 1965.0 1992.9
	55.	0.00 50.49 50.49	1866.6 1895.6 1924.6
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 51.02 51.03	4111.0 4176.1 4241.3
FINAIS	4.	0.00 48.81 48.81	1930.4 1958.5 1986.5
	9.	0.00 49.09 49.09	1919.6 1947.8 1976.0
	17.	0.00 49.53 49.53	1902.6 1931.0 1959.5
	21.	0.00 49.75 49.75	1894.2 1922.8 1951.4
	55.	0.00 51.59 51.59	1827.3 1856.9 1886.5
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 51.44 51.44	4078.1 4143.7 4209.4

VÃO = 900.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 60.97 60.97	1958.0 1992.9 2027.8
	21.	0.00 61.93 61.93	1928.1 1963.5 1998.9
	55.	0.00 63.81 63.81	1872.0 1908.5 1944.9
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 64.36 64.36	4130.5 4212.2 4294.0
FINAIS	4.	0.00 62.10 62.10	1922.9 1958.4 1993.9
	9.	0.00 62.38 62.38	1914.3 1950.0 1985.7
	17.	0.00 62.83 62.83	1900.9 1936.8 1972.7
	21.	0.00 63.05 63.05	1894.2 1930.2 1966.3
	55.	0.00 64.92 64.92	1840.4 1877.5 1914.5
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 64.78 64.78	4104.2 4186.5 4268.7

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 21° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 4/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE
diâmetro = 15.42 mm coef. dilat.i =0.00001480 oC-1
área secção = 141.89 mm² coef. dilat.f =0.00001530 oC-1
peso linear = 0.6570 kg/m mód. elast. i = 9773. kgf/mm²
carga rupt. = 7857. kgf mód. elast. f = 10687. kgf/mm²

PARÂMETROS TENSÃO-DEFORMAÇÃO [psi]:

AO = 0.21700E-02 AM = 0.00000E+00 (6 meses)
A1 = 0.70500E-05 AA = 0.00000E+00 (1 ano)
A2 =-0.32100E-10 AF = 0.11960E+06 (10 anos)
A3 = 0.11400E-15

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 93.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 1.5774 kgf/m	Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
Comprimento = 0.00 m
Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 0.00 kgf	Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 21.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO CALCULADOS!

PERÍODO: 10 ANOS

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 21° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 2

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 11.68 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S			T R A Ç Õ E S		
		CADEIA	COND	TOTAL	HORIZ.	MÉDIA	SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00	5.40	5.40	1368.9	1370.7	1372.4
	21.	0.00	5.90	5.90	1252.6	1254.6	1256.5
	40.	0.00	6.46	6.46	1144.8	1146.9	1149.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00	7.67	7.67	2316.0	2322.1	2328.1
FINAIS	4.	0.00	5.74	5.74	1289.0	1290.9	1292.7
	9.	0.00	5.89	5.89	1254.7	1256.6	1258.6
	17.	0.00	6.14	6.14	1203.8	1205.8	1207.8
	21.	0.00	6.27	6.27	1180.0	1182.0	1184.1
	40.	0.00	6.85	6.85	1080.1	1082.4	1084.6
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00	7.84	7.84	2265.8	2272.0	2278.1

VÃO = 400.00 m CREEP = 11.64 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S			T R A Ç Õ E S		
		CADEIA	COND	TOTAL	HORIZ.	MÉDIA	SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00	10.16	10.16	1294.7	1298.1	1301.4
	21.	0.00	10.74	10.74	1224.8	1228.4	1231.9
	40.	0.00	11.37	11.37	1156.8	1160.5	1164.3
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00	12.86	12.86	2456.9	2467.0	2477.1
FINAIS	4.	0.00	10.55	10.55	1247.0	1250.4	1253.9
	9.	0.00	10.73	10.73	1226.3	1229.8	1233.3
	17.	0.00	11.01	11.01	1194.9	1198.5	1202.1
	21.	0.00	11.15	11.15	1180.0	1183.6	1187.3
	40.	0.00	11.80	11.80	1115.0	1118.8	1122.7
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00	13.04	13.04	2422.9	2433.1	2443.4

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 21° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 3

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

 CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

 PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 °C - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 11.63 °C 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [°C]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 16.37 16.37	1255.6 1261.0 1266.3
	21.	0.00 16.99 16.99	1210.0 1215.6 1221.1
	40.	0.00 17.67 17.67	1163.9 1169.7 1175.4
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.35 19.36	2551.9 2567.0 2582.1
FINAIS	4.	0.00 16.79 16.79	1224.6 1230.1 1235.6
	9.	0.00 16.98 16.98	1211.0 1216.6 1222.1
	17.	0.00 17.28 17.28	1190.1 1195.7 1201.4
	21.	0.00 17.43 17.43	1180.0 1185.7 1191.4
	40.	0.00 18.12 18.12	1135.0 1140.9 1146.8
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.54 19.54	2527.4 2542.7 2558.0

VÃO = 510.00 m CREEP = 11.63 °C 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [°C]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 17.08 17.08	1252.8 1258.4 1264.0
	21.	0.00 17.70 17.70	1209.0 1214.7 1220.5
	40.	0.00 18.38 18.38	1164.4 1170.4 1176.4
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 20.08 20.08	2559.5 2575.2 2590.9
FINAIS	4.	0.00 17.49 17.49	1223.0 1228.7 1234.4
	9.	0.00 17.68 17.68	1209.9 1215.7 1221.5
	17.	0.00 17.98 17.98	1189.7 1195.6 1201.5
	21.	0.00 18.13 18.13	1180.0 1185.9 1191.8
	40.	0.00 18.83 18.83	1136.5 1142.6 1148.7
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 20.27 20.27	2535.8 2551.7 2567.5

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 21° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 4

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

 CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

 PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 °C - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 11.63 °C 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [°C]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 24.02 24.02	1233.3 1241.1 1249.0
	21.	0.00 24.66 24.66	1201.4 1209.4 1217.5
	40.	0.00 25.37 25.37	1168.3 1176.5 1184.8
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 27.20 27.20	2617.1 2638.4 2659.6
FINAIS	4.	0.00 24.45 24.45	1211.6 1219.6 1227.6
	9.	0.00 24.65 24.65	1202.1 1210.1 1218.1
	17.	0.00 24.96 24.96	1187.2 1195.4 1203.5
	21.	0.00 25.11 25.11	1180.0 1188.2 1196.3
	40.	0.00 25.83 25.83	1147.2 1155.6 1164.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 27.39 27.39	2598.8 2620.2 2641.6

VÃO = 700.00 m CREEP = 11.64 °C 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [°C]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 33.10 33.10	1219.5 1230.2 1241.0
	21.	0.00 33.75 33.75	1196.0 1206.9 1217.9
	40.	0.00 34.47 34.47	1171.2 1182.3 1193.5
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 36.41 36.41	2663.2 2691.5 2719.8
FINAIS	4.	0.00 33.54 33.54	1203.5 1214.4 1225.3
	9.	0.00 33.74 33.74	1196.5 1207.4 1218.4
	17.	0.00 34.05 34.05	1185.4 1196.5 1207.5
	21.	0.00 34.21 34.21	1180.0 1191.1 1202.2
	40.	0.00 34.95 34.95	1155.2 1166.5 1177.8
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 36.60 36.60	2649.1 2677.6 2706.0

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 21° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 5

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

 CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

 PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 11.66 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 43.59 43.59	1210.4 1224.5 1238.6
	21.	0.00 44.26 44.26	1192.4 1206.7 1221.0
	40.	0.00 44.99 44.99	1173.1 1187.6 1202.2
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 47.01 47.01	2696.6 2733.0 2769.4
FINAIS	4.	0.00 44.04 44.04	1198.2 1212.4 1226.7
	9.	0.00 44.24 44.25	1192.7 1207.0 1221.4
	17.	0.00 44.57 44.57	1184.2 1198.6 1213.0
	21.	0.00 44.73 44.73	1180.0 1194.5 1208.9
	40.	0.00 45.48 45.48	1160.6 1175.3 1190.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 47.21 47.21	2685.4 2721.9 2758.5

VÃO = 900.00 m CREEP = 11.68 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 55.52 55.52	1204.1 1222.0 1239.9
	21.	0.00 56.19 56.19	1189.9 1208.0 1226.1
	40.	0.00 56.94 56.94	1174.5 1192.8 1211.1
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 59.02 59.02	2721.4 2766.9 2812.4
FINAIS	4.	0.00 55.98 55.98	1194.5 1212.5 1230.5
	9.	0.00 56.18 56.18	1190.1 1208.2 1226.3
	17.	0.00 56.51 56.51	1183.4 1201.5 1219.7
	21.	0.00 56.67 56.67	1180.0 1198.2 1216.5
	40.	0.00 57.43 57.43	1164.4 1182.9 1201.4
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 59.22 59.22	2712.2 2757.9 2803.6

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE
diâmetro = 9.14 mm coef. dilat.i = 0.00001152 oC-1
área secção = 51.08 mm² coef. dilat.f = 0.00001152 oC-1
peso linear = 0.4070 kg/m mód. elast. i = 18600. kgf/mm²
carga rupt. = 6985. kgf mód. elast. f = 18200. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 93.00 kgf/m²
Carga = 0.9428 kgf/m

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
Comprimento = 0.00 m
Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 21.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 2

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

 CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE

 PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 5.87 5.87	780.8 782.0 783.2
	21.	0.00 6.27 6.27	731.0 732.3 733.6
	40.	0.00 6.71 6.71	683.1 684.5 685.9
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 7.77 7.77	1366.3 1370.0 1373.6
FINAIS	4.	0.00 5.87 5.87	780.5 781.7 782.9
	9.	0.00 5.99 5.99	765.2 766.4 767.6
	17.	0.00 6.17 6.17	742.0 743.3 744.5
	21.	0.00 6.27 6.27	731.0 732.3 733.6
	40.	0.00 6.70 6.70	683.4 684.7 686.1
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 7.79 7.79	1362.4 1366.0 1369.7

VÃO = 400.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 10.70 10.70	761.8 763.9 766.1
	21.	0.00 11.15 11.15	731.0 733.3 735.5
	40.	0.00 11.64 11.64	700.1 702.5 704.8
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 12.95 12.95	1458.3 1464.3 1470.4
FINAIS	4.	0.00 10.70 10.70	761.7 763.8 766.0
	9.	0.00 10.83 10.83	752.3 754.5 756.7
	17.	0.00 11.04 11.04	737.9 740.2 742.4
	21.	0.00 11.15 11.15	731.0 733.3 735.5
	40.	0.00 11.64 11.64	700.2 702.6 704.9
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 12.98 12.98	1454.8 1460.9 1467.0

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 3

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

 CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE

 PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 16.95 16.95	751.6 755.0 758.4
	21.	0.00 17.43 17.43	731.0 734.5 738.1
	40.	0.00 17.95 17.95	709.7 713.3 717.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.44 19.44	1518.9 1528.0 1537.1
FINAIS	4.	0.00 16.95 16.95	751.5 755.0 758.4
	9.	0.00 17.09 17.09	745.3 748.8 752.2
	17.	0.00 17.32 17.32	735.7 739.2 742.7
	21.	0.00 17.43 17.43	731.0 734.5 738.1
	40.	0.00 17.95 17.95	709.7 713.4 717.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.47 19.47	1516.0 1525.1 1534.2

VÃO = 510.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 17.65 17.65	750.8 754.4 758.0
	21.	0.00 18.13 18.13	731.0 734.7 738.3
	40.	0.00 18.66 18.66	710.4 714.2 718.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 20.16 20.16	1523.8 1533.2 1542.6
FINAIS	4.	0.00 17.65 17.65	750.8 754.4 757.9
	9.	0.00 17.79 17.79	744.8 748.4 752.0
	17.	0.00 18.02 18.02	735.5 739.2 742.8
	21.	0.00 18.13 18.13	731.0 734.7 738.3
	40.	0.00 18.66 18.66	710.5 714.2 718.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 20.19 20.20	1521.0 1530.4 1539.8

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 4

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

 CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE

 PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 24.62 24.62	745.6 750.6 755.6
	21.	0.00 25.11 25.11	731.0 736.1 741.1
	40.	0.00 25.66 25.66	715.6 720.7 725.9
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 27.27 27.27	1560.1 1572.8 1585.5
FINAIS	4.	0.00 24.62 24.62	745.6 750.6 755.6
	9.	0.00 24.76 24.76	741.2 746.2 751.2
	17.	0.00 25.00 25.00	734.4 739.4 744.5
	21.	0.00 25.11 25.11	731.0 736.1 741.1
	40.	0.00 25.66 25.66	715.6 720.7 725.9
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 27.31 27.31	1557.7 1570.4 1583.2

VÃO = 700.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 33.70 33.70	741.9 748.7 755.5
	21.	0.00 34.21 34.21	731.0 737.9 744.8
	40.	0.00 34.77 34.77	719.3 726.3 733.3
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 36.47 36.47	1588.9 1605.9 1622.8
FINAIS	4.	0.00 33.70 33.70	741.9 748.7 755.5
	9.	0.00 33.85 33.85	738.6 745.4 752.3
	17.	0.00 34.09 34.09	733.5 740.4 747.2
	21.	0.00 34.21 34.21	731.0 737.9 744.8
	40.	0.00 34.77 34.77	719.3 726.3 733.3
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 36.52 36.52	1586.9 1603.9 1620.9

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 5

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

 CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE

 PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 44.21 44.21	739.4 748.3 757.1
	21.	0.00 44.73 44.73	731.0 740.0 748.9
	40.	0.00 45.29 45.30	721.9 731.0 740.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 47.07 47.07	1609.6 1631.4 1653.2
FINAIS	4.	0.00 44.21 44.21	739.4 748.3 757.1
	9.	0.00 44.36 44.36	736.9 745.8 754.7
	17.	0.00 44.61 44.61	733.0 741.9 750.8
	21.	0.00 44.73 44.73	731.0 740.0 748.9
	40.	0.00 45.29 45.29	721.9 731.0 740.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 47.12 47.12	1608.0 1629.8 1651.6

VÃO = 900.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 56.15 56.15	737.7 748.9 760.1
	21.	0.00 56.67 56.67	731.0 742.3 753.6
	40.	0.00 57.25 57.25	723.7 735.1 746.5
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 59.08 59.08	1625.0 1652.2 1679.4
FINAIS	4.	0.00 56.15 56.15	737.7 748.9 760.1
	9.	0.00 56.30 56.30	735.7 746.9 758.2
	17.	0.00 56.55 56.55	732.6 743.8 755.1
	21.	0.00 56.67 56.67	731.0 742.3 753.6
	40.	0.00 57.24 57.25	723.7 735.1 746.5
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 59.13 59.13	1623.6 1650.8 1678.1

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

OPGW 15,6

TRAÇÃO DE PARTIDA

1436 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

CABO: OPGW1 1 POR FASE
diâmetro = 15.60 mm coef. dilat.i = 0.00001433 oC-1
área secção = 145.00 mm² coef. dilat.f = 0.00001433 oC-1
peso linear = 0.8000 kgf/m mód. elast. i = 14300. kgf/mm²
carga rupt. = 12623. kgf mód. elast. f = 12430. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 93.00 kgf/m²
Carga = 1.6568 kgf/m

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
Comprimento = 0.00 m
Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 21.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

OPGW 15,6

TRAÇÃO DE PARTIDA

1436 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 2

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

 CABO: OPGW1 1 POR FASE

 PARTIDA: 1436.0 kgf = 11.38 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 5.67 5.67	1587.9 1590.1 1592.4
	21.	0.00 6.18 6.18	1456.1 1458.5 1461.0
	40.	0.00 6.74 6.74	1335.3 1338.0 1340.7
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 7.35 7.35	2538.8 2544.8 2550.9
FINAIS	4.	0.00 5.78 5.78	1558.5 1560.8 1563.1
	9.	0.00 5.92 5.92	1520.1 1522.5 1524.9
	17.	0.00 6.16 6.16	1462.9 1465.4 1467.8
	21.	0.00 6.27 6.27	1436.0 1438.5 1441.0
	40.	0.00 6.81 6.81	1322.1 1324.8 1327.5
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 7.54 7.54	2473.5 2479.8 2486.0

VÃO = 400.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 10.48 10.48	1527.9 1532.1 1536.3
	21.	0.00 11.06 11.06	1448.6 1453.0 1457.4
	40.	0.00 11.68 11.68	1371.5 1376.1 1380.8
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 12.42 12.42	2670.7 2680.9 2691.1
FINAIS	4.	0.00 10.59 10.59	1511.6 1515.8 1520.0
	9.	0.00 10.76 10.76	1488.4 1492.6 1496.9
	17.	0.00 11.02 11.02	1452.9 1457.3 1461.7
	21.	0.00 11.15 11.15	1436.0 1440.4 1444.9
	40.	0.00 11.76 11.76	1361.9 1366.6 1371.2
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 12.67 12.67	2618.8 2629.2 2639.6

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

OPGW 15,6

TRAÇÃO DE PARTIDA

1436 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 3

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

 CABO: OPGW1 1 POR FASE

 PARTIDA: 1436.0 kgf = 11.38 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 16.73 16.73	1496.7 1503.4 1510.0
	21.	0.00 17.33 17.33	1444.6 1451.5 1458.3
	40.	0.00 17.99 17.99	1391.7 1398.9 1406.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 18.83 18.83	2754.1 2769.6 2785.1
FINAIS	4.	0.00 16.84 16.84	1486.5 1493.2 1499.9
	9.	0.00 17.02 17.02	1471.2 1477.9 1484.7
	17.	0.00 17.30 17.30	1447.5 1454.3 1461.2
	21.	0.00 17.44 17.44	1436.0 1442.9 1449.9
	40.	0.00 18.09 18.09	1384.7 1391.9 1399.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.12 19.12	2712.9 2728.6 2744.3

VÃO = 510.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 17.43 17.43	1494.5 1501.4 1508.3
	21.	0.00 18.04 18.04	1444.3 1451.5 1458.6
	40.	0.00 18.70 18.70	1393.3 1400.7 1408.1
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.55 19.55	2760.6 2776.7 2792.8
FINAIS	4.	0.00 17.55 17.55	1484.7 1491.6 1498.6
	9.	0.00 17.72 17.72	1469.9 1476.9 1484.0
	17.	0.00 18.00 18.00	1447.1 1454.2 1461.4
	21.	0.00 18.14 18.14	1436.0 1443.2 1450.4
	40.	0.00 18.79 18.79	1386.4 1393.8 1401.3
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.84 19.84	2720.4 2736.7 2753.0

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

OPGW 15,6

TRAÇÃO DE PARTIDA

1436 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 4

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

 CABO: OPGW1 1 POR FASE

 PARTIDA: 1436.0 kgf = 11.38 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 24.40 24.40	1478.9 1488.5 1498.2
	21.	0.00 25.02 25.02	1442.1 1452.1 1462.0
	40.	0.00 25.70 25.70	1404.0 1414.2 1424.4
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 26.61 26.61	2808.8 2830.6 2852.5
FINAIS	4.	0.00 24.51 24.51	1471.9 1481.6 1491.3
	9.	0.00 24.69 24.70	1461.1 1470.9 1480.6
	17.	0.00 24.98 24.98	1444.2 1454.1 1464.0
	21.	0.00 25.13 25.13	1436.0 1446.0 1455.9
	40.	0.00 25.80 25.80	1398.6 1408.9 1419.1
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 26.93 26.93	2776.0 2798.1 2820.1

VÃO = 700.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 33.48 33.48	1467.8 1481.0 1494.3
	21.	0.00 34.12 34.12	1440.6 1454.1 1467.6
	40.	0.00 34.82 34.82	1411.9 1425.6 1439.4
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 35.78 35.78	2846.2 2875.4 2904.6
FINAIS	4.	0.00 33.60 33.60	1462.7 1476.0 1489.3
	9.	0.00 33.79 33.79	1454.7 1468.1 1481.4
	17.	0.00 34.08 34.08	1442.2 1455.6 1469.1
	21.	0.00 34.23 34.23	1436.0 1449.5 1463.1
	40.	0.00 34.92 34.92	1407.7 1421.5 1435.3
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 36.12 36.12	2819.7 2849.2 2878.7

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

OPGW 15,6

TRAÇÃO DE PARTIDA

1436 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 5

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

 CABO: OPGW1 1 POR FASE

 PARTIDA: 1436.0 kgf = 11.38 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 °C - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 3.00 °C

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [°C]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 44.00 44.00	1460.5 1477.8 1495.2
	21.	0.00 44.64 44.64	1439.6 1457.2 1474.7
	40.	0.00 45.35 45.35	1417.2 1435.0 1452.9
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 46.35 46.35	2872.5 2910.2 2947.9
FINAIS	4.	0.00 44.11 44.11	1456.6 1474.0 1491.4
	9.	0.00 44.30 44.30	1450.5 1467.9 1485.4
	17.	0.00 44.60 44.60	1440.8 1458.3 1475.9
	21.	0.00 44.75 44.75	1436.0 1453.6 1471.2
	40.	0.00 45.46 45.46	1413.9 1431.8 1449.7
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 46.70 46.70	2850.8 2888.8 2926.8

VÃO = 900.00 m CREEP = 3.00 °C

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [°C]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 55.94 55.94	1455.5 1477.4 1499.3
	21.	0.00 56.59 56.59	1438.9 1461.0 1483.2
	40.	0.00 57.31 57.31	1420.9 1443.4 1465.8
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 58.33 58.33	2891.6 2938.9 2986.2
FINAIS	4.	0.00 56.05 56.06	1452.4 1474.4 1496.4
	9.	0.00 56.25 56.25	1447.5 1469.6 1491.6
	17.	0.00 56.55 56.55	1439.8 1462.0 1484.1
	21.	0.00 56.70 56.70	1436.0 1458.2 1480.4
	40.	0.00 57.42 57.42	1418.3 1440.8 1463.2
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 58.70 58.70	2873.7 2921.2 2968.8

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

CABO: OPGW2 1 POR FASE
diâmetro = 13.40 mm coef. dilat.i = 0.00001320 oC-1
área secção = 103.00 mm² coef. dilat.f = 0.00001320 oC-1
peso linear = 0.6820 kg/m mód. elast. i = 13800. kgf/mm²
carga rupt. = 9477. kgf mód. elast. f = 13800. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 93.00 kgf/m²
Carga = 1.4206 kgf/m

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
Comprimento = 0.00 m
Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 21.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 2

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

 CABO: OPGW2 1 POR FASE

 PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 5.74 5.74	1336.4 1338.4 1340.3
	21.	0.00 6.19 6.19	1240.4 1242.5 1244.6
	40.	0.00 6.68 6.68	1149.4 1151.6 1153.9
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 7.57 7.57	2113.1 2118.5 2123.8
FINAIS	4.	0.00 5.82 5.82	1318.4 1320.4 1322.4
	9.	0.00 5.95 5.95	1289.4 1291.4 1293.4
	17.	0.00 6.16 6.16	1245.6 1247.7 1249.8
	21.	0.00 6.27 6.27	1225.0 1227.1 1229.3
	40.	0.00 6.76 6.76	1136.3 1138.6 1140.9
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 7.63 7.63	2096.1 2101.5 2106.9

VÃO = 400.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 10.55 10.55	1294.3 1297.9 1301.5
	21.	0.00 11.06 11.06	1234.8 1238.6 1242.3
	40.	0.00 11.61 11.61	1175.7 1179.7 1183.6
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 12.71 12.71	2237.7 2246.7 2255.7
FINAIS	4.	0.00 10.64 10.64	1283.3 1286.9 1290.5
	9.	0.00 10.79 10.79	1265.5 1269.1 1272.8
	17.	0.00 11.03 11.03	1238.1 1241.9 1245.6
	21.	0.00 11.15 11.15	1225.0 1228.8 1232.6
	40.	0.00 11.70 11.70	1167.1 1171.0 1175.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 12.79 12.79	2225.1 2234.1 2243.1

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

OPGW 13,4

1225 kgf, a 21°C, sem vento, final

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 3

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

 CABO: OPGW2 1 POR FASE

 PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 °C - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 3.00 °C

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [°C]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 16.79 16.79	1271.5 1277.1 1282.8
	21.	0.00 17.33 17.33	1231.7 1237.5 1243.4
	40.	0.00 17.93 17.93	1190.9 1197.0 1203.1
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.18 19.18	2319.6 2333.1 2346.6
FINAIS	4.	0.00 16.88 16.88	1264.2 1269.9 1275.6
	9.	0.00 17.04 17.04	1252.3 1258.1 1263.9
	17.	0.00 17.30 17.30	1233.9 1239.8 1245.6
	21.	0.00 17.43 17.43	1225.0 1230.9 1236.8
	40.	0.00 18.02 18.02	1184.8 1190.9 1197.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.26 19.26	2309.9 2323.5 2337.1

VÃO = 510.00 m CREEP = 3.00 °C

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [°C]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 17.49 17.49	1269.8 1275.7 1281.7
	21.	0.00 18.04 18.04	1231.5 1237.6 1243.7
	40.	0.00 18.63 18.63	1192.1 1198.4 1204.7
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.90 19.90	2326.2 2340.2 2354.2
FINAIS	4.	0.00 17.59 17.59	1262.8 1268.8 1274.7
	9.	0.00 17.75 17.75	1251.4 1257.4 1263.4
	17.	0.00 18.00 18.00	1233.6 1239.7 1245.8
	21.	0.00 18.13 18.13	1225.0 1231.1 1237.3
	40.	0.00 18.73 18.73	1186.1 1192.5 1198.8
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.98 19.98	2316.7 2330.8 2344.9

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 4

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

 CABO: OPGW2 1 POR FASE

 PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 24.45 24.45	1258.1 1266.3 1274.6
	21.	0.00 25.01 25.01	1229.8 1238.3 1246.7
	40.	0.00 25.63 25.63	1200.2 1208.9 1217.5
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 26.99 26.99	2374.9 2393.9 2412.9
FINAIS	4.	0.00 24.55 24.55	1253.0 1261.3 1269.6
	9.	0.00 24.71 24.72	1244.5 1252.9 1261.3
	17.	0.00 24.98 24.98	1231.4 1239.9 1248.3
	21.	0.00 25.11 25.11	1225.0 1233.5 1242.0
	40.	0.00 25.73 25.73	1195.7 1204.4 1213.1
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 27.08 27.08	2367.4 2386.4 2405.4

VÃO = 700.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 33.53 33.53	1249.7 1261.0 1272.3
	21.	0.00 34.11 34.11	1228.6 1240.1 1251.6
	40.	0.00 34.74 34.74	1206.2 1217.9 1229.6
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 36.18 36.18	2413.5 2438.8 2464.2
FINAIS	4.	0.00 33.63 33.63	1245.9 1257.2 1268.5
	9.	0.00 33.80 33.80	1239.6 1251.0 1262.4
	17.	0.00 34.07 34.07	1229.8 1241.3 1252.8
	21.	0.00 34.21 34.21	1225.0 1236.5 1248.0
	40.	0.00 34.84 34.84	1202.8 1214.5 1226.3
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 36.27 36.27	2407.5 2432.9 2458.3

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 5

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

CABO: OPGW2 1 POR FASE

PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 44.03 44.03	1244.1 1258.8 1273.6
	21.	0.00 44.62 44.62	1227.8 1242.8 1257.7
	40.	0.00 45.27 45.27	1210.3 1225.5 1240.7
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 46.77 46.77	2441.2 2473.8 2506.4
FINAIS	4.	0.00 44.14 44.14	1241.2 1256.0 1270.8
	9.	0.00 44.31 44.31	1236.3 1251.2 1266.1
	17.	0.00 44.59 44.59	1228.7 1243.7 1258.7
	21.	0.00 44.72 44.72	1225.0 1240.0 1255.0
	40.	0.00 45.37 45.37	1207.6 1222.9 1238.1
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 46.86 46.86	2436.3 2469.0 2501.7

VÃO = 900.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 55.96 55.96	1240.2 1258.9 1277.6
	21.	0.00 56.56 56.56	1227.2 1246.1 1265.0
	40.	0.00 57.22 57.22	1213.2 1232.4 1251.5
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 58.76 58.76	2461.5 2502.3 2543.2
FINAIS	4.	0.00 56.07 56.07	1237.9 1256.6 1275.3
	9.	0.00 56.24 56.25	1234.0 1252.8 1271.6
	17.	0.00 56.52 56.53	1228.0 1246.9 1265.8
	21.	0.00 56.66 56.66	1225.0 1243.9 1262.9
	40.	0.00 57.32 57.32	1211.1 1230.2 1249.4
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 58.86 58.86	2457.5 2498.4 2539.3

ANEXO 2 – COMPARAÇÃO DAS FLECHAS CONDUTOR / PÁRA-RAIOS

FLECHAS DOS CONDUTORES E PÁRA-RAIOS

VÃO	AAAC 838 kcmil (A)	DOTTEREL (B)	3/8" EAR (C)	OPGW 15,6 (D)	OPGW 13,4 (E)
300	6,97	6,27	6,27	6,27	6,27
400	12,39	11,15	11,15	11,15	11,15
500	19,37	17,43	17,43	17,44	17,43
600	27,92	25,11	25,11	25,13	25,11
700	38,05	34,21	34,21	34,23	34,21
800	49,75	44,73	44,73	44,75	44,72
900	63,05	56,67	56,67	56,70	56,66

COMPARAÇÃO DAS FLECHAS

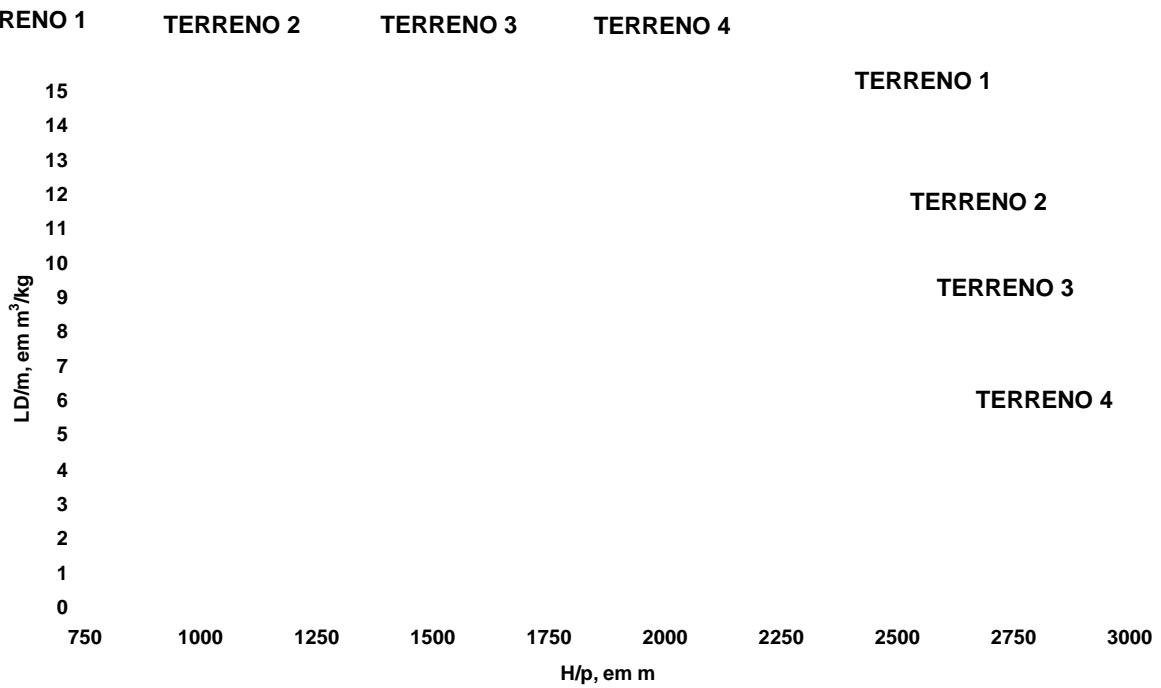
VÃO	DOTTEREL (B)/(A)	3/8" EAR (C)/(A)	OPGW 15,6 (D)/(A)	OPGW 13,4 (E)/(A)
300	0,90	0,90	0,90	0,90
400	0,90	0,90	0,90	0,90
500	0,90	0,90	0,90	0,90
600	0,90	0,90	0,90	0,90
700	0,90	0,90	0,90	0,90
800	0,90	0,90	0,90	0,90
900	0,90	0,90	0,90	0,90

Flechas a 22/21°C, sem vento, final

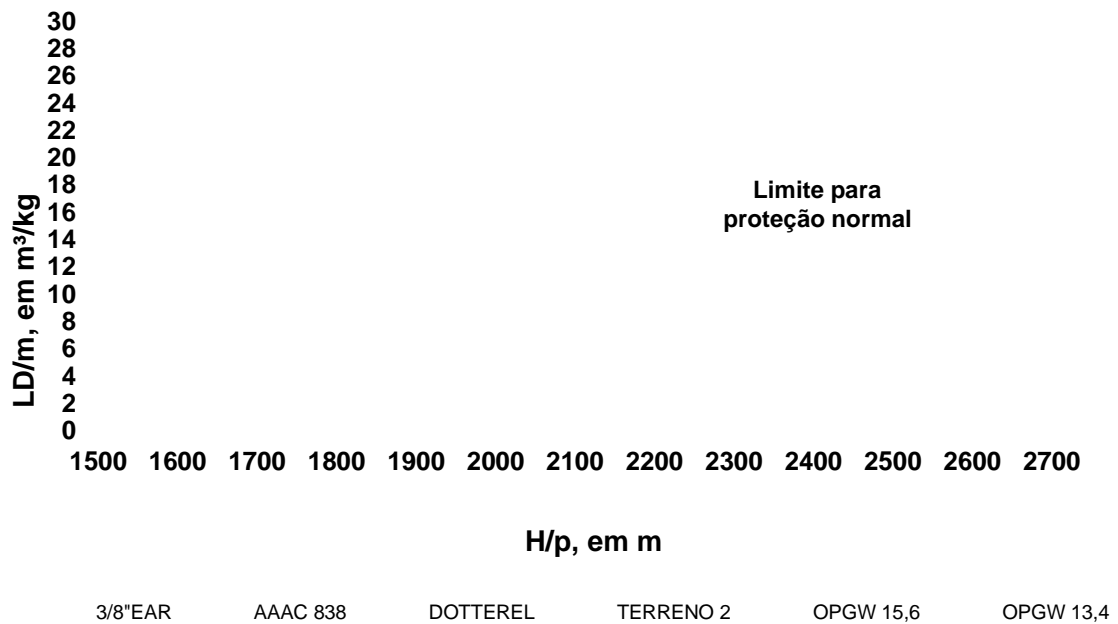
Valores em metro

ANEXO 3 - GRAFICO DE PROTEÇÃO CONTRA VIBRAÇÕES EÓLICAS

Anexo 3A – Gráfico Geral para Avaliação de Necessidade de Amortecedores



Anexo 3B – Gráfico Específico para os Cabos Condutor e Para-Raios



Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
02	15/05/17	Atendimento aos comentários da EP	AQ	JCS	
01	04/05/17	Revisado em função da adequação ao relatório de estruturas	AQ	JCS	
00	21/03/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	

EQUATORIAL TRANSMISSORA 4 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	21/03/17
TÍTULO					

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

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT4-L400-PB-ELM-0006-R02	1 de 65	02

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	CARACTERÍSTICAS DOS CABOS.....	3
3.	DADOS CLIMATOLÓGICOS	3
3.1.	Temperaturas	3
3.2.	Velocidades do Vento	3
3.3.	Pressões Decorrentes da Ação do Vento Extremo (T = 250 anos)	3
3.4.	Pressões Decorrentes da Ação do Vento Nominal (T = 50 anos).....	4
4.	CONDIÇÕES DE GOVERNO	4
5.	TABELAS DE FLECHAS E TRAÇÕES	8
6.	Critério de Proteção CONTRA VIBRAÇÃO EÓLICA	8
7.	REFERÊNCIAS.....	10
	Anexo 1 – flechas e trações	11
	Anexo 2 – Comparação das Flechas Condutor / Pára-raios	62
	Anexo 3 - Gráfico de Proteção contra Vibrações Eólicas.....	64
	Anexo 3A – Gráfico Geral para Avaliação de Necessidade de Amortecedores.....	65
	Anexo 3B – Gráfico Específico para os Cabos Condutor e Para-Raios.....	65

1. OBJETIVO

- 1.1 Definir as condições básicas de projeto a serem adotadas no cálculo mecânico dos condutores e para-raios da LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - 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 A partir das condições básicas de projeto determinar as condições de governo a serem utilizadas nos cálculos de trações e flechas dos condutores e para-raios, necessários para as várias fases dos projetos básico e executivo das LT em estudo.

2. CARACTERÍSTICAS DOS CABOS

- 2.1 O estudo para definição do condutor e para-raios consta da referência [1]. As principais características dos cabos selecionados, necessárias para seu cálculo mecânico, constam da referência (1).

3. DADOS CLIMATOLÓGICOS

3.1. Temperaturas

- LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1
 - a) Média [EDS] 22°C
 - b) Mínima absoluta 5°C
 - c) Média das mínimas inverno [coincidente com vento máximo] 17°C
- LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1
 - d) Média [EDS] 21°C
 - e) Mínima absoluta 4°C
 - f) Média das mínimas inverno [coincidente com vento máximo] 17°C

3.2. Velocidades do Vento

- LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1
 - a) Velocidade extrema [250 anos, 10 min, 10 m, cat. B] 25,00 m/s
 - b) Velocidade nominal [50 anos, 10 min, 10 m, cat. B] 22,22 m/s
- LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1
 - c) Velocidade extrema [250 anos, 10 min, 10 m, cat. B] 27,78 m/s
 - d) Velocidade nominal [50 anos, 10 min, 10 m, cat. B] 23,61 m/s

3.3. Pressões Decorrentes da Ação do Vento Extremo (T = 250 anos)

- LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1
 - a) Condutores 70 kgf/m²
 - b) Para-raios 75 kgf/m²

- LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1
- c) Condutores 87 kgf/m²
- d) Para-raios 93 kgf/m²

3.4. Pressões Decorrentes da Ação do Vento Nominal (T = 50 anos)

- LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1
- a) Condutores 56 kgf/m²
- b) Para-raios 60 kgf/m²
- LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1
- c) Condutores 63 kgf/m²
- d) Para-raios 67 kgf/m²

4. CONDIÇÕES DE GOVERNO

- 4.1 As condições básicas de projeto selecionadas para os cabos visam limitar as trações que atuam sobre os mesmos a valores que garantam sua integridade mecânica durante toda a vida útil prevista para a linha de transmissão.
- 4.2 Os limites adotados devem levar em consideração tanto as cargas resultantes da ação dos ventos de projeto como também as deformações que podem ser produzidas nos cabos por vibrações induzidas por ventos uniformes de baixa intensidade.
- 4.3 São indicados a seguir os limites para as trações nos cabos, especificados pela a ANEEL:
- a) Sob ação do vento extremo (T = 250 anos), a tração axial deve ser inferior ou no máximo igual a 70% da carga de ruptura do cabo.
 - b) Sob ação do vento nominal (T = 50 anos), a tração axial deve ser inferior ou no máximo igual a 50% da carga de ruptura do cabo.
 - c) Na condição de temperatura mínima, a tração axial deve ser inferior ou no máximo igual a 33% da carga de ruptura do cabo.
- 4.4 Respeitados os limites estabelecidos no item 4.3, as trações de projeto para os cabos para-raios serão definidas de modo que, na condição (EDS – Every day Stress – item 3.1), sem vento, final, suas flechas sejam aproximadamente iguais e limitadas a 90% das flechas correspondentes dos condutores.
- 4.5 Nos trechos de paralelismo entre as LT's 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1 (lote 14) e C2 (Lote 15) serão adotados períodos de retorno de 500 anos. O estudo mecânico a ser aplicado nos trecho paralelos consta do relatório RE-EQT4-L401-PB-ELM-0024-R00 - RELATORIOS DE CONFIABILIDADE TRECHO PARALELISMO.
- 4.6 Em função do exposto nos itens anteriores estão sendo adotadas as seguintes trações limites para os cabos selecionados:

Condições de Governo	Trações Limites				
	AAAC 838 kcmil	Dotterel	3/8 EAR	OPGW 16,75	OPGW 13,4
70% CR : Final, Vento extremo; Tração suporte (Pressão de Vento ver Item 3.3)	6629 kgf	5499 kgf	4889 kgf	6921 kgf	6633kgf
50% CR : Vento nominal; Tração suporte (Pressão de Vento ver Item 3.3)	4735 kgf	3928 kgf	3492 kgf	4944 kgf	4738 kgf
Partida: final , Sem Vento EDS, Tração horizontal	1894,2 kgf (20%)	1180 kgf (15,02%)	731 kgf (10,47%)	1374 kgf (13,90%)	1225 kgf (12,93%)
33 % CR Tração Inicial, Sem Vento, Tração suporte	3125 kgf	2592 kgf	2305 kgf	3263 kgf	3127 kgf

4.7 Abaixo segue o resumo dos resultados obtidos no programa de flechas e trações conforme anexo 1:

- LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

AAAC 838	trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
	Final, Vento extremo	3216	3352	3441	3506	3559	3605	3648
	Inicial, Sem Vento	2490	2242	2127	2070	2042	2030	2028
	final , Sem Vento, EDS	1894,2	1894,2	1894,2	1894,2	1894,2	1894,2	1894,2
CAA DOTTEREL	trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
	Final, Vento extremo	2024	2141	2221	2278	2323	2359	2392
	Inicial, Sem Vento	1372	1301	1266	1249	1241	1239	1240
	final , Sem Vento, EDS	1180	1180	1180	1180	1180	1180	1180
3/8 EAR	trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
	Final, Vento extremo	1218	1288	1334	1368	1395	1416	1435
	Inicial, Sem Vento	783	766	758	756	756	757	760
	final , Sem Vento, EDS	731	731	731	731	731	731	731

OPGW 16,75	trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
	Final, Vento extremo	2269	2390	2471	2530	2575	2613	2647
	Inicial, Sem Vento	1527	1474	1448	1436	1432	1432	1436
	final , Sem Vento, EDS	1374	1374	1374	1374	1374	1374	1374
OPGW 13,4	trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
	Final, Vento extremo	1892	1988	2052	2099	2136	2167	2194
	Inicial, Sem Vento	1340	1302	1283	1275	1272	1274	1278
	final , Sem Vento, EDS	1225	1225	1225	1225	1225	1225	1225

- LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

AAAC 838	trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
	Final, Vento extremo	3628	3832	3968	4066	4144	4209	4269
	Inicial, Sem Vento	2490	2242	2127	2070	2042	2030	2028
	final , Sem Vento, EDS	1894,2	1894,2	1894,2	1894,2	1894,2	1894,2	1894,2
CAA DOTTEREL	trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
	Final, Vento extremo	2278	2443	2558	2642	2706	2759	2804
	Inicial, Sem Vento	1372	1301	1266	1249	1241	1239	1240
	final , Sem Vento, EDS	1180	1180	1180	1180	1180	1180	1180
3/8 EAR	trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
	Final, Vento extremo	1370	1467	1534	1583	1621	1652	1678
	Inicial, Sem Vento	783	766	758	756	756	757	760
	final , Sem Vento, EDS	731	731	731	731	731	731	731

	traçoes/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
OPGW 16,75	Final, Vento extremo	2545	2717	2836	2922	2988	3042	3089
	Inicial, Sem Vento	1527	1474	1448	1436	1432	1432	1436
	final , Sem Vento, EDS	1374	1374	1374	1374	1374	1374	1374
	trações/Vão (kgf)	300	400	500	600	700	800	900
OPGW 13,4	Final, Vento extremo	2107	2243	2337	2405	2458	2502	2539
	Inicial, Sem Vento	1340	1302	1283	1275	1272	1274	1278
	final , Sem Vento, EDS	1225	1225	1225	1225	1225	1225	1225

4.8 Estão sendo verificadas nas tabelas abaixo para vãos isolados entre 300 m e 900 m, se as trações de projeto obedecem aos limites estabelecidos no item 4.3.

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

Carregamento	Tração Correspondente em kgf (1)(5)				
	AAAC 838	DOTTEREL	3/8" EAR	OPGW 16,75	OPGW 13,4
70 kgf/m ² , 17°C, final (2)	3648 (38,52%)				
75 kgf/m ² , 17°C, final (2)		2392 (30,44%)	1435 (20,55%)	2647 (26,77%)	2194 (23,15%)
s/vento, 5°C, inicial (2)	2490 (26,29%)	1372 (17,46%)	783 (11,21%)	1527 (15,44%)	1340 (14,14%)
s/vento, 22°C, final (3)	1894,2 (20,00%)	1180 (15,02%)	731 (10,47%)	1374 (13,90%)	1225 (12,93%)

(1) O valor entre parênteses indica o percentual da carga de ruptura do cabo.

(2) Trações no suporte.

(3) Tração horizontal

(5) A tração para a condição de vento extremo (T = 250 anos) está sendo limitada a 50% para o cabo condutor e para-raios Dotterel e 40% para os demais cabos para-raios, tornando desnecessária a verificação para a condição de vento nominal (T = 50 anos).

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

Carregamento	Tração Correspondente em kgf (1)(5)				
	AAAC 838	DOTTEREL	3/8" EAR	OPGW 16,75	OPGW 13,4
87 kgf/m ² , 17°C, final (2)	4269 (45,07%)				
93 kgf/m ² , 17°C, final (2)		2804 (35,69%)	1678 (24,03%)	3089 (31,24%)	2539 (26,79%)
s/vento, 4°C, inicial (2)	2490 (26,29%)	1372 (17,46%)	783 (11,21%)	1527 (15,44%)	1340 (14,14%)
s/vento, 21°C, final (3)	1894,2 (20,00%)	1180 (15,02%)	731 (10,47%)	1374 (13,90%)	1225 (12,93%)

(1) O valor entre parênteses indica o percentual da carga de ruptura do cabo.

(2) Trações no suporte.

(3) Tração horizontal

(5) A tração para a condição de vento extremo (T = 250 anos) está sendo limitada a 50% para o cabo condutor e para-raios Dotterel e 40% para os demais cabos para-raios, tornando desnecessária a verificação para a condição de vento nominal (T = 50 anos).

5. TABELAS DE FLECHAS E TRAÇÕES

5.1. A partir das condições de projeto constantes do item 4.6 anterior e dos critérios de vibração do item 6 (ver também Anexo 3) foram calculadas as flechas e trações para cada cabo, de acordo com as trações de partida apresentadas nas tabelas abaixo, extraídas do item 4.6 anterior.

Temper. Média (°C)	Trações de partida dos cabos (final, sem vento, temperatura média)				
	AAAC 838	DOTTEREL	3/8" EAR	OPGW 16,75	OPGW 13,4
22/21	1894,2 (20,00%)	1180 (15,02%)	731 (10,47%)	1374 (13,90%)	1225 (12,93%)

5.2 Os cálculos das flechas e trações foram realizados fazendo uso do programa de computador FLETRA. Os relatórios de saída do programa FLETRA constam do Anexo 1

5.3 Os cálculos foram executados para uma faixa de vãos variando de 300 m a 900 m, a qual deve cobrir a quase totalidade dos vãos esperados para a LT em estudo. No decorrer do projeto executivo, vãos básicos ou isolados que venham a estar situados fora dessa faixa serão objeto de estudo específico, respeitado o disposto no capítulo 4.

5.4 O exame dos relatórios de saída permite constatar que, partindo da tração de governo, sem vento, final, as demais condições de projeto são respeitadas, para o intervalo de vãos considerado (300 a 900 metros).

5.5 São comparadas no Anexo 2 as flechas do condutor e dos cabos para-raios para a condição de governo EDS, sem vento, final. A relação entre as flechas dos cabos para-raios e dos condutores atende o especificado no item 4.4, validando as condições de governo selecionadas.

6. CRITÉRIO DE PROTEÇÃO CONTRA VIBRAÇÃO EÓLICA

6.1 O procedimento usual de projeto consiste, portanto, em apoiar-se em resultados publicados sobre o desempenho de linhas existentes e aplicar as recomendações extraídas do comportamento dessa LT ao projeto em estudo.

6.2 No caso presente estão sendo adotadas as recomendações da Brochura 273 [5] no caso presente ou então sendo adotadas as recomendações Grupo de Trabalho CIGRE 22.11 publicadas na revista ELECTRA [4].

6.3 Como critério de avaliação da necessidade de proteção contra vibração eólica a referência citada utiliza parâmetros que levam em conta a tração atuando no cabo, sua massa unitária, a extensão do vão e o efeito da rugosidade do terreno atravessado sobre a turbulência do vento.

6.4 A análise das considerações teóricas sobre o fenômeno vibratório combinada com a experiência de campo acumulada ao longo das últimas décadas levaram o referido grupo de trabalho [4] a propor o gráfico apresentado na Figura do Anexo 3A, composto basicamente, por três áreas:

- área situada à esquerda das retas verticais aplicáveis a cada tipo de terreno, para a qual não é necessário o uso de amortecedores;
- área interna, à direita das retas verticais, abaixo da linha horizontal e à esquerda das curvas aplicáveis a cada tipo de terreno na qual os cabos podem ser seguramente protegidos pelo simples uso de amortecedores nas extremidades dos vãos;
- área situada acima do limite horizontal do gráfico e à direita das curvas aplicáveis a

cada tipo de terreno, na qual os cabos necessitam de proteções reforçadas, ou seja, maior número de amortecedores nas extremidades dos vãos e uso de armaduras pré-formadas ou grampos de suspensão tipo AGS (armor grip suspension).

6.5. Os efeitos da vibração eólica são examinados a seguir para todos os cabos a serem utilizados na LT [5] para a pior condição com temperatura mínima de 4°C. São indicadas abaixo as características físicas desses cabos:

	AAAC 838	DOTTEREL	3/8" EAR	OPGW 16,75	OPGW 13,4
D	0,02678 m	0,01542 m	0,00914 m	0,01675 m	0,0134 m
m	1,172kg/m	0,657 kg/m	0,407 kg/m	0,768 kg/m	0,682kg/m
p	1,172kg/m	0,657 kgf/m	0,407 kgf/m	0,768 kgf/m	0,682kgf/m

6.6 A seguir, os valores dos parâmetros (LD/m) e (H/p) para vãos de 300 a 900m:

AAAC 838	300	400	500	600	700	800	900
H (kgf)	2.484	2.229	2.106	2.040	2.001	1.975	1.958
LD/m (m3/kg)	6,85	9,14	11,42	13,71	15,99	18,28	20,56
H/p (m)	2.119	1.902	1.797	1.741	1.707	1.685	1.671
DOTTEREL	300	400	500	600	700	800	900
H (kgf)	1.369	1.295	1.256	1.233	1.220	1.210	1.204
LD/m (m3/kg)	7,04	9,39	11,74	14,08	16,43	18,78	21,12
H/p (m)	2.084	1.971	1.912	1.877	1.857	1.842	1.833
3/8 EAR	300	400	500	600	700	800	900
H (kgf)	781	762	752	746	742	739	738
LD/m (m3/kg)	6,74	8,98	11,23	13,47	15,72	17,97	20,21
H/p (m)	1.919	1.872	1.848	1.833	1.823	1.816	1.813
OPGW 16,75	300	400	500	600	700	800	900
H (kgf)	1.523	1.466	1.435	1.418	1.406	1.399	1.394
LD/m (m3/kg)	6,54	8,72	10,90	13,09	15,27	17,45	19,63
H/p (m)	1.983	1.909	1.868	1.846	1.831	1.822	1.815
OPGW 13,4	300	400	500	600	700	800	900
H (kgf)	1.336	1.294	1.272	1.258	1.250	1.244	1.240
LD/m (m3/kg)	5,89	7,86	9,82	11,79	13,75	15,72	17,68
H/p (m)	1.959	1.897	1.865	1.845	1.833	1.824	1.818

6.7 Plotando os valores acima utilizando os mesmos eixos da figura do anexo 3A, obtém-se as curvas mostradas na figura do anexo 3B a qual inclui também a curva limite correspondente ao terreno tipo 2 (aberto, plano, sem obstruções). A análise da figura do anexo 3B permite concluir:

- cabo condutor AAAC 838 – Vãos até 600 m caem na área em que o uso de amortecedores nas extremidades dos vãos é proteção suficiente.

- b) cabos para-raios CAA Dotterel– Vãos até 600 m caem na área em que o uso de amortecedores nas extremidades dos vãos é proteção suficiente.
 - c) cabos para - raios 3/8”– Vãos até 600 m caem na área em que o uso de amortecedores nas extremidades dos vãos é proteção suficiente.
 - d) cabos para - raios OPGW 16,75 – Vãos até 600 m caem na área em que o uso de amortecedores nas extremidades dos vãos é proteção suficiente.
 - e) cabos para - raios OPGW 13,4 – Vãos até 700 m caem na área em que o uso de amortecedores nas extremidades dos vãos é proteção suficiente.
- 6.8 Quando utilizados em vãos superiores ao limite indicado no item 6.7 anterior, os cabos condutores e os para-raios 3/8”, Dotterel, OPGW 16,75 e OPGW 13,4 devem receber proteção reforçada, a qual pode ser obtida pelo uso de uma quantidade maior de amortecedores em ambas as extremidades dos vãos.
- 6.8 Adicionalmente os cabos para-raios 3/8” e Dotterel deverão ser protegidos por armaduras pré-formadas.
- 6.9 Travessias de grandes rios e outros vãos longos que, pelas características do terreno atravessado, possam favorecer a ação de ventos uniformes com baixo nível de turbulência, devem receber sistema de amortecimento reforçado, conforme orientação do projetista da LT.
- 6.10 No decorrer do projeto executivo, após serem determinadas por ensaios de tipo [6] as características de amortecimento dos materiais efetivamente comprados, a quantidade de amortecedores por vão deverá ser reavaliada e aumentada, caso necessário, visando reduzir as amplitudes de vibração a níveis suficientemente baixos para garantir a integridade dos cabos ao longo de toda a vida útil da LT.

7. REFERÊNCIAS

- 1 Relatório RE-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
- 2 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
- 3 Relatório RE-EQT4-L400-PB-ELM-0004 VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO , preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1
- 4 ELECTRA N° 198, outubro, 2001 – Safe design tension with respect to aeolian vibrations. Part 2: damped single conductors.
- 5 Brochura 273- Overhead conductor safe design tension with respect to aeolian vibrations
- 6 Relatório RE-EQT4-L400-PB-ELM-0010 ISOLADORES E FERRAGENS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1

ANEXO 1 – FLECHAS E TRAÇÕES

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

1894,2 kgf, a 22°C, sem vento, final

70 kgf/m²

F L E T R A

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 15/ 3/2017

PÁGINA 1

PROJETO: PROJETO BASICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

CABO: AAAC 1120 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE
diâmetro = 26.78 mm coef. dilat.i =0.00002300 oC-1
área secção = 425.16 mm² coef. dilat.f =0.00002300 oC-1
peso linear = 1.1720 kgf/m mód. elast. i = 4829. kgf/mm²
carga rupt. = 9471. kgf mód. elast. f = 6526. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 70.00 kgf/m²
Carga = 2.2108 kgf/m

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
Comprimento = 0.00 m
Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1**CABO****TRAÇÃO DE PARTIDA****PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)****AAAC 838 kcmil , 37 FIOS****1894,2 kgf, a 22°C, sem vento, final****70 kgf/m²**

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 2

PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838
-----CABO: AAAC 1120 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE
-----PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO
-----VÃO = 300.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO	TEMP	F L E C H A S	T R A Ç Õ E S			
[kgf/m ²]	[oC]	CADEIA COND TOTAL	HORIZ. MÉDIA SUPORTE			
INICIAIS	5.	0.00 5.31 5.31	2483.9 2487.0 2490.1			
	22.	0.00 6.04 6.04	2184.0 2187.5 2191.1			
	55.	0.00 7.44 7.44	1772.9 1777.3 1781.6			
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00 7.28 7.28	3420.1 3428.1 3436.1			
FINAIS	5.	0.00 6.18 6.18	2134.3 2137.9 2141.5			
	10.	0.00 6.41 6.41	2056.6 2060.3 2064.1			
	17.	0.00 6.74 6.74	1958.1 1962.0 1966.0			
	22.	0.00 6.97 6.97	1894.3 1898.3 1902.4			
	55.	0.00 8.39 8.39	1573.9 1578.8 1583.7			
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00 7.78 7.78	3199.1 3207.6 3216.2			

VÃO = 400.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO	TEMP	F L E C H A S	T R A Ç Õ E S			
[kgf/m ²]	[oC]	CADEIA COND TOTAL	HORIZ. MÉDIA SUPORTE			
INICIAIS	5.	0.00 10.52 10.52	2229.4 2235.6 2241.7			
	22.	0.00 11.38 11.38	2062.6 2069.3 2075.9			
	55.	0.00 12.96 12.96	1811.8 1819.3 1826.9			
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00 12.79 12.79	3461.6 3475.7 3489.8			
FINAIS	5.	0.00 11.53 11.53	2035.0 2041.7 2048.4			
	10.	0.00 11.79 11.79	1990.8 1997.7 2004.5			
	17.	0.00 12.14 12.14	1932.9 1940.0 1947.1			
	22.	0.00 12.39 12.39	1894.3 1901.5 1908.7			
	55.	0.00 13.95 13.96	1682.4 1690.5 1698.6			
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00 13.33 13.33	3322.3 3336.9 3351.6			

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

1894,2 kgf, a 22°C, sem vento, final

70 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 3

 PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

 CABO: AAAC 1120 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

 PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 17.42 17.42	2106.3 2116.4 2126.6
	22.	0.00 18.32 18.32	2003.0 2013.7 2024.3
	55.	0.00 19.99 19.99	1836.0 1847.6 1859.2
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00 19.83 19.83	3491.3 3513.0 3534.7
FINAIS	5.	0.00 18.48 18.48	1985.6 1996.4 2007.1
	10.	0.00 18.74 18.75	1957.5 1968.4 1979.3
	17.	0.00 19.11 19.11	1919.9 1931.0 1942.1
	22.	0.00 19.37 19.37	1894.2 1905.5 1916.8
	55.	0.00 21.03 21.03	1745.9 1758.1 1770.3
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00 20.39 20.39	3396.0 3418.4 3440.7

VÃO = 510.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 18.19 18.19	2097.8 2108.4 2119.0
	22.	0.00 19.10 19.10	1998.8 2009.9 2021.0
	55.	0.00 20.78 20.78	1837.8 1849.9 1862.0
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00 20.62 20.62	3493.7 3516.3 3538.9
FINAIS	5.	0.00 19.26 19.26	1982.2 1993.4 2004.6
	10.	0.00 19.53 19.53	1955.1 1966.5 1977.9
	17.	0.00 19.90 19.90	1919.0 1930.5 1942.1
	22.	0.00 20.16 20.16	1894.2 1905.9 1917.7
	55.	0.00 21.82 21.82	1750.7 1763.4 1776.0
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00 21.18 21.18	3401.7 3424.9 3448.1

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

1894,2 kgf, a 22°C, sem vento, final

70 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 4

 PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

 CABO: AAAC 1120 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

 PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 25.92 25.92	2040.0 2055.0 2070.1
	22.	0.00 26.84 26.84	1970.0 1985.6 2001.2
	55.	0.00 28.57 28.57	1851.3 1867.9 1884.4
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00 28.42 28.42	3511.5 3542.6 3573.6
FINAIS	5.	0.00 27.01 27.01	1958.2 1973.8 1989.5
	10.	0.00 27.28 27.28	1938.7 1954.5 1970.4
	17.	0.00 27.66 27.66	1912.4 1928.4 1944.5
	22.	0.00 27.92 27.92	1894.2 1910.4 1926.6
	55.	0.00 29.63 29.63	1785.4 1802.6 1819.7
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00 28.99 28.99	3442.6 3474.2 3505.9

VÃO = 700.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 36.01 36.01	2000.5 2021.4 2042.2
	22.	0.00 36.95 36.95	1950.0 1971.4 1992.7
	55.	0.00 38.72 38.72	1861.5 1883.9 1906.2
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00 38.56 38.56	3525.5 3567.4 3609.4
FINAIS	5.	0.00 37.11 37.11	1941.4 1962.8 1984.3
	10.	0.00 37.39 37.39	1927.2 1948.8 1970.3
	17.	0.00 37.77 37.77	1907.7 1929.5 1951.3
	22.	0.00 38.04 38.05	1894.2 1916.2 1938.1
	55.	0.00 39.80 39.80	1811.4 1834.3 1857.2
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00 39.15 39.15	3473.4 3516.0 3558.6

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

1894,2 kgf, a 22°C, sem vento, final

70 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 5

 PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

 CABO: AAAC 1120 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

 PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 47.69 47.69	1975.2 2002.7 2030.1
	22.	0.00 48.64 48.64	1937.0 1965.0 1992.9
	55.	0.00 50.44 50.44	1868.6 1897.5 1926.5
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00 50.29 50.29	3535.3 3589.8 3644.3
FINAIS	5.	0.00 48.81 48.81	1930.4 1958.5 1986.5
	10.	0.00 49.09 49.09	1919.6 1947.8 1976.0
	17.	0.00 49.48 49.48	1904.7 1933.1 1961.5
	22.	0.00 49.75 49.75	1894.2 1922.8 1951.4
	55.	0.00 51.54 51.54	1829.2 1858.8 1888.3
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00 50.88 50.88	3494.7 3549.8 3604.8

VÃO = 900.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 60.97 60.97	1958.0 1992.9 2027.8
	22.	0.00 61.93 61.93	1928.1 1963.5 1998.9
	55.	0.00 63.75 63.75	1873.6 1910.0 1946.4
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00 63.60 63.60	3542.5 3611.1 3679.6
FINAIS	5.	0.00 62.10 62.10	1922.9 1958.4 1993.9
	10.	0.00 62.38 62.38	1914.3 1950.0 1985.7
	17.	0.00 62.77 62.77	1902.5 1938.4 1974.3
	22.	0.00 63.05 63.05	1894.2 1930.2 1966.3
	55.	0.00 64.86 64.87	1841.9 1878.9 1916.0
PV = 70.00 (0.00)	17.	0.00 64.20 64.20	3509.9 3579.1 3648.2

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

DOTTEREL, 12/7

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

75 kgf/m²

F L E T R A

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE
diâmetro = 15.42 mm coef. dilat.i =0.00001480 oC-1
área secção = 141.89 mm² coef. dilat.f =0.00001530 oC-1
peso linear = 0.6570 kg/m mód. elast. i = 9773. kgf/mm²
carga rupt. = 7857. kgf mód. elast. f = 10687. kgf/mm²

PARÂMETROS TENSÃO-DEFORMAÇÃO [psi]:

AO = 0.21700E-02 AM = 0.00000E+00 (6 meses)
A1 = 0.70500E-05 AA = 0.00000E+00 (1 ano)
A2 =-0.32100E-10 AF = 0.11960E+06 (10 anos)
A3 = 0.11400E-15

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 75.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 1.3301 kgf/m	Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
Comprimento = 0.00 m
Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 0.00 kgf	Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO CALCULADOS!

PERÍODO: 10 ANOS

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

DOTTEREL, 12/7

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 2

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

 CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

 PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 °C - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 11.68 °C 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [°C]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 5.40 5.40	1368.9 1370.7 1372.4
	22.	0.00 5.90 5.90	1252.6 1254.6 1256.5
	40.	0.00 6.43 6.43	1149.9 1152.0 1154.2
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 7.23 7.23	2070.4 2075.2 2080.0
FINAIS	5.	0.00 5.74 5.74	1289.0 1290.9 1292.7
	10.	0.00 5.89 5.89	1254.7 1256.6 1258.6
	17.	0.00 6.11 6.11	1209.9 1211.9 1213.9
	22.	0.00 6.27 6.27	1180.0 1182.1 1184.1
	40.	0.00 6.82 6.82	1084.9 1087.1 1089.4
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 7.44 7.44	2013.8 2018.7 2023.6

VÃO = 400.00 m CREEP = 11.64 °C 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [°C]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 10.16 10.16	1294.7 1298.1 1301.4
	22.	0.00 10.74 10.74	1224.8 1228.4 1231.9
	40.	0.00 11.34 11.34	1160.2 1163.9 1167.6
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 12.31 12.31	2163.0 2171.1 2179.3
FINAIS	5.	0.00 10.55 10.55	1247.0 1250.4 1253.9
	10.	0.00 10.73 10.73	1226.3 1229.8 1233.3
	17.	0.00 10.97 10.97	1198.8 1202.3 1205.9
	22.	0.00 11.15 11.15	1180.0 1183.6 1187.3
	40.	0.00 11.76 11.76	1118.2 1122.0 1125.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 12.54 12.54	2124.4 2132.7 2141.0

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

DOTTEREL, 12/7

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 3

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

 CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

 PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 11.63 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 16.37 16.37	1255.6 1261.0 1266.3
	22.	0.00 16.99 16.99	1210.0 1215.6 1221.1
	40.	0.00 17.63 17.63	1166.2 1172.0 1177.7
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 18.73 18.73	2223.3 2235.6 2248.0
FINAIS	5.	0.00 16.79 16.79	1224.6 1230.1 1235.6
	10.	0.00 16.98 16.98	1211.0 1216.6 1222.1
	17.	0.00 17.24 17.24	1192.7 1198.3 1203.9
	22.	0.00 17.43 17.43	1180.0 1185.7 1191.4
	40.	0.00 18.08 18.09	1137.2 1143.1 1149.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 18.97 18.97	2195.5 2208.0 2220.5

VÃO = 510.00 m CREEP = 11.63 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 17.08 17.08	1252.8 1258.4 1264.0
	22.	0.00 17.70 17.70	1209.0 1214.7 1220.5
	40.	0.00 18.34 18.34	1166.7 1172.7 1178.6
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 19.45 19.45	2228.1 2240.9 2253.7
FINAIS	5.	0.00 17.49 17.49	1223.0 1228.7 1234.4
	10.	0.00 17.68 17.68	1209.9 1215.7 1221.5
	17.	0.00 17.95 17.95	1192.2 1198.1 1203.9
	22.	0.00 18.13 18.13	1180.0 1185.9 1191.8
	40.	0.00 18.79 18.79	1138.7 1144.8 1150.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 19.68 19.68	2201.2 2214.2 2227.2

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

DOTTEREL, 12/7

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 4

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

 CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

 PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 11.63 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 24.02 24.02	1233.3 1241.1 1249.0
	22.	0.00 24.66 24.66	1201.4 1209.4 1217.5
	40.	0.00 25.33 25.33	1170.0 1178.2 1186.5
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 26.51 26.51	2263.6 2281.1 2298.5
FINAIS	5.	0.00 24.45 24.45	1211.6 1219.6 1227.6
	10.	0.00 24.65 24.65	1202.1 1210.1 1218.1
	17.	0.00 24.92 24.92	1189.1 1197.2 1205.3
	22.	0.00 25.11 25.11	1180.0 1188.2 1196.3
	40.	0.00 25.80 25.80	1148.9 1157.3 1165.7
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 26.76 26.76	2242.8 2260.4 2278.0

VÃO = 700.00 m CREEP = 11.64 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 33.10 33.10	1219.5 1230.2 1241.0
	22.	0.00 33.75 33.75	1196.0 1206.9 1217.9
	40.	0.00 34.43 34.43	1172.4 1183.6 1194.8
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 35.67 35.68	2291.5 2314.9 2338.3
FINAIS	5.	0.00 33.54 33.54	1203.5 1214.4 1225.3
	10.	0.00 33.74 33.74	1196.5 1207.4 1218.4
	17.	0.00 34.01 34.01	1186.8 1197.8 1208.9
	22.	0.00 34.21 34.21	1180.0 1191.1 1202.2
	40.	0.00 34.91 34.91	1156.4 1167.8 1179.1
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 35.93 35.93	2275.4 2298.9 2322.5

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

DOTTEREL, 12/7

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 5

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

 CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

 PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 11.66 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 43.59 43.59	1210.4 1224.5 1238.6
	22.	0.00 44.26 44.26	1192.4 1206.7 1221.0
	40.	0.00 44.95 44.95	1174.1 1188.6 1203.2
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 46.24 46.24	2311.3 2341.5 2371.7
FINAIS	5.	0.00 44.04 44.04	1198.2 1212.4 1226.7
	10.	0.00 44.24 44.25	1192.7 1207.0 1221.4
	17.	0.00 44.53 44.53	1185.3 1199.7 1214.0
	22.	0.00 44.73 44.73	1180.0 1194.5 1208.9
	40.	0.00 45.44 45.44	1161.6 1176.3 1190.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 46.50 46.50	2298.5 2328.9 2359.3

VÃO = 900.00 m CREEP = 11.68 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 55.52 55.52	1204.1 1222.0 1239.9
	22.	0.00 56.19 56.19	1189.9 1208.0 1226.1
	40.	0.00 56.90 56.90	1175.3 1193.6 1211.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 58.22 58.22	2325.8 2363.7 2401.6
FINAIS	5.	0.00 55.98 55.98	1194.5 1212.5 1230.5
	10.	0.00 56.18 56.18	1190.1 1208.2 1226.3
	17.	0.00 56.47 56.47	1184.2 1202.4 1220.5
	22.	0.00 56.67 56.67	1180.0 1198.2 1216.5
	40.	0.00 57.39 57.40	1165.2 1183.7 1202.2
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 58.49 58.49	2315.4 2353.5 2391.5

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

F L E T R A

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE
diâmetro = 9.14 mm coef. dilat.i = 0.00001152 oC-1
área secção = 51.08 mm² coef. dilat.f = 0.00001152 oC-1
peso linear = 0.4070 kgf/m mód. elast. i = 18600. kgf/mm²
carga rupt. = 6985. kgf mód. elast. f = 18200. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 75.00 kgf/m²
Carga = 0.7975 kgf/m

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
Comprimento = 0.00 m
Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 2

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

CABO: EAR 3/8"

1 POR FASE

 PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 5.87 5.87	780.8 782.0 783.2
	22.	0.00 6.27 6.27	731.0 732.3 733.6
	40.	0.00 6.68 6.68	685.5 686.8 688.2
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 7.39 7.39	1215.3 1218.2 1221.1
FINAIS	5.	0.00 5.87 5.87	780.5 781.7 782.9
	10.	0.00 5.99 5.99	765.2 766.4 767.6
	17.	0.00 6.15 6.15	744.8 746.1 747.3
	22.	0.00 6.27 6.27	731.0 732.3 733.5
	40.	0.00 6.68 6.68	685.7 687.1 688.4
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 7.41 7.41	1212.3 1215.2 1218.2

VÃO = 400.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 10.70 10.70	761.8 763.9 766.1
	22.	0.00 11.15 11.15	731.0 733.3 735.5
	40.	0.00 11.61 11.61	701.6 704.0 706.3
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 12.48 12.48	1280.1 1285.1 1290.0
FINAIS	5.	0.00 10.70 10.70	761.7 763.8 766.0
	10.	0.00 10.83 10.83	752.3 754.5 756.7
	17.	0.00 11.02 11.02	739.7 741.9 744.2
	22.	0.00 11.15 11.15	731.0 733.3 735.5
	40.	0.00 11.61 11.61	701.7 704.1 706.4
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 12.50 12.50	1277.6 1282.6 1287.6

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 3

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

 CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE

 PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 16.95 16.95	751.6 755.0 758.4
	22.	0.00 17.43 17.43	731.0 734.5 738.1
	40.	0.00 17.92 17.92	710.8 714.4 718.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 18.89 18.89	1321.5 1328.9 1336.4
FINAIS	5.	0.00 16.95 16.95	751.5 755.0 758.4
	10.	0.00 17.09 17.09	745.3 748.8 752.2
	17.	0.00 17.29 17.29	736.9 740.4 743.9
	22.	0.00 17.43 17.43	731.0 734.5 738.0
	40.	0.00 17.92 17.92	710.8 714.5 718.1
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 18.92 18.92	1319.5 1327.0 1334.4

VÃO = 510.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 17.65 17.65	750.8 754.4 758.0
	22.	0.00 18.13 18.13	731.0 734.7 738.3
	40.	0.00 18.63 18.63	711.5 715.2 719.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 19.61 19.61	1324.7 1332.5 1340.2
FINAIS	5.	0.00 17.65 17.65	750.8 754.4 757.9
	10.	0.00 17.79 17.79	744.8 748.4 752.0
	17.	0.00 17.99 17.99	736.7 740.3 744.0
	22.	0.00 18.13 18.13	731.0 734.7 738.3
	40.	0.00 18.63 18.63	711.5 715.3 719.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 19.64 19.64	1322.8 1330.5 1338.3

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 22°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 4

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

 CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE

 PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 24.62 24.62	745.6 750.6 755.6
	22.	0.00 25.11 25.11	731.0 736.1 741.1
	40.	0.00 25.63 25.63	716.3 721.5 726.7
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 26.68 26.68	1348.8 1359.3 1369.9
FINAIS	5.	0.00 24.62 24.62	745.6 750.6 755.6
	10.	0.00 24.76 24.76	741.2 746.2 751.2
	17.	0.00 24.97 24.97	735.2 740.3 745.3
	22.	0.00 25.11 25.11	731.0 736.1 741.1
	40.	0.00 25.63 25.63	716.4 721.5 726.7
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 26.71 26.71	1347.2 1357.7 1368.3

VÃO = 700.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 33.70 33.70	741.9 748.7 755.5
	22.	0.00 34.21 34.21	731.0 737.9 744.8
	40.	0.00 34.74 34.74	719.9 726.9 733.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 35.84 35.84	1367.5 1381.6 1395.7
FINAIS	5.	0.00 33.70 33.70	741.9 748.7 755.5
	10.	0.00 33.85 33.85	738.6 745.5 752.3
	17.	0.00 34.06 34.06	734.2 741.0 747.8
	22.	0.00 34.21 34.21	731.0 737.9 744.7
	40.	0.00 34.74 34.74	719.9 726.9 733.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 35.88 35.88	1366.2 1380.3 1394.5

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

3/8" EAR

731 kgf, a 22°C, sem vento, final

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 5

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

 CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE

 PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 44.21 44.21	739.4 748.3 757.1
	22.	0.00 44.73 44.73	731.0 740.0 748.9
	40.	0.00 45.27 45.27	722.4 731.4 740.5
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 46.41 46.41	1380.8 1399.0 1417.2
FINAIS	5.	0.00 44.21 44.21	739.4 748.3 757.1
	10.	0.00 44.36 44.36	736.9 745.8 754.7
	17.	0.00 44.57 44.58	733.5 742.4 751.3
	22.	0.00 44.73 44.73	731.0 740.0 748.9
	40.	0.00 45.26 45.26	722.4 731.4 740.5
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 46.45 46.45	1379.7 1397.9 1416.1

VÃO = 900.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 56.15 56.15	737.7 748.9 760.1
	22.	0.00 56.67 56.67	731.0 742.3 753.6
	40.	0.00 57.22 57.22	724.1 735.5 746.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 58.39 58.39	1390.5 1413.3 1436.1
FINAIS	5.	0.00 56.15 56.15	737.7 748.9 760.1
	10.	0.00 56.30 56.30	735.7 746.9 758.2
	17.	0.00 56.52 56.52	733.0 744.2 755.5
	22.	0.00 56.67 56.67	731.0 742.3 753.6
	40.	0.00 57.21 57.22	724.1 735.5 746.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 58.43 58.43	1389.6 1412.4 1435.2

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

OPGW 16,75

1374 kgf, a 22°C, sem vento, final

75 kgf/m²

F L E T R A

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 10/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

CABO: OPGW1 1 POR FASE
diâmetro = 16.75 mm coef. dilat.i = 0.00001550 oC-1
área secção = 159.00 mm² coef. dilat.f = 0.00001550 oC-1
peso linear = 0.7680 kgf/m mód. elast. i = 10009. kgf/mm²
carga rupt. = 9888. kgf mód. elast. f = 11116. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 75.00 kgf/m²
Carga = 1.4724 kgf/m

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
Comprimento = 0.00 m
Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

OPGW 16,75

1374 kgf, a 22°C, sem vento, final

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 2

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

 CABO: OPGW1 1 POR FASE

 PARTIDA: 1374.0 kgf = 13.90 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 5.68 5.68	1522.9 1525.1 1527.3
	22.	0.00 6.20 6.20	1394.8 1397.2 1399.6
	40.	0.00 6.74 6.74	1282.3 1284.9 1287.4
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 7.35 7.35	2254.4 2259.8 2265.2
FINAIS	5.	0.00 5.75 5.76	1502.0 1504.2 1506.4
	10.	0.00 5.91 5.91	1461.7 1464.0 1466.3
	17.	0.00 6.13 6.13	1409.1 1411.5 1413.8
	22.	0.00 6.29 6.29	1374.0 1376.4 1378.9
	40.	0.00 6.85 6.85	1262.6 1265.2 1267.8
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 7.34 7.34	2258.1 2263.5 2268.9

VÃO = 400.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 10.49 10.49	1466.0 1470.0 1474.0
	22.	0.00 11.08 11.08	1387.1 1391.4 1395.6
	40.	0.00 11.70 11.70	1314.1 1318.6 1323.1
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 12.46 12.46	2366.1 2375.2 2384.3
FINAIS	5.	0.00 10.58 10.58	1452.6 1456.6 1460.7
	10.	0.00 10.76 10.76	1428.3 1432.5 1436.6
	17.	0.00 11.01 11.01	1396.0 1400.2 1404.4
	22.	0.00 11.19 11.19	1374.0 1378.3 1382.6
	40.	0.00 11.81 11.81	1301.6 1306.1 1310.6
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 12.43 12.43	2371.5 2380.6 2389.7

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

OPGW 16,75

1374 kgf, a 22°C, sem vento, final

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 3

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

 CABO: OPGW1 1 POR FASE

 PARTIDA: 1374.0 kgf = 13.90 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 16.75 16.75	1435.4 1441.8 1448.1
	22.	0.00 17.38 17.38	1382.8 1389.5 1396.1
	40.	0.00 18.04 18.04	1332.4 1339.3 1346.2
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 18.91 18.91	2438.1 2451.9 2465.7
FINAIS	5.	0.00 16.85 16.85	1426.3 1432.7 1439.2
	10.	0.00 17.04 17.04	1410.3 1416.9 1423.4
	17.	0.00 17.31 17.31	1388.8 1395.4 1402.0
	22.	0.00 17.50 17.50	1374.0 1380.7 1387.3
	40.	0.00 18.16 18.16	1323.9 1330.8 1337.7
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 18.87 18.87	2443.4 2457.2 2471.0

VÃO = 510.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 17.45 17.45	1433.2 1439.8 1446.5
	22.	0.00 18.09 18.09	1382.5 1389.4 1396.3
	40.	0.00 18.75 18.75	1333.8 1341.0 1348.1
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 19.63 19.63	2443.8 2458.1 2472.5
FINAIS	5.	0.00 17.56 17.56	1424.4 1431.1 1437.8
	10.	0.00 17.75 17.75	1409.1 1415.9 1422.6
	17.	0.00 18.01 18.02	1388.3 1395.2 1402.1
	22.	0.00 18.20 18.20	1374.0 1381.0 1387.9
	40.	0.00 18.87 18.87	1325.6 1332.8 1340.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 19.59 19.59	2449.1 2463.4 2477.7

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

OPGW 16,75

1374 kgf, a 22°C, sem vento, final

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 4

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

 CABO: OPGW1 1 POR FASE

 PARTIDA: 1374.0 kgf = 13.90 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 24.43 24.43	1417.5 1426.8 1436.2
	22.	0.00 25.10 25.10	1380.3 1389.9 1399.4
	40.	0.00 25.78 25.78	1343.7 1353.5 1363.3
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 26.72 26.72	2486.0 2505.5 2525.0
FINAIS	5.	0.00 24.55 24.55	1411.1 1420.4 1429.8
	10.	0.00 24.74 24.74	1399.9 1409.3 1418.7
	17.	0.00 25.02 25.02	1384.6 1394.1 1403.7
	22.	0.00 25.21 25.21	1374.0 1383.6 1393.2
	40.	0.00 25.90 25.90	1337.6 1347.4 1357.3
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 26.67 26.67	2490.8 2510.2 2529.6

VÃO = 700.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 33.55 33.55	1406.4 1419.1 1431.9
	22.	0.00 34.23 34.23	1378.8 1391.7 1404.7
	40.	0.00 34.93 34.93	1351.1 1364.3 1377.6
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 35.93 35.93	2519.0 2545.1 2571.2
FINAIS	5.	0.00 33.66 33.67	1401.6 1414.4 1427.1
	10.	0.00 33.87 33.87	1393.3 1406.2 1419.0
	17.	0.00 34.15 34.15	1382.0 1394.9 1407.9
	22.	0.00 34.34 34.35	1374.0 1387.0 1400.0
	40.	0.00 35.05 35.05	1346.4 1359.7 1373.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 35.87 35.87	2523.1 2549.2 2575.2

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

OPGW 16,75

1374 kgf, a 22°C, sem vento, final

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 5

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

 CABO: OPGW1 1 POR FASE

 PARTIDA: 1374.0 kgf = 13.90 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 44.09 44.09	1399.0 1415.7 1432.4
	22.	0.00 44.78 44.78	1377.7 1394.6 1411.5
	40.	0.00 45.50 45.50	1356.1 1373.3 1390.4
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 46.54 46.54	2542.5 2576.2 2609.8
FINAIS	5.	0.00 44.21 44.21	1395.3 1412.0 1428.7
	10.	0.00 44.42 44.42	1388.9 1405.7 1422.5
	17.	0.00 44.70 44.70	1380.2 1397.1 1413.9
	22.	0.00 44.90 44.90	1374.0 1391.0 1407.9
	40.	0.00 45.62 45.62	1352.4 1369.7 1386.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 46.47 46.47	2546.0 2579.6 2613.2

VÃO = 900.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 56.07 56.07	1393.9 1415.0 1436.1
	22.	0.00 56.77 56.77	1376.9 1398.3 1419.7
	40.	0.00 57.50 57.50	1359.6 1381.2 1402.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 58.57 58.57	2559.7 2601.9 2644.0
FINAIS	5.	0.00 56.19 56.19	1390.9 1412.1 1433.2
	10.	0.00 56.40 56.40	1385.9 1407.1 1428.3
	17.	0.00 56.69 56.69	1378.9 1400.2 1421.6
	22.	0.00 56.89 56.89	1374.0 1395.4 1416.8
	40.	0.00 57.62 57.63	1356.7 1378.4 1400.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 58.50 58.50	2562.7 2604.8 2646.9

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

OPGW 13,4

1225 kgf, a 22°C, sem vento, final

75 kgf/m²

F L E T R A

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

CABO: OPGW2 1 POR FASE
diâmetro = 13.40 mm coef. dilat.i = 0.00001320 oC-1
área secção = 103.00 mm² coef. dilat.f = 0.00001320 oC-1
peso linear = 0.6820 kg/m mód. elast. i = 13800. kgf/mm²
carga rupt. = 9477. kgf mód. elast. f = 13800. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 75.00 kgf/m²
Carga = 1.2146 kgf/m

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
Comprimento = 0.00 m
Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

OPGW 13,4

1225 kgf, a 22°C, sem vento, final

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 2

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

 CABO: OPGW2 1 POR FASE

 PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 5.74 5.74	1336.4 1338.4 1340.3
	22.	0.00 6.19 6.19	1240.4 1242.5 1244.6
	40.	0.00 6.65 6.65	1153.8 1156.0 1158.3
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 7.20 7.20	1900.3 1904.6 1909.0
FINAIS	5.	0.00 5.82 5.82	1318.3 1320.3 1322.3
	10.	0.00 5.95 5.95	1289.4 1291.4 1293.4
	17.	0.00 6.14 6.14	1250.9 1253.0 1255.1
	22.	0.00 6.27 6.27	1225.0 1227.1 1229.3
	40.	0.00 6.73 6.73	1140.6 1142.9 1145.2
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 7.26 7.26	1883.3 1887.7 1892.1

VÃO = 400.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 10.55 10.55	1294.3 1297.9 1301.5
	22.	0.00 11.06 11.06	1234.8 1238.6 1242.3
	40.	0.00 11.58 11.59	1178.7 1182.6 1186.5
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 12.25 12.25	1985.0 1992.4 1999.8
FINAIS	5.	0.00 10.64 10.64	1283.3 1286.9 1290.5
	10.	0.00 10.79 10.79	1265.5 1269.1 1272.8
	17.	0.00 11.00 11.00	1241.4 1245.2 1248.9
	22.	0.00 11.15 11.15	1225.0 1228.8 1232.6
	40.	0.00 11.67 11.67	1169.9 1173.9 1177.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 12.33 12.33	1972.8 1980.3 1987.7

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

OPGW 13,4

1225 kgf, a 22°C, sem vento, final

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 3

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

 CABO: OPGW2 1 POR FASE

 PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 16.79 16.79	1271.5 1277.1 1282.8
	22.	0.00 17.33 17.33	1231.7 1237.5 1243.4
	40.	0.00 17.90 17.90	1193.0 1199.0 1205.1
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 18.65 18.65	2038.9 2050.2 2061.4
FINAIS	5.	0.00 16.88 16.88	1264.2 1269.9 1275.6
	10.	0.00 17.04 17.04	1252.3 1258.1 1263.9
	17.	0.00 17.27 17.27	1236.2 1242.1 1247.9
	22.	0.00 17.43 17.43	1225.0 1230.9 1236.8
	40.	0.00 17.99 17.99	1186.8 1192.9 1199.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 18.73 18.73	2029.8 2041.1 2052.4

VÃO = 510.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 17.49 17.49	1269.8 1275.7 1281.7
	22.	0.00 18.04 18.04	1231.5 1237.6 1243.7
	40.	0.00 18.60 18.60	1194.0 1200.3 1206.6
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 19.36 19.36	2043.2 2054.8 2066.5
FINAIS	5.	0.00 17.59 17.59	1262.8 1268.7 1274.7
	10.	0.00 17.75 17.75	1251.4 1257.4 1263.4
	17.	0.00 17.97 17.97	1235.8 1241.9 1248.0
	22.	0.00 18.13 18.13	1225.0 1231.1 1237.3
	40.	0.00 18.70 18.70	1188.1 1194.4 1200.8
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 19.45 19.45	2034.3 2046.0 2057.7

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

OPGW 13,4

1225 kgf, a 22°C, sem vento, final

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 4

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

 CABO: OPGW2 1 POR FASE

 PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 24.45 24.45	1258.1 1266.3 1274.6
	22.	0.00 25.01 25.01	1229.8 1238.3 1246.7
	40.	0.00 25.60 25.60	1201.7 1210.4 1219.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 26.41 26.41	2074.4 2090.3 2106.2
FINAIS	5.	0.00 24.55 24.55	1253.0 1261.3 1269.6
	10.	0.00 24.71 24.72	1244.5 1252.9 1261.3
	17.	0.00 24.95 24.95	1233.0 1241.5 1249.9
	22.	0.00 25.11 25.11	1225.0 1233.5 1242.0
	40.	0.00 25.70 25.70	1197.2 1205.9 1214.6
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 26.50 26.50	2067.4 2083.4 2099.3

VÃO = 700.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 33.53 33.53	1249.7 1261.0 1272.3
	22.	0.00 34.11 34.11	1228.6 1240.1 1251.6
	40.	0.00 34.71 34.71	1207.4 1219.1 1230.8
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 35.57 35.57	2098.6 2119.9 2141.2
FINAIS	5.	0.00 33.63 33.63	1245.9 1257.2 1268.5
	10.	0.00 33.80 33.80	1239.6 1251.0 1262.4
	17.	0.00 34.04 34.04	1231.0 1242.5 1254.0
	22.	0.00 34.21 34.21	1225.0 1236.5 1248.0
	40.	0.00 34.81 34.81	1203.9 1215.7 1227.4
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 35.66 35.66	2093.1 2114.5 2135.9

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

OPGW 13,4

1225 kgf, a 22°C, sem vento, final

75 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 5

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

 CABO: OPGW2 1 POR FASE

 PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 44.03 44.03	1244.1 1258.8 1273.6
	22.	0.00 44.62 44.62	1227.8 1242.8 1257.7
	40.	0.00 45.24 45.24	1211.2 1226.4 1241.6
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 46.13 46.13	2115.7 2143.2 2170.8
FINAIS	5.	0.00 44.14 44.14	1241.2 1256.0 1270.8
	10.	0.00 44.31 44.31	1236.3 1251.2 1266.1
	17.	0.00 44.55 44.55	1229.7 1244.6 1259.6
	22.	0.00 44.72 44.72	1225.0 1240.0 1255.0
	40.	0.00 45.34 45.34	1208.5 1223.7 1238.9
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 46.22 46.22	2111.3 2138.9 2166.5

VÃO = 900.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 55.96 55.96	1240.2 1258.9 1277.6
	22.	0.00 56.56 56.56	1227.2 1246.1 1265.0
	40.	0.00 57.18 57.19	1214.0 1233.1 1252.2
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 58.10 58.10	2128.1 2162.7 2197.2
FINAIS	5.	0.00 56.07 56.07	1237.9 1256.6 1275.3
	10.	0.00 56.24 56.25	1234.0 1252.8 1271.6
	17.	0.00 56.49 56.49	1228.7 1247.6 1266.5
	22.	0.00 56.66 56.66	1225.0 1243.9 1262.9
	40.	0.00 57.29 57.29	1211.8 1230.9 1250.0
PV = 75.00 (0.00)	17.	0.00 58.20 58.20	2124.5 2159.1 2193.7

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894,2 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

87 kgf/m²

F L E T R A

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: PROJETO BASICO

LT 500 KV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

CABO: AAAC 1120 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE
diâmetro = 26.78 mm coef. dilat.i =0.00002300 oC-1
área secção = 425.16 mm² coef. dilat.f =0.00002300 oC-1
peso linear = 1.1720 kgf/m mód. elast. i = 4829. kgf/mm²
carga rupt. = 9471. kgf mód. elast. f = 6526. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 87.00 kgf/m²
Carga = 2.6080 kgf/m

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
Comprimento = 0.00 m
Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 21.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894,2 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

87 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 2

 PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

 CABO: AAAC 1120 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

 PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 5.31 5.31	2483.9 2487.0 2490.1
	21.	0.00 6.04 6.04	2184.0 2187.5 2191.1
	55.	0.00 7.48 7.48	1763.1 1767.5 1771.8
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 7.74 7.74	3793.9 3804.0 3814.0
FINAIS	4.	0.00 6.18 6.18	2134.3 2137.9 2141.5
	9.	0.00 6.41 6.42	2056.6 2060.3 2064.1
	17.	0.00 6.78 6.78	1944.9 1948.9 1952.8
	21.	0.00 6.97 6.97	1894.2 1898.3 1902.4
	55.	0.00 8.43 8.43	1566.3 1571.2 1576.1
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 8.14 8.14	3606.6 3617.2 3627.7

VÃO = 400.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 10.52 10.52	2229.4 2235.6 2241.7
	21.	0.00 11.38 11.38	2062.6 2069.3 2075.9
	55.	0.00 13.00 13.00	1805.4 1812.9 1820.5
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 13.35 13.35	3912.7 3930.0 3947.3
FINAIS	4.	0.00 11.53 11.53	2034.9 2041.7 2048.4
	9.	0.00 11.79 11.79	1990.8 1997.6 2004.5
	17.	0.00 12.19 12.19	1925.0 1932.2 1939.3
	21.	0.00 12.39 12.39	1894.2 1901.5 1908.7
	55.	0.00 14.00 14.00	1677.0 1685.1 1693.3
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 13.76 13.76	3796.5 3814.3 3832.1

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894,2 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

87 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 3

 PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

CABO: AAAC 1120 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 17.42 17.42	2106.3 2116.4 2126.6
	21.	0.00 18.32 18.32	2003.0 2013.7 2024.3
	55.	0.00 20.04 20.04	1831.5 1843.1 1854.8
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 20.46 20.46	3992.7 4019.2 4045.6
FINAIS	4.	0.00 18.48 18.48	1985.7 1996.4 2007.2
	9.	0.00 18.74 18.75	1957.5 1968.4 1979.3
	17.	0.00 19.17 19.17	1914.7 1925.9 1937.0
	21.	0.00 19.37 19.37	1894.2 1905.5 1916.8
	55.	0.00 21.08 21.08	1741.9 1754.1 1766.4
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 20.87 20.87	3914.2 3941.1 3968.1

VÃO = 510.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 18.19 18.19	2097.8 2108.4 2119.0
	21.	0.00 19.10 19.10	1998.8 2009.9 2021.0
	55.	0.00 20.83 20.83	1833.5 1845.6 1857.7
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 21.25 21.25	3999.1 4026.6 4054.0
FINAIS	4.	0.00 19.26 19.26	1982.2 1993.4 2004.6
	9.	0.00 19.53 19.53	1955.2 1966.5 1977.9
	17.	0.00 19.95 19.95	1914.0 1925.6 1937.1
	21.	0.00 20.16 20.16	1894.2 1906.0 1917.7
	55.	0.00 21.87 21.87	1746.8 1759.5 1772.2
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 21.66 21.66	3923.3 3951.3 3979.3

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894,2 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

87 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 4

 PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

 CABO: AAAC 1120 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

 PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 25.92 25.92	2040.0 2055.0 2070.1
	21.	0.00 26.84 26.84	1970.0 1985.6 2001.2
	55.	0.00 28.62 28.62	1848.1 1864.6 1881.2
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 29.09 29.09	4046.8 4084.3 4121.8
FINAIS	4.	0.00 27.01 27.01	1958.2 1973.8 1989.5
	9.	0.00 27.28 27.28	1938.7 1954.5 1970.4
	17.	0.00 27.71 27.71	1908.7 1924.8 1940.8
	21.	0.00 27.92 27.92	1894.2 1910.4 1926.6
	55.	0.00 29.69 29.69	1782.4 1799.6 1816.7
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 29.50 29.50	3990.5 4028.5 4066.4

VÃO = 700.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 36.01 36.01	2000.5 2021.4 2042.2
	21.	0.00 36.95 36.95	1950.0 1971.4 1992.7
	55.	0.00 38.77 38.77	1859.0 1881.4 1903.8
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 39.27 39.27	4084.3 4134.7 4185.1
FINAIS	4.	0.00 37.11 37.11	1941.4 1962.8 1984.3
	9.	0.00 37.39 37.39	1927.2 1948.8 1970.3
	17.	0.00 37.83 37.83	1905.0 1926.9 1948.7
	21.	0.00 38.04 38.05	1894.2 1916.2 1938.1
	55.	0.00 39.85 39.85	1809.0 1832.0 1855.0
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 39.69 39.69	4042.0 4092.9 4143.8

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894,2 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

87 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 5

 PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

 CABO: AAAC 1120 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

 PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 47.69 47.69	1975.2 2002.7 2030.1
	21.	0.00 48.64 48.64	1937.0 1965.0 1992.9
	55.	0.00 50.49 50.49	1866.6 1895.6 1924.6
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 51.02 51.03	4111.0 4176.1 4241.3
FINAIS	4.	0.00 48.81 48.81	1930.4 1958.5 1986.5
	9.	0.00 49.09 49.09	1919.6 1947.8 1976.0
	17.	0.00 49.53 49.53	1902.6 1931.0 1959.5
	21.	0.00 49.75 49.75	1894.2 1922.8 1951.4
	55.	0.00 51.59 51.59	1827.3 1856.9 1886.5
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 51.44 51.44	4078.1 4143.7 4209.4

VÃO = 900.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 60.97 60.97	1958.0 1992.9 2027.8
	21.	0.00 61.93 61.93	1928.1 1963.5 1998.9
	55.	0.00 63.81 63.81	1872.0 1908.5 1944.9
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 64.36 64.36	4130.5 4212.2 4294.0
FINAIS	4.	0.00 62.10 62.10	1922.9 1958.4 1993.9
	9.	0.00 62.38 62.38	1914.3 1950.0 1985.7
	17.	0.00 62.83 62.83	1900.9 1936.8 1972.7
	21.	0.00 63.05 63.05	1894.2 1930.2 1966.3
	55.	0.00 64.92 64.92	1840.4 1877.5 1914.5
PV = 87.00 (0.00)	17.	0.00 64.78 64.78	4104.2 4186.5 4268.7

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 21° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

F L E T R A

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 4/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE
diâmetro = 15.42 mm coef. dilat.i =0.00001480 oC-1
área secção = 141.89 mm² coef. dilat.f =0.00001530 oC-1
peso linear = 0.6570 kg/m mód. elast. i = 9773. kgf/mm²
carga rupt. = 7857. kgf mód. elast. f = 10687. kgf/mm²

PARÂMETROS TENSÃO-DEFORMAÇÃO [psi]:

AO = 0.21700E-02 AM = 0.00000E+00 (6 meses)
A1 = 0.70500E-05 AA = 0.00000E+00 (1 ano)
A2 =-0.32100E-10 AF = 0.11960E+06 (10 anos)
A3 = 0.11400E-15

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 93.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 1.5774 kgf/m	Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
Comprimento = 0.00 m
Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 0.00 kgf	Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 21.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO CALCULADOS!

PERÍODO: 10 ANOS

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 21° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 2

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 11.68 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 5.40 5.40	1368.9 1370.7 1372.4
	21.	0.00 5.90 5.90	1252.6 1254.6 1256.5
	40.	0.00 6.46 6.46	1144.8 1146.9 1149.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 7.67 7.67	2316.0 2322.1 2328.1
FINAIS	4.	0.00 5.74 5.74	1289.0 1290.9 1292.7
	9.	0.00 5.89 5.89	1254.7 1256.6 1258.6
	17.	0.00 6.14 6.14	1203.8 1205.8 1207.8
	21.	0.00 6.27 6.27	1180.0 1182.0 1184.1
	40.	0.00 6.85 6.85	1080.1 1082.4 1084.6
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 7.84 7.84	2265.8 2272.0 2278.1

VÃO = 400.00 m CREEP = 11.64 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 10.16 10.16	1294.7 1298.1 1301.4
	21.	0.00 10.74 10.74	1224.8 1228.4 1231.9
	40.	0.00 11.37 11.37	1156.8 1160.5 1164.3
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 12.86 12.86	2456.9 2467.0 2477.1
FINAIS	4.	0.00 10.55 10.55	1247.0 1250.4 1253.9
	9.	0.00 10.73 10.73	1226.3 1229.8 1233.3
	17.	0.00 11.01 11.01	1194.9 1198.5 1202.1
	21.	0.00 11.15 11.15	1180.0 1183.6 1187.3
	40.	0.00 11.80 11.80	1115.0 1118.8 1122.7
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 13.04 13.04	2422.9 2433.1 2443.4

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 21° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 3

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

 CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

 PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 °C - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 11.63 °C 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [°C]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 16.37 16.37	1255.6 1261.0 1266.3
	21.	0.00 16.99 16.99	1210.0 1215.6 1221.1
	40.	0.00 17.67 17.67	1163.9 1169.7 1175.4
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.35 19.36	2551.9 2567.0 2582.1
FINAIS	4.	0.00 16.79 16.79	1224.6 1230.1 1235.6
	9.	0.00 16.98 16.98	1211.0 1216.6 1222.1
	17.	0.00 17.28 17.28	1190.1 1195.7 1201.4
	21.	0.00 17.43 17.43	1180.0 1185.7 1191.4
	40.	0.00 18.12 18.12	1135.0 1140.9 1146.8
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.54 19.54	2527.4 2542.7 2558.0

VÃO = 510.00 m CREEP = 11.63 °C 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [°C]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 17.08 17.08	1252.8 1258.4 1264.0
	21.	0.00 17.70 17.70	1209.0 1214.7 1220.5
	40.	0.00 18.38 18.38	1164.4 1170.4 1176.4
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 20.08 20.08	2559.5 2575.2 2590.9
FINAIS	4.	0.00 17.49 17.49	1223.0 1228.7 1234.4
	9.	0.00 17.68 17.68	1209.9 1215.7 1221.5
	17.	0.00 17.98 17.98	1189.7 1195.6 1201.5
	21.	0.00 18.13 18.13	1180.0 1185.9 1191.8
	40.	0.00 18.83 18.83	1136.5 1142.6 1148.7
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 20.27 20.27	2535.8 2551.7 2567.5

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 21° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 4

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

 CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

 PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 °C - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 11.63 °C 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [°C]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 24.02 24.02	1233.3 1241.1 1249.0
	21.	0.00 24.66 24.66	1201.4 1209.4 1217.5
	40.	0.00 25.37 25.37	1168.3 1176.5 1184.8
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 27.20 27.20	2617.1 2638.4 2659.6
FINAIS	4.	0.00 24.45 24.45	1211.6 1219.6 1227.6
	9.	0.00 24.65 24.65	1202.1 1210.1 1218.1
	17.	0.00 24.96 24.96	1187.2 1195.4 1203.5
	21.	0.00 25.11 25.11	1180.0 1188.2 1196.3
	40.	0.00 25.83 25.83	1147.2 1155.6 1164.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 27.39 27.39	2598.8 2620.2 2641.6

VÃO = 700.00 m CREEP = 11.64 °C 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [°C]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 33.10 33.10	1219.5 1230.2 1241.0
	21.	0.00 33.75 33.75	1196.0 1206.9 1217.9
	40.	0.00 34.47 34.47	1171.2 1182.3 1193.5
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 36.41 36.41	2663.2 2691.5 2719.8
FINAIS	4.	0.00 33.54 33.54	1203.5 1214.4 1225.3
	9.	0.00 33.74 33.74	1196.5 1207.4 1218.4
	17.	0.00 34.05 34.05	1185.4 1196.5 1207.5
	21.	0.00 34.21 34.21	1180.0 1191.1 1202.2
	40.	0.00 34.95 34.95	1155.2 1166.5 1177.8
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 36.60 36.60	2649.1 2677.6 2706.0

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 21° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 5

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

 CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

 PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 11.66 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 43.59 43.59	1210.4 1224.5 1238.6
	21.	0.00 44.26 44.26	1192.4 1206.7 1221.0
	40.	0.00 44.99 44.99	1173.1 1187.6 1202.2
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 47.01 47.01	2696.6 2733.0 2769.4
FINAIS	4.	0.00 44.04 44.04	1198.2 1212.4 1226.7
	9.	0.00 44.24 44.25	1192.7 1207.0 1221.4
	17.	0.00 44.57 44.57	1184.2 1198.6 1213.0
	21.	0.00 44.73 44.73	1180.0 1194.5 1208.9
	40.	0.00 45.48 45.48	1160.6 1175.3 1190.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 47.21 47.21	2685.4 2721.9 2758.5

VÃO = 900.00 m CREEP = 11.68 oC 10 ANOS

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 55.52 55.52	1204.1 1222.0 1239.9
	21.	0.00 56.19 56.19	1189.9 1208.0 1226.1
	40.	0.00 56.94 56.94	1174.5 1192.8 1211.1
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 59.02 59.02	2721.4 2766.9 2812.4
FINAIS	4.	0.00 55.98 55.98	1194.5 1212.5 1230.5
	9.	0.00 56.18 56.18	1190.1 1208.2 1226.3
	17.	0.00 56.51 56.51	1183.4 1201.5 1219.7
	21.	0.00 56.67 56.67	1180.0 1198.2 1216.5
	40.	0.00 57.43 57.43	1164.4 1182.9 1201.4
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 59.22 59.22	2712.2 2757.9 2803.6

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

F L E T R A

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE
diâmetro = 9.14 mm coef. dilat.i = 0.00001152 oC-1
área secção = 51.08 mm² coef. dilat.f = 0.00001152 oC-1
peso linear = 0.4070 kg/m mód. elast. i = 18600. kgf/mm²
carga rupt. = 6985. kgf mód. elast. f = 18200. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 93.00 kgf/m²
Carga = 0.9428 kgf/m

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
Comprimento = 0.00 m
Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 21.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 2

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

 CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE

 PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 5.87 5.87	780.8 782.0 783.2
	21.	0.00 6.27 6.27	731.0 732.3 733.6
	40.	0.00 6.71 6.71	683.1 684.5 685.9
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 7.77 7.77	1366.3 1370.0 1373.6
FINAIS	4.	0.00 5.87 5.87	780.5 781.7 782.9
	9.	0.00 5.99 5.99	765.2 766.4 767.6
	17.	0.00 6.17 6.17	742.0 743.3 744.5
	21.	0.00 6.27 6.27	731.0 732.3 733.6
	40.	0.00 6.70 6.70	683.4 684.7 686.1
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 7.79 7.79	1362.4 1366.0 1369.7

VÃO = 400.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 10.70 10.70	761.8 763.9 766.1
	21.	0.00 11.15 11.15	731.0 733.3 735.5
	40.	0.00 11.64 11.64	700.1 702.5 704.8
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 12.95 12.95	1458.3 1464.3 1470.4
FINAIS	4.	0.00 10.70 10.70	761.7 763.8 766.0
	9.	0.00 10.83 10.83	752.3 754.5 756.7
	17.	0.00 11.04 11.04	737.9 740.2 742.4
	21.	0.00 11.15 11.15	731.0 733.3 735.5
	40.	0.00 11.64 11.64	700.2 702.6 704.9
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 12.98 12.98	1454.8 1460.9 1467.0

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 3

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

CABO: EAR 3/8"

1 POR FASE

PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 16.95 16.95	751.6 755.0 758.4
	21.	0.00 17.43 17.43	731.0 734.5 738.1
	40.	0.00 17.95 17.95	709.7 713.3 717.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.44 19.44	1518.9 1528.0 1537.1
FINAIS	4.	0.00 16.95 16.95	751.5 755.0 758.4
	9.	0.00 17.09 17.09	745.3 748.8 752.2
	17.	0.00 17.32 17.32	735.7 739.2 742.7
	21.	0.00 17.43 17.43	731.0 734.5 738.1
	40.	0.00 17.95 17.95	709.7 713.4 717.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.47 19.47	1516.0 1525.1 1534.2

VÃO = 510.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 17.65 17.65	750.8 754.4 758.0
	21.	0.00 18.13 18.13	731.0 734.7 738.3
	40.	0.00 18.66 18.66	710.4 714.2 718.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 20.16 20.16	1523.8 1533.2 1542.6
FINAIS	4.	0.00 17.65 17.65	750.8 754.4 757.9
	9.	0.00 17.79 17.79	744.8 748.4 752.0
	17.	0.00 18.02 18.02	735.5 739.2 742.8
	21.	0.00 18.13 18.13	731.0 734.7 738.3
	40.	0.00 18.66 18.66	710.5 714.2 718.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 20.19 20.20	1521.0 1530.4 1539.8

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 4

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

 CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE

 PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 24.62 24.62	745.6 750.6 755.6
	21.	0.00 25.11 25.11	731.0 736.1 741.1
	40.	0.00 25.66 25.66	715.6 720.7 725.9
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 27.27 27.27	1560.1 1572.8 1585.5
FINAIS	4.	0.00 24.62 24.62	745.6 750.6 755.6
	9.	0.00 24.76 24.76	741.2 746.2 751.2
	17.	0.00 25.00 25.00	734.4 739.4 744.5
	21.	0.00 25.11 25.11	731.0 736.1 741.1
	40.	0.00 25.66 25.66	715.6 720.7 725.9
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 27.31 27.31	1557.7 1570.4 1583.2

VÃO = 700.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 33.70 33.70	741.9 748.7 755.5
	21.	0.00 34.21 34.21	731.0 737.9 744.8
	40.	0.00 34.77 34.77	719.3 726.3 733.3
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 36.47 36.47	1588.9 1605.9 1622.8
FINAIS	4.	0.00 33.70 33.70	741.9 748.7 755.5
	9.	0.00 33.85 33.85	738.6 745.4 752.3
	17.	0.00 34.09 34.09	733.5 740.4 747.2
	21.	0.00 34.21 34.21	731.0 737.9 744.8
	40.	0.00 34.77 34.77	719.3 726.3 733.3
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 36.52 36.52	1586.9 1603.9 1620.9

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 5

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

 CABO: EAR 3/8" 1 POR FASE

 PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 44.21 44.21	739.4 748.3 757.1
	21.	0.00 44.73 44.73	731.0 740.0 748.9
	40.	0.00 45.29 45.30	721.9 731.0 740.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 47.07 47.07	1609.6 1631.4 1653.2
FINAIS	4.	0.00 44.21 44.21	739.4 748.3 757.1
	9.	0.00 44.36 44.36	736.9 745.8 754.7
	17.	0.00 44.61 44.61	733.0 741.9 750.8
	21.	0.00 44.73 44.73	731.0 740.0 748.9
	40.	0.00 45.29 45.29	721.9 731.0 740.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 47.12 47.12	1608.0 1629.8 1651.6

VÃO = 900.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 56.15 56.15	737.7 748.9 760.1
	21.	0.00 56.67 56.67	731.0 742.3 753.6
	40.	0.00 57.25 57.25	723.7 735.1 746.5
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 59.08 59.08	1625.0 1652.2 1679.4
FINAIS	4.	0.00 56.15 56.15	737.7 748.9 760.1
	9.	0.00 56.30 56.30	735.7 746.9 758.2
	17.	0.00 56.55 56.55	732.6 743.8 755.1
	21.	0.00 56.67 56.67	731.0 742.3 753.6
	40.	0.00 57.24 57.25	723.7 735.1 746.5
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 59.13 59.13	1623.6 1650.8 1678.1

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

OPGW 16,75

TRAÇÃO DE PARTIDA

1374 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

F L E T R A

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 10/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C2

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

CABO: OPGW1 1 POR FASE
diâmetro = 16.75 mm coef. dilat.i = 0.00001550 oC-1
área secção = 159.00 mm² coef. dilat.f = 0.00001550 oC-1
peso linear = 0.7680 kg/m mód. elast. i = 10009. kgf/mm²
carga rupt. = 9888. kgf mód. elast. f = 11116. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 93.00 kgf/m²
Carga = 1.7368 kgf/m

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
Comprimento = 0.00 m
Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 21.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

OPGW 16,75

1374 kgf, a 21°C, sem vento, final

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 2

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

 CABO: OPGW1 1 POR FASE

 PARTIDA: 1374.0 kgf = 13.90 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 5.68 5.68	1522.9 1525.1 1527.3
	21.	0.00 6.20 6.20	1394.8 1397.2 1399.6
	40.	0.00 6.77 6.77	1276.6 1279.2 1281.8
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 7.76 7.76	2519.7 2526.4 2533.1
FINAIS	4.	0.00 5.75 5.76	1502.0 1504.2 1506.4
	9.	0.00 5.91 5.91	1461.8 1464.0 1466.3
	17.	0.00 6.17 6.17	1402.0 1404.4 1406.7
	21.	0.00 6.29 6.29	1374.0 1376.4 1378.8
	40.	0.00 6.88 6.88	1257.0 1259.6 1262.2
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 7.72 7.72	2531.7 2538.4 2545.1

VÃO = 400.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 10.49 10.49	1466.0 1470.0 1474.0
	21.	0.00 11.08 11.08	1387.1 1391.4 1395.6
	40.	0.00 11.74 11.74	1310.4 1314.8 1319.3
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 12.97 12.97	2682.0 2693.2 2704.4
FINAIS	4.	0.00 10.58 10.58	1452.6 1456.6 1460.7
	9.	0.00 10.76 10.76	1428.3 1432.5 1436.6
	17.	0.00 11.05 11.05	1391.5 1395.8 1400.0
	21.	0.00 11.19 11.19	1374.0 1378.3 1382.6
	40.	0.00 11.85 11.85	1297.9 1302.4 1306.9
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 12.91 12.91	2695.1 2706.2 2717.3

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

OPGW 16,75

1374 kgf, a 21°C, sem vento, final

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 3

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

 CABO: OPGW1 1 POR FASE

 PARTIDA: 1374.0 kgf = 13.90 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 16.75 16.75	1435.4 1441.8 1448.1
	21.	0.00 17.38 17.38	1382.8 1389.5 1396.1
	40.	0.00 18.08 18.08	1329.8 1336.7 1343.6
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.49 19.49	2790.2 2807.0 2823.8
FINAIS	4.	0.00 16.85 16.85	1426.3 1432.7 1439.1
	9.	0.00 17.04 17.04	1410.4 1416.9 1423.4
	17.	0.00 17.35 17.35	1385.8 1392.5 1399.1
	21.	0.00 17.50 17.50	1374.0 1380.7 1387.4
	40.	0.00 18.20 18.20	1321.3 1328.2 1335.1
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.41 19.41	2802.3 2819.0 2835.7

VÃO = 510.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 17.45 17.45	1433.2 1439.8 1446.5
	21.	0.00 18.09 18.09	1382.5 1389.4 1396.3
	40.	0.00 18.79 18.79	1331.3 1338.5 1345.6
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 20.22 20.22	2798.9 2816.3 2833.7
FINAIS	4.	0.00 17.56 17.56	1424.4 1431.1 1437.8
	9.	0.00 17.75 17.75	1409.1 1415.9 1422.6
	17.	0.00 18.05 18.05	1385.4 1392.3 1399.2
	21.	0.00 18.20 18.20	1374.0 1381.0 1387.9
	40.	0.00 18.91 18.91	1323.0 1330.2 1337.5
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 20.13 20.13	2810.8 2828.2 2845.5

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

OPGW 16,75

1374 kgf, a 21°C, sem vento, final

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 4

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

 CABO: OPGW1 1 POR FASE

 PARTIDA: 1374.0 kgf = 13.90 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 24.43 24.43	1417.5 1426.8 1436.2
	21.	0.00 25.10 25.10	1380.3 1389.9 1399.4
	40.	0.00 25.82 25.82	1341.8 1351.6 1361.4
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 27.36 27.36	2864.3 2887.8 2911.3
FINAIS	4.	0.00 24.55 24.55	1411.1 1420.4 1429.8
	9.	0.00 24.74 24.74	1399.9 1409.3 1418.7
	17.	0.00 25.06 25.06	1382.5 1392.0 1401.6
	21.	0.00 25.21 25.21	1374.0 1383.6 1393.2
	40.	0.00 25.94 25.94	1335.6 1345.5 1355.3
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 27.26 27.26	2874.8 2898.2 2921.6

VÃO = 700.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 33.55 33.55	1406.4 1419.1 1431.9
	21.	0.00 34.23 34.23	1378.8 1391.7 1404.7
	40.	0.00 34.97 34.97	1349.6 1362.8 1376.1
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 36.61 36.61	2916.3 2947.7 2979.0
FINAIS	4.	0.00 33.66 33.67	1401.6 1414.4 1427.1
	9.	0.00 33.87 33.87	1393.3 1406.2 1419.0
	17.	0.00 34.19 34.19	1380.4 1393.3 1406.3
	21.	0.00 34.34 34.35	1374.0 1387.0 1400.0
	40.	0.00 35.09 35.09	1344.9 1358.2 1371.5
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 36.49 36.49	2925.4 2956.6 2987.9

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

OPGW 16,75

TRAÇÃO DE PARTIDA

1374 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 5

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

 CABO: OPGW1 1 POR FASE

 PARTIDA: 1374.0 kgf = 13.90 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 44.09 44.09	1399.0 1415.7 1432.4
	21.	0.00 44.78 44.78	1377.7 1394.6 1411.5
	40.	0.00 45.54 45.54	1354.9 1372.1 1389.3
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 47.25 47.25	2954.0 2994.3 3034.6
FINAIS	4.	0.00 44.21 44.21	1395.3 1412.0 1428.7
	9.	0.00 44.42 44.42	1388.9 1405.7 1422.5
	17.	0.00 44.74 44.74	1378.9 1395.8 1412.7
	21.	0.00 44.90 44.90	1374.0 1391.0 1407.9
	40.	0.00 45.66 45.66	1351.3 1368.5 1385.8
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 47.13 47.13	2961.7 3001.9 3042.1

VÃO = 900.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 56.07 56.07	1393.9 1415.0 1436.1
	21.	0.00 56.77 56.77	1376.9 1398.3 1419.7
	40.	0.00 57.54 57.54	1358.7 1380.3 1401.9
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 59.31 59.31	2981.8 3032.2 3082.6
FINAIS	4.	0.00 56.19 56.19	1390.9 1412.1 1433.2
	9.	0.00 56.40 56.40	1385.9 1407.1 1428.3
	17.	0.00 56.73 56.73	1377.9 1399.3 1420.6
	21.	0.00 56.89 56.89	1374.0 1395.4 1416.8
	40.	0.00 57.67 57.67	1355.8 1377.5 1399.1
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 59.18 59.18	2988.5 3038.7 3089.0

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

F L E T R A

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

CABO: OPGW2 1 POR FASE
diâmetro = 13.40 mm coef. dilat.i = 0.00001320 oC-1
área secção = 103.00 mm² coef. dilat.f = 0.00001320 oC-1
peso linear = 0.6820 kgf/m mód. elast. i = 13800. kgf/mm²
carga rupt. = 9477. kgf mód. elast. f = 13800. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 93.00 kgf/m²
Carga = 1.4206 kgf/m

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
Comprimento = 0.00 m
Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 21.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

OPGW 13,4

1225 kgf, a 21°C, sem vento, final

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 2

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

 CABO: OPGW2 1 POR FASE

 PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 5.74 5.74	1336.4 1338.4 1340.3
	21.	0.00 6.19 6.19	1240.4 1242.5 1244.6
	40.	0.00 6.68 6.68	1149.4 1151.6 1153.9
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 7.57 7.57	2113.1 2118.5 2123.8
FINAIS	4.	0.00 5.82 5.82	1318.4 1320.4 1322.4
	9.	0.00 5.95 5.95	1289.4 1291.4 1293.4
	17.	0.00 6.16 6.16	1245.6 1247.7 1249.8
	21.	0.00 6.27 6.27	1225.0 1227.1 1229.3
	40.	0.00 6.76 6.76	1136.3 1138.6 1140.9
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 7.63 7.63	2096.1 2101.5 2106.9

VÃO = 400.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 10.55 10.55	1294.3 1297.9 1301.5
	21.	0.00 11.06 11.06	1234.8 1238.6 1242.3
	40.	0.00 11.61 11.61	1175.7 1179.7 1183.6
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 12.71 12.71	2237.7 2246.7 2255.7
FINAIS	4.	0.00 10.64 10.64	1283.3 1286.9 1290.5
	9.	0.00 10.79 10.79	1265.5 1269.1 1272.8
	17.	0.00 11.03 11.03	1238.1 1241.9 1245.6
	21.	0.00 11.15 11.15	1225.0 1228.8 1232.6
	40.	0.00 11.70 11.70	1167.1 1171.0 1175.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 12.79 12.79	2225.1 2234.1 2243.1

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

TRAÇÃO DE PARTIDA

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

OPGW 13,4

1225 kgf, a 21°C, sem vento, final

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 3

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

 CABO: OPGW2 1 POR FASE

 PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 16.79 16.79	1271.5 1277.1 1282.8
	21.	0.00 17.33 17.33	1231.7 1237.5 1243.4
	40.	0.00 17.93 17.93	1190.9 1197.0 1203.1
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.18 19.18	2319.6 2333.1 2346.6
FINAIS	4.	0.00 16.88 16.88	1264.2 1269.9 1275.6
	9.	0.00 17.04 17.04	1252.3 1258.1 1263.9
	17.	0.00 17.30 17.30	1233.9 1239.8 1245.6
	21.	0.00 17.43 17.43	1225.0 1230.9 1236.8
	40.	0.00 18.02 18.02	1184.8 1190.9 1197.0
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.26 19.26	2309.9 2323.5 2337.1

VÃO = 510.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 17.49 17.49	1269.8 1275.7 1281.7
	21.	0.00 18.04 18.04	1231.5 1237.6 1243.7
	40.	0.00 18.63 18.63	1192.1 1198.4 1204.7
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.90 19.90	2326.2 2340.2 2354.2
FINAIS	4.	0.00 17.59 17.59	1262.8 1268.8 1274.7
	9.	0.00 17.75 17.75	1251.4 1257.4 1263.4
	17.	0.00 18.00 18.00	1233.6 1239.7 1245.8
	21.	0.00 18.13 18.13	1225.0 1231.1 1237.3
	40.	0.00 18.73 18.73	1186.1 1192.5 1198.8
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 19.98 19.98	2316.7 2330.8 2344.9

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 4

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

 CABO: OPGW2 1 POR FASE

 PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 24.45 24.45	1258.1 1266.3 1274.6
	21.	0.00 25.01 25.01	1229.8 1238.3 1246.7
	40.	0.00 25.63 25.63	1200.2 1208.9 1217.5
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 26.99 26.99	2374.9 2393.9 2412.9
FINAIS	4.	0.00 24.55 24.55	1253.0 1261.3 1269.6
	9.	0.00 24.71 24.72	1244.5 1252.9 1261.3
	17.	0.00 24.98 24.98	1231.4 1239.9 1248.3
	21.	0.00 25.11 25.11	1225.0 1233.5 1242.0
	40.	0.00 25.73 25.73	1195.7 1204.4 1213.1
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 27.08 27.08	2367.4 2386.4 2405.4

VÃO = 700.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 33.53 33.53	1249.7 1261.0 1272.3
	21.	0.00 34.11 34.11	1228.6 1240.1 1251.6
	40.	0.00 34.74 34.74	1206.2 1217.9 1229.6
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 36.18 36.18	2413.5 2438.8 2464.2
FINAIS	4.	0.00 33.63 33.63	1245.9 1257.2 1268.5
	9.	0.00 33.80 33.80	1239.6 1251.0 1262.4
	17.	0.00 34.07 34.07	1229.8 1241.3 1252.8
	21.	0.00 34.21 34.21	1225.0 1236.5 1248.0
	40.	0.00 34.84 34.84	1202.8 1214.5 1226.3
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 36.27 36.27	2407.5 2432.9 2458.3

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 21°C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 250 ANOS)

93 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA: FLETRA-pág 5

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

 CABO: OPGW2 1 POR FASE

 PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 21.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 44.03 44.03	1244.1 1258.8 1273.6
	21.	0.00 44.62 44.62	1227.8 1242.8 1257.7
	40.	0.00 45.27 45.27	1210.3 1225.5 1240.7
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 46.77 46.77	2441.2 2473.8 2506.4
FINAIS	4.	0.00 44.14 44.14	1241.2 1256.0 1270.8
	9.	0.00 44.31 44.31	1236.3 1251.2 1266.1
	17.	0.00 44.59 44.59	1228.7 1243.7 1258.7
	21.	0.00 44.72 44.72	1225.0 1240.0 1255.0
	40.	0.00 45.37 45.37	1207.6 1222.9 1238.1
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 46.86 46.86	2436.3 2469.0 2501.7

VÃO = 900.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	4.	0.00 55.96 55.96	1240.2 1258.9 1277.6
	21.	0.00 56.56 56.56	1227.2 1246.1 1265.0
	40.	0.00 57.22 57.22	1213.2 1232.4 1251.5
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 58.76 58.76	2461.5 2502.3 2543.2
FINAIS	4.	0.00 56.07 56.07	1237.9 1256.6 1275.3
	9.	0.00 56.24 56.25	1234.0 1252.8 1271.6
	17.	0.00 56.52 56.53	1228.0 1246.9 1265.8
	21.	0.00 56.66 56.66	1225.0 1243.9 1262.9
	40.	0.00 57.32 57.32	1211.1 1230.2 1249.4
PV = 93.00 (0.00)	17.	0.00 58.86 58.86	2457.5 2498.4 2539.3

ANEXO 2 – COMPARAÇÃO DAS FLECHAS CONDUTOR / PÁRA-RAIOS

FLECHAS DOS CONDUTORES E PÁRA-RAIOS

VÃO	AAAC 838 kcmil (A)	DOTTEREL (B)	3/8" EAR (C)	OPGW 16,75 (D)	OPGW 13,4 (E)
300	6,97	6,27	6,27	6,29	6,27
400	12,39	11,15	11,15	11,19	11,15
500	19,37	17,43	17,43	17,50	17,43
600	27,92	25,11	25,11	25,21	25,11
700	38,05	34,21	34,21	34,35	34,21
800	49,75	44,73	44,73	44,90	44,72
900	63,05	56,67	56,67	56,89	56,66

COMPARAÇÃO DAS FLECHAS

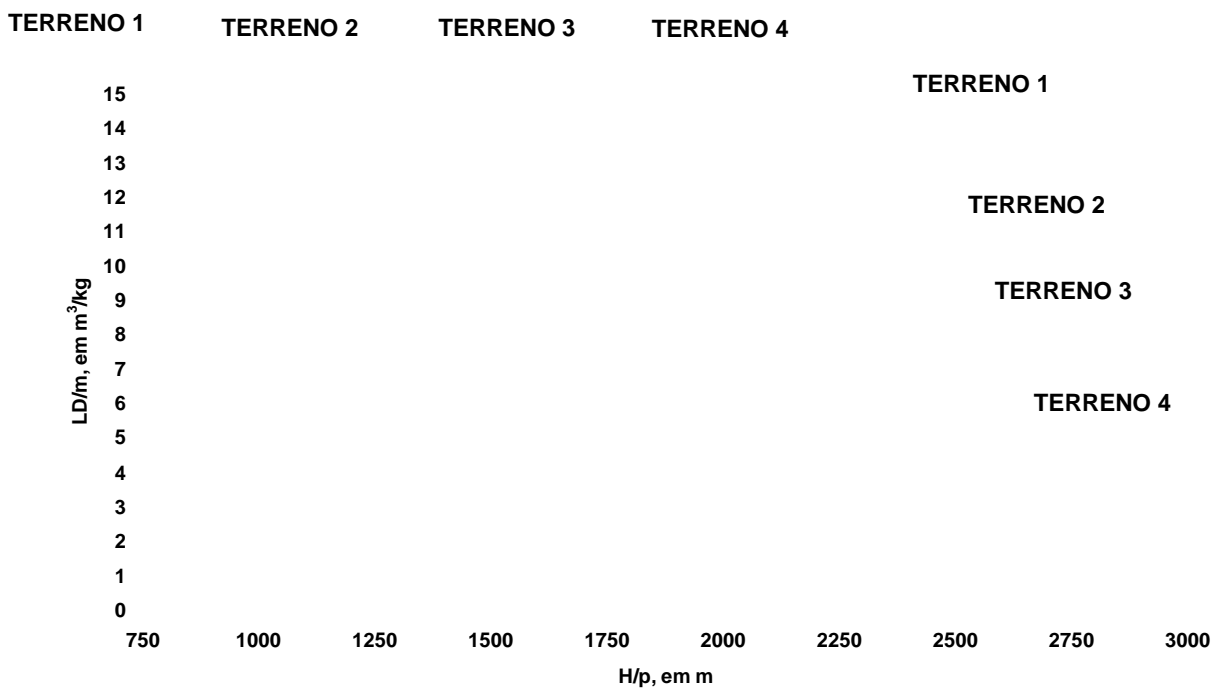
VÃO	DOTTEREL (B)/(A)	3/8" EAR (C)/(A)	OPGW 16,75 (D)/(A)	OPGW 13,4 (E)/(A)
300	0,90	0,90	0,90	0,90
400	0,90	0,90	0,90	0,90
500	0,90	0,90	0,90	0,90
600	0,90	0,90	0,90	0,90
700	0,90	0,90	0,90	0,90
800	0,90	0,90	0,90	0,90
900	0,90	0,90	0,90	0,90

Flechas a 22/21°C, sem vento, final

Valores em metro

ANEXO 3 - GRAFICO DE PROTEÇÃO CONTRA VIBRAÇÕES EÓLICAS

Anexo 3A – Gráfico Geral para Avaliação de Necessidade de Amortecedores



Anexo 3B – Gráfico Específico para os Cabos Condutor e Para-Raios

**Limite para
proteção normal**

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 DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA PARA LOCAÇÃO
DAS ESTRUTURAS

Nº DOCUMENTO

FOLHA

REVISÃO

RE-EQT4-L400-PB-ELM-0007-R00

1 de 6

00

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA – OPERAÇÃO DE LONGA DURAÇÃO.....	3
2.1.	Critério de Cálculo	3
2.2.	Distâncias de Segurança	3
2.3.	A seguir observações relativas às Distâncias de Segurança:.....	4
2.4.	Considerações Adicionais	4
2.5.	Critério Básico para Locação das Estruturas	5
3.	DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA – OPERAÇÃO DE CURTA DURAÇÃO	5
3.1.	Parâmetros Básicos.....	5
3.2.	Critério de Cálculo	5
3.3.	Distâncias de Segurança para as LT's.....	5
4.	TRAVESSIAS.....	5
5.	REFERÊNCIAS.....	6

1. OBJETIVO

- 1.1 Definir as distâncias de segurança para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1, em circuito simples pertencentes ao Lote 14 do Leilão 0013/2015 – 2º parte, devendo estas distâncias serem mantidas entre os condutores e o solo, obstáculos atravessados e obstáculos dos quais cada LT se aproxima.

2. DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA – OPERAÇÃO DE LONGA DURAÇÃO

2.1. Critério de Cálculo

As distâncias de segurança para as LT's operando em regime de longa duração na tensão máxima de operação 550 kV foram calculadas conforme metodologia indicada no capítulo 10 da NBR 5422 (1).

2.2. Distâncias de Segurança

Item	Natureza da região ou obstáculo atravessado pela linha de transmissão ou que dela se aproxima	Distância (m)		Obs.
		Calculada (NBR 5422)	Adotadas	
1.	Locais acessíveis apenas a pedestres	8,7	12,5	8
2.	Locais onde circulam máquinas agrícolas	9,18	12,5	1,8
3.	Rodovias, ruas e avenidas	10,7	12,5	7,8
4.	Ferrovias não eletrificadas	11,7	12,5	8
5.	Ferrovias eletrificadas ou com previsão de eletrificação	14,7	14,7	
6.	Suporte de linha pertencente à ferrovia	6,7	6,7	
7.	Águas navegáveis	H + 4,7	H + 4,7	2
8.	Águas não navegáveis	8,7	12,5	
9.	Linhas de transmissão ou distribuição de energia elétrica	3,9	3,9	3
10.	Linhas de telecomunicações	4,5	4,5	
11.	Telhados e terraços	6,7	6,7	4
12.	Paredes	5,7	5,7	5
13.	Instalações transportadoras	5,7	5,7	
14.	Veículos rodoviários e ferroviários	5,7	5,7	
15.	Vegetação de preservação permanente	6,7	6,7	6

2.3. A seguir observações relativas às Distâncias de Segurança:

Nº (ver tabela constante do item 2.2 anterior)

- 1 Para locação das estruturas nos desenhos de planta e perfil, os locais atravessados devem ser sempre considerados como acessíveis a máquinas agrícolas, a não ser que existam indicações inequívocas de que esse tipo de acesso não é nem será possível.
- 2 O valor “H” corresponde à altura, em metros, do maior mastro e deve ser fixado pela autoridade responsável pela navegação na via considerada, para o nível máximo de cheia ocorrido nos últimos dez anos.
- 3 A distância de segurança indicada no item 9 da tabela é para travessias sobre os cabos para-raios de outras linhas ou sobre os condutores de linhas com tensão máxima de operação (D_u) igual ou inferior a 87kV.

Para travessias sobre condutores de outra LT com tensão máxima de operação (D_u) superior a 87 kV, ao valor indicado no item 9 da tabela deve ser acrescentada a seguinte parcela (referência: item 10.3.1.5 da NBR 5422):

$$0,01 \left(\frac{D_u}{3} - 50 \right), \text{ resultando:}$$

Cruzamentos	Distância Calculada (m)	Distância Adotada (m)
138 kV	4,24	4,50
230 kV	4,80	4,80
345 kV	5,49	5,50
440 kV	6,06	6,10
500 kV	6,58	6,60

A verificação das distâncias de segurança deve ser feita com os cabos condutores e para-raios nas temperaturas que conduzam aos menores espaçamentos, a partir da mesma temperatura ambiente.

- 4 A distância de segurança indicada no item 11 da tabela é para telhados e terraços não acessíveis a pedestres. Para outras condições de uso, referir-se ao item 10.3.1.6 da NBR 5422.
- 5 A distância de segurança indicada no item 12 da tabela poderá ser reduzida, ressalvadas as disposições legais aplicáveis a cada caso, se houver acordo entre as partes para manter a parede cega, ou seja, sem portas ou janelas. Nesse caso, a distância de segurança será a indicada no item 13 da tabela.
- 6 A distância de segurança indicada no item 15 da tabela deve ser verificada em relação ao topo da vegetação.
- 7 A distância de segurança indicada no item 3 da tabela atende o critério definido no item 10.3.3 da NBR 5422 (1) (4).
- 8 O valor da distância de segurança indicada nos itens 1,2,3 e 4 foi definido em função da diferença de flecha para as temperaturas correspondentes a curta e longa duração, devido ao atendimento ao campo elétrico para curta duração (item 3) que estabelece o limite de 8,33 kv/m dentro da faixa conforme relatório de largura da faixa [4] com base nas resoluções normativas da ANEEL [6] e [7].

2.4. Considerações Adicionais

2.4.1 As distâncias de segurança, quando definidas para os cabos em repouso, devem ser

verificadas considerando o condutor na temperatura indicada no item 2.5.1, na condição final (creep de 10 anos).

2.4.2 As distâncias de segurança afetadas pelo deslocamento dos condutores e cadeias devem ser verificadas para ângulo de balanço calculado conforme NBR 5422, item 10.1.4.3, considerando velocidade do vento com período de retorno de 50 anos, 30 segundos de período de integração de temperatura coincidente (1) (3).

2.5. Critério Básico para Locação das Estruturas

2.5.1 Em função do exposto nos itens anteriores, a locação das estruturas nos desenhos de planta e perfil deve ser executada adotando-se o seguinte critério para as LT's :

Operação de Longa Duração:

- ✓ Temperatura do condutor na condição final (creep de 10 anos) 55° C
- ✓ Espaçamento vertical mínimo para o solo 12,5 m

2.5.2 A locação assim executada deverá ser verificada para operação de curta duração (condição de emergência), devendo atender o estabelecido no item 3 a seguir.

3. DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA – OPERAÇÃO DE CURTA DURAÇÃO

3.1. Parâmetros Básicos

- ✓ Tensão máxima de operação das LT's 550 kV
- ✓ Temperatura máxima do condutor (2) 60°C

3.2. Critério de Cálculo

As distâncias de segurança para operação de curta duração (condição de emergência) foram calculadas conforme metodologia indicada no NESC (5), regra 232D.

3.3. Distâncias de Segurança para a LT's

Natureza da região ou obstáculo atravessado pela LT's	Distância (m)
1. Locais acessíveis apenas a pedestres	12,20
2. Locais onde circulam máquinas agrícolas	12,20 (*)
3. Rodovias, ruas e avenidas	12,20
4. Ferrovias não eletrificadas	12,20

(*) Distância mínima definida em função do campo elétrico de acordo com resolução normativa da ANEEL nº 616 de 01 de Julho de 2014

4. TRAVESSIAS

4.1. A diretriz definitiva de cada LT será selecionada levando em conta a proximidade de aeródromos e as travessias sobre obstáculos de importância tais como linhas de transmissão, rodovias, ferrovias, grandes cursos d'água, etc.

- 4.2. No caso de travessias sobre linhas elétricas ou de telecomunicações, vias de transporte, edificações e vegetação considerada de preservação permanente, o projeto executivo incluirá a verificação do atendimento aos requisitos do capítulo 11 da NBR 5422.
- 4.3. Serão também verificadas as exigências específicas do proprietário ou concessionário do obstáculo atravessado, sempre que respaldadas pela legislação vigente.
- 4.4. A locação de torres nas proximidades de aeródromos será precedida do levantamento de dados topográficos detalhados das pistas de pouso e de sua posição relativa em relação às diretrizes das LT's.
- 4.5. De posse desses dados a projetista verificará o atendimento às exigências da Portaria do comando da Aeronáutica 256/GC5 de 13 de maio de 2011, a qual estabelece os procedimentos a serem seguidos na implantação de estruturas situadas nas proximidades de aeródromos.
- 4.6. Os desenhos e memórias de cálculo resultantes das verificações acima, tanto para travessias sobre obstáculos importantes como para aproximações de aeródromos, serão submetidos ao órgão responsável pela aprovação final da travessia, antes do início da construção do trecho das LT's em questão.

5. REFERÊNCIAS

- 1 NBR 5422 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 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-0004 VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO, 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-0008 LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO, preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1
- 5 ANSI C2–2002 – National Electrical Safety Code.
- 6 A Resolução Normativa ANEEL nº 398 de 23/03/2010
- 7 A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014

01	15/05/17	Alterado Logotipo da AG	AQ	JCS	
00	31/03/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado

EQUATORIAL TRANSMISSORA 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 DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA PARA LOCAÇÃO
DAS ESTRUTURAS

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT4-L400-PB-ELM-0007-R01	1 de 6	01

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA – OPERAÇÃO DE LONGA DURAÇÃO.....	3
2.1.	Critério de Cálculo	3
2.2.	Distâncias de Segurança	3
2.3.	A seguir observações relativas às Distâncias de Segurança:.....	4
2.4.	Considerações Adicionais	4
2.5.	Critério Básico para Locação das Estruturas	5
3.	DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA – OPERAÇÃO DE CURTA DURAÇÃO	5
3.1.	Parâmetros Básicos.....	5
3.2.	Critério de Cálculo	5
3.3.	Distâncias de Segurança para as LT's.....	5
4.	TRAVESSIAS.....	5
5.	REFERÊNCIAS.....	6

1. OBJETIVO

- 1.1 Definir as distâncias de segurança para a LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1, em circuito simples pertencentes ao Lote 14 do Leilão 0013/2015 – 2º parte, devendo estas distâncias serem mantidas entre os condutores e o solo, obstáculos atravessados e obstáculos dos quais cada LT se aproxima.

2. DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA – OPERAÇÃO DE LONGA DURAÇÃO

2.1. Critério de Cálculo

As distâncias de segurança para as LT's operando em regime de longa duração na tensão máxima de operação 550 kV foram calculadas conforme metodologia indicada no capítulo 10 da NBR 5422 (1).

2.2. Distâncias de Segurança

Item	Natureza da região ou obstáculo atravessado pela linha de transmissão ou que dela se aproxima	Distância (m)		Obs.
		Calculada (NBR 5422)	Adotadas	
1.	Locais acessíveis apenas a pedestres	8,7	12,5	8
2.	Locais onde circulam máquinas agrícolas	9,18	12,5	1,8
3.	Rodovias, ruas e avenidas	10,7	12,5	7,8
4.	Ferrovias não eletrificadas	11,7	12,5	8
5.	Ferrovias eletrificadas ou com previsão de eletrificação	14,7	14,7	
6.	Suporte de linha pertencente à ferrovia	6,7	6,7	
7.	Águas navegáveis	H + 4,7	H + 4,7	2
8.	Águas não navegáveis	8,7	12,5	
9.	Linhas de transmissão ou distribuição de energia elétrica	3,9	3,9	3
10.	Linhas de telecomunicações	4,5	4,5	
11.	Telhados e terraços	6,7	6,7	4
12.	Paredes	5,7	5,7	5
13.	Instalações transportadoras	5,7	5,7	
14.	Veículos rodoviários e ferroviários	5,7	5,7	
15.	Vegetação de preservação permanente	6,7	6,7	6

2.3. A seguir observações relativas às Distâncias de Segurança:

Nº (ver tabela constante do item 2.2 anterior)

- 1 Para locação das estruturas nos desenhos de planta e perfil, os locais atravessados devem ser sempre considerados como acessíveis a máquinas agrícolas, a não ser que existam indicações inequívocas de que esse tipo de acesso não é nem será possível.
- 2 O valor “H” corresponde à altura, em metros, do maior mastro e deve ser fixado pela autoridade responsável pela navegação na via considerada, para o nível máximo de cheia ocorrido nos últimos dez anos.
- 3 A distância de segurança indicada no item 9 da tabela é para travessias sobre os cabos para-raios de outras linhas ou sobre os condutores de linhas com tensão máxima de operação (D_u) igual ou inferior a 87kV.

Para travessias sobre condutores de outra LT com tensão máxima de operação (D_u) superior a 87 kV, ao valor indicado no item 9 da tabela deve ser acrescentada a seguinte parcela (referência: item 10.3.1.5 da NBR 5422):

$$0,01 \left(\frac{D_u}{3} - 50 \right), \text{ resultando:}$$

Cruzamentos	Distância Calculada (m)	Distância Adotada (m)
138 kV	4,24	4,50
230 kV	4,80	4,80
345 kV	5,49	5,50
440 kV	6,06	6,10
500 kV	6,58	6,60

A verificação das distâncias de segurança deve ser feita com os cabos condutores e para-raios nas temperaturas que conduzam aos menores espaçamentos, a partir da mesma temperatura ambiente.

- 4 A distância de segurança indicada no item 11 da tabela é para telhados e terraços não acessíveis a pedestres. Para outras condições de uso, referir-se ao item 10.3.1.6 da NBR 5422.
- 5 A distância de segurança indicada no item 12 da tabela poderá ser reduzida, ressalvadas as disposições legais aplicáveis a cada caso, se houver acordo entre as partes para manter a parede cega, ou seja, sem portas ou janelas. Nesse caso, a distância de segurança será a indicada no item 13 da tabela.
- 6 A distância de segurança indicada no item 15 da tabela deve ser verificada em relação ao topo da vegetação.
- 7 A distância de segurança indicada no item 3 da tabela atende o critério definido no item 10.3.3 da NBR 5422 (1) (4).
- 8 O valor da distância de segurança indicada nos itens 1,2,3 e 4 foi definido em função da diferença de flecha para as temperaturas correspondentes a curta e longa duração, devido ao atendimento ao campo elétrico para curta duração (item 3) que estabelece o limite de 8,33 kv/m dentro da faixa conforme relatório de largura da faixa [4] com base nas resoluções normativas da ANEEL [6] e [7].

2.4. Considerações Adicionais

2.4.1 As distâncias de segurança, quando definidas para os cabos em repouso, devem ser

verificadas considerando o condutor na temperatura indicada no item 2.5.1, na condição final (creep de 10 anos).

2.4.2 As distâncias de segurança afetadas pelo deslocamento dos condutores e cadeias devem ser verificadas para ângulo de balanço calculado conforme NBR 5422, item 10.1.4.3, considerando velocidade do vento com período de retorno de 50 anos, 30 segundos de período de integração de temperatura coincidente (1) (3).

2.5. Critério Básico para Locação das Estruturas

2.5.1 Em função do exposto nos itens anteriores, a locação das estruturas nos desenhos de planta e perfil deve ser executada adotando-se o seguinte critério para as LT's :

Operação de Longa Duração:

- ✓ Temperatura do condutor na condição final (creep de 10 anos) 55° C
- ✓ Espaçamento vertical mínimo para o solo 12,5 m

2.5.2 A locação assim executada deverá ser verificada para operação de curta duração (condição de emergência), devendo atender o estabelecido no item 3 a seguir.

3. DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA – OPERAÇÃO DE CURTA DURAÇÃO

3.1. Parâmetros Básicos

- ✓ Tensão máxima de operação das LT's 550 kV
- ✓ Temperatura máxima do condutor (2) 60°C

3.2. Critério de Cálculo

As distâncias de segurança para operação de curta duração (condição de emergência) foram calculadas conforme metodologia indicada no NESC (5), regra 232D.

3.3. Distâncias de Segurança para a LT's

Natureza da região ou obstáculo atravessado pela LT's	Distância (m)
1. Locais acessíveis apenas a pedestres	12,20
2. Locais onde circulam máquinas agrícolas	12,20 (*)
3. Rodovias, ruas e avenidas	12,20
4. Ferrovias não eletrificadas	12,20

(*) Distância mínima definida em função do campo elétrico de acordo com resolução normativa da ANEEL nº 616 de 01 de Julho de 2014

4. TRAVESSIAS

4.1. A diretriz definitiva de cada LT será selecionada levando em conta a proximidade de aeródromos e as travessias sobre obstáculos de importância tais como linhas de transmissão, rodovias, ferrovias, grandes cursos d'água, etc.

- 4.2. No caso de travessias sobre linhas elétricas ou de telecomunicações, vias de transporte, edificações e vegetação considerada de preservação permanente, o projeto executivo incluirá a verificação do atendimento aos requisitos do capítulo 11 da NBR 5422.
- 4.3. Serão também verificadas as exigências específicas do proprietário ou concessionário do obstáculo atravessado, sempre que respaldadas pela legislação vigente.
- 4.4. A locação de torres nas proximidades de aeródromos será precedida do levantamento de dados topográficos detalhados das pistas de pouso e de sua posição relativa em relação às diretrizes das LT's.
- 4.5. De posse desses dados a projetista verificará o atendimento às exigências da Portaria do comando da Aeronáutica 256/GC5 de 13 de maio de 2011, a qual estabelece os procedimentos a serem seguidos na implantação de estruturas situadas nas proximidades de aeródromos.
- 4.6. Os desenhos e memórias de cálculo resultantes das verificações acima, tanto para travessias sobre obstáculos importantes como para aproximações de aeródromos, serão submetidos ao órgão responsável pela aprovação final da travessia, antes do início da construção do trecho das LT's em questão.

5. REFERÊNCIAS

- 1 NBR 5422 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 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-0004 VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO, 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-0008 LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO, preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1
- 5 ANSI C2–2002 – National Electrical Safety Code.
- 6 A Resolução Normativa ANEEL nº 398 de 23/03/2010
- 7 A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014

00 31/03/17 Emissão Inicial

AQ JCS

Nº Data

Natureza da Revisão

Elaborado Verificado Aprovado

EQUATORIAL TRANSMISSORA 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 LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO

Nº DOCUMENTO

FOLHA REVISÃO

RE-EQT4-L400-PB-ELM-0008-R00

1 de 42

00

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	CRITÉRIO MECÂNICO	3
3.	EFEITO CORONA.....	4
4.	RÁDIO INTERFERÊNCIA	5
5.	RUÍDO AUDÍVEL	6
6.	CAMPO ELÉTRICO	6
7.	CAMPO MAGNÉTICO	8
8.	LARGURA ADOTADA PARA A FAIXA DE SERVIDÃO	8
9.	REFERÊNCIAS.....	9
	ANEXOS	10

1. OBJETIVO

1.1. Definir a faixa de servidão (faixa de segurança) a ser adotada no projeto da LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1, em circuito simples pertencentes ao Lote 14 do Leilão 0013/2015 – 2º parte.

2. CRITÉRIO MECÂNICO

2.1. Ângulo de Balanço dos Condutores

2.1.1 O ângulo de balanço está sendo calculado para ventos com 50 anos de período de retorno, 30 segundos de período de integração e pressões correspondentes, fazendo uso dos valores definidos na referência [2].

2.1.2 A metodologia adotada para o cálculo do ângulo de balanço é a constante do item 10.1.4.3 da referência [1], conforme reproduzido a seguir:

$$tg\beta = k \frac{q_0 \cdot d}{p(V H)} \quad \text{onde:}$$

d	diâmetro do condutor (9)
p	peso unitário do condutor (9)
V/H	relação (vão de peso)/(vão de vento) em alinhamento
q ₀	Pressão Dinâmica (3)
k	figura 7 da referência (2)

Tabela 1 – Ângulo de Balanço das Estruturas Predominantes em Alinhamento

Linhas de Transmissão	Parâmetros					Ângulo β	
	d (mm)	p (kgf/m)	V/H (pu)	q ₀ (kgf/m ²)	k (pu)	Calculado (graus)	Adotado (graus)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	26,78	1,172	0,70	57	0,32	30,8°	31°
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	26,78	1,172	0,70	68	0,32	35,1°	36°

2.2. Largura da Faixa de Servidão

2.2.1 Conhecido o ângulo de balanço dos condutores, a largura da faixa é determinada de acordo com a metodologia estabelecida no capítulo 12 da referência [1], ou seja:

$$L = 2[b + (f + l)\text{sen}\beta + d+p] \quad \text{onde:}$$

b= distância da linha de centro da estrutura ao ponto de fixação da LT

F= flecha do cabo condutor para vão médio de 510 m

l= comprimento da cadeia de isoladores e ferragens

β= ângulo de balanço do condutor e da cadeia

p= Projeção do condutor mais afastado ao eixo do feixe ($2,10/2 \times \cos\beta$)

d= $V_{MÁX} / 150$, expresso em metros LT 500 kV

Tendo como resultado:

Linhas de Transmissão	Parâmetros							Distancia	
	Vão (m)	b (m)	f (m)	l (m)	β (graus)	d (m)	p (m)	Calculado (m)	Adotado(*) (m)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	510	6,505	21,82	7,43	31°	3,67	0,9001	52,28	72,00
	600	6,505	29,63	7,43	31°	3,67	0,9001	60,32	
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	510	6,505	21,87	7,43	36°	3,67	0,8495	56,49	68,00
	600	6,505	29,69	7,43	36°	3,67	0,8495	65,69	

(*)Valor adotado para calculo elétrico-magnético estabelecido em função dos níveis de radio interferência.

3. EFEITO CORONA

3.1. Gradiente nas Fases

3.1.1 O ponto de partida para o cálculo dos valores de rádio interferência e ruído audível é o gradiente nas fases, que devem ser verificados para a tensão máxima de operação da LT, ou seja, 550 kV.

3.2. Gradiente Crítico

3.2.1 Para verificar se o de gradiente nas fases é adequado, o mesmo é comparado com o gradiente crítico determinado de acordo com a seguinte fórmula [4]:

$$G_{ct} = 21,2.m.\delta \left(1 + \frac{0,301}{\delta.r} \right) \text{ kV/cm} \quad \text{Onde:}$$

G_{ct} gradiente crítico (início do corona), em kV/cm, valor eficaz

r raio do condutor, em cm

m coeficiente representativo da superfície do condutor envelhecido ($m = 0,82$)

δ densidade relativa do ar médio para 90% do tempo para todas as LT's = 0,90
densidade relativa do ar 90% do tempo corrigido para:

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 C1 = 0,89

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino C1 = 0,90

Tendo com resultado (valor eficaz):

3.2.2 Critérios adotados:

- Nenhum subcondutor de um feixe pode apresentar gradiente superficial maior que o gradiente crítico (DRA 90% = 0,89 e 0,90);
- A média dos gradientes superficiais de cada subcondutor em cada fase não pode ser superior a 95% do gradiente crítico médio para 90% do tempo (DRA médio 90 %=0,89).

3.2.3 Resultados (valor eficaz):

Variável	limite	calculado	
	valor	máximo - todos condutores	maior média dos feixes
Crítico (DRA 90% = 0,89)	19,9	19,4	-

Variável	limite	calculado	
	valor	máximo - todos condutores	maior média dos feixes
Crítico (DRA 90% = 0,90)	20,06	19,4	-
95% Crítico (DRA MÉDIO 90% = 0,90)	19,06	-	18,9

3.2.4 Os gradientes obtidos no anexo 1, atendem aos critérios estabelecido no item 3.2.2, ou seja, não deverá ocorrer corona visual em 90 % do tempo, para as condições atmosféricas predominantes na região atravessada pela LT.

4. RÁDIO INTERFERÊNCIA

4.1 O submódulo 2.4 da ONS especifica que a relação sinal/ruído no limite da faixa de servidão, para a tensão máxima operativa, deve ser no mínimo 24 dB, para 50 % das condições climáticas ocorrendo no período de um ano. O sinal adotado para o cálculo deve ser o nível mínimo de sinal na região atravessada pela LT, conforme legislação pertinente.

4.2 Baseado no critério acima e adotando um sinal de 66 dB a 1 MHz obtém-se o nível máximo de rádio interferência admissível no limite da faixa de servidão em pelo menos 50 % de todos os tempos de um ano, ou seja:

$$Rl_{\max} \leq (66 - 24) \text{ dB} \leq 42 \text{ dB} \quad (\text{no limite da faixa de servidão})$$

4.3 O valor de rádio interferência em um eixo transversal à LT foi calculado considerando a tensão máxima de operação da LT, ou seja, 550 kV. O correspondente relatório de saída consta do Anexo 2.

4.4 O programa do Anexo 2 considera internamente as seguintes premissas básicas:

Frequência de medição do ruído	1 MHz, medido conforme norma ANSI
Resistividade do solo	100 Ω .m
DRA 50% (PU)	0,91 (LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1)
DRA 50% (PU)	0,92 (LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1)

4.5 O valor de rádio interferência com 50 % de probabilidade de não ser excedido, quando se consideram todos os tempos do ano, foi calculado partindo das seguintes premissas:

- (a) a distribuição de rádio interferência, tanto para tempo bom como para tempo ruim, é gaussiana;
- (b) o valor de rádio interferência com 1 % de probabilidade de ser excedido com tempo bom é igual ao valor de rádio interferência com 99 % de probabilidade de ser excedido com tempo ruim (Fair L1 = Foul L99);

4.6 As distribuições de tempo bom e tempo ruim assim definidas foram ponderadas em função da climatologia da região, dando origem à distribuição de todos os tempos apresentada na Figura do Anexo 2.

4.7 A partir dessa distribuição, obtém-se o nível de rádio interferência no limite da faixa com probabilidade de não ser excedido 50 % de todos os tempos do ano, o qual é indicado a seguir:

- LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1
✓ $RI_0 = 41,67$ dB (L50 todos os tempos)
- LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1
✓ $RI_0 = 41,98$ dB (L50 todos os tempos)

4.9 Como pode ser constatado, o valor de rádio interferência no limite da faixa de servidão com 50 % de probabilidade de não ser excedido, considerando-se todos os tempos do ano, atende o critério estabelecido no Anexo técnico do Edital.

5. RUÍDO AUDÍVEL

5.1 O Anexo técnico do Edital especifica que o ruído audível no limite da faixa de servidão, para a tensão máxima operativa, deve ser no máximo igual a 58 dBA, para as seguintes condições climáticas:

- durante chuva fina (< 0,00148 mm/min);
- durante névoa de 4 horas de duração;
- após chuva (primeiros 15 minutos).

5.2 O ruído audível será verificado para condições que correspondam ao condutor úmido, conforme item 5.1 anterior. Essas condições são usualmente associadas [4] ao nível de ruído com 50 % de probabilidade de ser excedido.

5.3 Os valores do ruído audível em um eixo transversal à linha de transmissão foram calculados para as condições Foul L50. O correspondente relatório de saída consta do Anexo 3.

Ruído Audível no limite da faixa (dBA)

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	55,88
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	56,17

5.4 Conforme os valores da tabela acima o valor obtido para o ruído audível no limite da faixa de servidão para a LT é inferior a 58 dBA, atendendo o critério estabelecido.

6. CAMPO ELÉTRICO

6.1 A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014 [7], especifica que o campo elétrico a um metro e meio do solo, no limite da faixa de servidão, deve ser inferior ou, no máximo, igual a 4,17 kV/m. Adicionalmente, o campo elétrico no interior da faixa de servidão não deve ser superior a 8,33 kV/m, conforme referência, levando-se em consideração a utilização que for dada a cada trecho.

6.2 O valor do campo elétrico a um metro e meio do solo em um eixo transversal à LT calculado são descritos abaixo:

Tabela 8 – Campo elétrico a 1,5 m do solo (kV/m)

Linhas de Transmissão	No interior da faixa		No limite da faixa	
	Longa duração	Curta duração	Longa duração	Curta duração
	Máquinas agrícolas e Rodovias	Máquinas agrícolas e Rodovias	Máquinas agrícolas e Rodovias	Máquinas agrícolas e Rodovias
	Altura condutor mais baixo – solo (m)			
	12,5	12,2	12,5	12,2
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	7,63	8,04	1,30	1,29
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	7,63	8,04	1,51	1,51

6.3 Os relatórios de saída constam do Anexo 4.

6.4 A tabela a seguir apresenta as correntes induzidas para os valores máximos de campo elétrico indicados no item anterior.

- LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

Tabela 9A – Corrente Induzida

Veículo	Referência Campo Elétrico	Corrente Induzida
Carreta de grande porte	8,04 kV/m	4,7 mA
Ônibus	8,04 kV/m	3,4 mA
Colheitadeira	8,04 kV/m	3,5 mA
Trator de fazenda puxando carroça	8,04 kV/m	2,6 mA
Trator de fazenda	8,04 kV/m	0,9 mA

- LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

Tabela 9B – Corrente Induzida

Veículo	Referência Campo Elétrico	Corrente Induzida
Carreta de grande porte	8,04 kV/m	4,7 mA
Ônibus	8,04 kV/m	3,4 mA
Colheitadeira	8,04 kV/m	3,5 mA
Trator de fazenda puxando carroça	8,04 kV/m	2,6 mA
Trator de fazenda	8,04 kV/m	0,9 mA

6.5 Esses valores de corrente induzida situam-se em níveis compatíveis com a utilização da faixa de servidão e atendem o limite máximo de 5,0 mA especificados.

7. CAMPO MAGNÉTICO

7.1 A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014 [7], especifica que o campo magnético no limite da faixa de servidão a um metro e meio do solo deve ser inferior ou, no máximo, igual a 160,9 A/m, equivalente a uma indução magnética de 200 μ T, e no interior da faixa de servidão não deve ser superior a 804,5 A/m, equivalente a uma indução magnética de 1000 μ T.

7.2 Os valores do campo magnético em um eixo transversal à LT foram calculados para a corrente operativa longa duração e corrente máxima curta duração (5).

7.3 O campo magnético foi calculado na largura da faixa de servidão, em um eixo perpendicular à diretriz da LT localizado em um ponto do perfil com espaçamento mínimo condutor-solo, considerando terreno plano. Conservativamente, não foram consideradas no cálculo as correntes de retorno pela terra.

7.4 O relatório de saída consta do Anexo 5. São resumidos a seguir os valores calculados:

Tabela 10 – Campo Magnético (μ T)

Linhas de Transmissão	No interior da faixa		No limite da faixa	
	Longa duração	Curta duração	Longa duração	Curta duração
	Altura feixe condutor – solo (m)			
	12,5	12,2	12,5	12,2
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	28,87	30,12	4,60	4,63
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	28,87	30,12	5,08	5,11

7.5 Os valores acima mostram que para a LT em estudo, o valor do campo magnético no interior da faixa de servidão é inferior a 160,9 A/m, atendendo o critério estabelecido.

8. LARGURA ADOTADA PARA A FAIXA DE SERVIDÃO

8.1 A faixa de servidão da linha de transmissão em estudo terá a largura indicada a seguir, a qual atende tanto o critério mecânico de balanço dos condutores como os critérios elétricos definidos no Anexo técnico do Edital:

- LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1 – 72 m
✓ **Largura da faixa de servidão adotada para as LT's = 72 m**

- LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1 – 68 m
✓ **Largura da faixa de servidão adotada para as LT's = 70 m**

8.2 A faixa de servidão selecionada está representada na Figura 6.

9. REFERÊNCIAS

- 1** NBR 5422 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 2** Relatório RE-EQT4-L400-PB-ELM-0004 VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO, 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-0003 DADOS CLIMATOLÓGICOS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1
- 4** Transmission line reference book, 345 kV and above, second edition, 1982.
- 5** 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
- 6** Relatório RE-EQT4-L400-PB-ELM-0007 DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA PARA LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1
- 7** A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014
- 8** A Resolução Normativa ANEEL nº 398 de 23/03/2010

ANEXOS

Anexo 1 – Relatórios de Saída – Gradiente Superficial

GRADIENTE SUPERFICIAL PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1 DO LOTE
14 LEILAO 013/2015 - 2º PARTE

MÁXIMOS GRADIENTES SUPERFICIAIS :

	Posição no feixe	CE (kV/cm)
Fase A	1	18,3
	2	19,1
	3	18,4
	4	16,0
	5	14,3
	6	15,9
Fase B	1	19,4
	2	17,9
	3	19,3
	4	19,3
	5	17,9
	6	19,4
Fase C	1	15,9
	2	14,3
	3	16,0
	4	18,4
	5	19,1
	6	18,3
MEDIA (MAIOR VALOR FASE CENTRAL)		18,9
MAXIMA (MAIOR VALOR FASE CENTRAL)		19,4

GRADIENTE SUPERFICIAL PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C1
DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

MÁXIMOS GRADIENTES SUPERFICIAIS :

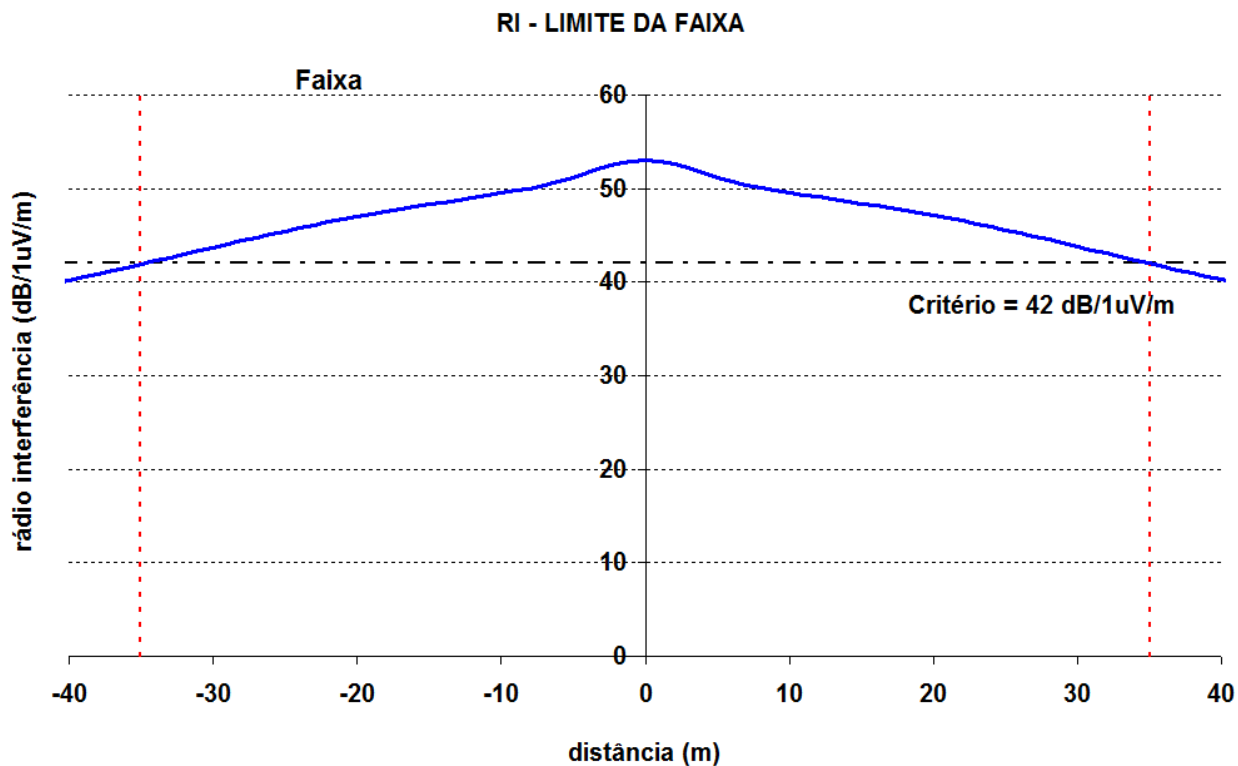
	Posição no feixe	CE (kV/cm)
Fase A	1	18,3
	2	19,1
	3	18,4
	4	16,0
	5	14,3
	6	15,9
Fase B	1	19,4
	2	17,9
	3	19,3
	4	19,3
	5	17,9
	6	19,4
Fase C	1	15,9
	2	14,3
	3	16,0
	4	18,4
	5	19,1
	6	18,3
MEDIA (MAIOR VALOR FASE CENTRAL)		18,9
MAXIMA (MAIOR VALOR FASE CENTRAL)		19,4

Anexo 2 – Relatórios de Saída – Rádio Interferência, RI-QP (dB), 1 MHz

PERFIL DE RADIO INTERFERENCIA PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1
DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

Distância	RI limite	Distância	RI limite
	faixa		faixa
-36	41.57	1	52.95
-35	41.92	2	52.65
-34	42.28	3	52.20
-33	42.63	4	51.68
-32	42.99	5	51.16
-31	43.35	6	50.70
-30	43.71	7	50.33
-29	44.07	8	50.03
-28	44.42	9	49.79
-27	44.78	10	49.56
-26	45.12	11	49.33
-25	45.47	12	49.09
-24	45.80	13	48.86
-23	46.13	14	48.63
-22	46.44	15	48.40
-21	46.74	16	48.16
-20	47.03	17	47.93
-19	47.31	18	47.68
-18	47.57	19	47.42
-17	47.82	20	47.14
-16	48.07	21	46.86
-15	48.31	22	46.55
-14	48.54	23	46.24
-13	48.79	24	45.91
-12	49.03	25	45.58
-11	49.28	26	45.24
-10	49.52	27	44.89
-9	49.76	28	44.53
-8	50.02	29	44.18
-7	50.32	30	43.82
-6	50.70	31	43.46
-5	51.17	32	43.09
-4	51.69	33	42.73
-3	52.21	34	42.38
-2	52.66	35	42.02
-1	52.96	36	41.67
0	53.06		

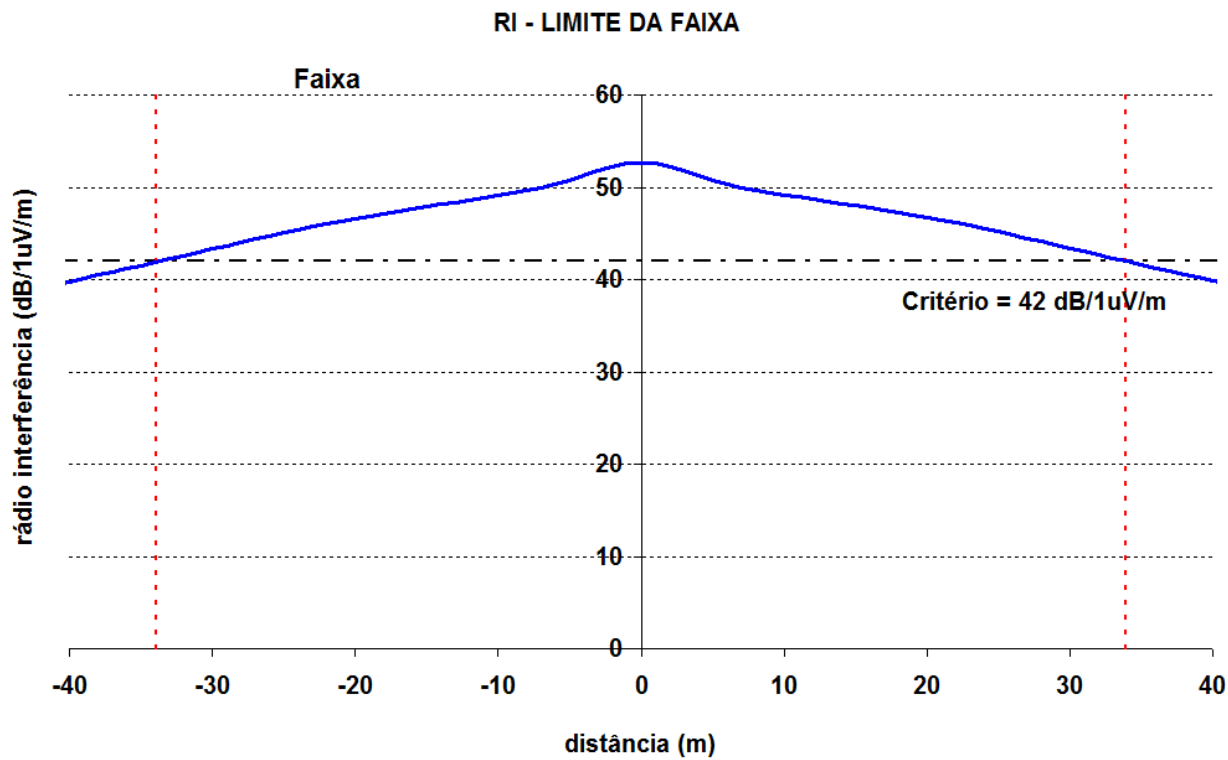
FIGURA PERFIL DE RI PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1 DO LOTE 14
LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE



PERFIL DE RADIO INTERFERENCIA PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE
JUSCELINO - C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

Distância	RI limite	Distância	RI limite
	faixa		faixa
-34	41,88	1	52,55
-33	42,23	2	52,25
-32	42,59	3	51,80
-31	42,95	4	51,28
-30	43,31	5	50,76
-29	43,67	6	50,30
-28	44,02	7	49,93
-27	44,38	8	49,63
-26	44,72	9	49,39
-25	45,07	10	49,16
-24	45,40	11	48,93
-23	45,73	12	48,69
-22	46,04	13	48,46
-21	46,34	14	48,23
-20	46,63	15	48,00
-19	46,91	16	47,76
-18	47,17	17	47,53
-17	47,42	18	47,28
-16	47,67	19	47,02
-15	47,91	20	46,74
-14	48,14	21	46,46
-13	48,39	22	46,15
-12	48,63	23	45,84
-11	48,88	24	45,51
-10	49,12	25	45,18
-9	49,36	26	44,84
-8	49,62	27	44,49
-7	49,92	28	44,13
-6	50,30	29	43,78
-5	50,77	30	43,42
-4	51,29	31	43,06
-3	51,81	32	42,69
-2	52,26	33	42,33
-1	52,56	34	41,98
0	52,66		

FIGURA PERFIL DE RI PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C1 DO
LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE



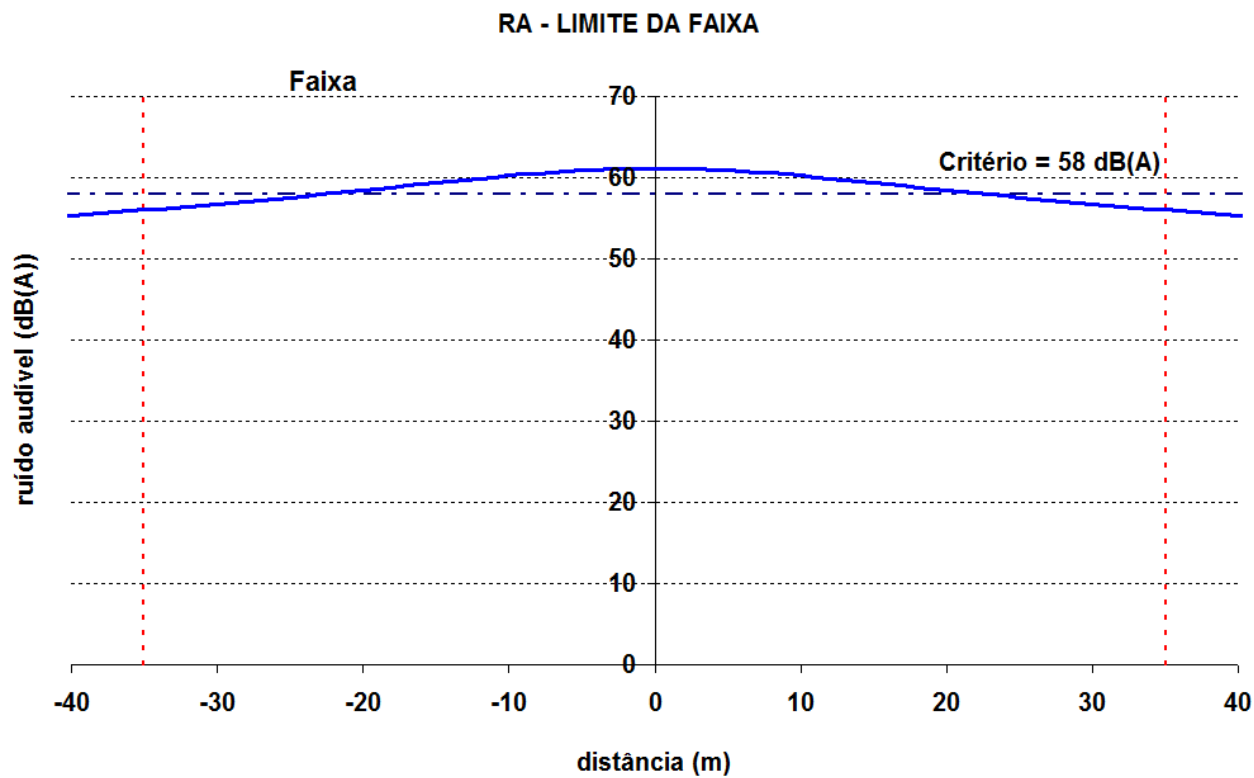
Anexo 3 – Relatórios de Saída – Ruído Audível, Tempo Ruim

PERFIL DE RUIDO AUDIVEL PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1 DO LOTE
14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

PERFIL DE RUIDO AUDÍVEL:

Distância	RA limite		Distância	RA limite	
		faixa			faixa
-36		55.88	1		61.15
-35		56.02	2		61.12
-34		56.16	3		61.07
-33		56.31	4		61.00
-32		56.46	5		60.91
-31		56.61	6		60.80
-30		56.76	7		60.68
-29		56.91	8		60.55
-28		57.07	9		60.40
-27		57.23	10		60.24
-26		57.40	11		60.08
-25		57.56	12		59.90
-24		57.73	13		59.73
-23		57.90	14		59.54
-22		58.08	15		59.36
-21		58.26	16		59.18
-20		58.44	17		58.99
-19		58.62	18		58.81
-18		58.80	19		58.62
-17		58.99	20		58.44
-16		59.17	21		58.26
-15		59.36	22		58.08
-14		59.54	23		57.91
-13		59.72	24		57.74
-12		59.90	25		57.57
-11		60.07	26		57.40
-10		60.24	27		57.24
-9		60.40	28		57.08
-8		60.54	29		56.92
-7		60.68	30		56.76
-6		60.80	31		56.61
-5		60.91	32		56.46
-4		60.99	33		56.31
-3		61.06	34		56.17
-2		61.12	35		56.02
-1		61.15	36		55.88
0		61.16			

FIGURA PERFIL DE RUÍDO AUDÍVEL -FOUL L50 (dBA) PARA LT 500 KV IGAPORÃ III -
JANAÚBA 3 - C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

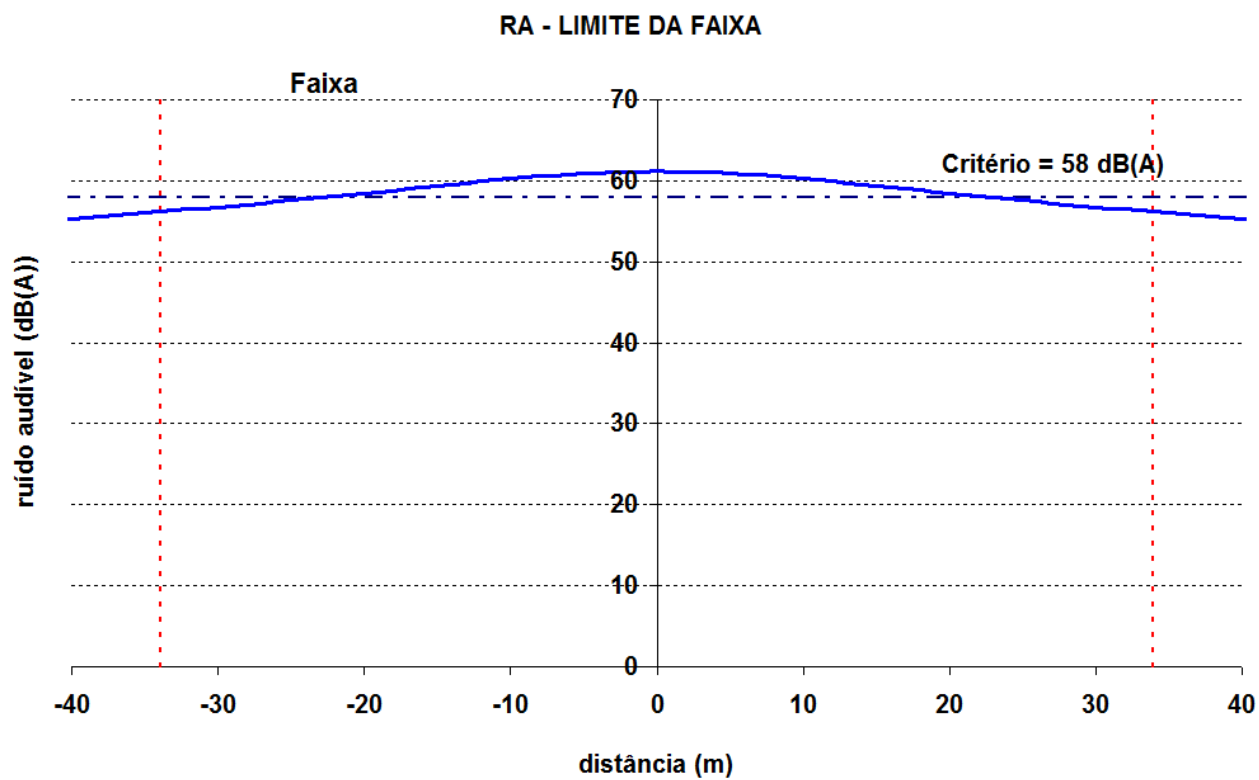


PERFIL DE RUIDO AUDIVEL PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

PERFIL DE RUIDO AUDÍVEL:

Distância	RA limite		Distância	RA limite	
		faixa			faixa
-34		56,16	1		61,15
-33		56,31	2		61,12
-32		56,46	3		61,07
-31		56,61	4		61,00
-30		56,76	5		60,91
-29		56,91	6		60,80
-28		57,07	7		60,68
-27		57,23	8		60,55
-26		57,40	9		60,40
-25		57,56	10		60,24
-24		57,73	11		60,08
-23		57,90	12		59,90
-22		58,08	13		59,73
-21		58,26	14		59,54
-20		58,44	15		59,36
-19		58,62	16		59,18
-18		58,80	17		58,99
-17		58,99	18		58,81
-16		59,17	19		58,62
-15		59,36	20		58,44
-14		59,54	21		58,26
-13		59,72	22		58,08
-12		59,90	23		57,91
-11		60,07	24		57,74
-10		60,24	25		57,57
-9		60,40	26		57,40
-8		60,54	27		57,24
-7		60,68	28		57,08
-6		60,80	29		56,92
-5		60,91	30		56,76
-4		60,99	31		56,61
-3		61,06	32		56,46
-2		61,12	33		56,31
-1		61,15	34		56,17
0		61,16			

FIGURA PERFIL DE RUIDO AUDÍVEL -FOUL L50 (dBA) PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 -
PRESIDENTE JUSCELINO - C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE



Anexo 4 – Relatórios de Saída – Campo Elétrico

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1 DO
LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

LONGA DURAÇÃO-12,50 M (MAQUINAS AGRICOLAS E RODOVIAS)

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO SOB A LT:

ALTURA AO SOLO = 1.50 m

Distância	CE limite		Distância	CE limite	
	faixa			faixa	
-36	1.31		1	1.71	
-35	1.41		2	2.66	
-34	1.51		3	3.68	
-33	1.63		4	4.66	
-32	1.76		5	5.53	
-31	1.90		6	6.28	
-30	2.05		7	6.86	
-29	2.21		8	7.28	
-28	2.40		9	7.54	
-27	2.60		10	7.63	
-26	2.82		11	7.59	
-25	3.05		12	7.43	
-24	3.31		13	7.18	
-23	3.60		14	6.86	
-22	3.90		15	6.50	
-21	4.23		16	6.11	
-20	4.58		17	5.71	
-19	4.95		18	5.32	
-18	5.33		19	4.93	
-17	5.72		20	4.56	
-16	6.12		21	4.21	
-15	6.50		22	3.88	
-14	6.86		23	3.58	
-13	7.18		24	3.30	
-12	7.43		25	3.04	
-11	7.58		26	2.80	
-10	7.62		27	2.58	
-9	7.53		28	2.38	
-8	7.27		29	2.20	
-7	6.85		30	2.03	
-6	6.26		31	1.88	
-5	5.52		32	1.74	
-4	4.64		33	1.62	
-3	3.67		34	1.50	
-2	2.65		35	1.39	
-1	1.70		36	1.30	
0	1.21				

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1 DO
LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

CURTA DURAÇÃO-12,20 M (MAQUINAS AGRICOLAS E RODOVIAS)

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO SOB A LT:

ALTURA AO SOLO = 1.50 m

Distância	CE limite faixa	Distância	CE limite faixa
-36	1.30	1	1.83
-35	1.40	2	2.84
-34	1.51	3	3.93
-33	1.62	4	4.96
-32	1.75	5	5.89
-31	1.89	6	6.67
-30	2.04	7	7.29
-29	2.21	8	7.72
-28	2.40	9	7.97
-27	2.60	10	8.04
-26	2.83	11	7.97
-25	3.07	12	7.77
-24	3.34	13	7.48
-23	3.63	14	7.12
-22	3.95	15	6.72
-21	4.29	16	6.30
-20	4.66	17	5.87
-19	5.05	18	5.44
-18	5.46	19	5.03
-17	5.88	20	4.64
-16	6.31	21	4.27
-15	6.73	22	3.93
-14	7.13	23	3.61
-13	7.48	24	3.32
-12	7.77	25	3.05
-11	7.96	26	2.81
-10	8.03	27	2.58
-9	7.95	28	2.38
-8	7.70	29	2.19
-7	7.27	30	2.03
-6	6.65	31	1.87
-5	5.87	32	1.73
-4	4.94	33	1.60
-3	3.90	34	1.49
-2	2.82	35	1.38
-1	1.81	36	1.29
0	1.29		

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

LONGA DURAÇÃO-12,50 M (MAQUINAS AGRICOLAS E RODOVIAS)

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO SOB A LT:

ALTURA AO SOLO = 1.50 m

Distância	CE limite		Distância	CE limite	
	faixa			faixa	
-34	1,51		1	1,71	
-33	1,63		2	2,66	
-32	1,76		3	3,68	
-31	1,90		4	4,66	
-30	2,05		5	5,53	
-29	2,21		6	6,28	
-28	2,40		7	6,86	
-27	2,60		8	7,28	
-26	2,82		9	7,54	
-25	3,05		10	7,63	
-24	3,31		11	7,59	
-23	3,60		12	7,43	
-22	3,90		13	7,18	
-21	4,23		14	6,86	
-20	4,58		15	6,50	
-19	4,95		16	6,11	
-18	5,33		17	5,71	
-17	5,72		18	5,32	
-16	6,12		19	4,93	
-15	6,50		20	4,56	
-14	6,86		21	4,21	
-13	7,18		22	3,88	
-12	7,43		23	3,58	
-11	7,58		24	3,30	
-10	7,62		25	3,04	
-9	7,53		26	2,80	
-8	7,27		27	2,58	
-7	6,85		28	2,38	
-6	6,26		29	2,20	
-5	5,52		30	2,03	
-4	4,64		31	1,88	
-3	3,67		32	1,74	
-2	2,65		33	1,62	
-1	1,70		34	1,50	
0	1,21				

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

CURTA DURAÇÃO-12,20 M (MAQUINAS AGRICOLAS E RODOVIAS)

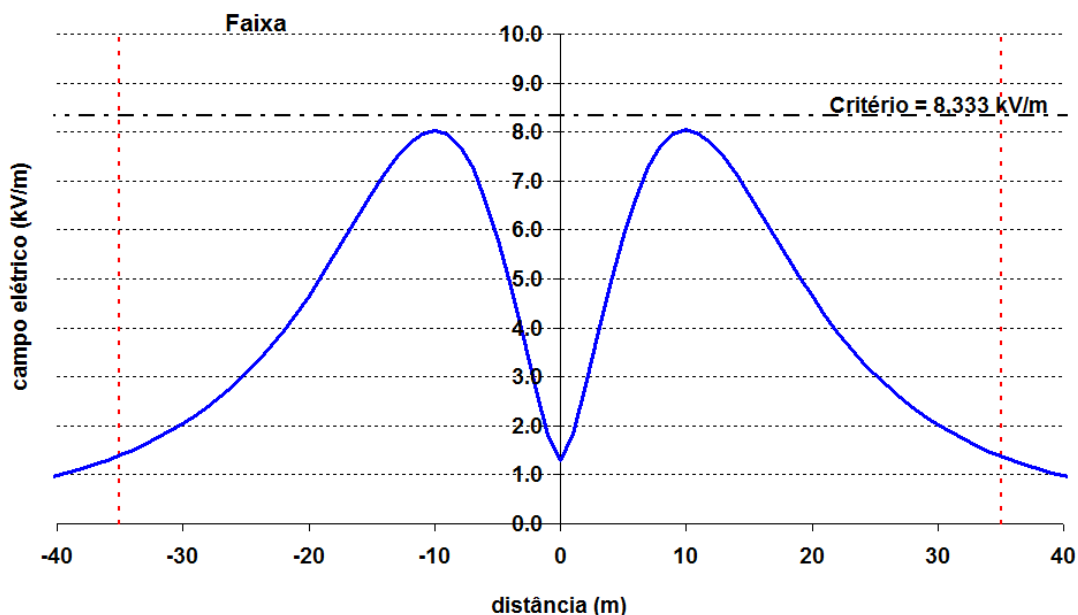
PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO SOB A LT:

ALTURA AO SOLO = 1.50 m

Distância	CE limite faixa	Distância	CE limite faixa
-34	1,51	1	1,83
-33	1,62	2	2,84
-32	1,75	3	3,93
-31	1,89	4	4,96
-30	2,04	5	5,89
-29	2,21	6	6,67
-28	2,40	7	7,29
-27	2,60	8	7,72
-26	2,83	9	7,97
-25	3,07	10	8,04
-24	3,34	11	7,97
-23	3,63	12	7,77
-22	3,95	13	7,48
-21	4,29	14	7,12
-20	4,66	15	6,72
-19	5,05	16	6,30
-18	5,46	17	5,87
-17	5,88	18	5,44
-16	6,31	19	5,03
-15	6,73	20	4,64
-14	7,13	21	4,27
-13	7,48	22	3,93
-12	7,77	23	3,61
-11	7,96	24	3,32
-10	8,03	25	3,05
-9	7,95	26	2,81
-8	7,70	27	2,58
-7	7,27	28	2,38
-6	6,65	29	2,19
-5	5,87	30	2,03
-4	4,94	31	1,87
-3	3,90	32	1,73
-2	2,82	33	1,60
-1	1,81	34	1,49
0	1,29		

GRAFICO PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 -
 C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE
 CAMPO ELETRICO AVALIADO PARA CONDIÇÃO DE LONGA E CURTA DURAÇÃO CONFORME
 RESOLUÇÃO NORMATIVA [7] [8]

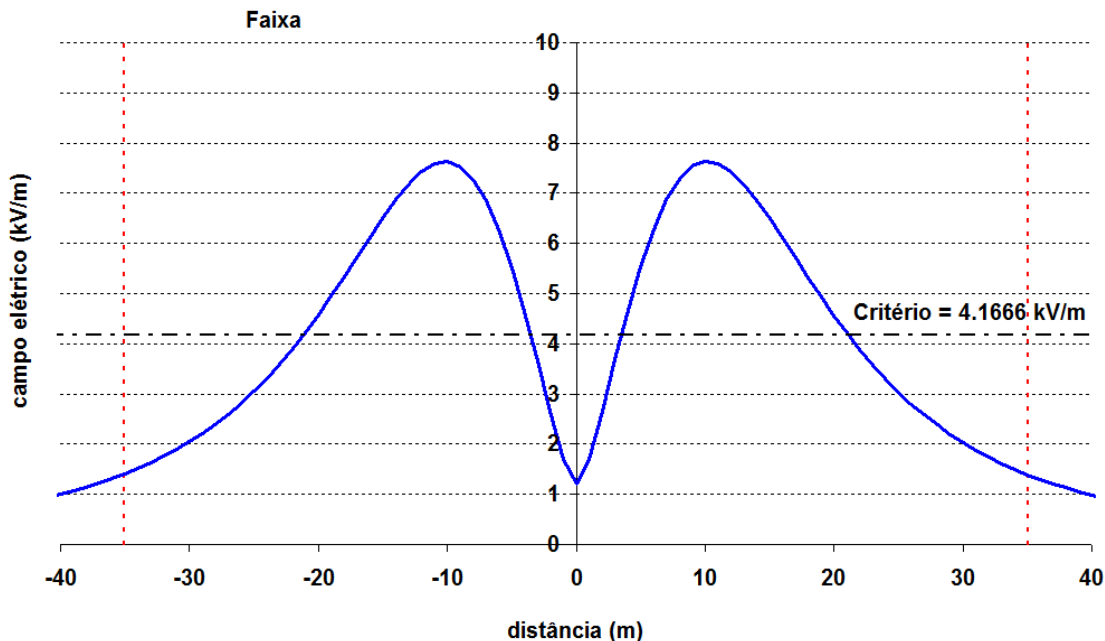
CE - INTERIOR DA FAIXA



CONDUTOR-SOLO = 12,20m

CONDIÇÃO CURTA DURAÇÃO: MINIMA DISTANCIA CABO-SOLO DEFINIDO EM FUNÇÃO DO CAMPO ELETRICO LIMITE

CE - LIMITE DA FAIXA

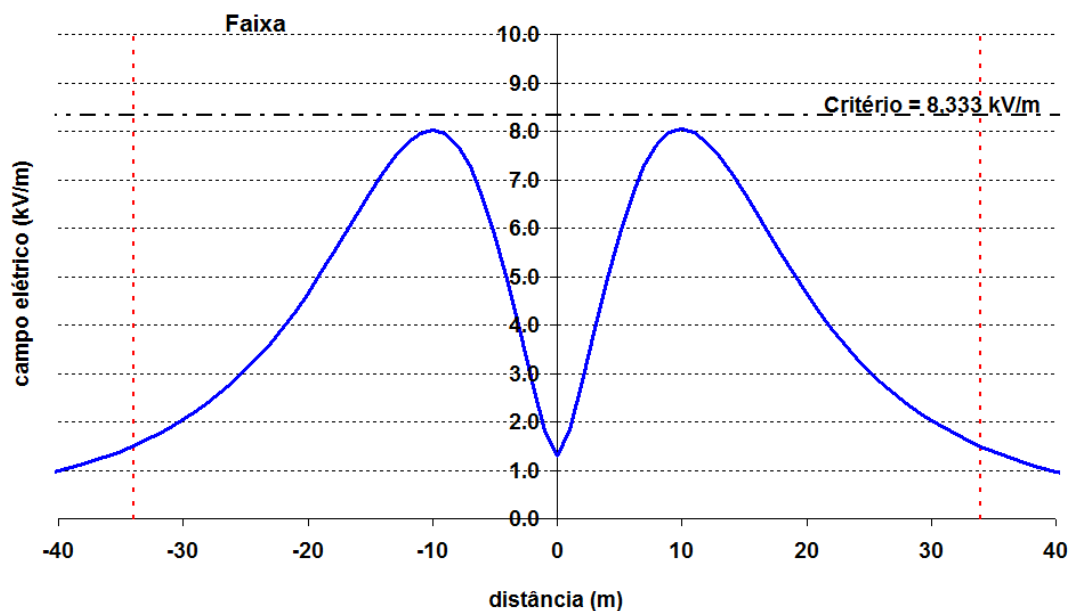


CONDUTOR-SOLO = 12,50m

CONDIÇÃO LONGA DURAÇÃO: DISTANCIA CABO-SOLO DEFINIDO EM FUNÇÃO DA DIFERENÇA DE FLECHAS ENTRE AS TEMPERATURAS DE CURTA E LONGA DURAÇÃO DE APROXIMADAMENTE 0,30 m

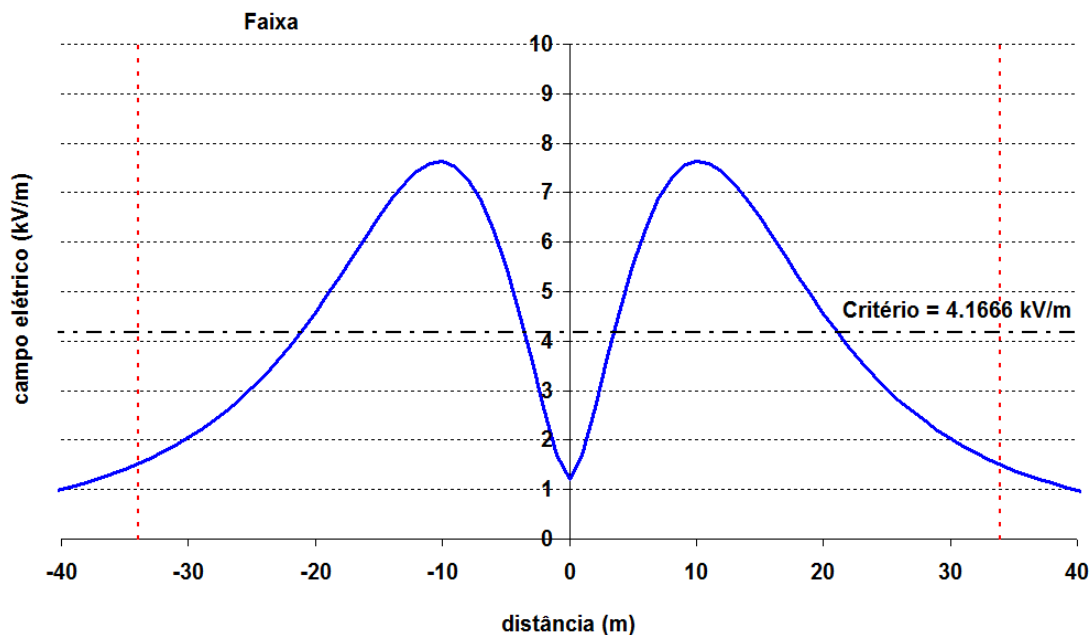
GRAFICO PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE
JUSCELINO - C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE
CAMPO ELETRICO AVALIADO PARA CONDIÇÃO DE LONGA E CURTA DURAÇÃO CONFORME
RESOLUÇÃO NORMATIVA [7] [8]

CE - INTERIOR DA FAIXA



CONDIÇÃO CURTA DURAÇÃO: MINIMA DISTANCIA CABO-SOLO DEFINIDO EM FUNÇÃO DO CAMPO ELETRICO LIMITE

CE - LIMITE DA FAIXA



CONDIÇÃO LONGA DURAÇÃO: DISTANCIA CABO-SOLO DEFINIDO EM FUNÇÃO DA DIFERENÇA DE FLECHAS ENTRE AS TEMPERATURAS DE CURTA E LONGA DURAÇÃO DE APROXIMADAMENTE 0,30 m

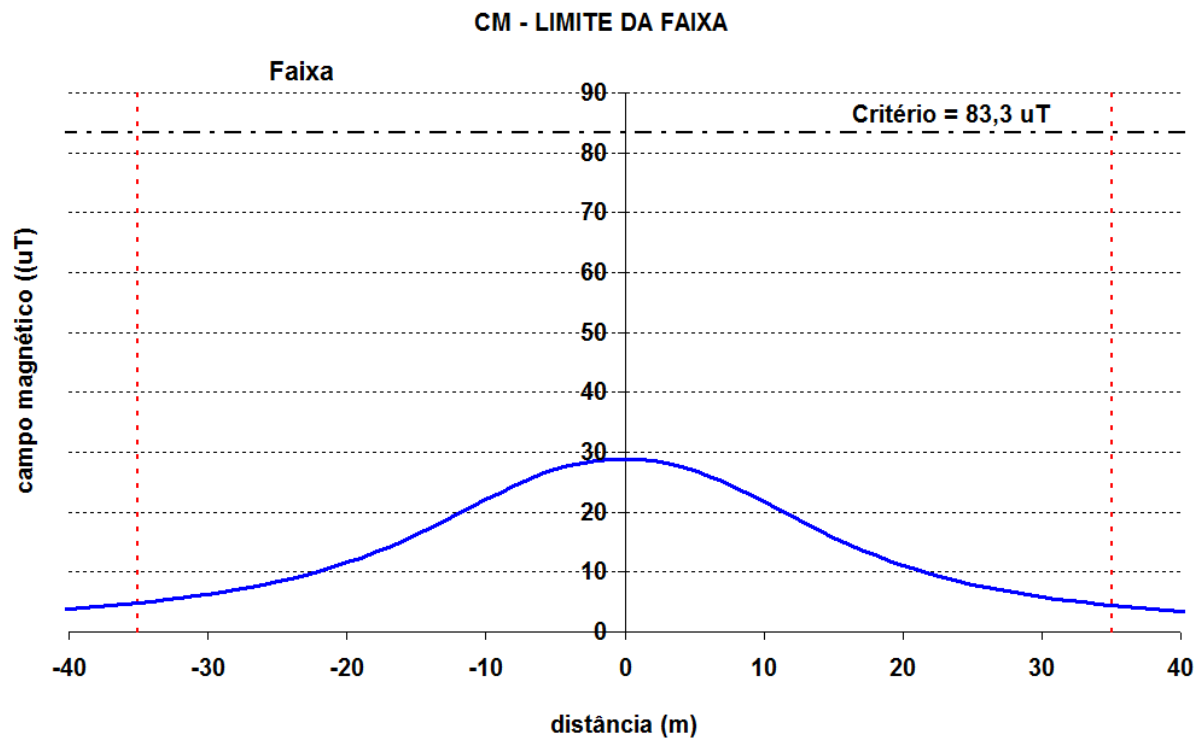
Anexo 5 – Relatórios de Saída – Campo Magnético

PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1 DO
LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

LONGA DURAÇÃO - 12,5 M - 2950A

Distância	CM limite		Distância	CM limite	
	faixa	faixa		faixa	faixa
-36	4.60		1	28.78	
-35	4.83		2	28.53	
-34	5.08		3	28.13	
-33	5.34		4	27.58	
-32	5.63		5	26.89	
-31	5.94		6	26.05	
-30	6.27		7	25.10	
-29	6.63		8	24.03	
-28	7.02		9	22.89	
-27	7.45		10	21.70	
-26	7.90		11	20.47	
-25	8.40		12	19.25	
-24	8.94		13	18.05	
-23	9.52		14	16.88	
-22	10.15		15	15.77	
-21	10.84		16	14.71	
-20	11.58		17	13.72	
-19	12.38		18	12.79	
-18	13.24		19	11.92	
-17	14.17		20	11.12	
-16	15.16		21	10.38	
-15	16.21		22	9.70	
-14	17.32		23	9.07	
-13	18.47		24	8.49	
-12	19.66		25	7.95	
-11	20.87		26	7.46	
-10	22.07		27	7.01	
-9	23.24		28	6.59	
-8	24.36		29	6.20	
-7	25.39		30	5.85	
-6	26.31		31	5.52	
-5	27.11		32	5.22	
-4	27.76		33	4.93	
-3	28.27		34	4.67	
-2	28.62		35	4.43	
-1	28.82		36	4.21	
0	28.87				

PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1 DO
LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

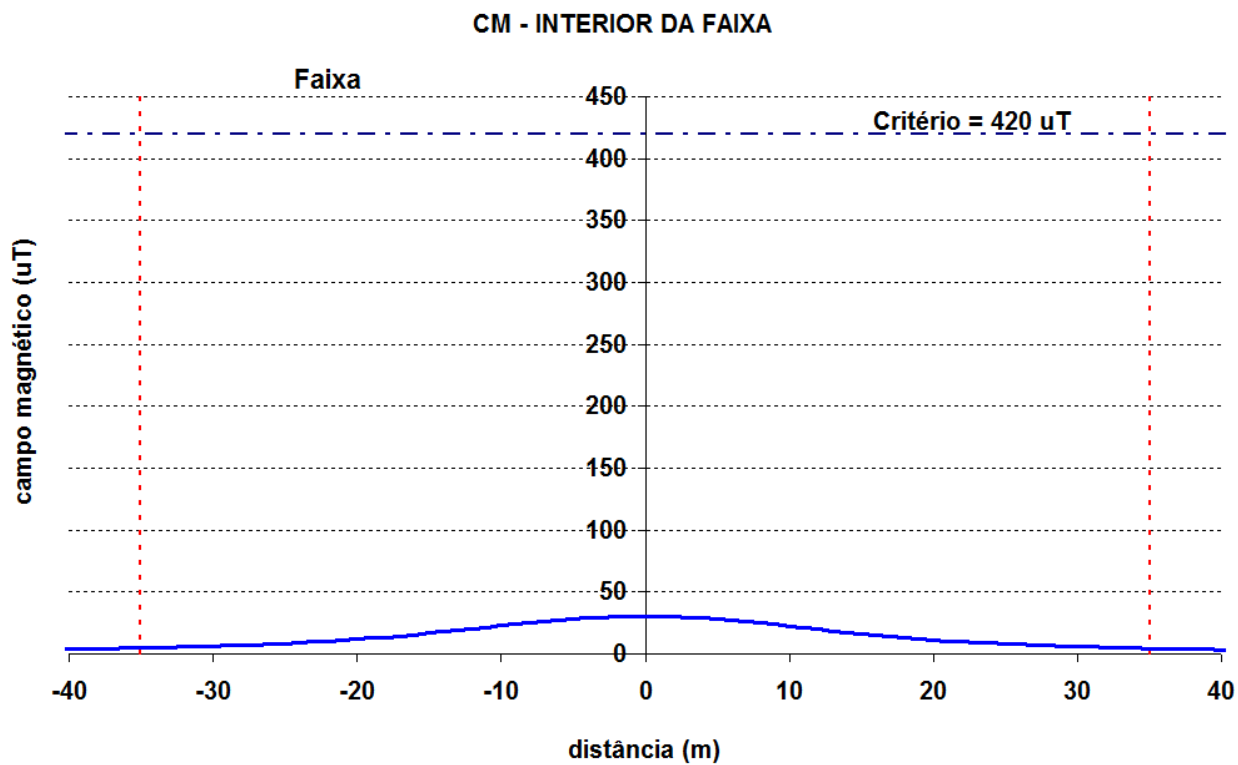


PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1 DO
LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

CURTA DURAÇÃO - 12,2 M - 4000 A

Distância	CM limite		Distância	CM limite	
	fixa			fixa	
-36	4.63		1	30.02	
-35	4.86		2	29.76	
-34	5.11		3	29.34	
-33	5.39		4	28.76	
-32	5.68		5	28.02	
-31	5.99		6	27.14	
-30	6.33		7	26.11	
-29	6.70		8	24.98	
-28	7.10		9	23.76	
-27	7.53		10	22.48	
-26	8.00		11	21.18	
-25	8.51		12	19.88	
-24	9.06		13	18.60	
-23	9.66		14	17.37	
-22	10.31		15	16.19	
-21	11.02		16	15.08	
-20	11.79		17	14.03	
-19	12.62		18	13.06	
-18	13.52		19	12.16	
-17	14.49		20	11.33	
-16	15.53		21	10.56	
-15	16.64		22	9.85	
-14	17.81		23	9.20	
-13	19.03		24	8.61	
-12	20.29		25	8.06	
-11	21.58		26	7.55	
-10	22.86		27	7.09	
-9	24.11		28	6.66	
-8	25.31		29	6.27	
-7	26.41		30	5.91	
-6	27.40		31	5.57	
-5	28.25		32	5.26	
-4	28.94		33	4.98	
-3	29.48		34	4.71	
-2	29.85		35	4.46	
-1	30.07		36	4.24	
0	30.12				

PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1 DO
LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

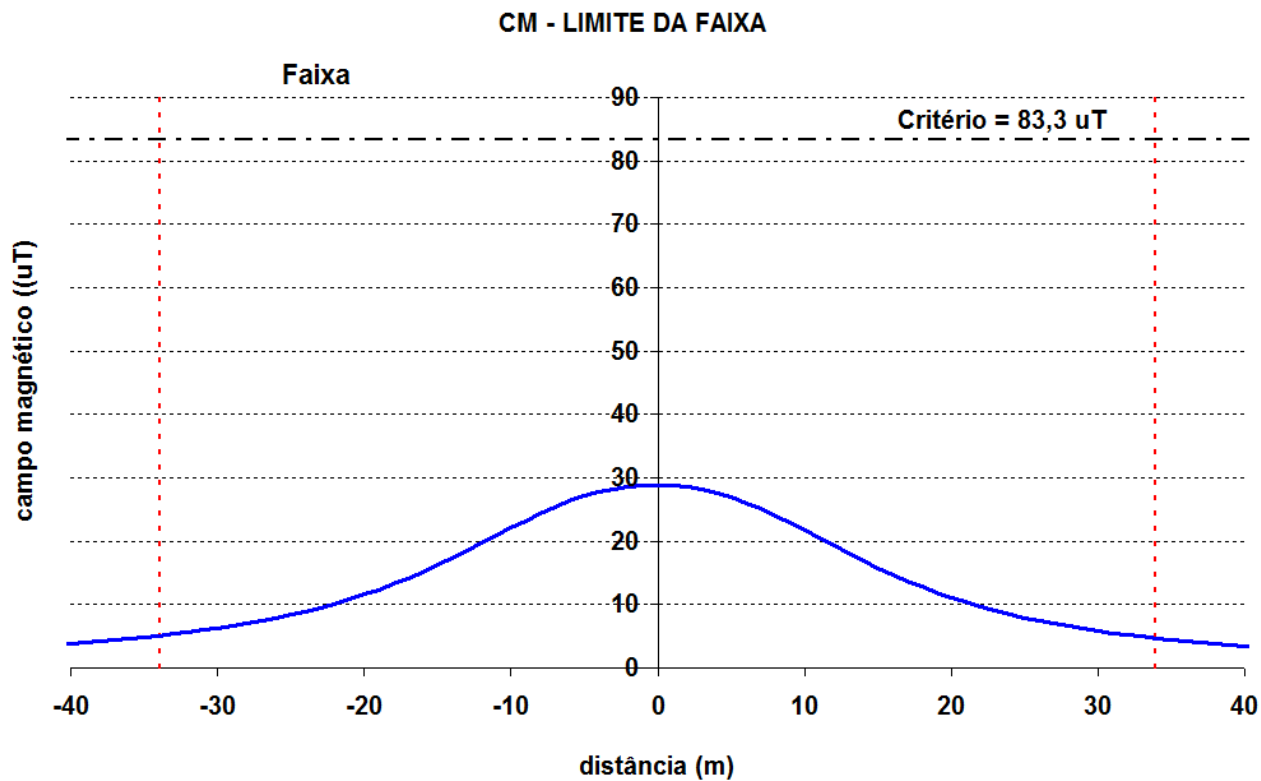


PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

LONGA DURAÇÃO - 12,5 M - 2950A

Distância	CM limite		Distância	CM limite	
	faixa	faixa		faixa	faixa
-34	5,08		1	28,78	
-33	5,34		2	28,53	
-32	5,63		3	28,13	
-31	5,94		4	27,58	
-30	6,27		5	26,89	
-29	6,63		6	26,05	
-28	7,02		7	25,10	
-27	7,45		8	24,03	
-26	7,90		9	22,89	
-25	8,40		10	21,70	
-24	8,94		11	20,47	
-23	9,52		12	19,25	
-22	10,15		13	18,05	
-21	10,84		14	16,88	
-20	11,58		15	15,77	
-19	12,38		16	14,71	
-18	13,24		17	13,72	
-17	14,17		18	12,79	
-16	15,16		19	11,92	
-15	16,21		20	11,12	
-14	17,32		21	10,38	
-13	18,47		22	9,70	
-12	19,66		23	9,07	
-11	20,87		24	8,49	
-10	22,07		25	7,95	
-9	23,24		26	7,46	
-8	24,36		27	7,01	
-7	25,39		28	6,59	
-6	26,31		29	6,20	
-5	27,11		30	5,85	
-4	27,76		31	5,52	
-3	28,27		32	5,22	
-2	28,62		33	4,93	
-1	28,82		34	4,67	
0	28,87				

PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

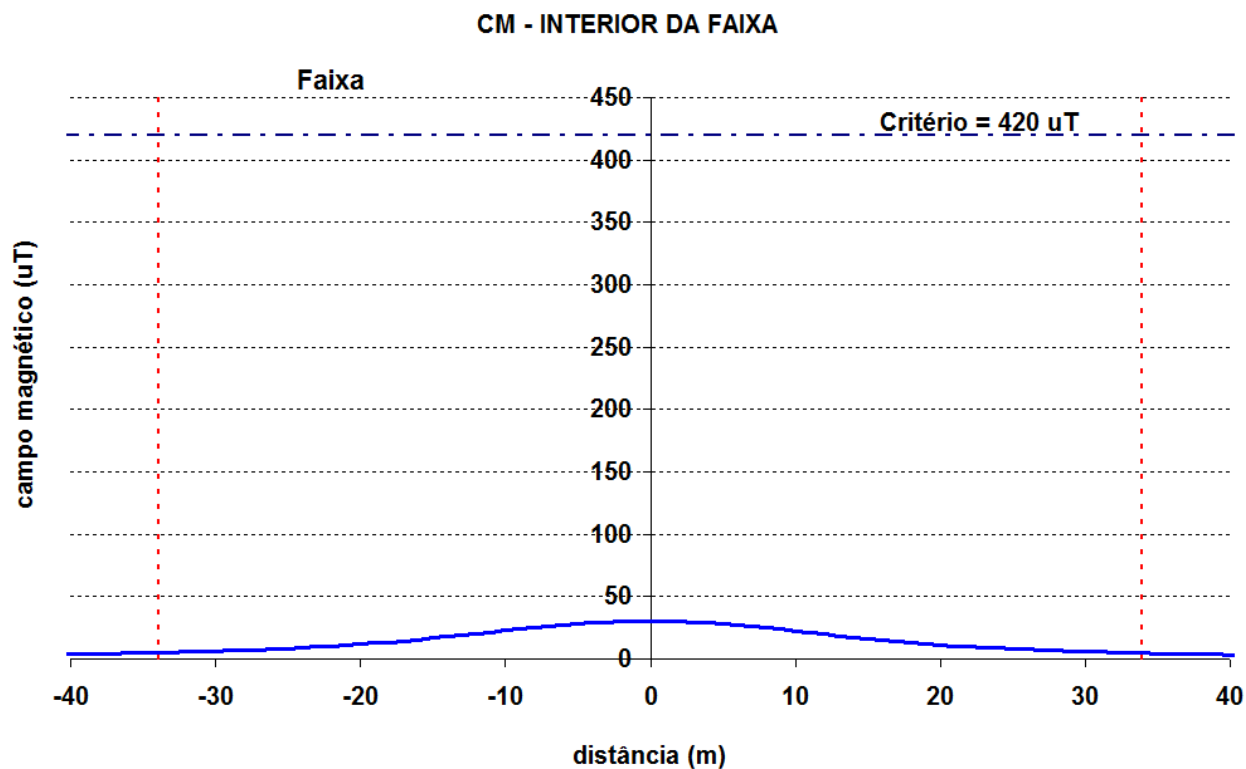


PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

CURTA DURAÇÃO - 12,2 M - 4000 A

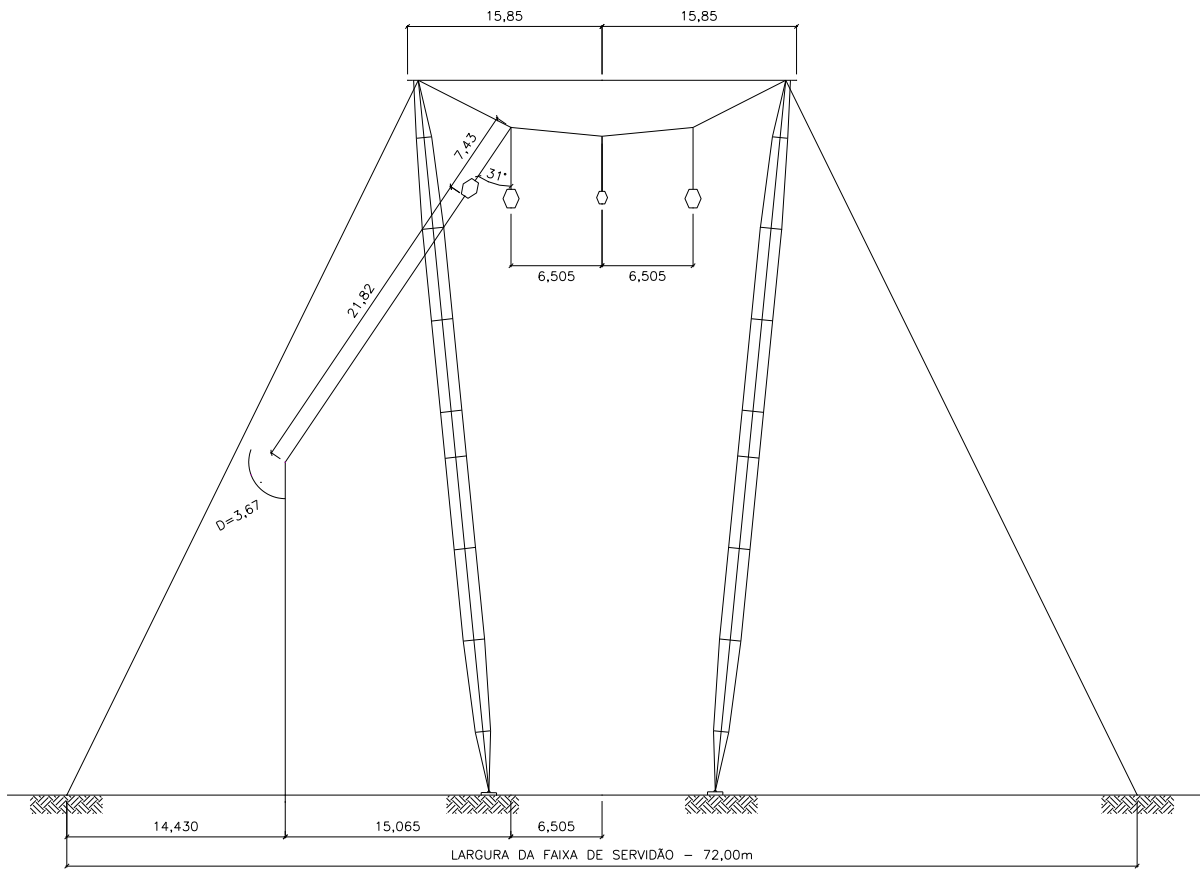
Distância	CM limite		Distância	CM limite	
	fixa			fixa	
-34	5,11		1	30,02	
-33	5,39		2	29,76	
-32	5,68		3	29,34	
-31	5,99		4	28,76	
-30	6,33		5	28,02	
-29	6,70		6	27,14	
-28	7,10		7	26,11	
-27	7,53		8	24,98	
-26	8,00		9	23,76	
-25	8,51		10	22,48	
-24	9,06		11	21,18	
-23	9,66		12	19,88	
-22	10,31		13	18,60	
-21	11,02		14	17,37	
-20	11,79		15	16,19	
-19	12,62		16	15,08	
-18	13,52		17	14,03	
-17	14,49		18	13,06	
-16	15,53		19	12,16	
-15	16,64		20	11,33	
-14	17,81		21	10,56	
-13	19,03		22	9,85	
-12	20,29		23	9,20	
-11	21,58		24	8,61	
-10	22,86		25	8,06	
-9	24,11		26	7,55	
-8	25,31		27	7,09	
-7	26,41		28	6,66	
-6	27,40		29	6,27	
-5	28,25		30	5,91	
-4	28,94		31	5,57	
-3	29,48		32	5,26	
-2	29,85		33	4,98	
-1	30,07		34	4,71	
0	30,12				

PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

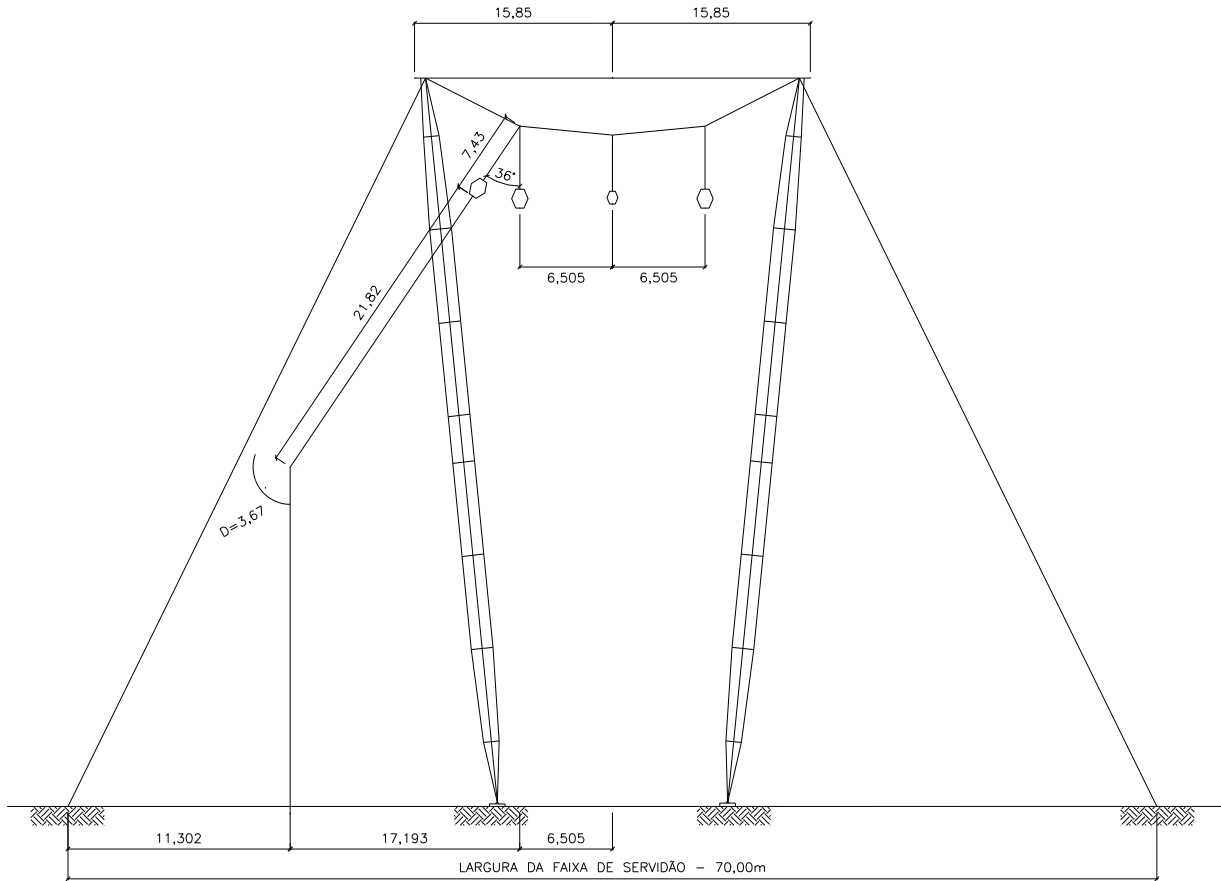


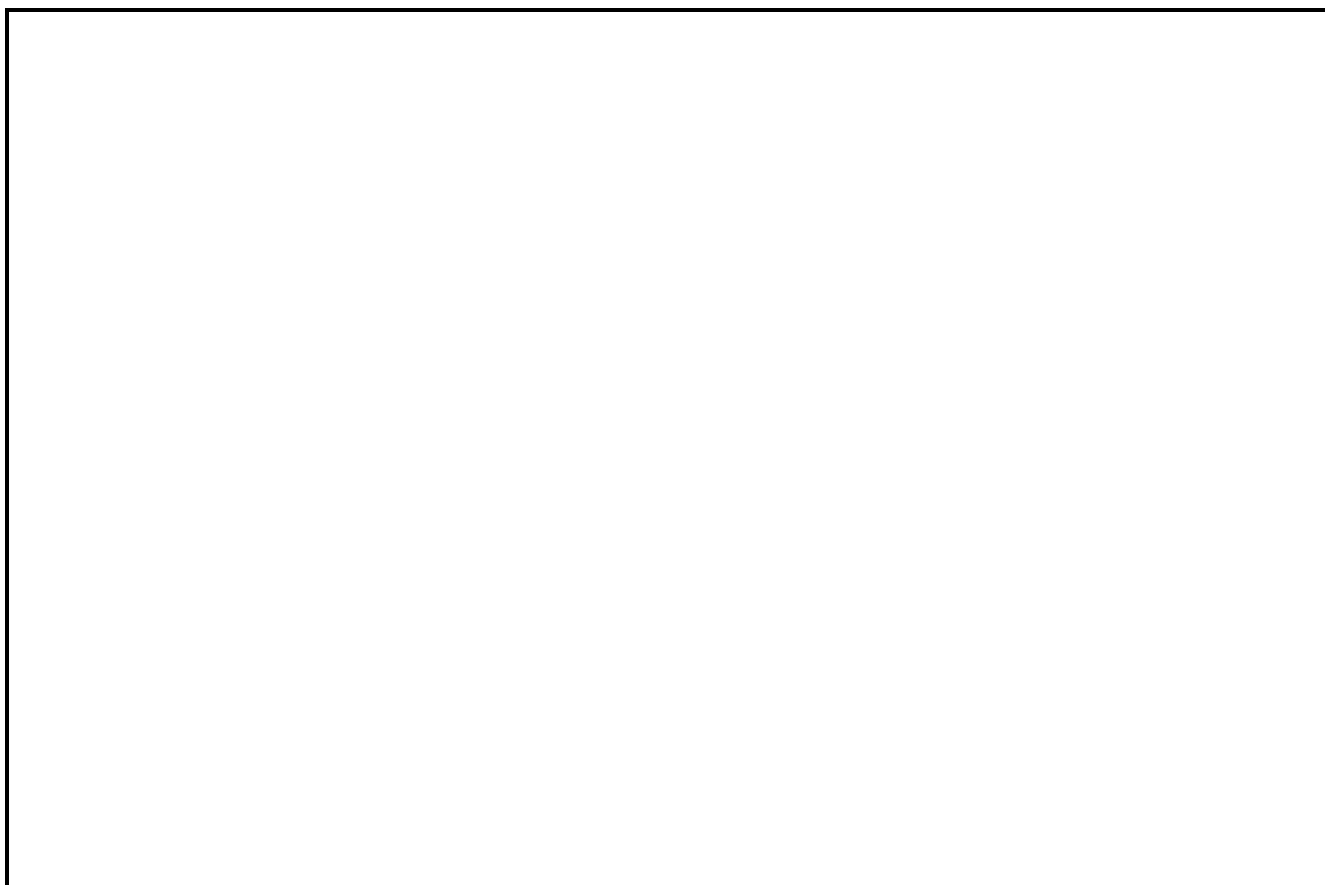
Anexo 6 – Desenho Esquemático da Largura da Faixa

DESENHO ESQUEMATICO DA LARGURA DA FAIXA PARA LT 500 KV IGAPORÃ III -
JANAÚBA 3 - C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE



DESENHO ESQUEMATICO DA LARGURA DA FAIXA PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 -
PRESIDENTE JUSCELINO - C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE





Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
01	26/04/17	Revisado calculo eletromagnético	AQ	JCS	
00	31/03/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	



EQUATORIAL TRANSMISSORA 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 LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO**

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT4-L400-PB-ELM-0008-R01	1 de 42	01

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	CRITÉRIO MECÂNICO	3
3.	EFEITO CORONA.....	4
4.	RÁDIO INTERFERÊNCIA	5
5.	RUÍDO AUDÍVEL	6
6.	CAMPO ELÉTRICO	6
7.	CAMPO MAGNÉTICO	8
8.	LARGURA ADOTADA PARA A FAIXA DE SERVIDÃO	8
9.	REFERÊNCIAS.....	9
	ANEXOS	10

1. OBJETIVO

1.1. Definir a faixa de servidão (faixa de segurança) a ser adotada no projeto da LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1, em circuito simples pertencentes ao Lote 14 do Leilão 0013/2015 – 2º parte.

2. CRITÉRIO MECÂNICO

2.1. Ângulo de Balanço dos Condutores

2.1.1 O ângulo de balanço está sendo calculado para ventos com 50 anos de período de retorno, 30 segundos de período de integração e pressões correspondentes, fazendo uso dos valores definidos na referência [2].

2.1.2 A metodologia adotada para o cálculo do ângulo de balanço é a constante do item 10.1.4.3 da referência [1], conforme reproduzido a seguir:

$$tg\beta = k \frac{q_0 \cdot d}{p(V/H)} \quad \text{onde:}$$

d	diâmetro do condutor (9)
p	peso unitário do condutor (9)
V/H	relação (vão de peso)/(vão de vento) em alinhamento
q ₀	Pressão Dinâmica (3)
k	figura 7 da referência (2)

Linhas de Transmissão	Parâmetros					Ângulo β	
	d	p	V/H	q ₀	k	Calculado	Adotado
	(mm)	(kgf/m)	(pu)	(kgf/m ²)	(pu)	(graus)	(graus)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	26,78	1,172	0,70	57	0,32	30,8°	31°
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	26,78	1,172	0,70	68	0,32	35,1°	36°

2.2. Largura da Faixa de Servidão

2.2.1 Conhecido o ângulo de balanço dos condutores, a largura da faixa é determinada de acordo com a metodologia estabelecida no capítulo 12 da referência [1], ou seja:

$$L = 2[b + (f + l)\text{sen}\beta + d+p] \quad \text{onde:}$$

b=	distância da linha de centro da estrutura ao ponto de fixação da LT
F=	flecha do cabo condutor para vão médio de 510 m
l=	comprimento da cadeia de isoladores e ferragens
β=	ângulo de balanço do condutor e da cadeia
p=	Projeção do condutor mais afastado ao eixo do feixe ($2,10/2 \times \cos\beta$)
d=	$V_{\text{MÁX}} / 150$, expresso em metros LT 500 kV

Tendo como resultado:

Linhas de Transmissão	Parâmetros							Distancia	
	Vão	b	f	l	β	d	p	Calculado	Adotado(*)
	(m)	(m)	(m)	(m)	(graus)	(m)	(m)	(m)	(m)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	510	6,505	21,82	7,43	31°	3,67	0,9001	52,28	62
	600	6,505	29,63	7,43	31°	3,67	0,9001	60,32	
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	510	6,505	21,87	7,43	36°	3,67	0,8495	56,49	66
	600	6,505	29,69	7,43	36°	3,67	0,8495	65,69	

(*) A largura da faixa foi governada pelo calculo mecânico.

3. EFEITO CORONA

3.1. Gradiente nas Fases

3.1.1 O ponto de partida para o cálculo dos valores de rádio interferência e ruído audível é o gradiente nas fases, que devem ser verificados para a tensão máxima de operação da LT, ou seja, 550 kV.

3.2. Gradiente Crítico

3.2.1 Para verificar se o de gradiente nas fases é adequado, o mesmo é comparado com o gradiente crítico determinado de acordo com a seguinte fórmula [4]:

$$G_{\text{crit}} = 21,2.m.\delta \left(1 + \frac{0,301}{\sqrt{\delta.r}} \right) \text{ kV/cm} \quad \text{Onde:}$$

G_{crit} gradiente crítico (início do corona), em kV/cm, valor eficaz

r raio do condutor, em cm

m coeficiente representativo da superfície do condutor envelhecido ($m = 0,82$)

δ densidade relativa do ar médio para 90% do tempo para todas as LT's = 0,90
densidade relativa do ar 90% do tempo corrigido para:

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 C1 = 0,89

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino C1 = 0,90

Tendo com resultado (valor eficaz):

3.2.2 Critérios adotados:

- Nenhum subcondutor de um feixe pode apresentar gradiente superficial maior que o gradiente crítico (DRA 90% = 0,89 e 0,90);
- A média dos gradientes superficiais de cada subcondutor em cada fase não pode ser superior a 95% do gradiente crítico médio para 90% do tempo (DRA médio 90 % = 0,89).

3.2.3 Resultados (valor eficaz):

limite		calculado	
Variável	valor	máximo - todos condutores	maior média dos feixes
Crítico (DRA 90% = 0,89)	19,9	19,4	-

limite		calculado	
Variável	valor	máximo - todos condutores	maior média dos feixes
Crítico (DRA 90% = 0,90)	20,06	19,4	-
95% Crítico (DRA MÉDIO 90% = 0,90)	19,06	-	18,9

3.2.4 Os gradientes obtidos no anexo 1, atendem aos critérios estabelecido no item 3.2.2, ou seja, não deverá ocorrer corona visual em 90 % do tempo, para as condições atmosféricas predominantes na região atravessada pela LT.

4. RÁDIO INTERFERÊNCIA

4.1 O submódulo 2.4 da ONS especifica que a relação sinal/ruído no limite da faixa de servidão, para a tensão máxima operativa, deve ser no mínimo 24 dB, para 50 % das condições climáticas ocorrendo no período de um ano. O sinal adotado para o cálculo deve ser o nível mínimo de sinal na região atravessada pela LT, conforme legislação pertinente.

4.2 Baseado no critério acima e adotando um sinal de 66 dB a 1 MHz obtém-se o nível máximo de rádio interferência admissível no limite da faixa de servidão em pelo menos 50 % de todos os tempos de um ano, ou seja:

$$RI_{\max} \leq (66 - 24) \text{ dB} \leq 42 \text{ dB} \quad (\text{no limite da faixa de servidão})$$

4.3 O valor de rádio interferência em um eixo transversal à LT foi calculado considerando a tensão máxima de operação da LT, ou seja, 550 kV. O correspondente relatório de saída consta do Anexo 2.

4.4 O programa do Anexo 2 considera internamente as seguintes premissas básicas:

Frequência de medição do ruído	1 MHz, medido conforme norma ANSI
Resistividade do solo	100 Ω .m
DRA 50% (PU)	0,91 (LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1)
DRA 50% (PU)	0,92 (LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1)

4.5 O valor de rádio interferência com 50 % de probabilidade de não ser excedido, quando se consideram todos os tempos do ano, foi calculado partindo das seguintes premissas:

- a distribuição de rádio interferência, tanto para tempo bom como para tempo ruim, é gaussiana;
- o valor de rádio interferência com 1 % de probabilidade de ser excedido com tempo bom é igual ao valor de rádio interferência com 99 % de probabilidade de ser excedido com tempo ruim (Fair L1 = Foul L99);

4.6 As distribuições de tempo bom e tempo ruim assim definidas foram ponderadas em função da climatologia da região, dando origem à distribuição de todos os tempos apresentada na Figura do Anexo 2.

4.7 A partir dessa distribuição, obtém-se o nível de rádio interferência no limite da faixa com probabilidade de não ser excedido 50 % de todos os tempos do ano, o qual é indicado a seguir:

- LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1
✓ $RI_0 = 41,43$ dB (L50 todos os tempos)
- LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1
✓ $RI_0 = 40,32$ dB (L50 todos os tempos)

4.9 Como pode ser constatado, o valor de rádio interferência no limite da faixa de servidão com 50 % de probabilidade de não ser excedido, considerando-se todos os tempos do ano, atende o critério estabelecido no Anexo técnico do Edital.

5. RUÍDO AUDÍVEL

5.1 O Anexo técnico do Edital especifica que o ruído audível no limite da faixa de servidão, para a tensão máxima operativa, deve ser no máximo igual a 58 dBA, para as seguintes condições climáticas:

- (a) durante chuva fina ($< 0,00148$ mm/min);
- (b) durante névoa de 4 horas de duração;
- (c) após chuva (primeiros 15 minutos).

5.2 O ruído audível será verificado para condições que correspondam ao condutor úmido, conforme item 5.1 anterior. Essas condições são usualmente associadas [4] ao nível de ruído com 50 % de probabilidade de ser excedido.

5.3 Os valores do ruído audível em um eixo transversal à linha de transmissão foram calculados para as condições Foul L50. O correspondente relatório de saída consta do Anexo 3.

Ruído Audível no limite da faixa (dBA)	
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	55,89
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	55,51

5.4 Conforme os valores da tabela acima o valor obtido para o ruído audível no limite da faixa de servidão para a LT é inferior a 58 dBA, atendendo o critério estabelecido.

6. CAMPO ELÉTRICO

6.1 A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014 [7], especifica que o campo elétrico a um metro e meio do solo, no limite da faixa de servidão, deve ser inferior ou, no máximo, igual a 4,17 kV/m. Adicionalmente, o campo elétrico no interior da faixa de servidão não deve ser superior a 8,33 kV/m, conforme referência, levando-se em consideração a utilização que for dada a cada trecho.

6.2 O valor do campo elétrico a um metro e meio do solo em um eixo transversal à LT calculado são descritos abaixo:

Tabela 8 – Campo elétrico a 1,5 m do solo (kV/m)				
Linhas de Transmissão	No interior da faixa		No limite da faixa	
	Longa duração	Curta duração	Longa duração	Curta duração
	Máquinas agrícolas e Rodovias	Máquinas agrícolas e Rodovias	Máquinas agrícolas e Rodovias	Máquinas agrícolas e Rodovias
	Altura condutor mais baixo – solo (m)			
	12,5	12,2	12,5	12,2
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	7,63	8,04	1,90	1,89
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	7,63	8,04	1,63	1,62

6.3 Os relatórios de saída constam do Anexo 4.

6.4 A tabela a seguir apresenta as correntes induzidas para os valores máximos de campo elétrico indicados no item anterior.

- LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

Tabela 9A – Corrente Induzida		
Veículo	Referência Campo Elétrico	Corrente Induzida
Carreta de grande porte	8,04 kV/m	4,7 mA
Ônibus	8,04 kV/m	3,4 mA
Colheitadeira	8,04 kV/m	3,5 mA
Trator de fazenda puxando carroça	8,04 kV/m	2,6 mA
Trator de fazenda	8,04 kV/m	0,9 mA

- LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

Tabela 9B – Corrente Induzida		
Veículo	Referência Campo Elétrico	Corrente Induzida
Carreta de grande porte	8,04 kV/m	4,7 mA
Ônibus	8,04 kV/m	3,4 mA
Colheitadeira	8,04 kV/m	3,5 mA
Trator de fazenda puxando carroça	8,04 kV/m	2,6 mA
Trator de fazenda	8,04 kV/m	0,9 mA

6.5 Esses valores de corrente induzida situam-se em níveis compatíveis com a utilização da faixa de servidão e atendem o limite máximo de 5,0 mA especificados.

7. CAMPO MAGNÉTICO

7.1 A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014 [7], especifica que o campo magnético no limite da faixa de servidão a um metro e meio do solo deve ser inferior ou, no máximo, igual a 160,9 A/m, equivalente a uma indução magnética de 200 μ T, e no interior da faixa de servidão não deve ser superior a 804,5 A/m, equivalente a uma indução magnética de 1000 μ T.

7.2 Os valores do campo magnético em um eixo transversal à LT foram calculados para a corrente operativa longa duração e corrente máxima curta duração (5).

7.3 O campo magnético foi calculado na largura da faixa de servidão, em um eixo perpendicular à diretriz da LT localizado em um ponto do perfil com espaçamento mínimo condutor-solo, considerando terreno plano. Conservativamente, não foram consideradas no cálculo as correntes de retorno pela terra.

7.4 O relatório de saída consta do Anexo 5. São resumidos a seguir os valores calculados:

Tabela 10 – Campo Magnético (μ T)				
Linhas de Transmissão	No interior da faixa		No limite da faixa	
	Longa duração	Curta duração	Longa duração	Curta duração
	Altura feixe condutor – solo (m)			
	12,5	12,2	12,5	12,2
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	28,87	30,12	5,94	5,99
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	28,87	30,12	5,34	5,39

7.5 Os valores acima mostram que para a LT em estudo, o valor do campo magnético no interior da faixa de servidão é inferior a 160,9 A/m, atendendo o critério estabelecido.

8. LARGURA ADOTADA PARA A FAIXA DE SERVIDÃO

8.1 A faixa de servidão da linha de transmissão em estudo terá a largura indicada a seguir, a qual atende tanto o critério mecânico de balanço dos condutores como os critérios elétricos definidos no Anexo técnico do Edital:

- LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1 – 62 m
- LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1 – 66 m

8.2 A faixa de servidão selecionada está representada na Figura 6.

9. REFERÊNCIAS

- 1 NBR 5422 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 2 Relatório RE-EQT4-L400-PB-ELM-0004 VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO, 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-0003 DADOS CLIMATOLÓGICOS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1
- 4 Transmission line reference book, 345 kV and above, second edition, 1982.
- 5 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
- 6 Relatório RE-EQT4-L400-PB-ELM-0007 DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA PARA LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1
- 7 A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014
- 8 A Resolução Normativa ANEEL nº 398 de 23/03/2010

ANEXOS

Anexo 1 – Relatórios de Saída – Gradiente Superficial

GRADIENTE SUPERFICIAL PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1 DO LOTE
14 LEILAO 013/2015 - 2º PARTE

MÁXIMOS GRADIENTES SUPERFICIAIS :

	Posição no feixe	CE (kV/cm)
Fase A	1	18,3
	2	19,1
	3	18,4
	4	16,0
	5	14,3
	6	15,9
Fase B	1	19,4
	2	17,9
	3	19,3
	4	19,3
	5	17,9
	6	19,4
Fase C	1	15,9
	2	14,3
	3	16,0
	4	18,4
	5	19,1
	6	18,3
MEDIA (MAIOR VALOR FASE CENTRAL)		18,9
MAXIMA (MAIOR VALOR FASE CENTRAL)		19,4

GRADIENTE SUPERFICIAL PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C1
DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

MÁXIMOS GRADIENTES SUPERFICIAIS :

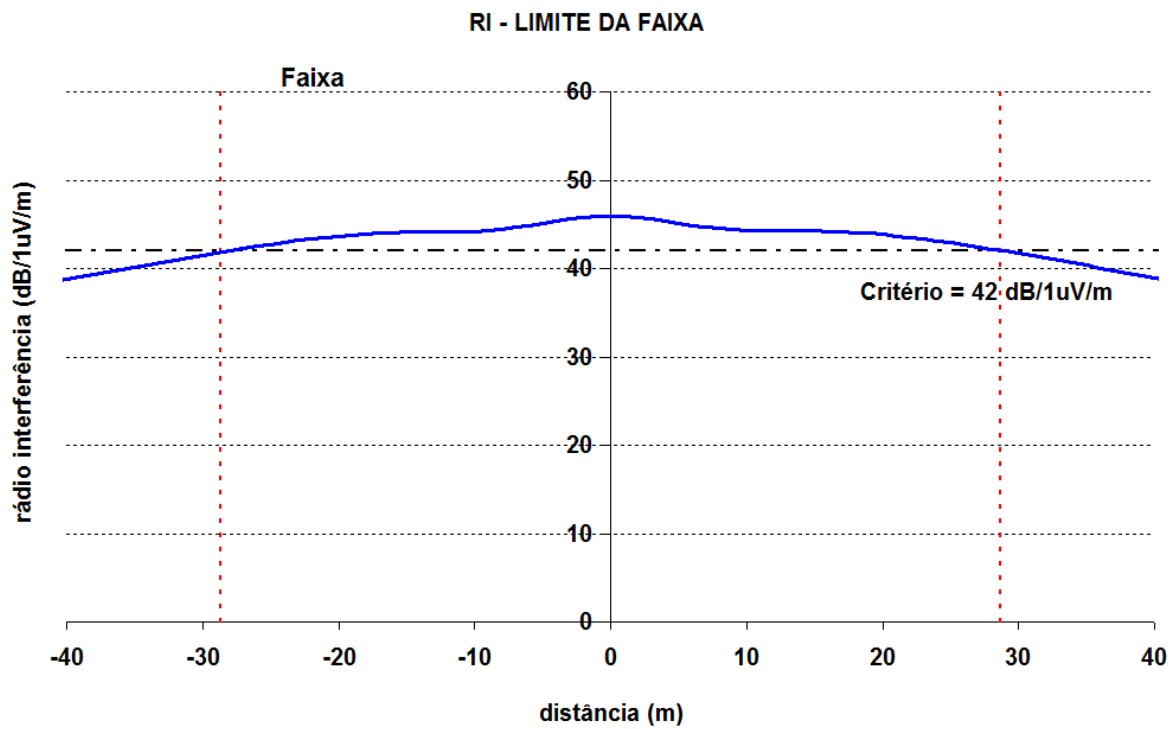
	Posição no feixe	CE (kV/cm)
Fase A	1	18,3
	2	19,1
	3	18,4
	4	16,0
	5	14,3
	6	15,9
Fase B	1	19,4
	2	17,9
	3	19,3
	4	19,3
	5	17,9
	6	19,4
Fase C	1	15,9
	2	14,3
	3	16,0
	4	18,4
	5	19,1
	6	18,3
MÉDIA (MAIOR VALOR FASE CENTRAL)		18,9
MÁXIMA (MAIOR VALOR FASE CENTRAL)		19,4

Anexo 2 – Relatórios de Saída – Rádio Interferência, RI-QP (dB), 1 MHz

PERFIL DE RADIO INTERFERENCIA PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1
DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

Distância	RI limite		Distância	RI limite	
		faixa			faixa
-31		41.26	1		45.90
-30		41.52	2		45.79
-29		41.78	3		45.61
-28		42.03	4		45.38
-27		42.28	5		45.14
-26		42.51	6		44.89
-25		42.74	7		44.68
-24		42.96	8		44.51
-23		43.16	9		44.38
-22		43.35	10		44.31
-21		43.52	11		44.28
-20		43.67	12		44.28
-19		43.80	13		44.28
-18		43.91	14		44.27
-17		44.00	15		44.26
-16		44.07	16		44.22
-15		44.11	17		44.16
-14		44.14	18		44.08
-13		44.15	19		43.97
-12		44.16	20		43.84
-11		44.18	21		43.69
-10		44.22	22		43.52
-9		44.31	23		43.33
-8		44.45	24		43.13
-7		44.63	25		42.92
-6		44.86	26		42.69
-5		45.11	27		42.45
-4		45.37	28		42.21
-3		45.60	29		41.95
-2		45.78	30		41.69
-1		45.90	31		41.43
0		45.94			

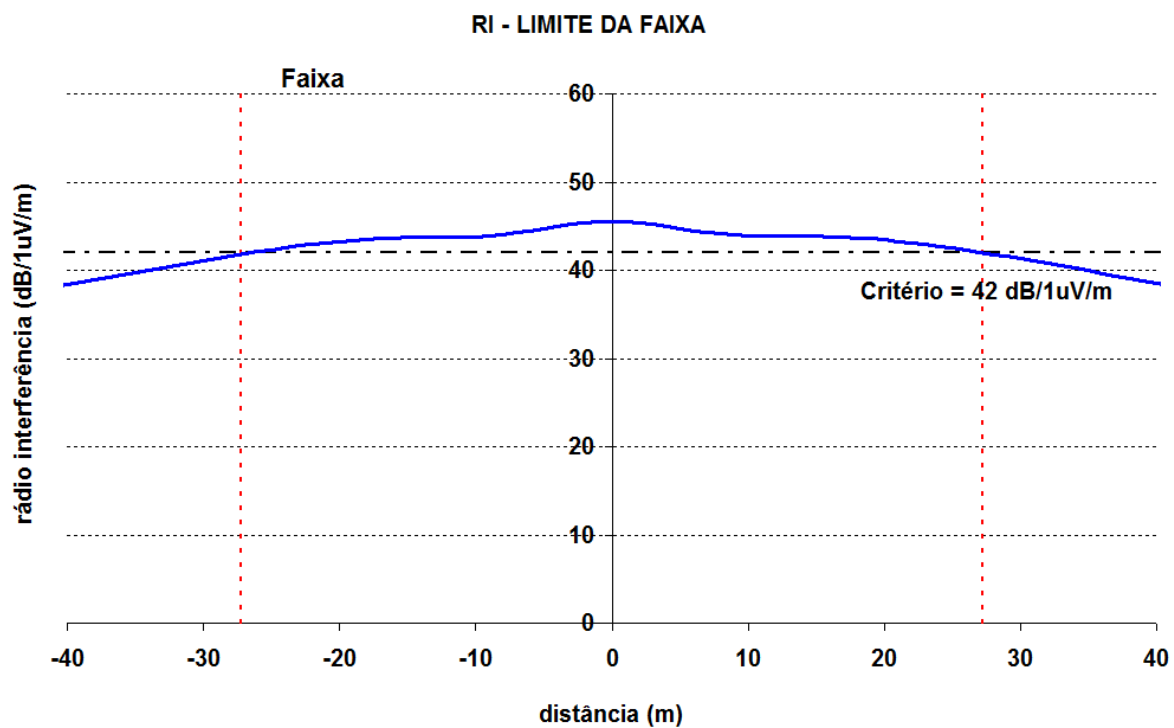
FIGURA PERFIL DE RI PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1 DO LOTE 14
LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE



PERFIL DE RADIO INTERFERENCIA PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE
JUSCELINO - C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

Distância	RI limite faixa	Distância	RI limite faixa
-33	40.32	1	45.50
-32	40.59	2	45.39
-31	40.86	3	45.21
-30	41.12	4	44.98
-29	41.38	5	44.74
-28	41.63	6	44.49
-27	41.88	7	44.28
-26	42.11	8	44.11
-25	42.34	9	43.98
-24	42.56	10	43.91
-23	42.76	11	43.88
-22	42.95	12	43.88
-21	43.12	13	43.88
-20	43.27	14	43.87
-19	43.40	15	43.86
-18	43.51	16	43.82
-17	43.60	17	43.76
-16	43.67	18	43.68
-15	43.71	19	43.57
-14	43.74	20	43.44
-13	43.75	21	43.29
-12	43.76	22	43.12
-11	43.78	23	42.93
-10	43.82	24	42.73
-9	43.91	25	42.52
-8	44.05	26	42.29
-7	44.23	27	42.05
-6	44.46	28	41.81
-5	44.71	29	41.55
-4	44.97	30	41.29
-3	45.20	31	41.03
-2	45.38	32	40.76
-1	45.50	33	40.49
0	45.54		

FIGURA PERFIL DE RI PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C1 DO
LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2º PARTE



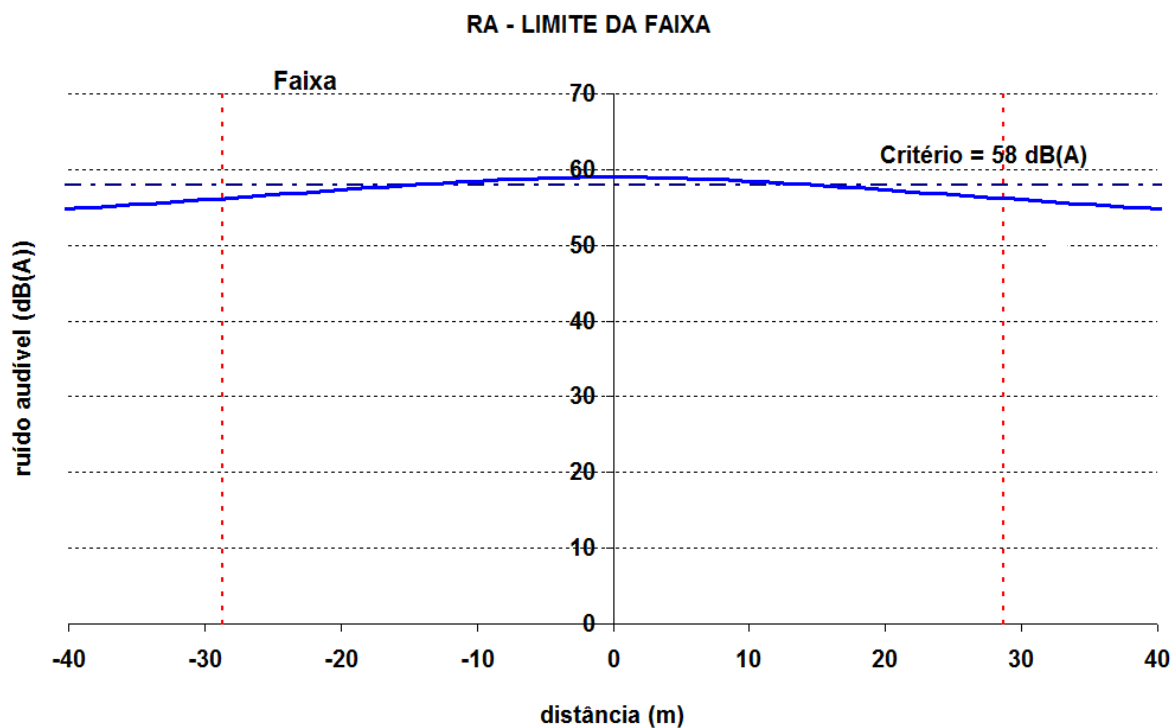
Anexo 3 – Relatórios de Saída – Ruído Audível, Tempo Ruim

PERFIL DE RUIDO AUDIVEL PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1 DO LOTE
14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

PERFIL DE RUIDO AUDÍVEL:

Distância	RA limite faixa	Distância	RA limite faixa
-31	55.89	1	58.98
-30	56.01	2	58.96
-29	56.14	3	58.94
-28	56.27	4	58.90
-27	56.40	5	58.85
-26	56.53	6	58.79
-25	56.66	7	58.73
-24	56.79	8	58.65
-23	56.92	9	58.57
-22	57.05	10	58.48
-21	57.18	11	58.38
-20	57.31	12	58.28
-19	57.44	13	58.17
-18	57.57	14	58.06
-17	57.69	15	57.94
-16	57.82	16	57.82
-15	57.94	17	57.70
-14	58.05	18	57.57
-13	58.17	19	57.44
-12	58.27	20	57.31
-11	58.38	21	57.18
-10	58.47	22	57.05
-9	58.57	23	56.92
-8	58.65	24	56.79
-7	58.72	25	56.66
-6	58.79	26	56.53
-5	58.85	27	56.40
-4	58.90	28	56.27
-3	58.94	29	56.14
-2	58.96	30	56.02
-1	58.98	31	55.89
0	58.98		

FIGURA PERFIL DE RUÍDO AUDÍVEL -FOUL L50 (dBA) PARA LT 500 KV IGAPORÃ III -
JANAÚBA 3 - C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

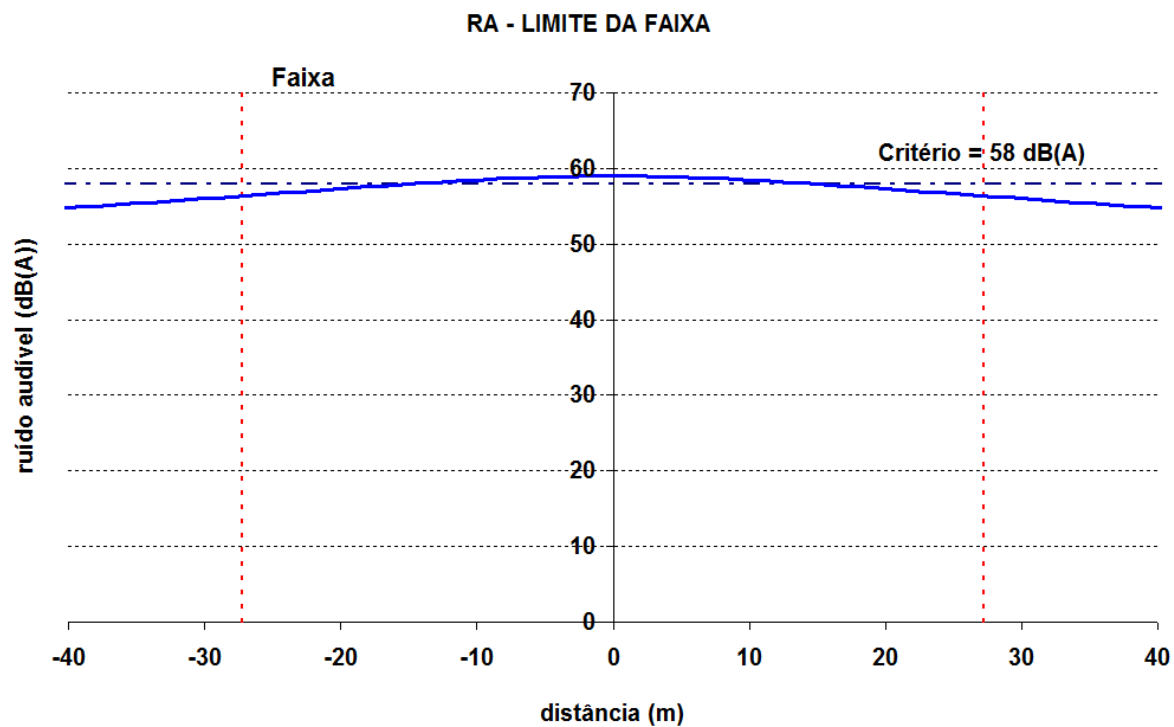


PERFIL DE RUIDO AUDIVEL PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2º PARTE

PERFIL DE RUÍDO AUDÍVEL:

Distância	RA limite faixa	Distância	RA limite faixa
-33	55.51	1	58.98
-32	55.63	2	58.96
-31	55.76	3	58.94
-30	55.89	4	58.90
-29	56.01	5	58.85
-28	56.14	6	58.79
-27	56.27	7	58.73
-26	56.40	8	58.65
-25	56.53	9	58.57
-24	56.66	10	58.48
-23	56.79	11	58.38
-22	56.92	12	58.28
-21	57.05	13	58.17
-20	57.18	14	58.06
-19	57.31	15	57.94
-18	57.44	16	57.82
-17	57.57	17	57.70
-16	57.69	18	57.57
-15	57.82	19	57.44
-14	57.94	20	57.31
-13	58.05	21	57.18
-12	58.17	22	57.05
-11	58.27	23	56.92
-10	58.38	24	56.79
-9	58.47	25	56.66
-8	58.57	26	56.53
-7	58.65	27	56.40
-6	58.72	28	56.27
-5	58.79	29	56.14
-4	58.85	30	56.02
-3	58.90	31	55.89
-2	58.94	32	55.76
-1	58.96	33	55.64
0	58.98		

FIGURA PERFIL DE RUIDO AUDÍVEL -FOUL L50 (dBA) PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 -
PRESIDENTE JUSCELINO - C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2º PARTE



Anexo 4 – Relatórios de Saída – Campo Elétrico

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1 DO
LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

LONGA DURAÇÃO-12,50 M (MAQUINAS AGRICOLAS E RODOVIAS)

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO SOB A LT:

ALTURA AO SOLO = 1.50 m

Distância	CE limite		Distância	CE limite	
	faixa			faixa	
-31	1.90		1	1.71	
-30	2.05		2	2.66	
-29	2.21		3	3.68	
-28	2.40		4	4.66	
-27	2.60		5	5.53	
-26	2.82		6	6.28	
-25	3.05		7	6.86	
-24	3.31		8	7.28	
-23	3.60		9	7.54	
-22	3.90		10	7.63	
-21	4.23		11	7.59	
-20	4.58		12	7.43	
-19	4.95		13	7.18	
-18	5.33		14	6.86	
-17	5.72		15	6.50	
-16	6.12		16	6.11	
-15	6.50		17	5.71	
-14	6.86		18	5.32	
-13	7.18		19	4.93	
-12	7.43		20	4.56	
-11	7.58		21	4.21	
-10	7.62		22	3.88	
-9	7.53		23	3.58	
-8	7.27		24	3.30	
-7	6.85		25	3.04	
-6	6.26		26	2.80	
-5	5.52		27	2.58	
-4	4.64		28	2.38	
-3	3.67		29	2.20	
-2	2.65		30	2.03	
-1	1.70		31	1.88	
0	1.21				

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1 DO
LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

CURTA DURAÇÃO-12,20 M (MAQUINAS AGRICOLAS E RODOVIAS)

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO SOB A LT:

ALTURA AO SOLO = 1.50 m

Distância	CE limite faixa	Distância	CE limite faixa
-31	1.89	1	1.83
-30	2.04	2	2.84
-29	2.21	3	3.93
-28	2.40	4	4.96
-27	2.60	5	5.89
-26	2.83	6	6.67
-25	3.07	7	7.29
-24	3.34	8	7.72
-23	3.63	9	7.97
-22	3.95	10	8.04
-21	4.29	11	7.97
-20	4.66	12	7.77
-19	5.05	13	7.48
-18	5.46	14	7.12
-17	5.88	15	6.72
-16	6.31	16	6.30
-15	6.73	17	5.87
-14	7.13	18	5.44
-13	7.48	19	5.03
-12	7.77	20	4.64
-11	7.96	21	4.27
-10	8.03	22	3.93
-9	7.95	23	3.61
-8	7.70	24	3.32
-7	7.27	25	3.05
-6	6.65	26	2.81
-5	5.87	27	2.58
-4	4.94	28	2.38
-3	3.90	29	2.19
-2	2.82	30	2.03
-1	1.81	31	1.87
0	1.29		

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2º PARTE

LONGA DURAÇÃO-12,50 M (MAQUINAS AGRICOLAS E RODOVIAS)

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO SOB A LT:

ALTURA AO SOLO = 1.50 m

Distância	CE limite		Distância	CE limite	
	faixa			faixa	
-33	1,63		1	1,71	
-32	1,76		2	2,66	
-31	1,90		3	3,68	
-30	2,05		4	4,66	
-29	2,21		5	5,53	
-28	2,40		6	6,28	
-27	2,60		7	6,86	
-26	2,82		8	7,28	
-25	3,05		9	7,54	
-24	3,31		10	7,63	
-23	3,60		11	7,59	
-22	3,90		12	7,43	
-21	4,23		13	7,18	
-20	4,58		14	6,86	
-19	4,95		15	6,50	
-18	5,33		16	6,11	
-17	5,72		17	5,71	
-16	6,12		18	5,32	
-15	6,50		19	4,93	
-14	6,86		20	4,56	
-13	7,18		21	4,21	
-12	7,43		22	3,88	
-11	7,58		23	3,58	
-10	7,62		24	3,30	
-9	7,53		25	3,04	
-8	7,27		26	2,80	
-7	6,85		27	2,58	
-6	6,26		28	2,38	
-5	5,52		29	2,20	
-4	4,64		30	2,03	
-3	3,67		31	1,88	
-2	2,65		32	1,74	
-1	1,70		33	1,62	
0	1,21				

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

CURTA DURAÇÃO-12,20 M (MAQUINAS AGRICOLAS E RODOVIAS)

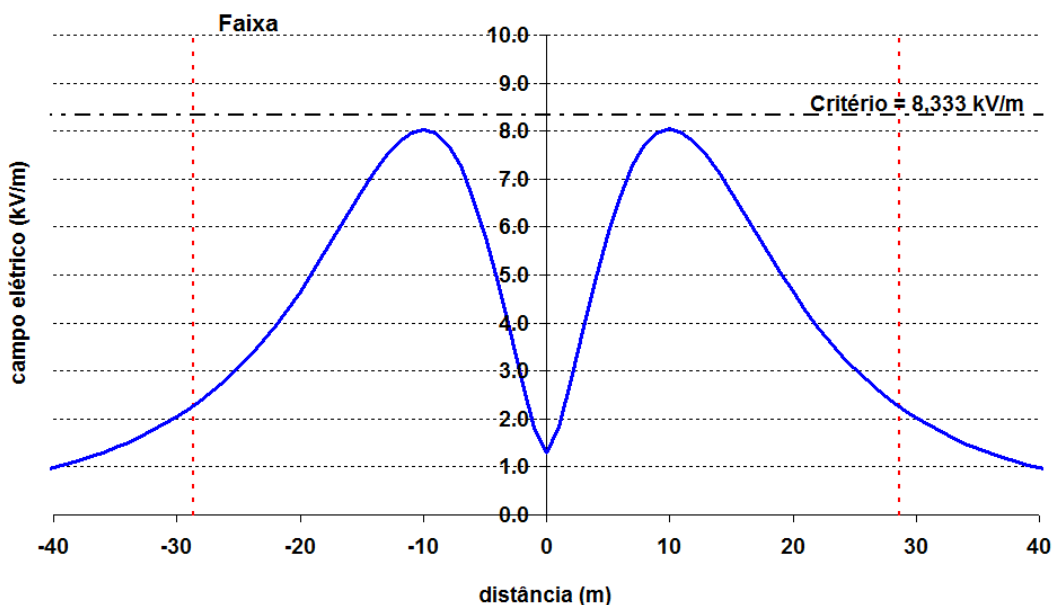
PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO SOB A LT:

ALTURA AO SOLO = 1.50 m

Distância	CE limite faixa	Distância	CE limite faixa
-33	1,62	1	1,83
-32	1,75	2	2,84
-31	1,89	3	3,93
-30	2,04	4	4,96
-29	2,21	5	5,89
-28	2,40	6	6,67
-27	2,60	7	7,29
-26	2,83	8	7,72
-25	3,07	9	7,97
-24	3,34	10	8,04
-23	3,63	11	7,97
-22	3,95	12	7,77
-21	4,29	13	7,48
-20	4,66	14	7,12
-19	5,05	15	6,72
-18	5,46	16	6,30
-17	5,88	17	5,87
-16	6,31	18	5,44
-15	6,73	19	5,03
-14	7,13	20	4,64
-13	7,48	21	4,27
-12	7,77	22	3,93
-11	7,96	23	3,61
-10	8,03	24	3,32
-9	7,95	25	3,05
-8	7,70	26	2,81
-7	7,27	27	2,58
-6	6,65	28	2,38
-5	5,87	29	2,19
-4	4,94	30	2,03
-3	3,90	31	1,87
-2	2,82	32	1,73
-1	1,81	33	1,60
0	1,29		

GRAFICO PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 -
C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE
CAMPO ELETRICO AVALIADO PARA CONDIÇÃO DE LONGA E CURTA DURAÇÃO CONFORME
RESOLUÇÃO NORMATIVA [7] [8]

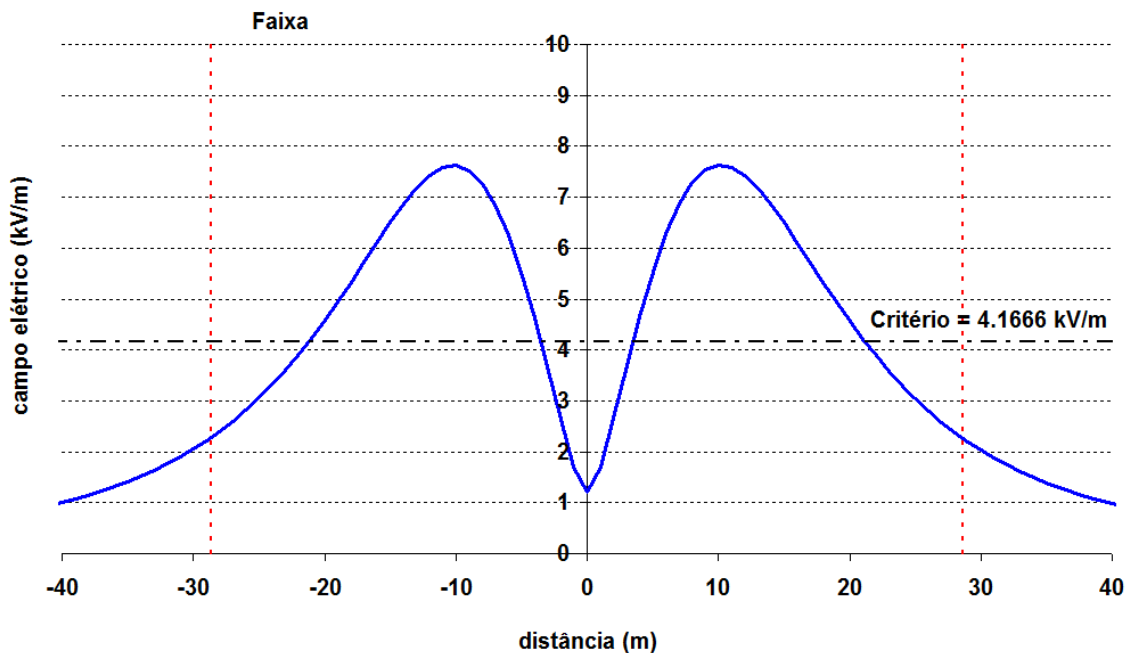
CE - INTERIOR DA FAIXA



CONDUTOR-SOLO = 12,20m

CONDIÇÃO CURTA DURAÇÃO: MINIMA DISTANCIA CABO-SOLO DEFINIDO EM FUNÇÃO DO CAMPO ELETRICO LIMITE

CE - LIMITE DA FAIXA

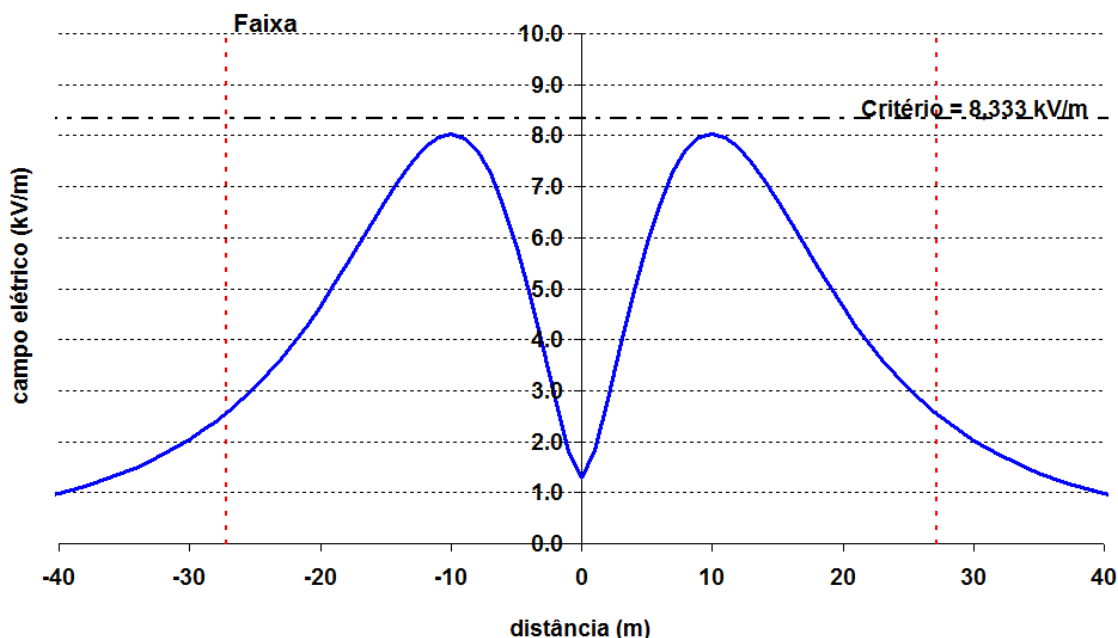


CONDUTOR-SOLO = 12,50m

CONDIÇÃO LONGA DURAÇÃO: DISTANCIA CABO-SOLO DEFINIDO EM FUNÇÃO DA DIFERENÇA DE FLECHAS ENTRE AS TEMPERATURAS DE CURTA E LONGA DURAÇÃO DE APROXIMADAMENTE 0,30 m

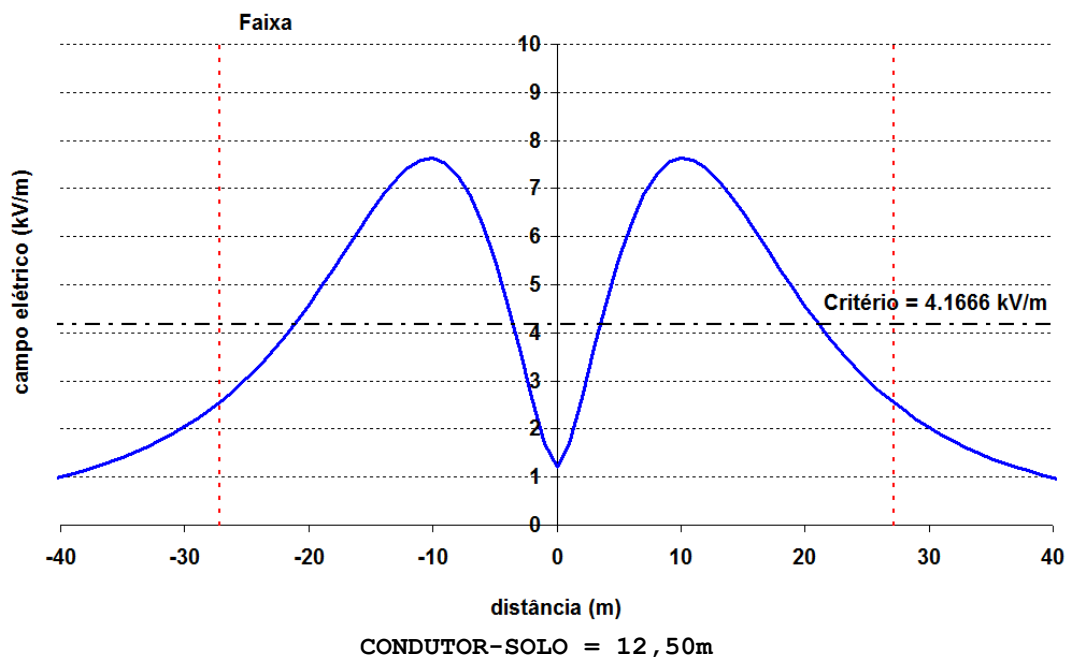
GRAFICO PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE
JUSCELINO - C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE
CAMPO ELETRICO AVALIADO PARA CONDIÇÃO DE LONGA E CURTA DURAÇÃO CONFORME
RESOLUÇÃO NORMATIVA [7] [8]

CE - INTERIOR DA FAIXA



CONDIÇÃO CURTA DURAÇÃO: MINIMA DISTANCIA CABO-SOLO DEFINIDO EM FUNÇÃO DO CAMPO ELETRICO LIMITE

CE - LIMITE DA FAIXA



CONDIÇÃO LONGA DURAÇÃO: DISTANCIA CABO-SOLO DEFINIDO EM FUNÇÃO DA DIFERENÇA DE FLECHAS ENTRE AS TEMPERATURAS DE CURTA E LONGA DURAÇÃO DE APROXIMADAMENTE 0,30 m

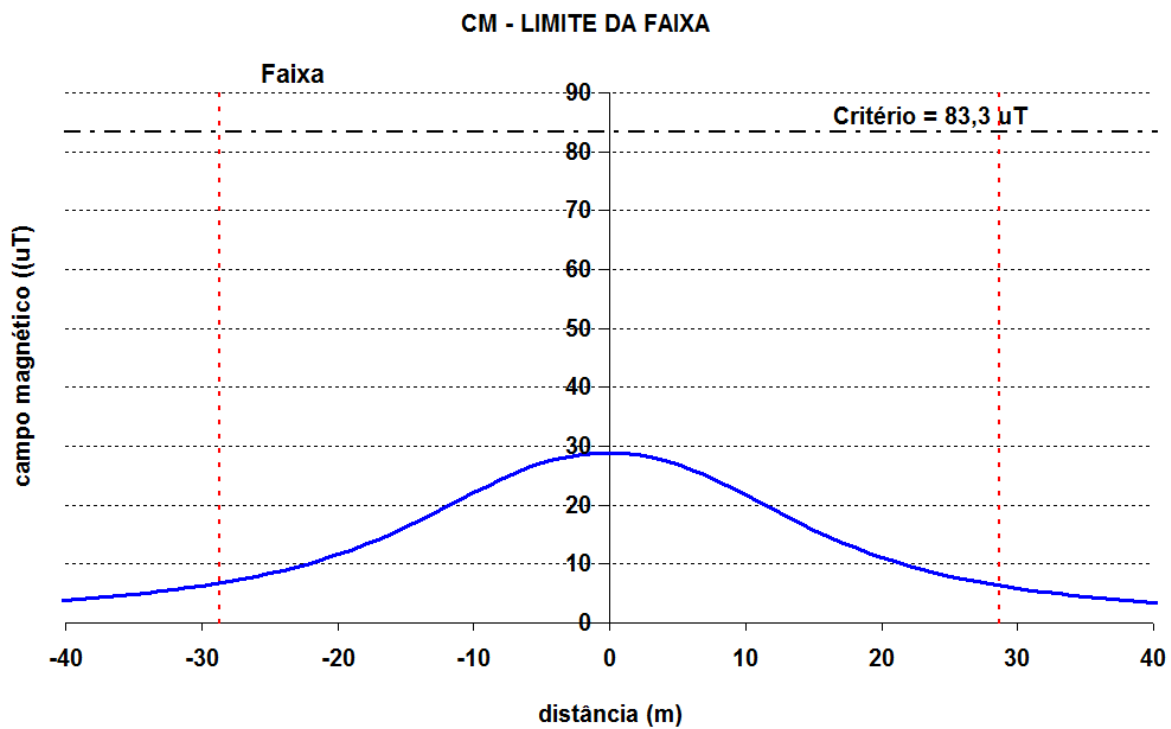
Anexo 5 – Relatórios de Saída – Campo Magnético

PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1 DO
LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

LONGA DURAÇÃO - 12,5 M - 2950A

Distância	CM limite		Distância	CM limite	
	faixa	faixa		faixa	faixa
-31	5.94		1	28.78	
-30	6.27		2	28.53	
-29	6.63		3	28.13	
-28	7.02		4	27.58	
-27	7.45		5	26.89	
-26	7.90		6	26.05	
-25	8.40		7	25.10	
-24	8.94		8	24.03	
-23	9.52		9	22.89	
-22	10.15		10	21.70	
-21	10.84		11	20.47	
-20	11.58		12	19.25	
-19	12.38		13	18.05	
-18	13.24		14	16.88	
-17	14.17		15	15.77	
-16	15.16		16	14.71	
-15	16.21		17	13.72	
-14	17.32		18	12.79	
-13	18.47		19	11.92	
-12	19.66		20	11.12	
-11	20.87		21	10.38	
-10	22.07		22	9.70	
-9	23.24		23	9.07	
-8	24.36		24	8.49	
-7	25.39		25	7.95	
-6	26.31		26	7.46	
-5	27.11		27	7.01	
-4	27.76		28	6.59	
-3	28.27		29	6.20	
-2	28.62		30	5.85	
-1	28.82		31	5.52	
0	28.87				

PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1 DO
LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

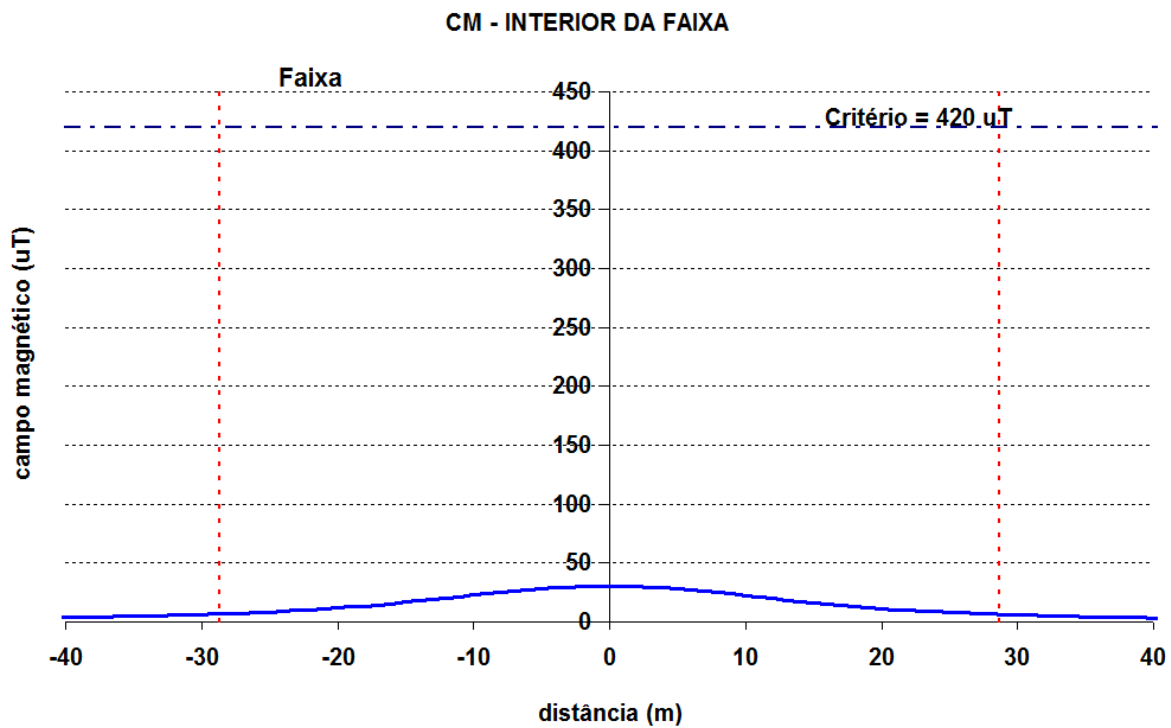


PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1 DO
LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

CURTA DURAÇÃO - 12,2 M - 4000 A

Distância	CM limite		Distância	CM limite	
	fixa			fixa	
-31	5.99		1	30.02	
-30	6.33		2	29.76	
-29	6.70		3	29.34	
-28	7.10		4	28.76	
-27	7.53		5	28.02	
-26	8.00		6	27.14	
-25	8.51		7	26.11	
-24	9.06		8	24.98	
-23	9.66		9	23.76	
-22	10.31		10	22.48	
-21	11.02		11	21.18	
-20	11.79		12	19.88	
-19	12.62		13	18.60	
-18	13.52		14	17.37	
-17	14.49		15	16.19	
-16	15.53		16	15.08	
-15	16.64		17	14.03	
-14	17.81		18	13.06	
-13	19.03		19	12.16	
-12	20.29		20	11.33	
-11	21.58		21	10.56	
-10	22.86		22	9.85	
-9	24.11		23	9.20	
-8	25.31		24	8.61	
-7	26.41		25	8.06	
-6	27.40		26	7.55	
-5	28.25		27	7.09	
-4	28.94		28	6.66	
-3	29.48		29	6.27	
-2	29.85		30	5.91	
-1	30.07		31	5.57	
0	30.12				

PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1 DO
LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

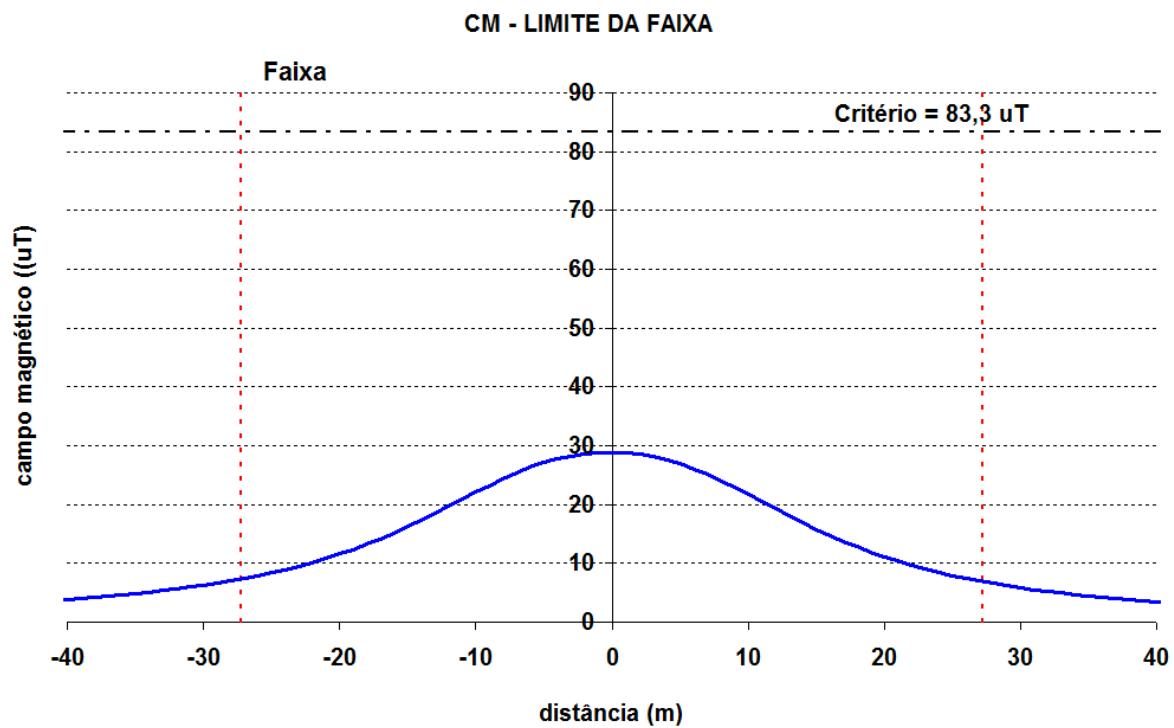


PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

LONGA DURAÇÃO - 12,5 M - 2950A

Distância	CM limite		Distância	CM limite	
	faixa			faixa	
-33	5,34		1	28,78	
-32	5,63		2	28,53	
-31	5,94		3	28,13	
-30	6,27		4	27,58	
-29	6,63		5	26,89	
-28	7,02		6	26,05	
-27	7,45		7	25,10	
-26	7,90		8	24,03	
-25	8,40		9	22,89	
-24	8,94		10	21,70	
-23	9,52		11	20,47	
-22	10,15		12	19,25	
-21	10,84		13	18,05	
-20	11,58		14	16,88	
-19	12,38		15	15,77	
-18	13,24		16	14,71	
-17	14,17		17	13,72	
-16	15,16		18	12,79	
-15	16,21		19	11,92	
-14	17,32		20	11,12	
-13	18,47		21	10,38	
-12	19,66		22	9,70	
-11	20,87		23	9,07	
-10	22,07		24	8,49	
-9	23,24		25	7,95	
-8	24,36		26	7,46	
-7	25,39		27	7,01	
-6	26,31		28	6,59	
-5	27,11		29	6,20	
-4	27,76		30	5,85	
-3	28,27		31	5,52	
-2	28,62		32	5,22	
-1	28,82		33	4,93	
0	28,87				

PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

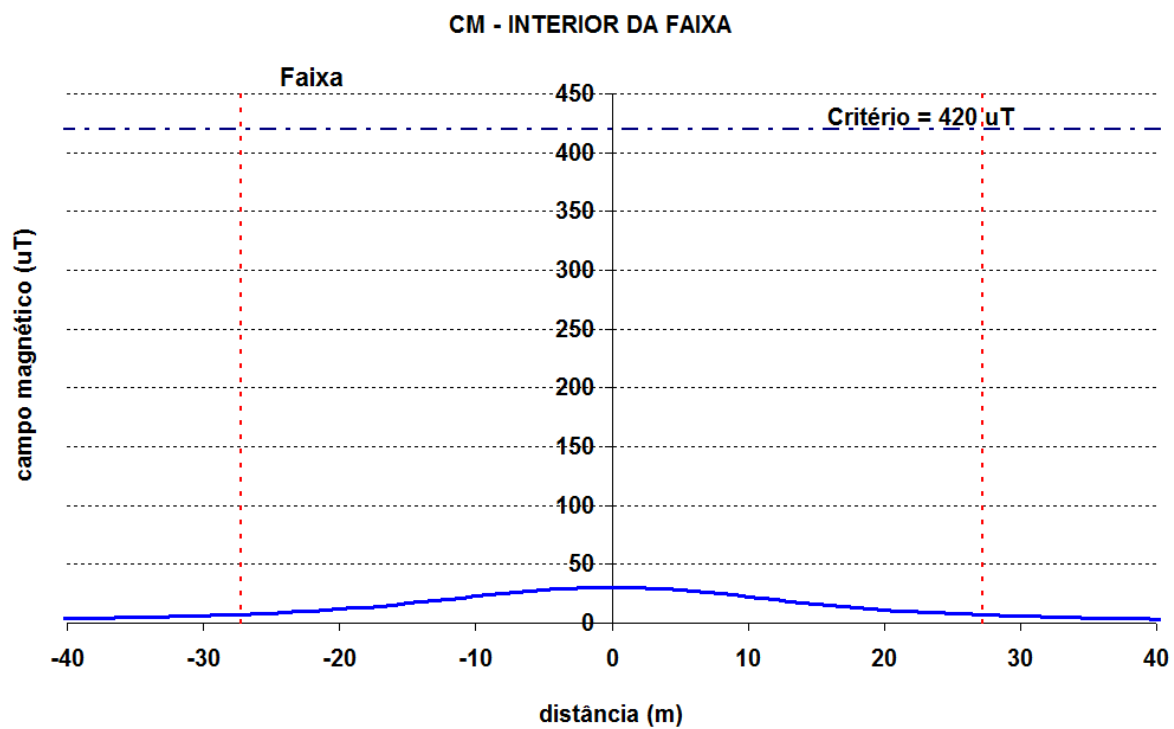


PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

CURTA DURAÇÃO - 12,2 M - 4000 A

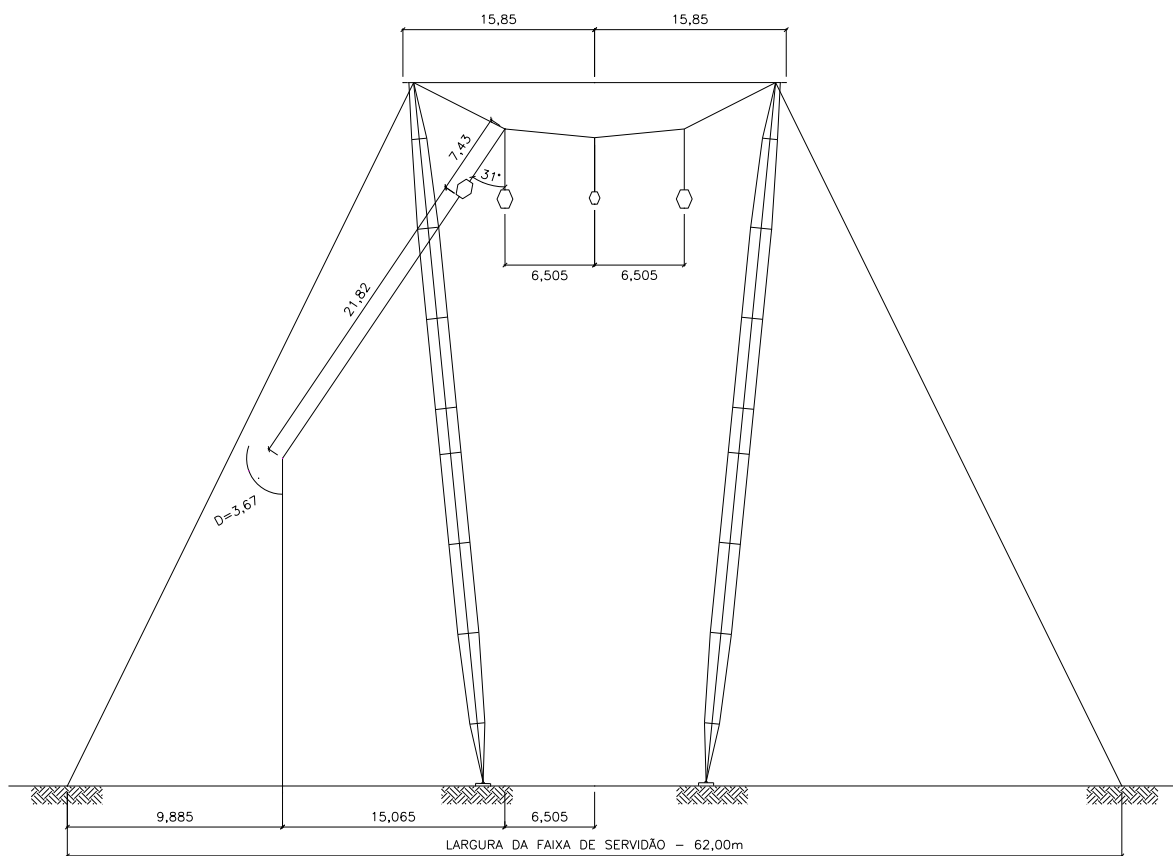
Distância	CM limite fixa	Distância	CM limite fixa
		1	30,02
-33	5,39	2	29,76
-32	5,68	3	29,34
-31	5,99	4	28,76
-30	6,33	5	28,02
-29	6,70	6	27,14
-28	7,10	7	26,11
-27	7,53	8	24,98
-26	8,00	9	23,76
-25	8,51	10	22,48
-24	9,06	11	21,18
-23	9,66	12	19,88
-22	10,31	13	18,60
-21	11,02	14	17,37
-20	11,79	15	16,19
-19	12,62	16	15,08
-18	13,52	17	14,03
-17	14,49	18	13,06
-16	15,53	19	12,16
-15	16,64	20	11,33
-14	17,81	21	10,56
-13	19,03	22	9,85
-12	20,29	23	9,20
-11	21,58	24	8,61
-10	22,86	25	8,06
-9	24,11	26	7,55
-8	25,31	27	7,09
-7	26,41	28	6,66
-6	27,40	29	6,27
-5	28,25	30	5,91
-4	28,94	31	5,57
-3	29,48	32	5,26
-2	29,85	33	4,98
-1	30,07		
0	30,12		

PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

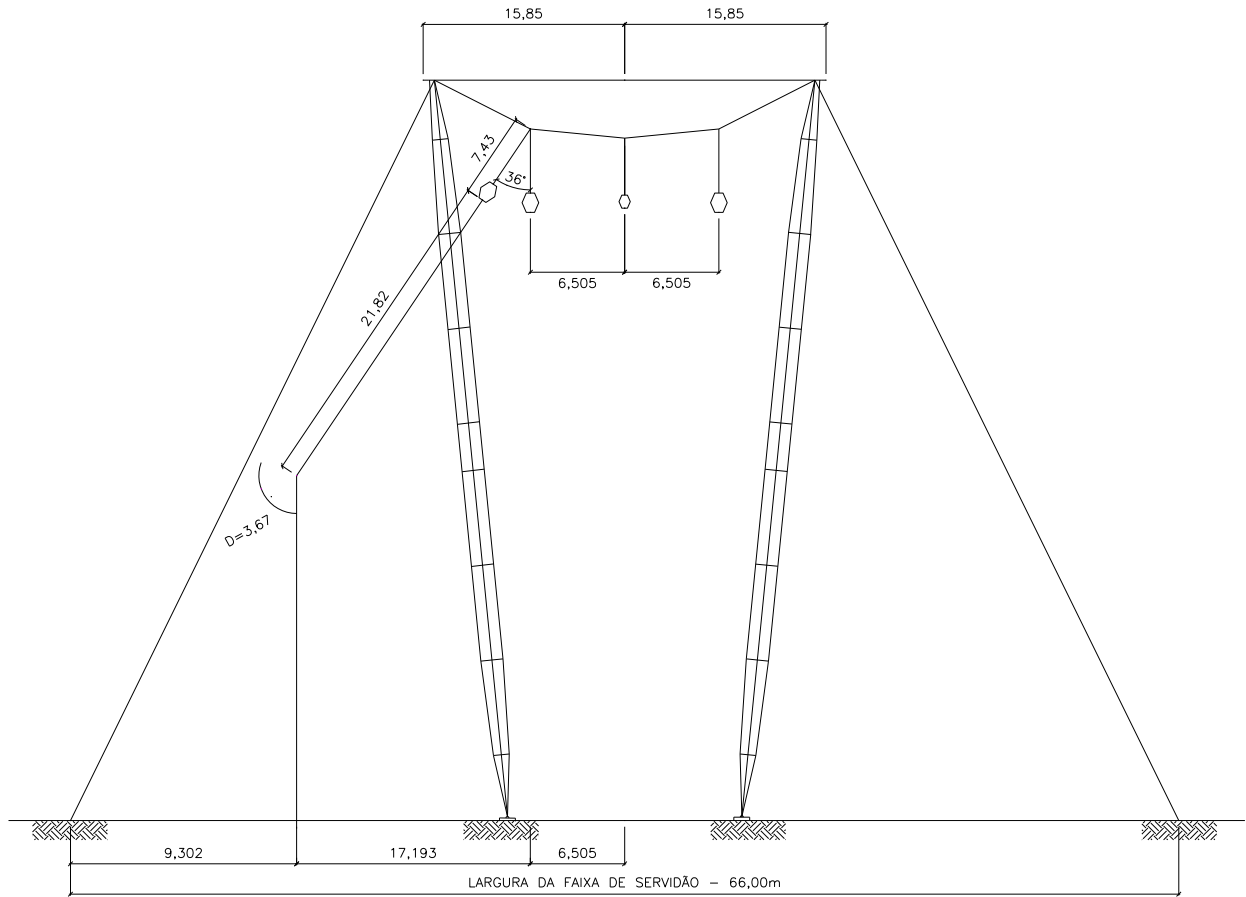


Anexo 6 – Desenho Esquemático da Largura da Faixa

DESENHO ESQUEMATICO DA LARGURA DA FAIXA PARA LT 500 KV IGAPORÃ III -
JANAÚBA 3 - C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE



DESENHO ESQUEMATICO DA LARGURA DA FAIXA PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 -
PRESIDENTE JUSCELINO - C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE



02	15/05/17	Atendimento aos comentários da EP	AQ	JCS	
01	26/04/17	Revisado cálculo eletromagnético	AQ	JCS	
00	31/03/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 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 LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO					
Nº DOCUMENTO			FOLHA	REVISÃO	
RE-EQT4-L400-PB-ELM-0008-R02			1 de 42	02	

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	CRITÉRIO MECÂNICO	3
3.	EFEITO CORONA.....	4
4.	RÁDIO INTERFERÊNCIA	5
5.	RUÍDO AUDÍVEL	6
6.	CAMPO ELÉTRICO	6
7.	CAMPO MAGNÉTICO	8
8.	LARGURA ADOTADA PARA A FAIXA DE SERVIDÃO	8
9.	REFERÊNCIAS.....	9
	ANEXOS.....	10

1. OBJETIVO

1.1. Definir a faixa de servidão (faixa de segurança) a ser adotada no projeto da LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1, em circuito simples pertencentes ao Lote 14 do Leilão 0013/2015 – 2º parte.

2. CRITÉRIO MECÂNICO

2.1. Ângulo de Balanço dos Condutores

2.1.1 O ângulo de balanço está sendo calculado para ventos com 50 anos de período de retorno, 30 segundos de período de integração e pressões correspondentes, fazendo uso dos valores definidos na referência [2].

2.1.2 A metodologia adotada para o cálculo do ângulo de balanço é a constante do item 10.1.4.3 da referência [1], conforme reproduzido a seguir:

$$tg\beta = k \frac{q_0 \cdot d}{p(V/H)} \quad \text{onde:}$$

- d diâmetro do condutor (9)
- p peso unitário do condutor (9)
- V/H relação (vão de peso)/(vão de vento) em alinhamento
- q₀ Pressão Dinâmica (3)
- k figura 7 da referência (2)

Tabela 1 – Ângulo de Balanço das Estruturas Predominantes em Alinhamento							
Linhas de Transmissão	Parâmetros					Ângulo β	
	d	p	V/H	q ₀	k	Calculado	Adotado
	(mm)	(kgf/m)	(pu)	(kgf/m ²)	(pu)	(graus)	(graus)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	26,78	1,172	0,70	57	0,32	30,8°	31°
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	26,78	1,172	0,70	68	0,32	35,1°	36°

2.2. Largura da Faixa de Servidão

2.2.1 Conhecido o ângulo de balanço dos condutores, a largura da faixa é determinada de acordo com a metodologia estabelecida no capítulo 12 da referência [1], ou seja:

$$L = 2[b + (f + l)\text{sen}\beta + d+p] \quad \text{onde:}$$

b=	distância da linha de centro da estrutura ao ponto de fixação da LT
F=	flecha do cabo condutor para vão médio de 510 m
l=	comprimento da cadeia de isoladores e ferragens
β=	ângulo de balanço do condutor e da cadeia
p=	Projeção do condutor mais afastado ao eixo do feixe ($2,10/2 \times \cos\beta$)
d=	$V_{MÁX} / 150$, expresso em metros LT 500 kV

Tendo como resultado:

Linhas de Transmissão	Parâmetros							Distancia	
	Vão (m)	b (m)	f (m)	l (m)	β (graus)	d (m)	p (m)	Calculado (m)	Adotado(*) (m)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	510	6,505	21,82	7,43	31°	3,67	0,9001	52,28	66
	600	6,505	29,63	7,43	31°	3,67	0,9001	60,32	
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	510	6,505	21,87	7,43	36°	3,67	0,8495	56,49	66
	600	6,505	29,69	7,43	36°	3,67	0,8495	65,69	

(*) A largura da faixa foi governada pelo calculo mecânico.

3. EFEITO CORONA

3.1. Gradiente nas Fases

3.1.1 O ponto de partida para o cálculo dos valores de rádio interferência e ruído audível é o gradiente nas fases, que devem ser verificados para a tensão máxima de operação da LT, ou seja, 550 kV.

3.2. Gradiente Crítico

3.2.1 Para verificar se o de gradiente nas fases é adequado, o mesmo é comparado com o gradiente crítico determinado de acordo com a seguinte fórmula [4]:

$$G_{\text{crit}} = 21,2.m.\delta \left(1 + \frac{0,301}{\sqrt{\delta.r}} \right) \text{ kV/cm} \quad \text{Onde:}$$

G_{crit} gradiente crítico (início do corona), em kV/cm, valor eficaz

r raio do condutor, em cm

m coeficiente representativo da superfície do condutor envelhecido ($m = 0,82$)

δ densidade relativa do ar médio para 90% do tempo para todas as LT's = 0,90
densidade relativa do ar 90% do tempo corrigido para:

LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 C1 = 0,89

LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino C1 = 0,90

Tendo com resultado (valor eficaz):

3.2.2 Critérios adotados:

- Nenhum subcondutor de um feixe pode apresentar gradiente superficial maior que o gradiente crítico (DRA 90% = 0,89 e 0,90);
- A média dos gradientes superficiais de cada subcondutor em cada fase não pode ser superior a 95% do gradiente crítico médio para 90% do tempo (DRA médio 90 % = 0,89).

3.2.3 Resultados (valor eficaz):

limite		calculado	
Variável	valor	máximo - todos condutores	maior média dos feixes
Crítico (DRA 90% = 0,89)	19,9	19,4	-

limite		calculado	
Variável	valor	máximo - todos condutores	maior média dos feixes
Crítico (DRA 90% = 0,90)	20,06	19,4	-
95% Crítico (DRA MÉDIO 90% = 0,90)	19,06	-	18,9

3.2.4 Os gradientes obtidos no anexo 1, atendem aos critérios estabelecido no item 3.2.2, ou seja, não deverá ocorrer corona visual em 90 % do tempo, para as condições atmosféricas predominantes na região atravessada pela LT.

4. RÁDIO INTERFERÊNCIA

4.1 O submódulo 2.4 da ONS especifica que a relação sinal/ruído no limite da faixa de servidão, para a tensão máxima operativa, deve ser no mínimo 24 dB, para 50 % das condições climáticas ocorrendo no período de um ano. O sinal adotado para o cálculo deve ser o nível mínimo de sinal na região atravessada pela LT, conforme legislação pertinente.

4.2 Baseado no critério acima e adotando um sinal de 66 dB a 1 MHz obtém-se o nível máximo de rádio interferência admissível no limite da faixa de servidão em pelo menos 50 % de todos os tempos de um ano, ou seja:

$$R_{I_{max}} \leq (66 - 24) \text{ dB} \leq 42 \text{ dB} \quad (\text{no limite da faixa de servidão})$$

4.3 O valor de rádio interferência em um eixo transversal à LT foi calculado considerando a tensão máxima de operação da LT, ou seja, 550 kV. O correspondente relatório de saída consta do Anexo 2.

4.4 O programa do Anexo 2 considera internamente as seguintes premissas básicas:

Frequência de medição do ruído	1 MHz, medido conforme norma ANSI
Resistividade do solo	100 Ω .m
DRA 50% (PU)	0,91 (LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1)
DRA 50% (PU)	0,92 (LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1)

4.5 O valor de rádio interferência com 50 % de probabilidade de não ser excedido, quando se consideram todos os tempos do ano, foi calculado partindo das seguintes premissas:

- a distribuição de rádio interferência, tanto para tempo bom como para tempo ruim, é gaussiana;
- o valor de rádio interferência com 1 % de probabilidade de ser excedido com tempo bom é igual ao valor de rádio interferência com 99 % de probabilidade de ser excedido com tempo ruim (Fair L1 = Foul L99);

4.6 As distribuições de tempo bom e tempo ruim assim definidas foram ponderadas em função da climatologia da região, dando origem à distribuição de todos os tempos apresentada na Figura do Anexo 2.

4.7 A partir dessa distribuição, obtém-se o nível de rádio interferência no limite da faixa com probabilidade de não ser excedido 50 % de todos os tempos do ano, o qual é indicado a seguir:

- LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1
✓ $RI_0 = 40,89$ dB (L50 todos os tempos)
- LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1
✓ $RI_0 = 40,32$ dB (L50 todos os tempos)

4.9 Como pode ser constatado, o valor de rádio interferência no limite da faixa de servidão com 50 % de probabilidade de não ser excedido, considerando-se todos os tempos do ano, atende o critério estabelecido no Anexo técnico do Edital.

5. RUÍDO AUDÍVEL

5.1 O Anexo técnico do Edital especifica que o ruído audível no limite da faixa de servidão, para a tensão máxima operativa, deve ser no máximo igual a 58 dBA, para as seguintes condições climáticas:

- (a) durante chuva fina (< 0,00148 mm/min);
- (b) durante névoa de 4 horas de duração;
- (c) após chuva (primeiros 15 minutos).

5.2 O ruído audível será verificado para condições que correspondam ao condutor úmido, conforme item 5.1 anterior. Essas condições são usualmente associadas [4] ao nível de ruído com 50 % de probabilidade de ser excedido.

5.3 Os valores do ruído audível em um eixo transversal à linha de transmissão foram calculados para as condições Foul L50. O correspondente relatório de saída consta do Anexo 3.

Ruído Audível no limite da faixa (dBA)	
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	55,64
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	55,51

5.4 Conforme os valores da tabela acima o valor obtido para o ruído audível no limite da faixa de servidão para a LT é inferior a 58 dBA, atendendo o critério estabelecido.

6. CAMPO ELÉTRICO

6.1 A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014 [7], especifica que o campo elétrico a um metro e meio do solo, no limite da faixa de servidão, deve ser inferior ou, no máximo, igual a 4,17 kV/m. Adicionalmente, o campo elétrico no interior da faixa de servidão não deve ser superior a 8,33 kV/m, conforme referência, levando-se em consideração a utilização que for dada a cada trecho.

6.2 O valor do campo elétrico a um metro e meio do solo em um eixo transversal à LT calculado são descritos abaixo:

Tabela 8 – Campo elétrico a 1,5 m do solo (kV/m)

Linhas de Transmissão	No interior da faixa		No limite da faixa	
	Longa duração	Curta duração	Longa duração	Curta duração
	Máquinas agrícolas e Rodovias	Máquinas agrícolas e Rodovias	Máquinas agrícolas e Rodovias	Máquinas agrícolas e Rodovias
	Altura condutor mais baixo – solo (m)			
	12,5	12,2	12,5	12,2
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	7,63	8,04	1,63	1,62
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	7,63	8,04	1,63	1,62

6.3 Os relatórios de saída constam do Anexo 4.

6.4 A tabela a seguir apresenta as correntes induzidas para os valores máximos de campo elétrico indicados no item anterior.

- LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

Tabela 9A – Corrente Induzida

Veículo	Referência Campo Elétrico	Corrente Induzida
Carreta de grande porte	8,04 kV/m	4,7 mA
Ônibus	8,04 kV/m	3,4 mA
Colheitadeira	8,04 kV/m	3,5 mA
Trator de fazenda puxando carroça	8,04 kV/m	2,6 mA
Trator de fazenda	8,04 kV/m	0,9 mA

- LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

Tabela 9B – Corrente Induzida

Veículo	Referência Campo Elétrico	Corrente Induzida
Carreta de grande porte	8,04 kV/m	4,7 mA
Ônibus	8,04 kV/m	3,4 mA
Colheitadeira	8,04 kV/m	3,5 mA
Trator de fazenda puxando carroça	8,04 kV/m	2,6 mA
Trator de fazenda	8,04 kV/m	0,9 mA

6.5 Esses valores de corrente induzida situam-se em níveis compatíveis com a utilização da faixa de servidão e atendem o limite máximo de 5,0 mA especificados.

7. CAMPO MAGNÉTICO

7.1 A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014 [7], especifica que o campo magnético no limite da faixa de servidão a um metro e meio do solo deve ser inferior ou, no máximo, igual a 160,9 A/m, equivalente a uma indução magnética de 200 μT , e no interior da faixa de servidão não deve ser superior a 804,5 A/m, equivalente a uma indução magnética de 1000 μT .

7.2 Os valores do campo magnético em um eixo transversal à LT foram calculados para a corrente operativa longa duração e corrente máxima curta duração (5).

7.3 O campo magnético foi calculado na largura da faixa de servidão, em um eixo perpendicular à diretriz da LT localizado em um ponto do perfil com espaçamento mínimo condutor-solo, considerando terreno plano. Conservativamente, não foram consideradas no cálculo as correntes de retorno pela terra.

7.4 O relatório de saída consta do Anexo 5. São resumidos a seguir os valores calculados:

Tabela 10 – Campo Magnético (μT)				
Linhas de Transmissão	No interior da faixa		No limite da faixa	
	Longa duração	Curta duração	Longa duração	Curta duração
	Altura feixe condutor – solo (m)			
	12,5	12,2	12,5	12,2
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	28,87	30,12	5,34	5,39
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	28,87	30,12	5,34	5,39

7.5 Os valores acima mostram que para a LT em estudo, o valor do campo magnético no interior da faixa de servidão é inferior a 160,9 A/m, atendendo o critério estabelecido.

8. LARGURA ADOTADA PARA A FAIXA DE SERVIDÃO

8.1 A faixa de servidão da linha de transmissão em estudo terá a largura indicada a seguir, a qual atende tanto o critério mecânico de balanço dos condutores como os critérios elétricos definidos no Anexo técnico do Edital:

- LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1 – 66 m
- LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1 – 66 m

8.2 A faixa de servidão selecionada está representada na Figura 6.

9. REFERÊNCIAS

- 1 NBR 5422 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 2 Relatório RE-EQT4-L400-PB-ELM-0004 VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO, 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-0003 DADOS CLIMATOLÓGICOS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1
- 4 Transmission line reference book, 345 kV and above, second edition, 1982.
- 5 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
- 6 Relatório RE-EQT4-L400-PB-ELM-0007 DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA PARA LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1
- 7 A Resolução Normativa ANEEL nº 616 de 01/07/2014
- 8 A Resolução Normativa ANEEL nº 398 de 23/03/2010

ANEXOS

Anexo 1 – Relatórios de Saída – Gradiente Superficial

GRADIENTE SUPERFICIAL PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1 DO LOTE
14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

MÁXIMOS GRADIENTES SUPERFICIAIS :

	Posição no feixe	CE (kV/cm)
Fase A	1	18,3
	2	19,1
	3	18,4
	4	16,0
	5	14,3
	6	15,9
Fase B	1	19,4
	2	17,9
	3	19,3
	4	19,3
	5	17,9
	6	19,4
Fase C	1	15,9
	2	14,3
	3	16,0
	4	18,4
	5	19,1
	6	18,3
MÉDIA (MAIOR VALOR FASE CENTRAL)		18,9
MÁXIMA (MAIOR VALOR FASE CENTRAL)		19,4

GRADIENTE SUPERFICIAL PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C1
DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

MÁXIMOS GRADIENTES SUPERFICIAIS :

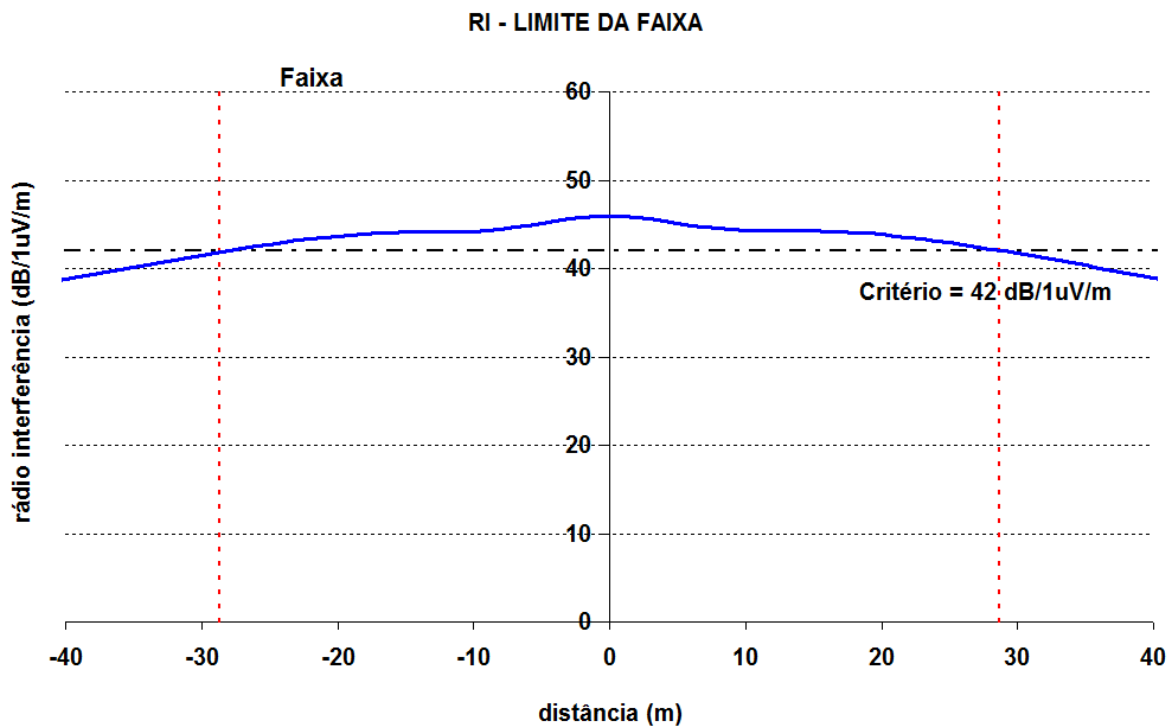
	Posição no feixe	CE (kV/cm)
Fase A	1	18,3
	2	19,1
	3	18,4
	4	16,0
	5	14,3
	6	15,9
Fase B	1	19,4
	2	17,9
	3	19,3
	4	19,3
	5	17,9
	6	19,4
Fase C	1	15,9
	2	14,3
	3	16,0
	4	18,4
	5	19,1
	6	18,3
MÉDIA (MAIOR VALOR FASE CENTRAL)		18,9
MÁXIMA (MAIOR VALOR FASE CENTRAL)		19,4

Anexo 2 – Relatórios de Saída – Rádio Interferência, RI-QP (dB), 1 MHz

PERFIL DE RADIO INTERFERENCIA PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1
DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

Distância	RI limite		Distância	RI limite	
	faixa			faixa	
-33	40.72		1	45.90	
-32	40.99		2	45.79	
-31	41.26		3	45.61	
-30	41.52		4	45.38	
-29	41.78		5	45.14	
-28	42.03		6	44.89	
-27	42.28		7	44.68	
-26	42.51		8	44.51	
-25	42.74		9	44.38	
-24	42.96		10	44.31	
-23	43.16		11	44.28	
-22	43.35		12	44.28	
-21	43.52		13	44.28	
-20	43.67		14	44.27	
-19	43.80		15	44.26	
-18	43.91		16	44.22	
-17	44.00		17	44.16	
-16	44.07		18	44.08	
-15	44.11		19	43.97	
-14	44.14		20	43.84	
-13	44.15		21	43.69	
-12	44.16		22	43.52	
-11	44.18		23	43.33	
-10	44.22		24	43.13	
-9	44.31		25	42.92	
-8	44.45		26	42.69	
-7	44.63		27	42.45	
-6	44.86		28	42.21	
-5	45.11		29	41.95	
-4	45.37		30	41.69	
-3	45.60		31	41.43	
-2	45.78		32	41.16	
-1	45.90		33	40.89	
0	45.94				

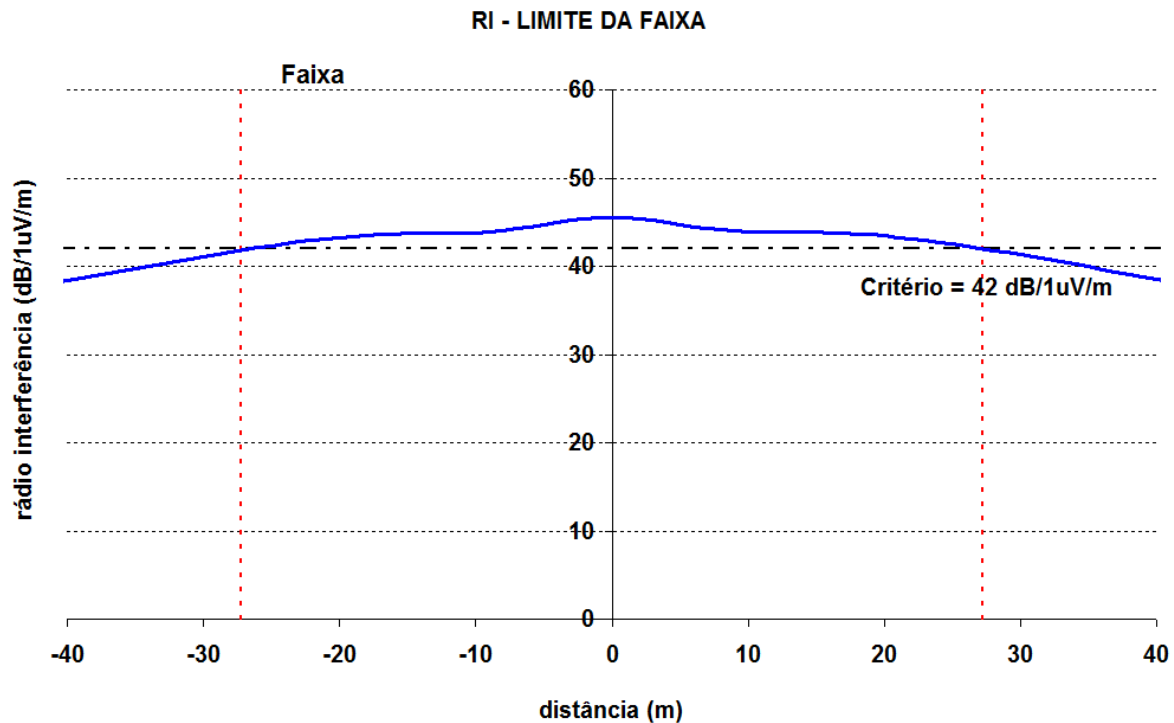
FIGURA PERFIL DE RI PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1 DO LOTE 14
LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE



PERFIL DE RADIO INTERFERENCIA PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE
JUSCELINO - C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2º PARTE

Distância	RI limite		Distância	RI limite	
		faixa			faixa
-33		40.32	1		45.50
-32		40.59	2		45.39
-31		40.86	3		45.21
-30		41.12	4		44.98
-29		41.38	5		44.74
-28		41.63	6		44.49
-27		41.88	7		44.28
-26		42.11	8		44.11
-25		42.34	9		43.98
-24		42.56	10		43.91
-23		42.76	11		43.88
-22		42.95	12		43.88
-21		43.12	13		43.88
-20		43.27	14		43.87
-19		43.40	15		43.86
-18		43.51	16		43.82
-17		43.60	17		43.76
-16		43.67	18		43.68
-15		43.71	19		43.57
-14		43.74	20		43.44
-13		43.75	21		43.29
-12		43.76	22		43.12
-11		43.78	23		42.93
-10		43.82	24		42.73
-9		43.91	25		42.52
-8		44.05	26		42.29
-7		44.23	27		42.05
-6		44.46	28		41.81
-5		44.71	29		41.55
-4		44.97	30		41.29
-3		45.20	31		41.03
-2		45.38	32		40.76
-1		45.50	33		40.49
0		45.54			

FIGURA PERFIL DE RI PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE



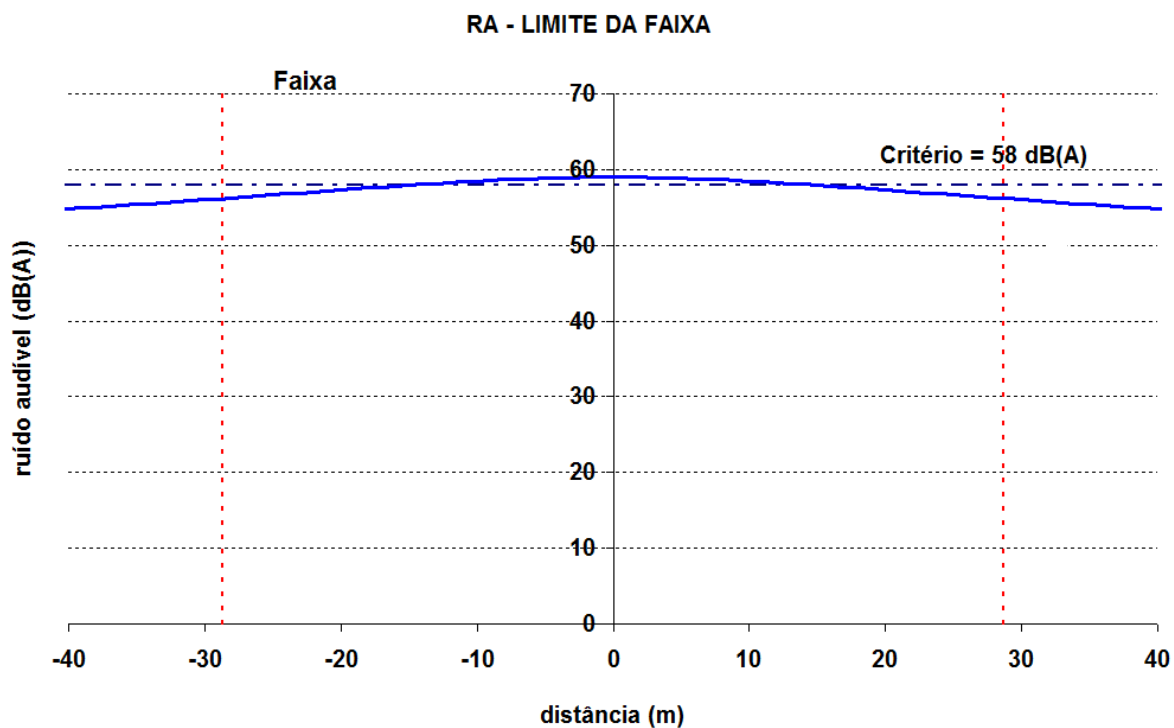
Anexo 3 – Relatórios de Saída – Ruído Audível, Tempo Ruim

PERFIL DE RUIDO AUDIVEL PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1 DO LOTE
14 LEILAO 013/2015 - 2º PARTE

PERFIL DE RUIDO AUDÍVEL:

Distância	RA limite		Distância	RA limite	
	faixa			faixa	
-33	55.63		1	58.98	
-32	55.76		2	58.96	
-31	55.89		3	58.94	
-30	56.01		4	58.90	
-29	56.14		5	58.85	
-28	56.27		6	58.79	
-27	56.40		7	58.73	
-26	56.53		8	58.65	
-25	56.66		9	58.57	
-24	56.79		10	58.48	
-23	56.92		11	58.38	
-22	57.05		12	58.28	
-21	57.18		13	58.17	
-20	57.31		14	58.06	
-19	57.44		15	57.94	
-18	57.57		16	57.82	
-17	57.69		17	57.70	
-16	57.82		18	57.57	
-15	57.94		19	57.44	
-14	58.05		20	57.31	
-13	58.17		21	57.18	
-12	58.27		22	57.05	
-11	58.38		23	56.92	
-10	58.47		24	56.79	
-9	58.57		25	56.66	
-8	58.65		26	56.53	
-7	58.72		27	56.40	
-6	58.79		28	56.27	
-5	58.85		29	56.14	
-4	58.90		30	56.02	
-3	58.94		31	55.89	
-2	58.96		32	55.76	
-1	58.98		33	55.64	
0	58.98				

FIGURA PERFIL DE RUÍDO AUDÍVEL -FOUL L50 (dBA) PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2º PARTE

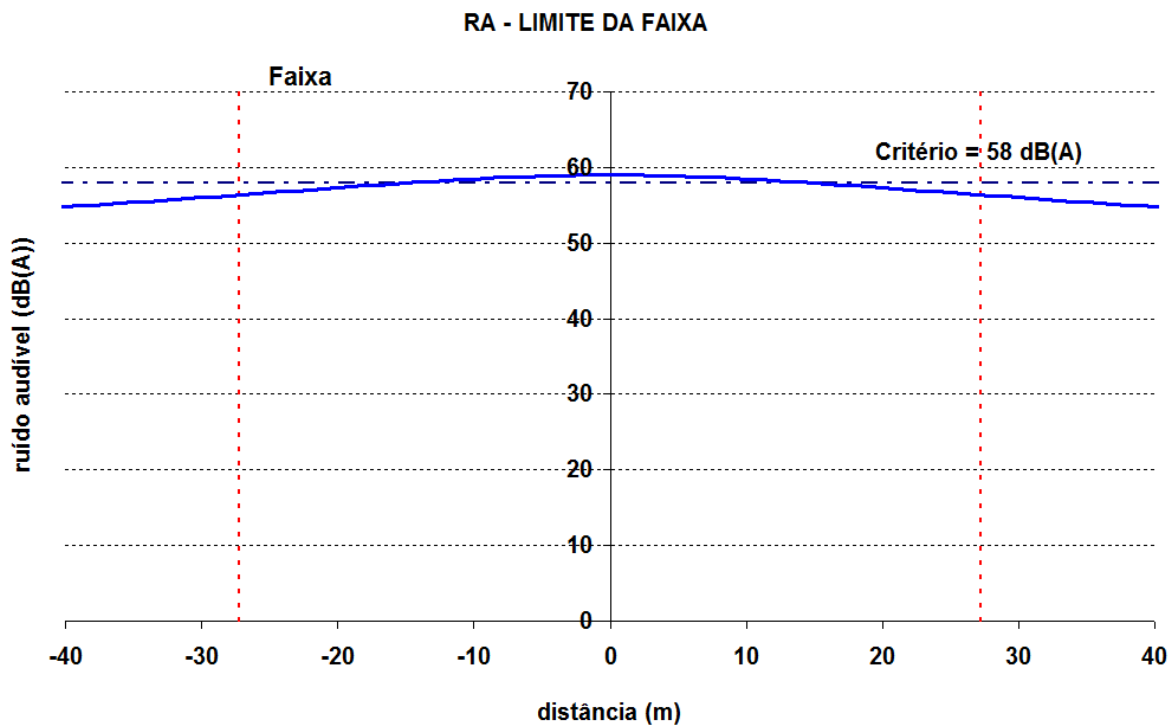


PERFIL DE RUIDO AUDIVEL PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

PERFIL DE RUIDO AUDÍVEL:

Distância	RA limite faixa	Distância	RA limite faixa
-33	55.51	1	58.98
-32	55.63	2	58.96
-31	55.76	3	58.94
-30	55.89	4	58.90
-29	56.01	5	58.85
-28	56.14	6	58.79
-27	56.27	7	58.73
-26	56.40	8	58.65
-25	56.53	9	58.57
-24	56.66	10	58.48
-23	56.79	11	58.38
-22	56.92	12	58.28
-21	57.05	13	58.17
-20	57.18	14	58.06
-19	57.31	15	57.94
-18	57.44	16	57.82
-17	57.57	17	57.70
-16	57.69	18	57.57
-15	57.82	19	57.44
-14	57.94	20	57.31
-13	58.05	21	57.18
-12	58.17	22	57.05
-11	58.27	23	56.92
-10	58.38	24	56.79
-9	58.47	25	56.66
-8	58.57	26	56.53
-7	58.65	27	56.40
-6	58.72	28	56.27
-5	58.79	29	56.14
-4	58.85	30	56.02
-3	58.90	31	55.89
-2	58.94	32	55.76
-1	58.96	33	55.64
0	58.98		

FIGURA PERFIL DE RUIDO AUDÍVEL -FOUL L50 (dBA) PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 -
PRESIDENTE JUSCELINO - C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE



Anexo 4 – Relatórios de Saída – Campo Elétrico

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1 DO
LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

LONGA DURAÇÃO-12,50 M (MAQUINAS AGRICOLAS E RODOVIAS)

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO SOB A LT:

ALTURA AO SOLO = 1.50 m

Distância	CE limite		Distância	CE limite	
	faixa			faixa	
-33	1.63		1	1.71	
-32	1.76		2	2.66	
-31	1.90		3	3.68	
-30	2.05		4	4.66	
-29	2.21		5	5.53	
-28	2.40		6	6.28	
-27	2.60		7	6.86	
-26	2.82		8	7.28	
-25	3.05		9	7.54	
-24	3.31		10	7.63	
-23	3.60		11	7.59	
-22	3.90		12	7.43	
-21	4.23		13	7.18	
-20	4.58		14	6.86	
-19	4.95		15	6.50	
-18	5.33		16	6.11	
-17	5.72		17	5.71	
-16	6.12		18	5.32	
-15	6.50		19	4.93	
-14	6.86		20	4.56	
-13	7.18		21	4.21	
-12	7.43		22	3.88	
-11	7.58		23	3.58	
-10	7.62		24	3.30	
-9	7.53		25	3.04	
-8	7.27		26	2.80	
-7	6.85		27	2.58	
-6	6.26		28	2.38	
-5	5.52		29	2.20	
-4	4.64		30	2.03	
-3	3.67		31	1.88	
-2	2.65		32	1.74	
-1	1.70		33	1.62	
0	1.21				

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1 DO
LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

CURTA DURAÇÃO-12,20 M (MAQUINAS AGRICOLAS E RODOVIAS)

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO SOB A LT:

ALTURA AO SOLO = 1.50 m

Distância	CE limite faixa	Distância	CE limite faixa
-33	1.62	1	1.83
-32	1.75	2	2.84
-31	1.89	3	3.93
-30	2.04	4	4.96
-29	2.21	5	5.89
-28	2.40	6	6.67
-27	2.60	7	7.29
-26	2.83	8	7.72
-25	3.07	9	7.97
-24	3.34	10	8.04
-23	3.63	11	7.97
-22	3.95	12	7.77
-21	4.29	13	7.48
-20	4.66	14	7.12
-19	5.05	15	6.72
-18	5.46	16	6.30
-17	5.88	17	5.87
-16	6.31	18	5.44
-15	6.73	19	5.03
-14	7.13	20	4.64
-13	7.48	21	4.27
-12	7.77	22	3.93
-11	7.96	23	3.61
-10	8.03	24	3.32
-9	7.95	25	3.05
-8	7.70	26	2.81
-7	7.27	27	2.58
-6	6.65	28	2.38
-5	5.87	29	2.19
-4	4.94	30	2.03
-3	3.90	31	1.87
-2	2.82	32	1.73
-1	1.81	33	1.60
0	1.29		

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2º PARTE

LONGA DURAÇÃO-12,50 M (MAQUINAS AGRICOLAS E RODOVIAS)

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO SOB A LT:

ALTURA AO SOLO = 1.50 m

Distância	CE limite		Distância	CE limite	
	faixa			faixa	
-33	1,63		1	1,71	
-32	1,76		2	2,66	
-31	1,90		3	3,68	
-30	2,05		4	4,66	
-29	2,21		5	5,53	
-28	2,40		6	6,28	
-27	2,60		7	6,86	
-26	2,82		8	7,28	
-25	3,05		9	7,54	
-24	3,31		10	7,63	
-23	3,60		11	7,59	
-22	3,90		12	7,43	
-21	4,23		13	7,18	
-20	4,58		14	6,86	
-19	4,95		15	6,50	
-18	5,33		16	6,11	
-17	5,72		17	5,71	
-16	6,12		18	5,32	
-15	6,50		19	4,93	
-14	6,86		20	4,56	
-13	7,18		21	4,21	
-12	7,43		22	3,88	
-11	7,58		23	3,58	
-10	7,62		24	3,30	
-9	7,53		25	3,04	
-8	7,27		26	2,80	
-7	6,85		27	2,58	
-6	6,26		28	2,38	
-5	5,52		29	2,20	
-4	4,64		30	2,03	
-3	3,67		31	1,88	
-2	2,65		32	1,74	
-1	1,70		33	1,62	
0	1,21				

PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

CURTA DURAÇÃO-12,20 M (MAQUINAS AGRICOLAS E RODOVIAS)

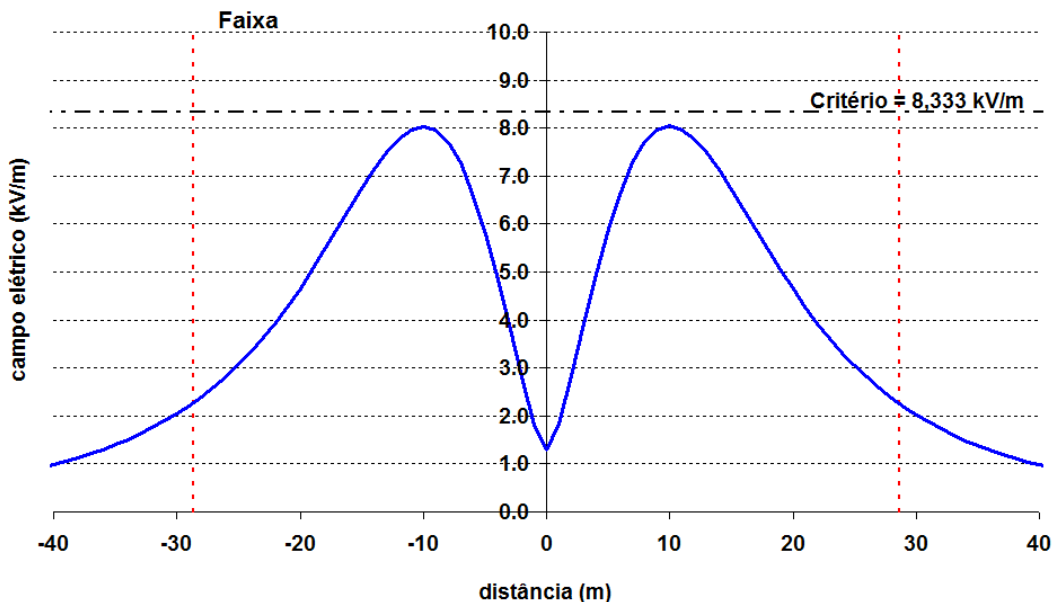
PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO SOB A LT:

ALTURA AO SOLO = 1.50 m

Distância	CE limite faixa	Distância	CE limite faixa
-33	1,62	1	1,83
-32	1,75	2	2,84
-31	1,89	3	3,93
-30	2,04	4	4,96
-29	2,21	5	5,89
-28	2,40	6	6,67
-27	2,60	7	7,29
-26	2,83	8	7,72
-25	3,07	9	7,97
-24	3,34	10	8,04
-23	3,63	11	7,97
-22	3,95	12	7,77
-21	4,29	13	7,48
-20	4,66	14	7,12
-19	5,05	15	6,72
-18	5,46	16	6,30
-17	5,88	17	5,87
-16	6,31	18	5,44
-15	6,73	19	5,03
-14	7,13	20	4,64
-13	7,48	21	4,27
-12	7,77	22	3,93
-11	7,96	23	3,61
-10	8,03	24	3,32
-9	7,95	25	3,05
-8	7,70	26	2,81
-7	7,27	27	2,58
-6	6,65	28	2,38
-5	5,87	29	2,19
-4	4,94	30	2,03
-3	3,90	31	1,87
-2	2,82	32	1,73
-1	1,81	33	1,60
0	1,29		

GRAFICO PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 -
C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE
CAMPO ELETRICO AVALIADO PARA CONDIÇÃO DE LONGA E CURTA DURAÇÃO CONFORME
RESOLUÇÃO NORMATIVA [7] [8]

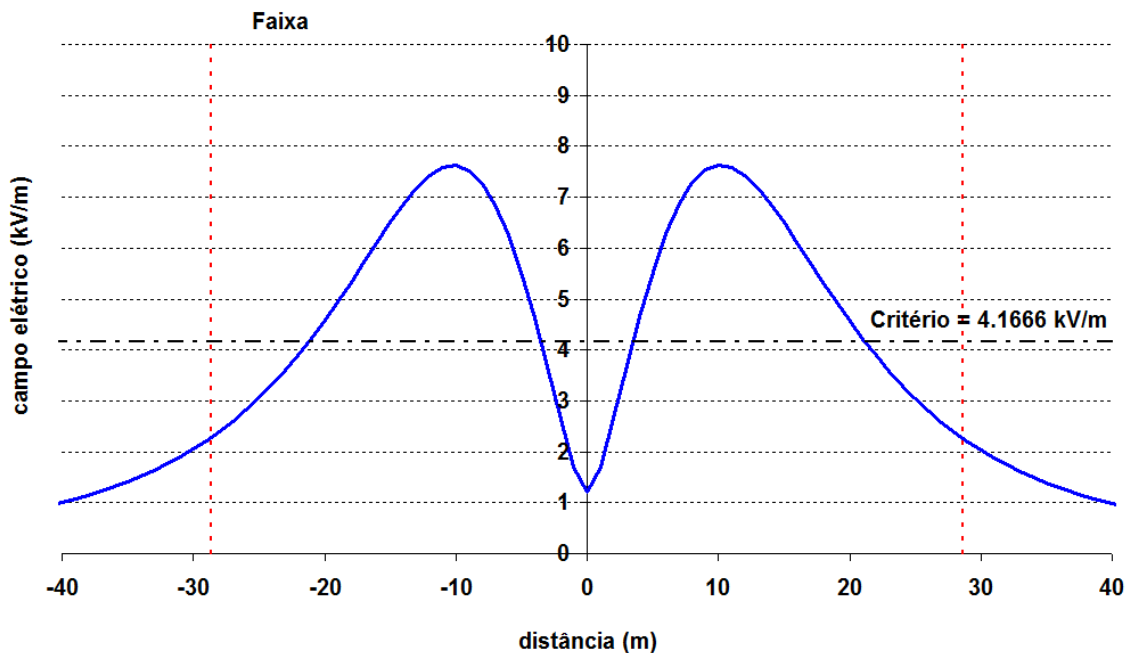
CE - INTERIOR DA FAIXA



CONDUTOR-SOLO = 12,20m

CONDIÇÃO CURTA DURAÇÃO: MINIMA DISTANCIA CABO-SOLO DEFINIDO EM FUNÇÃO DO CAMPO ELETRICO LIMITE

CE - LIMITE DA FAIXA

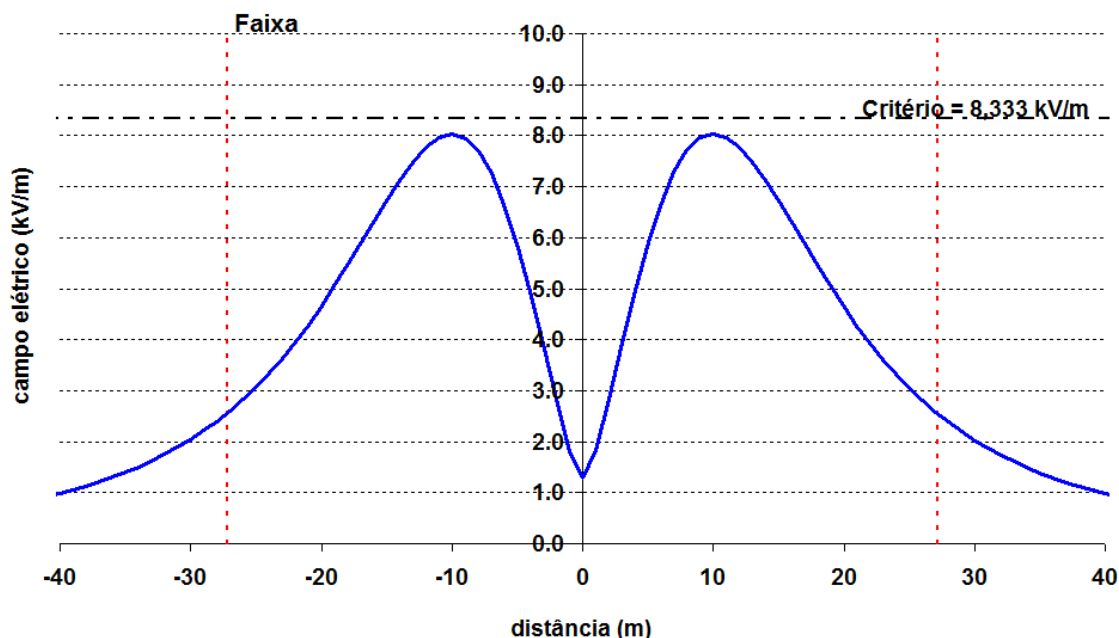


CONDUTOR-SOLO = 12,50m

CONDIÇÃO LONGA DURAÇÃO: DISTANCIA CABO-SOLO DEFINIDO EM FUNÇÃO DA DIFERENÇA DE FLECHAS ENTRE AS TEMPERATURAS DE CURTA E LONGA DURAÇÃO DE APROXIMADAMENTE 0,30 m

GRAFICO PERFIL DE CAMPO ELÉTRICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE
JUSCELINO - C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2º PARTE
CAMPO ELETRICO AVALIADO PARA CONDIÇÃO DE LONGA E CURTA DURAÇÃO CONFORME
RESOLUÇÃO NORMATIVA [7] [8]

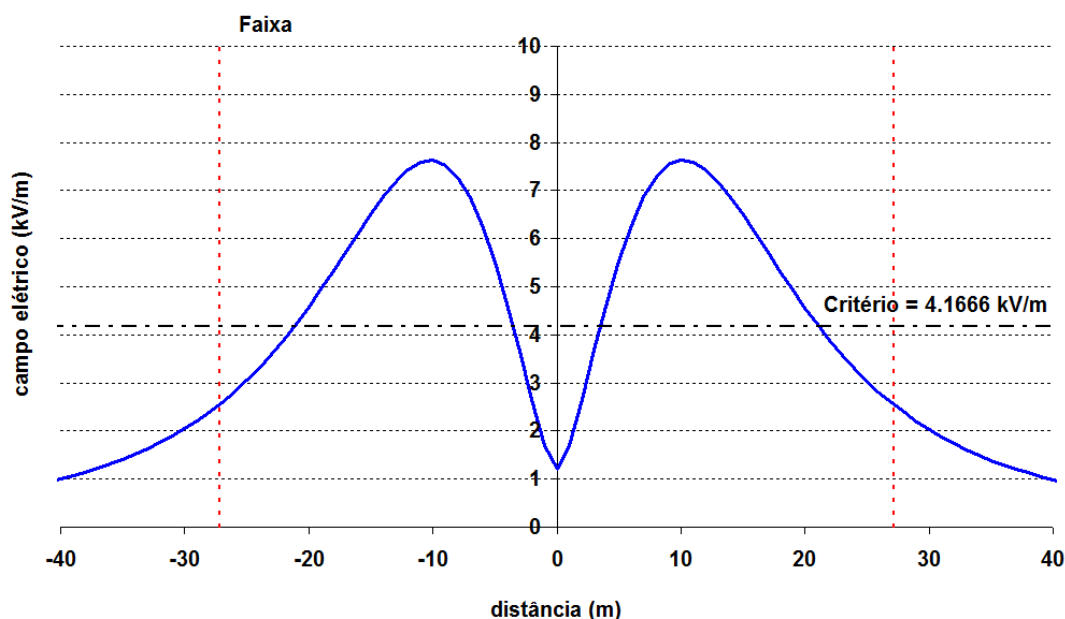
CE - INTERIOR DA FAIXA



CONDUTOR-SOLO = 12,20m

CONDIÇÃO CURTA DURAÇÃO: MINIMA DISTANCIA CABO-SOLO DEFINIDO EM FUNÇÃO DO CAMPO ELETRICO LIMITE

CE - LIMITE DA FAIXA



CONDUTOR-SOLO = 12,50m

CONDIÇÃO LONGA DURAÇÃO: DISTANCIA CABO-SOLO DEFINIDO EM FUNÇÃO DA DIFERENÇA DE FLECHAS ENTRE AS TEMPERATURAS DE CURTA E LONGA DURAÇÃO DE APROXIMADAMENTE 0,30 m

Anexo 5 – Relatórios de Saída – Campo Magnético

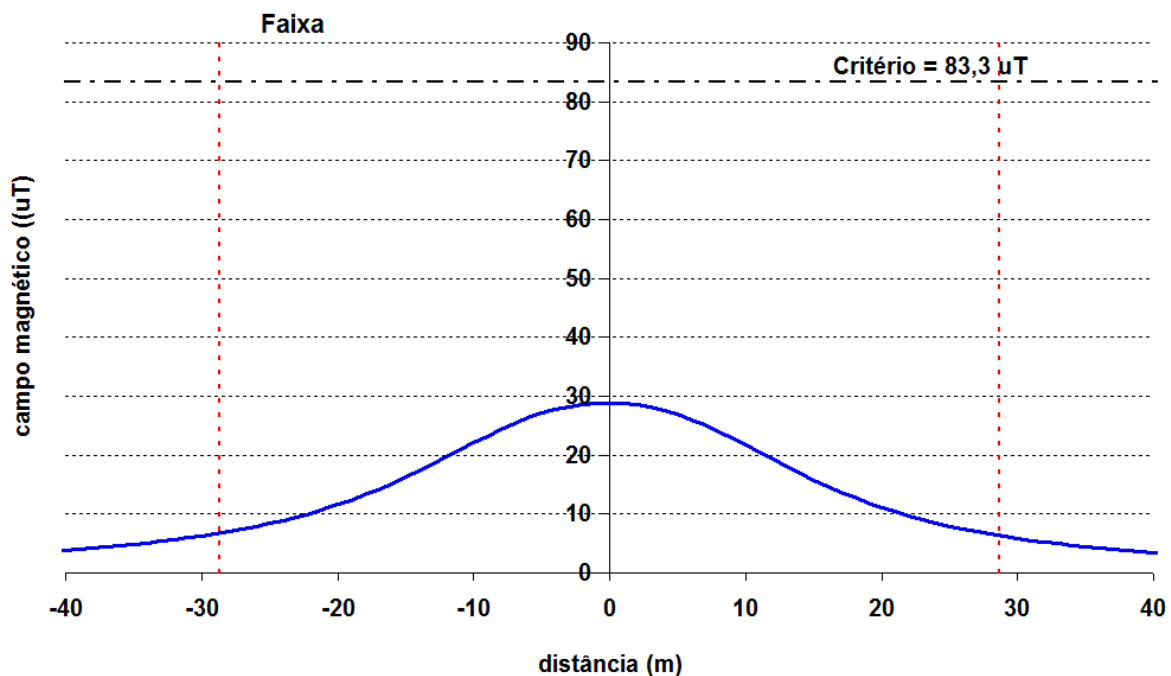
PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1 DO
LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2º PARTE

LONGA DURAÇÃO - 12,5 M - 2950A

Distância	CM limite		Distância	CM limite	
	faixa	faixa		faixa	faixa
-33	5.34		1	28.78	
-32	5.63		2	28.53	
-31	5.94		3	28.13	
-30	6.27		4	27.58	
-29	6.63		5	26.89	
-28	7.02		6	26.05	
-27	7.45		7	25.10	
-26	7.90		8	24.03	
-25	8.40		9	22.89	
-24	8.94		10	21.70	
-23	9.52		11	20.47	
-22	10.15		12	19.25	
-21	10.84		13	18.05	
-20	11.58		14	16.88	
-19	12.38		15	15.77	
-18	13.24		16	14.71	
-17	14.17		17	13.72	
-16	15.16		18	12.79	
-15	16.21		19	11.92	
-14	17.32		20	11.12	
-13	18.47		21	10.38	
-12	19.66		22	9.70	
-11	20.87		23	9.07	
-10	22.07		24	8.49	
-9	23.24		25	7.95	
-8	24.36		26	7.46	
-7	25.39		27	7.01	
-6	26.31		28	6.59	
-5	27.11		29	6.20	
-4	27.76		30	5.85	
-3	28.27		31	5.52	
-2	28.62		32	5.22	
-1	28.82		33	4.93	
0	28.87				

PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1 DO
LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

CM - LIMITE DA FAIXA



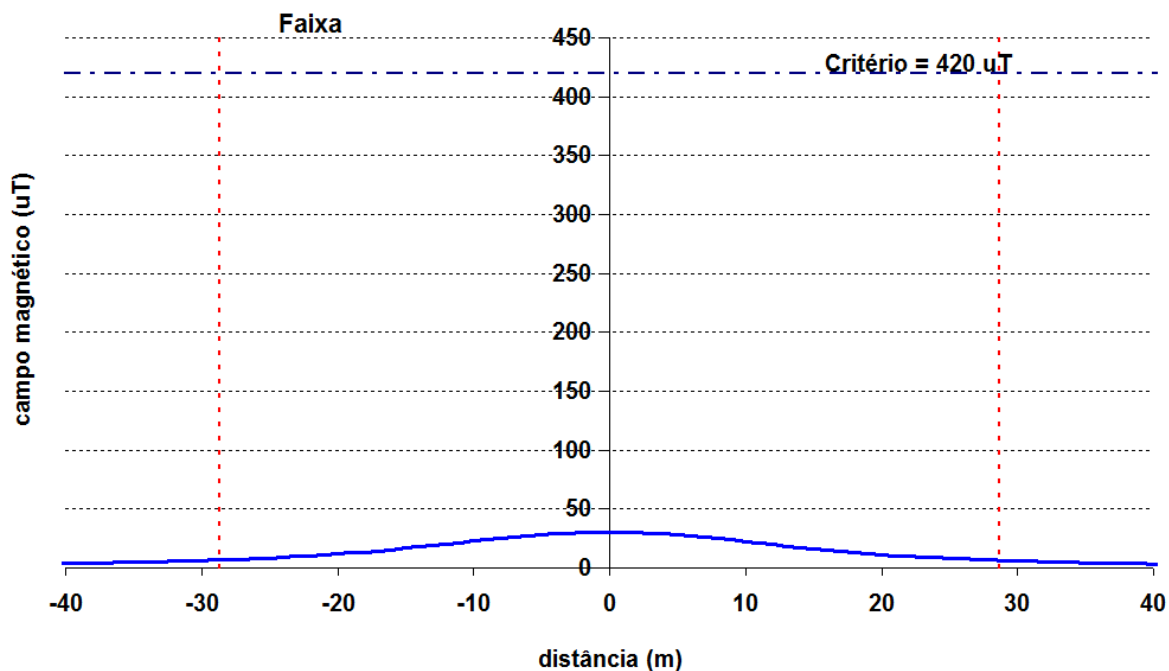
PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1 DO
LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

CURTA DURAÇÃO - 12,2 M - 4000 A

Distância	CM limite		Distância	CM limite	
	fixa			fixa	
-33	5.39		1	30.02	
-32	5.68		2	29.76	
-31	5.99		3	29.34	
-30	6.33		4	28.76	
-29	6.70		5	28.02	
-28	7.10		6	27.14	
-27	7.53		7	26.11	
-26	8.00		8	24.98	
-25	8.51		9	23.76	
-24	9.06		10	22.48	
-23	9.66		11	21.18	
-22	10.31		12	19.88	
-21	11.02		13	18.60	
-20	11.79		14	17.37	
-19	12.62		15	16.19	
-18	13.52		16	15.08	
-17	14.49		17	14.03	
-16	15.53		18	13.06	
-15	16.64		19	12.16	
-14	17.81		20	11.33	
-13	19.03		21	10.56	
-12	20.29		22	9.85	
-11	21.58		23	9.20	
-10	22.86		24	8.61	
-9	24.11		25	8.06	
-8	25.31		26	7.55	
-7	26.41		27	7.09	
-6	27.40		28	6.66	
-5	28.25		29	6.27	
-4	28.94		30	5.91	
-3	29.48		31	5.57	
-2	29.85		32	5.26	
-1	30.07		33	4.98	
0	30.12				

PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1 DO
LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

CM - INTERIOR DA FAIXA



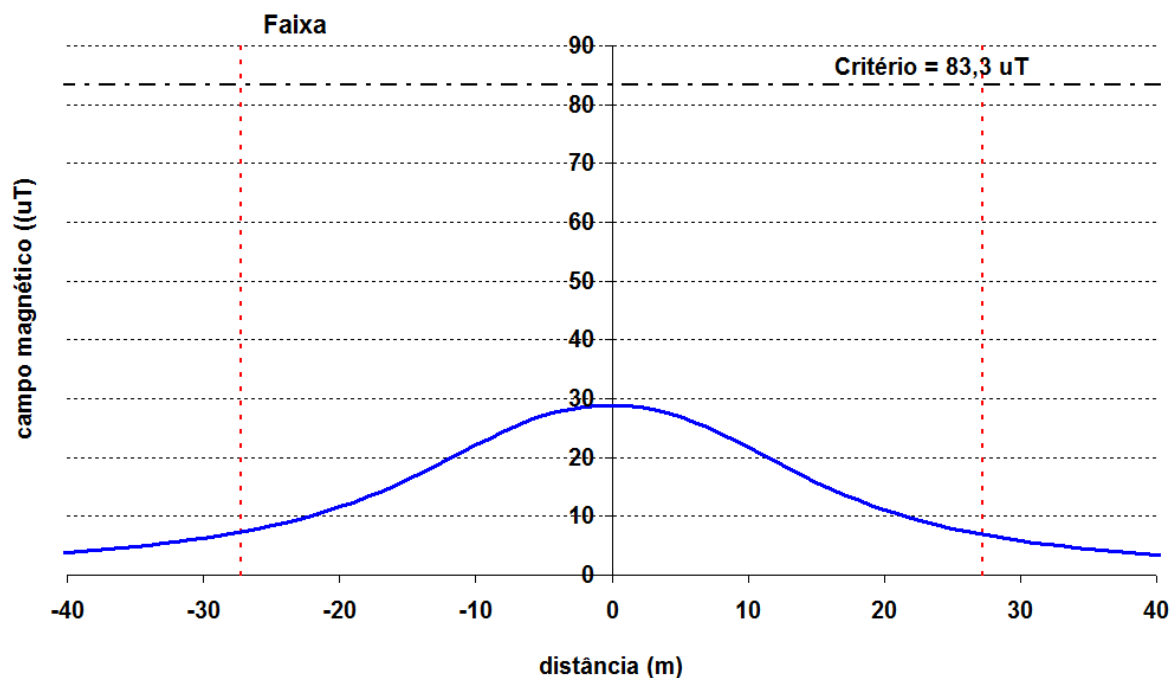
PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

LONGA DURAÇÃO - 12,5 M - 2950A

Distância	CM limite		Distância	CM limite	
	faixa	faixa		faixa	faixa
-33	5,34		1	28,78	
-32	5,63		2	28,53	
-31	5,94		3	28,13	
-30	6,27		4	27,58	
-29	6,63		5	26,89	
-28	7,02		6	26,05	
-27	7,45		7	25,10	
-26	7,90		8	24,03	
-25	8,40		9	22,89	
-24	8,94		10	21,70	
-23	9,52		11	20,47	
-22	10,15		12	19,25	
-21	10,84		13	18,05	
-20	11,58		14	16,88	
-19	12,38		15	15,77	
-18	13,24		16	14,71	
-17	14,17		17	13,72	
-16	15,16		18	12,79	
-15	16,21		19	11,92	
-14	17,32		20	11,12	
-13	18,47		21	10,38	
-12	19,66		22	9,70	
-11	20,87		23	9,07	
-10	22,07		24	8,49	
-9	23,24		25	7,95	
-8	24,36		26	7,46	
-7	25,39		27	7,01	
-6	26,31		28	6,59	
-5	27,11		29	6,20	
-4	27,76		30	5,85	
-3	28,27		31	5,52	
-2	28,62		32	5,22	
-1	28,82		33	4,93	
0	28,87				

PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

CM - LIMITE DA FAIXA

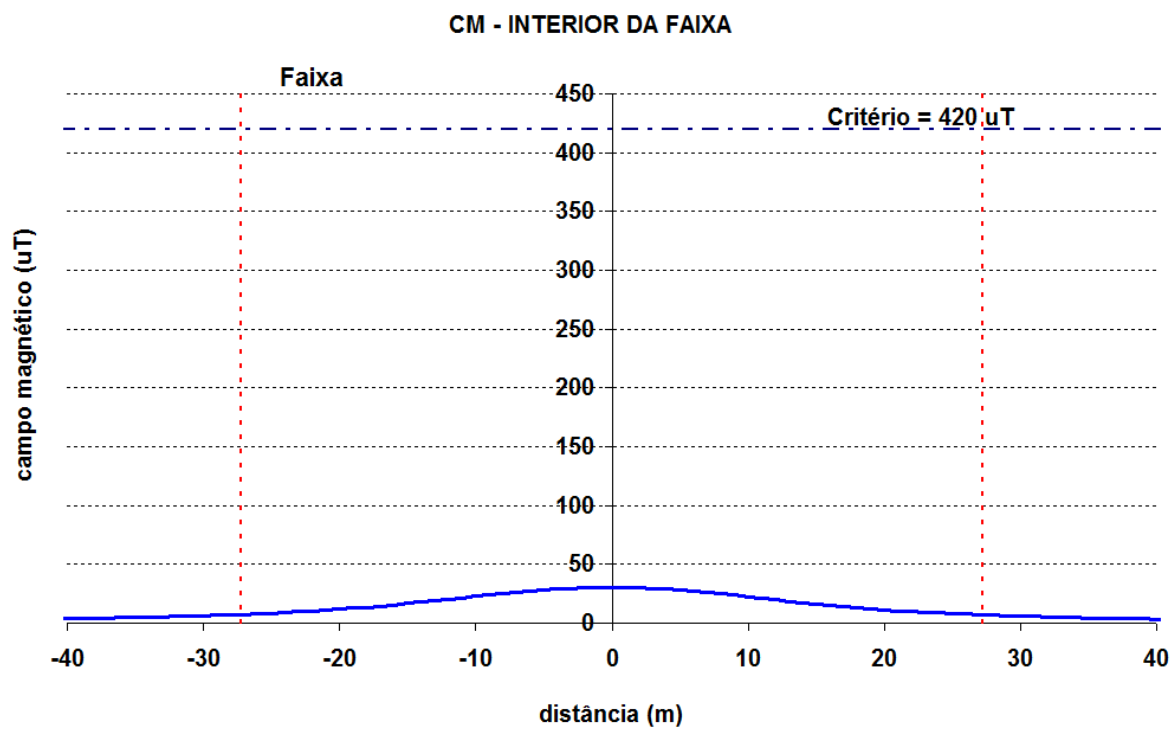


PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

CURTA DURAÇÃO - 12,2 M - 4000 A

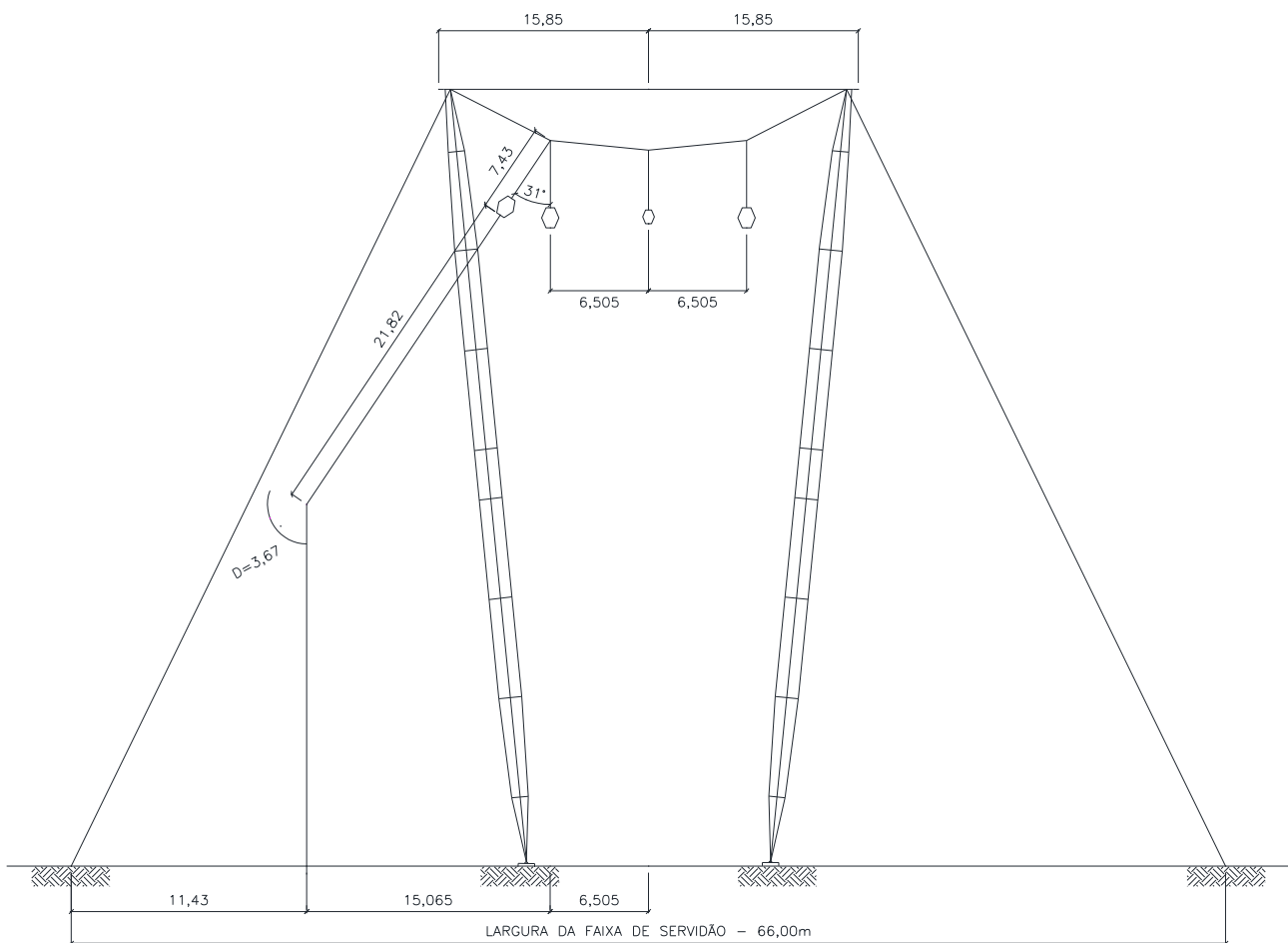
Distância	CM limite		Distância	CM limite	
	fixa			fixa	
-33	5,39		1	30,02	
-32	5,68		2	29,76	
-31	5,99		3	29,34	
-30	6,33		4	28,76	
-29	6,70		5	28,02	
-28	7,10		6	27,14	
-27	7,53		7	26,11	
-26	8,00		8	24,98	
-25	8,51		9	23,76	
-24	9,06		10	22,48	
-23	9,66		11	21,18	
-22	10,31		12	19,88	
-21	11,02		13	18,60	
-20	11,79		14	17,37	
-19	12,62		15	16,19	
-18	13,52		16	15,08	
-17	14,49		17	14,03	
-16	15,53		18	13,06	
-15	16,64		19	12,16	
-14	17,81		20	11,33	
-13	19,03		21	10,56	
-12	20,29		22	9,85	
-11	21,58		23	9,20	
-10	22,86		24	8,61	
-9	24,11		25	8,06	
-8	25,31		26	7,55	
-7	26,41		27	7,09	
-6	27,40		28	6,66	
-5	28,25		29	6,27	
-4	28,94		30	5,91	
-3	29,48		31	5,57	
-2	29,85		32	5,26	
-1	30,07		33	4,98	
0	30,12				

PERFIL DE CAMPO MAGNÉTICO PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO -
C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE

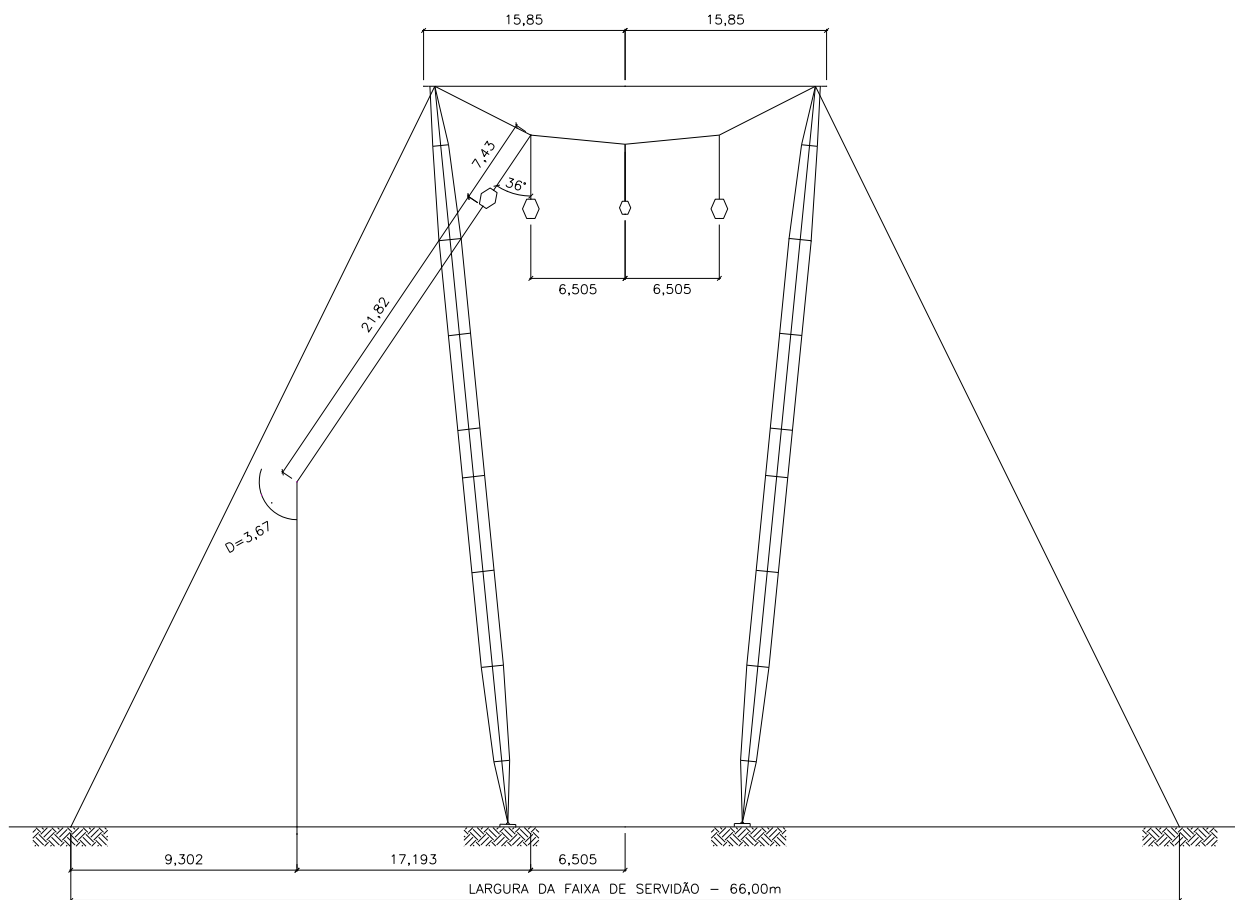


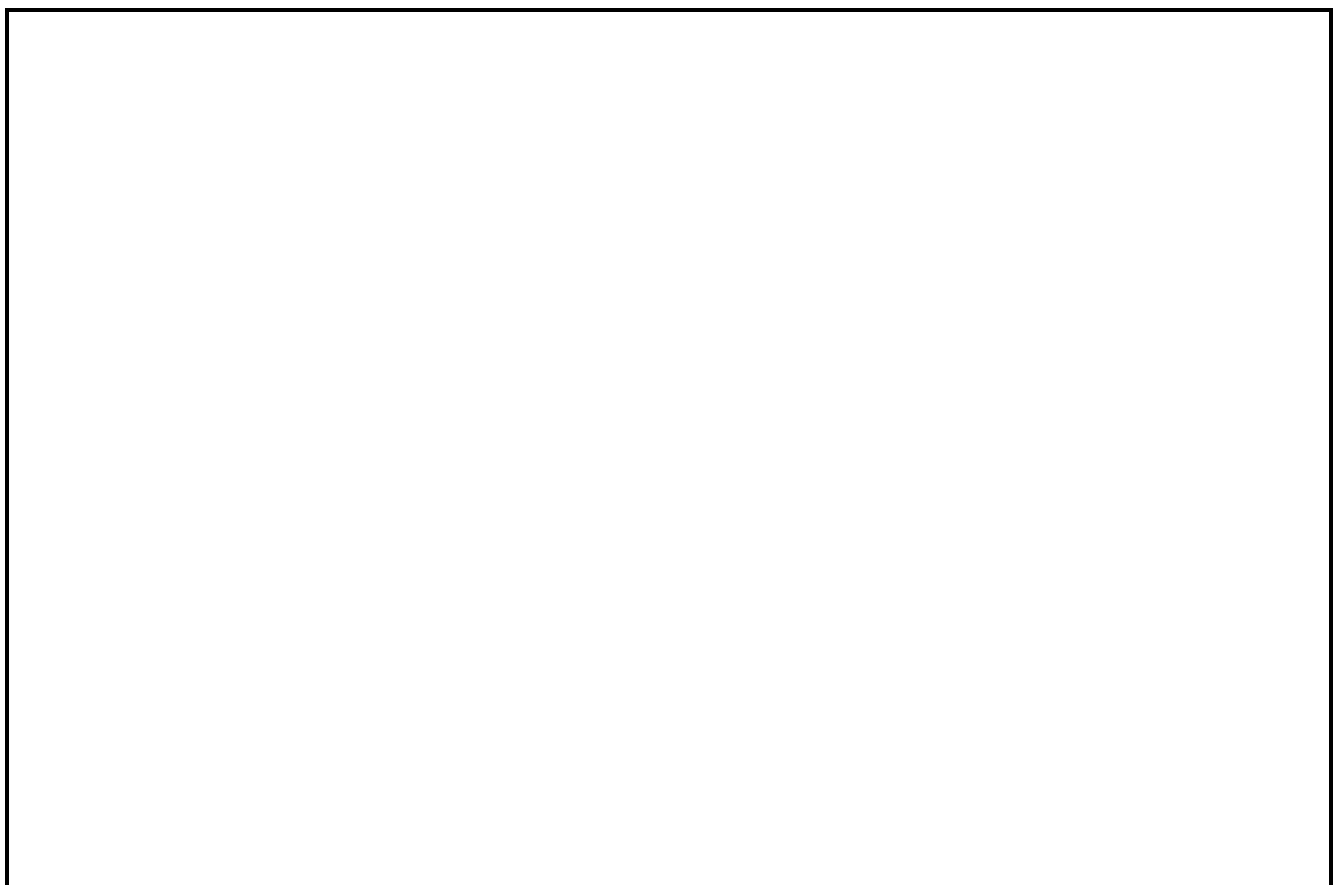
Anexo 6 – Desenho Esquemático da Largura da Faixa

DESENHO ESQUEMATICO DA LARGURA DA FAIXA PARA LT 500 KV IGAPORÃ III -
JANAÚBA 3 - C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE



DESENHO ESQUEMATICO DA LARGURA DA FAIXA PARA LT 500 KV JANAÚBA 3 -
PRESIDENTE JUSCELINO - C1 DO LOTE 14 LEILAO 013/2015 - 2ª PARTE





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 COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO**

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT4-L400-PB-ELM-0009-R00	1 de 30	00

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	ISOLADORES	3
3.	ISOLAMENTO PARA TENSÃO OPERATIVA	4
4.	ISOLAMENTO PARA SOBRETENSÕES DE MANOBRA	6
5.	ISOLAMENTO PARA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	9
6.	ISOLAMENTO PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA	10
7.	DESLOCAMENTO ADMITIDO PARA A CADEIA DE ISOLADORES EM REPOUSO ..	10
8.	CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA DE SUSPENSÃO PREDOMINANTE	10
9.	REFERÊNCIAS.....	11
	ANEXO 1 – RISCO – LT – RISCO FALHA FASE-TERRA.....	12
	ANEXO 2 – RISCO FALHA FASE-FASE.....	15
	ANEXO 3 - FLASH.....	18
	ANEXO 4 – ESPAÇAMENTOS MÍNIMOS PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA	27
	ANEXO 5 – CONFIGURAÇÃO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE	29

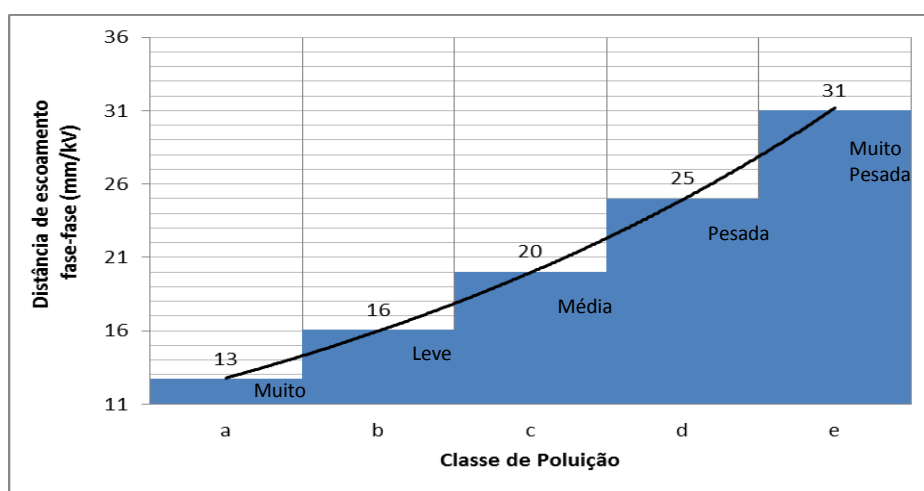
1. OBJETIVO

- 1.1. Definir os parâmetros básicos para o dimensionamento do isolamento 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. ISOLADORES

2.1. Características Principais e Quantidade Mínima por Cadeia

- 2.1.1 A distância de escoamento específica das cadeias deve atender os requisitos do Edital, tendo como base a IEC 60815.
- 2.1.2 O valor mínimo remete ao nível de poluição “leve” (nível b) da publicação IEC 60815 [1], para o qual é recomendada uma distância de escoamento específica de 16 mm/kV fase-fase.



- 2.1.3 Para as cadeias de suspensão, passagem e ancoragem dos condutores está sendo considerada a utilização de isoladores com as características descritas na tabela 2 que tem os cálculos das cargas mecânicas apresentados na referencia [10]. A quantidade de isoladores é calculada a seguir :

$$N = \frac{V_{\text{máx}} \cdot D_e}{D_i} \text{ onde:}$$

N		número mínimo de isoladores da cadeia
$V_{\text{máx}}$	550 kV	tensão máxima de operação, fase-fase
D_e	16 mm/kV	distância de escoamento específica fase-fase
$D_{i\ 160, 240 \text{ e } 210}$	380 mm	distância de escoamento, isolador de 160, 210 e 240 kN

Tabela 2 - Isoladores

Característica			
Carga de ruptura	160 kN	210 kN	240 kN
Engate concha-bola	IEC 60120 - 20	IEC 60120 - 20	IEC 60120-20
Diâmetro do disco	280 mm	280 mm	280 mm
Diâmetro do pino	21 mm	21 mm	21 mm
Passo	170 mm	170 mm	170 mm
Distância de escoamento (Di)	380 mm	380 mm	380 mm
N - Núm. Mín. Isoladores Cad. Suspensão	23	23	23
N - Núm. Mín. Isoladores Cad. Ancoragem	24		

2.1.4 A configuração final adotada para as cadeias é indicada a seguir.

Tabela 3 – Cadeia de Isoladores

Linhas de Transmissão	Suspensão			Jumper	Ancoragem	
	Leve	Pesada			Dupla	
	I	I	V		Meio de linha	Terminal
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	1x23(210 kN)	1x23(210 kN)	2x23(210 kN)	1x23(160 kN)	4x24(160 kN)	4x24(160 kN)
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	1x23(210 kN)	1x23(240 kN)	2x23(240 kN)	1x23(160 kN)	4x24(160 kN)	4x24(160 kN)

3. ISOLAMENTO PARA TENSÃO OPERATIVA

3.1 Ângulo de Balanço das Cadeias

3.1.1 O Edital especifica que o isolamento à tensão máxima operativa deve ser dimensionado considerando o balanço da cadeia de isoladores sob ação de vento com período de retorno de, no mínimo, 30 anos.

3.1.2 Para o cálculo do ângulo de balanço está sendo adotada a metodologia indicada no item 10.1.4.3 da referência [2] e, velocidade do vento com período de retorno de 50 anos.

3.1.3 Com base no critério indicado no item 3.1.2 anterior é definido a seguir o ângulo de balanço das cadeias de suspensão em alinhamento.

$$tg\beta = k \frac{q_o \cdot d}{\rho(V/H)}$$

onde:

- d diâmetro do condutor (m) [9]
- p peso unitário do condutor(kgf/m) [9]
- V/H relação (vão de peso)/(vão de vento) em alinhamento
- q_o Pressão Dinâmica(kgf/m²) [3]
- K figura 7 da referência (pu) [2]

Tabela 4 – Ângulo de Balanço das Estruturas Predominantes em Alinhamento							
Linhas de Transmissão	Parâmetros					Ângulo β	
	d	p	V/H	q_0	k	Calculado	Adotado
	(mm)	(kgf/m)	(pu)	(kgf/m ²)	(pu)	(graus)	(graus)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	26,78	1,172	0,70	57	0,32	30,8°	31°
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	26,78	1,172	0,70	68	0,32	35,1°	36°

3.1.4 Considerando a ação do ventos nas cadeias, o ângulo de aplicação das estruturas e a tração horizontal de incidência no cabo temos a seguinte expressão:

$$tg\beta = \frac{Nc.2.H_{Max}sen(\alpha/2) + Nc.k.q_0.d.Vv + Fv_{cad}/2}{Nc.p.Vp + P_{cad}/2}; \text{ onde:}$$

- Nc número de Condutores
- H_{max} tração máxima no balanço do condutor
- d diâmetro do condutor [9]
- p peso unitário do condutor [9]
- q_0 Pressão dinâmica [3]
- k figura 7 da referência [2]
- P_{cad} peso da cadeia de isoladores
- Fv_{cad} peso da cadeia de isoladores
- Vv vão de vento para ângulo máximo
- Vp vão de peso mínimo da estrutura
- α ângulo máximo da estrutura

Tabela 5 - Ângulo de Balanço das Estruturas Predominantes em Ângulo							
Linhas de Transmissão	Parâmetros					Ângulo β	
	Nc	H_{Max}	α	Vv (Vp)	P_{cad} (Fv_{cad})	Calculado	Adotado
	(quant)	(kgf)	(graus)	(m)	(kgf)	(graus)	(graus)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	6	3100	2°	472 (401)	200 (71,15)	35,30°	36°
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	6	3450	2°	472 (401)	200 (84,88)	39,59°	40°

3.2 Espaçamento Fase - Terra

3.2.1 A solicitação elétrica máxima fase-terra a 60 Hz, valor de pico, é dada pela expressão:

$$V_s = V_{m\acute{a}x} \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$$

3.2.2 Usualmente as curvas ou equações aplicáveis aos valores de suportabilidade elétrica dos espaçamentos fase-terra fornecem a tensão com 50% de probabilidade de descarga, referida a condições atmosféricas padronizadas.

3.2.3 Torna-se necessário, portanto, calcular V50% a partir de Vs conforme indicado a seguir:

$$V_{50\%} = V_s \cdot \frac{k_1}{k_2} \quad \text{onde:}$$

- $V_{50\%}$ tensão fase-terra, valor de pico, a 60 Hz, com 50% de probabilidade de ocorrência de descarga
- V_s conforme item 3.2.1 acima
- k_1 fator de correção para reduzir a probabilidade de ocorrência de descargas a nível compatível com a confiabilidade desejada para a LT
- k_2 fator de correção para as condições atmosféricas da região atravessada pela LT ($FCA_{60Hz}^{99\%}$)

3.2.4 Para a linha de transmissão em estudo está sendo adotado para k1 valor que situe V50% três desvios padrão acima de Vs.

3.2.5 Considerando que a distribuição de tensões disruptivas a 60 Hz é normal e que seu desvio padrão é 3%, tem-se:

$$k_1 = \frac{1}{1 - 3 \times 0,03} = 1,10$$

Linhas de Transmissão	$V_{m\acute{a}x}$	V_s	k_2	$V_{50\%}$	$V_{50\%}$ Adotado	L_{60Hz} (*)
	(kV)	(kV)	(pu)	(kV)	(kV)	(m)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	550	449,07	0,91	542,84	550	1,10
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	550	449,07	0,92	536,94	550	1,10

(*) Espaçamento fase-terra corresponde a tensão $V_{50\%}$ [6] [7] associado ao ângulo de balanço das cadeias (β) das respectivas LT, conforme Tabela 5

4. ISOLAMENTO PARA SOBRETENSÕES DE MANOBRA

4.1 Ângulo de Balanço das Cadeias

4.1.1 Para cálculo do ângulo de balanço está sendo adotada a mesma metodologia apresentada no item 3.1 anterior, associada a velocidade do vento com período de retorno de 2 anos (vento frequente).

4.1.2 São indicados a seguir os parâmetros e resultados:

Linhas de Transmissão	Parâmetros					Ângulo β	
	d	p	V/H	q_0	k	Calculado	Adotado
	(mm)	(kgf/m)	(pu)	(kgf/m ²)	(pu)	(graus)	(graus)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	26,78	1,172	0,70	22	0,46	17,86°	18°
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	26,78	1,172	0,70	29	0,40	20,28°	21°

4.1.3 Considerando a ação do ventos nas cadeias, o ângulo de aplicação das estruturas e a tração horizontal de incidência está sendo adotada a mesma metodologia apresentada no item 3.1.4:

Tabela 8 - Ângulo de Balanço das Estruturas Predominantes em ângulo							
Linhas de Transmissão	Parâmetros					Ângulo β	
	Nc	H _{Max}	α	Vv (Vp)	P _{cad} (Fv _{cad})	Calculado	Adotado
	(quant)	(kgf)	(graus)	(m)	(kgf)	(graus)	(graus)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	6	2180	2°	472 (401)	200 (27,46)	22,96°	23°
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	6	2300	2°	472 (401)	200 (36,20)	25,28°	26°

4.2 Espaçamentos Fase - Terra

4.2.1 Para tensão do surto ocorrendo na LT em estudo está sendo adotado o seguinte valor:

$$V_s = V_n \times F_{surto} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}, \text{ onde:}$$

V_s tensão de surto fase-terra da LT

V_n tensão fase-fase nominal da LT

F_{surto} fator de surto (máxima sobretensão conforme estudos do R2) [12] [13] [14] [15]

Tabela 9 – Tensão de Surto (Todas as LT's)		
V_n	F_{surto}	V_s
(kV)		(kV)
500	2,1	857,32

4.2.2 De modo análogo ao mostrado no item 3.2 anterior o espaçamento para surtos de manobra está sendo calculado de modo que $V_{50\%}$ fique situado 3 desvios padrão acima de V_s ($\sigma=0,05$), devidamente corrigido para as condições atmosféricas características da região atravessada pela LT [4] [5], ou seja:

$$V_{50\%} = V_s \frac{1}{1 - 3\sigma k}$$

Tabela 10 - $V_{50\%}$		
Linhas de Transmissão	k	$V_{50\%}$ Adotado
	(pu)	(kV)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	0,94	1073
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	0,95	1062

4.2.3 Essa tensão corresponde aos seguintes espaçamentos fase-terra [6] [7]:

$$L_{SM} = \frac{8 V_{50\%}}{3400k - V_{50\%}} \quad \text{onde:}$$

k = 1,35 para espaçamento condutor-estrutura, disposição lateral das fases

k = 1,20 para espaçamento condutor-estrutura, disposição fase central

k = 1,40 para espaçamento condutor-estai

Resultando nos seguintes espaçamentos fase-terra:

Tabela 11 – Espaçamento Fase-Terra –Surto Manobra			
Linhas de Transmissão	Espaçamento Fase-Terra (L_{SM})		
	Condutor-Estrutura (*)		Condutor-Estai
	Fases Laterais	Fase Central	
	(m)	(m)	(m)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	2,44	2,85	2,33
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	2,41	2,81	2,30
(*) Espaçamento condutor – estrutura está associado ao ângulo de balanço das cadeias β para cada LT.			

4.3 Risco de Falha Fase – Terra

4.3.1 O Edital especifica os riscos máximos para falhas fase-terra devido a manobras de religamento e manobras de energização.

4.3.2 A Tabela 12 a seguir apresenta os riscos de falha calculados utilizando o programa RISCO-LT (Anexo 1):

Tabela 12 – Risco da Falha		
Linhas de Transmissão	Risco de Falha calculado	Risco de Falha Edital
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	$0,102 \times 10^{-7}$	1×10^{-3}
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	$0,285 \times 10^{-6}$	1×10^{-3}

4.3.3 Conforme pode ser observado o risco total de falha obtido atende ao valor máximo especificado no Edital.

4.4 Risco de Falha Fase – Fase

4.4.1 A LT em estudo utilizam estruturas convencionais autoportantes e/ou estaiadas, com distâncias entre fases suficientemente grandes para tornar altamente improvável uma descarga provocada por surtos fase-fase.

4.4.2 Utilizando a metodologia constante da referência [6] e adotando valores conservativos para as variáveis consideradas foram calculados os espaçamentos fase-fase que seriam necessários para o menor risco de falha para um circuito (10^{-4}) especificado no Edital.

4.4.3 Conforme Anexo 2 tem-se os seguintes resultados:

Tabela 13 – Espaçamento entre Fases para Risco 10^{-4} (Estabelecido no Edital - Todas as LT's)	
Espaçamento entre Fases (m)	
Estrutura	Espaçamento mínimo para Risco máximo de 10^{-4}
6,5	4,95

4.4.4 Os espaçamentos entre fases atendem aos limites de risco de falha fase-fase especificados no Edital.

5. ISOLAMENTO PARA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

5.1 Dados de Entrada

5.1.1 Para avaliação do desempenho da LT quando submetida a surtos atmosféricos foi utilizado o programa FLASH versão. 1.6 .Os dados de entrada adotados para o cálculo são indicados a seguir:

Tabela 14 – Dados de Entrada						
Linhas de Transmissão	Nível Cerâmico	Estrutura de Referência	Dist. Isolam. (m)	Vão Médio (m)	Flecha (m)	
					Condutor	Para-Raios
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	50	Anexo 4	3,7	510	21,82	18,79
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	60	Anexo 4	3,7	510	21,87	18,83

5.2 Desempenho Calculado

5.2.1 A partir dos parâmetros acima foi calculado o desempenho da LT utilizando o programa FLASH 1.6. O relatório de saída consta do Anexo 3 e é resumido a seguir, considerando que o aterramento da LT apresente resistência de aterramento com valor médio menor ou igual a 20Ω . Quando forem feitas as medições de resistividade poderá ser feita uma nova avaliação com redistribuição das resistências conforme resultados obtidos.

Tabela 15 – Taxa de Desligamentos			
Linhas de Transmissão	Taxa de desligamentos por 100 km por ano		
	Descargas Diretas	Descargas Indiretas	Total
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	0,00	0,57	0,57
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	0,00	0,72	0,72

5.2.2 O total de desligamentos por descargas atmosféricas para a LT é inferior a um desligamento por 100 km por ano, conforme Edital [11].

6. ISOLAMENTO PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA

- 6.1. O Anexo 4 reproduz a tabela 441-2 do NESC/2002 [8] contendo os espaçamentos mínimos recomendados para operações de manutenção em linha viva.
- 6.2. Para os trabalhos em linha viva, são bloqueados os circuitos de religamento, de forma a não haver surtos de manobra para essa condição.
- 6.3. Para efeito das distâncias para manutenção em linha viva adotou-se o fator de surto de 2,0 p.u conforme referencia [12] e, considerando uma parcela de 0,8 m para movimentos inadvertidos do técnico da manutenção, tem-se a seguinte distância fase-terra mínima para as LT:

Tabela 16 – Distâncias de Manutenção	
LT	L _{manut} (*) (m)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	3,7
(*) Distâncias associadas as cadeias em repouso, sem vento	

7. DESLOCAMENTO ADMITIDO PARA A CADEIA DE ISOLADORES EM REPOUSO

- 7.1. Para o cálculo do ângulo de deslocamento da cadeia em repouso, está sendo considerado o ângulo máximo de aplicação da torre de suspensão predominante, sem vento, associado a um vão de peso indicados abaixo.
- 7.2. Com base nesse critério, o ângulo de balanço (β) é calculado pela seguinte expressão:

$$tg\beta = \frac{2xHxser(\alpha/2)}{p \times VP}, \text{ onde:}$$

- H Tração EDS
 α Ângulo máximo da torre de suspensão
 p Peso unitário do condutor
 VP Vão de peso adotado no cálculo

Tabela 17 – Ângulos de Balanço sem Vento (Todas a LT's)	
α (graus)	Balanço sem vento
2°	11°
(*) Distâncias associadas as cadeias em repouso, sem vento	

8. CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA DE SUSPENSÃO PREDOMINANTE

- 8.1. Configuração Geométrica:

A configuração geométrica do topo da estrutura de suspensão predominante da LT é apresentada no Anexo 5.

9. REFERÊNCIAS

- 1 IEC 60815 – Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions.
- 2 NBR 5422 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 3 Relatório RE-EQT4-L400-PB-ELM-0004 VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO , preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1
- 4 IEC 60060.1 – High-voltage test techniques.
- 5 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
- 6 Transmission line reference book, 345 kV and above, second edition, 1982.
- 7 Lignes aériennes à haute et très haute tension — règles d’isolation.
- 8 ANSI C1/2002 - National Electrical Safety Code
- 9 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
- 10 Relatório RE-EQT4-L400-PB-ELM-0010 ISOLADORES E FERRAGENS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1
- 11 Anexo 6-14 a 6-19 – Edital – Leilão 13/2015 - 2ª parte da ANEEL
- 12 R2 - Estudos para definição das características básicas da LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1

ANEXO 1 – RISCO – LT – RISCO FALHA FASE-TERRA

 * PROGRAMA RISCO-LT VERSÃO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PÁGINA - 1*
 LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1 10-03-2017

DIÂMETRO DO CABO CONDUTOR (cm): 2.6780
 PESO LINEAR DO CABO CONDUTOR (kg/m): 1.1720
 ESP. HORIZ. ENTRE OS CONDUTORES DO FEIXE (m): 1.0500
 ESP. VERT. ENTRE OS CONDUTORES DO FEIXE (m): 1.2900
 DIST. ESTRUT. SUPER./FIXAÇÃO ISOL. (m): 0.1000
 COMPRIMENTO DE BALANÇO CADEIA ISOL+FERR (m): 7.4300
 ÂNGULO ESTRUTURA SUPERIOR/HORIZONTAL (Graus): 0.0000
 ÂNGULO ESTRUTURA LATERAL/VERTICAL (Graus): -10.0000
 BRAÇO MÍNIMO DA ESTRUTURA (m) : 8.8000
 PASSO DO BRAÇO DA ESTRUTURA (m) : 0.1000
 BRAÇO MÁXIMO DA ESTRUTURA (m) : 8.8000
 ESPESSURA DA ESTRUTURA (m) : 1.2000
 FATOR MULTPL. CURVA SUPORTABILIDADE (p.u.) : 1.0000
 RIS MÍNIMO (p.u.) : 0.9400
 PASSO DE RIS (p.u.) : 0.1000
 RIS MÁXIMO (p.u.) : 0.9400
 DESVIO PADRÃO SUPORTABILIDADE (p.u.) : 0.0500
 DESVIO PADRÃO SOLICITAÇÃO (p.u.) : 0.0500

SOLICITAÇÃO (kV) X No. DE GAPS SUJEITOS À SOLICITAÇÃO:

857.32	168
816.50	168
775.67	168

RELAÇÃO VÃO PESO/VÃO VENTO (p.u.) : 0.7000
³
 DENSIDADE ABSOLUTA DO AR (kg/m) : 1.1210

HISTOGRAMA DE VELOCIDADES HORÁRIA DO VENTO :

FREQUÊNCIA ABSOLUTA	VELOCIDADE VENTO (m/s)	FATOR EFETIVIDADE (p.u.)	ÂNGULO BALANÇO (Graus)
1.	19.40	0.460	17.89

NÚMERO DE PONTOS DO HISTOGRAMA : 1.

RESULTADOS PARA RIS IGUAL A : 0.9400

BRAÇO (m)	RISCO LATERAL (p.u.)	RISCO TOTAL (p.u.)
8.8000	0.102D-07	0.102D-07

 * PROGRAMA RISCO-LT VERSÃO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PÁGINA - 1*
 LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C1 10-03-2017

DIÂMETRO DO CABO CONDUTOR (cm): 2.6780
 PESO LINEAR DO CABO CONDUTOR (kg/m): 1.1720
 ESP. HORIZ. ENTRE OS CONDUTORES DO FEIXE (m): 1.0500
 ESP. VERT. ENTRE OS CONDUTORES DO FEIXE (m): 1.2900
 DIST. ESTRUT. SUPER./FIXAÇÃO ISOL. (m): 0.1000
 COMPRIMENTO DE BALANÇO CADEIA ISOL+FERR (m): 7.4300
 ÂNGULO ESTRUTURA SUPERIOR/HORIZONTAL (Graus): 0.0000
 ÂNGULO ESTRUTURA LATERAL/VERTICAL (Graus): -10.0000
 BRAÇO MÍNIMO DA ESTRUTURA (m) : 8.8000
 PASSO DO BRAÇO DA ESTRUTURA (m) : 0.1000
 BRAÇO MÁXIMO DA ESTRUTURA (m) : 8.8000
 ESPESSURA DA ESTRUTURA (m) : 1.2000
 FATOR MULTPL. CURVA SUPORTABILIDADE (p.u.) : 1.0000
 RIS MÍNIMO (p.u.) : 0.9500
 PASSO DE RIS (p.u.) : 0.1000
 RIS MÁXIMO (p.u.) : 0.9500
 DESVIO PADRÃO SUPORTABILIDADE (p.u.) : 0.0500
 DESVIO PADRÃO SOLICITAÇÃO (p.u.) : 0.0500

SOLICITAÇÃO (kV) X No. DE GAPS SUJEITOS À SOLICITAÇÃO:

857.32	216
816.50	216
775.67	216

RELAÇÃO VÃO PESO/VÃO VENTO (p.u.) : 0.7000
³
 DENSIDADE ABSOLUTA DO AR (kg/m) : 1.1210

HISTOGRAMA DE VELOCIDADES HORÁRIA DO VENTO :

FREQUÊNCIA ABSOLUTA	VELOCIDADE VENTO (m/s)	FATOR EFETIVIDADE (p.u.)	ÂNGULO BALANÇO (Graus)
1.	22.38	0.400	20.49

NÚMERO DE PONTOS DO HISTOGRAMA : 1.

RESULTADOS PARA RIS IGUAL A : 0.9500

BRAÇO (m)	RISCO LATERAL (p.u.)	RISCO TOTAL (p.u.)
8.8000	0.285D-06	0.285D-06

ANEXO 2 – RISCO FALHA FASE-FASE

- LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

RISCO DE FALHA FASE - FASE

METODOLOGIA:

TRANSMISSION LINE REFERENCE BOOK 345 KV AND ABOVE, 2ND EDITION, 1982

TENSÃO DE REFERÊNCIA $V = 408 \text{ KV}$
 $V = 500 \cdot \sqrt{2} / \sqrt{3}$

SOBRETENSÃO FASE-FASE $V_{FF50\%} = 2,50 \text{ P.U.}$

DESVIO PADRÃO SOBRETENSÕES FASE-FASE $\sigma_S = 0,15$

CORREÇÃO PARA CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS PADRÃO $= 0,94$
 $FCA_{man}^{90\%}$

SOBRETENSÃO MÁXIMA FASE-FASE $S_2 = 3,46 \text{ P.U.}$

$S_2 = (V_{FF50\%} + 2 \times \sigma_S \times V_{FF50\%}) / FCA_{man}^{90\%}$

DESVIO PADRÃO SUPORTABILIDADE $\sigma = 0,05$

ESPAÇAMENTOS SUBMETIDOS AO SURTO $N = 1000$

RISCO DE FALHA $= 1 \times 10^{-4}$

FATOR $R = 1,45$

SUPPORTABILIDADE ($V_{50\%}$), EM PU $CFO(PU) = R \times S_2 = 5,01 \text{ P.U.}$

SUPPORTABILIDADE ($V_{50\%}$), EM KV $CFO(KV) = 2047 \text{ KV}$
 $CFO(KV) = V \times CFO(PU)$

SUPPORTABILIDADE, VALOR ADOTADO, EM KV $CFO(KV) = 2055 \text{ KV}$

ESPAÇAMENTO FASE-FASE MÍNIMO, PARA $\alpha = 0,5$ $E_{FF \text{ MIN}} = 4,95 \text{ M}$

- LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

RISCO DE FALHA FASE - FASE

METODOLOGIA:

TRANSMISSION LINE REFERENCE BOOK 345 KV AND ABOVE, 2ND EDITION, 1982

TENSÃO DE REFERÊNCIA $V = 500 \cdot \sqrt{2} / \sqrt{3}$ $V = 408 \text{ KV}$

SOBRETENSÃO FASE-FASE $V_{FF50\%} = 2,50 \text{ P.U.}$

DESVIO PADRÃO SOBRETENSÕES FASE-FASE $\sigma_S = 0,15$

CORREÇÃO PARA CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS PADRÃO $= 0,95$
 $FCA_{man}^{90\%}$

SOBRETENSÃO MÁXIMA FASE-FASE $S_2 = 3,42 \text{ P.U.}$

$S_2 = (V_{FF50\%} + 2 \times \sigma_S \times V_{FF50\%}) / FCA_{man}^{90\%}$

DESVIO PADRÃO SUPORTABILIDADE $\sigma = 0,05$

ESPAÇAMENTOS SUBMETIDOS AO SURTO $N = 1000$

RISCO DE FALHA $= 1 \times 10^{-4}$

FATOR $R = 1,45$

SUPPORTABILIDADE ($V_{50\%}$), EM PU $CFO(PU) = R \times S_2 = 4,96 \text{ P.U.}$

SUPPORTABILIDADE ($V_{50\%}$), EM KV $CFO(KV) = 2025 \text{ KV}$
 $CFO(KV) = V \times CFO(PU)$

SUPPORTABILIDADE, VALOR ADOTADO, EM KV $CFO(KV) = 2050 \text{ KV}$

ESPAÇAMENTO FASE-FASE MÍNIMO, PARA $\alpha = 0,5$ $E_{FF \text{ MIN}} = 4,95 \text{ M}$

ANEXO 3 - FLASH

• LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

----- S H I E L D I N G C A L C U L A T I O N -----

Value of BETA used = .8999999761581421
 THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 1 IS 21.68 DEGREES
 THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 1 IS -41.68 DEGREES

THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 2 IS 22.20 DEGREES
 THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 2 IS -55.00 DEGREES

----- B A C K F L A S H C A L C U L A T I O N -----

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

----- F I N A L R E S U L T S -----

THE BACKFLASHOVER RATE = 0.5700 FLASHOVERS/100 KM
= 0.9100 FLASHOVERS/100 MI

THE SHIELDING FAILURE
FLASHOVER RATE = 0.0000 FLASHOVERS/100 KM
= 0.0000 FLASHOVERS/100 MI

TOTAL FLASHOVER RATE = 0.5700 FLASHOVERS/100 KM
= 0.9100 FLASHOVERS/100 MI

• LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

----- S H I E L D I N G C A L C U L A T I O N -----

Value of BETA used = .8999999761581421
 THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 1 IS 21.68 DEGREES
 THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 1 IS -41.68 DEGREES
 THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 2 IS 22.20 DEGREES
 THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 2 IS -55.00 DEGREES

----- B A C K F L A S H C A L C U L A T I O N -----

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

----- F I N A L R E S U L T S -----

THE BACKFLASHOVER RATE = 0.7200 FLASHOVERS/100 KM
= 1.1500 FLASHOVERS/100 MI

THE SHIELDING FAILURE
FLASHOVER RATE = 0.0000 FLASHOVERS/100 KM
= 0.0000 FLASHOVERS/100 MI

TOTAL FLASHOVER RATE = 0.7200 FLASHOVERS/100 KM
= 1.1500 FLASHOVERS/100 MI

*****v

ANEXO 4 – ESPAÇAMENTOS MÍNIMOS PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA

Table 441-2

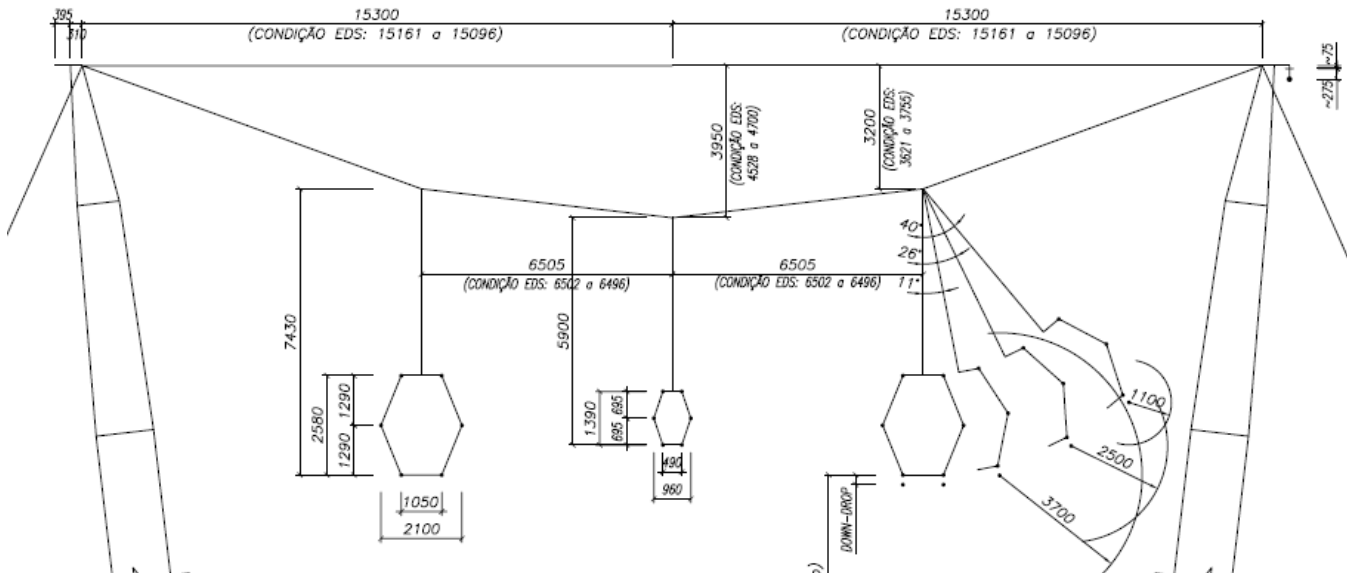
AC Live Work Minimum Approach Distance With Transient Overvoltage Factor

Distance to employee in meters, phase-to-ground work in Air, barehand, and clear live-line tool

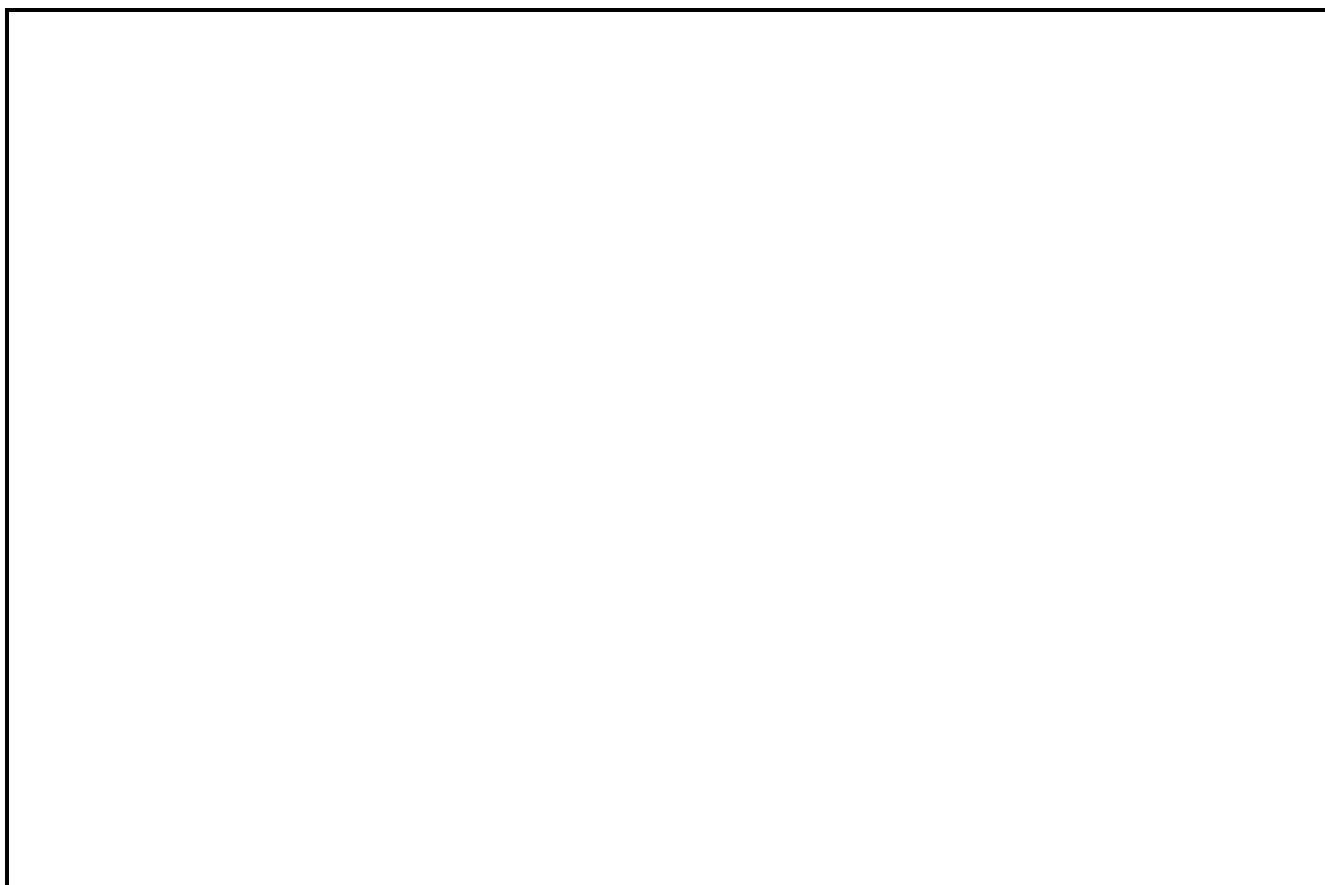
Maximum anticipated per-unit transient overvoltage factor T	Maximum phase-to-phase voltage in kV						
	72.5 to 121.0	121.1 to 145.0	145.1 to 169.0	196.1 to 242.0	242.1 to 362.0	362.1 to 550.0	550.1 to 800
1,5	0,72	0,73	0,80	1,01	1,36	1,96	3,16
1,6	0,79	0,76	0,83	1,05	1,43	2,12	3,46
1,7	0,86	0,78	0,86	1,10	1,50	2,28	3,78
1,8	0,93	0,81	0,90	1,15	1,57	2,45	4,11
1,9	1,01	0,84	0,93	1,20	1,64	2,62	4,45
2,0	1,07	0,87	0,96	1,24	1,71	2,82	4,84
2,1	1,10	0,90	0,99	1,29	1,78	3,01	5,22
2,2	1,12	0,92	1,03	1,34	1,88	3,20	5,60
2,3	1,14	0,95	1,06	1,38	1,98	3,40	6,00
2,4	1,16	0,98	1,09	1,43	2,08	3,61	6,46
2,5	1,18	1,01	1,12	1,48	2,19	3,84	6,89
2,6	1,20	1,04	1,16	1,52	2,30	4,06	
2,7	1,23	1,06	1,19	1,57	2,41	4,30	
2,8	1,25	1,09	1,22	1,62	2,54	4,56	
2,9	1,27	1,12	1,26	1,66	2,65	4,80	
3,0	1,29	1,15	1,29	1,71	2,77	5,07	

Fonte: Referência [8]

ANEXO 5 – CONFIGURAÇÃO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE



Estrutura Estaiada Leve Tipo V2CRL



Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
01	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 COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO**

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT4-L400-PB-ELM-0009-R01	1 de 30	01

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	ISOLADORES	3
3.	ISOLAMENTO PARA TENSÃO OPERATIVA	4
4.	ISOLAMENTO PARA SOBRETENSÕES DE MANOBRA	6
5.	ISOLAMENTO PARA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	9
6.	ISOLAMENTO PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA	10
7.	DESLOCAMENTO ADMITIDO PARA A CADEIA DE ISOLADORES EM REPOUSO ..	10
8.	CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA DE SUSPENSÃO PREDOMINANTE	11
9.	REFERÊNCIAS.....	11
	ANEXO 1 – RISCO – LT – RISCO FALHA FASE-TERRA.....	12
	ANEXO 2 – RISCO FALHA FASE-FASE.....	15
	ANEXO 3 - FLASH.....	18
	ANEXO 4 – ESPAÇAMENTOS MÍNIMOS PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA	27
	ANEXO 5 – CONFIGURAÇÃO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE	29

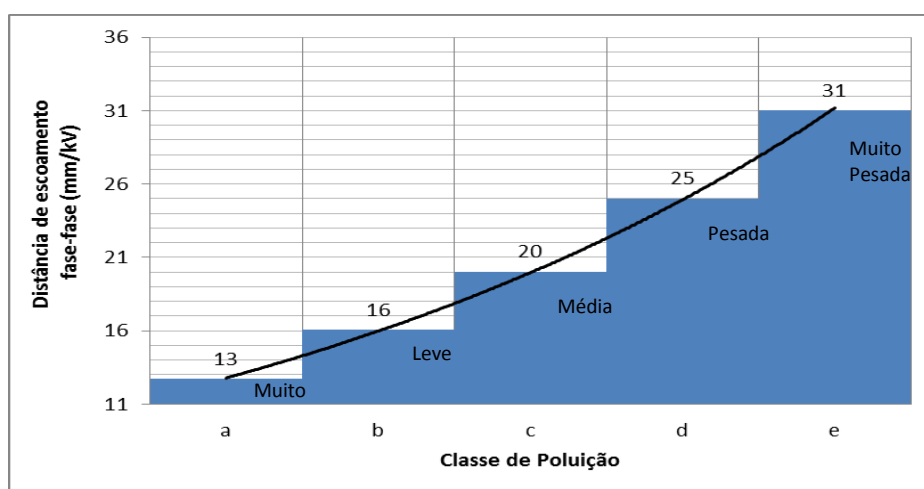
1. OBJETIVO

- 1.1. Definir os parâmetros básicos para o dimensionamento do isolamento 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. ISOLADORES

2.1. Características Principais e Quantidade Mínima por Cadeia

- 2.1.1 A distância de escoamento específica das cadeias deve atender os requisitos do Edital, tendo como base a IEC 60815.
- 2.1.2 O valor mínimo remete ao nível de poluição “leve” (nível b) da publicação IEC 60815 [1], para o qual é recomendada uma distância de escoamento específica de 16 mm/kV fase-fase.



- 2.1.3 Para as cadeias de suspensão, passagem e ancoragem dos condutores está sendo considerada a utilização de isoladores com as características descritas na tabela 2 que tem os cálculos das cargas mecânicas apresentados na referencia [10]. A quantidade de isoladores é calculada a seguir :

$$N = \frac{V_{\text{máx}} \cdot D_e}{D_i} \text{ onde:}$$

N		número mínimo de isoladores da cadeia
$V_{\text{máx}}$	550 kV	tensão máxima de operação, fase-fase
D_e	16 mm/kV	distância de escoamento específica fase-fase
$D_{i\ 160, 240 \text{ e } 210}$	380 mm	distância de escoamento, isolador de 160, 210 e 240 kN

Tabela 2 - Isoladores

Característica			
Carga de ruptura	160 kN	210 kN	240 kN
Engate concha-bola	IEC 60120 - 20	IEC 60120 - 20	IEC 60120-24
Diâmetro do disco	280 mm	280 mm	280 mm
Diâmetro do pino	21 mm	21 mm	21 mm
Passo	170 mm	170 mm	170 mm
Distância de escoamento (Di)	380 mm	380 mm	380 mm
N - Núm. Mín. Isoladores Cad. Suspensão	23	23	23
N - Núm. Mín. Isoladores Cad. Ancoragem	24		

2.1.4 A configuração final adotada para as cadeias é indicada a seguir.

Tabela 3 – Cadeia de Isoladores

Linhas de Transmissão	Suspensão			Jumper	Ancoragem	
	Leve	Pesada			Dupla	
	I	I	V		Meio de linha	Terminal
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	1x23(210 kN)	1x23(210 kN)	2x23(210 kN)	1x23(160 kN)	4x24(160 kN)	4x24(160 kN)
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	1x23(210 kN)	1x23(240 kN)	2x23(240 kN)	1x23(160 kN)	4x24(160 kN)	4x24(160 kN)

3. ISOLAMENTO PARA TENSÃO OPERATIVA

3.1 Ângulo de Balanço das Cadeias

3.1.1 O Edital especifica que o isolamento à tensão máxima operativa deve ser dimensionado considerando o balanço da cadeia de isoladores sob ação de vento com período de retorno de, no mínimo, 30 anos.

3.1.2 Para o cálculo do ângulo de balanço está sendo adotada a metodologia indicada no item 10.1.4.3 da referência [2] e, velocidade do vento com período de retorno de 50 anos.

3.1.3 Para trecho de paralelismo entre as LT's 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1 e C2 o cálculo do ângulo de balanço está adotando velocidade do vento com período de retorno de 75 anos conforme calculado no relatório RE-EQT4-L401-PB-ELM-0024-R00 - RELATORIOS DE CONFIABILIDADE TRECHO PARALELISMO.

3.1.4 Com base no critério indicado no item 3.1.2 anterior é definido a seguir o ângulo de balanço das cadeias de suspensão em alinhamento.

$$tg\beta = k \frac{q_o \cdot d}{\rho(V/H)}$$

onde:

d	diâmetro do condutor (m) [9]
p	peso unitário do condutor(kgf/m) [9]
V/H	relação (vão de peso)/(vão de vento) em alinhamento
q _o	Pressão Dinâmica(kgf/m ²) [3]
K	figura 7 da referência (pu) [2]

Linhas de Transmissão	Parâmetros					Ângulo β	
	d	p	V/H	q _o	k	Calculado	Adotado
	(mm)	(kgf/m)	(pu)	(kgf/m ²)	(pu)	(graus)	(graus)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	26,78	1,172	0,70	57	0,32	30,8°	31°
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	26,78	1,172	0,70	68	0,32	35,1°	36°

3.1.4 Considerando a ação do ventos nas cadeias, o ângulo de aplicação das estruturas e a tração horizontal de incidência no cabo temos a seguinte expressão:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{Nc.2.H_{\max}\operatorname{sen}(\alpha/2) + Nc.k.q_0.d.Vv + Fv_{\text{cad}}/2}{Nc.p.Vp + P_{\text{cad}}/2}; \text{ onde:}$$

Nc	número de Condutores
H _{max}	tração máxima no balanço do condutor
d	diâmetro do condutor [9]
p	peso unitário do condutor [9]
q _o	Pressão dinâmica [3]
k	figura 7 da referência [2]
P _{cad}	peso da cadeia de isoladores
Fv _{cad}	peso da cadeia de isoladores
Vv	vão de vento para ângulo máximo
Vp	vão de peso mínimo da estrutura
α	ângulo máximo da estrutura

Linhas de Transmissão	Parâmetros					Ângulo β	
	Nc	H _{Max}	α	Vv (Vp)	P _{cad} (Fv _{cad})	Calculado	Adotado
	(quant)	(kgf)	(graus)	(m)	(kgf)	(graus)	(graus)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	6	3100	2°	472 (401)	200 (71,15)	35,30°	36°
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	6	3450	2°	472 (401)	200 (84,88)	39,59°	40°

3.2 Espaçamento Fase - Terra

3.2.1 A solicitação elétrica máxima fase-terra a 60 Hz, valor de pico, é dada pela expressão:

$$V_s = V_{m\acute{a}x} \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$$

3.2.2 Usualmente as curvas ou equações aplicáveis aos valores de suportabilidade elétrica dos espaçamentos fase-terra fornecem a tensão com 50% de probabilidade de descarga, referida a condições atmosféricas padronizadas.

3.2.3 Torna-se necessário, portanto, calcular V50% a partir de Vs conforme indicado a seguir:

$$V_{50\%} = V_s \cdot \frac{k_1}{k_2} \quad \text{onde:}$$

- $V_{50\%}$ tensão fase-terra, valor de pico, a 60 Hz, com 50% de probabilidade de ocorrência de descarga
- V_s conforme item 3.2.1 acima
- k_1 fator de correção para reduzir a probabilidade de ocorrência de descargas a nível compatível com a confiabilidade desejada para a LT
- k_2 fator de correção para as condições atmosféricas da região atravessada pela LT ($FCA_{60Hz}^{99\%}$)

3.2.4 Para a linha de transmissão em estudo está sendo adotado para k_1 valor que situe V50% três desvios padrão acima de Vs.

3.2.5 Considerando que a distribuição de tensões disruptivas a 60 Hz é normal e que seu desvio padrão é 3%, tem-se:

$$k_1 = \frac{1}{1 - 3 \times 0,03} = 1,10$$

Linhas de Transmissão	$V_{m\acute{a}x}$	V_s	k_2	$V_{50\%}$	$V_{50\%}$ Adotado	L_{60Hz} (*)
	(kV)	(kV)	(pu)	(kV)	(kV)	(m)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	550	449,07	0,91	542,84	550	1,10
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	550	449,07	0,92	536,94	550	1,10

(*) Espaçamento fase-terra corresponde a tensão $V_{50\%}$ [6] [7] associado ao ângulo de balanço das cadeias (β) das respectivas LT, conforme Tabela 5

4. ISOLAMENTO PARA SOBRETENSÕES DE MANOBRA

4.1 Ângulo de Balanço das Cadeias

4.1.1 Para cálculo do ângulo de balanço está sendo adotada a mesma metodologia apresentada no item 3.1 anterior, associada a velocidade do vento com período de retorno de 2 anos (vento frequente).

4.1.2 São indicados a seguir os parâmetros e resultados:

Tabela 7 - Ângulo de Balanço das Estruturas Predominantes em Alinhamento							
Linhas de Transmissão	Parâmetros					Ângulo β	
	d	p	V/H	q _o	k	Calculado	Adotado
	(mm)	(kgf/m)	(pu)	(kgf/m ²)	(pu)	(graus)	(graus)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	26,78	1,172	0,70	22	0,46	17,86°	18°
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	26,78	1,172	0,70	29	0,40	20,28°	21°

4.1.3 Considerando a ação do ventos nas cadeias, o ângulo de aplicação das estruturas e a tração horizontal de incidência está sendo adotada a mesma metodologia apresentada no item 3.1.4:

Tabela 8 - Ângulo de Balanço das Estruturas Predominantes em ângulo							
Linhas de Transmissão	Parâmetros					Ângulo β	
	Nc	H _{Max}	α	Vv (Vp)	P _{cad} (Fv _{cad})	Calculado	Adotado
	(quant)	(kgf)	(graus)	(m)	(kgf)	(graus)	(graus)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	6	2180	2°	472 (401)	200 (27,46)	22,96°	23°
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	6	2300	2°	472 (401)	200 (36,20)	25,28°	26°

4.2 Espaçamentos Fase - Terra

4.2.1 Para tensão do surto ocorrendo na LT em estudo está sendo adotado o seguinte valor:

$$V_s = V_n \times F_{surto} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}, \text{ onde:}$$

V_s tensão de surto fase-terra da LT

V_n tensão fase-fase nominal da LT

F_{surto} fator de surto (máxima sobretensão conforme estudos do R2) [12] [13] [14] [15]

Tabela 9 – Tensão de Surto (Todas as LT's)		
V_n	F_{surto}	V_s
(kV)		(kV)
500	2,1	857,32

4.2.2 De modo análogo ao mostrado no item 3.2 anterior o espaçamento para surtos de manobra está sendo calculado de modo que V50% fique situado 3 desvios padrão acima de V_s ($\sigma=0,05$), devidamente corrigido para as condições atmosféricas características da região atravessada pela LT [4] [5], ou seja:

$$V_{50\%} = VS \frac{1}{1 - 3\sigma k} \frac{1}{k}$$

Tabela 10 - $V_{50\%}$		
Linhas de Transmissão	k	$V_{50\%}$ Adotado
	(pu)	(kV)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	0,94	1073
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	0,95	1062

4.2.3 Essa tensão corresponde aos seguintes espaçamentos fase-terra [6] [7]:

$$L_{SM} = \frac{8 V_{50\%}}{3400k - V_{50\%}} \quad \text{onde:}$$

k = 1,35 para espaçamento condutor-estrutura, disposição lateral das fases

k = 1,20 para espaçamento condutor-estrutura, disposição fase central

k = 1,40 para espaçamento condutor-estai

Resultando nos seguintes espaçamentos fase-terra:

Tabela 11 – Espaçamento Fase-Terra –Surto Manobra			
Linhas de Transmissão	Espaçamento Fase-Terra (L_{SM})		
	Condutor-Estrutura (*)		Condutor-Estai
	Fases Laterais	Fase Central	
	(m)	(m)	(m)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	2,44	2,85	2,33
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	2,41	2,81	2,30

(*) Espaçamento condutor – estrutura está associado ao ângulo de balanço das cadeias β para cada LT.

4.3 Risco de Falha Fase – Terra

4.3.1 O Edital especifica os riscos máximos para falhas fase-terra devido a manobras de religamento e manobras de energização.

4.3.2 A Tabela 12 a seguir apresenta os riscos de falha calculados utilizando o programa RISCO-LT (Anexo 1):

Tabela 12 – Risco da Falha		
Linhas de Transmissão	Risco de Falha calculado	Risco de Falha Edital
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	$0,102 \times 10^{-7}$	1×10^{-3}
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	$0,285 \times 10^{-6}$	1×10^{-3}

4.3.3 Conforme pode ser observado o risco total de falha obtido atende ao valor máximo especificado no Edital.

4.4 Risco de Falha Fase – Fase

4.4.1 A LT em estudo utilizam estruturas convencionais autoportantes e/ou estaiadas, com distâncias entre fases suficientemente grandes para tornar altamente improvável uma descarga provocada por surtos fase-fase.

4.4.2 Utilizando a metodologia constante da referência [6] e adotando valores conservativos para as variáveis consideradas foram calculados os espaçamentos fase-fase que seriam necessários para o menor risco de falha para um circuito (10^{-4}) especificado no Edital.

4.4.3 Conforme Anexo 2 tem-se os seguintes resultados:

Tabela 13 – Espaçamento entre Fases para Risco 10^{-4} (Estabelecido no Edital - Todas as LT's)	
Espaçamento entre Fases (m)	
Estrutura	Espaçamento mínimo para Risco máximo de 10^{-4}
6,5	4,95

4.4.4 Os espaçamentos entre fases atendem aos limites de risco de falha fase-fase especificados no Edital.

5. ISOLAMENTO PARA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

5.1 Dados de Entrada

5.1.1 Para avaliação do desempenho da LT quando submetida a surtos atmosféricos foi utilizado o programa FLASH versão. 1.6 .Os dados de entrada adotados para o cálculo são indicados a seguir:

Tabela 14 – Dados de Entrada						
Linhas de Transmissão	Nível Cerâmico	Estrutura de Referência	Dist. Isolam. (m)	Vão Médio (m)	Flecha (m)	
					Condutor	Para-Raios
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	50 (*)	Anexo 4	3,7	510	21,82	18,79
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	60	Anexo 4	3,7	510	21,87	18,83

5.2 Desempenho Calculado

5.2.1 A partir dos parâmetros acima foi calculado o desempenho da LT utilizando o programa FLASH 1.6. O relatório de saída consta do Anexo 3 e é resumido a seguir, considerando que o aterramento da LT apresente resistência de aterramento com valor médio menor ou igual a 20Ω . Quando forem feitas as medições de resistividade poderá ser feita uma nova avaliação com redistribuição das resistências conforme resultados obtidos.

Tabela 15 – Taxa de Desligamentos			
Linhas de Transmissão	Taxa de desligamentos por 100 km por ano		
	Descargas Diretas	Descargas Indiretas	Total
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	0,00	0,57	0,57
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	0,00	0,72	0,72

(*) O cálculo do desempenho do trecho de paralelismo da LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1 e C2 é calculado no relatório RE-EQT4-L401-PB-ELM-0024-R00 - RELATORIOS DE CONFIABILIDADE TRECHO PARALELISMO, pertencente a este projeto básico.

5.2.2 O total de desligamentos por descargas atmosféricas para a LT é inferior a um desligamento por 100 km por ano, conforme Edital [11].

6. ISOLAMENTO PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA

6.1. O Anexo 4 reproduz a tabela 441-2 do NESC/2002 [8] contendo os espaçamentos mínimos recomendados para operações de manutenção em linha viva.

6.2. Para os trabalhos em linha viva, são bloqueados os circuitos de religamento, de forma a não haver surtos de manobra para essa condição.

6.3. Para efeito das distâncias para manutenção em linha viva adotou-se o fator de surto de 2,0 p.u conforme referência [12] e, considerando uma parcela de 0,8 m para movimentos inadvertidos do técnico da manutenção, tem-se a seguinte distância fase-terra mínima para as LT:

Tabela 16 – Distâncias de Manutenção	
LT	L _{manut} (*) (m)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	3,7
(*) Distâncias associadas as cadeias em repouso, sem vento	

7. DESLOCAMENTO ADMITIDO PARA A CADEIA DE ISOLADORES EM REPOUSO

7.1. Para o cálculo do ângulo de deslocamento da cadeia em repouso, está sendo considerado o ângulo máximo de aplicação da torre de suspensão predominante, sem vento, associado a um vão de peso indicados abaixo.

7.2. Com base nesse critério, o ângulo de balanço (β) é calculado pela seguinte expressão:

$$tg\beta = \frac{2xHxsen(\alpha/2)}{pxVP}, \text{ onde:}$$

H Tração EDS

α Ângulo máximo da torre de suspensão

p Peso unitário do condutor

VP Vão de peso adotado no cálculo

Tabela 17 – Ângulos de Balanço sem Vento (Todas a LT's)	
α (graus)	Balanço sem vento
2°	11°
(*) Distâncias associadas as cadeias em repouso, sem vento	

8. CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA DE SUSPENSÃO PREDOMINANTE

8.1. Configuração Geométrica:

A configuração geométrica do topo da estrutura de suspensão predominante da LT é apresentada no Anexo 5.

9. REFERÊNCIAS

- 1 IEC 60815 – Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions.
- 2 NBR 5422 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 3 Relatório RE-EQT4-L400-PB-ELM-0004 VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO , preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1
- 4 IEC 60060.1 – High-voltage test techniques.
- 5 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
- 6 Transmission line reference book, 345 kV and above, second edition, 1982.
- 7 Lignes aériennes à haute et très haute tension — règles d'isolation.
- 8 ANSI C1/2002 - National Electrical Safety Code
- 9 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
- 10 Relatório RE-EQT4-L400-PB-ELM-0010 ISOLADORES E FERRAGENS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1
- 11 Anexo 6-14 a 6-19 – Edital – Leilão 13/2015 - 2ª parte da ANEEL
- 12 R2 - Estudos para definição das características básicas da LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1

ANEXO 1 – RISCO – LT – RISCO FALHA FASE-TERRA

 * PROGRAMA RISCO-LT VERSÃO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PÁGINA - 1*
 LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1 10-03-2017

DIÂMETRO DO CABO CONDUTOR (cm): 2.6780
 PESO LINEAR DO CABO CONDUTOR (kg/m): 1.1720
 ESP. HORIZ. ENTRE OS CONDUTORES DO FEIXE (m): 1.0500
 ESP. VERT. ENTRE OS CONDUTORES DO FEIXE (m): 1.2900
 DIST. ESTRUT. SUPER./FIXAÇÃO ISOL. (m): 0.1000
 COMPRIMENTO DE BALANÇO CADEIA ISOL+FERR (m): 7.4300
 ÂNGULO ESTRUTURA SUPERIOR/HORIZONTAL (Graus): 0.0000
 ÂNGULO ESTRUTURA LATERAL/VERTICAL (Graus): -10.0000
 BRAÇO MÍNIMO DA ESTRUTURA (m) : 8.8000
 PASSO DO BRAÇO DA ESTRUTURA (m) : 0.1000
 BRAÇO MÁXIMO DA ESTRUTURA (m) : 8.8000
 ESPESSURA DA ESTRUTURA (m) : 1.2000
 FATOR MULTPL. CURVA SUPORTABILIDADE (p.u.) : 1.0000
 RIS MÍNIMO (p.u.) : 0.9400
 PASSO DE RIS (p.u.) : 0.1000
 RIS MÁXIMO (p.u.) : 0.9400
 DESVIO PADRÃO SUPORTABILIDADE (p.u.) : 0.0500
 DESVIO PADRÃO SOLICITAÇÃO (p.u.) : 0.0500

SOLICITAÇÃO (kV) X No. DE GAPS SUJEITOS À SOLICITAÇÃO:

857.32	168
816.50	168
775.67	168

RELAÇÃO VÃO PESO/VÃO VENTO (p.u.) : 0.7000
³
 DENSIDADE ABSOLUTA DO AR (kg/m) : 1.1210

HISTOGRAMA DE VELOCIDADES HORÁRIA DO VENTO :

FREQUÊNCIA ABSOLUTA	VELOCIDADE VENTO (m/s)	FATOR EFETIVIDADE (p.u.)	ÂNGULO BALANÇO (Graus)
1.	19.40	0.460	17.89

NÚMERO DE PONTOS DO HISTOGRAMA : 1.

RESULTADOS PARA RIS IGUAL A : 0.9400

BRAÇO (m)	RISCO LATERAL (p.u.)	RISCO TOTAL (p.u.)
8.8000	0.102D-07	0.102D-07

 * PROGRAMA RISCO-LT VERSÃO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PÁGINA - 1*
 LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C1 10-03-2017

DIÂMETRO DO CABO CONDUTOR (cm): 2.6780
 PESO LINEAR DO CABO CONDUTOR (kg/m): 1.1720
 ESP. HORIZ. ENTRE OS CONDUTORES DO FEIXE (m): 1.0500
 ESP. VERT. ENTRE OS CONDUTORES DO FEIXE (m): 1.2900
 DIST. ESTRUT. SUPER./FIXAÇÃO ISOL. (m): 0.1000
 COMPRIMENTO DE BALANÇO CADEIA ISOL+FERR (m): 7.4300
 ÂNGULO ESTRUTURA SUPERIOR/HORIZONTAL (Graus): 0.0000
 ÂNGULO ESTRUTURA LATERAL/VERTICAL (Graus): -10.0000
 BRAÇO MÍNIMO DA ESTRUTURA (m) : 8.8000
 PASSO DO BRAÇO DA ESTRUTURA (m) : 0.1000
 BRAÇO MÁXIMO DA ESTRUTURA (m) : 8.8000
 ESPESSURA DA ESTRUTURA (m) : 1.2000
 FATOR MULTPL. CURVA SUPORTABILIDADE (p.u.) : 1.0000
 RIS MÍNIMO (p.u.) : 0.9500
 PASSO DE RIS (p.u.) : 0.1000
 RIS MÁXIMO (p.u.) : 0.9500
 DESVIO PADRÃO SUPORTABILIDADE (p.u.) : 0.0500
 DESVIO PADRÃO SOLICITAÇÃO (p.u.) : 0.0500

SOLICITAÇÃO (kV) X No. DE GAPS SUJEITOS À SOLICITAÇÃO:

857.32	216
816.50	216
775.67	216

RELAÇÃO VÃO PESO/VÃO VENTO (p.u.) : 0.7000
³
 DENSIDADE ABSOLUTA DO AR (kg/m) : 1.1210

HISTOGRAMA DE VELOCIDADES HORÁRIA DO VENTO :

FREQUÊNCIA ABSOLUTA	VELOCIDADE VENTO (m/s)	FATOR EFETIVIDADE (p.u.)	ÂNGULO BALANÇO (Graus)
1.	22.38	0.400	20.49

NÚMERO DE PONTOS DO HISTOGRAMA : 1.

RESULTADOS PARA RIS IGUAL A : 0.9500

BRAÇO (m)	RISCO LATERAL (p.u.)	RISCO TOTAL (p.u.)
8.8000	0.285D-06	0.285D-06

ANEXO 2 – RISCO FALHA FASE-FASE

- LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

RISCO DE FALHA FASE - FASE

METODOLOGIA:

TRANSMISSION LINE REFERENCE BOOK 345 KV AND ABOVE, 2ND EDITION, 1982

TENSÃO DE REFERÊNCIA $V = 408 \text{ KV}$
 $V = 500 \cdot \sqrt{2} / \sqrt{3}$

SOBRETENSÃO FASE-FASE $V_{FF50\%} = 2,50 \text{ P.U.}$

DESVIO PADRÃO SOBRETENSÕES FASE-FASE $\sigma_s = 0,15$

CORREÇÃO PARA CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS PADRÃO = 0,94
 $FCA_{man}^{90\%}$

SOBRETENSÃO MÁXIMA FASE-FASE $S_2 = 3,46 \text{ P.U.}$

$S_2 = (V_{FF50\%} + 2 \times \sigma_s \times V_{FF50\%}) / FCA_{man}^{90\%}$

DESVIO PADRÃO SUPORTABILIDADE $\sigma = 0,05$

ESPAÇAMENTOS SUBMETIDOS AO SURTO $N = 1000$

RISCO DE FALHA $= 1 \times 10^{-4}$

FATOR $R = 1,45$

SUPORTABILIDADE ($V_{50\%}$), EM PU $CFO(PU) = R \times S_2 = 5,01 \text{ P.U.}$

SUPORTABILIDADE ($V_{50\%}$), EM KV $CFO(KV) = 2047 \text{ KV}$
 $CFO(KV) = V \times CFO(PU)$

SUPORTABILIDADE, VALOR ADOTADO, EM KV $CFO(KV) = 2055 \text{ KV}$

ESPAÇAMENTO FASE-FASE MÍNIMO, PARA $\alpha = 0,5$ $E_{FF \text{ MIN}} = 4,95 \text{ M}$

- LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

RISCO DE FALHA FASE - FASE

METODOLOGIA:

TRANSMISSION LINE REFERENCE BOOK 345 KV AND ABOVE, 2ND EDITION, 1982

TENSÃO DE REFERÊNCIA $V = 408 \text{ KV}$
 $V = 500 \cdot \sqrt{2} / \sqrt{3}$

SOBRETENSÃO FASE-FASE $V_{FF50\%} = 2,50 \text{ P.U.}$

DESVIO PADRÃO SOBRETENSÕES FASE-FASE $\sigma_S = 0,15$

CORREÇÃO PARA CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS PADRÃO = 0,95

$FCA_{man}^{90\%}$

SOBRETENSÃO MÁXIMA FASE-FASE $S_2 = 3,42 \text{ P.U.}$

$S_2 = (V_{FF50\%} + 2 \times \sigma_S \times V_{FF50\%}) / FCA_{man}^{90\%}$

DESVIO PADRÃO SUPORTABILIDADE $\sigma = 0,05$

ESPAÇAMENTOS SUBMETIDOS AO SURTO $N = 1000$

RISCO DE FALHA $= 1 \times 10^{-4}$

FATOR $R = 1,45$

SUPPORTABILIDADE ($V_{50\%}$), EM PU $CFO(PU) = R \times S_2 = 4,96 \text{ P.U.}$

SUPPORTABILIDADE ($V_{50\%}$), EM KV $CFO(KV) = 2025 \text{ KV}$
 $CFO(KV) = V \times CFO(PU)$

SUPPORTABILIDADE, VALOR ADOTADO, EM KV $CFO(KV) = 2050 \text{ KV}$

ESPAÇAMENTO FASE-FASE MÍNIMO, PARA $\alpha = 0,5$ $E_{FF \text{ MIN}} = 4,95 \text{ M}$

ANEXO 3 - FLASH

• LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

----- S H I E L D I N G C A L C U L A T I O N -----

Value of BETA used = .8999999761581421
 THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 1 IS 21.68 DEGREES
 THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 1 IS -41.68 DEGREES

THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 2 IS 22.20 DEGREES
 THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 2 IS -55.00 DEGREES

----- B A C K F L A S H C A L C U L A T I O N -----

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

----- F I N A L R E S U L T S -----

THE BACKFLASHOVER RATE = 0.5700 FLASHOVERS/100 KM
= 0.9100 FLASHOVERS/100 MI

THE SHIELDING FAILURE
FLASHOVER RATE = 0.0000 FLASHOVERS/100 KM
= 0.0000 FLASHOVERS/100 MI

TOTAL FLASHOVER RATE = 0.5700 FLASHOVERS/100 KM
= 0.9100 FLASHOVERS/100 MI

• LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

----- S H I E L D I N G C A L C U L A T I O N -----

Value of BETA used = .8999999761581421
 THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 1 IS 21.68 DEGREES
 THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 1 IS -41.68 DEGREES
 THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 2 IS 22.20 DEGREES
 THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 2 IS -55.00 DEGREES

----- B A C K F L A S H C A L C U L A T I O N -----

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

----- F I N A L R E S U L T S -----

THE BACKFLASHOVER RATE = 0.7200 FLASHOVERS/100 KM
= 1.1500 FLASHOVERS/100 MI

THE SHIELDING FAILURE
FLASHOVER RATE = 0.0000 FLASHOVERS/100 KM
= 0.0000 FLASHOVERS/100 MI

TOTAL FLASHOVER RATE = 0.7200 FLASHOVERS/100 KM
= 1.1500 FLASHOVERS/100 MI

*****v

ANEXO 4 – ESPAÇAMENTOS MÍNIMOS PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA

Table 441-2

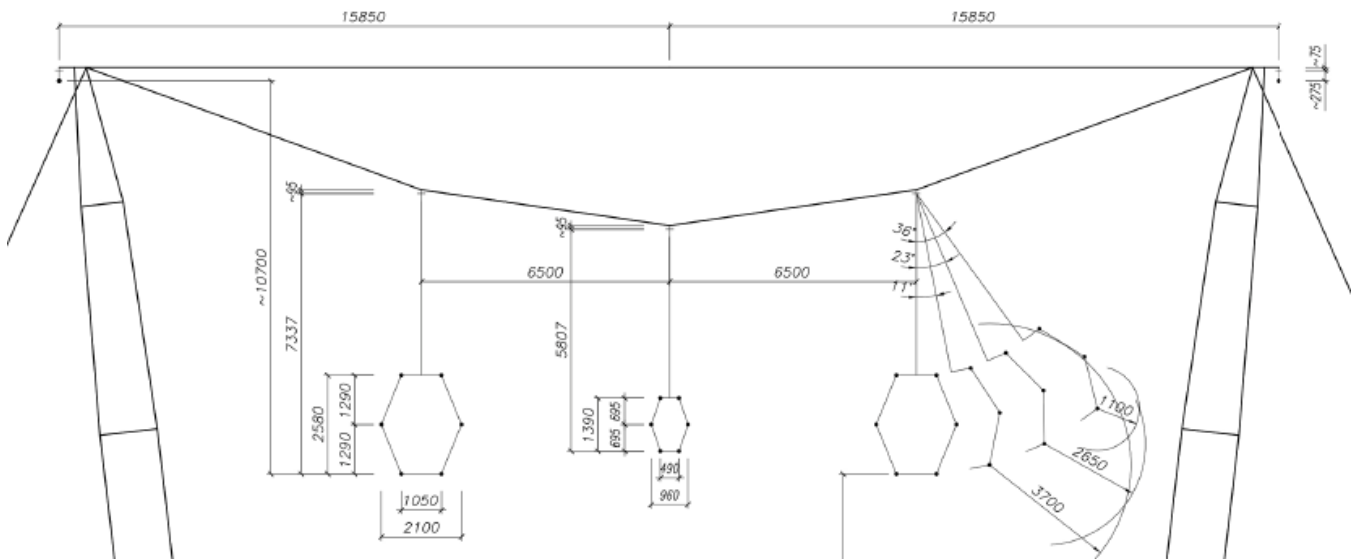
AC Live Work Minimum Approach Distance With Transient Overvoltage Factor

Distance to employee in meters, phase-to-ground work in Air, barehand, and clear live-line tool							
Maximum anticipated per-unit transient overvoltage factor T	Maximum phase-to-phase voltage in kV						
	72.5 to 121.0	121.1 to 145.0	145.1 to 169.0	196.1 to 242.0	242.1 to 362.0	362.1 to 550.0	550.1 to 800
1,5	0,72	0,73	0,80	1,01	1,36	1,96	3,16
1,6	0,79	0,76	0,83	1,05	1,43	2,12	3,46
1,7	0,86	0,78	0,86	1,10	1,50	2,28	3,78
1,8	0,93	0,81	0,90	1,15	1,57	2,45	4,11
1,9	1,01	0,84	0,93	1,20	1,64	2,62	4,45
2,0	1,07	0,87	0,96	1,24	1,71	2,82	4,84
2,1	1,10	0,90	0,99	1,29	1,78	3,01	5,22
2,2	1,12	0,92	1,03	1,34	1,88	3,20	5,60
2,3	1,14	0,95	1,06	1,38	1,98	3,40	6,00
2,4	1,16	0,98	1,09	1,43	2,08	3,61	6,46
2,5	1,18	1,01	1,12	1,48	2,19	3,84	6,89
2,6	1,20	1,04	1,16	1,52	2,30	4,06	
2,7	1,23	1,06	1,19	1,57	2,41	4,30	
2,8	1,25	1,09	1,22	1,62	2,54	4,56	
2,9	1,27	1,12	1,26	1,66	2,65	4,80	
3,0	1,29	1,15	1,29	1,71	2,77	5,07	

Fonte: Referência [8]

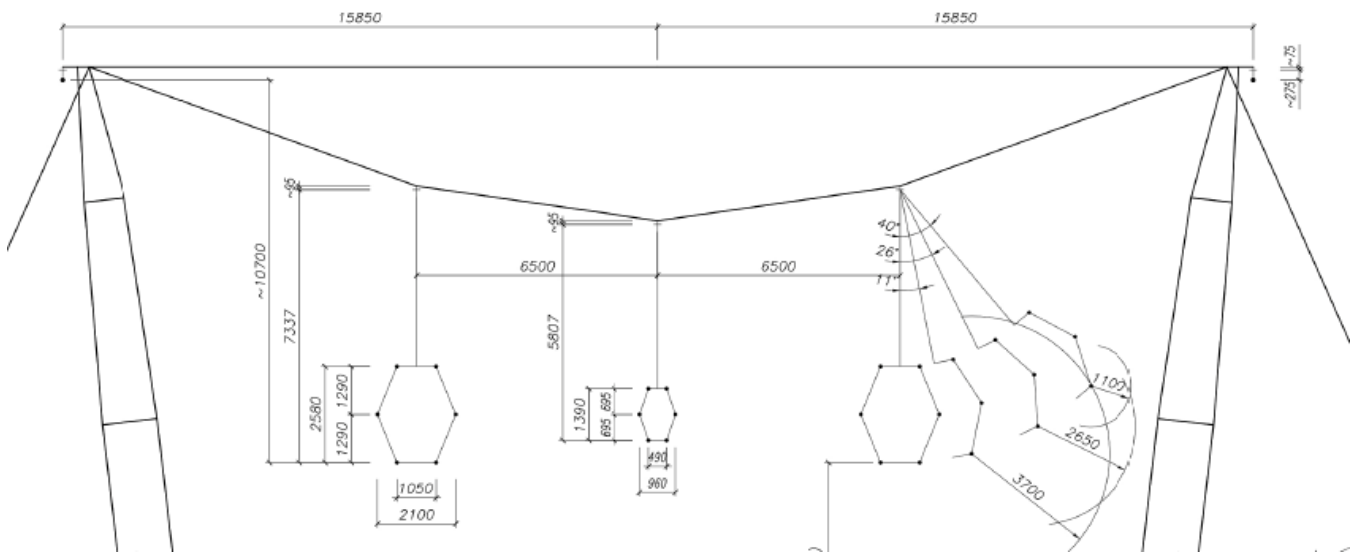
ANEXO 5 – CONFIGURAÇÃO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE

- LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1






Estrutura Estaiada Leve Tipo V2CRL

- LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1



Estrutura Estaiada Leve Tipo V2CRL

02	15/05/17	Atendimento aos comentários da EP	AQ	JCS	
01	03/05/17	Resposta aos comentários da EP	AQ	JCS	
00	31/03/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
		 			
EQUATORIAL TRANSMISSORA 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 COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO					
Nº DOCUMENTO			FOLHA	REVISÃO	
RE-EQT4-L400-PB-ELM-0009-R02			1 de 30	02	



ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	ISOLADORES	3
3.	ISOLAMENTO PARA TENSÃO OPERATIVA	4
4.	ISOLAMENTO PARA SOBRETENSÕES DE MANOBRA	6
5.	ISOLAMENTO PARA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	9
6.	ISOLAMENTO PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA	10
7.	DESLOCAMENTO ADMITIDO PARA A CADEIA DE ISOLADORES EM REPOUSO ..	10
8.	CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA DE SUSPENSÃO PREDOMINANTE	11
9.	REFERÊNCIAS.....	11
	ANEXO 1 – RISCO – LT – RISCO FALHA FASE-TERRA.....	12
	ANEXO 2 – RISCO FALHA FASE-FASE.....	15
	ANEXO 3 - FLASH.....	18
	ANEXO 4 – ESPAÇAMENTOS MÍNIMOS PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA	27
	ANEXO 5 – CONFIGURAÇÃO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE	29

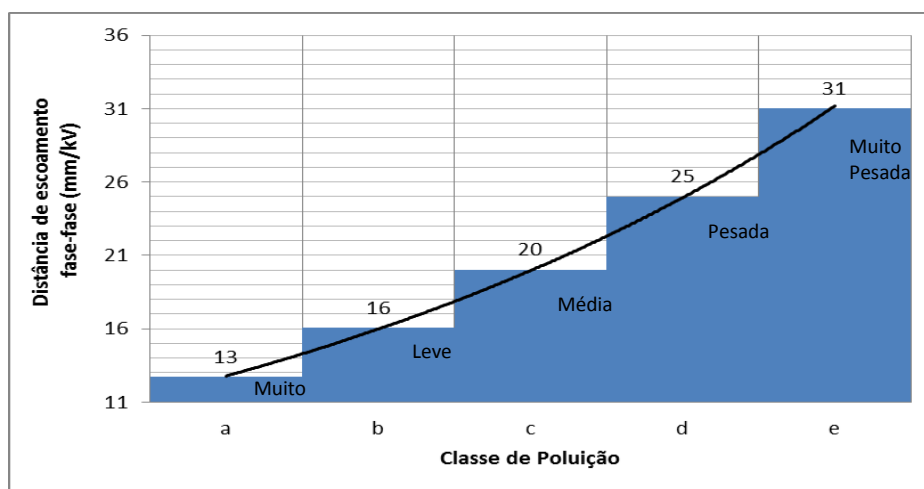
1. OBJETIVO

- 1.1. Definir os parâmetros básicos para o dimensionamento do isolamento 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. ISOLADORES

2.1. Características Principais e Quantidade Mínima por Cadeia

- 2.1.1 A distância de escoamento específica das cadeias deve atender os requisitos do Edital, tendo como base a IEC 60815.
- 2.1.2 O valor mínimo remete ao nível de poluição “leve” (nível b) da publicação IEC 60815 [1], para o qual é recomendada uma distância de escoamento específica de 16 mm/kV fase-fase.



- 2.1.3 Para as cadeias de suspensão, passagem e ancoragem dos condutores está sendo considerada a utilização de isoladores com as características descritas na tabela 2 que tem os cálculos das cargas mecânicas apresentados na referencia [10]. A quantidade de isoladores é calculada a seguir :

$$N = \frac{V_{\text{máx}} \cdot D_e}{D_i} \text{ onde:}$$

N		número mínimo de isoladores da cadeia
V _{máx}	550 kV	tensão máxima de operação, fase-fase
D _e	16 mm/kV	distância de escoamento específica fase-fase
D _{i 160, 240 e 210}	380 mm	distância de escoamento, isolador de 160, 210 e 240 kN



Tabela 2 - Isoladores

Característica			
Carga de ruptura	160 kN	210 kN	240 kN
Engate concha-bola	IEC 60120 - 20	IEC 60120 - 20	IEC 60120-24
Diâmetro do disco	280 mm	280 mm	280 mm
Diâmetro do pino	21 mm	21 mm	24 mm
Passo	170 mm	170 mm	170 mm
Distância de escoamento (Di)	380 mm	380 mm	380 mm
N - Núm. Mín. Isoladores Cad. Suspensão	23	23	23
N - Núm. Mín. Isoladores Cad. Ancoragem	24		

2.1.4 A configuração final adotada para as cadeias é indicada a seguir.

Tabela 3 – Cadeia de Isoladores

Linhas de Transmissão	Suspensão			Jumper	Ancoragem	
	Leve	Pesada			Dupla	
	I	I	V		Meio de linha	Terminal
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	1x23(210 kN)	1x23(210 kN)	2x23(210 kN)	1x23(160 kN)	4x24(160 kN)	4x24(160 kN)
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	1x23(210 kN)	1x23(240 kN)	2x23(240 kN)	1x23(160 kN)	4x24(160 kN)	4x24(160 kN)

3. ISOLAMENTO PARA TENSÃO OPERATIVA

3.1 Ângulo de Balanço das Cadeias

3.1.1 O Edital especifica que o isolamento à tensão máxima operativa deve ser dimensionado considerando o balanço da cadeia de isoladores sob ação de vento com período de retorno de, no mínimo, 30 anos.

3.1.2 Para o cálculo do ângulo de balanço está sendo adotada a metodologia indicada no item 10.1.4.3 da referência [2] e, velocidade do vento com período de retorno de 50 anos.

3.1.3 Para trecho de paralelismo entre as LT's 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1 e C2 o cálculo do ângulo de balanço está adotando velocidade do vento com período de retorno de 75 anos conforme calculado no relatório RE-EQT4-L401-PB-ELM-0024-R00 - RELATORIOS DE CONFIABILIDADE TRECHO PARALELISMO.

3.1.4 Com base no critério indicado no item 3.1.2 anterior é definido a seguir o ângulo de balanço das cadeias de suspensão em alinhamento.

$$tg\beta = k \frac{q_o \cdot d}{\rho(V/H)}$$

onde:

- d diâmetro do condutor (m) [9]
 p peso unitário do condutor(kgf/m) [9]
 V/H relação (vão de peso)/(vão de vento) em alinhamento
 q_o Pressão Dinâmica(kgf/m²) [3]
 K figura 7 da referência (pu) [2]

Linhas de Transmissão	Parâmetros					Ângulo β	
	d	p	V/H	q _o	k	Calculado	Adotado
	(mm)	(kgf/m)	(pu)	(kgf/m ²)	(pu)	(graus)	(graus)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	26,78	1,172	0,70	57	0,32	30,8°	31°
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	26,78	1,172	0,70	68	0,32	35,1°	36°

3.1.4 Considerando a ação do ventos nas cadeias, o ângulo de aplicação das estruturas e a tração horizontal de incidência no cabo temos a seguinte expressão:

$$tg\beta = \frac{Nc.2.HMaxsen(\alpha/2) + Nc.k.q_0 .d.Vv + Fvcad/2}{Nc.p.Vp + Pcad/2}; \text{ onde:}$$

- N_c número de Condutores
 H_{max} tração máxima no balanço do condutor
 d diâmetro do condutor [9]
 p peso unitário do condutor [9]
 q_o Pressão dinâmica [3]
 k figura 7 da referência [2]
 P_{cad} peso da cadeia de isoladores
 F_{v_{cad}} peso da cadeia de isoladores
 V_v vão de vento para ângulo máximo
 V_p vão de peso mínimo da estrutura
 α ângulo máximo da estrutura

Linhas de Transmissão	Parâmetros					Ângulo β	
	N _c	H _{Max}	α	V _v (V _p)	P _{cad} (F _{v_{cad}})	Calculado	Adotado
	(quant)	(kgf)	(graus)	(m)	(kgf)	(graus)	(graus)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	6	3100	2°	472 (401)	200 (71,15)	35,30°	36°
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	6	3450	2°	472 (401)	200 (84,88)	39,59°	40°

3.2 Espaçamento Fase - Terra

3.2.1 A solicitação elétrica máxima fase-terra a 60 Hz, valor de pico, é dada pela expressão:

$$V_s = V_{m\acute{a}x} \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$$

3.2.2 Usualmente as curvas ou equações aplicáveis aos valores de suportabilidade elétrica dos espaçamentos fase-terra fornecem a tensão com 50% de probabilidade de descarga, referida a condições atmosféricas padronizadas.

3.2.3 Torna-se necessário, portanto, calcular $V_{50\%}$ a partir de V_s conforme indicado a seguir:

$$V_{50\%} = V_s \cdot \frac{k_1}{k_2} \quad \text{onde:}$$

- $V_{50\%}$ tensão fase-terra, valor de pico, a 60 Hz, com 50% de probabilidade de ocorrência de descarga
- V_s conforme item 3.2.1 acima
- k_1 fator de correção para reduzir a probabilidade de ocorrência de descargas a nível compatível com a confiabilidade desejada para a LT
- k_2 fator de correção para as condições atmosféricas da região atravessada pela LT ($FCA_{60Hz}^{99\%}$)

3.2.4 Para a linha de transmissão em estudo está sendo adotado para k_1 valor que situe $V_{50\%}$ três desvios padrão acima de V_s .

3.2.5 Considerando que a distribuição de tensões disruptivas a 60 Hz é normal e que seu desvio padrão é 3%, tem-se:

$$k_1 = \frac{1}{1 - 3 \times 0,03} = 1,10$$

Linhas de Transmissão	$V_{m\acute{a}x}$	V_s	k_2	$V_{50\%}$	$V_{50\%}$ Adotado	L_{60Hz} (*)
	(kV)	(kV)	(pu)	(kV)	(kV)	(m)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	550	449,07	0,91	542,84	550	1,10
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	550	449,07	0,92	536,94	550	1,10

(*) Espaçamento fase-terra corresponde a tensão $V_{50\%}$ [6] [7] associado ao ângulo de balanço das cadeias (β) das respectivas LT, conforme Tabela 5

4. ISOLAMENTO PARA SOBRETENSÕES DE MANOBRA

4.1 Ângulo de Balanço das Cadeias

4.1.1 Para cálculo do ângulo de balanço está sendo adotada a mesma metodologia apresentada no item 3.1 anterior, associada a velocidade do vento com período de retorno de 2 anos (vento frequente).

4.1.2 São indicados a seguir os parâmetros e resultados:

Linhas de Transmissão	Parâmetros					Ângulo β	
	d	p	V/H	q _o	k	Calculado	Adotado
	(mm)	(kgf/m)	(pu)	(kgf/m ²)	(pu)	(graus)	(graus)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	26,78	1,172	0,70	22	0,46	17,86°	18°
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	26,78	1,172	0,70	29	0,40	20,28°	21°

4.1.3 Considerando a ação do ventos nas cadeias, o ângulo de aplicação das estruturas e a tração horizontal de incidência está sendo adotada a mesma metodologia apresentada no item 3.1.4:

Linhas de Transmissão	Parâmetros					Ângulo β	
	N _c	H _{Max}	α	V _v (V _p)	P _{cad} (F _{v_{cad}})	Calculado	Adotado
	(quant)	(kgf)	(graus)	(m)	(kgf)	(graus)	(graus)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	6	2180	2°	472 (401)	200 (27,46)	22,96°	23°
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	6	2300	2°	472 (401)	200 (36,20)	25,28°	26°

4.2 Espaçamentos Fase - Terra

4.2.1 Para tensão do surto ocorrendo na LT em estudo está sendo adotado o seguinte valor:

$$V_s = V_n \times F_{surto} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}, \text{ onde:}$$

V_s tensão de surto fase-terra da LT

V_N tensão fase-fase nominal da LT

F_{surto} fator de surto (máxima sobretensão conforme estudos do R2) [12] [13] [14] [15]

V_N	F_{surto}	V_s
(kV)		(kV)
500	2,1	857,32

4.2.2 De modo análogo ao mostrado no item 3.2 anterior o espaçamento para surtos de manobra está sendo calculado de modo que V50% fique situado 3 desvios padrão acima de V_s ($\sigma=0,05$), devidamente corrigido para as condições atmosféricas características da região atravessada pela LT [4] [5], ou seja:

$$V_{50\%} = VS \frac{1}{1 - 3\sigma k} \frac{1}{k}$$

Tabela 10 - $V_{50\%}$		
Linhas de Transmissão	k	$V_{50\%}$ Adotado
	(pu)	(kV)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	0,94	1073
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	0,95	1062

4.2.3 Essa tensão corresponde aos seguintes espaçamentos fase-terra [6] [7]:

$$L_{SM} = \frac{8 V_{50\%}}{3400k - V_{50\%}} \quad \text{onde:}$$

k = 1,35 para espaçamento condutor-estrutura, disposição lateral das fases

k = 1,20 para espaçamento condutor-estrutura, disposição fase central

k = 1,40 para espaçamento condutor-estai

Resultando nos seguintes espaçamentos fase-terra:

Tabela 11 – Espaçamento Fase-Terra –Surto Manobra			
Linhas de Transmissão	Espaçamento Fase-Terra (L_{SM})		
	Condutor-Estrutura (*)		Condutor-Estai
	Fases Laterais	Fase Central	
	(m)	(m)	(m)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	2,44	2,85	2,33
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	2,41	2,81	2,30

(*) Espaçamento condutor – estrutura está associado ao ângulo de balanço das cadeias β para cada LT.

4.3 Risco de Falha Fase – Terra

4.3.1 O Edital especifica os riscos máximos para falhas fase-terra devido a manobras de religamento e manobras de energização.

4.3.2 A Tabela 12 a seguir apresenta os riscos de falha calculados utilizando o programa RISCO-LT (Anexo 1):

Tabela 12 – Risco da Falha		
Linhas de Transmissão	Risco de Falha calculado	Risco de Falha Edital
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	$0,102 \times 10^{-7}$	1×10^{-3}
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	$0,285 \times 10^{-6}$	1×10^{-3}

4.3.3 Conforme pode ser observado o risco total de falha obtido atende ao valor máximo especificado no Edital.

4.4 Risco de Falha Fase – Fase

4.4.1 A LT em estudo utilizam estruturas convencionais autoportantes e/ou estaiadas, com distâncias entre fases suficientemente grandes para tornar altamente improvável uma descarga provocada por surtos fase-fase.

4.4.2 Utilizando a metodologia constante da referência [6] e adotando valores conservativos para as variáveis consideradas foram calculados os espaçamentos fase-fase que seriam necessários para o menor risco de falha para um circuito (10^{-4}) especificado no Edital.

4.4.3 Conforme Anexo 2 tem-se os seguintes resultados:

Tabela 13 – Espaçamento entre Fases para Risco 10^{-4} (Estabelecido no Edital - Todas as LT's)	
Espaçamento entre Fases (m)	
Estrutura	Espaçamento mínimo para Risco máximo de 10^{-4}
6,5	4,95

4.4.4 Os espaçamentos entre fases atendem aos limites de risco de falha fase-fase especificados no Edital.

5. ISOLAMENTO PARA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

5.1 Dados de Entrada

5.1.1 Para avaliação do desempenho da LT quando submetida a surtos atmosféricos foi utilizado o programa FLASH versão. 1.6 .Os dados de entrada adotados para o cálculo são indicados a seguir:

Tabela 14 – Dados de Entrada						
Linhas de Transmissão	Nível Cerâmico	Estrutura de Referência	Dist. Isolam. (m)	Vão Médio (m)	Flecha (m)	
					Condutor	Para-Raios
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	50	Anexo 4	3,7	510	21,82	18,79
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	60	Anexo 4	3,7	510	21,87	18,83

5.2 Desempenho Calculado

5.2.1 A partir dos parâmetros acima foi calculado o desempenho da LT utilizando o programa FLASH 1.6. O relatório de saída consta do Anexo 3 e é resumido a seguir, considerando que o aterramento da LT apresente resistência de aterramento com valor médio menor ou igual a 20Ω . Quando forem feitas as medições de resistividade poderá ser feita uma nova avaliação com redistribuição das resistências conforme resultados obtidos.

Tabela 15 – Taxa de Desligamentos (*)			
Linhas de Transmissão	Taxa de desligamentos por 100 km por ano		
	Descargas Diretas	Descargas Indiretas	Total
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1	0,00	0,57	0,57
LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	0,00	0,72	0,72

(*) O cálculo do desempenho do trecho de paralelismo da LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1 e C2 é calculado no relatório RE-EQT4-L401-PB-ELM-0024-R00 - RELATORIOS DE CONFIABILIDADE TRECHO PARALELISMO, pertencente a este projeto básico.

5.2.2 O total de desligamentos por descargas atmosféricas para a LT é inferior a um desligamento por 100 km por ano, conforme Edital [11].

6. ISOLAMENTO PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA

- 6.1. O Anexo 4 reproduz a tabela 441-2 do NESC/2002 [8] contendo os espaçamentos mínimos recomendados para operações de manutenção em linha viva.
- 6.2. Para os trabalhos em linha viva, são bloqueados os circuitos de religamento, de forma a não haver surtos de manobra para essa condição.
- 6.3. Para efeito das distâncias para manutenção em linha viva adotou-se o fator de surto de 2,0 p.u conforme referência [12] e, considerando uma parcela de 0,8 m para movimentos inadvertidos do técnico da manutenção, tem-se a seguinte distância fase-terra mínima para as LT:

Tabela 16 – Distâncias de Manutenção	
LT	L _{manut} (*) (m)
LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1	3,7
(*) Distâncias associadas as cadeias em repouso, sem vento	

7. DESLOCAMENTO ADMITIDO PARA A CADEIA DE ISOLADORES EM REPOUSO

- 7.1. Para o cálculo do ângulo de deslocamento da cadeia em repouso, está sendo considerado o ângulo máximo de aplicação da torre de suspensão predominante, sem vento, associado a um vão de peso indicados abaixo.
- 7.2. Com base nesse critério, o ângulo de balanço (β) é calculado pela seguinte expressão:

$$tg\beta = \frac{2xHxsen(\alpha/2)}{pxVP}, \text{ onde:}$$

- H Tração EDS
- α Ângulo máximo da torre de suspensão
- p Peso unitário do condutor
- VP Vão de peso adotado no cálculo



Tabela 17 – Ângulos de Balanço sem Vento (Todas a LT's)	
α (graus)	Balanço sem vento
2°	11°
(*) Distâncias associadas as cadeias em repouso, sem vento	

8. CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA DE SUSPENSÃO PREDOMINANTE

8.1. Configuração Geométrica:

A configuração geométrica do topo da estrutura de suspensão predominante da LT é apresentada no Anexo 5.

9. REFERÊNCIAS

- 1 IEC 60815 – Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions.
- 2 NBR 5422 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 3 Relatório RE-EQT4-L400-PB-ELM-0004 VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO , preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1
- 4 IEC 60060.1 – High-voltage test techniques.
- 5 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
- 6 Transmission line reference book, 345 kV and above, second edition, 1982.
- 7 Lignes aériennes à haute et très haute tension — règles d'isolation.
- 8 ANSI C1/2002 - National Electrical Safety Code
- 9 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
- 10 Relatório RE-EQT4-L400-PB-ELM-0010 ISOLADORES E FERRAGENS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1
- 11 Anexo 6-14 a 6-19 – Edital – Leilão 13/2015 - 2ª parte da ANEEL
- 12 R2 - Estudos para definição das características básicas da LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1



ANEXO 1 – RISCO – LT – RISCO FALHA FASE-TERRA



* PROGRAMA RISCO-LT VERSÃO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PÁGINA - 1*
LT 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - C1 10-03-2017

DIÂMETRO DO CABO CONDUTOR (cm): 2.6780
 PESO LINEAR DO CABO CONDUTOR (kg/m): 1.1720
 ESP. HORIZ. ENTRE OS CONDUTORES DO FEIXE (m): 1.0500
 ESP. VERT. ENTRE OS CONDUTORES DO FEIXE (m): 1.2900
 DIST. ESTRUT. SUPER./FIXAÇÃO ISOL. (m): 0.1000
 COMPRIMENTO DE BALANÇO CADEIA ISOL+FERR (m): 7.4300
 ÂNGULO ESTRUTURA SUPERIOR/HORIZONTAL (Graus): 0.0000
 ÂNGULO ESTRUTURA LATERAL/VERTICAL (Graus): -10.0000
 BRAÇO MÍNIMO DA ESTRUTURA (m): 8.8000
 PASSO DO BRAÇO DA ESTRUTURA (m): 0.1000
 BRAÇO MÁXIMO DA ESTRUTURA (m): 8.8000
 ESPESSURA DA ESTRUTURA (m): 1.2000
 FATOR MULTPL. CURVA SUPORTABILIDADE (p.u.): 1.0000
 RIS MÍNIMO (p.u.): 0.9400
 PASSO DE RIS (p.u.): 0.1000
 RIS MÁXIMO (p.u.): 0.9400
 DESVIO PADRÃO SUPORTABILIDADE (p.u.): 0.0500
 DESVIO PADRÃO SOLICITAÇÃO (p.u.): 0.0500

SOLICITAÇÃO (kV) X No. DE GAPS SUJEITOS À SOLICITAÇÃO:

857.32	168
816.50	168
775.67	168

RELAÇÃO VÃO PESO/VÃO VENTO (p.u.) : 0.7000
³
 DENSIDADE ABSOLUTA DO AR (kg/m) : 1.1210

HISTOGRAMA DE VELOCIDADES HORÁRIA DO VENTO :

FREQUÊNCIA ABSOLUTA	VELOCIDADE VENTO (m/s)	FATOR EFETIVIDADE (p.u.)	ÂNGULO BALANÇO (Graus)
1.	19.40	0.460	17.89

NÚMERO DE PONTOS DO HISTOGRAMA : 1.

RESULTADOS PARA RIS IGUAL A : 0.9400

BRAÇO (m)	RISCO LATERAL (p.u.)	RISCO TOTAL (p.u.)
8.8000	0.102D-07	0.102D-07



* PROGRAMA RISCO-LT VERSÃO 1.0 ENGEPRO ENGENHARIA LTDA. PÁGINA - 1*
LT 500 KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO - C1 10-03-2017

DIÂMETRO DO CABO CONDUTOR (cm): 2.6780
 PESO LINEAR DO CABO CONDUTOR (kg/m): 1.1720
 ESP. HORIZ. ENTRE OS CONDUTORES DO FEIXE (m): 1.0500
 ESP. VERT. ENTRE OS CONDUTORES DO FEIXE (m): 1.2900
 DIST. ESTRUT. SUPER./FIXAÇÃO ISOL. (m): 0.1000
 COMPRIMENTO DE BALANÇO CADEIA ISOL+FERR (m): 7.4300
 ÂNGULO ESTRUTURA SUPERIOR/HORIZONTAL (Graus): 0.0000
 ÂNGULO ESTRUTURA LATERAL/VERTICAL (Graus): -10.0000
 BRAÇO MÍNIMO DA ESTRUTURA (m) : 8.8000
 PASSO DO BRAÇO DA ESTRUTURA (m) : 0.1000
 BRAÇO MÁXIMO DA ESTRUTURA (m) : 8.8000
 ESPESSURA DA ESTRUTURA (m) : 1.2000
 FATOR MULTPL. CURVA SUPORTABILIDADE (p.u.) : 1.0000
 RIS MÍNIMO (p.u.) : 0.9500
 PASSO DE RIS (p.u.) : 0.1000
 RIS MÁXIMO (p.u.) : 0.9500
 DESVIO PADRÃO SUPORTABILIDADE (p.u.) : 0.0500
 DESVIO PADRÃO SOLICITAÇÃO (p.u.) : 0.0500

SOLICITAÇÃO (kV) X No. DE GAPS SUJEITOS À SOLICITAÇÃO:

857.32	216
816.50	216
775.67	216

RELAÇÃO VÃO PESO/VÃO VENTO (p.u.) : 0.7000
³
 DENSIDADE ABSOLUTA DO AR (kg/m) : 1.1210

HISTOGRAMA DE VELOCIDADES HORÁRIA DO VENTO :

FREQUÊNCIA ABSOLUTA	VELOCIDADE VENTO (m/s)	FATOR EFETIVIDADE (p.u.)	ÂNGULO BALANÇO (Graus)
1.	22.38	0.400	20.49

NÚMERO DE PONTOS DO HISTOGRAMA : 1.

RESULTADOS PARA RIS IGUAL A : 0.9500

BRAÇO (m)	RISCO LATERAL (p.u.)	RISCO TOTAL (p.u.)
8.8000	0.285D-06	0.285D-06



ANEXO 2 – RISCO FALHA FASE-FASE



- LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

RISCO DE FALHA FASE - FASE

METODOLOGIA:

TRANSMISSION LINE REFERENCE BOOK 345 KV AND ABOVE, 2ND EDITION, 1982

TENSÃO DE REFERÊNCIA V = 408 KV
 $V = 500 \cdot \sqrt{2} / \sqrt{3}$

SOBRETENSÃO FASE-FASE $V_{FF50\%} = 2,50 \text{ P.U.}$

DESVIO PADRÃO SOBRETENSÕES FASE-FASE $\sigma_S = 0,15$

CORREÇÃO PARA CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS PADRÃO = 0,94
 $FCA_{man}^{90\%}$

SOBRETENSÃO MÁXIMA FASE-FASE $S_2 = 3,46 \text{ P.U.}$

$S_2 = (V_{FF50\%} + 2 \times \sigma_S \times V_{FF50\%}) / FCA_{man}^{90\%}$

DESVIO PADRÃO SUPORTABILIDADE $\sigma = 0,05$

ESPAÇAMENTOS SUBMETIDOS AO SURTO N = 1000

RISCO DE FALHA = 1×10^{-4}

FATOR R = 1,45

SUPPORTABILIDADE ($V_{50\%}$), EM PU CFO (PU) = R x $S_2 = 5,01 \text{ P.U.}$

SUPPORTABILIDADE ($V_{50\%}$), EM KV CFO (KV) = 2047 KV

SUPPORTABILIDADE, VALOR ADOTADO, EM KV CFO (KV) = 2055 KV

ESPAÇAMENTO FASE-FASE MÍNIMO, PARA $\alpha = 0,5$ $E_{FF \text{ MIN}} = 4,95 \text{ M}$



- LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

RISCO DE FALHA FASE - FASE

METODOLOGIA:

TRANSMISSION LINE REFERENCE BOOK 345 KV AND ABOVE, 2ND EDITION, 1982

TENSÃO DE REFERÊNCIA $V = 500 \cdot \sqrt{2} / \sqrt{3}$ $V = 408 \text{ KV}$

SOBRETENSÃO FASE-FASE $V_{FF50\%} = 2,50 \text{ P.U.}$

DESVIO PADRÃO SOBRETENSÕES FASE-FASE $\sigma_S = 0,15$

CORREÇÃO PARA CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS PADRÃO = 0,95

$FCA_{man}^{90\%}$

SOBRETENSÃO MÁXIMA FASE-FASE $S_2 = 3,42 \text{ P.U.}$

$S_2 = (V_{FF50\%} + 2 \times \sigma_S \times V_{FF50\%}) / FCA_{man}^{90\%}$

DESVIO PADRÃO SUPORTABILIDADE $\sigma = 0,05$

ESPAÇAMENTOS SUBMETIDOS AO SURTO $N = 1000$

RISCO DE FALHA = 1×10^{-4}

FATOR $R = 1,45$

SUPPORTABILIDADE ($V_{50\%}$), EM PU $CFO(PU) = R \times S_2 = 4,96 \text{ P.U.}$

SUPPORTABILIDADE ($V_{50\%}$), EM KV $CFO(KV) = 2025 \text{ KV}$

SUPPORTABILIDADE, VALOR ADOTADO, EM KV $CFO(KV) = 2050 \text{ KV}$

ESPAÇAMENTO FASE-FASE MÍNIMO, PARA $\alpha = 0,5$ $E_{FF \text{ MIN}} = 4,95 \text{ M}$



ANEXO 3 - FLASH



• LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

----- S H I E L D I N G C A L C U L A T I O N -----

Value of BETA used = .8999999761581421
 THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 1 IS 21.68 DEGREES
 THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 1 IS -41.68 DEGREES

 THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 2 IS 22.20 DEGREES
 THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 2 IS -55.00 DEGREES

----- B A C K F L A S H C A L C U L A T I O N -----

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90



Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08



The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90



----- F I N A L R E S U L T S -----

THE BACKFLASHOVER RATE = 0.5700 FLASHOVERS/100 KM
= 0.9100 FLASHOVERS/100 MI

THE SHIELDING FAILURE
FLASHOVER RATE = 0.0000 FLASHOVERS/100 KM
= 0.0000 FLASHOVERS/100 MI

TOTAL FLASHOVER RATE = 0.5700 FLASHOVERS/100 KM
= 0.9100 FLASHOVERS/100 MI



• LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1

----- S H I E L D I N G C A L C U L A T I O N -----

Value of BETA used = .8999999761581421
 THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 1 IS 21.68 DEGREES
 THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 1 IS -41.68 DEGREES

 THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 2 IS 22.20 DEGREES
 THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 2 IS -55.00 DEGREES

----- B A C K F L A S H C A L C U L A T I O N -----

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90



Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08



The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90



----- F I N A L R E S U L T S -----

THE BACKFLASHOVER RATE = 0.7200 FLASHOVERS/100 KM
= 1.1500 FLASHOVERS/100 MI

THE SHIELDING FAILURE
FLASHOVER RATE = 0.0000 FLASHOVERS/100 KM
= 0.0000 FLASHOVERS/100 MI

TOTAL FLASHOVER RATE = 0.7200 FLASHOVERS/100 KM
= 1.1500 FLASHOVERS/100 MI

*****v



ANEXO 4 – ESPAÇAMENTOS MÍNIMOS PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA



Table 441-2

AC Live Work Minimum Approach Distance With Transient Overvoltage Factor

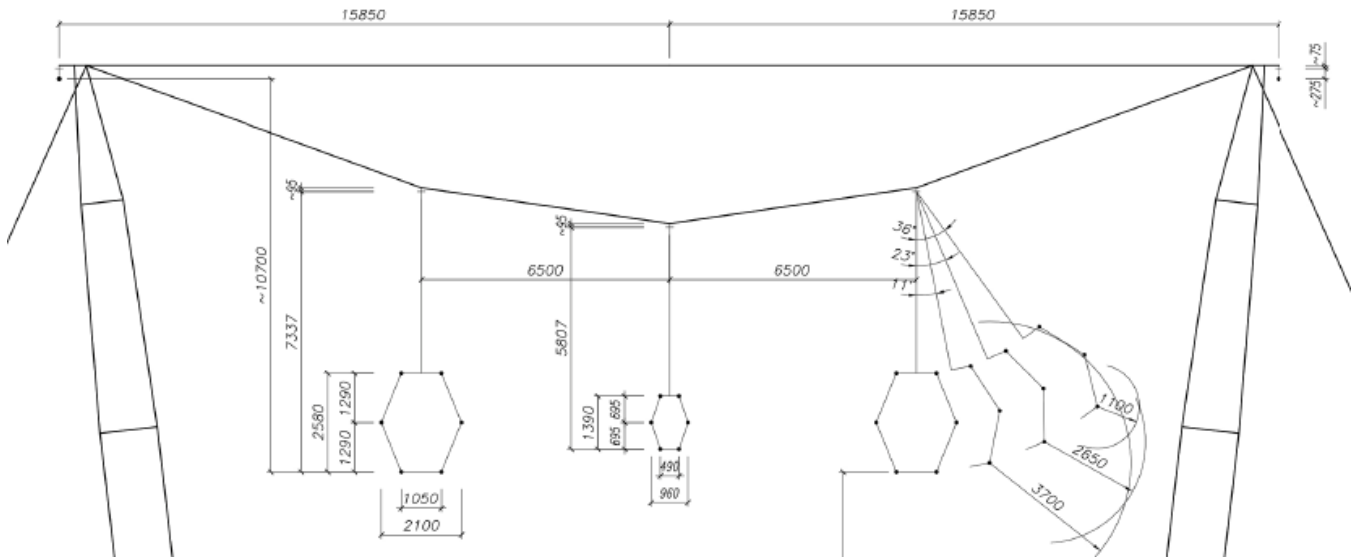
Maximum anticipated per-unit transient overvoltage factor T	Distance to employee in meters, phase-to-ground work in Air, barehand, and clear live-line tool						
	Maximum phase-to-phase voltage in kV						
	72.5 to 121.0	121.1 to 145.0	145.1 to 169.0	196.1 to 242.0	242.1 to 362.0	362.1 to 550.0	550.1 to 800
1,5	0,72	0,73	0,80	1,01	1,36	1,96	3,16
1,6	0,79	0,76	0,83	1,05	1,43	2,12	3,46
1,7	0,86	0,78	0,86	1,10	1,50	2,28	3,78
1,8	0,93	0,81	0,90	1,15	1,57	2,45	4,11
1,9	1,01	0,84	0,93	1,20	1,64	2,62	4,45
2,0	1,07	0,87	0,96	1,24	1,71	2,82	4,84
2,1	1,10	0,90	0,99	1,29	1,78	3,01	5,22
2,2	1,12	0,92	1,03	1,34	1,88	3,20	5,60
2,3	1,14	0,95	1,06	1,38	1,98	3,40	6,00
2,4	1,16	0,98	1,09	1,43	2,08	3,61	6,46
2,5	1,18	1,01	1,12	1,48	2,19	3,84	6,89
2,6	1,20	1,04	1,16	1,52	2,30	4,06	
2,7	1,23	1,06	1,19	1,57	2,41	4,30	
2,8	1,25	1,09	1,22	1,62	2,54	4,56	
2,9	1,27	1,12	1,26	1,66	2,65	4,80	
3,0	1,29	1,15	1,29	1,71	2,77	5,07	

Fonte: Referência [8]



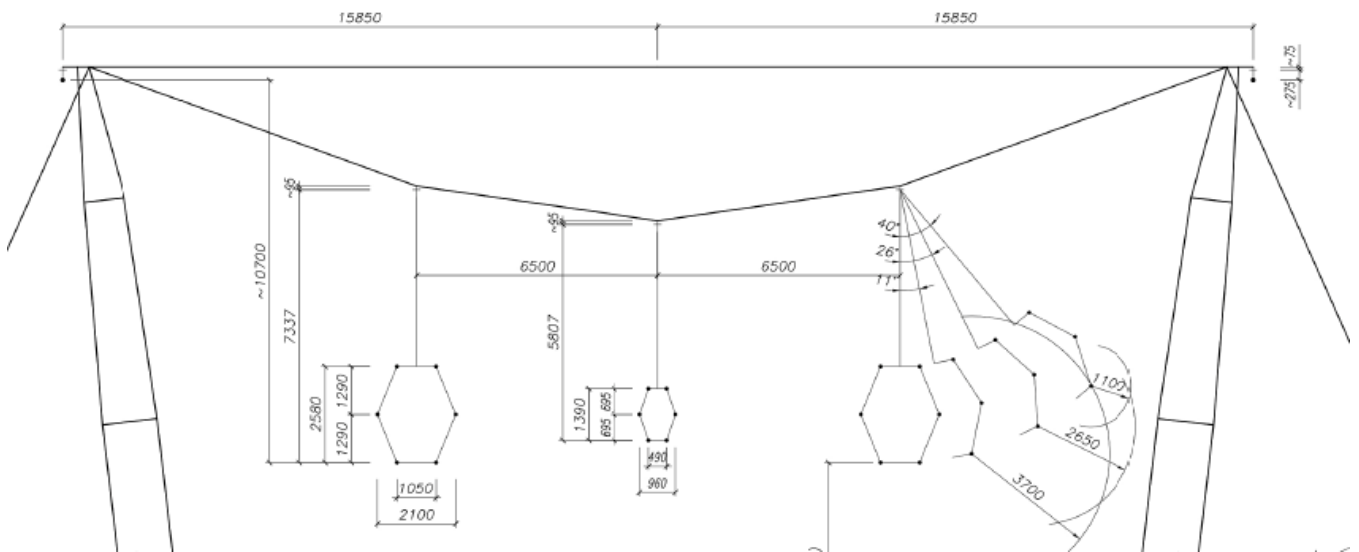
ANEXO 5 – CONFIGURAÇÃO DA ESTRUTURA PREDOMINANTE

- LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1

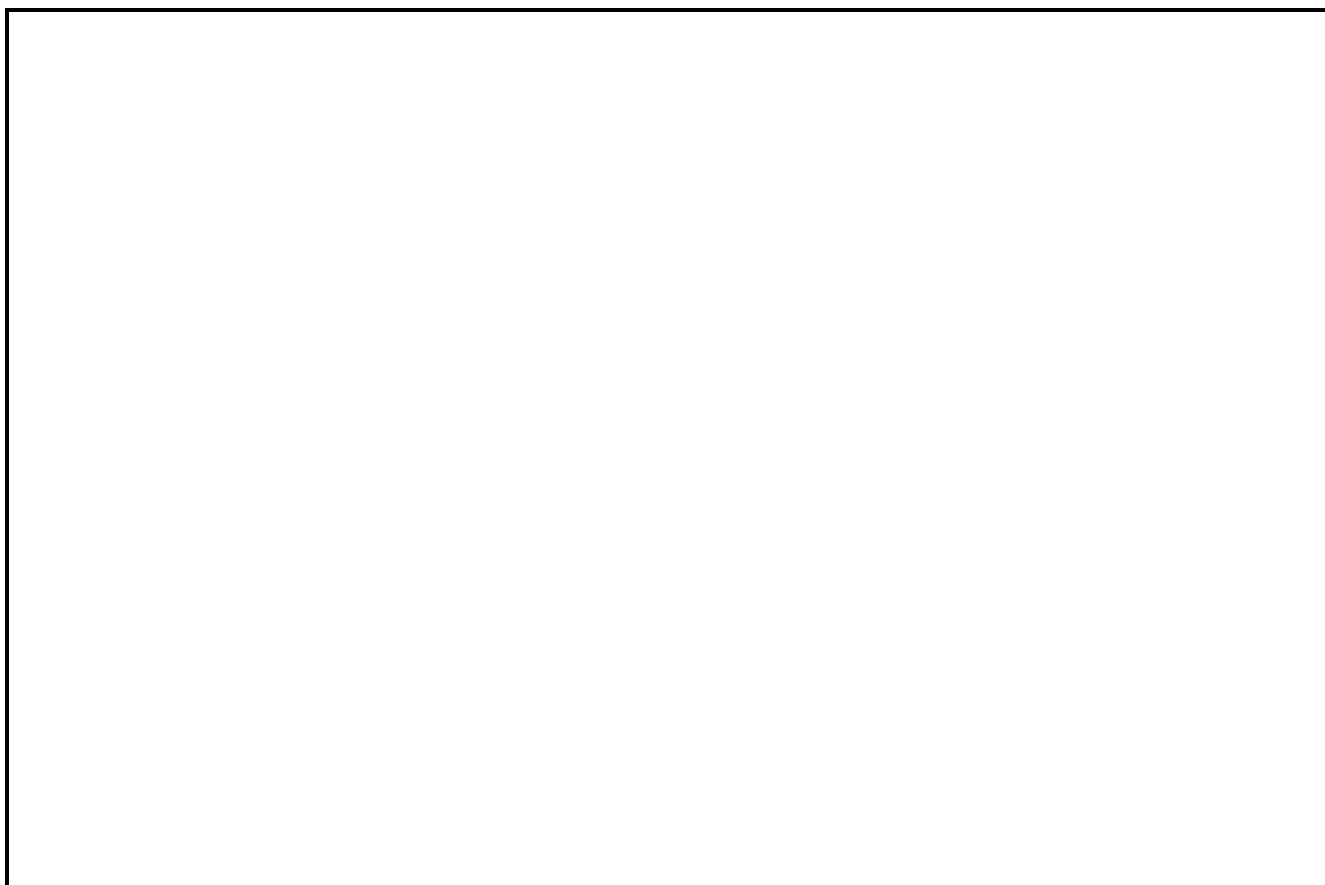


Estrutura Estaiada Leve Tipo V2CRL

- LT 500 kV Janaúba 3 - Presidente Juscelino - C1



Estrutura Estaiada Leve Tipo V2CRL



Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
01	15/05/17	Atendimento aos comentários da EP	AQ	JCS	
00	24/04/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	

EQUATORIAL TRANSMISSORA 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-R01	1 de 29	01

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	Condutor e Cabos Para-Raios	3
2.1.	Configuração das Fases.	3
2.2.	Característica dos Condutores e Para-raios.....	3
3.	ISOLADORES.....	4
3.1.	Tipos.....	4
3.2.	Calculo Mecânico das Cadeias	4
3.3.	Quantidade por Cadeia	4
3.4.	Materiais	4
3.5.	Ensaio de Tipo	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	7
4.4.	Amortecedores de Vibração.....	8
4.5.	Esferas de Sinalização.....	8
4.6.	Reparos	8
4.7.	Ferragens para Aterramento dos Cabos Para-raios.....	8
4.8.	Ferragens para Aterramento das Estruturas	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)	16,75 mm	12 fios aço-alumínio Tubo óptico metálico	-	159,00	16,75	0,768	9.888
OPGW 2 (Loose)	13,4 mm	9 fios aço-galvanizado Tubo óptico metálico	B	103,00	13,4	0,682	9.477

3. ISOLADORES

3.1. Tipos

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

	Valor		
Carga de ruptura	160 kN	210 kN	240 kN
Engate concha-bola	IEC 60120 - 20	IEC 60120 - 20	IEC 60120 - 24
Diâmetro do disco	280 mm	280 mm	280 mm
Diâmetro do pino	21 mm	21 mm	24 mm
Passo	170 mm	170 mm	170 mm
Distância de escoamento	380 mm	380 mm	380 mm

3.2. Cálculo Mecânico das Cadeias

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

3.3. Quantidade por Cadeia

- 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

- Diéletrico – 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 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.

4.1.13 Os grampos de suspensão, com os parafusos de fixação da calha apertados com o torque recomendado pelo fabricante, devem ter uma resistência ao escorregamento igual a, no mínimo, 25% da carga de ruptura do cabo ao qual se destinam.

4.1.14 Os grampos de suspensão devem ser projetados de modo que o ângulo de saída dos cabos, em ambos os lados, seja $\geq 15^\circ$.

4.1.15 As características dimensionais básicas das cadeias de suspensão e ancoragem do condutor e cabos para-raios são apresentadas nos desenhos constantes do Anexo 1.

4.2. Emendas

4.2.1 As emendas do condutor e cabos para-raios podem ser do tipo a compressão ou constituídas por varetas pré-formadas externas e de enchimento (caso necessário) em liga de alumínio, com hélice à direita (cabos CAA) e varetas pré-formadas em aço zincado a quente, com hélice à esquerda (alma de aço dos cabos CAA e cabo 3/8" EAR).

4.2.2 As emendas devem ter uma resistência, tanto a ruptura como ao escorregamento, igual a, no mínimo, 95% da carga de ruptura do cabo ao qual se destinam.

4.3. Espaçadores Amortecedores

4.3.1 A LT utiliza espaçadores amortecedores dispostos nos condutores conforme item 2.1.1. Os espaçadores amortecedores devem ser instalados no ponto médio dos vãos superiores a 300 m ou a cada terço do vão, em vãos superiores a 700 m.

4.3.2 Os espaçadores amortecedores devem permitir sua instalação ou retirada utilizando ferramentas de manutenção em linha viva, sem a completa separação de seus componentes. Deve ser possível retirar e reinstalar os grampos sem danificar os parafusos de fixação ou os condutores.

4.3.3 O sistema de grampeamento deve ser projetado de forma a garantir que a tampa não deslize quando for apertada e que o torque dado na instalação será mantido ao longo de toda a vida útil da LT, mesmo após a deformação plástica do condutor decorrente de ciclos térmicos, envelhecimento, etc. Com esse objetivo o sistema de grampeamento deve incluir um mecanismo de armazenamento de energia que compense a deformação plástica dos fios de alumínio.

4.4. Amortecedores de Vibração

4.4.1 Os amortecedores de vibração utilizados nos condutores e cabos para-raios CAA e 3/8 "EAR devem ser do tipo Stockbridge.

4.4.2 Os amortecedores de vibração utilizados nos cabos para-raios OPGW devem ser do tipo preformado SVD.

4.4.3 Os amortecedores devem ser capazes de amortecer efetivamente as vibrações eólicas, sem o auxílio de outros acessórios. Essa capacidade de amortecimento deve ser comprovada através dos ensaios de tipo relacionados no item 5.7 deste relatório.

4.4.4 Os grampos de fixação do amortecedor nos cabos CAA devem ser de liga de alumínio. Os amortecedores destinados ao cabo 3/8" EAR poderão utilizar grampos de aço zincado a quente.

4.4.5 Cada peso do amortecedor deve possuir um orifício de drenagem posicionado na parte inferior do mesmo, quando instalado. O cabo mensageiro deve ser do tipo EAR, zincado a quente, classe A, com limite de fadiga não inferior a 15 kgf/mm².

4.5. Esferas de Sinalização

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

4.5.2 As esferas devem ser projetadas para instalação nos cabos para-raios de tal forma que não se movimentem ao longo do cabo durante a vida útil da LT.

4.6. Reparos

4.6.1 Os reparos utilizados no condutor e nos cabos para-raios CAA devem ser constituídos por varetas pré-formadas em liga de alumínio, com hélice à direita.

4.6.2 O conjunto de varetas aplicáveis ao condutor deve ser projetado com pontas chanfradas de modo a reduzir o efeito corona.

4.7. Ferragens para Aterramento dos Cabos Para-raios

4.7.1 Os cabos para-raios devem ser solidamente aterrados em todas as estruturas utilizando cordoalha de cobre estanhado fixada aos grampos de suspensão ou ancoragem dos cabos e à estrutura.

4.7.2 O comprimento da cordoalha e as dimensões de seus terminais devem ser definidos em função da configuração definitiva dos conjuntos de suspensão e ancoragem dos cabos para-raios.

4.8. Ferragens para Aterramento das Estruturas

4.8.1 Serão utilizadas as seguintes hastes de aterramento conforme o tipo de contrapeso a ser utilizado:

- a) Cabo contrapeso de aço zincado 3/8" SM: haste de aterramento L40X40X5 mm, de comprimento 2400 mm, com conector de aterramento Ø M12;

5. ENSAIOS DE TIPO PARA FERRAGENS

5.1. Ensaio de RIV e Corona

5.1.1 As cadeias de suspensão e ancoragem do condutor devem ser submetidas a ensaios de RIV e Corona conforme indicado a seguir. Devem também ser submetidos a esses ensaios os acessórios do condutor, ou seja, espaçadores amortecedores, amortecedores, emendas e reparos pré-formados.

5.1.2 As cadeias devem ser montadas no laboratório em estruturas que reproduzam a configuração das torres utilizadas na linha de transmissão de modo a simular as condições reais de operação e os correspondentes gradientes elétricos nos condutores.

5.1.3 As cadeias de suspensão e ancoragem, os espaçadores amortecedores, os amortecedores, as emendas e os reparos pré-formados não deverão apresentar corona visível quando submetidos a uma tensão fase-terra de 335 kV, 60 Hz, valor eficaz.

5.1.4 Para as cadeias de suspensão e ancoragem do condutor as tensões de RIV, medidas conforme norma NEMA 107, deverão ser inferiores a 500 μ V estando as cadeias submetidas a uma tensão fase-terra de 320 kV, 60 Hz, valor eficaz.

5.1.5 Para os espaçadores amortecedores, amortecedores, emendas e reparos pré-formados do condutor, ensaiados nas mesmas condições e submetidos à mesma tensão fase-terra indicada no item 5.1.4 acima, as tensões de RIV, medidas conforme norma NEMA 107, devem ser inferiores a 200 μ V.

5.2. Ensaio de Arco de Potência

5.2.1 Devem ser realizados ensaios de arco de potência em protótipos dos conjuntos de suspensão e ancoragem aplicáveis ao condutor. O arranjo do laboratório e dos conjuntos sendo ensaiados deve reproduzir as condições de utilização das cadeias na LT, principalmente no que se refere às distâncias entre partes vivas e aterradas e ao circuito de retorno da corrente.

5.2.2 Um protótipo de cada conjunto deve ser submetido a três correntes de arco de 50 kA, valor eficaz, alimentação desbalanceada e duração de 0,10 s, 0,10 s e 0,30 s.

5.2.3 Um segundo protótipo de cada conjunto deve ser submetido a três correntes de arco de 10 kA, valor eficaz, alimentação balanceada e duração de 0,20 s, 0,20 s e 0,50 s.

5.2.4 Os conjuntos de suspensão e ancoragem do condutor serão considerados aprovados se, após os ensaios:

- a) Não ocorrer a separação de nenhum componente ou isolador das cadeias;
- b) As cargas de ruptura dos componentes afetados pelos arcos forem superiores a 80% do valor mínimo garantido pelo Fornecedor.

5.3. Ensaio de Ciclo Térmico

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

5.4. Ensaio de Escorregamento

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

5.5. Ensaio de Resistência a Ruptura

5.5.1 Os componentes das cadeias de suspensão e ancoragem do condutor e cabos para-raios e os conjuntos de emenda do condutor e cabos para-raios devem ser submetidos a ensaios de ruptura para comprovar seu atendimento às cargas de projeto. As cargas devem ser aplicadas aos componentes de modo a reproduzir as condições de operação, quando instalados na linha de transmissão.

5.6. Ensaios dos Espaçadores Amortecedores

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

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

5.7. Ensaios dos Amortecedores de Vibração

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

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

6. ENSAIOS DE ROTINA PARA FERRAGENS

6.1. Peças Forjadas

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

6.2. Peças Fundidas

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

6.3. Chapas Trabalhadas

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

6.4. Partes Não Metálicas

- | | |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| a) Matéria prima | análise química. |
| b) Durante a fabricação | propriedades elétricas e mecânicas. |
| c) Peças acabadas | <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.

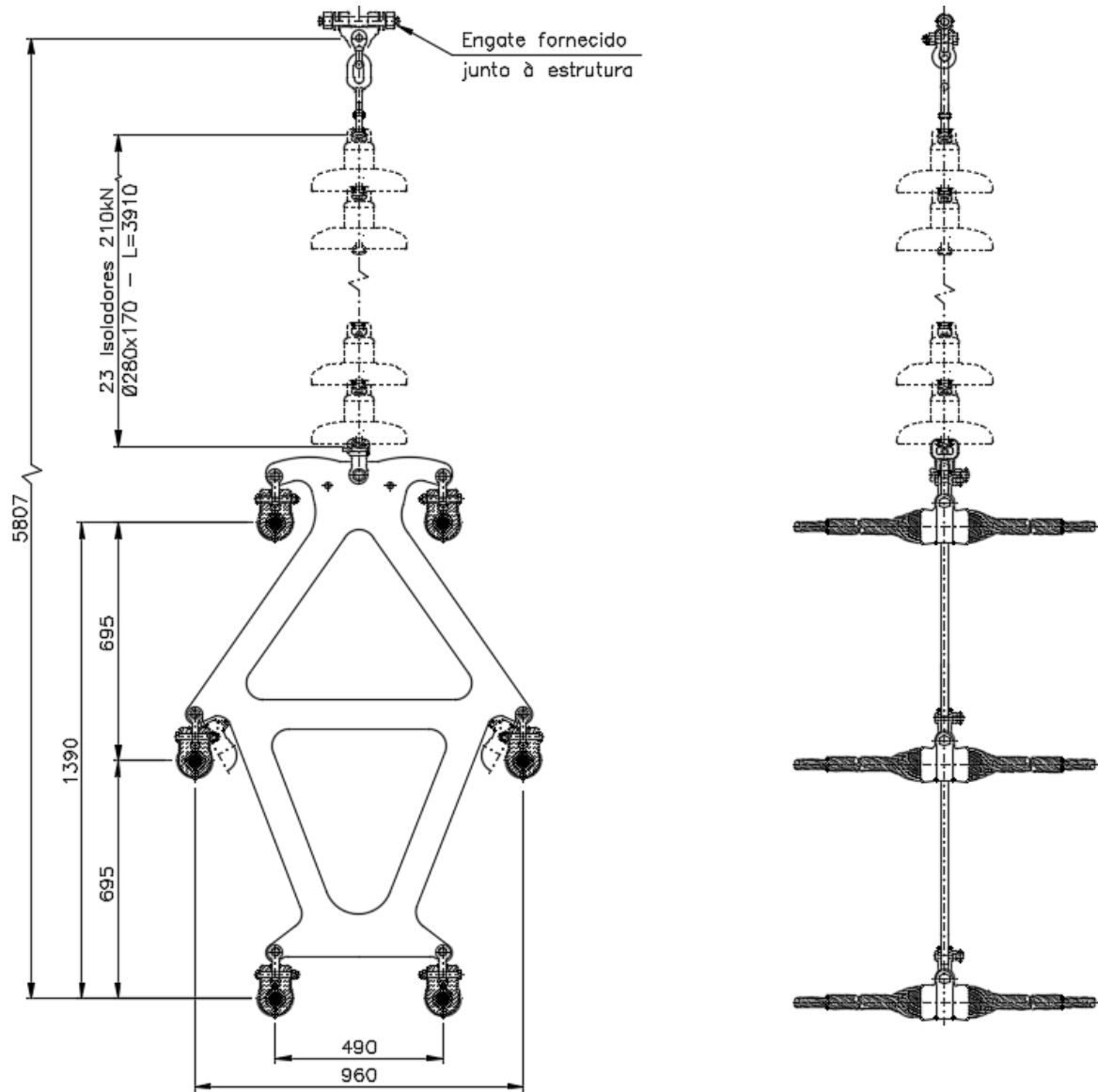
8. REFERÊNCIAS

- 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

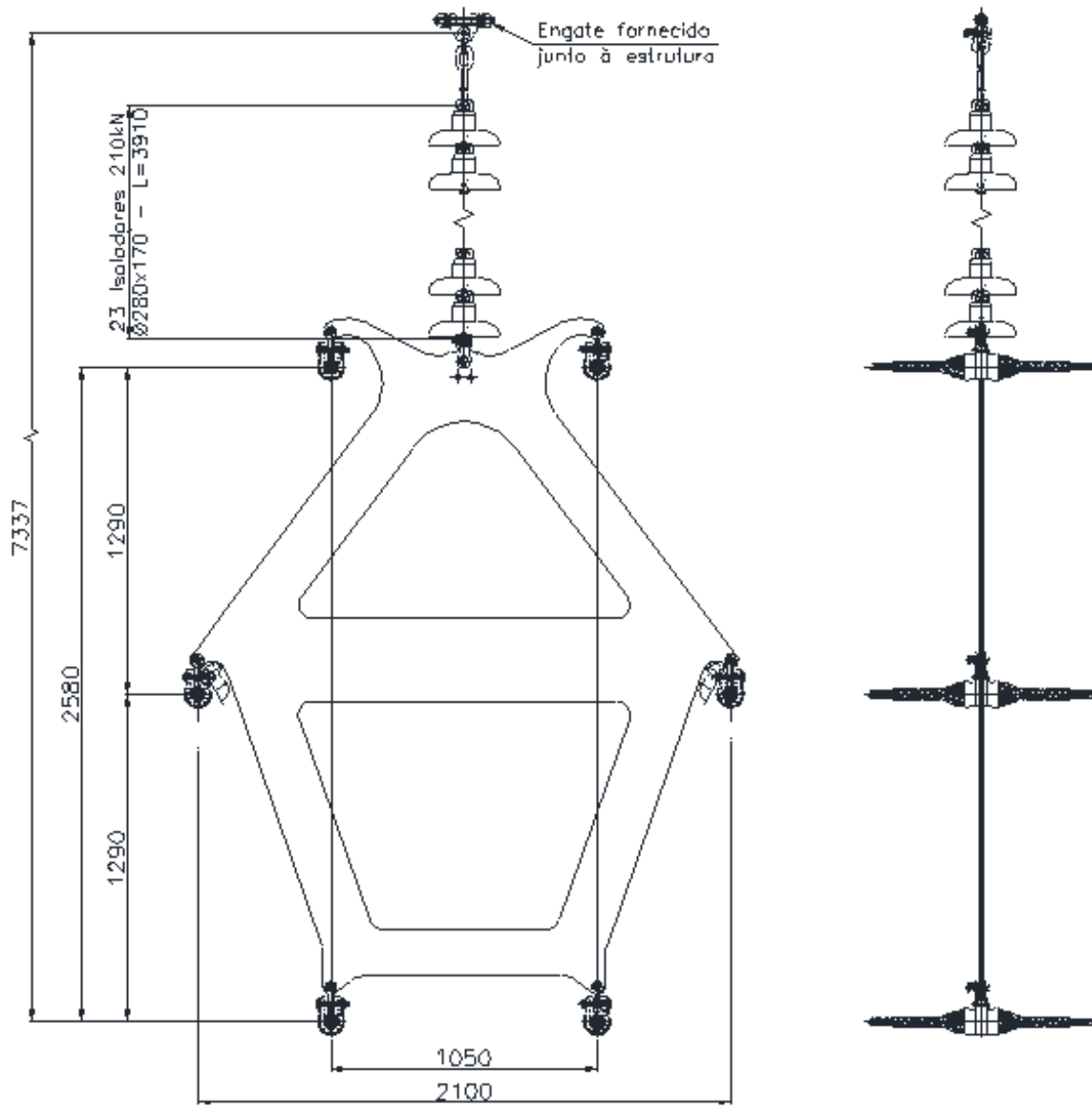
Anexo 1 – Desenhos das Cadeias

NOTAS GERAIS APLICÁVEIS A TODOS OS DESENHOS

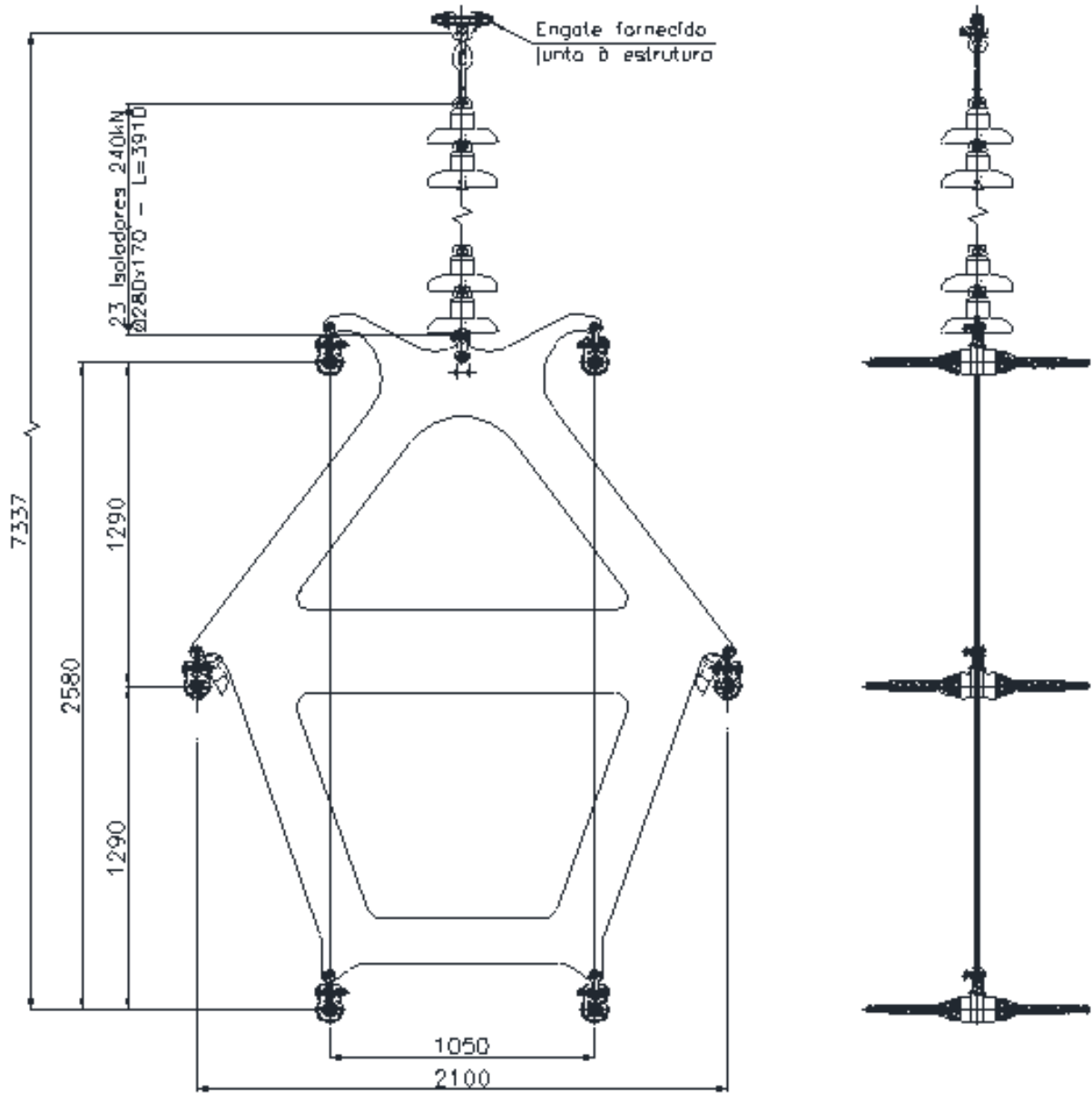
1. Para características dos condutores e cabos para-raios referir-se ao item 2.3 deste relatório.
2. Para características dos isoladores utilizados nas cadeias de suspensão e ancoragem dos condutores referir-se ao item 3 deste relatório.
3. Todas as dimensões estão em milímetro.



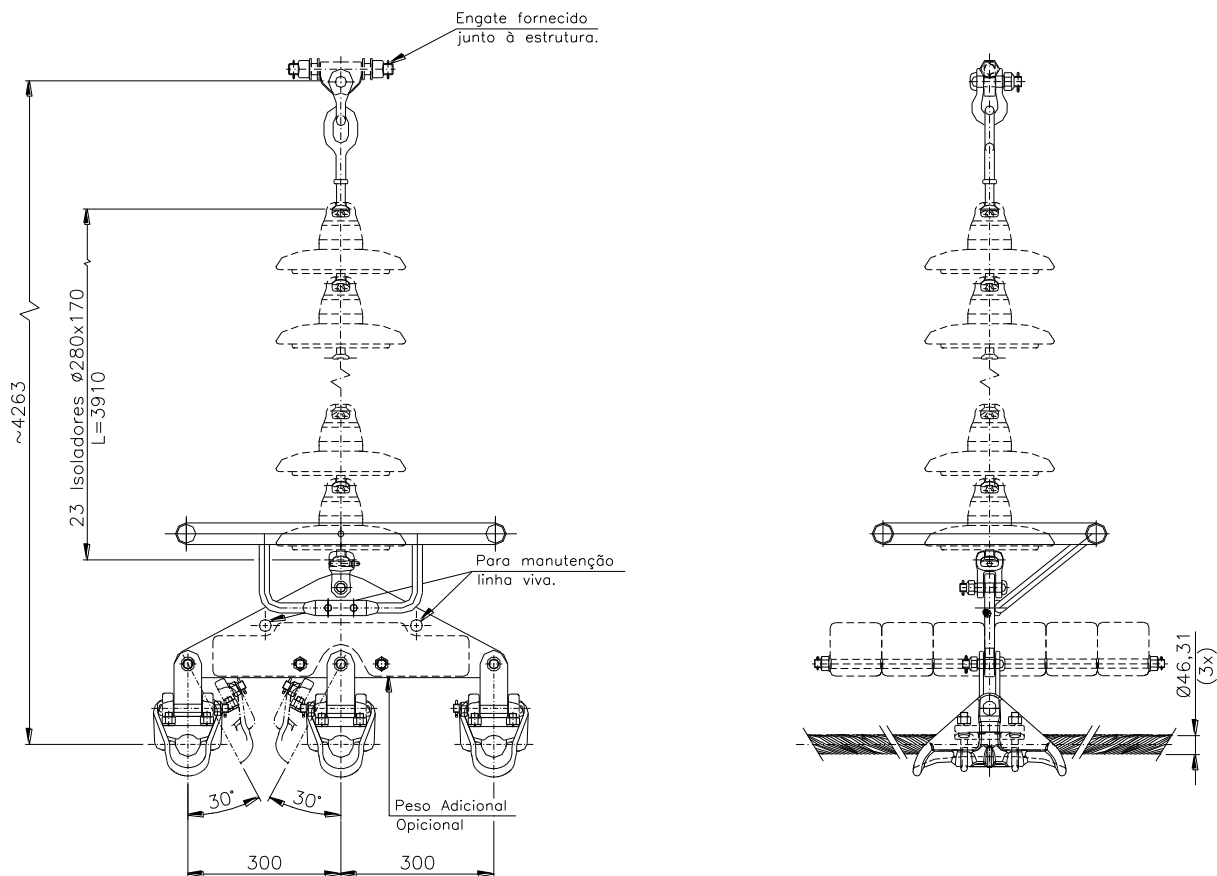
CADEIA DE SUSPENSÃO SIMPLES FASE CENTRAL ISC-21



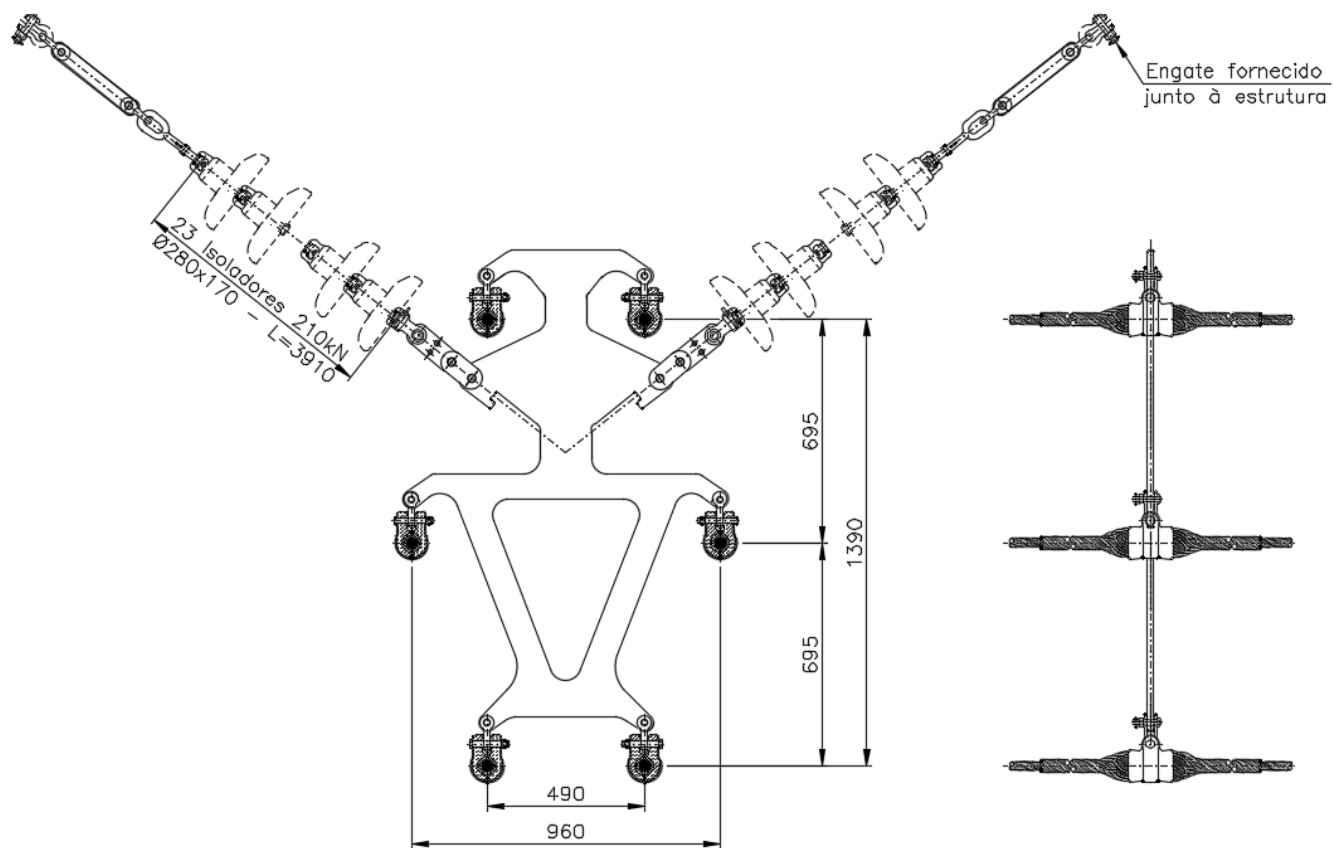
CADEIA DE SUSPENSÃO SIMPLES FASE LATERAL ISL-21



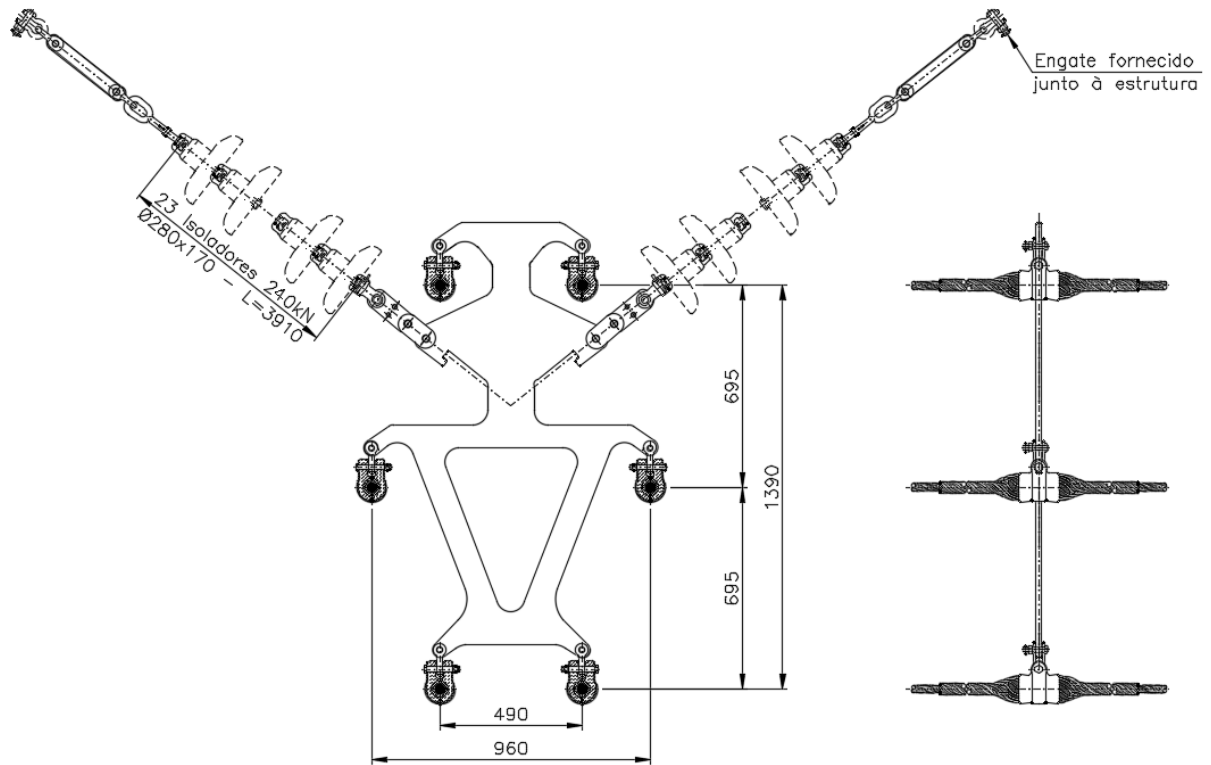
CADEIA DE SUSPENSÃO PESADA FASE LATERAL ISL-24



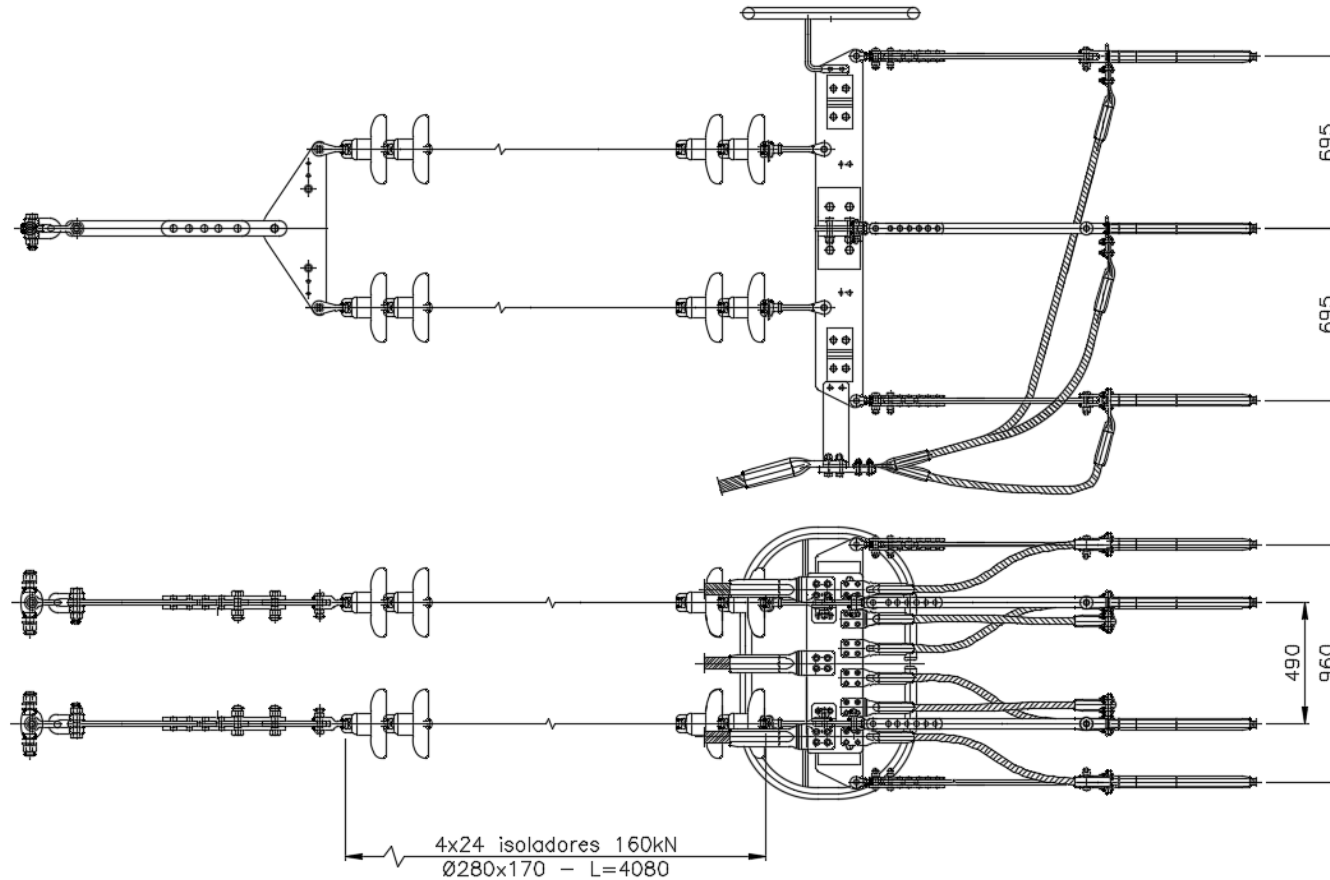
CADEIA DE JUMPER IP-16 (3 X CA LUPINE)



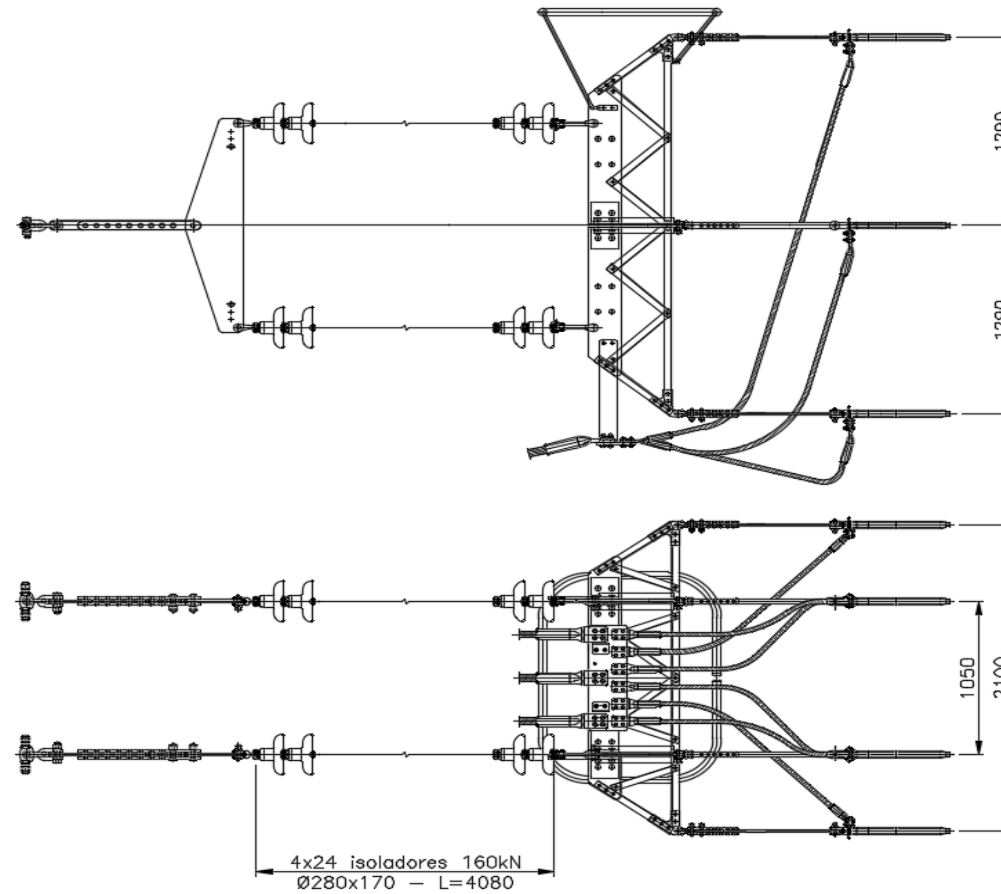
CADEIA DE SUSPENSÃO EM "V" FASE CENTRAL VSC-21



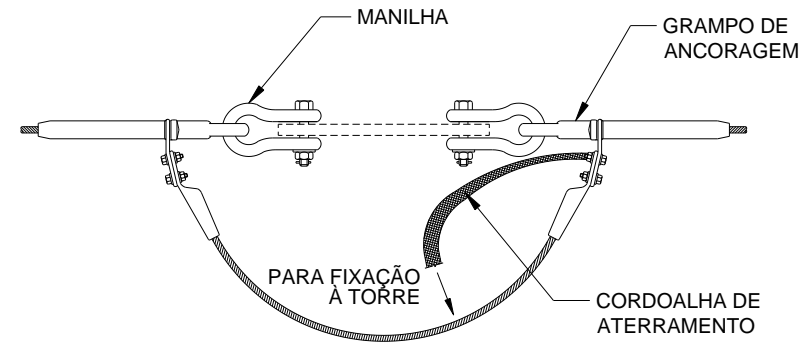
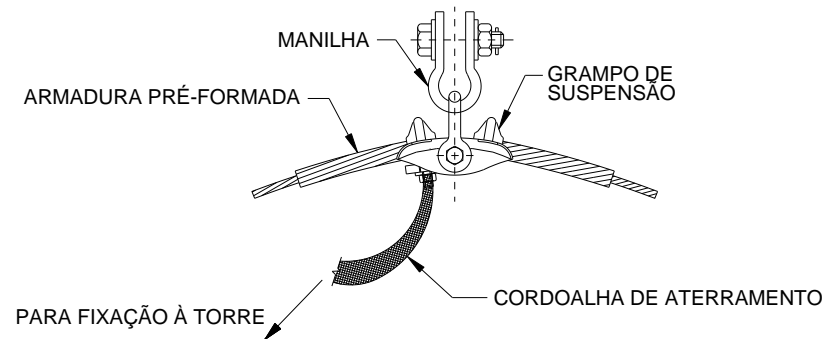
CADEIA DE SUSPENSÃO EM "V" FASE CENTRAL VSC-24



CADEIA DE ANCORAGEM QUÁDRUPLA FASE CENTRAL AQC-16

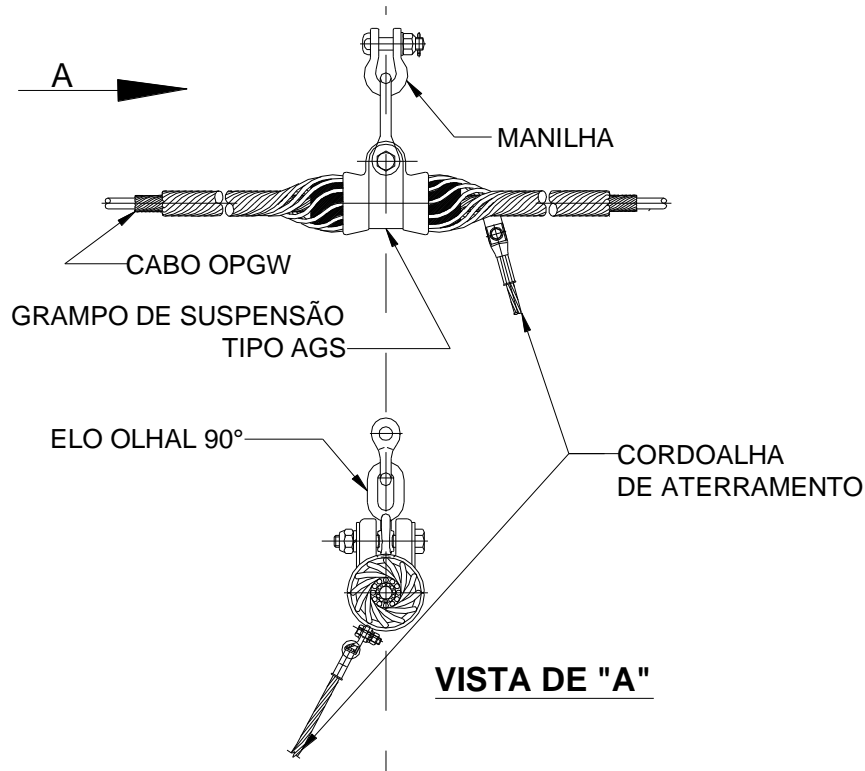


CADEIA DE ANCORAGEM QUÁDRUPLA FASE LATERAL AQL-16

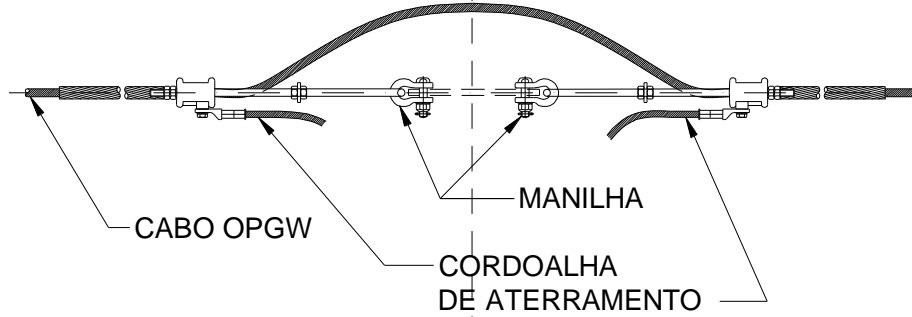


Para notas gerais, ver folha 15

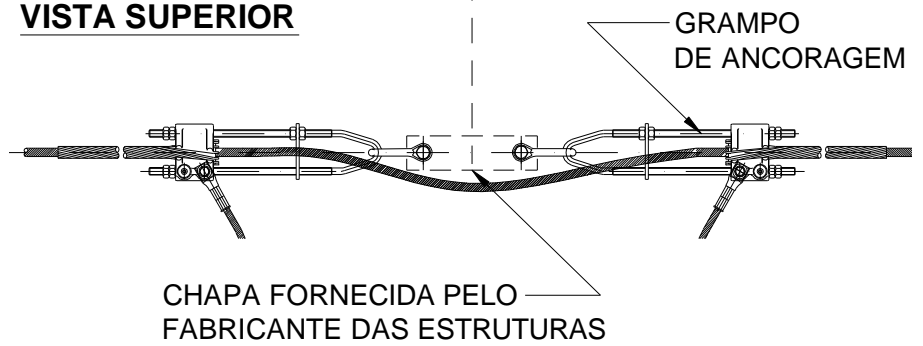
CADEIAS DE SUSPENSÃO E ANCORAGEM DOS CABOS PARA-RAIOS CAA DOTTEREL E 3/8" EAR



VISTA LATERAL



VISTA SUPERIOR



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

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


ESTRUTURA DE ANCORAGEM V1AA											
Hipótese de Carga	Carregamentos						ISOLADOR (kN)				
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Penca	Calculado	FINAL	Adotado
					Fator	Critério					
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	Critério					
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	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	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 SISTEMA DE ATERRAMENTO					
Nº DOCUMENTO				FOLHA	REVISÃO
RE-EQT4-L400-PB-ELM-0012-R00				1 de 7	00

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO DO PROJETO	3
3.	CAMPANHA DE MEDIÇÃO DE RESISTIVIDADE DO SOLO.....	3
4.	CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE ATERRAMENTO	3
5.	DETALHAMENTO DO SISTEMA DE ATERRAMENTO	5
6.	MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO	6
7.	REFERÊNCIAS.....	7

1. OBJETIVO

1.1 Definir o Sistema de Aterramento a ser utilizado nas estruturas da LT 500 kV 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. RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO DO PROJETO

2.1 Conforme mostrado na referência (1), para que seja alcançado o desempenho a descargas atmosféricas especificado no Edital a resistência de aterramento das estruturas está sendo limitada a 20 Ω .

2.2 Serão aceitas estruturas esparsas com resistências de aterramento superiores ao valor acima desde que no trecho situado em torno das estruturas em questão a média das resistências de aterramento atenda o limite especificado.

3. CAMPANHA DE MEDIÇÃO DE RESISTIVIDADE DO SOLO

3.1 Para que possam ser selecionados os tipos de fundações a serem instalados em cada estrutura, está prevista a realização de uma campanha de investigação dos solos (2) a ser empreendida tão logo tenha sido concluído o projeto de plotação inicial.

3.2 Simultaneamente com a investigação geotécnica acima mencionada deve ser realizada uma campanha de medição de resistividade dos solos da região atravessada pela linha de transmissão.

3.3 A resistividade do solo deve ser medida tão próximo quanto possível do marco central das estruturas usando preferencialmente instrumentos com cinco terminais, sendo dois de potencial, dois de corrente e um de guarda.

3.4 Deve ser medida a resistividade nos seguintes pontos:

- a) locais extremamente secos;
- b) locais com indícios de rocha a baixa profundidade;
- c) local de uma a cada cinco estruturas, pelo menos.

3.5 Além dos valores medidos os relatórios devem fornecer as condições climatológicas na ocasião em que foram realizadas as medições de resistividade, indicar se o solo estava seco ou úmido, se havia chovido recentemente, se a época do ano correspondia à estação chuvosa ou seca, etc.

3.6 Deverá ser apresentado certificado de calibração do instrumento de medição válido na data em que as medições forem executadas.

3.7 Indicar a existência de cercas e linhas de transmissão paralelas ou próximas aos pontos de medição. Neste caso devem ser adotados cuidados especiais de segurança.

4. CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE ATERRAMENTO

4.1. Configuração Geométrica

4.1.1 Para reduzir a resistência ao valor especificado no capítulo 2 acima está sendo proposto um sistema de aterramento constituído por quatro ramais de fio contrapeso conectados às cantoneiras de ancoragem dos pés das estruturas autoportantes e aos mastros e estais das estruturas estaiadas.

4.1.2 Os quatro ramais afastam-se das estruturas em formação radial até o limite da faixa de servidão, passando em seguida a correr paralelo aos limites da faixa.

4.1.3 Em locais de resistividade elevada e desde que a consistência do solo permita os quatro

ramais de fio contrapeso serão complementados por quatro hastes de aterramento. As hastes deverão ser enterradas a uma profundidade em torno de 3,0 m e conectadas às estruturas utilizando ramais curtos de fio contrapeso.

4.2. Efetividade do Contrapeso e das Hastes de Aterramento

4.2.1 O uso de contrapeso e de hastes de aterramento e sua efetividade na proteção de LTs contra surtos atmosféricos são temas que vêm sendo estudados há várias décadas, havendo um volume substancial de literatura sobre o assunto (3) (4) (5) (6).

4.2.2 São indicados a seguir alguns pontos do conhecimento acumulado sobre o uso de contrapeso e hastes de aterramento, relevantes para o projeto do sistema de aterramento a ser adotado:

- a) O contrapeso é efetivo na redução do número de descargas devidas a surtos atmosféricos, tanto instalado no sentido perpendicular aos condutores como no sentido paralelo. O contrapeso é marginalmente mais efetivo (5 a 10%) quando instalado paralelamente aos condutores.
- b) Contrapesos muito longos são menos efetivos do que o mesmo comprimento subdividido em vários ramais menores adequadamente afastados entre si.
- c) A eficácia do contrapeso depende do comprimento dos ramais instalados; contudo, a partir de comprimentos da ordem de 120 metros as melhoras no desempenho passam a ser pouco significativas.
- d) Ramais excessivamente curtos não devem ser usados pois causam reflexões da onda do surto, prejudicando o desempenho do sistema de aterramento. Respeitados os limites da faixa de servidão o espaçamento entre ramais deve ser o maior possível.
- e) O material e bitola do contrapeso têm pouca influência na sua eficácia como redutor da resistência de aterramento das estruturas, devendo ser selecionados visando a facilidade de manuseio e instalação e sua resistência à corrosão, assim como sua capacidade de transportar a parcela das correntes de curto-circuito que descem pelas estruturas e escoam para o solo.
- f) A profundidade de enterramento do contrapeso tem pouca influência sobre seu desempenho e deve ser escolhida visando protegê-lo contra atos de vandalismo.
- g) Hastes de aterramento enterradas verticalmente também são efetivas na redução do número de descargas devidas a surtos atmosféricos.
- h) O desempenho das hastes depende principalmente de seu comprimento enterrado, porém essa relação não é linear, havendo melhoras apenas marginais a partir de comprimentos enterrados elevados. Na maior parte dos solos uma profundidade enterrada em torno de 3,0 m tem-se mostrado satisfatória.
- i) O desempenho do sistema de aterramento pode ser melhorado conectando-se várias hastes em paralelo.
- j) Se a distância entre as hastes for suficientemente grande quando comparada com o comprimento individual de cada haste, a resistência tenderá a ser reduzida na mesma proporção do número de hastes. Caso contrário haverá interferência entre os campos elétricos das várias hastes e a conseqüente redução de sua eficácia.

5. DETALHAMENTO DO SISTEMA DE ATERRAMENTO

5.1. Especificação do Contrapeso e Conectores Associados

5.1.1 Será utilizado como contrapeso o cabo de aço zincado por imersão a quente (classe B) 3/8" SM, com 9,144 mm de diâmetro. Esse material tem sido extensivamente usado com sucesso como contrapeso em linhas de transmissão de todas as classes de tensão.

5.1.2 São indicadas a seguir as principais características do cabo contrapeso selecionado:

Características Gerais do Cabo Contrapeso

Tipo	Aço Zincado, 3/8", SM
Diâmetro do cabo	9,144 mm
Diâmetro dos fios individuais	3,05 mm
Seção transversal do cabo	51,08 mm ²
Número de fios	7
Massa unitária	0,407 kg/m
Carga de ruptura mínima	3.151 kgf
Alongamento mínimo em 610 mm	8%
Classe da zincagem	B
Peso mínimo da camada de zinco	520 g/m ²
Sentido do encordoamento da camada externa	A esquerda

5.1.3 Os ramais de contrapeso serão solidamente ligados às cantoneiras de ancoragem das pernas das estruturas autoportantes e aos mastros das estruturas estaiadas por meio de conectores aparafusados, fabricado de aço, zincados por imersão a quente, ou de bronze estanhado ou alumínio estanhado, conforme o tipo de contrapeso.

5.1.4 Nas estruturas estaiadas os ramais de contrapeso serão estendidos até os estais e conectados aos mesmos por meio de grampos paralelos fabricados de aço, zincados por imersão a quente, ou aparafusados de bronze estanhado ou alumínio estanhado, conforme tipo do contrapeso.

5.1.5 Os ramais serão enterrados em valetas com 80 cm de profundidade e comprimento correspondente à fase de aterramento selecionada para a estrutura. Se necessário serão acrescentados comprimentos adicionais de fio contrapeso utilizando grampos paralelos aparafusados, fabricados em aço e zincados por imersão a quente, ou de bronze estanhado ou alumínio estanhado, conforme o tipo do contrapeso.

5.1.6 Os parafusos, porcas e arruelas utilizados nos conectores mencionados nos itens acima poderão ser de aço zincado por imersão a quente.

5.2. Especificação das Hastes de Aterramento e Conectores Associados

5.2.1 Serão utilizadas as seguintes hastes de aterramento conforme o tipo de contrapeso a ser utilizado:

- a) Cabo contrapeso de aço zincado 3/8" SM: haste de aterramento L40X40X5 mm, de comprimento 2400 mm, com conector de aterramento Ø M12;

5.3. Arranjo Físico do Sistema de Aterramento

- 5.3.1 O sistema de aterramento será formado por quatro ramais de contrapeso ligados às estruturas conforme indicado nos itens 5.1.3 e 5.1.4 anteriores. Hastes de aterramento poderão ser acrescentadas aos ramais de contrapeso conforme definido nas fases especificadas no item 5.4 a seguir.
- 5.3.2 Os quatro ramais devem se afastar dos pontos de fixação às estruturas em direções radialmente opostas, formando ângulos de 45° com o eixo da linha de transmissão (torres autoportantes) ou orientados na direção das fundações dos estais (torres estaiadas).
- 5.3.3 Ao atingir pontos situados a 0,5 metros do limite da faixa de servidão os ramais devem passar a se deslocar paralelamente à faixa, em sentidos opostos, até terem sido instalados comprimentos de contrapeso por ramais correspondentes à fase de aterramento selecionada para a estrutura em questão.

5.4. Definição das Fases do Sistema de Aterramento

- 5.4.1 O sistema de aterramento proposto compreende cinco fases normais e uma especial, como indicado a seguir:

Fase	Configuração
I	Quatro ramais com 50 metros de contrapeso por ramal.
II	Quatro ramais com 75 metros de contrapeso por ramal.
III	Quatro ramais com 100 metros de contrapeso por ramal.
IV	Quatro ramais com 125 metros de contrapeso por ramal.
V (especial)	Fase especial para trechos com resistividade extremamente elevada consistindo na instalação de ramais de contrapeso associados a hastes de aterramento, em configuração a ser definida pelo projetista da LT.

- 5.4.2 A fase inicial do sistema de aterramento a ser instalada em cada estrutura será definida no decorrer do projeto executivo da LT em função dos valores medidos da resistividade, conforme campanha de investigação dos solos descrita no capítulo 3.
- 5.4.3 Tendo em vista que as resistividades do solo medidas serão valores aproximados e que a fase de aterramento a ser indicada nas listas de construção será escolhida utilizando uma correlação também aproximada, é provável que, em algumas estruturas, a fase de aterramento selecionada não seja suficiente para reduzir a resistência de aterramento ao valor de projeto.
- 5.4.4 Nesses casos o comprimento inicialmente instalado de contrapeso deverá ser ampliado e/ou instaladas hastes de aterramento adicionais, conforme procedimento detalhado no item 6.4 a seguir.

6. MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO

- 6.1 Após a concretagem e cura das fundações e pelo menos três dias após a instalação da fase de aterramento especificada no projeto executivo, deve ser medida a resistência de aterramento da estrutura em dia de tempo bom e com solo seco.
- 6.2 Se na ocasião em que for medida a resistência de aterramento a estrutura ainda não estiver montada, as cantoneiras de ancoragem devem ser eletricamente interligadas com um pedaço de fio contrapeso.




6.3 As medições da resistência de aterramento das estruturas devem ser realizadas antes da instalação dos cabos para-raios ou, se já instalados, com os mesmos isolados das estruturas.

6.4 Caso a resistência medida seja superior ao valor de projeto (ver item 2) a fiscalização deve ser consultada sobre como proceder, podendo ser adotada uma das seguintes medidas:

- a) estender os ramais de fio contrapeso até o comprimento da fase imediatamente acima daquela inicialmente instalada e repetir a medição, e assim sucessivamente até atingir a resistência de projeto ou a Fase V do Sistema de Aterramento;
- b) deixar a estrutura com a resistência de aterramento correspondente à fase instalada se a média das resistências das estruturas do trecho for inferior à resistência de projeto;
- c) solicitar ao projetista da LT o detalhamento de fase de aterramento especial para a estrutura ou trecho em questão.

7. REFERÊNCIAS

- 1 Relatório RE-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
- 2 Relatório RE-EQT4-L400-PB-CIV-0011 FUNDAÇÕES TÍPICAS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 Kv Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1
- 3 The counterpoise – L. V. Bewley.
- 4 The protection of transmission lines against lightning – W. W. Lewis.
- 5 Electrical transmission and distribution reference book – Westinghouse Electric Corporation.
- 6 Earth conductor effects in transmission systems – E. O. Sunde.

01	15/05/17	Alterado Logotipo da AG	AQ	JCS	
00	28/04/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 4 SPE SA					
PROJETO BÁSICO					
ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	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 SISTEMA DE ATERRAMENTO					
Nº DOCUMENTO			FOLHA	REVISÃO	
RE-EQT4-L400-PB-ELM-0012-R01			1 de 7	01	



ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO DO PROJETO	3
3.	CAMPANHA DE MEDIÇÃO DE RESISTIVIDADE DO SOLO.....	3
4.	CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE ATERRAMENTO	3
5.	DETALHAMENTO DO SISTEMA DE ATERRAMENTO	5
6.	MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO	6
7.	REFERÊNCIAS.....	7



1. OBJETIVO

1.1 Definir o Sistema de Aterramento a ser utilizado nas estruturas da LT 500 kV 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. RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO DO PROJETO

2.1 Conforme mostrado na referência (1), para que seja alcançado o desempenho a descargas atmosféricas especificado no Edital a resistência de aterramento das estruturas está sendo limitada a 20 Ω .

2.2 Serão aceitas estruturas esparsas com resistências de aterramento superiores ao valor acima desde que no trecho situado em torno das estruturas em questão a média das resistências de aterramento atenda o limite especificado.

3. CAMPANHA DE MEDIÇÃO DE RESISTIVIDADE DO SOLO

3.1 Para que possam ser selecionados os tipos de fundações a serem instalados em cada estrutura, está prevista a realização de uma campanha de investigação dos solos (2) a ser empreendida tão logo tenha sido concluído o projeto de plotação inicial.

3.2 Simultaneamente com a investigação geotécnica acima mencionada deve ser realizada uma campanha de medição de resistividade dos solos da região atravessada pela linha de transmissão.

3.3 A resistividade do solo deve ser medida tão próximo quanto possível do marco central das estruturas usando preferencialmente instrumentos com cinco terminais, sendo dois de potencial, dois de corrente e um de guarda.

3.4 Deve ser medida a resistividade nos seguintes pontos:

- a) locais extremamente secos;
- b) locais com indícios de rocha a baixa profundidade;
- c) local de uma a cada cinco estruturas, pelo menos.

3.5 Além dos valores medidos os relatórios devem fornecer as condições climatológicas na ocasião em que foram realizadas as medições de resistividade, indicar se o solo estava seco ou úmido, se havia chovido recentemente, se a época do ano correspondia à estação chuvosa ou seca, etc.

3.6 Deverá ser apresentado certificado de calibração do instrumento de medição válido na data em que as medições forem executadas.

3.7 Indicar a existência de cercas e linhas de transmissão paralelas ou próximas aos pontos de medição. Neste caso devem ser adotados cuidados especiais de segurança.

4. CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE ATERRAMENTO

4.1. Configuração Geométrica

4.1.1 Para reduzir a resistência ao valor especificado no capítulo 2 acima está sendo proposto um sistema de aterramento constituído por quatro ramais de fio contrapeso conectados às cantoneiras de ancoragem dos pés das estruturas autoportantes e aos mastros e estais das estruturas estaiadas.

4.1.2 Os quatro ramais afastam-se das estruturas em formação radial até o limite da faixa de servidão, passando em seguida a correr paralelo aos limites da faixa.

4.1.3 Em locais de resistividade elevada e desde que a consistência do solo permita os quatro



ramais de fio contrapeso serão complementados por quatro hastes de aterramento. As hastes deverão ser enterradas a uma profundidade em torno de 3,0 m e conectadas às estruturas utilizando ramais curtos de fio contrapeso.

4.2. Efetividade do Contrapeso e das Hastes de Aterramento

4.2.1 O uso de contrapeso e de hastes de aterramento e sua efetividade na proteção de LTs contra surtos atmosféricos são temas que vêm sendo estudados há várias décadas, havendo um volume substancial de literatura sobre o assunto (3) (4) (5) (6).

4.2.2 São indicados a seguir alguns pontos do conhecimento acumulado sobre o uso de contrapeso e hastes de aterramento, relevantes para o projeto do sistema de aterramento a ser adotado:

- a) O contrapeso é efetivo na redução do número de descargas devidas a surtos atmosféricos, tanto instalado no sentido perpendicular aos condutores como no sentido paralelo. O contrapeso é marginalmente mais efetivo (5 a 10%) quando instalado paralelamente aos condutores.
- b) Contrapesos muito longos são menos efetivos do que o mesmo comprimento subdividido em vários ramais menores adequadamente afastados entre si.
- c) A eficácia do contrapeso depende do comprimento dos ramais instalados; contudo, a partir de comprimentos da ordem de 120 metros as melhoras no desempenho passam a ser pouco significativas.
- d) Ramais excessivamente curtos não devem ser usados pois causam reflexões da onda do surto, prejudicando o desempenho do sistema de aterramento. Respeitados os limites da faixa de servidão o espaçamento entre ramais deve ser o maior possível.
- e) O material e bitola do contrapeso têm pouca influência na sua eficácia como redutor da resistência de aterramento das estruturas, devendo ser selecionados visando a facilidade de manuseio e instalação e sua resistência à corrosão, assim como sua capacidade de transportar a parcela das correntes de curto-circuito que descem pelas estruturas e escoam para o solo.
- f) A profundidade de enterramento do contrapeso tem pouca influência sobre seu desempenho e deve ser escolhida visando protegê-lo contra atos de vandalismo.
- g) Hastes de aterramento enterradas verticalmente também são efetivas na redução do número de descargas devidas a surtos atmosféricos.
- h) O desempenho das hastes depende principalmente de seu comprimento enterrado, porém essa relação não é linear, havendo melhoras apenas marginais a partir de comprimentos enterrados elevados. Na maior parte dos solos uma profundidade enterrada em torno de 3,0 m tem-se mostrado satisfatória.
- i) O desempenho do sistema de aterramento pode ser melhorado conectando-se várias hastes em paralelo.
- j) Se a distância entre as hastes for suficientemente grande quando comparada com o comprimento individual de cada haste, a resistência tenderá a ser reduzida na mesma proporção do número de hastes. Caso contrário haverá interferência entre os campos elétricos das várias hastes e a conseqüente redução de sua eficácia.



5. DETALHAMENTO DO SISTEMA DE ATERRAMENTO

5.1. Especificação do Contrapeso e Conectores Associados

5.1.1 Será utilizado como contrapeso o cabo de aço zincado por imersão a quente (classe B) 3/8" SM, com 9,144 mm de diâmetro. Esse material tem sido extensivamente usado com sucesso como contrapeso em linhas de transmissão de todas as classes de tensão.

5.1.2 São indicadas a seguir as principais características do cabo contrapeso selecionado:

Características Gerais do Cabo Contrapeso

Tipo	Aço Zincado, 3/8", SM
Diâmetro do cabo	9,144 mm
Diâmetro dos fios individuais	3,05 mm
Seção transversal do cabo	51,08 mm ²
Número de fios	7
Massa unitária	0,407 kg/m
Carga de ruptura mínima	3.151 kgf
Alongamento mínimo em 610 mm	8%
Classe da zincagem	B
Peso mínimo da camada de zinco	520 g/m ²
Sentido do encordoamento da camada externa	A esquerda

5.1.3 Os ramais de contrapeso serão solidamente ligados às cantoneiras de ancoragem das pernas das estruturas autoportantes e aos mastros das estruturas estaiadas por meio de conectores aparafusados, fabricado de aço, zincados por imersão a quente, ou de bronze estanhado ou alumínio estanhado, conforme o tipo de contrapeso.

5.1.4 Nas estruturas estaiadas os ramais de contrapeso serão estendidos até os estais e conectados aos mesmos por meio de grampos paralelos fabricados de aço, zincados por imersão a quente, ou aparafusados de bronze estanhado ou alumínio estanhado, conforme tipo do contrapeso.

5.1.5 Os ramais serão enterrados em valetas com 80 cm de profundidade e comprimento correspondente à fase de aterramento selecionada para a estrutura. Se necessário serão acrescentados comprimentos adicionais de fio contrapeso utilizando grampos paralelos aparafusados, fabricados em aço e zincados por imersão a quente, ou de bronze estanhado ou alumínio estanhado, conforme o tipo do contrapeso.

5.1.6 Os parafusos, porcas e arruelas utilizados nos conectores mencionados nos itens acima poderão ser de aço zincado por imersão a quente.

5.2. Especificação das Hastes de Aterramento e Conectores Associados

5.2.1 Serão utilizadas as seguintes hastes de aterramento conforme o tipo de contrapeso a ser utilizado:

- Cabo contrapeso de aço zincado 3/8" SM: haste de aterramento L40X40X5 mm, de comprimento 2400 mm, com conector de aterramento Ø M12;



5.3. Arranjo Físico do Sistema de Aterramento

- 5.3.1 O sistema de aterramento será formado por quatro ramais de contrapeso ligados às estruturas conforme indicado nos itens 5.1.3 e 5.1.4 anteriores. Hastes de aterramento poderão ser acrescentadas aos ramais de contrapeso conforme definido nas fases especificadas no item 5.4 a seguir.
- 5.3.2 Os quatro ramais devem se afastar dos pontos de fixação às estruturas em direções radialmente opostas, formando ângulos de 45° com o eixo da linha de transmissão (torres autoportantes) ou orientados na direção das fundações dos estais (torres estaiadas).
- 5.3.3 Ao atingir pontos situados a 0,5 metros do limite da faixa de servidão os ramais devem passar a se deslocar paralelamente à faixa, em sentidos opostos, até terem sido instalados comprimentos de contrapeso por ramais correspondentes à fase de aterramento selecionada para a estrutura em questão.

5.4. Definição das Fases do Sistema de Aterramento

- 5.4.1 O sistema de aterramento proposto compreende cinco fases normais e uma especial, como indicado a seguir:

Fase	Configuração
I	Quatro ramais com 50 metros de contrapeso por ramal.
II	Quatro ramais com 75 metros de contrapeso por ramal.
III	Quatro ramais com 100 metros de contrapeso por ramal.
IV	Quatro ramais com 125 metros de contrapeso por ramal.
V (especial)	Fase especial para trechos com resistividade extremamente elevada consistindo na instalação de ramais de contrapeso associados a hastes de aterramento, em configuração a ser definida pelo projetista da LT.

- 5.4.2 A fase inicial do sistema de aterramento a ser instalada em cada estrutura será definida no decorrer do projeto executivo da LT em função dos valores medidos da resistividade, conforme campanha de investigação dos solos descrita no capítulo 3.
- 5.4.3 Tendo em vista que as resistividades do solo medidas serão valores aproximados e que a fase de aterramento a ser indicada nas listas de construção será escolhida utilizando uma correlação também aproximada, é provável que, em algumas estruturas, a fase de aterramento selecionada não seja suficiente para reduzir a resistência de aterramento ao valor de projeto.
- 5.4.4 Nesses casos o comprimento inicialmente instalado de contrapeso deverá ser ampliado e/ou instaladas hastes de aterramento adicionais, conforme procedimento detalhado no item 6.4 a seguir.

6. MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO

- 6.1 Após a concretagem e cura das fundações e pelo menos três dias após a instalação da fase de aterramento especificada no projeto executivo, deve ser medida a resistência de aterramento da estrutura em dia de tempo bom e com solo seco.
- 6.2 Se na ocasião em que for medida a resistência de aterramento a estrutura ainda não estiver montada, as cantoneiras de ancoragem devem ser eletricamente interligadas com um pedaço de fio contrapeso.



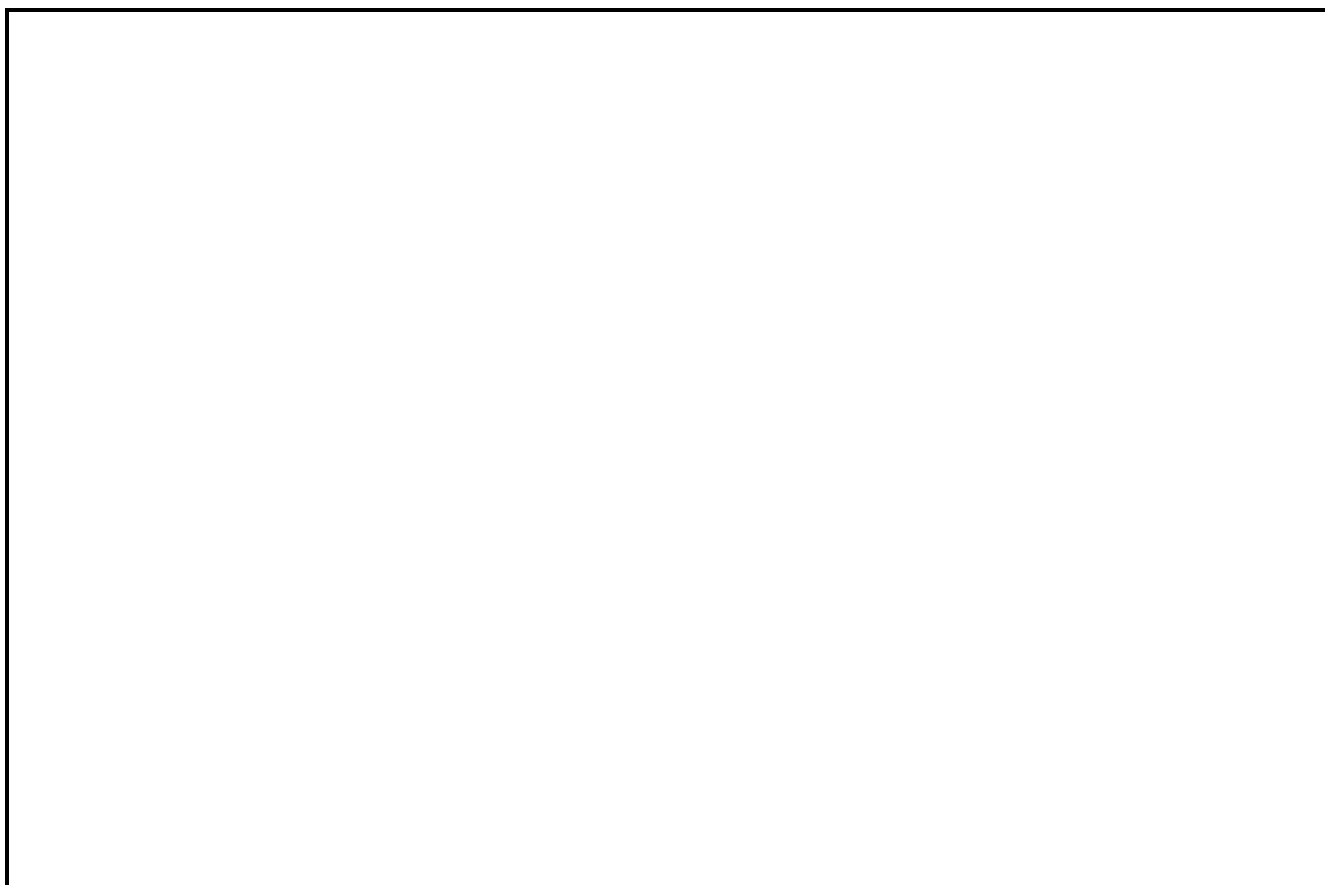
6.3 As medições da resistência de aterramento das estruturas devem ser realizadas antes da instalação dos cabos para-raios ou, se já instalados, com os mesmos isolados das estruturas.

6.4 Caso a resistência medida seja superior ao valor de projeto (ver item 2) a fiscalização deve ser consultada sobre como proceder, podendo ser adotada uma das seguintes medidas:

- a) estender os ramais de fio contrapeso até o comprimento da fase imediatamente acima daquela inicialmente instalada e repetir a medição, e assim sucessivamente até atingir a resistência de projeto ou a Fase V do Sistema de Aterramento;
- b) deixar a estrutura com a resistência de aterramento correspondente à fase instalada se a média das resistências das estruturas do trecho for inferior à resistência de projeto;
- c) solicitar ao projetista da LT o detalhamento de fase de aterramento especial para a estrutura ou trecho em questão.

7. REFERÊNCIAS

- 1 Relatório RE-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
- 2 Relatório RE-EQT4-L400-PB-CIV-0011 FUNDAÇÕES TÍPICAS, preparado para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 - C1 e LT 500 Kv Janaúba 3 – Presidente Juscelino - C1
- 3 The counterpoise – L. V. Bewley.
- 4 The protection of transmission lines against lightning – W. W. Lewis.
- 5 Electrical transmission and distribution reference book – Westinghouse Electric Corporation.
- 6 Earth conductor effects in transmission systems – E. O. Sunde.



00	02/05/17	Emissão Inicial	AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado



EQUATORIAL TRANSMISSORA 4 SPE SA

PROJETO BÁSICO

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	02/05/17

TÍTULO

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

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
RE-EQT4-L400-PB-TOP-0013-R00	1 de 14	00

ÍNDICE

1. OBJETIVO.....	3
2. DIRETRIZ SELECIONADA.....	3
3. TRAVESSIAS DE LTs DA REDE BÁSICA	3
ANEXO 1 — DESENHO DA DIRETRIZ SELECIONADA - LT 500 kV Igaporã III - Janaúba 3	4
ANEXO 2 — DESENHO DA DIRETRIZ SELECIONADA - LT 500 kV Janaúba 3 – P.Juscelino	5

1. OBJETIVO

- 1.1 Apresentar as diretrizes selecionadas 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 Relacionar as travessias com LTs existentes da Rede Básica.

2. DIRETRIZ SELECIONADA

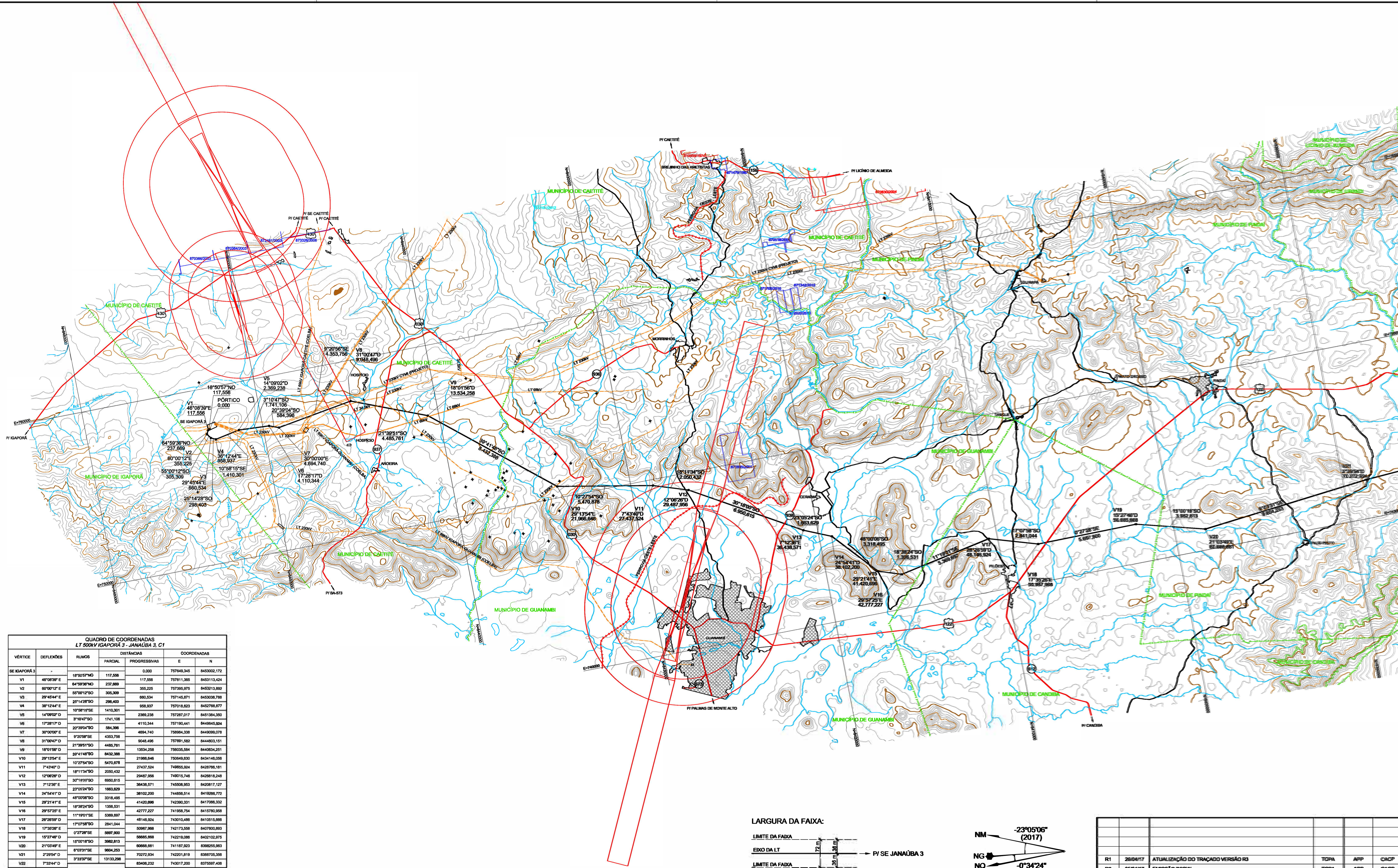
- 2.1 O traçado da LT 500 kV segue preferencialmente o traçado indicado no R3. Todavia, alguns desvios se fizeram necessários de forma a atender aos requisitos do processo de licenciamento ambiental, minimizando os impactos ambientais e socioeconômicos.
- 2.2 A diretriz selecionada para a LT objeto deste projeto básico consta do desenho apresentado no Anexo 1.

3. TRAVESSIAS DE LTs DA REDE BÁSICA

- 3.1 A diretriz apresentada no Anexo 1, cruza as LT's da Rede Básica, caracterizadas a seguir:

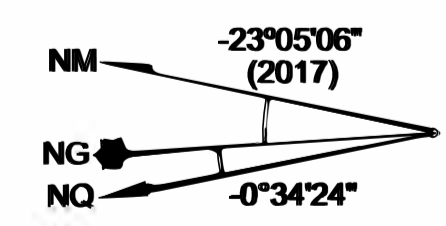
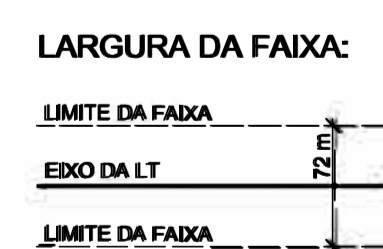
RELAÇÃO DE TRAVESSIAS <i>LT 500kV Igaporã 3 - Janaúba 3, C1</i>			
Número	Obstáculo	Identificação / Nome / Trecho	Proprietário
1	LT 230kV	Igaporã 3 - Igaporã	
2	LT 230kV	Igaporã 3 - Pindaí 2, C2 e C3	Cymi
3	LT 230kV	Igaporã 3 - Igaporã C1	
4	LT 230kV	Igaporã 3 - Igaporã 2 C2	
5	LT 230kV	Igaporã 3 - Pindaí 2, C2 e C3	Cymi
6	LT 230kV	Igaporã II - Caetite 123	Caetité 2
7	LT 230kV	Igaporã C1- Aracas	
8	LT 230kV	Igaporã 2 - Pindaí 2	
RELAÇÃO DE TRAVESSIAS <i>LT 500kV Janaúba 3 - Pres. Juscelino, C1</i>			
Número	Obstáculo	Identificação / Nome / Trecho	Proprietário
1	LT 230kV	Montes Claros 2 - Irapé	TRANSELESTE

**ANEXO 1 — DESENHO DA DIRETRIZ SELECIONADA - LT 500 kV Igaporã III -
Janaúba 3**



QUADRO DE COORDENADAS
LT 500KV IGAPORÁ 3 - JANAÚBA 3, C1

VÉRTICE	DEFLEXÕES	RUMOS	DISTÂNCIAS		COORDENADAS	
			PARCIAL	PROGRESSIVAS	E	N
SE IGAPORÁ 3	-	18°50'57"N	117,556	0,000	75769,345	8453002,172
V1	46°08'39"E	64°59'36"N	237,669	117,556	75761,365	8453113,424
V2	60°00'12"E	59°00'12"S	305,309	355,225	75736,975	8453213,859
V3	29°45'44"E	29°14'28"S	298,403	650,834	75714,871	8453308,788
V4	38°12'44"E	10°58'15"S	305,309	958,937	75701,823	8452768,877
V5	14°09'02"D	17°58'15"S	1410,301	2369,238	75728,017	8451584,350
V6	17°28'17"D	3°10'47"S	1741,106	4110,344	75719,441	8449645,924
V7	30°00'00"D	20°39'54"S	584,396	4694,740	72684,338	8449099,078
V8	31°00'47"D	9°20'58"S	4353,756	9048,498	73769,282	8444803,151
V9	18°01'59"D	21°39'51"S	4485,761	13534,258	75603,584	8440034,251
V10	29°13'54"E	39°41'48"S	8432,388	21966,646	75049,630	8434148,006
V11	7°43'40"D	10°27'54"S	5470,878	27437,524	74955,924	8428768,181
V12	12°08'28"D	18°11'34"S	2350,432	29867,956	749015,746	8428618,248
V13	7°12'39"E	30°19'07"S	6850,615	36438,571	745508,953	8420817,127
V14	24°54'41"D	22°05'24"S	1663,629	38102,200	744856,514	8419986,772
V15	29°21'41"E	48°00'06"S	3318,495	41420,696	742390,331	8417098,332
V16	29°57'22"E	18°38'24"S	1358,531	42777,227	741958,754	8415780,858
V17	28°28'59"D	11°19'01"S	5369,897	48146,924	743010,488	8410015,866
V18	17°35'28"E	17°07'58"S	2841,044	50987,968	742173,558	8407000,893
V19	19°27'46"D	0°27'28"S	5685,868	742210,086	8402102,875	
V20	21°03'49"E	19°00'18"S	3982,813	60688,881	741187,823	8398255,963
V21	2°29'54"D	6°03'37"S	9804,263	70272,834	742201,819	8388705,358
V22	7°33'44"D	3°33'37"E	13133,298	83406,232	743017,200	8375997,406

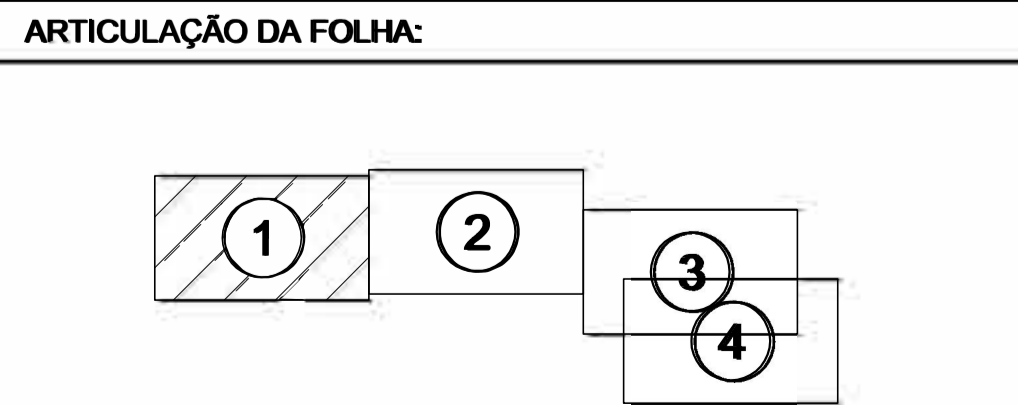


- CONVENÇÕES:**
- EIXO DA LT
 - RODOVIA ESTADUAL/FEDERAL
 - ESTRADA MUNICIPAL/VICINAL
 - FERROVIA
 - DIVISA MUNICIPAL
 - LT EXISTENTE
 - CURSOS D'ÁGUA
 - VÉRTICE DO TRAÇADO
 - TORRE TELECOMUNICAÇÃO
 - UNIDADE DE CONSERVAÇÃO
 - PROJETO DE ASSENTAMENTO
 - QUILOMBOLA
 - CONCESSÃO DE LAVRA
 - REQUERIMENTO DE LAVRA
 - LAVRA GARIMPEIRA
 - REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA
 - CAVIDADE NATURAL
 - SÍTIO ARQUEOLÓGICO

REFERÊNCIAS:
 CARTAS DE RESTITUIÇÃO AEROFOTOGRAMÉTRICA DO IBGE
 IMAGEM DE SATÉLITE GOOGLE EARTH
 ORTOFOTOS
 MAPA RODOVIÁRIO DO DNIT/DER
 BANCO DE DADOS DEM SRTM
 DADOS OBTIDOS EM CAMPO

NOTAS:
 MEDIDAS EM METROS
 EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NIVEL: 25 m

INFORMAÇÕES GEODÉSICAS:
 DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000
 DATUM VERTICAL: MAREGRAFO DE IMBITUBA / SC
 SISTEMA DE PROJEÇÃO: UTM
 MERIDIANO CENTRAL / FUSO: -45° / 23S
 CONVERGÊNCIA MERIDIANA: -0°34'24"
 VARIAÇÃO ANUAL: -0°04'07"
 DECLINAÇÃO MAGNÉTICA: 23°05'06"W



R1	26/04/17	ATUALIZAÇÃO DO TRAÇADO VERSÃO R3	TOPA	APP	CAOP
R0	05/04/17	EMISSÃO INICIAL	TOPA	APP	CAOP
N°	DATA	REVISÃO	ELABORADO	VERIFICADO	APROVADO

TOPA Topografia e Planejamento

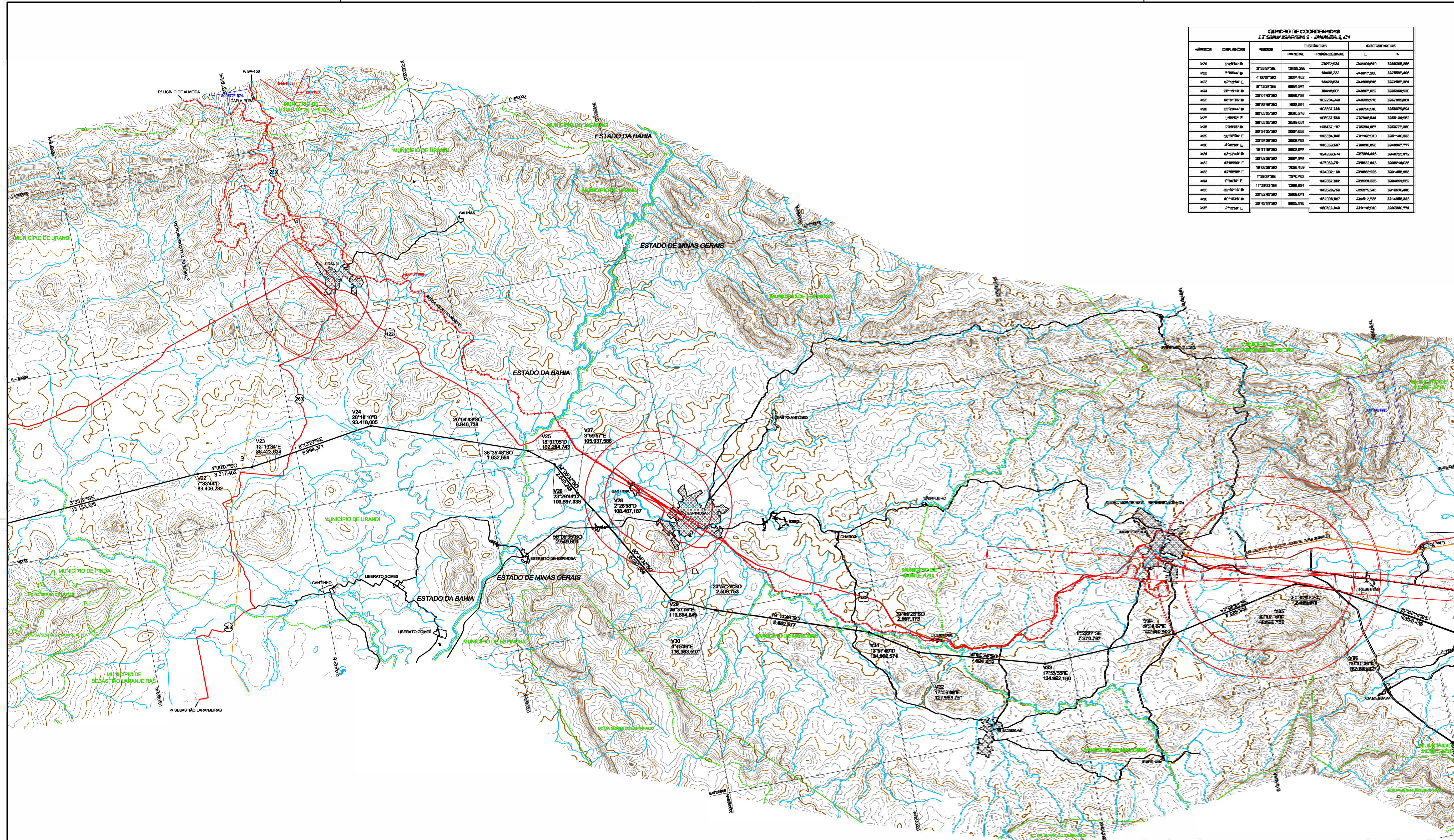
AG ANDRADE GUTIERREZ

contat@topa.com.br

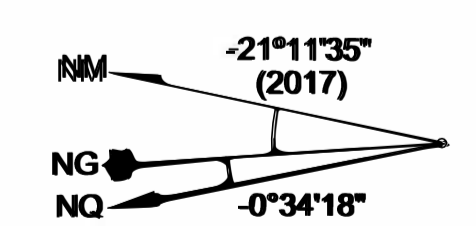
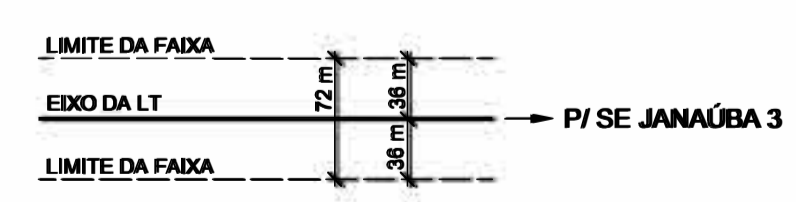
EQUATORIAL TRANSMISSORA X SPE SA

PROJETO BÁSICO	LT 500KV IGAPORÁ 3 - JANAÚBA 3, C1	ESCALA	1 : 100.000
SETOR 500KV	PLANTA DO TRAÇADO	FOLHA	01 de 04
ELAB. TOPA	VERIF. APP	REV.	R1
RESP. T.É.C. TOPA	N° CREA MG: 84.457/D	DATA 05/04/17	N° DOC. DE-EQT4-L401-TOIP-0001

QUADRO DE COORDENADAS						
LT 500KV IGAPORÁ 3 - JANAÚBA 3, C1						
VÉRTICE	DEFLEXÃO	NÚMERO	DISTÂNCIAS		COORDENADAS	
			PARCIAL	PROJEÇÕES	E	N
V21	2°25'4"D		70272,854	740001,819	6888715,288	
V22	7°33'4"D	13123,288	83488,232	743817,380	6872887,408	
V23	12°12'34"E	41007,810	88423,634	742888,016	6872387,281	
V24	28°18'10"D	81137,781	88484,738	743817,380	6888715,288	
V25	18°31'05"D	381204,430	102284,743	740789,976	6873385,881	
V26	23°28'44"D	381204,430	23042,240	103897,338	739751,510	688079,884
V27	31°59'5"E	181110,510	103897,338	739751,510	688079,884	
V28	2°28'58"D	231285,810	103897,338	739751,510	688079,884	
V29	38°35'48"S	113854,945	731108,910	685140,388		
V30	4°45'30"E	2288,753	113854,945	731108,910	685140,388	
V31	13°57'40"D	882,877	124886,574	729281,410	684822,572	
V32	17°08'00"E	2887,176	127860,731	729281,410	683824,035	
V33	10°02'28"S	7028,408	134882,160	728885,986	683148,158	
V34	38°35'48"S	113854,945	731108,910	685140,388		
V35	11°23'33"E	7388,834	142882,382	728885,986	683148,158	
V36	31°52'19"D	38488,071	148288,736	728885,986	683148,158	
V37	10°10'02"D	103897,338	150886,577	728885,986	683148,158	
V38	20°43'11"S	882,116	160788,943	728118,910	682788,371	



LARGURA DA FAIXA:



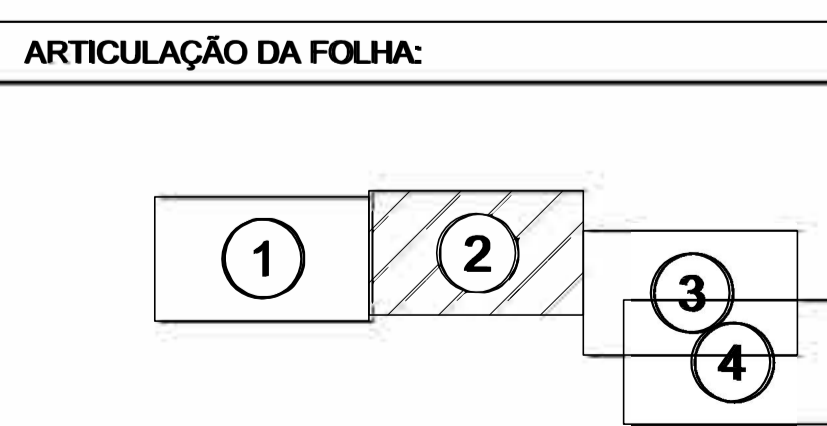
CONVENÇÕES:

EIXO DA LT	UNIDADE DE CONSERVAÇÃO
RODOVIA ESTADUAL/FEDERAL	PROJETO DE ASSENTAMENTO
ESTRADA MUNICIPAL/VICINAL	QUILOMBOLA
FERROVIA	CONCESSÃO DE LAVRA
DIVISA MUNICIPAL	REQUERIMENTO DE LAVRA
LT EXISTENTE	LAVRA GARIMPEIRA
CURSOS D'ÁGUA	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA
VÉRTICE DO TRAÇADO	CAVIDADE NATURAL
TORRE TELECOMUNICAÇÃO	SÍTIO ARQUEOLÓGICO

REFERÊNCIAS:
 CARTAS DE RESTITUIÇÃO AEROFOTOGRAMÉTRICA DO IBGE
 IMAGEM DE SATÉLITE GOOGLE EARTH
 ORTOFOTOS
 MAPA RODOVIÁRIO DO DNIT/DER
 BANCO DE DADOS DEM SRTM
 DADOS OBTIDOS EM CAMPO

NOTAS:
 MEDIDAS EM METROS
 EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NIVEL: 25 m

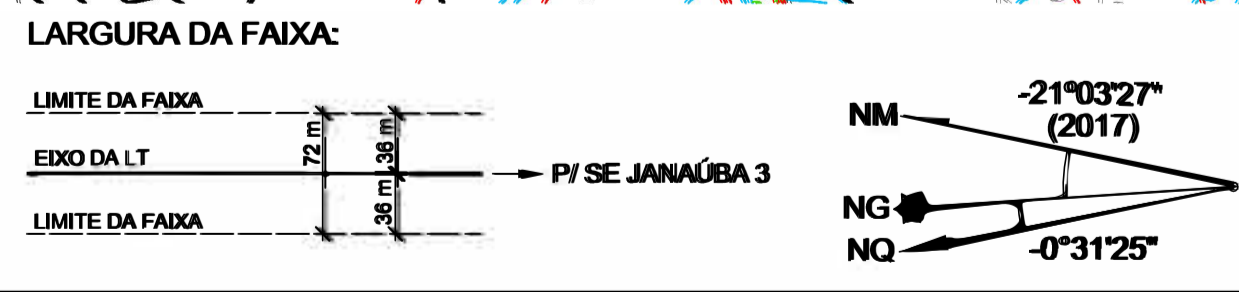
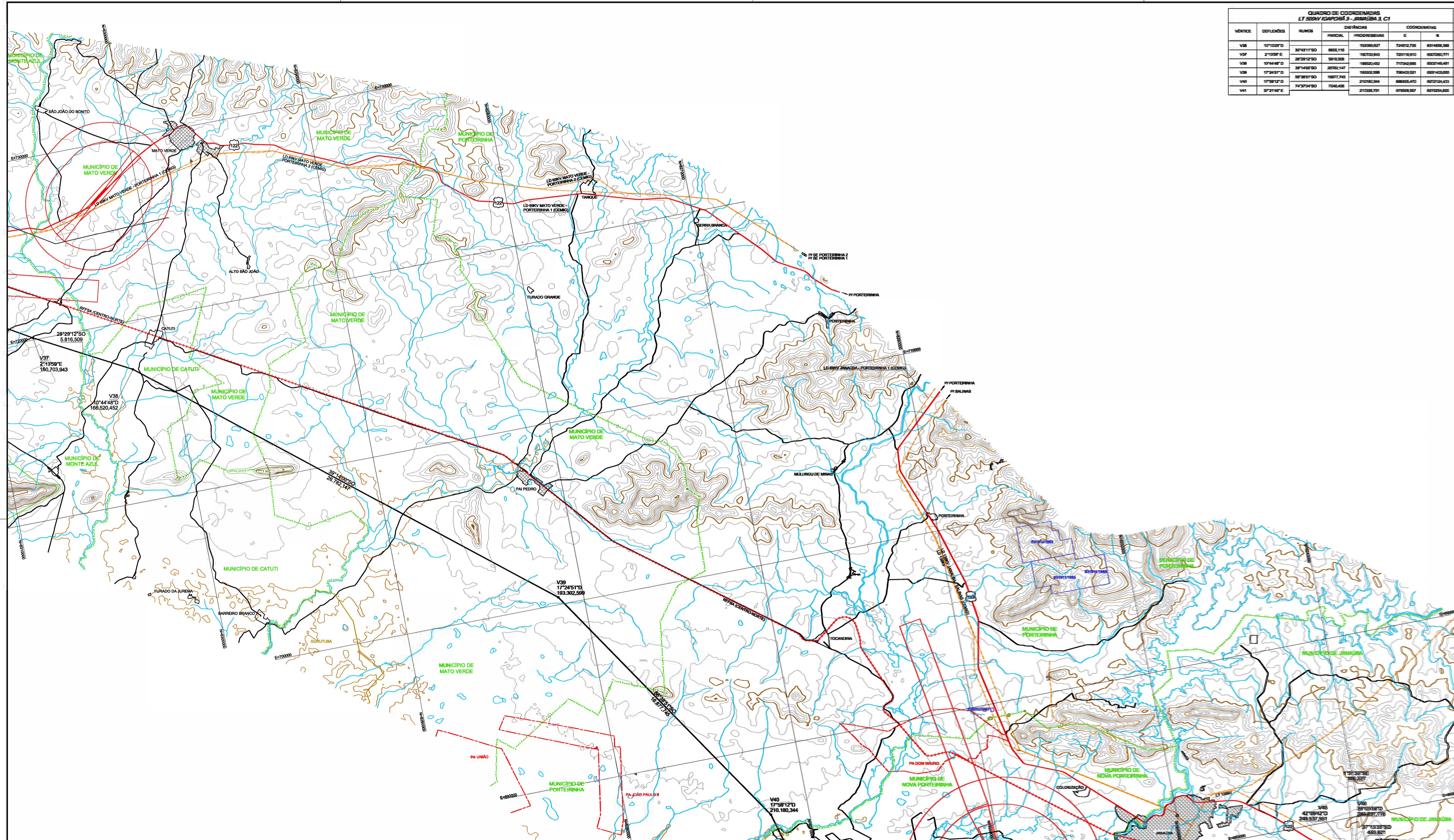
INFORMAÇÕES GEODÉSICAS:
 DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000
 DATUM VERTICAL: MAREGRAFO DE IMBITUBA / SC
 SISTEMA DE PROJEÇÃO: UTM
 MERIDIANO CENTRAL / FUSO: -45° / 23S
 CONVERGÊNCIA MERIDIANA: -0°34'18"
 VARIAÇÃO ANUAL: -0°08'40"
 DECLINAÇÃO MAGNÉTICA: 21°11'35"W



R1	28/04/17	ATUALIZAÇÃO DO TRAÇADO VERSÃO R3	TOPA	APP	CAACP
R2	05/04/17	EMISSION INICIAL	TOPA	APP	CAACP
N°	DATA	REVISÃO	ELABORADO	VERIFICADO	APROVADO

PROJETO BÁSICO	LT 500KV IGAPORÁ 3 - JANAÚBA 3, C1	ESCALA 1 : 100.000
SETOR 500KV	PLANTA DO TRAÇADO	FOLHA 02 de 04
ELAB. TOPA	VERIF. APP	REV. R1
RESP. T.ÉC. TOPA	N° CREA MG: 84.457/D	DATA 05/04/17
N° DOC. DE-EQT4-L401-TOF-0002		

VÉRTICE	DEFLEXÃO	RUMOR	DISTÂNCIAS		COORDENADAS	
			PARCIAL	PROGRESSIVA	E	N
V06	10°10'28"D	32°43'11"SO	152.000,577	724812,735	831488,386	
V07	2°13'59"E	28°29'12"SO	5816,359	158703,943	723116,910	8307290,771
V08	13°14'48"D	38°14'09"SO	28782,147	159320,432	717342,895	8302146,481
V09	17°24'51"D	58°38'51"SO	18877,745	159322,299	716402,521	8291403,695
V40	17°58'12"D	74°37'45"SO	7046,486	210180,344	688305,470	8277019,472
V41	3°21'49"E			217228,751	678809,267	8272264,820



- CONVENÇÕES:**
- EIXO DA LT
 - RODOVIA ESTADUAL/FEDERAL
 - ESTRADA MUNICIPAL/VICINAL
 - FERROVIA
 - DIVISA MUNICIPAL
 - LT EXISTENTE
 - CURSOS D'ÁGUA
 - VÉRTICE DO TRAÇADO
 - TORRE TELECOMUNICAÇÃO
 - UNIDADE DE CONSERVAÇÃO
 - PROJETO DE ASSENTAMENTO
 - QUILOMBOLA
 - CONCESSÃO DE LAVRA
 - REQUERIMENTO DE LAVRA
 - LAVRA GARIMPEIRA
 - REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA
 - CAVIDADE NATURAL
 - SÍTIO ARQUEOLÓGICO

REFERÊNCIAS:

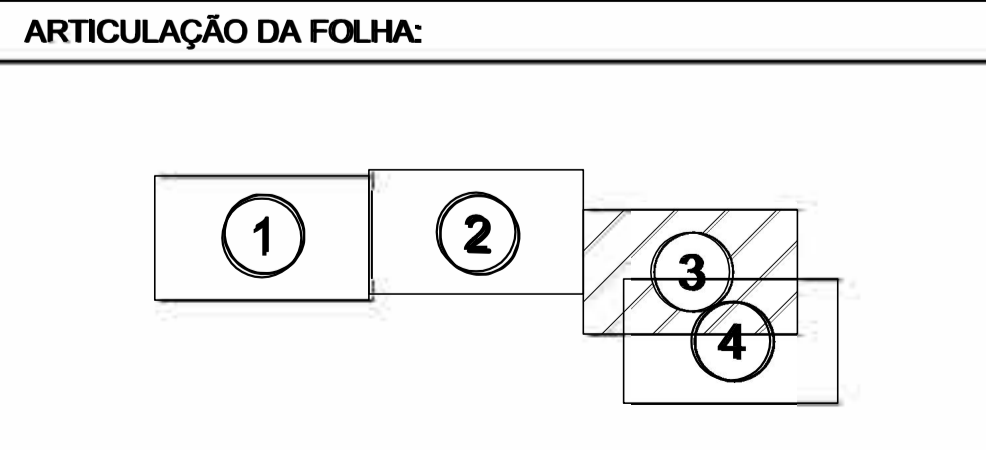
CARTAS DE RESTITUIÇÃO AEROFOTOGRAMÉTRICA DO IBGE
 IMAGEM DE SATÉLITE GOOGLE EARTH
 ORTOFOTOS
 MAPA RODOVIÁRIO DO DNIT/DER
 BANCO DE DADOS DEM SRTM
 DADOS OBTIDOS EM CAMPO

NOTAS:

MEDIDAS EM METROS
 EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NIVEL: 25 m

INFORMAÇÕES GEODÉSICAS:

DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000
 DATUM VERTICAL: MAREGRAFO DE IMBITUBA / SC
 SISTEMA DE PROJEÇÃO: UTM
 MERIDIANO CENTRAL / FUSO: -45° / 23S
 CONVERGÊNCIA MERIDIANA: -0°31'25"
 VARIAÇÃO ANUAL: -0°06'56"
 DECLINAÇÃO MAGNÉTICA: 21°03'27"W

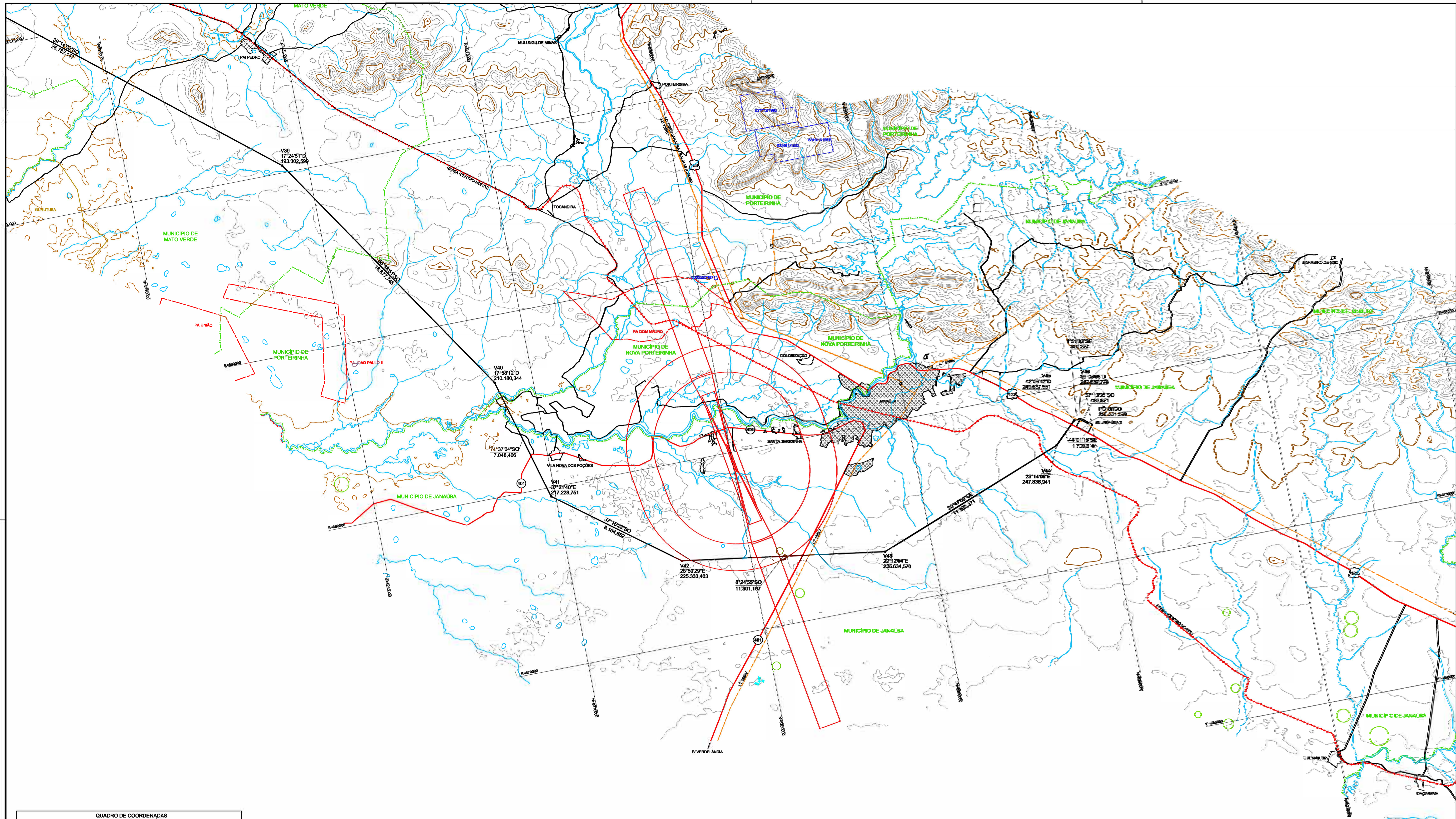


R1	28/04/17	ATUALIZAÇÃO DO TRAÇADO VERSÃO R3	TOPA	APP	CAACP
R0	05/04/17	EMIÇÃO INICIAL	TOPA	APP	CAACP
N°	DATA	REVISÃO	ELABORADO	VERIFICADO	APROVADO

EQUATORIAL TRANSMISSORA X SPE SA

PROJETO BÁSICO	ESCALA 1 : 100.000
LT 500kV IGAPORÁ 3 - JANAÚBA 3, C1	FOLHA 03 de 04
SETOR 500kV	REV. R1
PLANTA DO TRAÇADO	

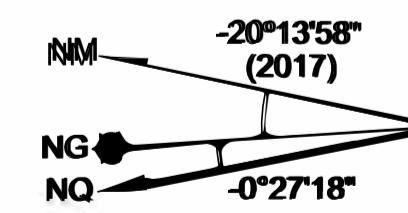
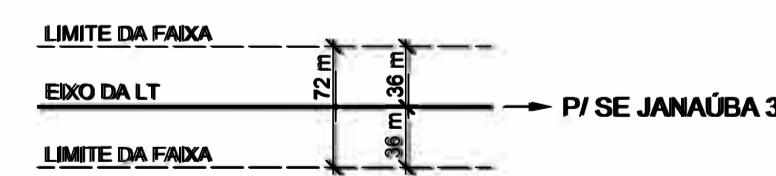
ELAB. TOPA	VERIF. APP	N° CREA	DATA	N° DOC.
RES.P. T.É.C. TOPA	ING: 84.457/D	05/04/17	DE-EQT4-L401-TOF-0003	



QUADRO DE COORDENADAS
LT 500KV IGAPORÁ 3 - JANAÚBA 3, C1

VÉRTICE	DEFLEXÕES	RUMOS	DISTÂNCIAS		COORDENADAS	
			PARCIAL	PROGRESSIVAS	E	N
V36	10°10'28" D			152098,827	724512,735	8314658,388
V37	2°13'59" E	32°42'11" SO	8605,116	160703,943	720116,910	8307260,771
V38	10°44'48" D	28°29'12" SO	5816,509	166502,452	717342,895	8302148,481
V39	17°24'51" D	38°14'00" SO	28782,147	193302,599	700403,521	8281403,855
V40	17°58'12" D	68°38'51" SO	18877,745	210180,344	688305,470	8272124,472
V41	37°21'48" E	74°37'04" SO	7048,406	217228,751	679609,557	8270264,820

LARGURA DA FAIXA:



CONVENÇÕES:

- EIXO DA LT
- RODOVIA ESTADUAL/FEDERAL
- ESTRADA MUNICIPAL/VICINAL
- FERROVIA
- DIVISA MUNICIPAL
- LT EXISTENTE
- CURSOS D'ÁGUA
- VÉRTICE DO TRAÇADO
- TORRE TELECOMUNICAÇÃO
- UNIDADE DE CONSERVAÇÃO
- PROJETO DE ASSENTAMENTO
- QUILOMBOLA
- CONCESSÃO DE LAVRA
- REQUERIMENTO DE LAVRA
- LAVRA GARIMPEIRA
- REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA
- CAVIDADE NATURAL
- SÍTIO ARQUEOLÓGICO

REFERÊNCIAS:

- CARTAS DE RESTITUIÇÃO AEROFOTOGRAMÉTRICA DO IBGE
- IMAGEM DE SATÉLITE GOOGLE EARTH
- ORTOFOTOS
- MAPA RODOVIÁRIO DO DNIT/DER
- BANCO DE DADOS DEM SRTM
- DADOS OBTIDOS EM CAMPO

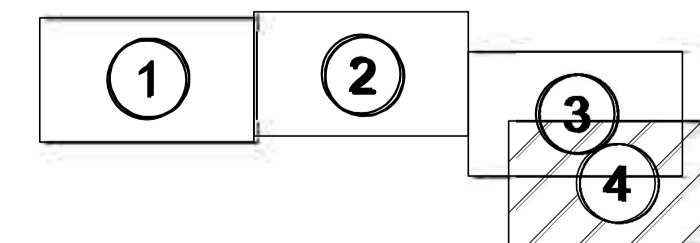
NOTAS:

- MEDIDAS EM METROS
- EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NIVEL: 25 m

INFORMAÇÕES GEODÉSICAS:

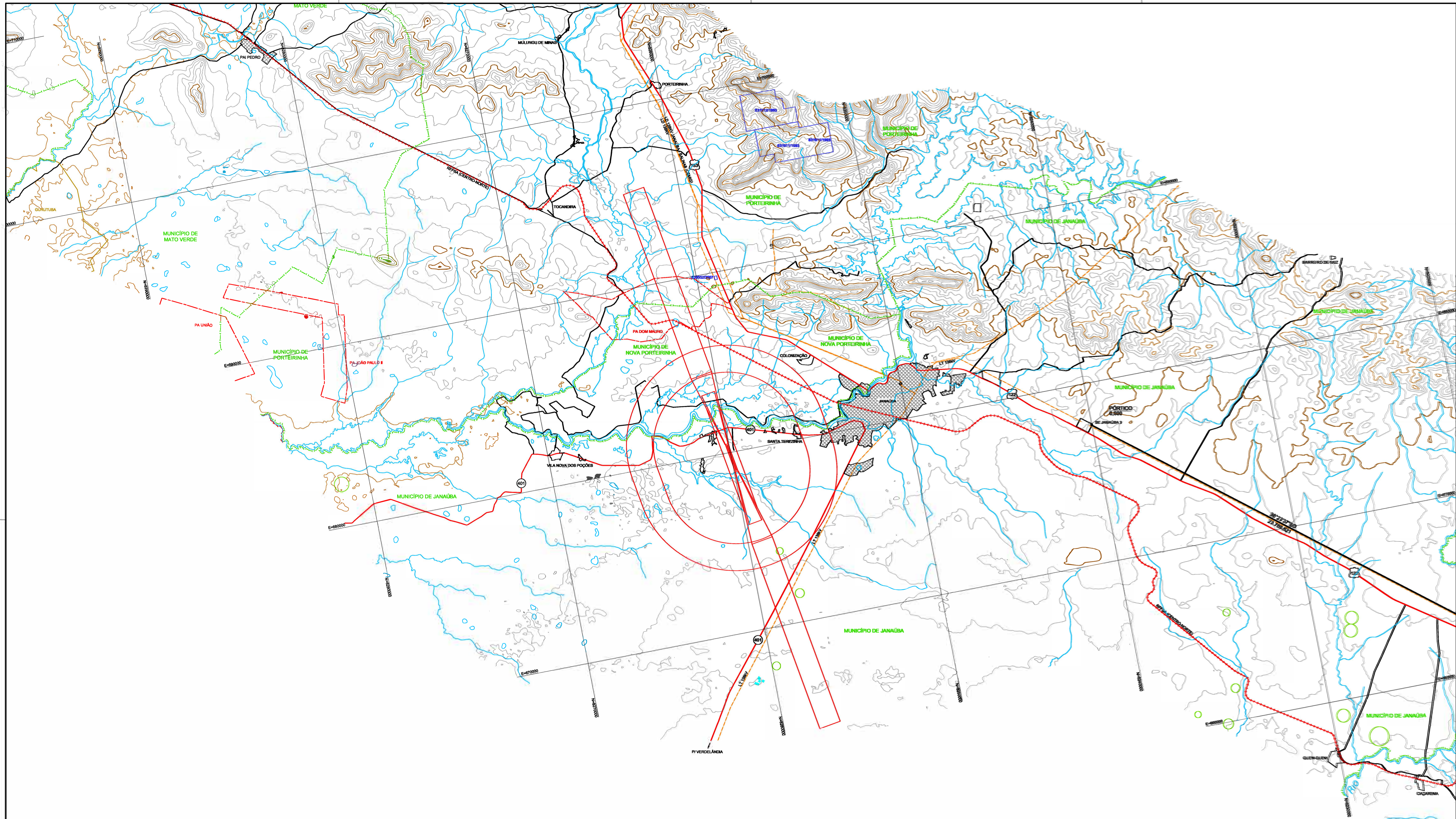
- DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000
- DATUM VERTICAL: MAREGRAFO DE IMBITUBA / SC
- SISTEMA DE PROJEÇÃO: UTM
- MERIDIANO CENTRAL / FUSO: -45° / 23S
- CONVERGÊNCIA MERIDIANA: -0°27'18"
- VARIAÇÃO ANUAL: -0°07'
- DECLINAÇÃO MAGNÉTICA: 20°13'58"W

ARTICULAÇÃO DA FOLHA:



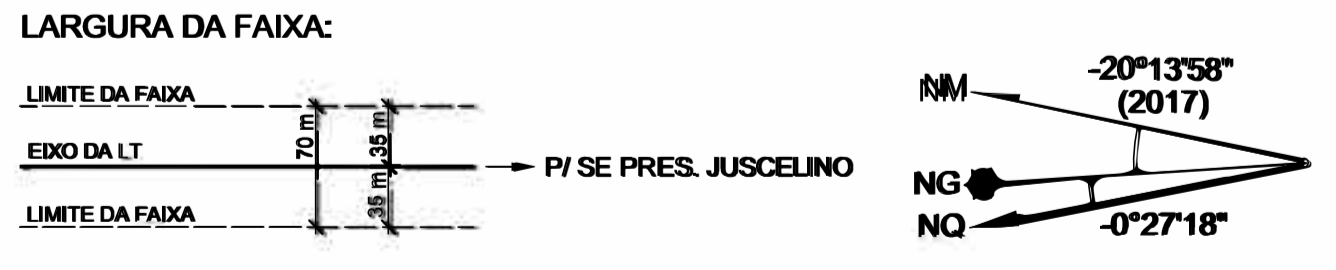
R1		28/04/17		ATUALIZAÇÃO DO TRAÇADO VERSÃO R3		TOPA		APP		CACAP	
R0		05/04/17		EMIÇÃO INICIAL		TOPA		APP		CACAP	
N°		DATA		REVISÃO		ELABORADO		VERIFICADO		APROVADO	
						EQUATORIAL TRANSMISSORA X SPE SA					
PROJETO BÁSICO				LT 500KV IGAPORÁ 3 - JANAÚBA 3, C1				ESCALA: 1 : 100.000			
ELAB. TOPA		VERIF. APP		SETOR 500KV				FOLHA 04 de 04			
APROV. CACAP				PLANTA DO TRAÇADO				REV.			
RESP. T.É.C. TOPA		N° CREA NS: 84.457/D		DATA 05/04/17		N° DOC. DE-EQT4-L401-TOF-004		R1			

**ANEXO 2 — DESENHO DA DIRETRIZ SELECIONADA - LT 500 kV Janaúba 3 –
P.Juscelino**



QUADRO DE COORDENADAS
LT 500KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO, C1

VÉRTICE	DEFLEXÕES	RUMOS	DISTÂNCIAS		COORDENADAS	
			PARCIAL	PROGRESSIVAS	E	N
SE JANAÚBA 3	-	38°23'30"	23788,821	0,000	877891,421	8245074,846
V1	2°38'27" D		23788,821	862917,161	8221430,028	



- CONVENÇÕES:
- EIXO DA LT
 - RODOVIA ESTADUAL/FEDERAL
 - ESTRADA MUNICIPAL/VICINAL
 - ++++ FERROVIA
 - DIVISA MUNICIPAL
 - LT EXISTENTE
 - CURSOS D'ÁGUA
 - VÉRTICE DO TRAÇADO
 - TORRE TELECOMUNICAÇÃO

- UNIDADE DE CONSERVAÇÃO
- PROJETO DE ASSENTAMENTO
- QUILOMBOLA
- CONCESSÃO DE LAVRA
- REQUERIMENTO DE LAVRA
- LAVRA GARIMPEIRA
- REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA
- CAVIDADE NATURAL
- SÍTIO ARQUEOLÓGICO

REFERÊNCIAS:

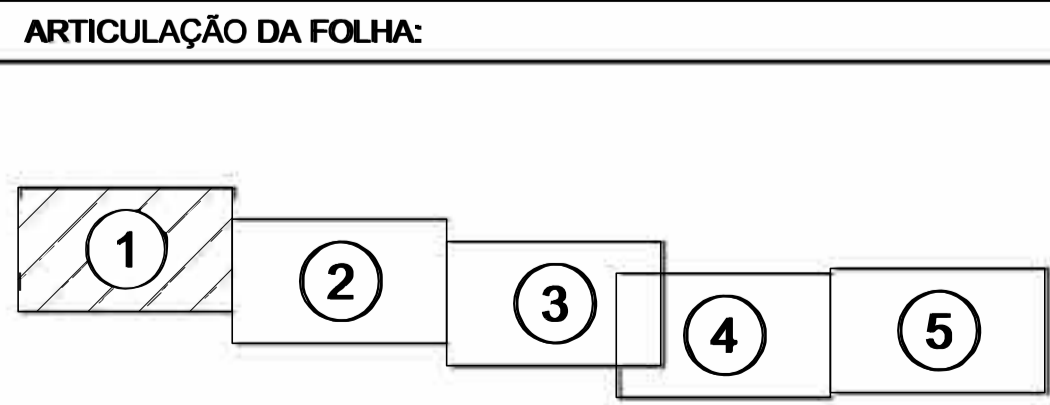
CARTAS DE RESTITUIÇÃO AEROFOTOGRAMÉTRICA DO IBGE
 IMAGEM DE SATÉLITE GOOGLE EARTH
 ORTOFOTOS
 MAPA RODOVIÁRIO DO DNIT/DER
 BANCO DE DADOS DEM SRTM
 DADOS OBTIDOS EM CAMPO

NOTAS:

MEDIDAS EM METROS
 EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NIVEL: 25 m

INFORMAÇÕES GEODÉSICAS:

DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000
 DATUM VERTICAL: MAREGRAFO DE IMBITUBA / SC
 SISTEMA DE PROJEÇÃO: UTM
 MERIDIANO CENTRAL / FUSO: -45° / 23S
 CONVERGÊNCIA MERIDIANA: -0°27'18"
 VARIAÇÃO ANUAL: -0°07"
 DECLINAÇÃO MAGNÉTICA: 20°13'58"W



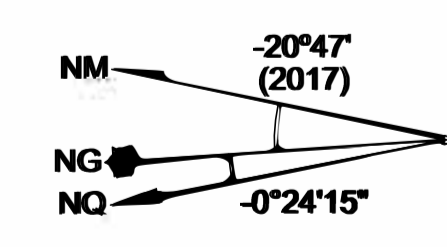
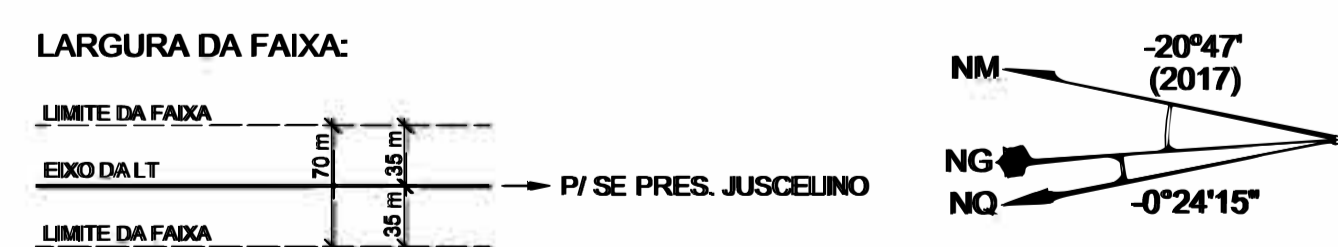
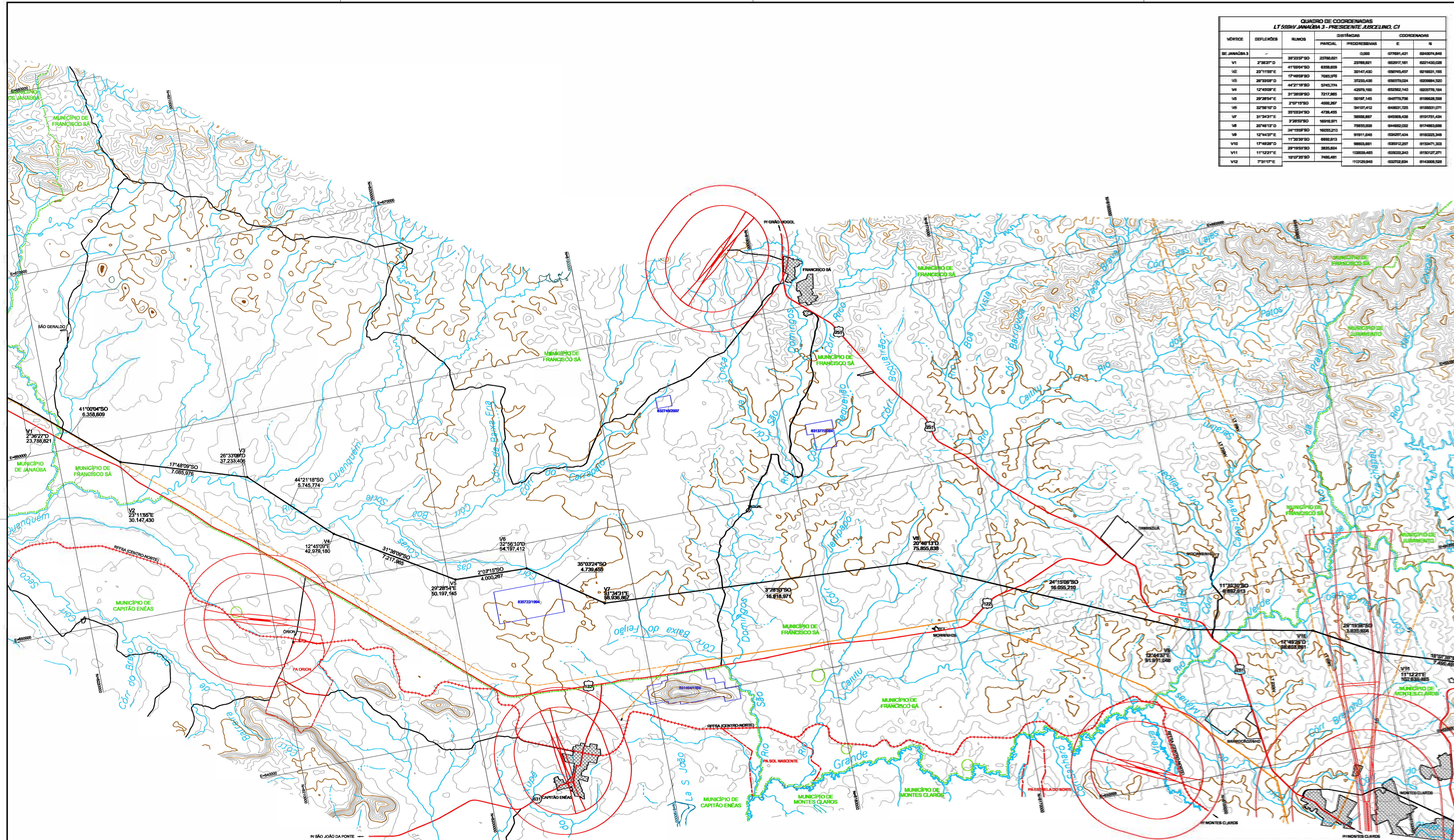
R1	28/04/17	ATUALIZAÇÃO DO TRAÇADO VERSÃO R3	TOPA	APP	CACP
R0	05/04/17	EMIÇÃO INICIAL	TOPA	APP	CACP
N°	DATA	REVISÃO	ELABORADO	VERIFICADO	APROVADO

EQUATORIAL TRANSMISSORA X SPE SA

PROJETO BÁSICO		ESCALA
LT 500KV JANAÚBA 3 - PRES. JUSCELINO, C1		1 : 100.000
SETOR 500KV		FOLHA
PLANTA DO TRAÇADO		01 de 05
REVIS.		R1

RESP. T.É.C. TOPA
 N° CREA MG: 84.457/D
 DATA 05/04/17
 N° DOC. DE-EQT4-L402-TOF-0001

QUADRO DE COORDENADAS LT 500KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO, C1						
VÉRTICE	DEFLEXÕES	RUMOS	DISTÂNCIAS		COORDENADAS	
			PARCIAL	PROGRESSIVAS	E	N
SE JANAÚBA 3	-		0,000	0,000	077891,421	0240074,846
V1	2°36'27"D	30°22'37"SO	23786,821	23786,821	002912,481	0221430,038
V2	23°11'55"E	41°00'47"SO	6358,809	30147,430	009745,497	0218821,195
V3	17°48'08"S	32°33'59"O	7085,978	37255,438	020775,024	0209844,520
V4	12°45'09"E	44°21'18"SO	5745,774	42076,180	020362,140	0205776,104
V5	29°28'54"E	31°38'09"SO	7217,865	50197,145	019779,736	0198638,268
V6	32°58'10"D	2°10'15"SO	4000,267	34107,412	018831,725	0188631,071
V7	31°34'31"E	3°28'18"SO	1616,871	36826,897	018304,438	0181781,434
V8	20°48'13"D	34°10'09"SO	18025,210	73855,038	014802,202	0174863,886
V9	12°44'33"E	11°32'37"SO	6882,813	81911,048	013207,404	0150225,348
V10	17°48'28"D	29°19'59"SO	3825,804	98883,881	010912,297	01510471,303
V11	11°12'21"E	18°07'38"SO	7460,481	110258,485	009333,840	0151017,271
V12	7°31'17"E			110258,485	009333,840	0143026,528



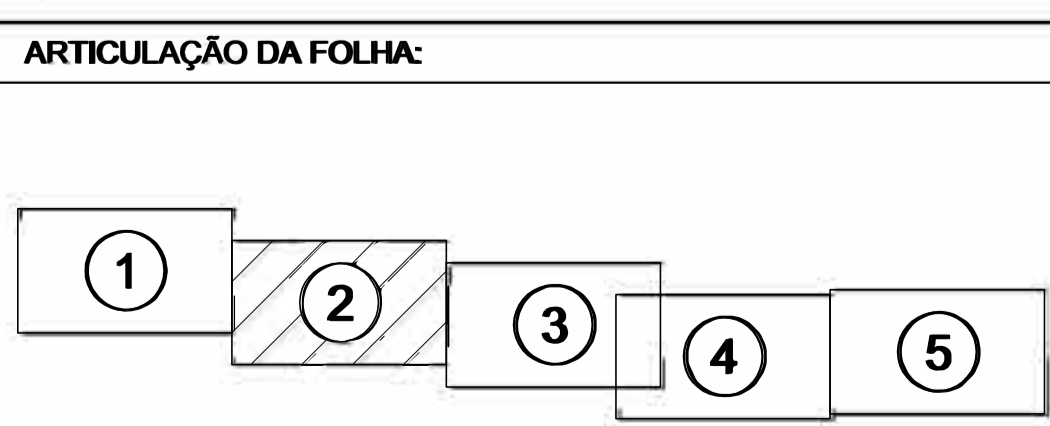
CONVENÇÕES:

EIXO DA LT	UNIDADE DE CONSERVAÇÃO
RODOVIA ESTADUAL/FEDERAL	PROJETO DE ASSENTAMENTO
ESTRADA MUNICIPAL/VICINAL	QUILOMBOLA
FERROVIA	CONCESSÃO DE LAVRA
DIVISA MUNICIPAL	REQUERIMENTO DE LAVRA
LT EXISTENTE	LAVRA GARIMPEIRA
CURSOS D'ÁGUA	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA
VÉRTICE DO TRAÇADO	CAVIDADE NATURAL
TORRE TELECOMUNICAÇÃO	SÍTIO ARQUEOLÓGICO

REFERÊNCIAS:
 CARTAS DE RESTITUIÇÃO AEROFOTOGRAMÉTRICA DO IBGE
 IMAGEM DE SATÉLITE GOOGLE EARTH
 ORTOFOTOS
 MAPA RODOVIÁRIO DO DNIT/DER
 BANCO DE DADOS DEM SRTM
 DADOS OBTIDOS EM CAMPO

NOTAS:
 MEDIDAS EM METROS
 EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NIVEL: 25 m

INFORMAÇÕES GEODÉSICAS:
 DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000
 DATUM VERTICAL: MAREGRAFO DE IMBITUBA / SC
 SISTEMA DE PROJEÇÃO: UTM
 MERIDIANO CENTRAL / FUSO: -45° / 23S
 CONVERGÊNCIA MERIDIANA: -0°24'15"
 VARIÇÃO ANUAL: -0°07'18"
 DECLINAÇÃO MAGNÉTICA: 20°47'W



R1	28/04/17	ATUALIZAÇÃO DO TRAÇADO VERSÃO R3	TOPA	APP	CACP
R0	05/04/17	EMISSÃO INICIAL	TOPA	APP	CACP
N°	DATA	REVISÃO	ELABORADO	VERIFICADO	APROVADO

TOPA Topografia Paranense

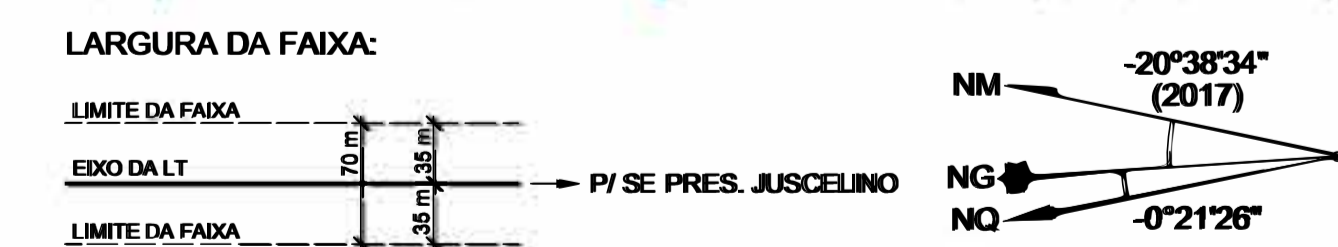
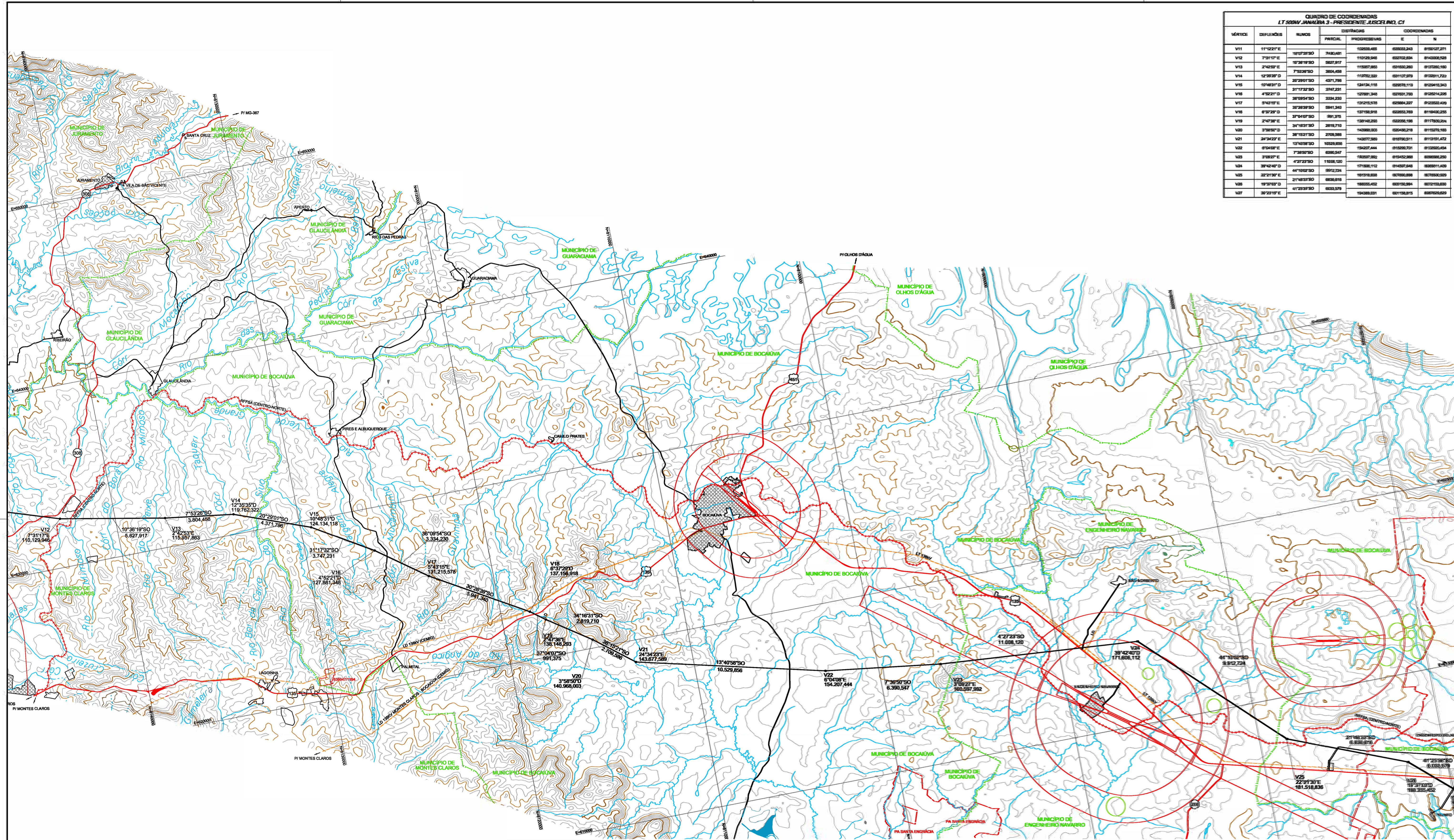
AG ANDRADE GUTIERREZ

EQUATORIAL TRANSMISSÃO

EQUATORIAL TRANSMISSORA X SPE SA

PROJETO BÁSICO		LT 500KV JANAÚBA 3 - PRES. JUSCELINO, C1	ESCALA: 1:100.000
ELAB. TOPA	VERIF. APP	SETOR 500KV	
APROV. CACP		PLANTA DO TRAÇADO	
RESP. T.É.C. TOPA	N° CREA MG: 84.457/D	DATA 05/04/17	N° DOC. DE-EQT4-L402-TOP-0002
FOLHA 02 de 05			REV. R1

QUADRO DE COORDENADAS LT 500KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO, C1						
VÉRTICE	DEFINICÕES	NÚMOS	DISTÂNCIAS		COORDENADAS	
			PARCIAL	PROGRESSIVAS	E	N
V11	11°22'1"E			10888,485	88888,243	81888,271
V12	7°31'17"E	18707,3830	7480,481	110728,948	88272,884	81488,528
V13	2°42'58"E	71827,883	8827,817	115887,883	88188,280	81828,180
V14	12°38'28"D	28728,180	3804,488	115887,883	88188,280	81888,180
V15	10°48'31"D	311732,231	3742,231	124134,118	88278,118	81888,134
V16	4°52'21"D	387884,227	3324,230	127881,348	88278,118	81888,134
V17	8°40'18"E	387884,227	3324,230	132181,348	88278,118	81888,134
V18	8°37'28"E	387884,227	3324,230	137181,348	88278,118	81888,134
V19	2°47'28"E	370487,381	381,375	138181,348	88278,118	81888,134
V20	3°38'57"D	341831,381	2818,710	148888,883	88278,118	81888,134
V21	28°22'E	381831,381	2768,388	148888,883	88278,118	81888,134
V22	8°54'08"E	71827,883	8827,817	154207,444	88188,280	81888,134
V23	3°08'27"E	42723,120	11888,120	188887,883	88278,118	81888,134
V24	38°42'40"D	447882,381	3812,381	171888,112	88188,280	81888,134
V25	32°21'30"E	447882,381	3812,381	181888,112	88188,280	81888,134
V26	18°37'43"D	217882,381	8827,817	188887,883	88278,118	81888,134
V27	38°23'18"E	8827,817	8827,817	198887,883	88278,118	81888,134



- CONVENÇÕES:**
- EIXO DA LT
 - RODOVIA ESTADUAL/FEDERAL
 - ESTRADA MUNICIPAL/VICINAL
 - FERROVIA
 - DIVISA MUNICIPAL
 - LT EXISTENTE
 - CURSOS D'ÁGUA
 - VÉRTICE DO TRAÇADO
 - TORRE TELECOMUNICAÇÃO
 - UNIDADE DE CONSERVAÇÃO
 - PROJETO DE ASSENTAMENTO
 - QUILOMBOLA
 - CONCESSÃO DE LAVRA
 - REQUERIMENTO DE LAVRA
 - LAVRA GARIMPEIRA
 - REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA
 - CAVIDADE NATURAL
 - SÍTIO ARQUEOLÓGICO

REFERÊNCIAS:

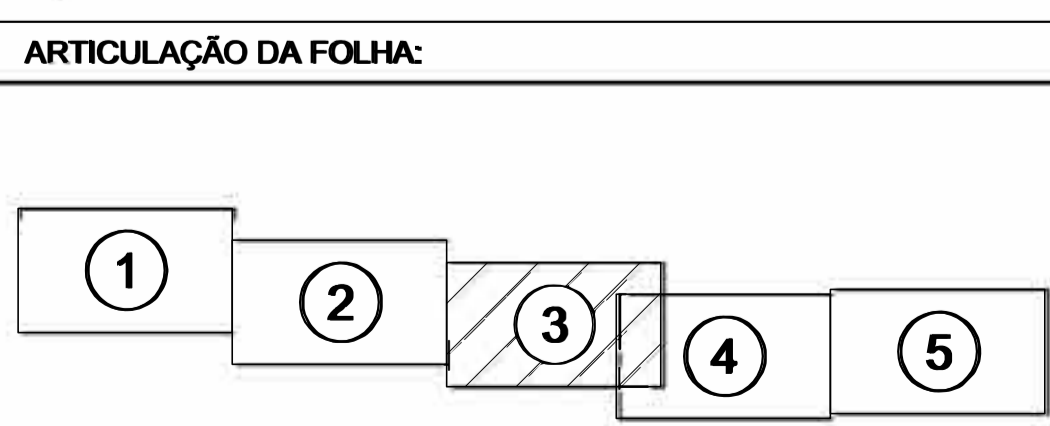
CARTAS DE RESTITUIÇÃO AEROFOTOGRAMÉTRICA DO IBGE
 IMAGEM DE SATÉLITE GOOGLE EARTH
 ORTOFOTOS
 MAPA RODOVIÁRIO DO DNIT/DER
 BANCO DE DADOS DEM SRTM
 DADOS OBTIDOS EM CAMPO

NOTAS:

MEDIDAS EM METROS
 EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NIVEL: 25 m

INFORMAÇÕES GEODÉSICAS:

DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000
 DATUM VERTICAL: MAREGRAFO DE IMBITUBA / SC
 SISTEMA DE PROJEÇÃO: UTM
 MERIDIANO CENTRAL / FUSO: -45° / 23S
 CONVERGÊNCIA MERIDIANA: -0°21'26"
 VARIAÇÃO ANUAL: -0°07'31"
 DECLINAÇÃO MAGNÉTICA: 20°38'34"W

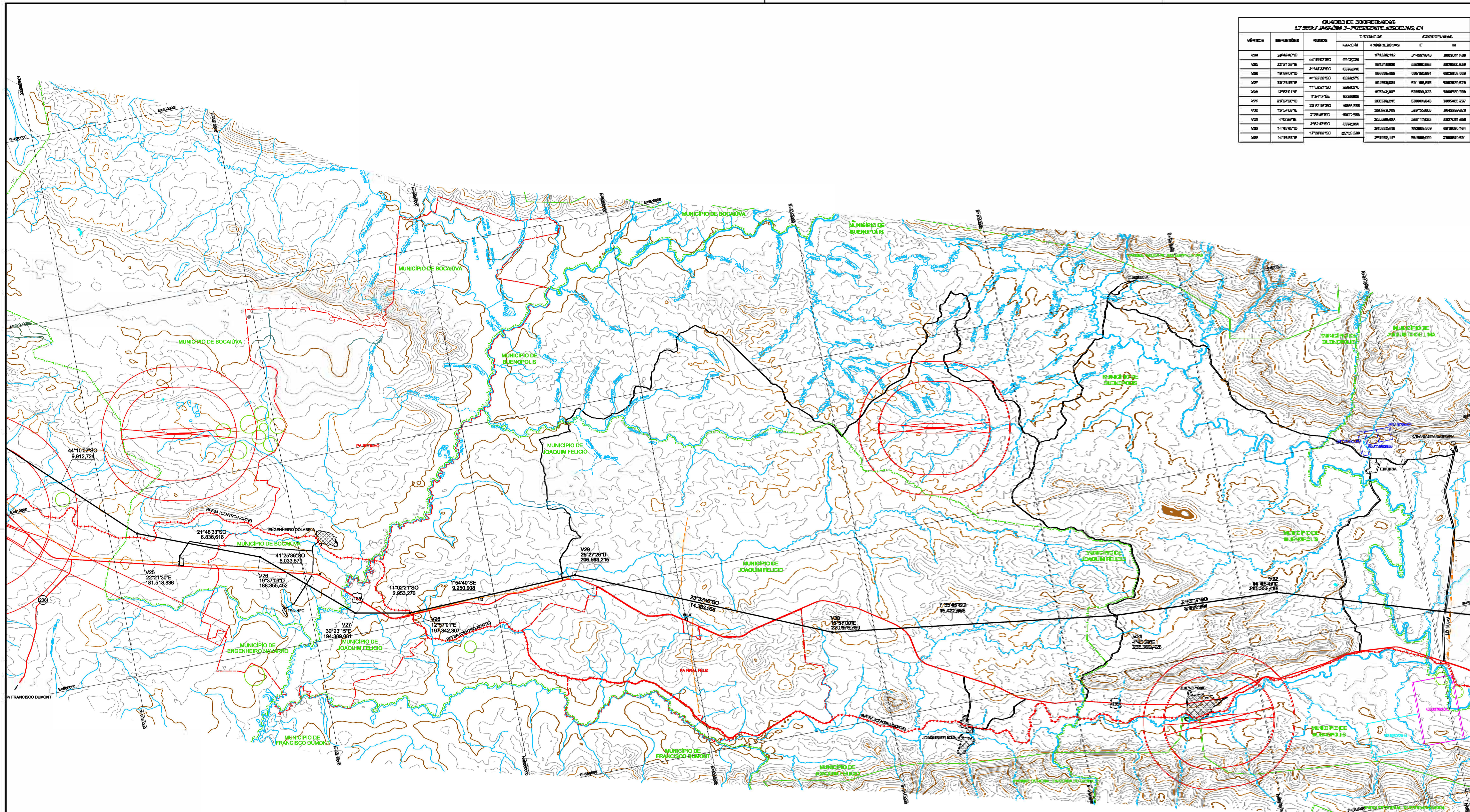


R1	28/04/17	ATUALIZAÇÃO DO TRAÇADO VERSÃO R3	TOPA	APP	CACP
R0	05/04/17	EMISSÃO INICIAL	TOPA	APP	CACP
N°	DATA	REVISÃO	ELABORADO	VERIFICADO	APROVADO

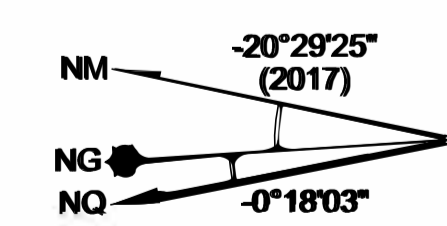
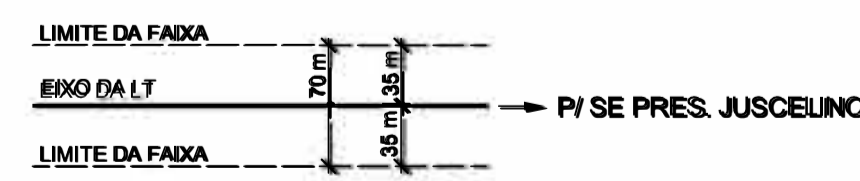
EQUATORIAL TRANSMISSORA X SPE SA

PROJETO BÁSICO	LT 500KV JANAÚBA 3 - PRES. JUSCELINO, C1	ESCALA 1 : 100.000
ELAB. TOPA	VERIF. APP	FOLHA 03 de 05
SETOR 500KV PLANTA DO TRAÇADO		REV. R1
RESP. T.É.C. TOPA	N° CREA MG-84.457/D	DATA 05/04/17
N° DOC. DE-EQT4-L402-TOF-0003		

QUADRO DE COORDENADAS LT 500KV JANAÚBA 3 - PRESIDENTE JUSCELINO, C1					
VÉRTICE	DIREÇÕES	RUMOS	COORDENADAS		
			PARCIAL	PROGRESSIVAS	E N
V24	38°42'40"D			171888,112	814287,846
V25	22°21'30"E	44°10'02"SO	892,274	181918,836	807680,829
V26	19°37'03"D	21°48'23"SO	8838,816	188888,452	808150,894
V27	30°23'10"E	41°23'30"SO	8033,979	194388,031	807108,875
V28	12°57'01"E	11°02'21"SO	2582,378	187342,397	809383,323
V29	23°27'26"D	1°54'40"SE	9258,808	206988,275	808381,848
V30	19°57'00"E	23°32'48"SO	14083,355	236888,789	808388,808
V31	4°43'20"E	7°38'48"SO	8832,891	238888,428	808117,883
V32	14°48'48"D	2°52'17"SO	24332,418	328888,389	807808,184
V33	14°18'33"E	17°38'23"SO	33738,699	271882,117	808888,380



LARGURA DA FAIXA:



CONVENÇÕES:

- EIXO DA LT
- RODOVIA ESTADUAL/FEDERAL
- ESTRADA MUNICIPAL/VICINAL
- FERROVIA
- DIVISA MUNICIPAL
- LT EXISTENTE
- CURSOS D'ÁGUA
- VÉRTICE DO TRAÇADO
- TORRE TELECOMUNICAÇÃO
- UNIDADE DE CONSERVAÇÃO
- PROJETO DE ASSENTAMENTO
- QUILOMBOLA
- CONCESSÃO DE LAVRA
- REQUERIMENTO DE LAVRA
- LAVRA GARIMPEIRA
- REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA
- CAVIDADE NATURAL
- SÍTIO ARQUEOLÓGICO

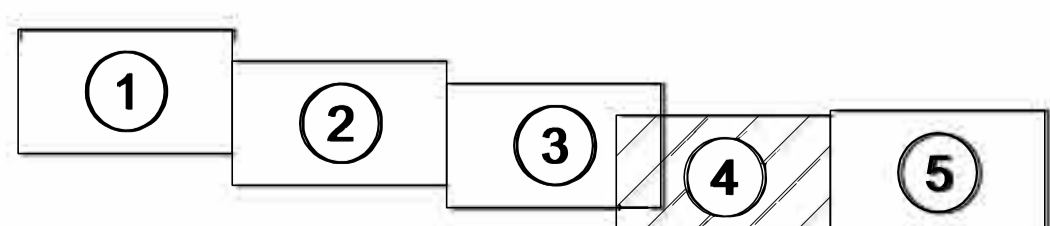
REFERÊNCIAS:

- CARTAS DE RESTITUIÇÃO AEROFOTOGRAMÉTRICA DO IBGE
- IMAGEM DE SATÉLITE GOOGLE EARTH
- ORTOFOTOS
- MAPA RODOVIÁRIO DO DNIT/DER
- BANCO DE DADOS DEM SRTM
- DADOS OBTIDOS EM CAMPO
- NOTAS:
- MEDIDAS EM METROS
- EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NIVEL: 25 m

INFORMAÇÕES GEODÉSICAS:

- DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000
- DATUM VERTICAL: MAREGRAFO DE IMBITUBA / SC
- SISTEMA DE PROJEÇÃO: UTM
- MERIDIANO CENTRAL / FUSO: -45° / 23S
- CONVERGÊNCIA MERIDIANA: -0°18'03"
- VARIAÇÃO ANUAL: -0°07'42"
- DECLINAÇÃO MAGNÉTICA: 20°29'25"W

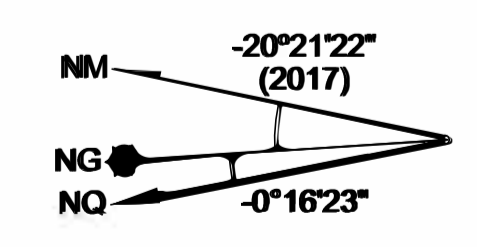
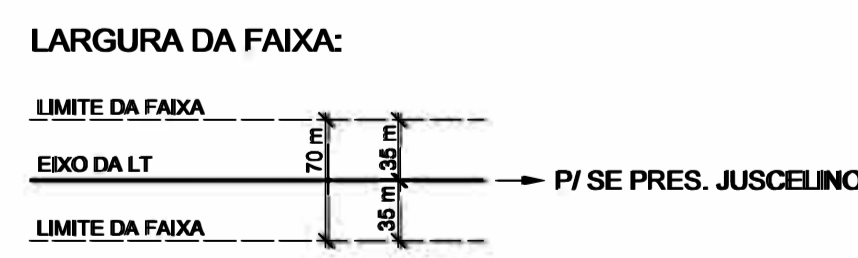
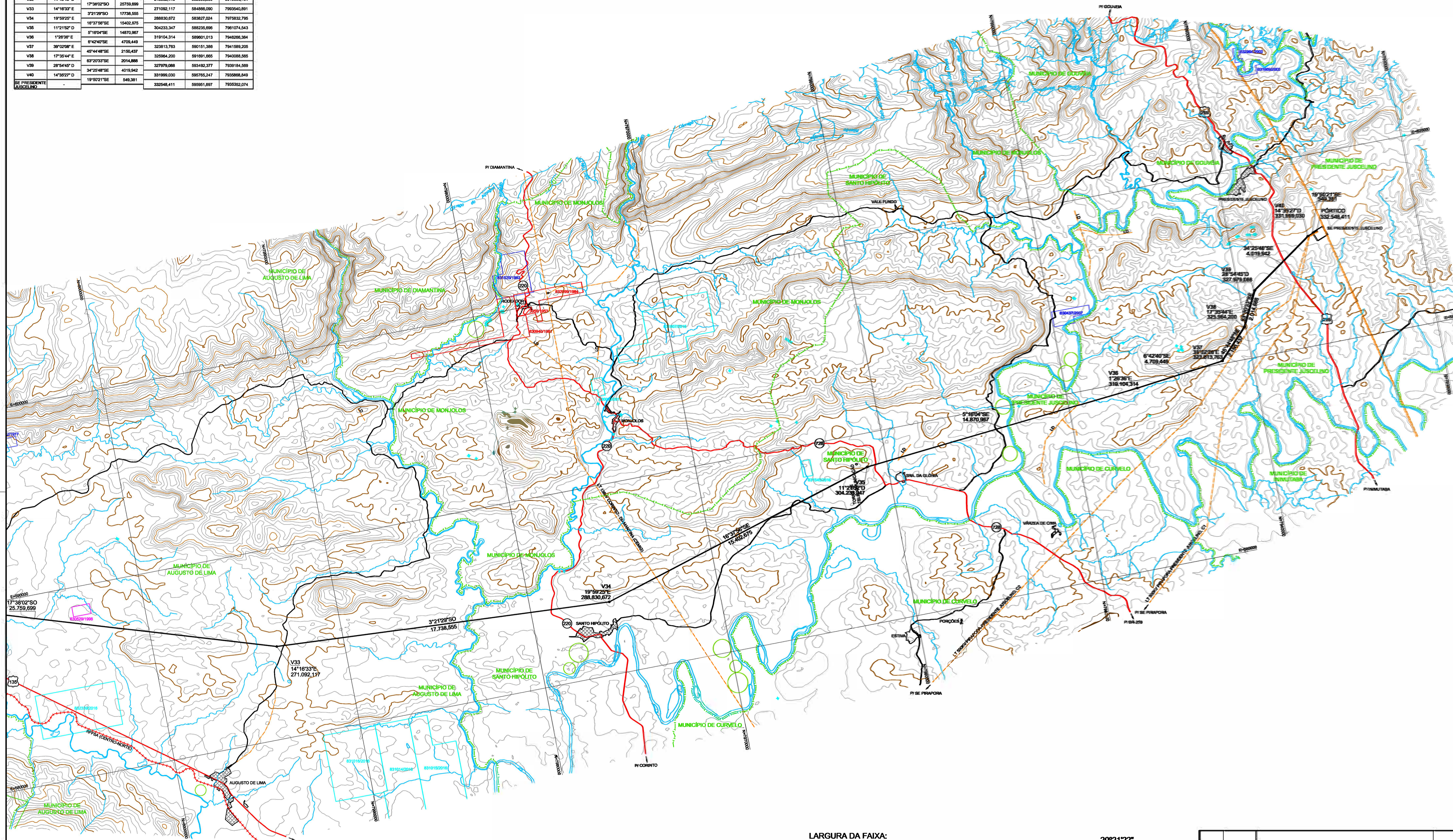
ARTICULAÇÃO DA FOLHA:



R1	28/04/17	ATUALIZAÇÃO DO TRAÇADO VERSÃO R3	TOPA	APP	CAACP
R2	05/04/17	EMIÇÃO INICIAL	TOPA	APP	CAACP
N°	DATA	REVISÃO	ELABORADO	VERIFICADO	APROVADO

<p>PROJETO BÁSICO</p> <p>ELAB. TOPA</p> <p>APROV. APP</p> <p>CAACP</p> <p>RESP. T.ÉC. TOPA</p> <p>N° CREA NG: 84.457/D</p> <p>DATA 05/04/17</p>	<p>LT 500KV JANAÚBA 3 - PRES. JUSCELINO, C1</p> <p>SETOR 500KV</p> <p>PLANTA DO TRAÇADO</p> <p>N° DOC. DE-EQT4-L402-TOP-0004</p>	<p>ESCALA 1 : 100.000</p> <p>FOLHA 04 de 05</p> <p>REV. R1</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------

VÉRTICE	DEFLEXÕES	RUMOS	DISTÂNCIAS		COORDENADAS	
			PARCIAL	PROGRESSIVAS	E	N
V32	14°48'45" D	17°38'12" SO	25759,899	24532,418	59259,599	801806,184
V33	14°16'33" E	3°21'29" SO	17738,555	271092,117	584868,090	799540,891
V34	19°59'29" E	18°37'36" SE	15402,875	28830,672	58387,024	797583,795
V35	11°21'52" D	5°18'04" SE	14870,987	30423,347	588235,696	7961074,543
V36	1°28'38" E	8°42'40" SE	4705,449	319104,314	589601,013	7946266,384
V37	39°02'08" E	45°44'48" SE	2150,437	323813,763	590151,288	7941589,205
V38	17°35'44" E	63°20'33" SE	2014,888	325984,200	591891,665	7940088,565
V39	28°54'48" D	34°25'48" SE	4019,942	327979,088	593482,377	7939184,569
V40	14°38'27" D	19°50'21" SE	548,381	331989,030	595765,347	7935889,849
DE PRESIDENTE JUSCELINO				332548,411	595951,897	7935362,074



- CONVENÇÕES:**
- EIXO DA LT
 - RODOVIA ESTADUAL/FEDERAL
 - ESTRADA MUNICIPAL/VICINAL
 - ++++ FERROVIA
 - DIVISA MUNICIPAL
 - LT EXISTENTE
 - CURSOS D'ÁGUA
 - VÉRTICE DO TRAÇADO
 - TORRE TELECOMUNICAÇÃO
 - UNIDADE DE CONSERVAÇÃO
 - PROJETO DE ASSENTAMENTO
 - QUILOMBOLA
 - CONCESSÃO DE LAVRA
 - REQUERIMENTO DE LAVRA
 - LAVRA GARIMPEIRA
 - REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA
 - CAVIDADE NATURAL
 - SÍTIO ARQUEOLÓGICO

REFERÊNCIAS:

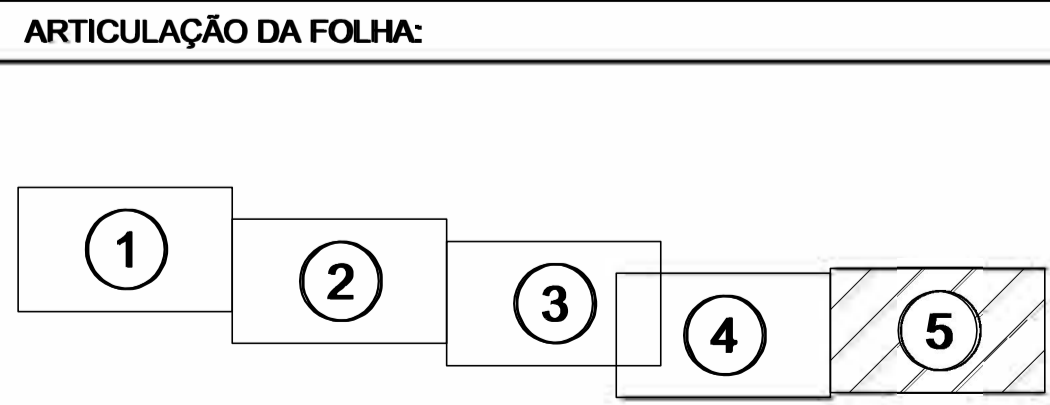
CARTAS DE RESTITUIÇÃO AEROFOTOGRAMÉTRICA DO IBGE
 IMAGEM DE SATÉLITE GOOGLE EARTH
 ORTOFOTOS
 MAPA RODOVIÁRIO DO DNIT/DER
 BANCO DE DADOS DEM SRTM
 DADOS OBTIDOS EM CAMPO

NOTAS:

MEDIDAS EM METROS
 EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NIVEL: 25 m

INFORMAÇÕES GEODÉSICAS:


DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000
 DATUM VERTICAL: MAREGRAFO DE IMBITUBA / SC
 SISTEMA DE PROJEÇÃO: UTM
 MERIDIANO CENTRAL / FUSO: -45° / 23S
 CONVERGÊNCIA MERIDIANA: -0°16'23"
 VARIAÇÃO ANUAL: -0°07'52"
 DECLINAÇÃO MAGNÉTICA: 20°21'22"W



R1	28/04/17	ATUALIZAÇÃO DO TRAÇADO VERSÃO R3	TOPA	APP	CACCP
RD	05/04/17	EMISSÃO INICIAL	TOPA	APP	CACCP
N°	DATA	REVISÃO	ELABORADO	VERIFICADO	APROVADO

EQUATORIAL TRANSMISSORA X SPE SA

PROJETO BÁSICO	LT 500KV JANAÚBA 3 - PRES. JUSCELINO, C1	ESCALA 1 : 100.000
ELAB. TOPA	VERIF. APP	FOLHA 05 de 05
SETOR 500KV PLANTA DO TRAÇADO		REV. R1
RESP. T.ÉC. TOPA	N° CREA MG: 84.457/D	DATA 05/04/17
N° DOC. DE-EQT4-L402-TOP-0005		

00	03/05/17	Emissão Inicial		AQ	JCS	
Nº	Data	Natureza da Revisão		Elaborado	Verificado	Aprovado
						
EQUATORIAL TRANSMISSORA 4 SPE SA						
PROJETO BÁSICO						
ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA	
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	31/03/17	
TÍTULO						
LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1 Lote 14 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL RELATÓRIO CONFIABILIDADE DO TRECHO EM PARALELISMO DAS LT'S 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - CIRCUITO 1 E 2						
Nº DOCUMENTO				FOLHA	REVISÃO	
RE-EQT4-L401-PB-ELM-0024-R00				1 de 81	00	

ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	DADOS CLIMÁTICOS.....	3
3.	VELOCIDADES DE VENTO EXTREMO E ALTA INTENSIDADE	3
4.	CARREGAMENTOS DEVIDO A VENTO EXTREMO.....	4
5.	PRESSÃO DE VENTO DE TORMENTAS ELÉTRICAS	6
6.	ESTUDO MECÂNICO	7
7.	ISOLADORES E FERRAGENS.....	9
8.	VERIFICAÇÃO DAS ESTRUTURAS PARA T = 500 ANOS	10
9.	DESEMPENHO FRENTE ÀS DESCARGAS ATMOSFERIAS	10
10.	CONCLUSÃO	10
11.	REFERÊNCIAS.....	11
ANEXO 1 – ISOTACAS DAS VELOCIDADES DE VENTO CALCULADAS PARA T=500 ANOS		12
ANEXO 2 – FLECHAS E TRAÇÕES.....		16
ANEXO 3 – SAÍDAS DO PROGRAMA FLASH		42
ANEXO 4 – MEMÓRIA DE CALCULO DA ESTRUTURA V2CRL QUE SERÁ APLICADA NOS TRECHOS COM T = 500 ANOS		47

1. OBJETIVO

- 1.1 Apresentar os estudos de aumento da confiabilidade mecânica e análise de desempenho frente às descargas atmosféricas dos circuitos C1 e C2, em 500 kV, que interliga as Subestações Igaporã III e Janaúba 3, pertencentes a EQUATORIAL Transmissora de Energia, onde os eixos de traçado destes circuitos apresentam paralelismo entre si.

2. DADOS CLIMÁTICOS

- 2.1. **Temperaturas** (referencia relatório RE-EQT4-L400-PB-ELM-0003_DADOS CLIMATOLÓGICOS)

Temperaturas		
média (EDS) (°C)	mínima anual (°C)	mínima absoluta (°C)
22	17	5

3. VELOCIDADES DE VENTO EXTREMO E ALTA INTENSIDADE

- 3.1 Para aumento da confiabilidade mecânica do trecho de paralelismo dos dois circuitos, tomou-se como base a IEC 60826 e a necessidade requerida pelo ONS de uma maior segurança operacional das LTs frente a importância das mesmas no sistema interligado. Deste modo, aumentou-se o período de retorno de vento extremo de T = 250 anos para T = 500 anos, considerando que o trecho de paralelismo deverá ter a mesma confiabilidade requerida nos projetos de grandes travessias por linhas de transmissão. A velocidade de vento extremo considera os estudos de ventos apresentados no relatório RE-EQT4-L400-PB-ELM-0004 _VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTO DEVIDO AO VENTO

- 3.2 Com base na no estudo de vento da referencia [5] através da mesma metodologia de calculo, foram prospectados ventos para 500 anos de período de retorno onde se obteve as velocidades de vento constantes da Tabela 3.1, para terreno tipo B (conforme tabela 1 da NBR 5422). As isotacas dos ventos abaixo tabelados são apresentados no anexo 1.

Tabela 3.1 – Velocidades de projeto (km/h), terrenos tipo B, medições feitas a 10 m de altura

período de retorno/ tempo de média	<i>Trecho de Paralelismo</i>
500 anos, 10 minutos	95
500 anos, 3 segundos	165
75 anos, 30 segundos	110

3.3 Adicionalmente, as estruturas do trecho paralelo serão dimensionadas para suportar ação de ventos de alta intensidade decorrentes de tormentas elétricas, para o mesmo período de retorno.

3.4 A altura média dos cabos condutores é dada pela expressão abaixo:

a) Altura media do Conductor:

Flecha para temperatura mínima para vão de 500 m: 19,3 m

Flecha na temperatura máxima para vão de 500 m: 21,82 m

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

Altura mínima cabo solo: 12,5 m

$h = 12,5 + 21,82 + 31,3 - 2/3 \times 19,3 = 22,75$ Adotado = 23 m

4. CARREGAMENTOS DEVIDO A VENTO EXTREMO

4.1 Pressão Dinâmica de Referência

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

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

q_0 Pressão dinâmica de referência, em kgf/m^2

μ Massa específica do ar em kg/m^3

V_R Velocidade do vento extremo (500 anos, 10 min) em m/s (tabela 3.1)

Tendo como resultado:

Linha de transmissão	μ (kg/m^3)	V_R (m/s)	q_0 (kgf/m^2)
Trechos de paralelismo	1,121	26,39	39,8

4.2 Pressão do Vento Extremo nos Cabos

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

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

q_0 Pressão dinâmica de referência, em kgf/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:

Linha 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
Trechos de paralelismo	39,8	23	2,1467	34	2,292	0,9123	78	84

(*) As pressões de vento calculadas são inferiores as das utilizadas na serie da LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino C1 e C2, deste modo serão utilizadas no trecho de paralelismo as mesmas estruturas destas LT's.

4.3 Pressão do Vento Extremo nas Cadeias de Isoladores

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

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

q_0 (Ver item 4.1)

C_{Xi} 1,20

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

Resultando em:

Linha de transmissão	h_m isol (m)	G_t	P isol(kgf/m ²)
Trechos de paralelismo	39	2,4344	117

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

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

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

q_0 (Ver item 4.1)

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

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

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

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

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

$$F_{estrutura \text{ LT } 500KV} = q_0 \cdot G_T \cdot S_{T1} \cdot C_{XT1} \quad \text{kgf}$$

Para $\Theta = 15^\circ$, obtém-se:

$$F_{estrutura \text{ LT } 500KV} = q_0 \cdot 1,05 \cdot G_T \cdot (0,933 S_{T1} C_{XT1} + 0,067 S_{T2} C_{XT2}) \quad \text{kgf}$$

Para $\Theta = 30^\circ$, obtém-se:

$$F_{estrutura \text{ LT } 500KV} = q_0 \cdot 1,15 \cdot G_T \cdot (0,75 S_{T1} C_{XT1} + 0,25 S_{T2} C_{XT2}) \quad \text{kgf}$$

Para $\Theta = 45^\circ$, obtém-se:

$$F_{estrutura \text{ LT } 500KV} = q_0 \cdot 0,6 \cdot G_T \cdot (S_{T1} C_{XT1} + S_{T2} C_{XT2}) \quad \text{kgf}$$

4.5 Comparação da Ação de Vento Extremo com período de Retorno T= 250 anos /T= 500 anos.

Material	Pressão de Vento Extremo nos Cabos e Cadeias	
	250 anos (kgf/m ²)	500 anos (kgf/m ²)
Cabo Condutor	70	78
Cabos Para-raios /OPGW	75	84
Cadeia de Isoladores	105	117

5. PRESSÃO DE VENTO DE TORMENTAS ELÉTRICAS

5.1 Introdução

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

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

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

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

5.1.4 De modo a levar em conta essa característica a pressão resultante desse vento atuando sobre os cabos será multiplicada por um fator redutor igual a 0,25. O vento de tormentas não será corrigido para variações da altura de atuação.

5.2 Pressão Dinâmica de Referência

5.2.1 Considerando a fórmula da pressão dinâmica de referência indicada no item 4.1 e sendo a velocidade do vento de tormentas (500 anos , 3 segundos) indicada no item 3.1, tem-se:

Linha de transmissão	μ (kg/m ³)	VR (m/s)	q0 (kgf/m ²)
Trechos de paralelismo	1,1213	45,83	121

5.3 Pressões Atuando nos Cabos

Conforme item 5.1.4, tem-se:

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

Linha de transmissão	P_{cabos} (kgf/m ²)
Trechos de paralelismo	30

5.4 Pressão Atuando nas Cadeias de Isoladores

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

Linha de transmissão	P_{isol} (kgf/m ²)
Trechos de paralelismo	145

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

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

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

Para $\Theta = 15^\circ$, obtém-se: $F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot 1,05 \cdot S_{T1} \cdot C_{XT1} \text{ kgf}$

Para $\Theta = 30^\circ$, obtém-se: $F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot 1,15 \cdot S_{T1} \cdot C_{XT1} \text{ kgf}$

Para $\Theta = 45^\circ$, obtém-se: $F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot 0,6 \cdot S_{T1} \cdot C_{XT1} \text{ kgf}$

5.6 Comparação da Ação do Vento de Tormentas para período de Retorno T= 250 anos / T= 500 anos.

Material	Pressão de Vento Tormentas nos Cabos e Cadeias	
	250 anos (kgf/m ²)	500 anos (kgf/m ²)
Cabo Condutor	28	30
Cabos Para-raios /OPGW	28	30
Cadeia de Isoladores	136	145

6. ESTUDO MECÂNICO

Com base no relatórios do RE-EQT4-L400-PB-ELM-0006 utilizou-se como critério de confiabilidade, o trecho de paralelismo submetido a ação do vento com período de retorno de 500 anos.

6.1. Velocidades do Vento

LT	Velocidade extrema (500 anos, 10 min, 10 m, cat. B) (m/s)
Trechos de paralelismo	26,39

*Estão sendo consideradas as velocidades de vento mais desfavoráveis

6.2. Pressões Decorrentes da Ação do Vento Extremo (T = 500 anos)

LT	Condutores (kgf/m ²)	Para-raios (kgf/m ²)
Trechos de paralelismo	78	84

6.3. Condições De Governo (T = 500 anos)

Condições de Governo	Trações Limites				
	AAAC 838 kcmil	Dotterel	3/8 EAR	OPGW 15,6	OPGW 13,6
70% CR : Final, Vento extremo; Tração suporte (Pressão de Vento ver Item 6.2)	6629 kgf	5499 kgf	4889 kgf	8836 kgf	6633kgf

6.4. Abaixo segue o resumo dos resultados obtidos no programa de flechas e trações conforme Anexo 2

a) LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (Trechos de paralelismo)

Trações - Final, Vento Extremo (kgf)							
Cabos	Vãos Básicos (m)						
	300	400	500	600	700	800	900
Condutor CAL 838	3417	3582	3692	3771	3834	3889	3939
Para-raios CAA DOTTEREL	2155	2295	2391	2461	2515	2559	2597
Para-raios 3/8 EAR	1296	1378	1435	1476	1508	1534	1556
Para-raios OPGW 15,6	2362	2491	2578	2640	2689	2730	2766
Para-raios OPGW 13,8	2002	2117	2196	2253	2297	2333	2365

6.5. Comparação de Trações para Período de Retorno T= 250 anos / T= 500 anos.

Trações - Final, Vento Extremo (kgf)								
Cabos	Período de Retorno	Vãos Básicos (m)						
		300	400	500	600	700	800	900
Condutor CAL 838	250 anos	3216	3352	3441	3506	3559	3605	3648
	500 anos	3417	3582	3692	3771	3834	3889	3939
Para-raios CAA DOTTEREL	250 anos	2038	2158	2240	2298	2344	2381	2414
	500 anos	2155	2295	2391	2461	2515	2559	2597
Para-raios 3/8 EAR	250 anos	1227	1298	1346	1380	1407	1429	1449
	500 anos	1296	1378	1435	1476	1508	1534	1556
Para-raios OPGW 15,6	250 anos	2245	2354	2427	2480	2521	2556	2587
	500 anos	2362	2491	2578	2640	2689	2730	2766
Para-raios OPGW 13,8	250 anos	1904	2002	2068	2116	2154	2185	2213
	500 anos	2002	2117	2196	2253	2297	2333	2365

7. ISOLADORES E FERRAGENS

7.1. Foram calculadas as cargas nos isoladores para $T = 500$ anos, os resultados são apresentados na tabela abaixo, Conforme pode ser constatado as novas cargas resultam na manutenção do mesmo dimensionamento das cadeias consideradas para a LT conforme relatórios RE-EQT4-L400-PB-ELM-0010_ISOLADORES E FERRAGENS

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	6677	6086	0	9035	0,6	Limite Escoramento	III	1	148	160	210
RUPTURA DO CONDUTOR	397	6086	381	6111	0,6	Limite Escoramento	III	1	100	120	
CONSTRUÇÃO	570	11134	1066	11199	0,6	Limite Escoramento	III	1	183	210	
ESTRUTURA DE SUSPENSÃO AUTOPORTANTE V2SP											
Hipótese de Carga	Carregamentos					ISOLADOR (kN)					
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Penca	Calculado	FINAL	Adotado
					Fator	Critério					
VENTO EXTREMO	9145	7704	0	11957	0,6	Limite Escoramento	IVI	1	195	210	210
RUPTURA DO CONDUTOR	1190	7704	381	7804	0,6	Limite Escoramento	IVI	1	128	160	
CONSTRUÇÃO	1711	12104	1066	12271	0,6	Limite Escoramento	IVI	1	201	210	
ESTRUTURA DE SUSPENSÃO AUTOPORTANTE V2TR											
Hipótese de Carga	Carregamentos					ISOLADOR (kN)					
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Penca	Calculado	FINAL	Adotado
					Fator	Critério					
VENTO EXTREMO	7472	6895	0	10167	0,6	Limite Escoramento	IVI	1	166	210	210
RUPTURA DO CONDUTOR	794	6895	381	6951	0,6	Limite Escoramento	IVI	1	114	120	
CONSTRUÇÃO	1141	11619	1066	11723	0,6	Limite Escoramento	IVI	1	192	210	
ESTRUTURA DE ANCORAGEM V2AA											
Hipótese de Carga	Carregamentos					ISOLADOR (kN)					
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Penca	Calculado (critério N-1)	FINAL	Adotado
					Fator	Critério					
VENTO EXTREMO	16000	9237	0	18475	0,6	Limite Escoramento	Quadruplo Anco	4	101	120	160
RUPTURA DO CONDUTOR	8460	10161	13076	18596	0,6	Limite Escoramento	Quadruplo Anco	4	101	120	
CONSTRUÇÃO	8460	2997	1066	9039	0,6	Limite Escoramento	Quadruplo Anco	4	49	120	
ESTRUTURA DE ANCORAGEM V2AT											
Hipótese de Carga	Carregamentos					ISOLADOR (kN)					
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Penca	Calculado (critério N-1)	FINAL	Adotado
					Fator	Critério					
VENTO EXTREMO	26129	9237	0	27714	0,6	Limite Escoramento	Quadruplo Anco	4	151	160	160
RUPTURA DO CONDUTOR	16344	10161	13076	23267	0,6	Limite Escoramento	Quadruplo Anco	4	127	160	
CONSTRUÇÃO	16344	2997	1066	16651	0,6	Limite Escoramento	Quadruplo Anco	4	91	120	
VENTO EXTREMO TERMINAL	15629	9237	21000	27760	0,6	Limite Escoramento	Quadruplo Anco	4	151	160	

7.2 As cadeias de isoladores estão assim mantidas para o trecho de paralelismo:

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

8. VERIFICAÇÃO DAS ESTRUTURAS PARA T = 500 ANOS

- 8.1. Objetivando o aproveitamento das estruturas já projetadas para o empreendimento, verificou-se a aplicação das estruturas da série da LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino na situação de vento extremo T=500 anos.
- 8.2. No Anexo 4 tem-se a memória de cálculo da torre predominante V2CRL pertencente a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino, que apresenta cargas superiores as calculadas para as velocidades de vento para 500 anos para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3, de modo a validarem a utilização dessa torre no trecho de paralelismo.

9. DESEMPENHO FRENTE ÀS DESCARGAS ATMOSFERIAS

- 9.1. A localização aproximada da LT, indica um nível cerâmico de 50 dias de tempestade/ano, para garantir o bom desempenho das LT's no trecho de paralelismo serão considerados 75 dias de tempestade/ano, ou seja 50% maior que o nível cerâmico da região.
- 9.2. Para o trecho de paralelismo verificou-se por meio do programa flash para 75 dias de tempestade/ano, e 20 Ω médio para resistência de pé de torre, que a taxa de desligamento é de aproximadamente 0,95 por 100 km por ano, ou seja menos 1 desligamento por 100 km por ano conforme estabelecido no edital. A saída do programa flash consta do anexo 3.
- 9.3. Apesar deste bom desempenho estimado, os aterramentos das estruturas serão especiais, independentemente das resistências de pé de torre que serão alcançadas, serão adicionados cabos contrapesos interligando todos os ramais, cabos de estais ou pernas das torres e lançados eventualmente hastes de aterramento nas pontas dos contrapesos longitudinais e transversais, também instalados, de forma a melhorar a impedância impulsiva das torres (abaixo aterramento típico).

10. CONCLUSÃO

Os estudos apresentaram os resultados das medidas mitigadoras que permitem minimizar os riscos de desligamento simultâneo dos dois circuitos simples C1 e C2, referentes à interligação entre as subestações 500 kV Igaporã III e Janaúba 3.

Quanto ao aspecto mecânico, adotou-se como solução o aumento da confiabilidade mecânica destes circuitos nos trechos em que as faixas de servidão estão contíguas.

O aumento da confiabilidade mecânica foi obtido com o aumento do período de retorno do vento, originalmente de 250 anos, conforme Edital da ANEEL, para um período de retorno de 500 anos.

Serão utilizadas as estruturas da LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino. Os ventos calculados para 500 anos se mostraram inferiores aos ventos considerados nesta LT. No entanto serão utilizadas as estruturas desta serie de forma a aumentar a confiabilidade da linha, resultando efetivamente em um período de retorno superior a 500 anos.

Ainda como medida mitigadora quanto a possibilidade da perda simultânea das linhas de transmissão, adotou-se as seguintes medidas para melhorar o desempenho dos circuitos frente às descargas atmosféricas, tendo em vista as experiências de desligamentos por este fenômeno constatadas pelo setor elétrico brasileiro:

- a) Verificação primeiramente do bom desempenho de cada circuito:
 - Aumento o nível cerâmico das LT's para 75 dias de tempestade/ano

b) Ações adicionais mitigadoras:

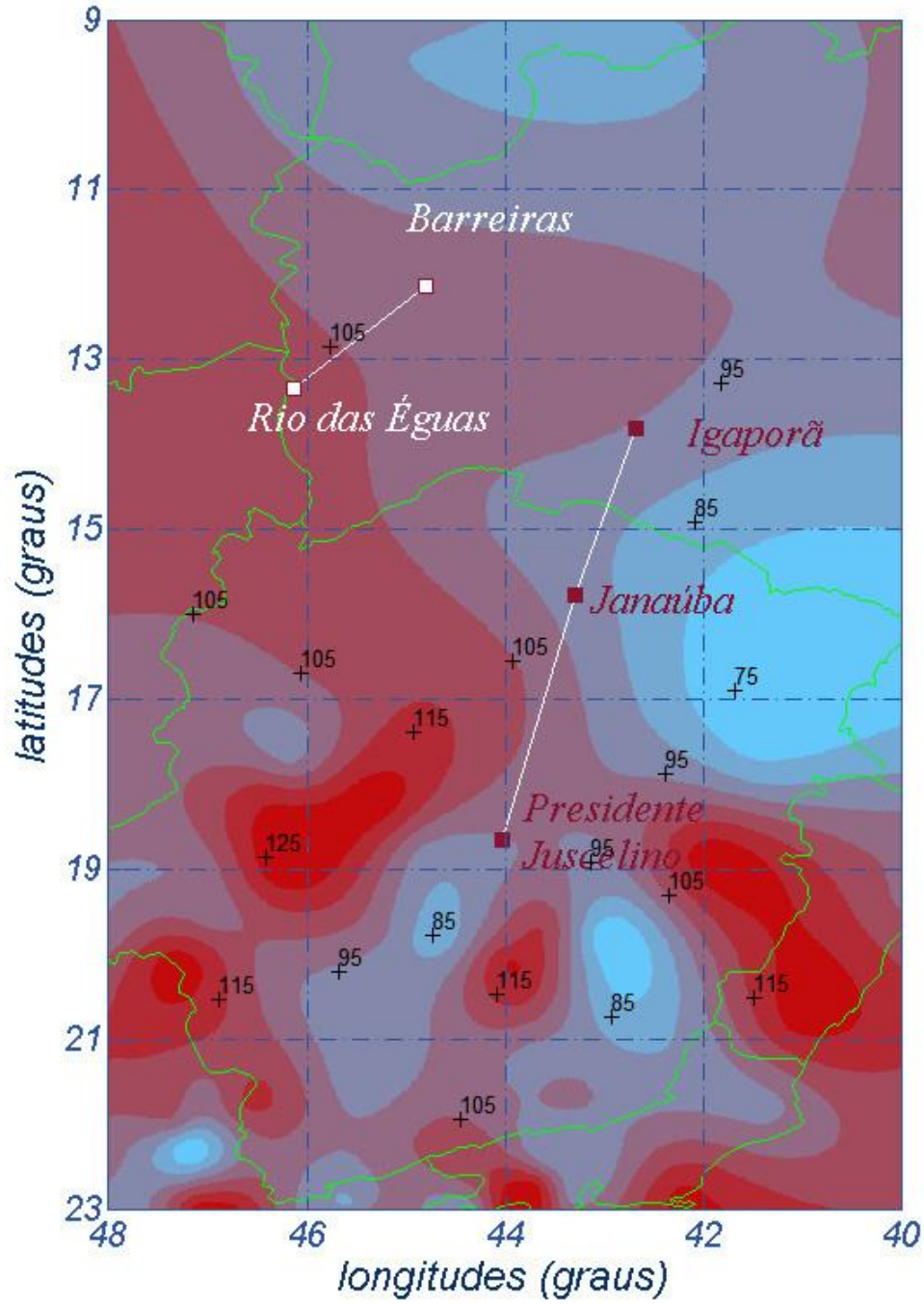
- Adotou-se aplicar um sistema de aterramento especial cuja finalidade é melhorar o desempenho transitório dos aterramentos, não aumentando necessariamente o comprimento total dos cabos contrapeso instalados, mas sim aumentando as ramificações do sistema de aterramento, aplicando hastes de aterramento nos terminais de ramais, e fechando em anel os pés ou estais e mastros das torres. Os sistemas de aterramento quando excitados por correntes impulsivas diferem em comportamento quando excitados por correntes de baixa frequência (60 Hz por exemplo). Apesar das baixas taxas de desligamento estimadas, este tipo de aterramento especial visa reduzir a permanência das tensões transferidas para o topo das cadeias de isoladores que podem promover desligamentos por backflashover.

11. REFERÊNCIAS

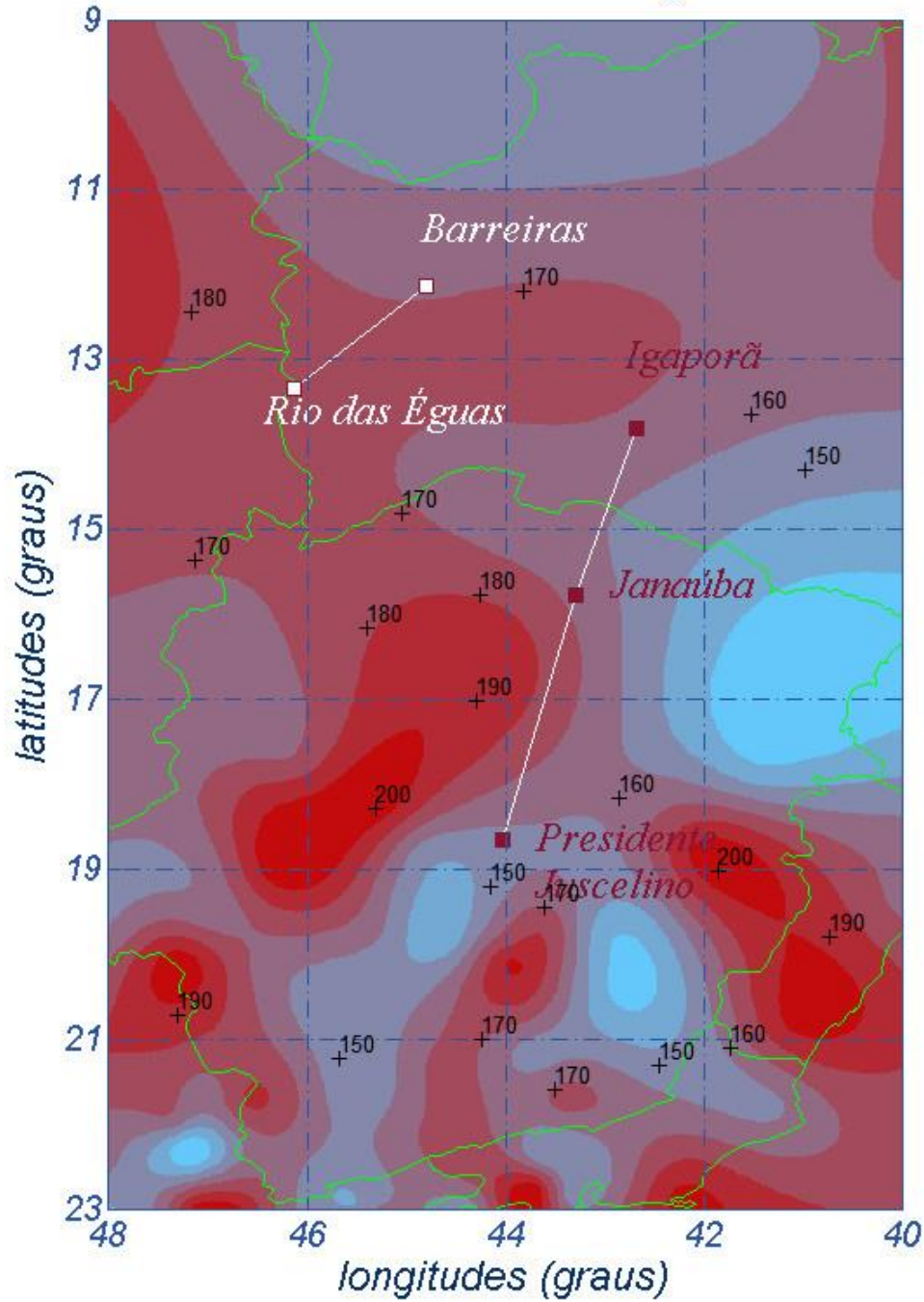
- 1 NBR 5422 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 2 Norma IEC 60826 – Design criteria of overhead transmission lines.
- 3 Relatório R3 – Caracterização e Análise Socioambiental - Linha de Transmissão Lote A
- 4 Relatório RE-EQT4-L400-PB-ELM-0003 _DADOS CLIMATOLÓGICOS
- 5 Relatório RE-EQT4-L400-PB-ELM-0004_VELOCIDADES DE VENTOS
- 6 Relatório RE-EQT4-L400-PB-ELM-0009_COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO
- 7 Kendall, G. R. – Statistical Analysis of Extreme Values – First Canadian Hydrology Conference, July 1959.
- 8 Cigré Working Group 22.06, “Probabilistic Design of Overhead Transmission (CIGRÉ Brochure 109 - 22-00 (WG-06)01, 1996
- 9 Silva Filho, J. I., Menezes Jr, A. A. – Mapeamento de Isótopos do Brasil, Relatório Técnico Cepel 851/82.

ANEXO 1 – ISOTACAS DAS VELOCIDADES DE VENTO CALCULADAS PARA T=500 ANOS

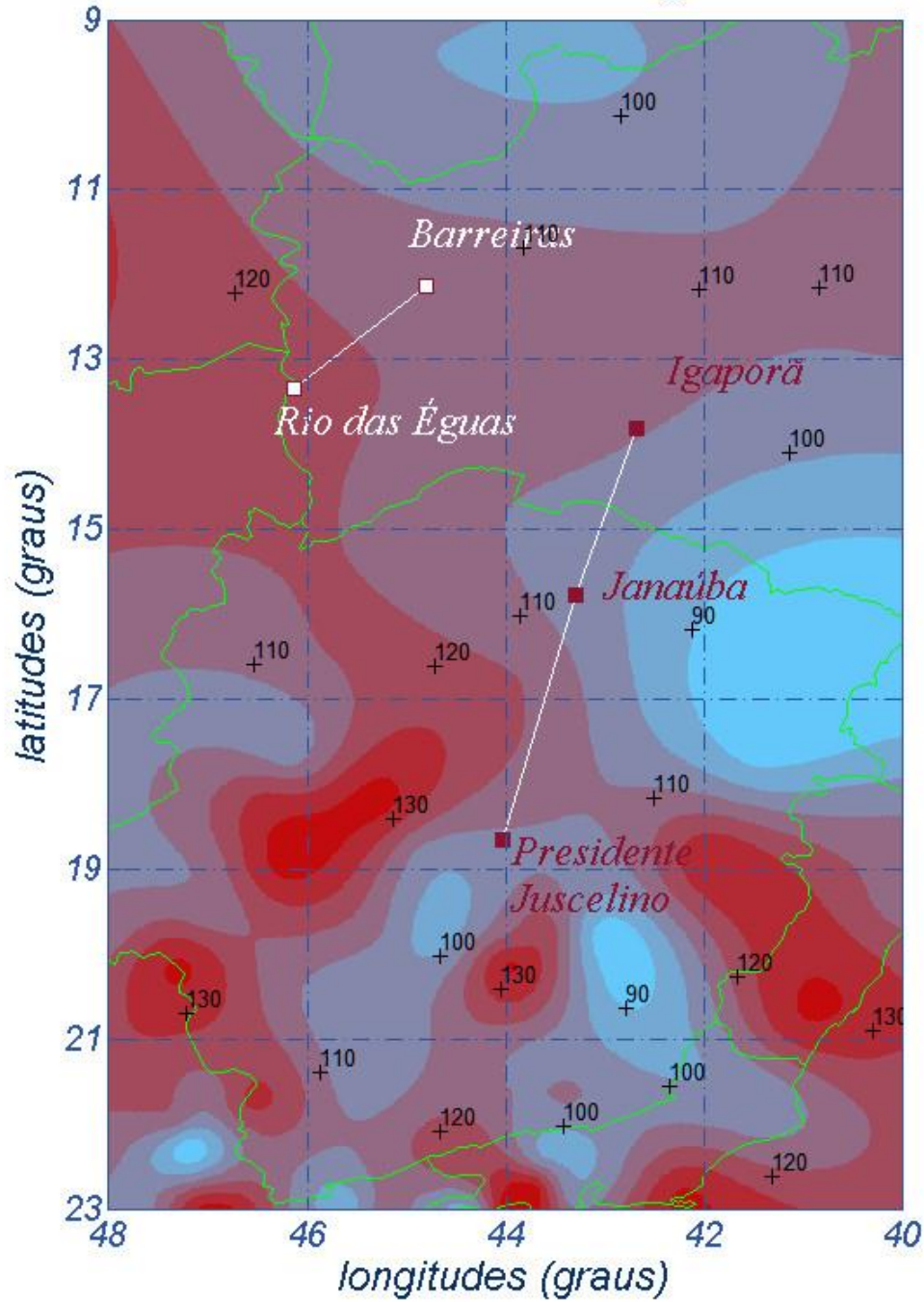
km/h - 500 anos / 10 minutos



km/h - 500 anos / 3 segundos



km/h - 75 anos / 30 segundos



ANEXO 2 – FLECHAS E TRAÇÕES

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

78 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: PROJETO BASICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C1 e C2

TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

CABO: CAA 1120N	838.0kcmil	37fios	6 POR FASE
diâmetro = 26.78 mm	coef. dilat.i = 0.00002300	oC-1	
área secção = 425.16 mm ²	coef. dilat.f = 0.00002300	oC-1	
peso linear = 1.1720 kgf/m	mód. elast. i = 4829. kgf/mm ²		
carga rupt. = 9471. kgf	mód. elast. f = 6526. kgf/mm ²		

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 78.00 kgf/m²
Carga = 2.3952 kgf/m

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
Comprimento = 0.00 m
Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

78 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 2

 PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

CABO: CAA 1120N 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 5.31 5.31	2483.9 2487.0 2490.1
	22.	0.00 6.04 6.04	2184.0 2187.5 2191.1
	55.	0.00 7.44 7.44	1772.9 1777.3 1781.6
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 7.48 7.48	3603.8 3612.7 3621.6
FINAIS	5.	0.00 6.18 6.18	2134.3 2137.9 2141.5
	10.	0.00 6.41 6.42	2056.6 2060.3 2064.1
	17.	0.00 6.74 6.74	1958.1 1962.0 1965.9
	22.	0.00 6.97 6.97	1894.3 1898.3 1902.4
	55.	0.00 8.39 8.39	1573.9 1578.8 1583.7
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 7.94 7.94	3398.3 3407.8 3417.3

VÃO = 400.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 10.52 10.52	2229.4 2235.6 2241.7
	22.	0.00 11.38 11.38	2062.6 2069.3 2075.9
	55.	0.00 12.96 12.96	1811.8 1819.3 1826.9
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 13.04 13.04	3679.2 3694.7 3710.3
FINAIS	5.	0.00 11.53 11.53	2034.9 2041.7 2048.4
	10.	0.00 11.79 11.79	1990.8 1997.7 2004.5
	17.	0.00 12.14 12.14	1933.0 1940.0 1947.1
	22.	0.00 12.39 12.39	1894.3 1901.5 1908.7
	55.	0.00 13.95 13.96	1682.4 1690.5 1698.6
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 13.51 13.51	3550.2 3566.3 3582.4

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

78 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 3

 PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

CABO: CAA 1120N 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 17.42 17.42	2106.3 2116.4 2126.6
	22.	0.00 18.32 18.32	2003.0 2013.7 2024.3
	55.	0.00 19.99 19.99	1836.0 1847.6 1859.2
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 20.11 20.11	3730.6 3754.5 3778.4
FINAIS	5.	0.00 18.48 18.48	1985.7 1996.4 2007.2
	10.	0.00 18.74 18.74	1957.5 1968.4 1979.3
	17.	0.00 19.11 19.11	1919.9 1931.0 1942.1
	22.	0.00 19.37 19.37	1894.2 1905.5 1916.8
	55.	0.00 21.03 21.03	1745.9 1758.1 1770.3
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 20.59 20.59	3642.7 3667.1 3691.6

VÃO = 510.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 18.19 18.19	2097.8 2108.4 2119.0
	22.	0.00 19.10 19.10	1998.8 2009.9 2021.0
	55.	0.00 20.78 20.78	1837.8 1849.9 1862.0
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 20.90 20.90	3734.8 3759.6 3784.4
FINAIS	5.	0.00 19.26 19.26	1982.2 1993.4 2004.6
	10.	0.00 19.53 19.53	1955.2 1966.5 1977.9
	17.	0.00 19.90 19.90	1919.0 1930.5 1942.1
	22.	0.00 20.16 20.16	1894.2 1906.0 1917.7
	55.	0.00 21.82 21.82	1750.7 1763.3 1776.0
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 21.39 21.39	3649.8 3675.1 3700.5

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

78 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 4

 PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

CABO: CAA 1120N 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 25.92 25.92	2040.0 2055.0 2070.1
	22.	0.00 26.84 26.84	1970.0 1985.6 2001.2
	55.	0.00 28.57 28.57	1851.3 1867.9 1884.4
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 28.71 28.71	3765.3 3799.3 3833.3
FINAIS	5.	0.00 27.01 27.01	1958.2 1973.8 1989.5
	10.	0.00 27.28 27.28	1938.7 1954.5 1970.4
	17.	0.00 27.66 27.66	1912.4 1928.4 1944.5
	22.	0.00 27.92 27.92	1894.2 1910.4 1926.6
	55.	0.00 29.63 29.64	1785.4 1802.6 1819.7
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 29.21 29.21	3701.7 3736.3 3770.8

VÃO = 700.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 36.01 36.01	2000.5 2021.4 2042.2
	22.	0.00 36.95 36.95	1950.0 1971.4 1992.7
	55.	0.00 38.72 38.72	1861.5 1883.9 1906.2
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 38.87 38.87	3789.2 3835.0 3880.8
FINAIS	5.	0.00 37.11 37.11	1941.4 1962.8 1984.3
	10.	0.00 37.39 37.39	1927.2 1948.8 1970.3
	17.	0.00 37.77 37.77	1907.7 1929.5 1951.3
	22.	0.00 38.04 38.05	1894.2 1916.2 1938.1
	55.	0.00 39.80 39.80	1811.4 1834.3 1857.2
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 39.38 39.38	3741.2 3787.6 3834.0

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

78 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 5

PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

CABO: CAA 1120N 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 47.69 47.69	1975.2 2002.7 2030.1
	22.	0.00 48.64 48.64	1937.0 1965.0 1992.9
	55.	0.00 50.44 50.44	1868.6 1897.5 1926.5
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 50.61 50.61	3806.1 3865.4 3924.8
FINAIS	5.	0.00 48.81 48.81	1930.4 1958.5 1986.5
	10.	0.00 49.09 49.09	1919.6 1947.8 1976.0
	17.	0.00 49.48 49.48	1904.7 1933.1 1961.5
	22.	0.00 49.75 49.75	1894.2 1922.8 1951.4
	55.	0.00 51.54 51.54	1829.2 1858.8 1888.3
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 51.12 51.12	3768.7 3828.6 3888.5

VÃO = 900.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 60.97 60.97	1958.0 1992.9 2027.8
	22.	0.00 61.93 61.93	1928.1 1963.5 1998.9
	55.	0.00 63.75 63.75	1873.6 1910.0 1946.4
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 63.93 63.93	3818.4 3893.0 3967.6
FINAIS	5.	0.00 62.10 62.10	1922.9 1958.4 1993.9
	10.	0.00 62.38 62.38	1914.3 1950.0 1985.6
	17.	0.00 62.77 62.77	1902.5 1938.4 1974.3
	22.	0.00 63.05 63.05	1894.2 1930.2 1966.3
	55.	0.00 64.86 64.87	1841.9 1878.9 1916.0
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 64.45 64.45	3788.4 3863.6 3938.7

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

CABO: CAA DOTTEREL	176.9 MCM	12/7	1 POR FASE
diâmetro =	15.42 mm	coef. dilat.i =	0.00001480 oC-1
área secção =	141.89 mm ²	coef. dilat.f =	0.00001530 oC-1
peso linear =	0.6570 kgf/m	mód. elast. i =	9773. kgf/mm ²
carga rupt. =	7857. kgf	mód. elast. f =	10687. kgf/mm ²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 84.00 kgf/m²
Carga = 1.4524 kgf/m

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
Comprimento = 0.00 m
Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 2

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 °C - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 0.00 °C

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [°C]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 5.77 5.77	1282.2 1284.1 1286.0
	22.	0.00 6.27 6.27	1180.0 1182.0 1184.1
	40.	0.00 6.79 6.79	1089.5 1091.7 1093.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 7.72 7.72	2117.3 2122.8 2128.4
FINAIS	5.	0.00 5.74 5.74	1289.0 1290.9 1292.7
	10.	0.00 5.89 5.89	1254.7 1256.6 1258.6
	17.	0.00 6.11 6.11	1209.9 1211.9 1213.9
	22.	0.00 6.27 6.27	1180.0 1182.1 1184.1
	40.	0.00 6.82 6.82	1084.9 1087.1 1089.3
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 7.63 7.63	2143.6 2149.1 2154.6

VÃO = 400.00 m CREEP = 0.00 °C

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [°C]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 10.58 10.58	1243.6 1247.0 1250.5
	22.	0.00 11.15 11.15	1180.0 1183.6 1187.3
	40.	0.00 11.74 11.74	1120.8 1124.7 1128.5
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 12.90 12.90	2254.1 2263.4 2272.7
FINAIS	5.	0.00 10.55 10.55	1247.0 1250.4 1253.9
	10.	0.00 10.73 10.73	1226.3 1229.8 1233.3
	17.	0.00 10.97 10.97	1198.7 1202.3 1205.9
	22.	0.00 11.15 11.15	1180.0 1183.7 1187.3
	40.	0.00 11.76 11.76	1118.2 1122.0 1125.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 12.78 12.78	2276.5 2285.7 2294.9

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 3

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 16.82 16.82	1222.6 1228.1 1233.6
	22.	0.00 17.43 17.43	1180.0 1185.7 1191.4
	40.	0.00 18.06 18.06	1138.9 1144.8 1150.7
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.39 19.39	2344.9 2358.9 2372.9
FINAIS	5.	0.00 16.79 16.79	1224.6 1230.1 1235.6
	10.	0.00 16.98 16.98	1211.0 1216.6 1222.1
	17.	0.00 17.24 17.24	1192.7 1198.3 1203.9
	22.	0.00 17.43 17.43	1180.0 1185.7 1191.4
	40.	0.00 18.08 18.09	1137.2 1143.1 1149.0
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.24 19.24	2363.4 2377.2 2391.1

VÃO = 510.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 17.52 17.52	1221.1 1226.8 1232.5
	22.	0.00 18.13 18.13	1180.0 1185.9 1191.8
	40.	0.00 18.77 18.77	1140.3 1146.4 1152.5
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 20.12 20.12	2352.2 2366.7 2381.2
FINAIS	5.	0.00 17.49 17.49	1223.0 1228.7 1234.4
	10.	0.00 17.68 17.68	1209.9 1215.7 1221.5
	17.	0.00 17.95 17.95	1192.2 1198.1 1203.9
	22.	0.00 18.13 18.13	1180.0 1185.9 1191.8
	40.	0.00 18.79 18.79	1138.6 1144.8 1150.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.96 19.96	2370.3 2384.7 2399.1

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 4

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 24.48 24.48	1210.3 1218.3 1226.3
	22.	0.00 25.11 25.11	1180.0 1188.2 1196.4
	40.	0.00 25.77 25.77	1150.1 1158.4 1166.8
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 27.23 27.23	2406.8 2426.4 2446.0
FINAIS	5.	0.00 24.45 24.45	1211.6 1219.6 1227.6
	10.	0.00 24.65 24.65	1202.1 1210.1 1218.1
	17.	0.00 24.92 24.92	1189.1 1197.2 1205.3
	22.	0.00 25.11 25.11	1180.0 1188.2 1196.3
	40.	0.00 25.80 25.80	1148.9 1157.3 1165.7
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 27.06 27.06	2422.0 2441.5 2460.9

VÃO = 700.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 33.56 33.56	1202.6 1213.5 1224.4
	22.	0.00 34.21 34.21	1180.0 1191.1 1202.2
	40.	0.00 34.89 34.89	1157.3 1168.6 1179.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 36.44 36.44	2450.3 2476.4 2502.5
FINAIS	5.	0.00 33.54 33.54	1203.5 1214.4 1225.3
	10.	0.00 33.74 33.74	1196.5 1207.4 1218.4
	17.	0.00 34.01 34.01	1186.8 1197.8 1208.9
	22.	0.00 34.21 34.21	1180.0 1191.1 1202.2
	40.	0.00 34.91 34.91	1156.4 1167.8 1179.1
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 36.25 36.25	2462.8 2488.8 2514.7

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 5

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 44.07 44.07	1197.5 1211.7 1226.0
	22.	0.00 44.73 44.73	1180.0 1194.4 1208.9
	40.	0.00 45.42 45.42	1162.2 1176.9 1191.6
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 47.03 47.04	2481.6 2515.1 2548.7
FINAIS	5.	0.00 44.04 44.04	1198.2 1212.4 1226.7
	10.	0.00 44.24 44.24	1192.7 1207.0 1221.4
	17.	0.00 44.53 44.53	1185.3 1199.7 1214.0
	22.	0.00 44.73 44.73	1180.0 1194.5 1208.9
	40.	0.00 45.44 45.44	1161.6 1176.3 1190.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 46.84 46.84	2492.0 2525.4 2558.8

VÃO = 900.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 56.00 56.00	1193.9 1212.0 1230.0
	22.	0.00 56.67 56.67	1180.0 1198.2 1216.5
	40.	0.00 57.37 57.37	1165.8 1184.2 1202.7
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 59.04 59.04	2504.8 2546.7 2588.6
FINAIS	5.	0.00 55.98 55.98	1194.5 1212.5 1230.5
	10.	0.00 56.18 56.18	1190.2 1208.2 1226.3
	17.	0.00 56.47 56.47	1184.2 1202.4 1220.5
	22.	0.00 56.67 56.67	1180.0 1198.2 1216.5
	40.	0.00 57.39 57.40	1165.2 1183.7 1202.2
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 58.84 58.84	2513.5 2555.3 2597.1

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

CABO: CAA 3/8" 1 POR FASE
 diâmetro = 9.14 mm coef. dilat.i = 0.00001152 oC-1
 área secção = 51.08 mm² coef. dilat.f = 0.00001152 oC-1
 peso linear = 0.4070 kgf/m mód. elast. i = 18600. kgf/mm²
 carga rupt. = 6985. kgf mód. elast. f = 18200. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 84.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 0.8693 kgf/m	Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
 Comprimento = 0.00 m
 Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 0.00 kgf	Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 2

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

CABO: CAA 3/8"

1 POR FASE

 PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 °C - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 0.00 °C

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [°C]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 5.87 5.87	780.8 782.0 783.2
	22.	0.00 6.27 6.27	731.0 732.3 733.6
	40.	0.00 6.68 6.68	685.5 686.8 688.2
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 7.57 7.57	1292.5 1295.8 1299.1
FINAIS	5.	0.00 5.87 5.87	780.5 781.7 782.9
	10.	0.00 5.99 5.99	765.2 766.4 767.6
	17.	0.00 6.15 6.15	744.8 746.1 747.3
	22.	0.00 6.27 6.27	731.0 732.3 733.5
	40.	0.00 6.68 6.68	685.7 687.0 688.4
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 7.59 7.59	1289.0 1292.3 1295.6

VÃO = 400.00 m CREEP = 0.00 °C

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [°C]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 10.70 10.70	761.8 763.9 766.1
	22.	0.00 11.15 11.15	731.0 733.3 735.5
	40.	0.00 11.61 11.61	701.6 704.0 706.3
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 12.70 12.70	1370.4 1375.9 1381.4
FINAIS	5.	0.00 10.70 10.70	761.7 763.8 766.0
	10.	0.00 10.83 10.83	752.3 754.5 756.7
	17.	0.00 11.02 11.02	739.7 741.9 744.2
	22.	0.00 11.15 11.15	731.0 733.3 735.5
	40.	0.00 11.61 11.61	701.7 704.1 706.4
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 12.73 12.73	1367.4 1372.9 1378.4

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 3

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

CABO: CAA 3/8"

1 POR FASE

PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 16.95 16.95	751.6 755.0 758.4
	22.	0.00 17.43 17.43	731.0 734.5 738.1
	40.	0.00 17.92 17.92	710.8 714.4 718.0
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.15 19.15	1420.9 1429.2 1437.5
FINAIS	5.	0.00 16.95 16.95	751.5 755.0 758.4
	10.	0.00 17.09 17.09	745.3 748.8 752.2
	17.	0.00 17.29 17.29	736.9 740.4 743.9
	22.	0.00 17.43 17.43	731.0 734.5 738.0
	40.	0.00 17.92 17.92	710.8 714.5 718.1
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.19 19.19	1418.5 1426.8 1435.1

VÃO = 510.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 17.65 17.65	750.8 754.4 758.0
	22.	0.00 18.13 18.13	731.0 734.7 738.3
	40.	0.00 18.63 18.63	711.5 715.2 719.0
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.87 19.87	1424.9 1433.5 1442.1
FINAIS	5.	0.00 17.65 17.65	750.8 754.4 757.9
	10.	0.00 17.79 17.79	744.8 748.4 752.0
	17.	0.00 17.99 17.99	736.7 740.3 743.9
	22.	0.00 18.13 18.13	731.0 734.7 738.3
	40.	0.00 18.63 18.63	711.5 715.3 719.0
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.91 19.91	1422.6 1431.1 1439.7

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 4

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

CABO: CAA 3/8"

1 POR FASE

PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 24.62 24.62	745.6 750.6 755.6
	22.	0.00 25.11 25.11	731.0 736.1 741.1
	40.	0.00 25.63 25.63	716.3 721.5 726.7
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 26.96 26.96	1454.8 1466.4 1478.0
FINAIS	5.	0.00 24.62 24.62	745.6 750.6 755.5
	10.	0.00 24.76 24.76	741.2 746.2 751.2
	17.	0.00 24.97 24.97	735.2 740.3 745.3
	22.	0.00 25.11 25.11	731.0 736.1 741.1
	40.	0.00 25.63 25.63	716.4 721.5 726.7
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 27.00 27.00	1452.8 1464.4 1476.1

VÃO = 700.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 33.70 33.70	741.9 748.7 755.5
	22.	0.00 34.21 34.21	731.0 737.9 744.8
	40.	0.00 34.74 34.74	719.9 726.9 733.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 36.14 36.14	1478.3 1493.8 1509.3
FINAIS	5.	0.00 33.70 33.70	741.9 748.7 755.5
	10.	0.00 33.85 33.85	738.6 745.5 752.3
	17.	0.00 34.06 34.06	734.2 741.0 747.8
	22.	0.00 34.21 34.21	731.0 737.9 744.7
	40.	0.00 34.74 34.74	719.9 726.9 733.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 36.18 36.18	1476.6 1492.1 1507.7

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 5

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

CABO: CAA 3/8" 1 POR FASE

PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 44.21 44.21	739.4 748.3 757.1
	22.	0.00 44.73 44.73	731.0 740.0 748.9
	40.	0.00 45.27 45.27	722.4 731.4 740.5
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 46.72 46.73	1495.0 1515.0 1534.9
FINAIS	5.	0.00 44.21 44.21	739.4 748.3 757.1
	10.	0.00 44.36 44.36	736.9 745.8 754.7
	17.	0.00 44.58 44.58	733.4 742.4 751.3
	22.	0.00 44.73 44.73	731.0 740.0 748.9
	40.	0.00 45.26 45.27	722.4 731.4 740.5
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 46.77 46.77	1493.7 1513.6 1533.6

VÃO = 900.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 56.15 56.15	737.7 748.9 760.1
	22.	0.00 56.67 56.67	731.0 742.3 753.6
	40.	0.00 57.22 57.22	724.1 735.5 746.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 58.72 58.72	1507.3 1532.3 1557.2
FINAIS	5.	0.00 56.15 56.15	737.7 748.9 760.1
	10.	0.00 56.30 56.30	735.7 746.9 758.2
	17.	0.00 56.52 56.52	733.0 744.2 755.5
	22.	0.00 56.67 56.67	731.0 742.3 753.6
	40.	0.00 57.22 57.22	724.1 735.5 746.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 58.76 58.76	1506.2 1531.2 1556.1

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

OPGW 15,6

TRAÇÃO DE PARTIDA

1436 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

CABO: CAA OPGW1 1 POR FASE
 diâmetro = 15.60 mm coef. dilat.i = 0.00001433 oC-1
 área secção = 145.00 mm² coef. dilat.f = 0.00001433 oC-1
 peso linear = 0.8000 kgf/m mód. elast. i = 14300. kgf/mm²
 carga rupt. = 12623. kgf mód. elast. f = 12430. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 84.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 1.5353 kgf/m	Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
 Comprimento = 0.00 m
 Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 0.00 kgf	Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

OPGW 15,6

TRAÇÃO DE PARTIDA

1436 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 2

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

CABO: CAA OPGW1 1 POR FASE

 PARTIDA: 1436.0 kgf = 11.38 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 5.67 5.67	1587.9 1590.1 1592.4
	22.	0.00 6.18 6.18	1456.1 1458.5 1461.0
	40.	0.00 6.72 6.72	1341.1 1343.7 1346.4
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 7.17 7.17	2410.7 2416.2 2421.7
FINAIS	5.	0.00 5.78 5.78	1558.5 1560.8 1563.1
	10.	0.00 5.92 5.92	1520.2 1522.5 1524.9
	17.	0.00 6.13 6.13	1469.8 1472.3 1474.7
	22.	0.00 6.27 6.27	1436.0 1438.5 1441.0
	40.	0.00 6.78 6.78	1327.6 1330.3 1333.0
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 7.35 7.35	2350.6 2356.2 2361.8

VÃO = 400.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 10.48 10.48	1527.9 1532.1 1536.3
	22.	0.00 11.06 11.06	1448.6 1453.0 1457.4
	40.	0.00 11.65 11.65	1375.3 1379.9 1384.5
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 12.21 12.21	2518.4 2527.7 2537.0
FINAIS	5.	0.00 10.59 10.59	1511.6 1515.8 1520.0
	10.	0.00 10.76 10.76	1488.4 1492.6 1496.9
	17.	0.00 10.99 10.99	1457.2 1461.6 1466.0
	22.	0.00 11.15 11.15	1436.0 1440.4 1444.9
	40.	0.00 11.73 11.73	1365.5 1370.2 1374.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 12.44 12.44	2471.6 2481.1 2490.6

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

OPGW 15,6

TRAÇÃO DE PARTIDA

1436 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 3

 PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

CABO: CAA OPGW1 1 POR FASE

PARTIDA: 1436.0 kgf = 11.38 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 16.73 16.73	1496.7 1503.4 1510.0
	22.	0.00 17.33 17.33	1444.6 1451.5 1458.3
	40.	0.00 17.96 17.96	1394.4 1401.5 1408.7
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 18.59 18.59	2585.3 2599.4 2613.6
FINAIS	5.	0.00 16.84 16.84	1486.5 1493.2 1499.9
	10.	0.00 17.02 17.02	1471.2 1477.9 1484.7
	17.	0.00 17.26 17.26	1450.4 1457.2 1464.1
	22.	0.00 17.44 17.44	1436.0 1442.9 1449.9
	40.	0.00 18.05 18.05	1387.2 1394.4 1401.6
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 18.86 18.86	2548.8 2563.2 2577.6

VÃO = 510.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 17.43 17.43	1494.5 1501.4 1508.3
	22.	0.00 18.04 18.04	1444.3 1451.5 1458.6
	40.	0.00 18.67 18.67	1395.8 1403.2 1410.6
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.31 19.31	2590.5 2605.2 2619.9
FINAIS	5.	0.00 17.55 17.55	1484.7 1491.6 1498.6
	10.	0.00 17.72 17.72	1469.9 1476.9 1484.0
	17.	0.00 17.97 17.97	1449.8 1457.0 1464.1
	22.	0.00 18.14 18.14	1436.0 1443.2 1450.4
	40.	0.00 18.76 18.76	1388.9 1396.3 1403.8
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.58 19.58	2554.9 2569.8 2584.7

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

OPGW 15,6

TRAÇÃO DE PARTIDA

1436 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 4

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

CABO: CAA OPGW1

1 POR FASE

PARTIDA: 1436.0 kgf = 11.38 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 24.40 24.40	1478.9 1488.5 1498.2
	22.	0.00 25.02 25.02	1442.1 1452.1 1462.0
	40.	0.00 25.67 25.67	1405.9 1416.1 1426.3
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 26.35 26.35	2628.6 2648.6 2668.7
FINAIS	5.	0.00 24.51 24.51	1471.9 1481.6 1491.3
	10.	0.00 24.69 24.69	1461.1 1470.9 1480.6
	17.	0.00 24.95 24.95	1446.3 1456.2 1466.1
	22.	0.00 25.13 25.13	1436.0 1446.0 1455.9
	40.	0.00 25.77 25.77	1400.5 1410.8 1421.0
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 26.64 26.64	2599.9 2620.2 2640.4

VÃO = 700.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 33.48 33.48	1467.8 1481.0 1494.3
	22.	0.00 34.12 34.12	1440.6 1454.1 1467.6
	40.	0.00 34.78 34.78	1413.3 1427.1 1440.8
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 35.50 35.50	2657.9 2684.7 2711.6
FINAIS	5.	0.00 33.60 33.60	1462.7 1476.0 1489.3
	10.	0.00 33.79 33.79	1454.7 1468.1 1481.4
	17.	0.00 34.05 34.05	1443.7 1457.2 1470.6
	22.	0.00 34.23 34.23	1436.0 1449.5 1463.0
	40.	0.00 34.89 34.89	1409.2 1422.9 1436.7
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 35.81 35.81	2634.9 2662.1 2689.2

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)
CABO
OPGW 15,6
TRAÇÃO DE PARTIDA
1436 kgf, a 22° C, sem vento, final
PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)
84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 5

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

CABO: CAA OPGW1

1 POR FASE

 PARTIDA: 1436.0 kgf = 11.38 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
 22.0 °C - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 3.00 °C

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [°C]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 44.00 44.00	1460.5 1477.8 1495.2
	22.	0.00 44.64 44.64	1439.6 1457.2 1474.7
	40.	0.00 45.31 45.31	1418.3 1436.2 1454.0
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 46.06 46.06	2678.3 2713.1 2747.8
FINAIS	5.	0.00 44.11 44.11	1456.6 1474.0 1491.4
	10.	0.00 44.30 44.30	1450.5 1467.9 1485.4
	17.	0.00 44.57 44.57	1442.0 1459.5 1477.1
	22.	0.00 44.75 44.75	1436.0 1453.6 1471.2
	40.	0.00 45.42 45.42	1415.0 1432.9 1450.8
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 46.38 46.39	2659.7 2694.7 2729.7

VÃO = 900.00 m CREEP = 3.00 °C

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [°C]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 55.94 55.94	1455.5 1477.4 1499.3
	22.	0.00 56.59 56.59	1438.9 1461.0 1483.2
	40.	0.00 57.27 57.27	1421.9 1444.3 1466.7
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 58.04 58.04	2693.1 2736.7 2780.3
FINAIS	5.	0.00 56.05 56.06	1452.4 1474.4 1496.4
	10.	0.00 56.25 56.25	1447.5 1469.6 1491.6
	17.	0.00 56.51 56.51	1440.8 1462.9 1485.1
	22.	0.00 56.70 56.70	1436.0 1458.2 1480.4
	40.	0.00 57.38 57.38	1419.2 1441.7 1464.1
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 58.37 58.37	2677.8 2721.6 2765.5

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

CABO: CAA OPGW2 1 POR FASE
 diâmetro = 13.40 mm coef. dilat.i = 0.00001320 oC-1
 área secção = 103.00 mm² coef. dilat.f = 0.00001320 oC-1
 peso linear = 0.6820 kg/m mód. elast. i = 13800. kgf/mm²
 carga rupt. = 9477. kgf mód. elast. f = 13800. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 84.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 1.3161 kgf/m	Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
 Comprimento = 0.00 m
 Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :	CONDIÇÃO 2 :
Temperatura = 17.0 oC	Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m ²	Pressão = 0.00 kgf/m ²
Carga = 0.00 kgf	Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 2

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

CABO: CAA OPGW2

1 POR FASE

PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 5.74 5.74	1336.4 1338.4 1340.3
	22.	0.00 6.19 6.19	1240.4 1242.5 1244.6
	40.	0.00 6.65 6.65	1153.8 1156.0 1158.3
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 7.37 7.37	2009.4 2014.2 2019.1
FINAIS	5.	0.00 5.82 5.82	1318.3 1320.3 1322.3
	10.	0.00 5.95 5.95	1289.4 1291.4 1293.4
	17.	0.00 6.14 6.14	1251.0 1253.1 1255.2
	22.	0.00 6.27 6.27	1225.0 1227.1 1229.3
	40.	0.00 6.73 6.73	1140.6 1142.9 1145.2
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 7.44 7.44	1992.4 1997.3 2002.1

VÃO = 400.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 10.55 10.55	1294.3 1297.9 1301.5
	22.	0.00 11.06 11.06	1234.8 1238.6 1242.3
	40.	0.00 11.58 11.59	1178.7 1182.6 1186.5
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 12.47 12.47	2113.1 2121.3 2129.5
FINAIS	5.	0.00 10.64 10.64	1283.3 1286.9 1290.5
	10.	0.00 10.79 10.79	1265.4 1269.1 1272.8
	17.	0.00 11.00 11.00	1241.5 1245.2 1248.9
	22.	0.00 11.15 11.15	1225.0 1228.8 1232.6
	40.	0.00 11.67 11.67	1170.0 1173.9 1177.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 12.55 12.55	2100.7 2108.9 2117.1

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 3

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

CABO: CAA OPGW2

1 POR FASE

PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 16.79 16.79	1271.5 1277.1 1282.8
	22.	0.00 17.33 17.33	1231.7 1237.5 1243.4
	40.	0.00 17.90 17.90	1193.0 1199.0 1205.1
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 18.90 18.90	2180.2 2192.6 2204.9
FINAIS	5.	0.00 16.88 16.88	1264.2 1269.9 1275.6
	10.	0.00 17.04 17.04	1252.3 1258.1 1263.9
	17.	0.00 17.27 17.27	1236.2 1242.0 1247.9
	22.	0.00 17.43 17.43	1225.0 1230.9 1236.8
	40.	0.00 17.99 17.99	1186.8 1192.9 1199.0
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 18.98 18.98	2170.8 2183.2 2195.6

VÃO = 510.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 17.49 17.49	1269.8 1275.7 1281.7
	22.	0.00 18.04 18.04	1231.5 1237.6 1243.7
	40.	0.00 18.60 18.60	1194.0 1200.3 1206.6
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.62 19.62	2185.6 2198.4 2211.2
FINAIS	5.	0.00 17.59 17.59	1262.8 1268.7 1274.7
	10.	0.00 17.75 17.75	1251.4 1257.4 1263.4
	17.	0.00 17.97 17.97	1235.8 1241.9 1248.0
	22.	0.00 18.13 18.13	1225.0 1231.1 1237.3
	40.	0.00 18.70 18.70	1188.1 1194.4 1200.8
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.70 19.70	2176.3 2189.2 2202.1

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 4

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

CABO: CAA OPGW2 1 POR FASE

PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 24.45 24.45	1258.1 1266.3 1274.6
	22.	0.00 25.01 25.01	1229.8 1238.3 1246.7
	40.	0.00 25.60 25.60	1201.7 1210.4 1219.0
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 26.69 26.69	2225.0 2242.4 2259.7
FINAIS	5.	0.00 24.55 24.55	1253.0 1261.3 1269.6
	10.	0.00 24.71 24.72	1244.5 1252.9 1261.3
	17.	0.00 24.95 24.95	1233.0 1241.5 1249.9
	22.	0.00 25.11 25.11	1225.0 1233.5 1242.0
	40.	0.00 25.70 25.70	1197.2 1205.9 1214.6
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 26.78 26.78	2217.7 2235.2 2252.6

VÃO = 700.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 33.53 33.53	1249.7 1261.0 1272.3
	22.	0.00 34.11 34.11	1228.6 1240.1 1251.6
	40.	0.00 34.71 34.71	1207.4 1219.1 1230.8
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 35.86 35.86	2255.9 2279.1 2302.4
FINAIS	5.	0.00 33.63 33.63	1245.9 1257.2 1268.5
	10.	0.00 33.80 33.80	1239.6 1251.0 1262.4
	17.	0.00 34.04 34.04	1231.0 1242.5 1254.0
	22.	0.00 34.21 34.21	1225.0 1236.5 1248.0
	40.	0.00 34.81 34.81	1203.9 1215.7 1227.4
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 35.95 35.95	2250.1 2273.4 2296.7

LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 5

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

CABO: CAA OPGW2

1 POR FASE

PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 44.03 44.03	1244.1 1258.8 1273.6
	22.	0.00 44.62 44.62	1227.8 1242.8 1257.7
	40.	0.00 45.24 45.24	1211.2 1226.4 1241.6
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 46.43 46.43	2277.8 2307.8 2337.8
FINAIS	5.	0.00 44.14 44.14	1241.2 1256.0 1270.8
	10.	0.00 44.31 44.31	1236.3 1251.2 1266.1
	17.	0.00 44.55 44.55	1229.7 1244.6 1259.6
	22.	0.00 44.72 44.72	1225.0 1240.0 1255.0
	40.	0.00 45.34 45.34	1208.5 1223.7 1238.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 46.52 46.53	2273.2 2303.2 2333.3

VÃO = 900.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 55.96 55.96	1240.2 1258.9 1277.6
	22.	0.00 56.56 56.56	1227.2 1246.1 1265.0
	40.	0.00 57.18 57.19	1214.0 1233.1 1252.2
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 58.41 58.42	2293.9 2331.5 2369.1
FINAIS	5.	0.00 56.07 56.07	1237.9 1256.6 1275.3
	10.	0.00 56.24 56.25	1234.0 1252.8 1271.6
	17.	0.00 56.49 56.49	1228.7 1247.6 1266.5
	22.	0.00 56.66 56.66	1225.0 1243.9 1262.9
	40.	0.00 57.29 57.29	1211.8 1230.9 1250.1
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 58.51 58.51	2290.0 2327.7 2365.4

ANEXO 3 – SAÍDAS DO PROGRAMA FLASH

----- S H I E L D I N G C A L C U L A T I O N -----

Value of BETA used = .8999999761581421
 THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 1 IS 21.68 DEGREES
 THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 1 IS -41.68 DEGREES

 THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 2 IS 22.20 DEGREES
 THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 2 IS -55.00 DEGREES

----- B A C K F L A S H C A L C U L A T I O N -----

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

----- F I N A L R E S U L T S -----

THE BACKFLASHOVER RATE = 0.9500 FLASHOVERS/100 KM
= 1.5200 FLASHOVERS/100 MI

THE SHIELDING FAILURE
FLASHOVER RATE = 0.0000 FLASHOVERS/100 KM
= 0.0000 FLASHOVERS/100 MI

TOTAL FLASHOVER RATE = 0.9500 FLASHOVERS/100 KM
= 1.5200 FLASHOVERS/100 MI

ANEXO 4 – MEMÓRIA DE CALCULO DA ESTRUTURA V2CRL QUE SERÁ APLICADA NOS TRECHOS COM T = 500 ANOS

Relatório - RE-EQT4-L402-PB-EST-0022-R00

OBSERVAÇÃO:

Esta estrutura será utilizada no trecho com paralelismo das LT's 500 kV C.S. Igaporã III / Janaúba 3 C1 e C2 (Lotes 14B e 15), com velocidade de referência do vento correspondente a um período de retorno $T = 500$ anos.

Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
00	18/04/17	Emissão inicial	FGS	RCM	PRRLS

**EQUATORIAL TRANSMISSORA 4 SPE S.A.****PROJETO BÁSICO**

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
FGS	RCM	PRRLS	PRRLS	19042-D	18/04/17

TÍTULO

Leilão ANEEL 013/2015 2ª Etapa - Lote 14A
LT 500 kV C.S. Janaúba 3 / Presidente Juscelino C1
TORRE TIPO V2CRL
Cálculo Estrutural

Nº ENGETOWER	Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
20.10-C4001	RE-EQT4-L402-PB-EST-0022	1 de 34	00

ÍNDICE

1 NOTAS GERAIS DE CÁLCULO	Pág.	3		
2 ESQUEMA ESTRUTURAL	Pág.	4		
3 HIPÓTESES DE CARGA	Pág.	5	a	19
4 CARGAS DEVIDAS AO VENTO SOBRE A TORRE	Pág.	20	a	21
5 DIMENSIONAMENTO DE BARRAS E CONEXÕES	Pág.	22	a	27
6 CARGAS ÚLTIMAS SOBRE FUNDAÇÕES DOS MASTROS	Pág.	28	a	30
7 DIMENSIONAMENTO DOS CABOS E DE SUAS CONEXÕES À TORRE	Pág.	31	a	33
8 CÁLCULO DO APOIO DA BASE DOS MASTROS	Pág.	34		

1 NOTAS GERAIS DE CÁLCULO

1.1 PARÂMETROS BÁSICOS DA TORRE

Tensão	500 kV	
Circuito	SIMPLES, COM 2 PÁRA-RAIOS	
Aplicação	SUSPENSÃO	
Vão básico (m)	500	
Ângulo de deflexão	0°	2°
Vão médio (m)	535	465
Vão gravante (m)	300 a 700 (condutor) e 300 a 750 (pára-raios)	
Cabo pára-raios	cabo OPGW Ø16.75mm ou cabo OPGW Ø13.4mm ou CAA "DOTTEREL" 176.9 kcmil ou cabo de aço galvanizado Ø3/8" EHS	
Cabo condutor (6 cabos/fase)	CAL 838 kcmil (Al 1120)	

1.2 MATERIAIS EMPREGADOS

Aço estrutural:

ASTM A36	Fy = 2531 kgf/cm ² (Tensão de fluência)
	Fu = 4077 kgf/cm ² (Tensão de ruptura)
ASTM A572 GRAU 50	Fy = 3515 kgf/cm ² (Tensão de fluência)
	Fu = 4570 kgf/cm ² (Tensão de ruptura)
ASTM A572 GRAU 60	Fy = 4218 kgf/cm ² (Tensão de fluência)
	Fu = 5273 kgf/cm ² (Tensão de ruptura)

Parafusos (rosca excluída da seção de corte):

ASTM A394 TIPO "0"	Fv = 2620 kgf/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

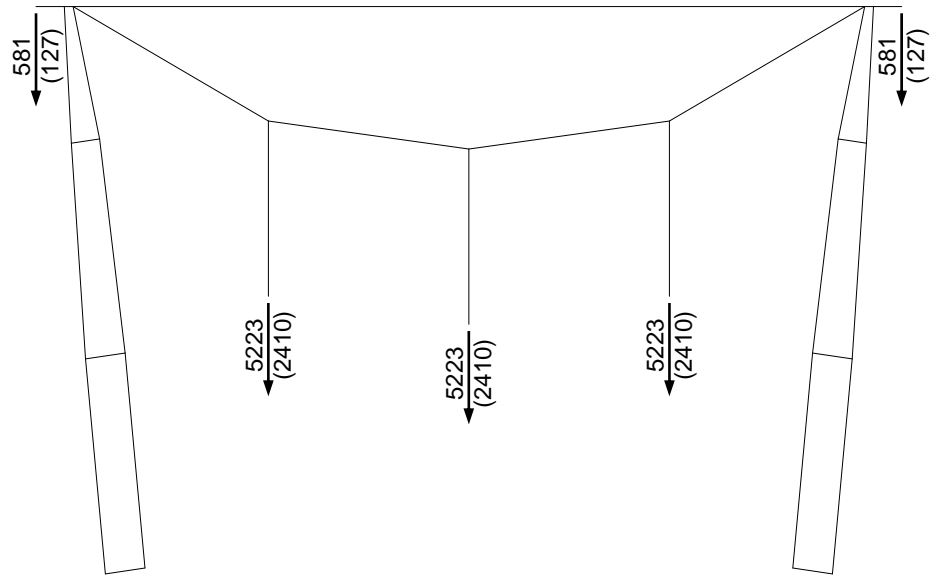
- HIP. 1: Cabos intactos, com vento transversal máximo (90°)
- HIP. 2: Cabos intactos, com vento longitudinal máximo
- HIP. 3: Cabos intactos, com vento máximo a 45°, 60° ou 75°
- HIP. 4: Ruptura de 1 fase, sem vento
- HIP. 5: Ruptura de 1 pára-raios, sem vento
- HIP. 6: Construção/Manutenção, sem vento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

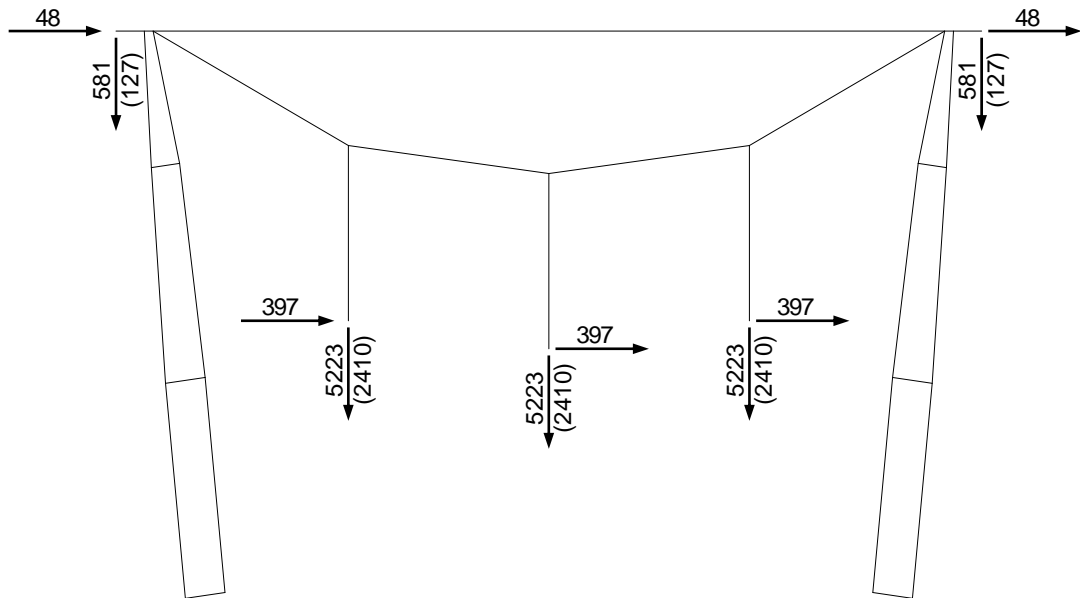
1. Para as hipóteses com vento de alta intensidade (hip. 7, 8 e 9), considerou-se trações atuantes iguais às obtidas para Vento Reduzido (90°)

3.2 PARA VERIFICAÇÕES ELÉTRICAS E DE GEOMETRIA



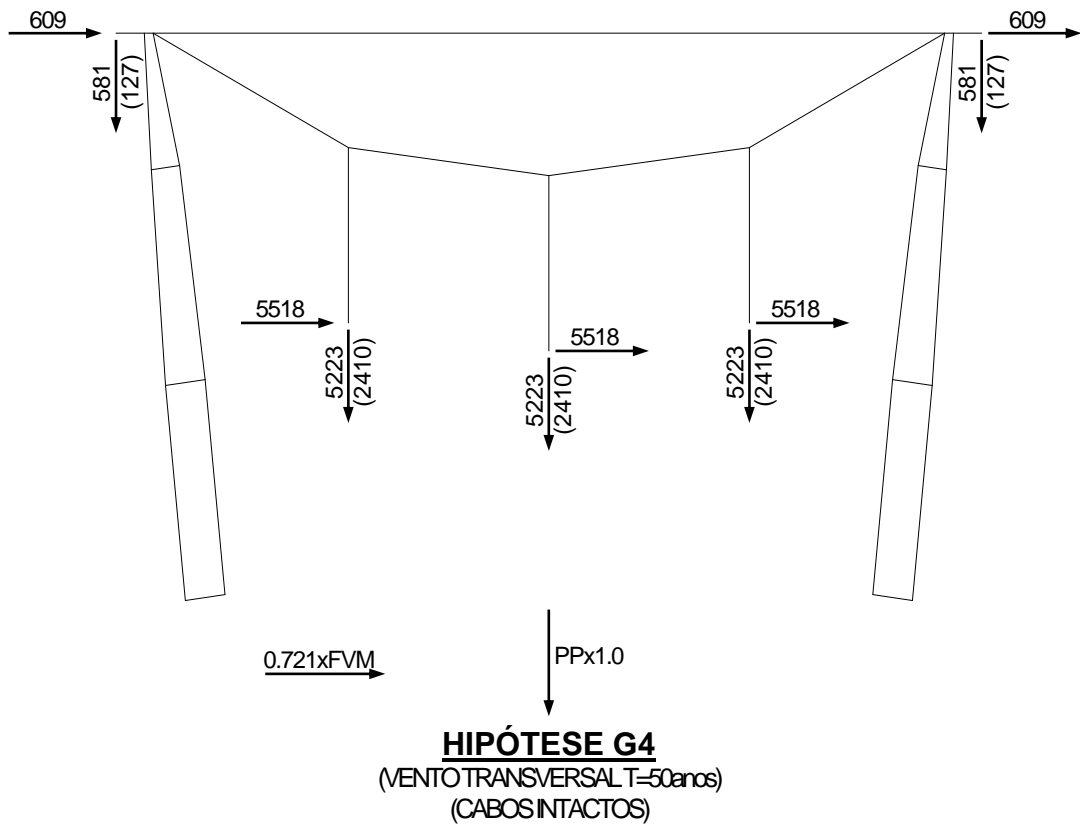
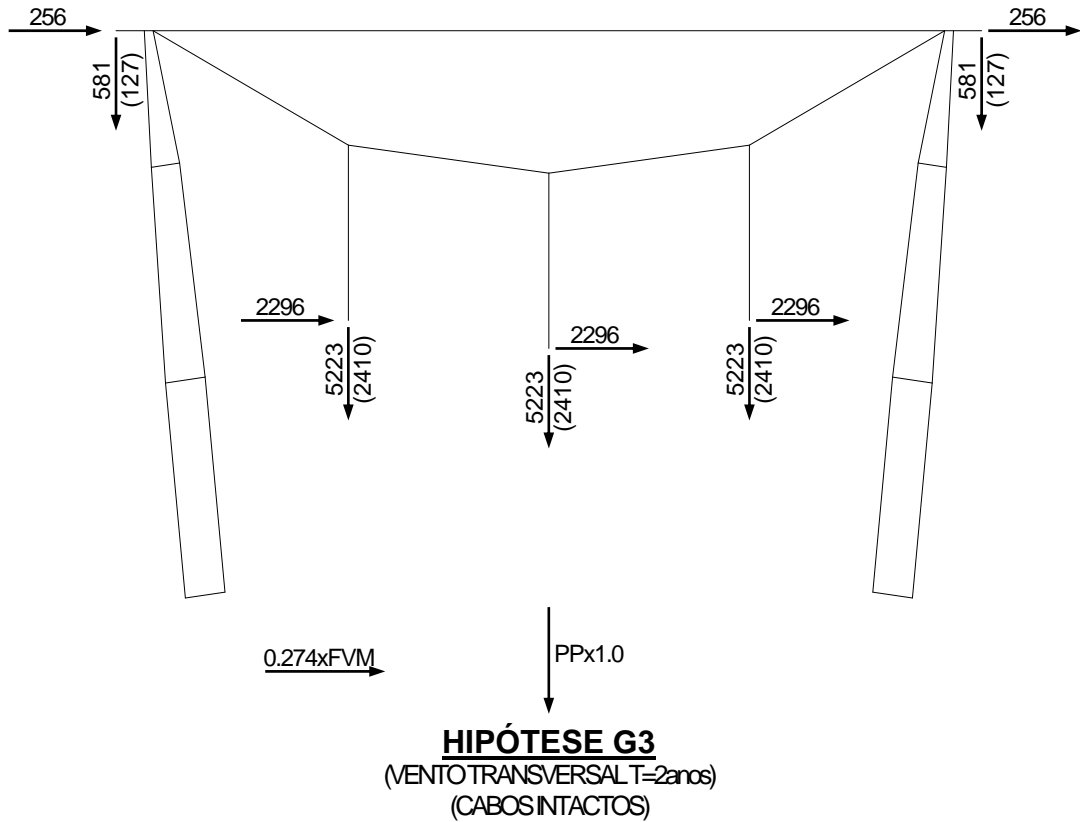
PPx1.0

HIPÓTESE G1
(SEM VENTO)
(EDS-ALINHAMENTO)

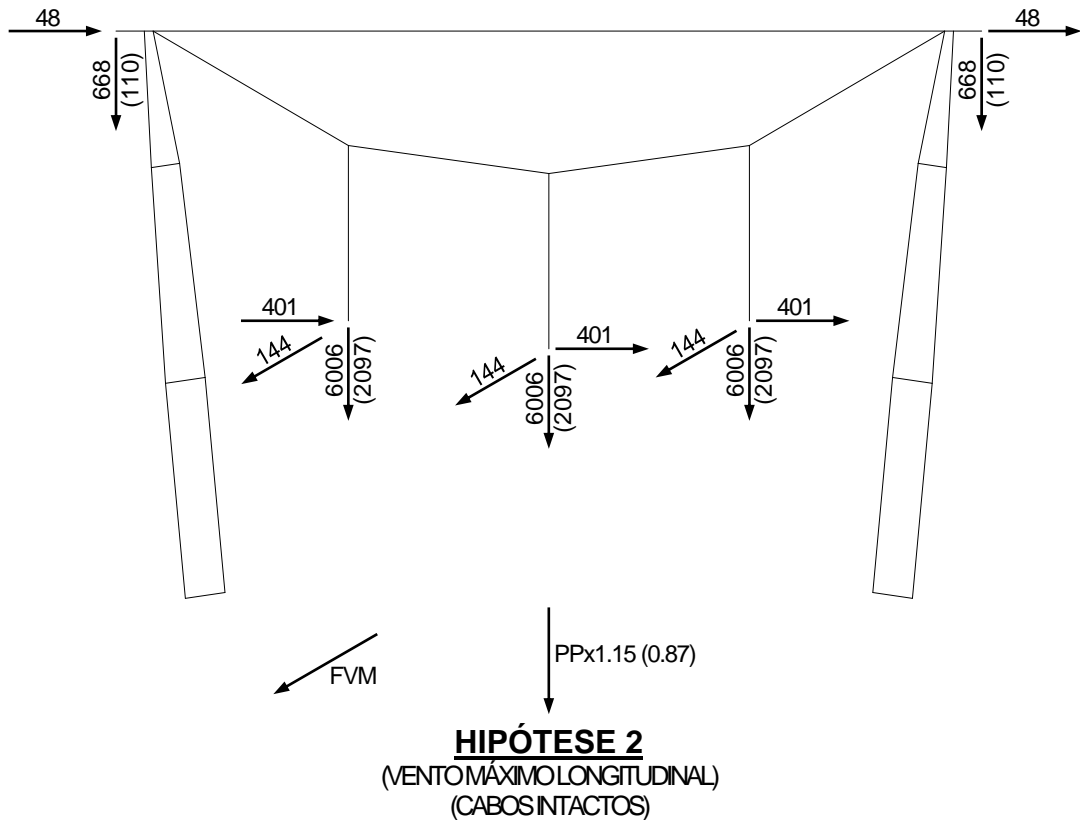
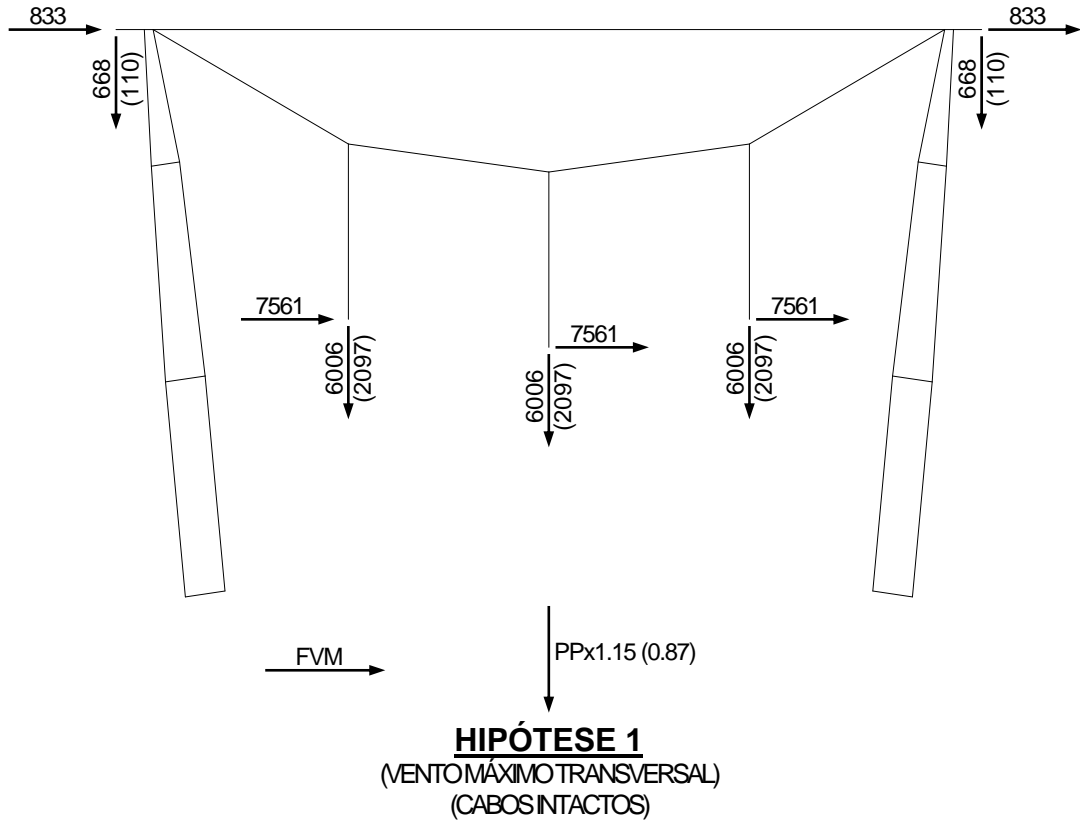


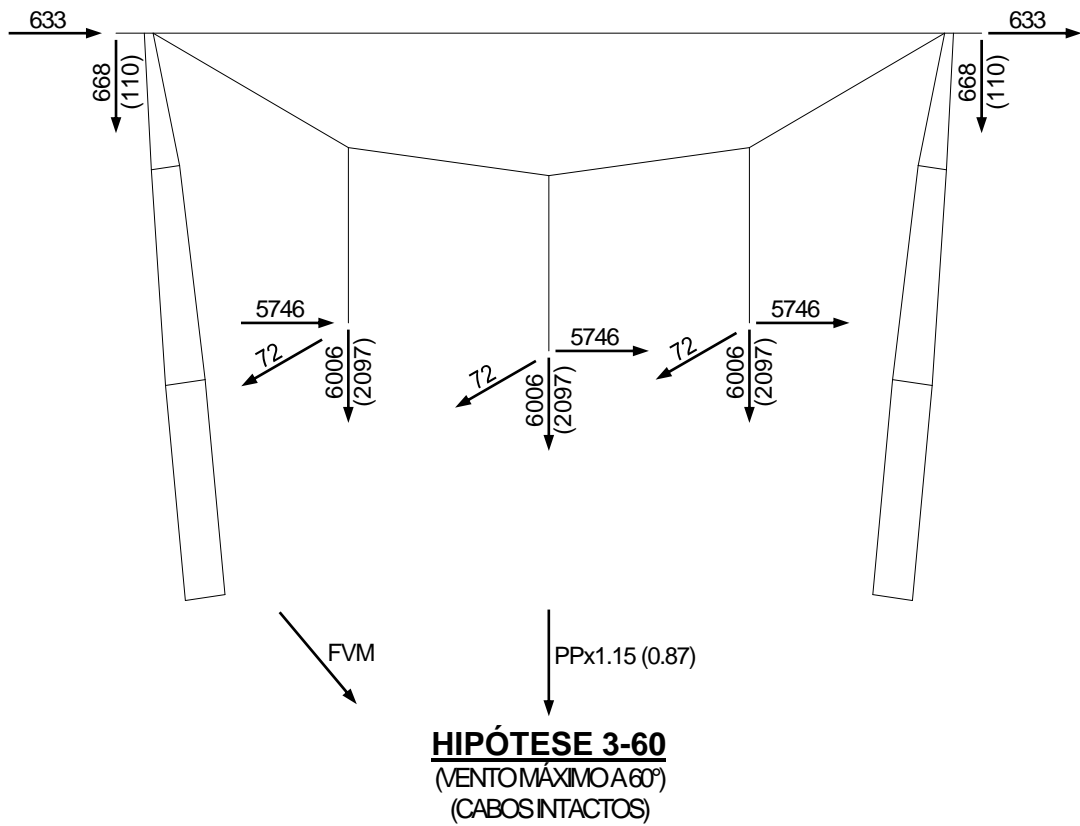
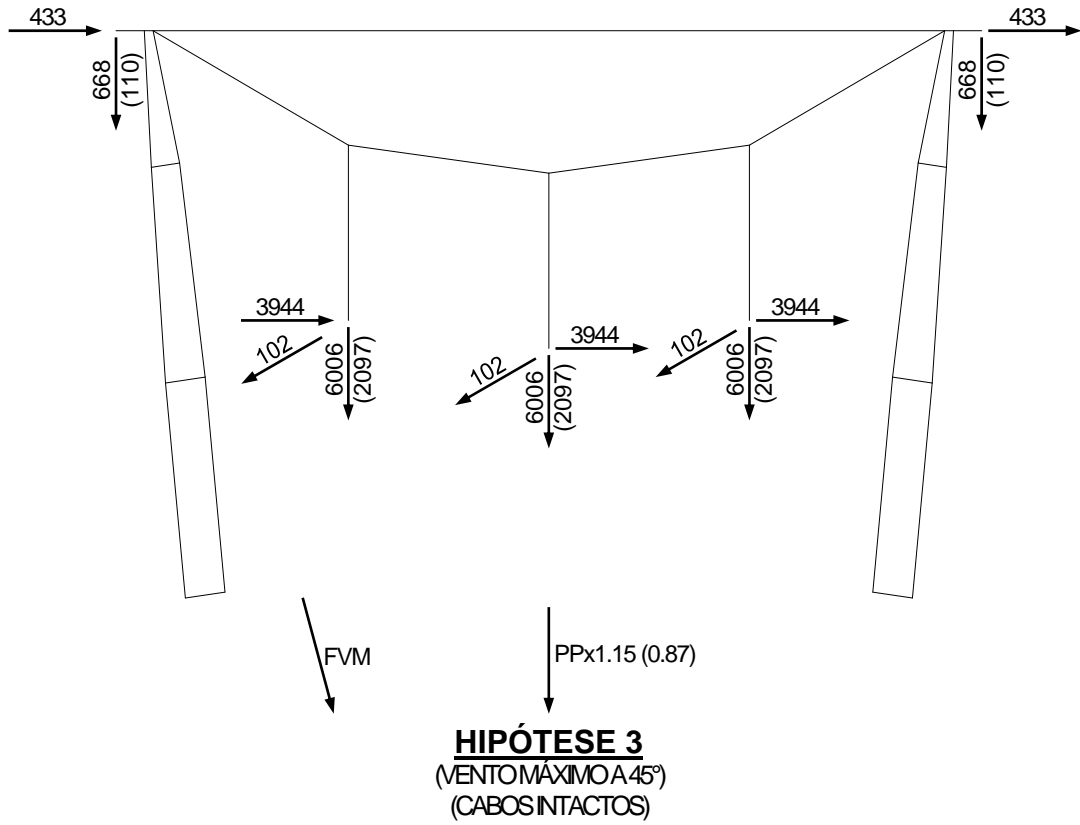
PPx1.0

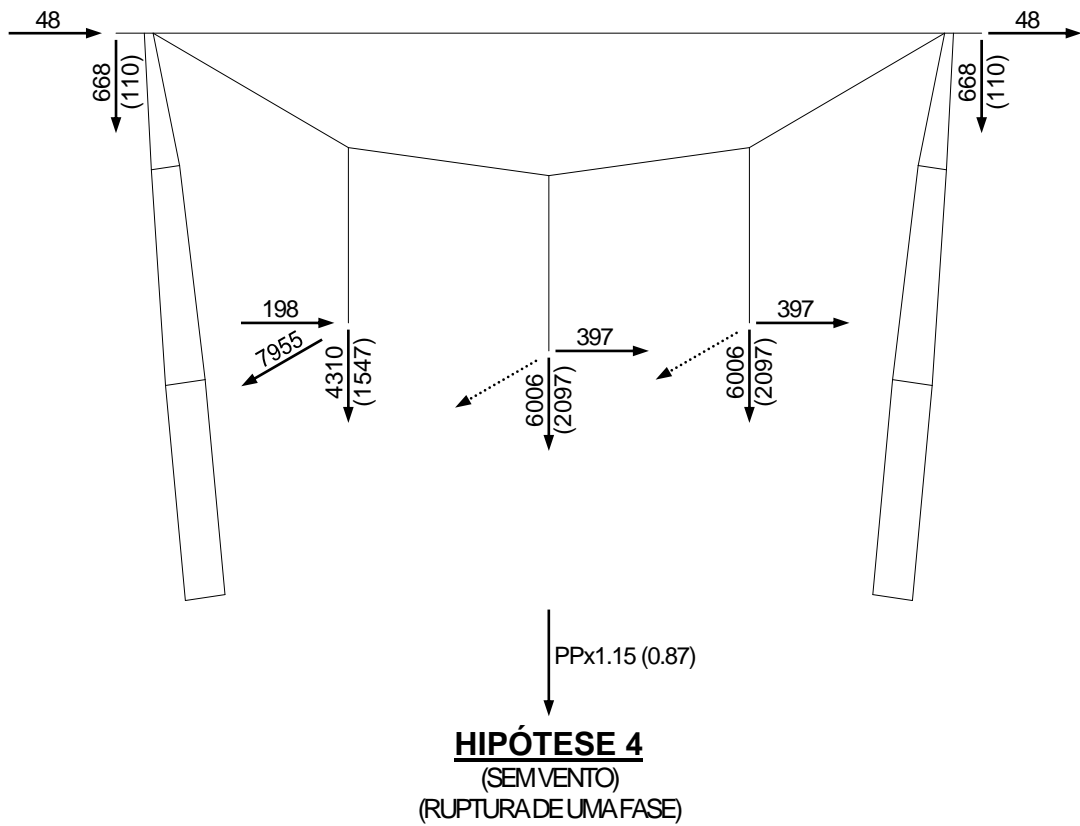
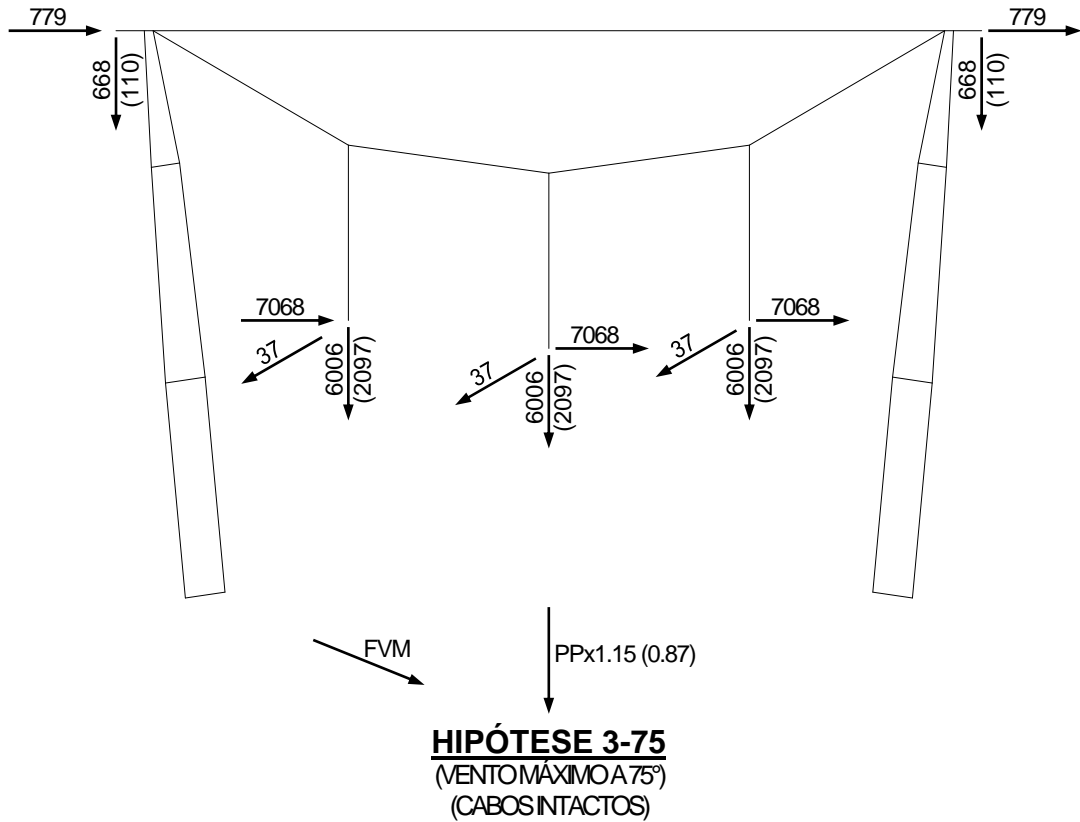
HIPÓTESE G2
(SEM VENTO)
(EDS-ÂNGULO MÁXIMO)

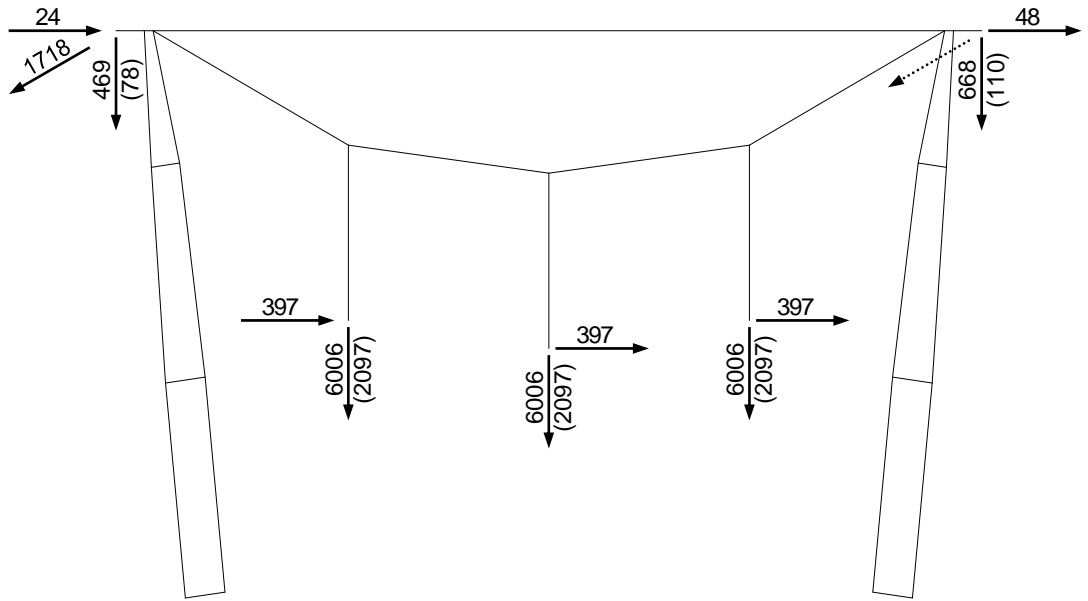


3.3 PARA DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL



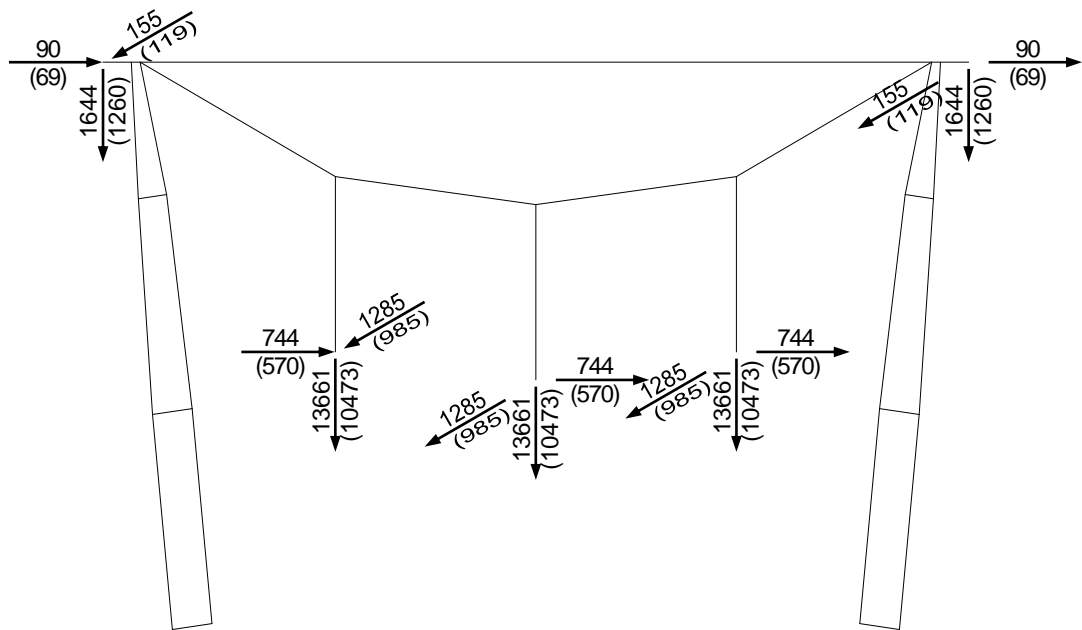






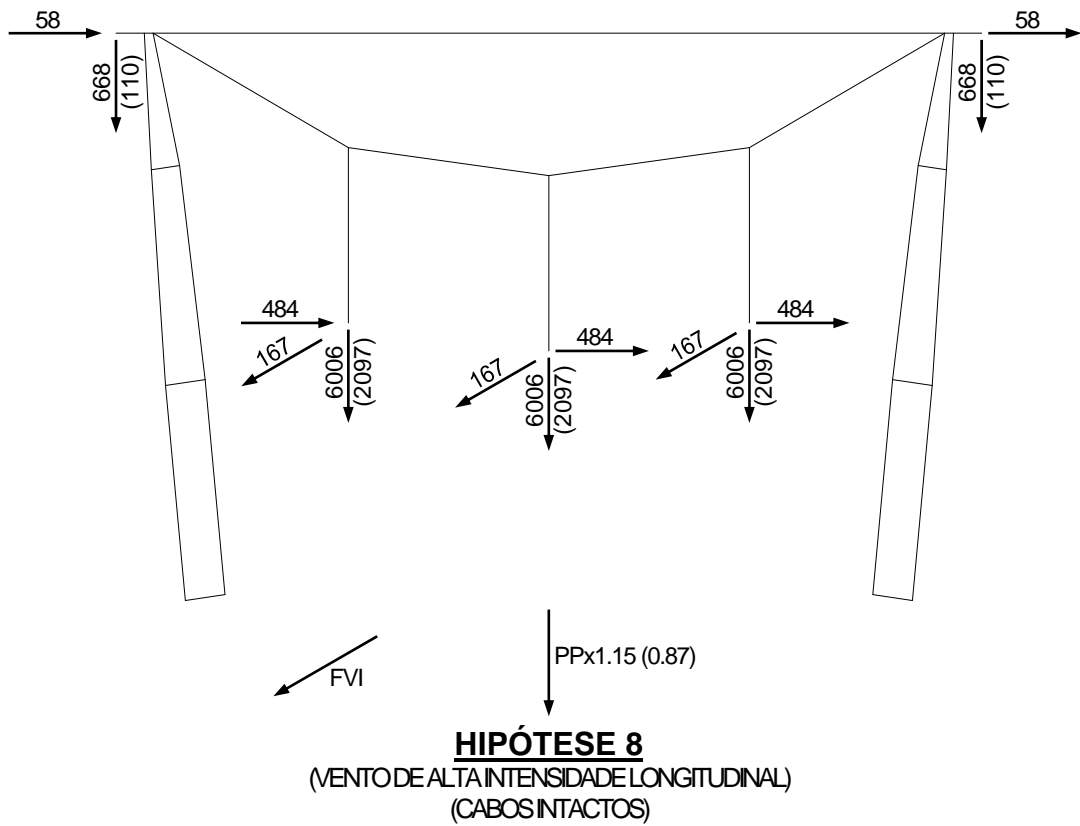
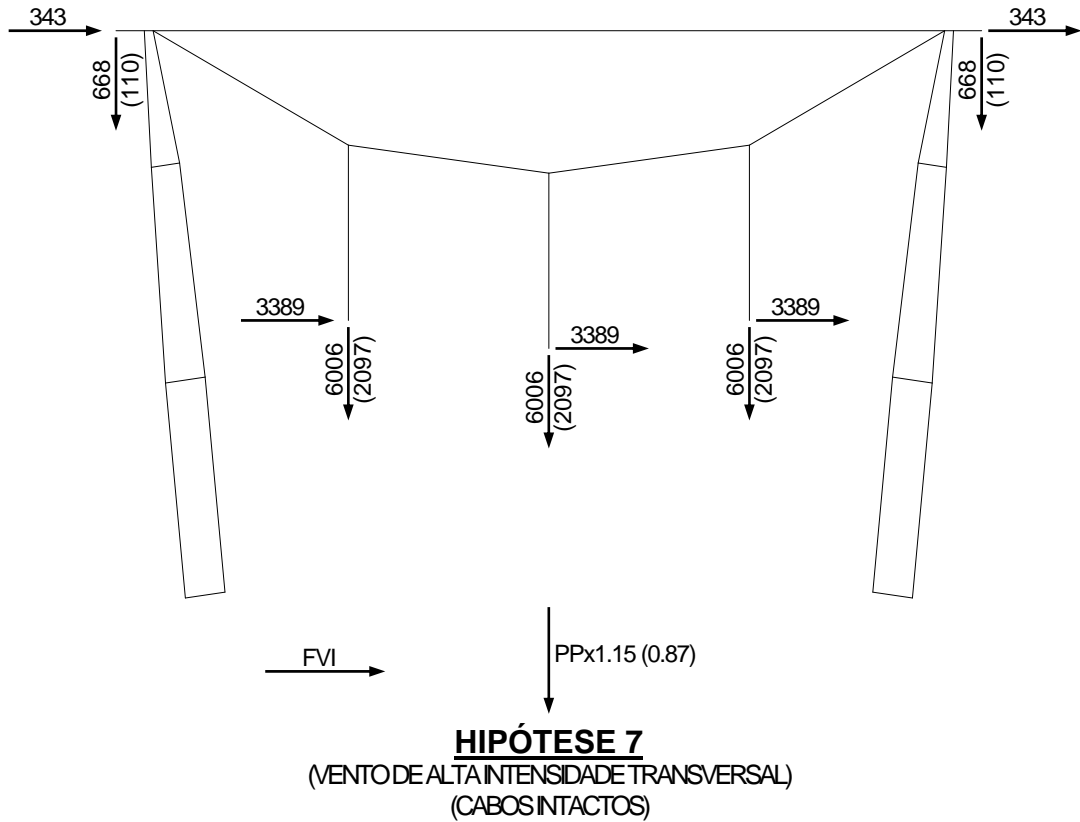
PPx1.15 (0.87)

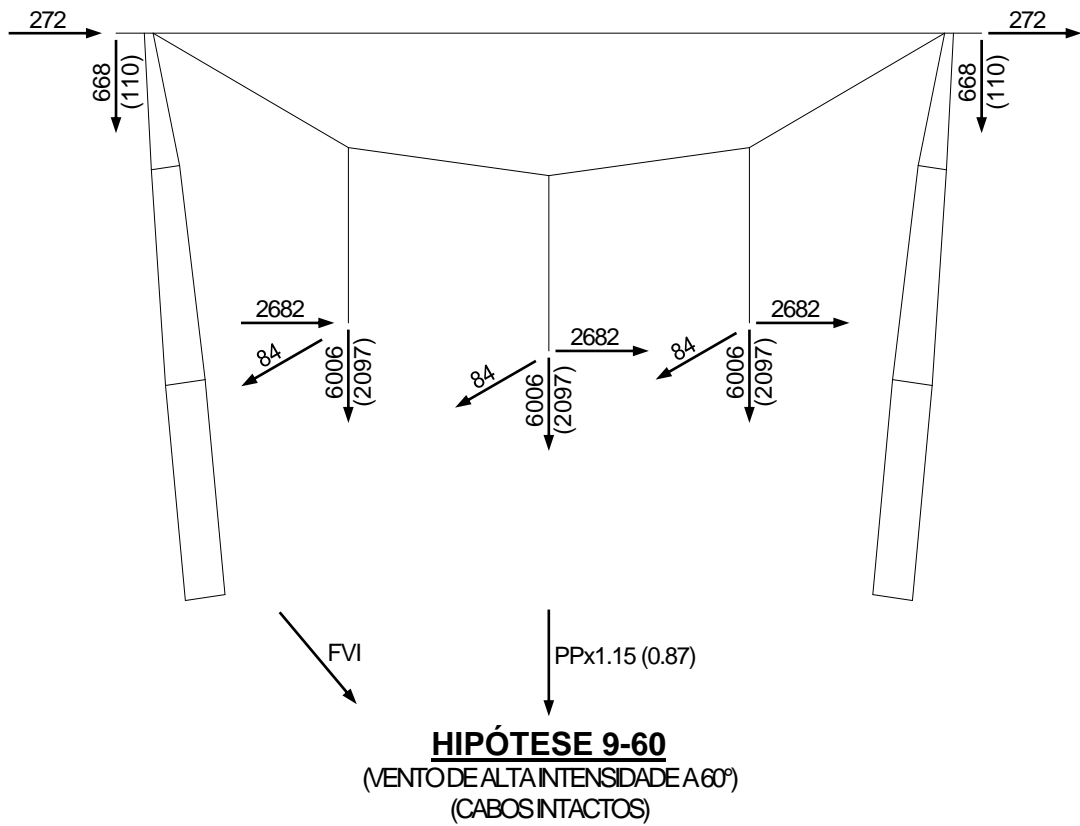
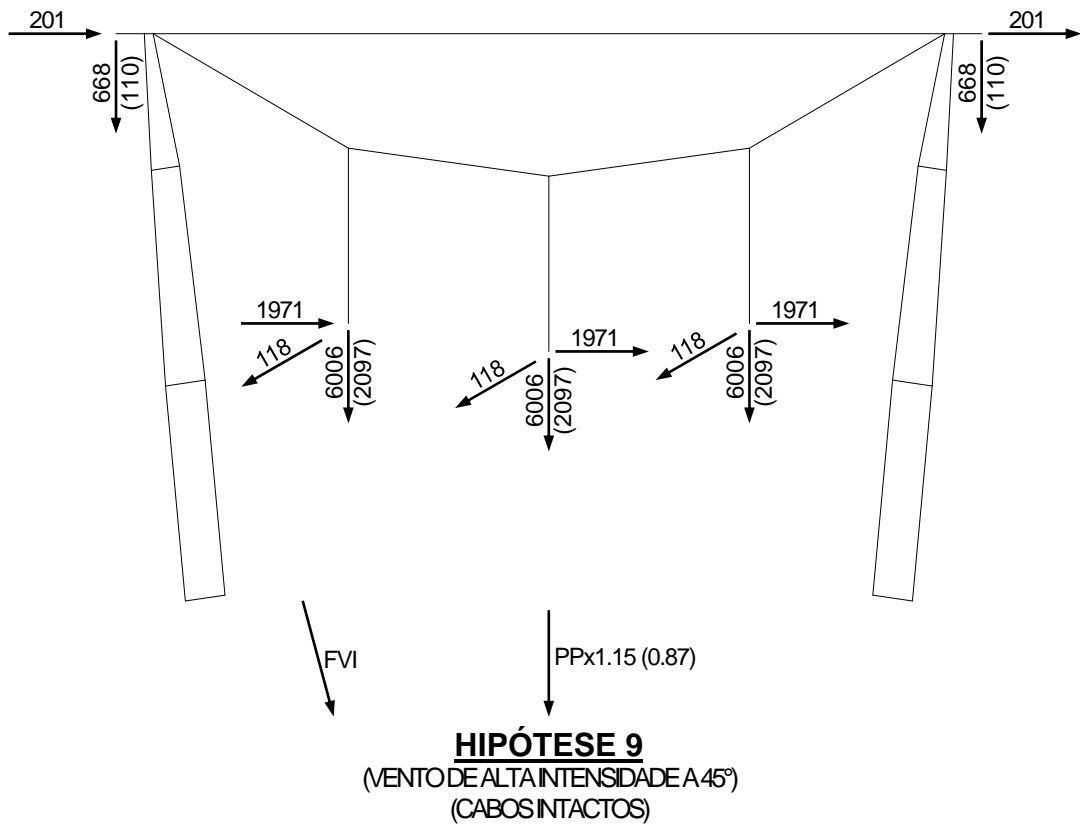
HIPÓTESE 5
(SEM VENTO)
(RUPTURA DE UM PÁRA-RAIOS)

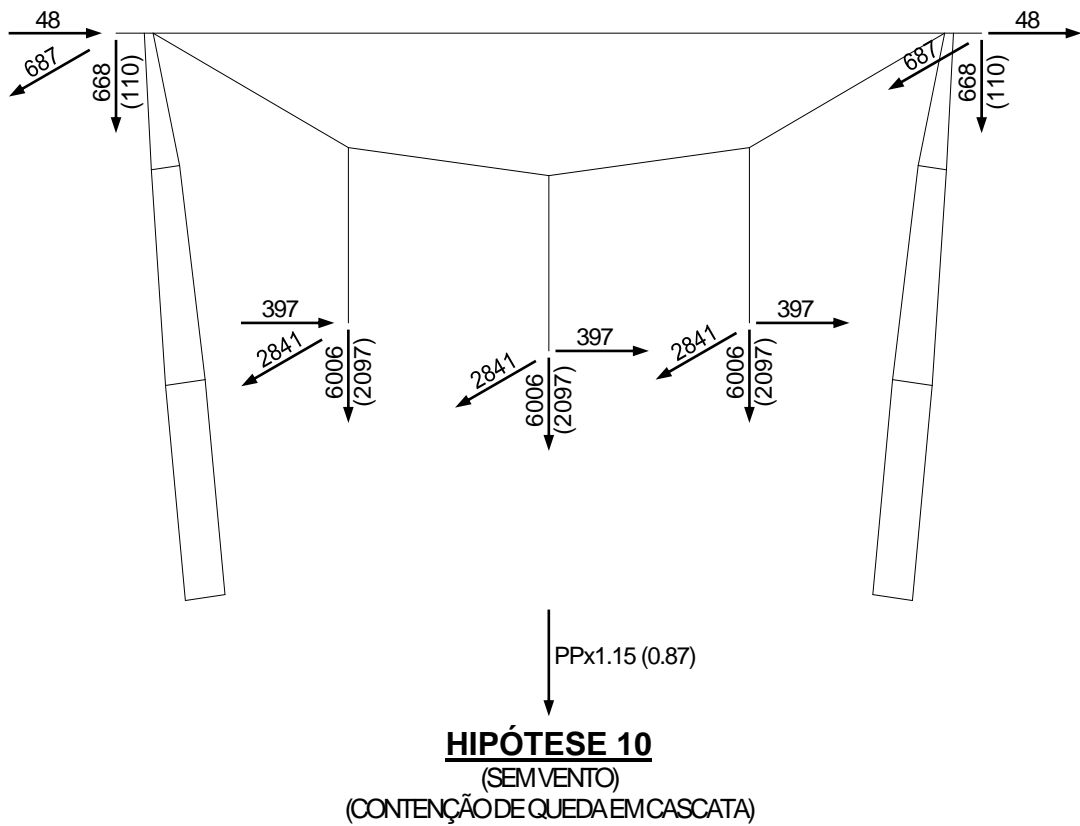
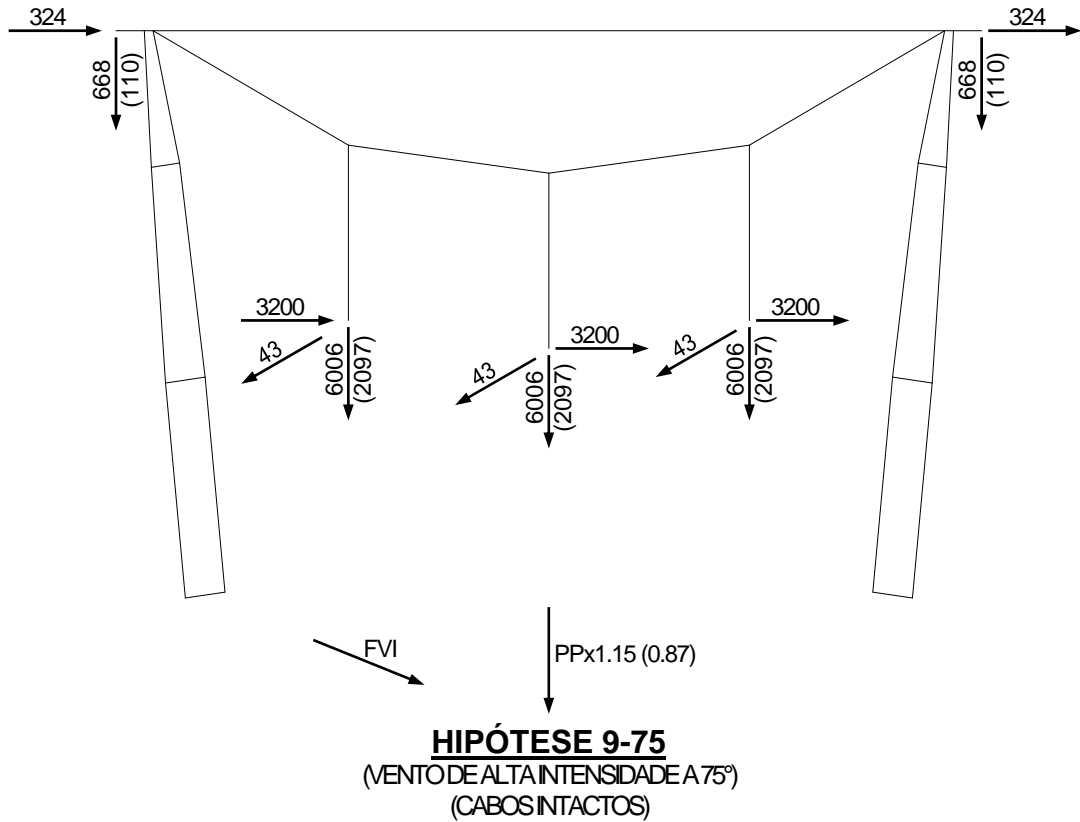


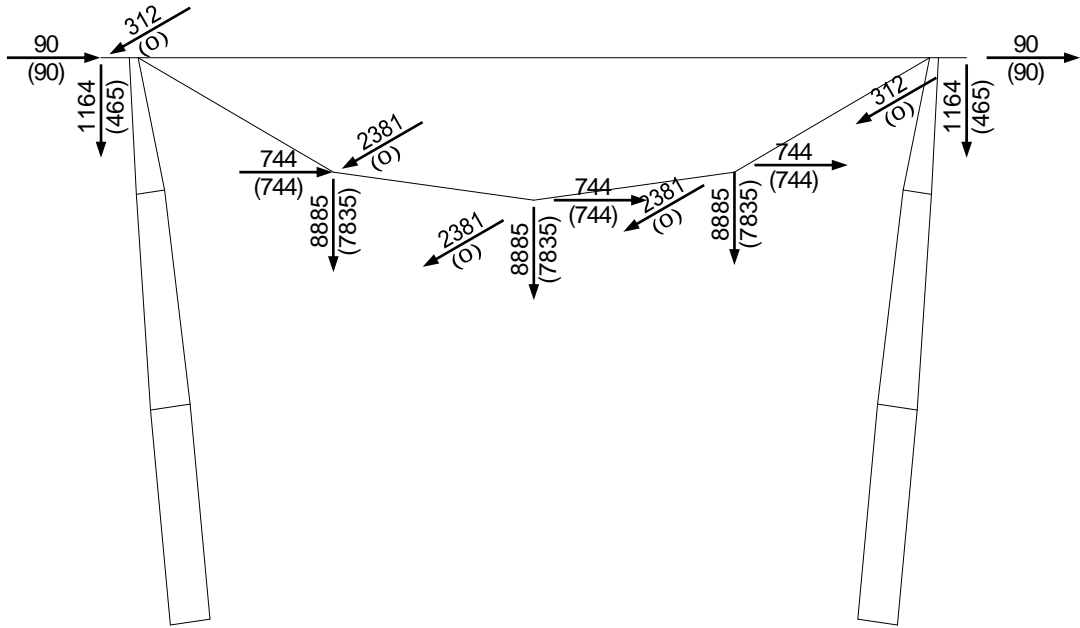
PPx1.15

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 = ESBELTEZ CRITICA EFETIVA
C = CURVA DO ASCE P/ CORRECAO DA ESBELTEZ
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

EQI4/EQI6 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO V2ORL

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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

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
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
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
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
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
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
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
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
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

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 $\frac{1}{16}$ "
- Formação : 37 fios
- Carga de ruptura mínima: 58000 kgf

2 - VERIFICAÇÃO DOS ESTAIS

E = força máxima de tração nos estais

- torre H=43.5m: E-2 = 36300 kgf (Hip. 3-75)
- torre H=25.5m: E-3 = 37928 kgf (Hip. 6Fm)

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

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

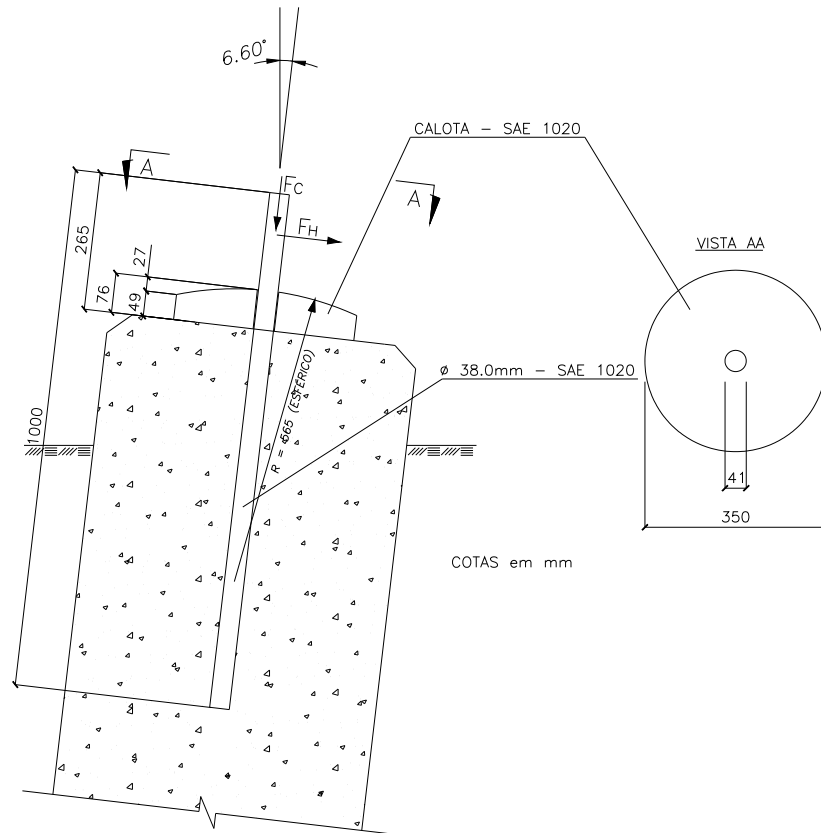
borda lateral mínima da chapa: 50 mm

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

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 kgf

FH = $(1087^2 + 135^2)^{1/2} = 1095$ kgf

HIPÓTESE 9

FC = 37226 kgf

FH = $(2843^2 + 2395^2)^{1/2} = 3717$ 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

$f_v = 1.1 \times 3717 / 11.34 = 361$ kgf/cm² < $0.93 \times (0.6 \times 2100) = 1172$ kgf/cm²




$f_p = 1.1 \times 3717 / (3.80 \times 2.50) = 430$ kgf/cm² < $0.93 \times 4417 = 4107$ kgf/cm²

2.2 Pressão no Concreto

Calota Ø350mm - Área de apoio = $\pi \times (35.0^2 - 4.1^2) / 4 = 948.9$ cm²

Concreto: $f_{ck} = 180$ kgf/cm² $\Rightarrow f_{cd} = 180 / 1.4 = 128.6$ kgf/cm²

Pressão = $1.1 \times 83787 / 948.9 = 97.1$ kgf/cm² < 128.6 kgf/cm²

01	15/05/17	Atendimento aos comentários da Andrade Gutierrez			AQ JCS
00	03/05/17	Emissão Inicial			AQ JCS
Nº	Data	Natureza da Revisão			Elaborado Verificado Aprovado
		 			
EQUATORIAL TRANSMISSORA 4 SPE SA					
PROJETO BÁSICO					
ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
AQ	JCS	JCS	JCS	200158892-5	31/03/17
TÍTULO					
LT 500kV Igaporã III - Janaúba 3 - C1 Lote 14 do Leilão nº 0013/2015 - 2ª parte da ANEEL RELATÓRIO CONFIABILIDADE DO TRECHO EM PARALELISMO DAS LT'S 500 KV IGAPORÃ III - JANAÚBA 3 - CIRCUITO 1 E 2					
Nº DOCUMENTO				FOLHA	REVISÃO
RE-EQT4-L401-PB-ELM-0024-R01				1 de 81	01



ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	DADOS CLIMÁTICOS.....	3
3.	VELOCIDADES DE VENTO EXTREMO E ALTA INTENSIDADE	3
4.	CARREGAMENTOS DEVIDO A VENTO EXTREMO.....	4
5.	PRESSÃO DE VENTO DE TORMENTAS ELÉTRICAS	6
6.	ESTUDO MECÂNICO	7
7.	ISOLADORES E FERRAGENS.....	9
8.	VERIFICAÇÃO DAS ESTRUTURAS PARA T = 500 ANOS	10
9.	DESEMPENHO FRENTE ÀS DESCARGAS ATMOSFERIAS	10
10.	CONCLUSÃO	10
11.	REFERÊNCIAS.....	11
ANEXO 1 – ISOTACAS DAS VELOCIDADES DE VENTO CALCULADAS PARA T=500 ANOS		12
ANEXO 2 – FLECHAS E TRAÇÕES.....		16
ANEXO 3 – SAÍDAS DO PROGRAMA FLASH		42
ANEXO 4 – MEMÓRIA DE CALCULO DA ESTRUTURA V2CRL QUE SERÁ APLICADA NOS TRECHOS COM T = 500 ANOS		47

1. OBJETIVO

- 1.1 Apresentar os estudos de aumento da confiabilidade mecânica e análise de desempenho frente às descargas atmosféricas dos circuitos C1 e C2, em 500 kV, que interliga as Subestações Igaporã III e Janaúba 3, pertencentes a EQUATORIAL Transmissora de Energia, e estabelecer os reforços necessários, onde os eixos de traçado destes circuitos apresentarem paralelismo entre si conforme item 1.2 a seguir.
- 1.2 O reforço poderá ser aplicado em todos os trechos que estiverem com $D < 10\text{km}$, porém, este reforço será aplicado somente naquele(s) percurso(s) estritamente necessários para se atingir os 80% mínimos de $D > 10\text{km}$.
- 1.3 Este reforço será aplicado no C2 ou no C1, conforme melhor conveniência da obra, sempre observando o item 1.2 acima.

2. DADOS CLIMÁTICOS

- 2.1. **Temperaturas** (referencia relatório RE-EQT4-L400-PB-ELM-0003_DADOS CLIMATOLÓGICOS)

Temperaturas		
média (EDS) (°C)	mínima anual (°C)	mínima absoluta (°C)
22	17	5

3. VELOCIDADES DE VENTO EXTREMO E ALTA INTENSIDADE

- 3.1 Para aumento da confiabilidade mecânica do trecho de paralelismo dos dois circuitos, tomou-se como base a IEC 60826 e a necessidade requerida pelo ONS de uma maior segurança operacional das LTs frente a importância das mesmas no sistema interligado. Deste modo, aumentou-se o período de retorno de vento extremo de $T = 250$ anos para $T = 500$ anos, considerando que o trecho de paralelismo deverá ter a mesma confiabilidade requerida nos projetos de grandes travessias por linhas de transmissão. A velocidade de vento extremo considera os estudos de ventos apresentados no relatório RE-EQT4-L400-PB-ELM-0004_VELOCIDADE DE VENTO E CARREGAMENTO DEVIDO AO VENTO
- 3.2 Com base na no estudo de vento da referencia [5] através da mesma metodologia de calculo, foram prospectados ventos para 500 anos de período de retorno onde se obteve as velocidades de vento constantes da Tabela 3.1, para terreno tipo B (conforme tabela 1 da NBR 5422). As isotacas dos ventos abaixo tabelados são apresentados no anexo 1.

Tabela 3.1 – Velocidades de projeto (km/h), terrenos tipo B, medições feitas a 10 m de altura

período de retorno/ tempo de média	Trecho de Paralelismo
500 anos, 10 minutos	95
500 anos, 3 segundos	165
75 anos, 30 segundos	110

3.3 Adicionalmente, as estruturas do trecho paralelo serão dimensionadas para suportar ação de ventos de alta intensidade decorrentes de tormentas elétricas, para o mesmo período de retorno.

3.4 A altura média dos cabos condutores é dada pela expressão abaixo:

a) Altura média do Conductor:

Flecha para temperatura mínima para vão de 500 m: 19,3 m

Flecha na temperatura máxima para vão de 500 m: 21,82 m

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

Altura mínima cabo solo: 12,5 m

$h = 12,5 + 21,82 + 31,3 - 2/3 \times 19,3 = 22,75$ Adotado = 23 m

4. CARREGAMENTOS DEVIDO A VENTO EXTREMO

4.1 Pressão Dinâmica de Referência

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

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

q_0 Pressão dinâmica de referência, em kgf/m^2

μ Massa específica do ar em kg/m^3

V_R Velocidade do vento extremo (500 anos, 10 min) em m/s (tabela 3.1)

Tendo como resultado:

Linha de transmissão	μ (kg/m^3)	V_R (m/s)	q_0 (kgf/m^2)
Trechos de paralelismo	1,121	26,39	39,8

4.2 Pressão do Vento Extremo nos Cabos

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

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

q_0 Pressão dinâmica de referência, em kgf/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:



Linha 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
Trechos de paralelismo	39,8	23	2,1467	34	2,292	0,9123	78	84

(*) As pressões de vento calculadas são inferiores as das utilizadas na serie da LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino C1 e C2, deste modo serão utilizadas no trecho de paralelismo as mesmas estruturas destas LT's.

4.3 Pressão do Vento Extremo nas Cadeias de Isoladores

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

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

q₀ (Ver item 4.1)

C_{Xi} 1,20

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

Resultando em:

Linha de transmissão	h _m isol (m)	G _t	P isol(kgf/m ²)
Trechos de paralelismo	39	2,4344	117

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

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

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

q₀ (Ver item 4.1)

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

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

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

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

Para Θ = 0° (vento transversal), obtém-se:

$$F_{estrutura \text{ LT } 500KV} = q_0 \cdot G_T \cdot S_{T1} \cdot C_{XT1} \text{ kgf}$$

Para Θ = 15°, obtém-se:

$$F_{estrutura \text{ LT } 500KV} = q_0 \cdot 1,05 \cdot G_T \cdot (0,933 S_{T1} C_{XT1} + 0,067 S_{T2} C_{XT2}) \text{ kgf}$$

Para Θ = 30°, obtém-se:

$$F_{estrutura \text{ LT } 500KV} = q_0 \cdot 1,15 \cdot G_T \cdot (0,75 S_{T1} C_{XT1} + 0,25 S_{T2} C_{XT2}) \text{ kgf}$$



Para $\Theta = 45^\circ$, obtém-se:

$$F_{\text{estrutura LT 500KV}} = q_0 \cdot 0,6 \cdot G_T \cdot (S_{T1} C_{XT1} + S_{T2} C_{XT2}) \text{ kgf}$$

4.5 Comparação da Ação de Vento Extremo com período de Retorno T= 250 anos /T= 500 anos.

Material	Pressão de Vento Extremo nos Cabos e Cadeias	
	250 anos (kgf/m ²)	500 anos (kgf/m ²)
Cabo Condutor	70	78
Cabos Para-raios /OPGW	75	84
Cadeia de Isoladores	105	117

5. PRESSÃO DE VENTO DE TORMENTAS ELÉTRICAS

5.1 Introdução

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

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

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

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

5.1.4 De modo a levar em conta essa característica a pressão resultante desse vento atuando sobre os cabos será multiplicada por um fator redutor igual a 0,25. O vento de tormentas não será corrigido para variações da altura de atuação.

5.2 Pressão Dinâmica de Referência

5.2.1 Considerando a fórmula da pressão dinâmica de referência indicada no item 4.1 e sendo a velocidade do vento de tormentas (500 anos , 3 segundos) indicada no item 3.1, tem-se:

Linha de transmissão	μ (kg/m ³)	VR (m/s)	q0 (kgf/m ²)
Trechos de paralelismo	1,1213	45,83	121

5.3 Pressões Atuando nos Cabos

Conforme item 5.1.4, tem-se:

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

Linha de transmissão	P_{cabos} (kgf/m ²)
Trechos de paralelismo	30

5.4 Pressão Atuando nas Cadeias de Isoladores

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

Material	P_{isol} (kgf/m ²)
Linha de transmissão	
Trechos de paralelismo	145

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

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

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

Para $\Theta = 15^\circ$, obtém-se: $F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot 1,05 \cdot S_{T1} \cdot C_{XT1} \text{ kgf}$

Para $\Theta = 30^\circ$, obtém-se: $F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot 1,15 \cdot S_{T1} \cdot C_{XT1} \text{ kgf}$

Para $\Theta = 45^\circ$, obtém-se: $F_{\text{estrutura}} = q_0 \cdot 0,6 \cdot S_{T1} \cdot C_{XT1} \text{ kgf}$

5.6 Comparação da Ação do Vento de Tormentas para período de Retorno T= 250 anos / T= 500 anos.

Material	Pressão de Vento Tormentas nos Cabos e Cadeias	
	250 anos (kgf/m ²)	500 anos (kgf/m ²)
Cabo Condutor	28	30
Cabos Para-raios /OPGW	28	30
Cadeia de Isoladores	136	145

6. ESTUDO MECÂNICO

Com base no relatórios do RE-EQT4-L400-PB-ELM-0006 utilizou-se como critério de confiabilidade, o trecho de paralelismo submetido a ação do vento com período de retorno de 500 anos.

6.1. Velocidades do Vento

LT	Velocidade extrema (500 anos, 10 min, 10 m, cat. B) (m/s)
Trechos de paralelismo	26,39

*Estão sendo consideradas as velocidades de vento mais desfavoráveis

6.2. Pressões Decorrentes da Ação do Vento Extremo (T = 500 anos)

LT	Condutores (kgf/m ²)	Para-raios (kgf/m ²)
Trechos de paralelismo	78	84



6.3. Condições De Governo (T = 500 anos)

Condições de Governo	Trações Limites				
	AAAC 838 kcmil	Dotterel	3/8 EAR	OPGW 16,75	OPGW 13,6
70% CR : Final, Vento extremo; Tração suporte (Pressão de Vento ver Item 6.2)	6629 kgf	5499 kgf	4889 kgf	6922 kgf	6633kgf

6.4. Abaixo segue o resumo dos resultados obtidos no programa de flechas e trações conforme Anexo 2

a) LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (Trechos de paralelismo)

Trações - Final, Vento Extremo (kgf)							
Cabos	Vãos Básicos (m)						
	300	400	500	600	700	800	900
Condutor CAL 838	3417	3582	3692	3771	3834	3889	3939
Para-raios CAA DOTTEREL	2155	2295	2391	2461	2515	2559	2597
Para-raios 3/8 EAR	1296	1378	1435	1476	1508	1534	1556
Para-raios OPGW 16,75	2399	2536	2625	2684	2725	2754	2775
Para-raios OPGW 13,8	2002	2117	2196	2253	2297	2333	2365

6.5. Comparação de Trações para Período de Retorno T= 250 anos / T= 500 anos.

Trações - Final, Vento Extremo (kgf)								
Cabos	Período de Retorno	Vãos Básicos (m)						
		300	400	500	600	700	800	900
Condutor CAL 838	250 anos	3216	3352	3441	3506	3559	3605	3648
	500 anos	3417	3582	3692	3771	3834	3889	3939
Para-raios CAA DOTTEREL	250 anos	2038	2158	2240	2298	2344	2381	2414
	500 anos	2155	2295	2391	2461	2515	2559	2597
Para-raios 3/8 EAR	250 anos	1227	1298	1346	1380	1407	1429	1449
	500 anos	1296	1378	1435	1476	1508	1534	1556
Para-raios OPGW 16,75	250 anos	2258	2372	2444	2491	2523	2546	2563
	500 anos	2399	2536	2625	2684	2725	2754	2775
Para-raios OPGW 13,8	250 anos	1904	2002	2068	2116	2154	2185	2213
	500 anos	2002	2117	2196	2253	2297	2333	2365



7. ISOLADORES E FERRAGENS

7.1. Foram calculadas as cargas nos isoladores para $T = 500$ anos, os resultados são apresentados na tabela abaixo, Conforme pode ser constatado as novas cargas resultam na manutenção do mesmo dimensionamento das cadeias consideradas para a LT conforme relatórios RE-EQT4-L400-PB-ELM-0010_ISOLADORES E FERRAGENS

ESTRUTURA ESTAIADA LEVE V2CRL E V2SL											
Hipótese de Carga	Carregamentos					ISOLADOR (kN)					
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Pêncas	Calculado	FINAL	Adotado
					Fator	Critério					
VENTO EXTREMO	6677	6086	0	9035	0,6	Limite Escoramento	III	1	148	160	210
RUPTURA DO CONDUTOR	397	6086	381	6111	0,6	Limite Escoramento	III	1	100	120	
CONSTRUÇÃO	570	11134	1066	11199	0,6	Limite Escoramento	III	1	183	210	
ESTRUTURA DE SUSPENSÃO AUTOPORTANTE V2SP											
Hipótese de Carga	Carregamentos					ISOLADOR (kN)					
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Pêncas	Calculado	FINAL	Adotado
					Fator	Critério					
VENTO EXTREMO	9145	7704	0	11957	0,6	Limite Escoramento	IVI	1	195	210	210
RUPTURA DO CONDUTOR	1190	7704	381	7804	0,6	Limite Escoramento	IVI	1	128	160	
CONSTRUÇÃO	1711	12104	1066	12271	0,6	Limite Escoramento	IVI	1	201	210	
ESTRUTURA DE SUSPENSÃO AUTOPORTANTE V2TR											
Hipótese de Carga	Carregamentos					ISOLADOR (kN)					
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Pêncas	Calculado	FINAL	Adotado
					Fator	Critério					
VENTO EXTREMO	7472	6895	0	10167	0,6	Limite Escoramento	IVI	1	166	210	210
RUPTURA DO CONDUTOR	794	6895	381	6951	0,6	Limite Escoramento	IVI	1	114	120	
CONSTRUÇÃO	1141	11619	1066	11723	0,6	Limite Escoramento	IVI	1	192	210	
ESTRUTURA DE ANCORAGEM V2AA											
Hipótese de Carga	Carregamentos					ISOLADOR (kN)					
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Pêncas	Calculado (critério N-1)	FINAL	Adotado
					Fator	Critério					
VENTO EXTREMO	16000	9237	0	18475	0,6	Limite Escoramento	Quadruplo Anco	4	101	120	160
RUPTURA DO CONDUTOR	8460	10161	13076	18596	0,6	Limite Escoramento	Quadruplo Anco	4	101	120	
CONSTRUÇÃO	8460	2997	1066	9039	0,6	Limite Escoramento	Quadruplo Anco	4	49	120	
ESTRUTURA DE ANCORAGEM V2AT											
Hipótese de Carga	Carregamentos					ISOLADOR (kN)					
	Transversal (kgf)	Vertical (kgf)	Longitudinal (kgf)	Resultante (kgf)	Fator de Segurança		Cadeia	Quant. Pêncas	Calculado (critério N-1)	FINAL	Adotado
					Fator	Critério					
VENTO EXTREMO	26129	9237	0	27714	0,6	Limite Escoramento	Quadruplo Anco	4	151	160	160
RUPTURA DO CONDUTOR	16344	10161	13076	23267	0,6	Limite Escoramento	Quadruplo Anco	4	127	160	
CONSTRUÇÃO	16344	2997	1066	16651	0,6	Limite Escoramento	Quadruplo Anco	4	91	120	
VENTO EXTREMO TERMINAL	15629	9237	21000	27760	0,6	Limite Escoramento	Quadruplo Anco	4	151	160	

7.2 As cadeias de isoladores estão assim mantidas para o trecho de paralelismo:

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



8. VERIFICAÇÃO DAS ESTRUTURAS PARA T = 500 ANOS

- 8.1. Objetivando o aproveitamento das estruturas já projetadas para o empreendimento, verificou-se a aplicação das estruturas da série da LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino na situação de vento extremo T=500 anos.
- 8.2. No Anexo 4 tem-se a memória de cálculo da torre predominante V2CRL pertencente a LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino, que apresenta cargas superiores as calculadas para as velocidades de vento para 500 anos para a LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3, de modo a validarem a utilização dessa torre no trecho de paralelismo.

9. DESEMPENHO FRENTE ÀS DESCARGAS ATMOSFERIAS

- 9.1. A localização aproximada da LT, indica um nível ceraúnico de 50 dias de tempestade/ano, para garantir o bom desempenho das LT's no trecho de paralelismo serão considerados 75 dias de tempestade/ano, ou seja 50% maior que o nível ceraúnico da região.
- 9.2. Para o trecho de paralelismo verificou-se por meio do programa flash para 75 dias de tempestade/ano, e 20 Ω médio para resistência de pé de torre, que a taxa de desligamento é de aproximadamente 0,95 por 100 km por ano, ou seja menos 1 desligamento por 100 km por ano conforme estabelecido no edital. A saída do programa flash consta do anexo 3.
- 9.3. Apesar deste bom desempenho estimado, os aterramentos das estruturas serão especiais, independentemente das resistências de pé de torre que serão alcançadas, serão adicionados cabos contrapesos interligando todos os ramais, cabos de estais ou pernas das torres e lançados eventualmente hastes de aterramento nas pontas dos contrapesos longitudinais e transversais, também instalados, de forma a melhorar a impedância impulsiva das torres (abaixo aterramento típico).

10. CONCLUSÃO

Os estudos apresentaram os resultados das medidas mitigadoras que permitem minimizar os riscos de desligamento simultâneo dos dois circuitos simples C1 e C2, referentes à interligação entre as subestações 500 kV Igaporã III e Janaúba 3.

Quanto ao aspecto mecânico, adotou-se como solução o aumento da confiabilidade mecânica destes circuitos nos trechos em que as faixas de servidão estão contíguas.

O aumento da confiabilidade mecânica foi obtido com o aumento do período de retorno do vento, originalmente de 250 anos, conforme Edital da ANEEL, para um período de retorno de 500 anos.

Serão utilizadas as estruturas da LT 500 kV Janaúba 3 – Presidente Juscelino. Os ventos calculados para 500 anos se mostraram inferiores aos ventos considerados nesta LT. No entanto serão utilizadas as estruturas desta serie de forma a aumentar a confiabilidade da linha, resultando efetivamente em um período de retorno superior a 500 anos.

Ainda como medida mitigadora quanto a possibilidade da perda simultânea das linhas de transmissão, adotou-se as seguintes medidas para melhorar o desempenho dos circuitos frente às descargas atmosféricas, tendo em vista as experiências de desligamentos por este fenômeno constatadas pelo setor elétrico brasileiro:

- a) Verificação primeiramente do bom desempenho de cada circuito:
- Aumento o nível ceraunico das LT's para 75 dias de tempestade/ano



b) Ações adicionais mitigadoras:

- Adotou-se aplicar um sistema de aterramento especial cuja finalidade é melhorar o desempenho transitório dos aterramentos, não aumentando necessariamente o comprimento total dos cabos contrapeso instalados, mas sim aumentando as ramificações do sistema de aterramento, aplicando hastes de aterramento nos terminais de ramais, e fechando em anel os pés ou estais e mastros das torres. Os sistemas de aterramento quando excitados por correntes impulsivas diferem em comportamento quando excitados por correntes de baixa frequência (60 Hz por exemplo). Apesar das baixas taxas de desligamento estimadas, este tipo de aterramento especial visa reduzir a permanência das tensões transferidas para o topo das cadeias de isoladores que podem promover desligamentos por backflashover.

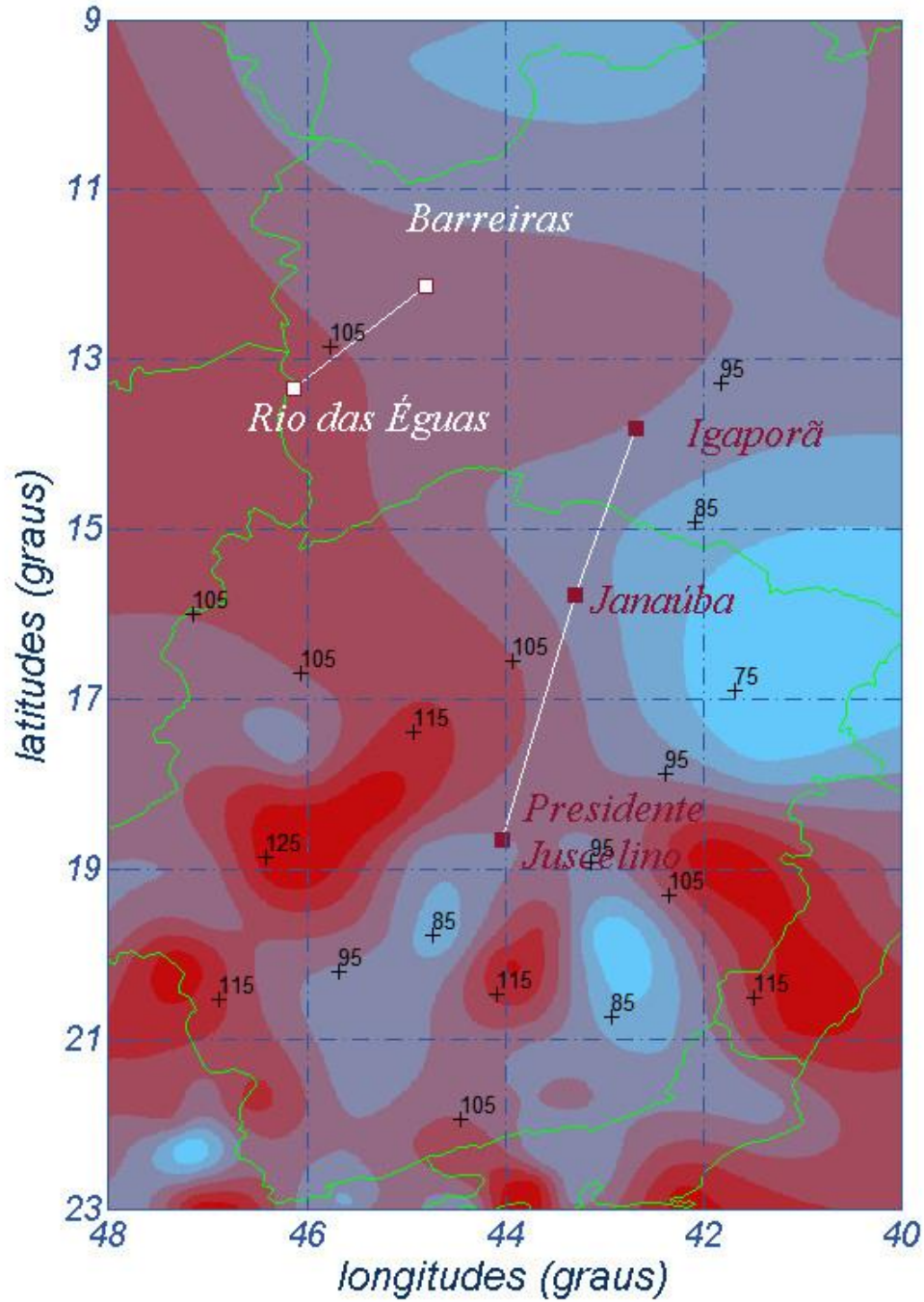
11. REFERÊNCIAS

- 1 NBR 5422 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- 2 Norma IEC 60826 – Design criteria of overhead transmission lines.
- 3 Relatório R3 – Caracterização e Análise Socioambiental - Linha de Transmissão Lote A
- 4 Relatório RE-EQT4-L400-PB-ELM-0003 _DADOS CLIMATOLÓGICOS
- 5 Relatório RE-EQT4-L400-PB-ELM-0004_VELOCIDADES DE VENTOS
- 6 Relatório RE-EQT4-L400-PB-ELM-0009_COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO
- 7 Kendall, G. R. – Statistical Analysis of Extreme Values – First Canadian Hydrology Conference, July 1959.
- 8 Cigré Working Group 22.06, “Probabilistic Design of Overhead Transmission (CIGRÉ Brochure 109 - 22-00 (WG-06)01, 1996
- 9 Silva Filho, J. I., Menezes Jr, A. A. – Mapeamento de Isótopos do Brasil, Relatório Técnico Cepel 851/82.

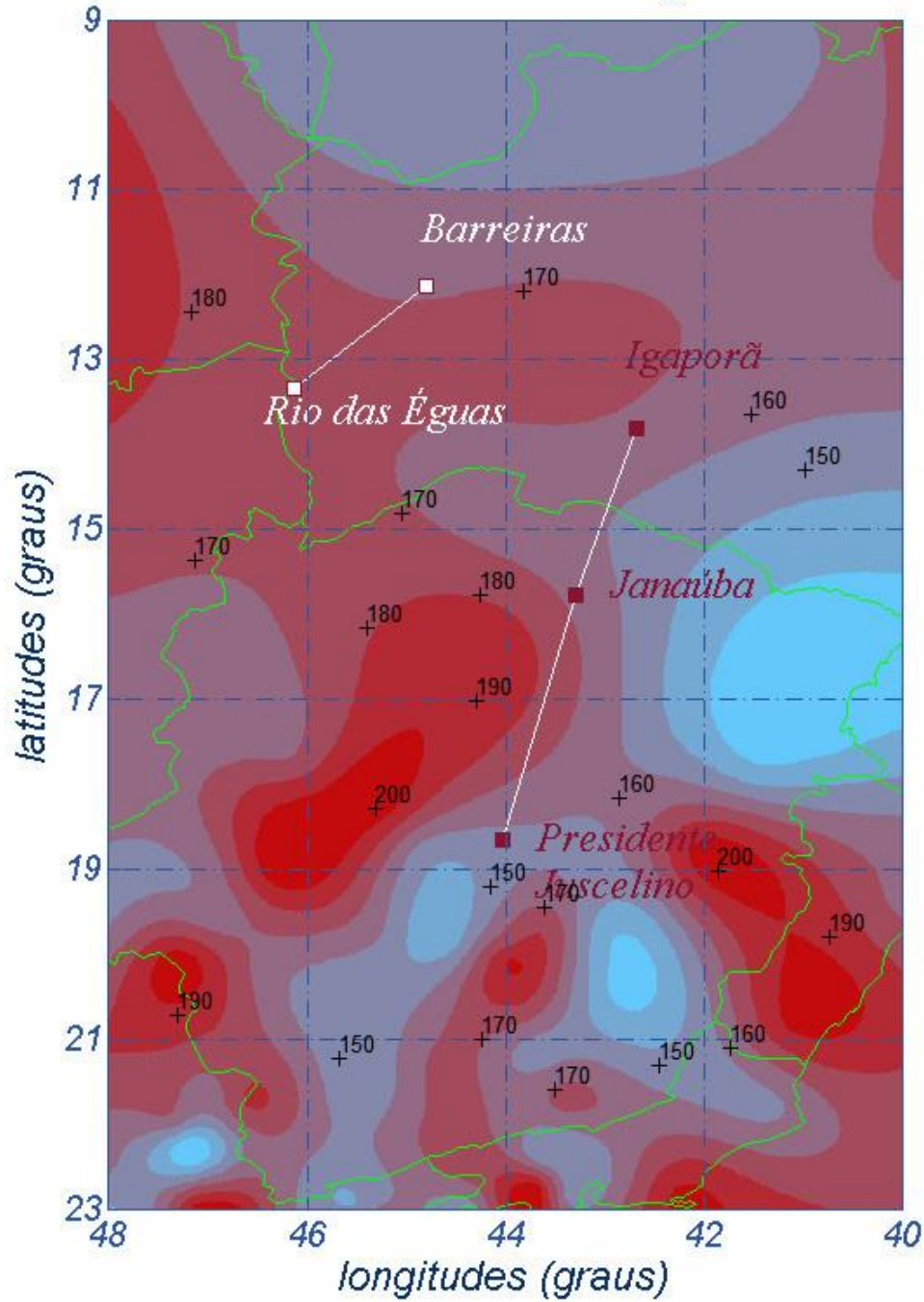


ANEXO 1 – ISOTACAS DAS VELOCIDADES DE VENTO CALCULADAS PARA T=500 ANOS

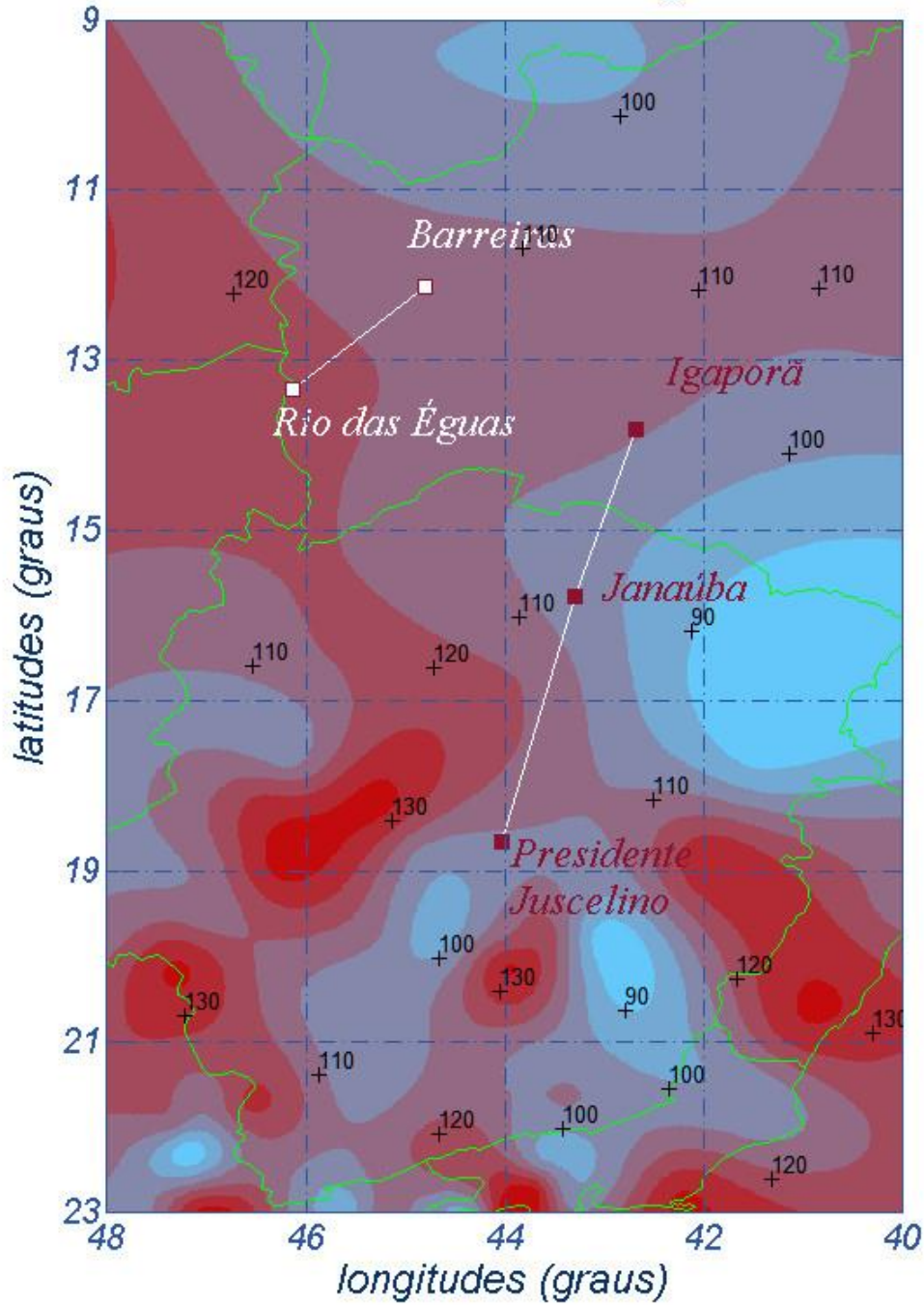
km/h - 500 anos / 10 minutos



km/h - 500 anos / 3 segundos



km/h - 75 anos / 30 segundos





ANEXO 2 – FLECHAS E TRAÇÕES



LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

78 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: PROJETO BASICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C1 e C2

TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

CABO: CAA 1120N 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE
diâmetro = 26.78 mm coef. dilat.i =0.00002300 oC-1
área secção = 425.16 mm² coef. dilat.f =0.00002300 oC-1
peso linear = 1.1720 kgf/m mód. elast. i = 4829. kgf/mm²
carga rupt. = 9471. kgf mód. elast. f = 6526. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 78.00 kgf/m²
Carga = 2.3952 kgf/m

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
Comprimento = 0.00 m
Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM



LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

78 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 2

PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

CABO: CAA 1120N 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 5.31 5.31	2483.9 2487.0 2490.1
	22.	0.00 6.04 6.04	2184.0 2187.5 2191.1
	55.	0.00 7.44 7.44	1772.9 1777.3 1781.6
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 7.48 7.48	3603.8 3612.7 3621.6
FINAIS	5.	0.00 6.18 6.18	2134.3 2137.9 2141.5
	10.	0.00 6.41 6.42	2056.6 2060.3 2064.1
	17.	0.00 6.74 6.74	1958.1 1962.0 1965.9
	22.	0.00 6.97 6.97	1894.3 1898.3 1902.4
	55.	0.00 8.39 8.39	1573.9 1578.8 1583.7
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 7.94 7.94	3398.3 3407.8 3417.3

VÃO = 400.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 10.52 10.52	2229.4 2235.6 2241.7
	22.	0.00 11.38 11.38	2062.6 2069.3 2075.9
	55.	0.00 12.96 12.96	1811.8 1819.3 1826.9
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 13.04 13.04	3679.2 3694.7 3710.3
FINAIS	5.	0.00 11.53 11.53	2034.9 2041.7 2048.4
	10.	0.00 11.79 11.79	1990.8 1997.7 2004.5
	17.	0.00 12.14 12.14	1933.0 1940.0 1947.1
	22.	0.00 12.39 12.39	1894.3 1901.5 1908.7
	55.	0.00 13.95 13.96	1682.4 1690.5 1698.6
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 13.51 13.51	3550.2 3566.3 3582.4



LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

78 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 3

PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

CABO: CAA 1120N 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 17.42 17.42	2106.3 2116.4 2126.6
	22.	0.00 18.32 18.32	2003.0 2013.7 2024.3
	55.	0.00 19.99 19.99	1836.0 1847.6 1859.2
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 20.11 20.11	3730.6 3754.5 3778.4
FINAIS	5.	0.00 18.48 18.48	1985.7 1996.4 2007.2
	10.	0.00 18.74 18.74	1957.5 1968.4 1979.3
	17.	0.00 19.11 19.11	1919.9 1931.0 1942.1
	22.	0.00 19.37 19.37	1894.2 1905.5 1916.8
	55.	0.00 21.03 21.03	1745.9 1758.1 1770.3
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 20.59 20.59	3642.7 3667.1 3691.6

VÃO = 510.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 18.19 18.19	2097.8 2108.4 2119.0
	22.	0.00 19.10 19.10	1998.8 2009.9 2021.0
	55.	0.00 20.78 20.78	1837.8 1849.9 1862.0
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 20.90 20.90	3734.8 3759.6 3784.4
FINAIS	5.	0.00 19.26 19.26	1982.2 1993.4 2004.6
	10.	0.00 19.53 19.53	1955.2 1966.5 1977.9
	17.	0.00 19.90 19.90	1919.0 1930.5 1942.1
	22.	0.00 20.16 20.16	1894.2 1906.0 1917.7
	55.	0.00 21.82 21.82	1750.7 1763.3 1776.0
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 21.39 21.39	3649.8 3675.1 3700.5



LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

78 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 4

PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

CABO: CAA 1120N 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 25.92 25.92	2040.0 2055.0 2070.1
	22.	0.00 26.84 26.84	1970.0 1985.6 2001.2
	55.	0.00 28.57 28.57	1851.3 1867.9 1884.4
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 28.71 28.71	3765.3 3799.3 3833.3
FINAIS	5.	0.00 27.01 27.01	1958.2 1973.8 1989.5
	10.	0.00 27.28 27.28	1938.7 1954.5 1970.4
	17.	0.00 27.66 27.66	1912.4 1928.4 1944.5
	22.	0.00 27.92 27.92	1894.2 1910.4 1926.6
	55.	0.00 29.63 29.64	1785.4 1802.6 1819.7
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 29.21 29.21	3701.7 3736.3 3770.8

VÃO = 700.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 36.01 36.01	2000.5 2021.4 2042.2
	22.	0.00 36.95 36.95	1950.0 1971.4 1992.7
	55.	0.00 38.72 38.72	1861.5 1883.9 1906.2
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 38.87 38.87	3789.2 3835.0 3880.8
FINAIS	5.	0.00 37.11 37.11	1941.4 1962.8 1984.3
	10.	0.00 37.39 37.39	1927.2 1948.8 1970.3
	17.	0.00 37.77 37.77	1907.7 1929.5 1951.3
	22.	0.00 38.04 38.05	1894.2 1916.2 1938.1
	55.	0.00 39.80 39.80	1811.4 1834.3 1857.2
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 39.38 39.38	3741.2 3787.6 3834.0



LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

AAAC 838 kcmil , 37 FIOS

TRAÇÃO DE PARTIDA

1894 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

78 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 5

PROJETO: TABELA DE FLECHAS E TRAÇÕES DO CONDUTOR 838

CABO: CAA 1120N 838.0kcmil 37fios 6 POR FASE

PARTIDA: 1894.2 kgf = 20.00 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 47.69 47.69	1975.2 2002.7 2030.1
	22.	0.00 48.64 48.64	1937.0 1965.0 1992.9
	55.	0.00 50.44 50.44	1868.6 1897.5 1926.5
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 50.61 50.61	3806.1 3865.4 3924.8
FINAIS	5.	0.00 48.81 48.81	1930.4 1958.5 1986.5
	10.	0.00 49.09 49.09	1919.6 1947.8 1976.0
	17.	0.00 49.48 49.48	1904.7 1933.1 1961.5
	22.	0.00 49.75 49.75	1894.2 1922.8 1951.4
	55.	0.00 51.54 51.54	1829.2 1858.8 1888.3
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 51.12 51.12	3768.7 3828.6 3888.5

VÃO = 900.00 m CREEP = 20.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 60.97 60.97	1958.0 1992.9 2027.8
	22.	0.00 61.93 61.93	1928.1 1963.5 1998.9
	55.	0.00 63.75 63.75	1873.6 1910.0 1946.4
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 63.93 63.93	3818.4 3893.0 3967.6
FINAIS	5.	0.00 62.10 62.10	1922.9 1958.4 1993.9
	10.	0.00 62.38 62.38	1914.3 1950.0 1985.6
	17.	0.00 62.77 62.77	1902.5 1938.4 1974.3
	22.	0.00 63.05 63.05	1894.2 1930.2 1966.3
	55.	0.00 64.86 64.87	1841.9 1878.9 1916.0
PV = 78.00 (0.00)	17.	0.00 64.45 64.45	3788.4 3863.6 3938.7



LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE
diâmetro = 15.42 mm coef. dilat.i =0.00001480 oC-1
área secção = 141.89 mm² coef. dilat.f =0.00001530 oC-1
peso linear = 0.6570 kgf/m mód. elast. i = 9773. kgf/mm²
carga rupt. = 7857. kgf mód. elast. f = 10687. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 84.00 kgf/m²
Carga = 1.4524 kgf/m

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
Comprimento = 0.00 m
Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM



LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 2

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 5.77 5.77	1282.2 1284.1 1286.0
	22.	0.00 6.27 6.27	1180.0 1182.0 1184.1
	40.	0.00 6.79 6.79	1089.5 1091.7 1093.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 7.72 7.72	2117.3 2122.8 2128.4
FINAIS	5.	0.00 5.74 5.74	1289.0 1290.9 1292.7
	10.	0.00 5.89 5.89	1254.7 1256.6 1258.6
	17.	0.00 6.11 6.11	1209.9 1211.9 1213.9
	22.	0.00 6.27 6.27	1180.0 1182.1 1184.1
	40.	0.00 6.82 6.82	1084.9 1087.1 1089.3
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 7.63 7.63	2143.6 2149.1 2154.6

VÃO = 400.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 10.58 10.58	1243.6 1247.0 1250.5
	22.	0.00 11.15 11.15	1180.0 1183.6 1187.3
	40.	0.00 11.74 11.74	1120.8 1124.7 1128.5
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 12.90 12.90	2254.1 2263.4 2272.7
FINAIS	5.	0.00 10.55 10.55	1247.0 1250.4 1253.9
	10.	0.00 10.73 10.73	1226.3 1229.8 1233.3
	17.	0.00 10.97 10.97	1198.7 1202.3 1205.9
	22.	0.00 11.15 11.15	1180.0 1183.7 1187.3
	40.	0.00 11.76 11.76	1118.2 1122.0 1125.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 12.78 12.78	2276.5 2285.7 2294.9



LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 3

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 16.82 16.82	1222.6 1228.1 1233.6
	22.	0.00 17.43 17.43	1180.0 1185.7 1191.4
	40.	0.00 18.06 18.06	1138.9 1144.8 1150.7
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.39 19.39	2344.9 2358.9 2372.9
FINAIS	5.	0.00 16.79 16.79	1224.6 1230.1 1235.6
	10.	0.00 16.98 16.98	1211.0 1216.6 1222.1
	17.	0.00 17.24 17.24	1192.7 1198.3 1203.9
	22.	0.00 17.43 17.43	1180.0 1185.7 1191.4
	40.	0.00 18.08 18.09	1137.2 1143.1 1149.0
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.24 19.24	2363.4 2377.2 2391.1

VÃO = 510.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 17.52 17.52	1221.1 1226.8 1232.5
	22.	0.00 18.13 18.13	1180.0 1185.9 1191.8
	40.	0.00 18.77 18.77	1140.3 1146.4 1152.5
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 20.12 20.12	2352.2 2366.7 2381.2
FINAIS	5.	0.00 17.49 17.49	1223.0 1228.7 1234.4
	10.	0.00 17.68 17.68	1209.9 1215.7 1221.5
	17.	0.00 17.95 17.95	1192.2 1198.1 1203.9
	22.	0.00 18.13 18.13	1180.0 1185.9 1191.8
	40.	0.00 18.79 18.79	1138.6 1144.8 1150.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.96 19.96	2370.3 2384.7 2399.1



LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 4

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 24.48 24.48	1210.3 1218.3 1226.3
	22.	0.00 25.11 25.11	1180.0 1188.2 1196.4
	40.	0.00 25.77 25.77	1150.1 1158.4 1166.8
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 27.23 27.23	2406.8 2426.4 2446.0
FINAIS	5.	0.00 24.45 24.45	1211.6 1219.6 1227.6
	10.	0.00 24.65 24.65	1202.1 1210.1 1218.1
	17.	0.00 24.92 24.92	1189.1 1197.2 1205.3
	22.	0.00 25.11 25.11	1180.0 1188.2 1196.3
	40.	0.00 25.80 25.80	1148.9 1157.3 1165.7
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 27.06 27.06	2422.0 2441.5 2460.9

VÃO = 700.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 33.56 33.56	1202.6 1213.5 1224.4
	22.	0.00 34.21 34.21	1180.0 1191.1 1202.2
	40.	0.00 34.89 34.89	1157.3 1168.6 1179.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 36.44 36.44	2450.3 2476.4 2502.5
FINAIS	5.	0.00 33.54 33.54	1203.5 1214.4 1225.3
	10.	0.00 33.74 33.74	1196.5 1207.4 1218.4
	17.	0.00 34.01 34.01	1186.8 1197.8 1208.9
	22.	0.00 34.21 34.21	1180.0 1191.1 1202.2
	40.	0.00 34.91 34.91	1156.4 1167.8 1179.1
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 36.25 36.25	2462.8 2488.8 2514.7



LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

DOTTEREL, 12/7

TRAÇÃO DE PARTIDA

1180 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 5

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS CAA DOTTEREL

CABO: CAA DOTTEREL 176.9 MCM 12/7 1 POR FASE

PARTIDA: 1180.0 kgf = 15.02 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 44.07 44.07	1197.5 1211.7 1226.0
	22.	0.00 44.73 44.73	1180.0 1194.4 1208.9
	40.	0.00 45.42 45.42	1162.2 1176.9 1191.6
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 47.03 47.04	2481.6 2515.1 2548.7
FINAIS	5.	0.00 44.04 44.04	1198.2 1212.4 1226.7
	10.	0.00 44.24 44.24	1192.7 1207.0 1221.4
	17.	0.00 44.53 44.53	1185.3 1199.7 1214.0
	22.	0.00 44.73 44.73	1180.0 1194.5 1208.9
	40.	0.00 45.44 45.44	1161.6 1176.3 1190.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 46.84 46.84	2492.0 2525.4 2558.8

VÃO = 900.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 56.00 56.00	1193.9 1212.0 1230.0
	22.	0.00 56.67 56.67	1180.0 1198.2 1216.5
	40.	0.00 57.37 57.37	1165.8 1184.2 1202.7
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 59.04 59.04	2504.8 2546.7 2588.6
FINAIS	5.	0.00 55.98 55.98	1194.5 1212.5 1230.5
	10.	0.00 56.18 56.18	1190.2 1208.2 1226.3
	17.	0.00 56.47 56.47	1184.2 1202.4 1220.5
	22.	0.00 56.67 56.67	1180.0 1198.2 1216.5
	40.	0.00 57.39 57.40	1165.2 1183.7 1202.2
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 58.84 58.84	2513.5 2555.3 2597.1



LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

CABO: CAA 3/8" 1 POR FASE
diâmetro = 9.14 mm coef. dilat.i = 0.00001152 oC-1
área secção = 51.08 mm² coef. dilat.f = 0.00001152 oC-1
peso linear = 0.4070 kgf/m mód. elast. i = 18600. kgf/mm²
carga rupt. = 6985. kgf mód. elast. f = 18200. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 84.00 kgf/m²
Carga = 0.8693 kgf/m

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
Comprimento = 0.00 m
Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM



LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 2

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

CABO: CAA 3/8"

1 POR FASE

PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 5.87 5.87	780.8 782.0 783.2
	22.	0.00 6.27 6.27	731.0 732.3 733.6
	40.	0.00 6.68 6.68	685.5 686.8 688.2
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 7.57 7.57	1292.5 1295.8 1299.1
FINAIS	5.	0.00 5.87 5.87	780.5 781.7 782.9
	10.	0.00 5.99 5.99	765.2 766.4 767.6
	17.	0.00 6.15 6.15	744.8 746.1 747.3
	22.	0.00 6.27 6.27	731.0 732.3 733.5
	40.	0.00 6.68 6.68	685.7 687.0 688.4
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 7.59 7.59	1289.0 1292.3 1295.6

VÃO = 400.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 10.70 10.70	761.8 763.9 766.1
	22.	0.00 11.15 11.15	731.0 733.3 735.5
	40.	0.00 11.61 11.61	701.6 704.0 706.3
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 12.70 12.70	1370.4 1375.9 1381.4
FINAIS	5.	0.00 10.70 10.70	761.7 763.8 766.0
	10.	0.00 10.83 10.83	752.3 754.5 756.7
	17.	0.00 11.02 11.02	739.7 741.9 744.2
	22.	0.00 11.15 11.15	731.0 733.3 735.5
	40.	0.00 11.61 11.61	701.7 704.1 706.4
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 12.73 12.73	1367.4 1372.9 1378.4



LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 3

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

CABO: CAA 3/8"

1 POR FASE

PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 16.95 16.95	751.6 755.0 758.4
	22.	0.00 17.43 17.43	731.0 734.5 738.1
	40.	0.00 17.92 17.92	710.8 714.4 718.0
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.15 19.15	1420.9 1429.2 1437.5
FINAIS	5.	0.00 16.95 16.95	751.5 755.0 758.4
	10.	0.00 17.09 17.09	745.3 748.8 752.2
	17.	0.00 17.29 17.29	736.9 740.4 743.9
	22.	0.00 17.43 17.43	731.0 734.5 738.0
	40.	0.00 17.92 17.92	710.8 714.5 718.1
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.19 19.19	1418.5 1426.8 1435.1

VÃO = 510.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 17.65 17.65	750.8 754.4 758.0
	22.	0.00 18.13 18.13	731.0 734.7 738.3
	40.	0.00 18.63 18.63	711.5 715.2 719.0
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.87 19.87	1424.9 1433.5 1442.1
FINAIS	5.	0.00 17.65 17.65	750.8 754.4 757.9
	10.	0.00 17.79 17.79	744.8 748.4 752.0
	17.	0.00 17.99 17.99	736.7 740.3 743.9
	22.	0.00 18.13 18.13	731.0 734.7 738.3
	40.	0.00 18.63 18.63	711.5 715.3 719.0
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.91 19.91	1422.6 1431.1 1439.7



LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 4

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

CABO: CAA 3/8"

1 POR FASE

PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 24.62 24.62	745.6 750.6 755.6
	22.	0.00 25.11 25.11	731.0 736.1 741.1
	40.	0.00 25.63 25.63	716.3 721.5 726.7
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 26.96 26.96	1454.8 1466.4 1478.0
FINAIS	5.	0.00 24.62 24.62	745.6 750.6 755.5
	10.	0.00 24.76 24.76	741.2 746.2 751.2
	17.	0.00 24.97 24.97	735.2 740.3 745.3
	22.	0.00 25.11 25.11	731.0 736.1 741.1
	40.	0.00 25.63 25.63	716.4 721.5 726.7
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 27.00 27.00	1452.8 1464.4 1476.1

VÃO = 700.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 33.70 33.70	741.9 748.7 755.5
	22.	0.00 34.21 34.21	731.0 737.9 744.8
	40.	0.00 34.74 34.74	719.9 726.9 733.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 36.14 36.14	1478.3 1493.8 1509.3
FINAIS	5.	0.00 33.70 33.70	741.9 748.7 755.5
	10.	0.00 33.85 33.85	738.6 745.5 752.3
	17.	0.00 34.06 34.06	734.2 741.0 747.8
	22.	0.00 34.21 34.21	731.0 737.9 744.7
	40.	0.00 34.74 34.74	719.9 726.9 733.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 36.18 36.18	1476.6 1492.1 1507.7



LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

3/8" EAR

TRAÇÃO DE PARTIDA

731 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 5

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS EAR 3/8"

CABO: CAA 3/8"

1 POR FASE

PARTIDA: 731.0 kgf = 10.47 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 44.21 44.21	739.4 748.3 757.1
	22.	0.00 44.73 44.73	731.0 740.0 748.9
	40.	0.00 45.27 45.27	722.4 731.4 740.5
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 46.72 46.73	1495.0 1515.0 1534.9
FINAIS	5.	0.00 44.21 44.21	739.4 748.3 757.1
	10.	0.00 44.36 44.36	736.9 745.8 754.7
	17.	0.00 44.58 44.58	733.4 742.4 751.3
	22.	0.00 44.73 44.73	731.0 740.0 748.9
	40.	0.00 45.26 45.27	722.4 731.4 740.5
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 46.77 46.77	1493.7 1513.6 1533.6

VÃO = 900.00 m CREEP = 0.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 56.15 56.15	737.7 748.9 760.1
	22.	0.00 56.67 56.67	731.0 742.3 753.6
	40.	0.00 57.22 57.22	724.1 735.5 746.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 58.72 58.72	1507.3 1532.3 1557.2
FINAIS	5.	0.00 56.15 56.15	737.7 748.9 760.1
	10.	0.00 56.30 56.30	735.7 746.9 758.2
	17.	0.00 56.52 56.52	733.0 744.2 755.5
	22.	0.00 56.67 56.67	731.0 742.3 753.6
	40.	0.00 57.22 57.22	724.1 735.5 746.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 58.76 58.76	1506.2 1531.2 1556.1



LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

OPGW 16,75

TRAÇÃO DE PARTIDA

1374 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 15/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

CABO: CAA OPGW1 1 POR FASE
diâmetro = 16.75 mm coef. dilat.i = 0.00001550 oC-1
área secção = 159.00 mm² coef. dilat.f = 0.00001550 oC-1
peso linear = 0.7680 kgf/m mód. elast. i = 10009. kgf/mm²
carga rupt. = 9888. kgf mód. elast. f = 11116. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 84.00 kgf/m²
Carga = 1.6030 kgf/m

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
Comprimento = 0.00 m
Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM



LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

OPGW 16,75

TRAÇÃO DE PARTIDA

1374 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 2

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

CABO: CAA OPGW1

1 POR FASE

PARTIDA: 1374.0 kgf = 13.90 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 5.68 5.68	1522.9 1525.1 1527.3
	22.	0.00 6.20 6.20	1394.8 1397.2 1399.6
	40.	0.00 6.74 6.74	1282.3 1284.9 1287.4
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 7.55 7.55	2391.0 2397.0 2403.0
FINAIS	5.	0.00 5.75 5.76	1502.0 1504.2 1506.4
	10.	0.00 5.91 5.91	1461.8 1464.1 1466.3
	17.	0.00 6.13 6.13	1409.1 1411.5 1413.8
	22.	0.00 6.29 6.29	1374.0 1376.4 1378.8
	40.	0.00 6.85 6.85	1262.5 1265.2 1267.8
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 7.52 7.52	2399.1 2405.1 2411.1

VÃO = 400.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 10.49 10.49	1466.0 1470.0 1474.0
	22.	0.00 11.08 11.08	1387.1 1391.4 1395.6
	40.	0.00 11.70 11.70	1314.1 1318.6 1323.1
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 12.70 12.70	2526.9 2537.1 2547.2
FINAIS	5.	0.00 10.58 10.58	1452.6 1456.6 1460.7
	10.	0.00 10.76 10.76	1428.3 1432.5 1436.6
	17.	0.00 11.01 11.01	1396.0 1400.2 1404.5
	22.	0.00 11.19 11.19	1374.0 1378.3 1382.6
	40.	0.00 11.81 11.81	1301.6 1306.1 1310.6
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 12.66 12.66	2536.2 2546.3 2556.3



LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

OPGW 16,75

TRAÇÃO DE PARTIDA

1374 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 3

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

CABO: CAA OPGW1

1 POR FASE

PARTIDA: 1374.0 kgf = 13.90 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 16.75 16.75	1435.4 1441.8 1448.1
	22.	0.00 17.38 17.38	1382.8 1389.5 1396.1
	40.	0.00 18.04 18.04	1332.4 1339.3 1346.2
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.19 19.19	2616.0 2631.3 2646.5
FINAIS	5.	0.00 16.85 16.85	1426.3 1432.7 1439.1
	10.	0.00 17.04 17.04	1410.4 1416.9 1423.4
	17.	0.00 17.31 17.31	1388.9 1395.5 1402.1
	22.	0.00 17.50 17.50	1374.0 1380.7 1387.3
	40.	0.00 18.16 18.16	1323.9 1330.8 1337.7
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.12 19.12	2624.7 2639.9 2655.1

VÃO = 510.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 17.45 17.45	1433.2 1439.8 1446.5
	22.	0.00 18.09 18.09	1382.5 1389.4 1396.3
	40.	0.00 18.75 18.75	1333.8 1341.0 1348.1
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.91 19.91	2623.1 2639.0 2654.8
FINAIS	5.	0.00 17.56 17.56	1424.4 1431.1 1437.8
	10.	0.00 17.75 17.75	1409.1 1415.8 1422.6
	17.	0.00 18.01 18.02	1388.3 1395.2 1402.1
	22.	0.00 18.20 18.20	1374.0 1381.0 1387.9
	40.	0.00 18.87 18.87	1325.6 1332.8 1340.0
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.84 19.84	2631.7 2647.5 2663.2



LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

OPGW 16,75

TRAÇÃO DE PARTIDA

1374 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 4

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

CABO: CAA OPGW1

1 POR FASE

PARTIDA: 1374.0 kgf = 13.90 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 24.43 24.43	1417.5 1426.8 1436.2
	22.	0.00 25.10 25.10	1380.3 1389.9 1399.4
	40.	0.00 25.78 25.78	1343.7 1353.5 1363.3
PV = 84.00 (0.00)			
	17.	0.00 27.03 27.03	2676.2 2697.6 2719.1
FINAIS			
	5.	0.00 24.55 24.55	1411.1 1420.4 1429.8
	10.	0.00 24.74 24.74	1399.9 1409.3 1418.7
	17.	0.00 25.02 25.02	1384.6 1394.1 1403.7
	22.	0.00 25.21 25.21	1374.0 1383.6 1393.2
	40.	0.00 25.90 25.90	1337.6 1347.4 1357.3
PV = 84.00 (0.00)			
	17.	0.00 26.95 26.95	2683.8 2705.1 2726.5

VÃO = 700.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 33.55 33.55	1406.4 1419.1 1431.9
	22.	0.00 34.23 34.23	1378.8 1391.7 1404.7
	40.	0.00 34.93 34.93	1351.1 1364.3 1377.6
PV = 84.00 (0.00)			
	17.	0.00 36.25 36.25	2718.1 2746.8 2775.4
FINAIS			
	5.	0.00 33.66 33.67	1401.6 1414.4 1427.1
	10.	0.00 33.87 33.87	1393.3 1406.2 1419.0
	17.	0.00 34.15 34.15	1382.0 1394.9 1407.9
	22.	0.00 34.34 34.35	1374.0 1387.0 1400.0
	40.	0.00 35.05 35.05	1346.4 1359.7 1373.0
PV = 84.00 (0.00)			
	17.	0.00 36.16 36.16	2724.6 2753.2 2781.7



LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

OPGW 16,75

TRAÇÃO DE PARTIDA

1374 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 5

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW1

CABO: CAA OPGW1

1 POR FASE

PARTIDA: 1374.0 kgf = 13.90 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 44.09 44.09	1399.0 1415.7 1432.4
	22.	0.00 44.78 44.78	1377.7 1394.6 1411.5
	40.	0.00 45.50 45.50	1356.1 1373.3 1390.4
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 46.88 46.88	2748.1 2785.0 2821.9
FINAIS	5.	0.00 44.21 44.21	1395.3 1412.0 1428.7
	10.	0.00 44.42 44.42	1388.9 1405.7 1422.5
	17.	0.00 44.70 44.70	1380.2 1397.1 1413.9
	22.	0.00 44.90 44.90	1374.0 1391.0 1407.9
	40.	0.00 45.62 45.62	1352.4 1369.7 1386.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 46.78 46.78	2753.6 2790.5 2827.3

VÃO = 900.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 56.07 56.07	1393.9 1415.0 1436.1
	22.	0.00 56.77 56.77	1376.9 1398.3 1419.7
	40.	0.00 57.50 57.50	1359.6 1381.2 1402.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 58.92 58.92	2770.2 2816.4 2862.6
FINAIS	5.	0.00 56.19 56.19	1390.9 1412.1 1433.2
	10.	0.00 56.40 56.40	1385.9 1407.1 1428.3
	17.	0.00 56.69 56.69	1378.9 1400.2 1421.6
	22.	0.00 56.89 56.89	1374.0 1395.4 1416.8
	40.	0.00 57.62 57.63	1356.7 1378.4 1400.0
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 58.82 58.82	2774.9 2821.0 2867.1



LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

F L E T R A □

ESTUDO DE FLECHAS E TRAÇÕES

ENGEPRO ENGENHARIA

DATA: 3/ 5/2017

PÁGINA 1

PROJETO: ESTUDO MECANICO

LT 500 KV Igaporã III - Janaúba 3 - C2

CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

CABO: CAA OPGW2 1 POR FASE
diâmetro = 13.40 mm coef. dilat.i = 0.00001320 oC-1
área secção = 103.00 mm² coef. dilat.f = 0.00001320 oC-1
peso linear = 0.6820 kg/m mód. elast. i = 13800. kgf/mm²
carga rupt. = 9477. kgf mód. elast. f = 13800. kgf/mm²

VENTOS DE PROJETO PARA O CABO:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 84.00 kgf/m²
Carga = 1.3161 kgf/m

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.0000 kgf/m

CADEIA:

Peso . . . = 0.00 kgf
Comprimento = 0.00 m
Área . . . = 0.00 m²

VENTOS DE PROJETO PARA A CADEIA:

CONDIÇÃO 1 :

Temperatura = 17.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

CONDIÇÃO 2 :

Temperatura = 0.0 oC
Pressão = 0.00 kgf/m²
Carga = 0.00 kgf

TEMPERATURA E D S = 22.0 oC

EQUIVALENTES TÉRMICOS DO "CREEP" SÃO DADOS.

OBS: NÃO ESTÃO SENDO CONSIDERADAS AS CADEIAS DE ANCORAGEM



LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 2

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

CABO: CAA OPGW2

1 POR FASE

PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 300.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 5.74 5.74	1336.4 1338.4 1340.3
	22.	0.00 6.19 6.19	1240.4 1242.5 1244.6
	40.	0.00 6.65 6.65	1153.8 1156.0 1158.3
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 7.37 7.37	2009.4 2014.2 2019.1
FINAIS	5.	0.00 5.82 5.82	1318.3 1320.3 1322.3
	10.	0.00 5.95 5.95	1289.4 1291.4 1293.4
	17.	0.00 6.14 6.14	1251.0 1253.1 1255.2
	22.	0.00 6.27 6.27	1225.0 1227.1 1229.3
	40.	0.00 6.73 6.73	1140.6 1142.9 1145.2
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 7.44 7.44	1992.4 1997.3 2002.1

VÃO = 400.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 10.55 10.55	1294.3 1297.9 1301.5
	22.	0.00 11.06 11.06	1234.8 1238.6 1242.3
	40.	0.00 11.58 11.59	1178.7 1182.6 1186.5
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 12.47 12.47	2113.1 2121.3 2129.5
FINAIS	5.	0.00 10.64 10.64	1283.3 1286.9 1290.5
	10.	0.00 10.79 10.79	1265.4 1269.1 1272.8
	17.	0.00 11.00 11.00	1241.5 1245.2 1248.9
	22.	0.00 11.15 11.15	1225.0 1228.8 1232.6
	40.	0.00 11.67 11.67	1170.0 1173.9 1177.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 12.55 12.55	2100.7 2108.9 2117.1



LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 3

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

CABO: CAA OPGW2

1 POR FASE

PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 500.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 16.79 16.79	1271.5 1277.1 1282.8
	22.	0.00 17.33 17.33	1231.7 1237.5 1243.4
	40.	0.00 17.90 17.90	1193.0 1199.0 1205.1
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 18.90 18.90	2180.2 2192.6 2204.9
FINAIS	5.	0.00 16.88 16.88	1264.2 1269.9 1275.6
	10.	0.00 17.04 17.04	1252.3 1258.1 1263.9
	17.	0.00 17.27 17.27	1236.2 1242.0 1247.9
	22.	0.00 17.43 17.43	1225.0 1230.9 1236.8
	40.	0.00 17.99 17.99	1186.8 1192.9 1199.0
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 18.98 18.98	2170.8 2183.2 2195.6

VÃO = 510.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 17.49 17.49	1269.8 1275.7 1281.7
	22.	0.00 18.04 18.04	1231.5 1237.6 1243.7
	40.	0.00 18.60 18.60	1194.0 1200.3 1206.6
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.62 19.62	2185.6 2198.4 2211.2
FINAIS	5.	0.00 17.59 17.59	1262.8 1268.7 1274.7
	10.	0.00 17.75 17.75	1251.4 1257.4 1263.4
	17.	0.00 17.97 17.97	1235.8 1241.9 1248.0
	22.	0.00 18.13 18.13	1225.0 1231.1 1237.3
	40.	0.00 18.70 18.70	1188.1 1194.4 1200.8
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 19.70 19.70	2176.3 2189.2 2202.1



LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 4

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

CABO: CAA OPGW2

1 POR FASE

PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 600.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 24.45 24.45	1258.1 1266.3 1274.6
	22.	0.00 25.01 25.01	1229.8 1238.3 1246.7
	40.	0.00 25.60 25.60	1201.7 1210.4 1219.0
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 26.69 26.69	2225.0 2242.4 2259.7
FINAIS	5.	0.00 24.55 24.55	1253.0 1261.3 1269.6
	10.	0.00 24.71 24.72	1244.5 1252.9 1261.3
	17.	0.00 24.95 24.95	1233.0 1241.5 1249.9
	22.	0.00 25.11 25.11	1225.0 1233.5 1242.0
	40.	0.00 25.70 25.70	1197.2 1205.9 1214.6
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 26.78 26.78	2217.7 2235.2 2252.6

VÃO = 700.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 33.53 33.53	1249.7 1261.0 1272.3
	22.	0.00 34.11 34.11	1228.6 1240.1 1251.6
	40.	0.00 34.71 34.71	1207.4 1219.1 1230.8
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 35.86 35.86	2255.9 2279.1 2302.4
FINAIS	5.	0.00 33.63 33.63	1245.9 1257.2 1268.5
	10.	0.00 33.80 33.80	1239.6 1251.0 1262.4
	17.	0.00 34.04 34.04	1231.0 1242.5 1254.0
	22.	0.00 34.21 34.21	1225.0 1236.5 1248.0
	40.	0.00 34.81 34.81	1203.9 1215.7 1227.4
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 35.95 35.95	2250.1 2273.4 2296.7



LT 500 kV Igaporã III – Janaúba 3 C1/C2 (trechos de paralelismo)

CABO

OPGW 13,4

TRAÇÃO DE PARTIDA

1225 kgf, a 22° C, sem vento, final

PRESSÃO DE VENTO (T = 500 ANOS)

84 kgf/m²

ENGEPRO ENGENHARIA:

FLETRA-pág 5

PROJETO: CONDIÇÃO DE GOVERNO - PARA-RAIOS OPGW2

CABO: CAA OPGW2 1 POR FASE

PARTIDA: 1225.0 kgf = 12.93 % CR, TRAÇÃO HORIZONTAL
22.0 oC - ESTADO FINAL, SEM VENTO

VÃO = 800.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 44.03 44.03	1244.1 1258.8 1273.6
	22.	0.00 44.62 44.62	1227.8 1242.8 1257.7
	40.	0.00 45.24 45.24	1211.2 1226.4 1241.6
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 46.43 46.43	2277.8 2307.8 2337.8
FINAIS	5.	0.00 44.14 44.14	1241.2 1256.0 1270.8
	10.	0.00 44.31 44.31	1236.3 1251.2 1266.1
	17.	0.00 44.55 44.55	1229.7 1244.6 1259.6
	22.	0.00 44.72 44.72	1225.0 1240.0 1255.0
	40.	0.00 45.34 45.34	1208.5 1223.7 1238.9
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 46.52 46.53	2273.2 2303.2 2333.3

VÃO = 900.00 m CREEP = 3.00 oC

PR.VENTO [kgf/m ²]	TEMP [oC]	F L E C H A S CADEIA COND TOTAL	T R A Ç Õ E S HORIZ. MÉDIA SUPORTE
INICIAIS	5.	0.00 55.96 55.96	1240.2 1258.9 1277.6
	22.	0.00 56.56 56.56	1227.2 1246.1 1265.0
	40.	0.00 57.18 57.19	1214.0 1233.1 1252.2
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 58.41 58.42	2293.9 2331.5 2369.1
FINAIS	5.	0.00 56.07 56.07	1237.9 1256.6 1275.3
	10.	0.00 56.24 56.25	1234.0 1252.8 1271.6
	17.	0.00 56.49 56.49	1228.7 1247.6 1266.5
	22.	0.00 56.66 56.66	1225.0 1243.9 1262.9
	40.	0.00 57.29 57.29	1211.8 1230.9 1250.1
PV = 84.00 (0.00)	17.	0.00 58.51 58.51	2290.0 2327.7 2365.4



ANEXO 3 – SAÍDAS DO PROGRAMA FLASH



----- S H I E L D I N G C A L C U L A T I O N -----

Value of BETA used = .8999999761581421
 THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 1 IS 21.68 DEGREES
 THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 1 IS -41.68 DEGREES

 THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 2 IS 22.20 DEGREES
 THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 2 IS -55.00 DEGREES

----- B A C K F L A S H C A L C U L A T I O N -----

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.



Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

Footing RESISTANCE = 20 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:



Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90

 Footing RESISTANCE = 20 Ohms.
 Tower WAVE IMPEDANCE = 42.46501922607422 Ohms.

Cond. No.	Coupling Factor	Flashover Voltage at 2 us (kV)	Insulator Voltage at 2 us (kV/kA)	Flashover Voltage at 6 us (kV)	Insulator Voltage at 6 us (kV/kA)	Critical Current (kA)
1	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08
2	0.3915	3034	13.96	2165	8.18	217.22
3	0.4077	3034	13.66	2165	7.96	222.08

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	33.3	194.90
2	33.3	190.64
3	33.3	194.90



----- F I N A L R E S U L T S -----

THE BACKFLASHOVER RATE = 0.9500 FLASHOVERS/100 KM
= 1.5200 FLASHOVERS/100 MI

THE SHIELDING FAILURE
FLASHOVER RATE = 0.0000 FLASHOVERS/100 KM
= 0.0000 FLASHOVERS/100 MI

TOTAL FLASHOVER RATE = 0.9500 FLASHOVERS/100 KM
= 1.5200 FLASHOVERS/100 MI



ANEXO 4 – MEMÓRIA DE CALCULO DA ESTRUTURA V2CRL QUE SERÁ APLICADA NOS TRECHOS COM T = 500 ANOS

Relatório - RE-EQT4-L402-PB-EST-0022-R00

OBSERVAÇÃO:

Esta estrutura será utilizada no trecho com paralelismo das LT's 500 kV C.S. Igaporã III / Janaúba 3 C1 e C2 (Lotes 14B e 15), com velocidade de referência do vento correspondente a um período de retorno $T = 500$ anos.

Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
0	12/05/17	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	12/05/17

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	0

ÍNDICE

1 NOTAS GERAIS DE CÁLCULO	Pág.	3		
2 ESQUEMA ESTRUTURAL	Pág.	4		
3 HIPÓTESES DE CARGA	Pág.	5	a	19
4 CARGAS DEVIDAS AO VENTO SOBRE A TORRE	Pág.	20	a	21
5 DIMENSIONAMENTO DE BARRAS E CONEXÕES	Pág.	22	a	27
6 CARGAS ÚLTIMAS SOBRE FUNDAÇÕES DOS MASTROS	Pág.	28	a	30
7 DIMENSIONAMENTO DOS CABOS E DE SUAS CONEXÕES À TORRE	Pág.	31	a	33
8 CÁLCULO DO APOIO DA BASE DOS MASTROS	Pág.	34		

1 NOTAS GERAIS DE CÁLCULO

1.1 PARÂMETROS BÁSICOS DA TORRE

Tensão	500 kV	
Circuito	SIMPLES, COM 2 PÁRA-RAIOS	
Aplicação	SUSPENSÃO	
Vão básico (m)	500	
Ângulo de deflexão	0°	2°
Vão médio (m)	535	465
Vão gravante (m)	300 a 700 (condutor) e 300 a 750 (pára-raios)	
Cabo pára-raios	cabo OPGW Ø16.75mm ou cabo OPGW Ø13.4mm ou CAA "DOTTEREL" 176.9 kcmil ou cabo de aço galvanizado Ø3/8" EHS	
Cabo condutor (6 cabos/fase)	CAL 838 kcmil (Al 1120)	

1.2 MATERIAIS EMPREGADOS

Aço estrutural:

ASTM A36	Fy = 2531 kgf/cm ² (Tensão de fluência)
	Fu = 4077 kgf/cm ² (Tensão de ruptura)
ASTM A572 GRAU 50	Fy = 3515 kgf/cm ² (Tensão de fluência)
	Fu = 4570 kgf/cm ² (Tensão de ruptura)
ASTM A572 GRAU 60	Fy = 4218 kgf/cm ² (Tensão de fluência)
	Fu = 5273 kgf/cm ² (Tensão de ruptura)

Parafusos (rosca excluída da seção de corte):

ASTM A394 TIPO "0" Fv = 2620 kgf/cm² (Tensão admissível ao corte)

Estais:

Ø1 1/16" (37 fios) CR = 58000 kgf (Carga mínima de ruptura)

Cabo de Interligação dos Mastros:

Ø5/8" (19 fios) CR = 21000 kgf (Carga mínima de ruptura)

Cabo de Suspensão das Fases:

Ø1 1/8" (37 fios) CR = 68000 kgf (Carga mínima de ruptura)

1.3 NORMAS E ESPECIFICAÇÕES PARA DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento da torre (barras e ligações) foi feito de acordo com a Norma ASCE 10-15 ("Design of Latticed Steel Transmission Structures"), adotando-se um coeficiente de minoração de resistências igual a 0.93. Isto significa que as tensões admissíveis utilizadas no dimensionamento estrutural foram obtidas multiplicando-se as tensões limites recomendadas pela ASCE pelo fator 0.93.

1.4 SOFTWARE USADO NO CÁLCULO

O cálculo estrutural foi feito com a utilização de programas de computador desenvolvidos por ENGETOWER, baseados no método dos elementos finitos e que fazem a análise estática não-linear de estruturas reticuladas. O modelo estrutural empregado foi o de treliça espacial.

2 ESQUEMA ESTRUTURAL

O desenho ENGETOWER nº 20.10-D4000/1 apresenta a silhueta da torre. Nesse desenho estão indicadas as barras carregadas (traço cheio) e respectivas denominações de cálculo, as barras redundantes (traço interrompido) e os painéis/níveis de aplicação das cargas devidas ao vento sobre a estrutura.

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
 - \emptyset = 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 $\emptyset 16.75\text{mm}$
 - A = área da seção transversal = 1.5900 cm^2
 - \emptyset = 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 $\emptyset 13.4\text{mm}$
 - A = área da seção transversal = 1.0300 cm^2
 - \emptyset = 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
 - \emptyset = 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 $\emptyset 3/8$ " EHS
 - A = área da seção transversal = 0.5114 cm^2
 - \emptyset = 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
 - $A_e = \text{área exposta ao vento} \cong 23 \times 0.170 \times 0.280 = 1.095 \text{ m}^2$

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" ($K_r = 1.00$)
- $q_0 = \text{pressão dinâmica de referência} = 1/2 \times \rho \times [K_r \times VR(250)]^2/g$
 - $\rho = \text{massa específica do ar} = 1.121 \text{ kg/m}^3$
 - $g = \text{aceleração da gravidade} = 9.81 \text{ m/s}^2$
 - $\Rightarrow q_0 = 44.1 \text{ kgf/m}^2$
- 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.
- $q_i = \text{pressão dinâmica associada a } V_i = 1/2 \times \rho \times V_i^2/g$
 - $\rho = \text{massa específica do ar} = 1.121 \text{ kg/m}^3$
 - $g = \text{aceleração da gravidade} = 9.81 \text{ m/s}^2$
 - $\Rightarrow q_i = 127.4 \text{ kgf/m}^2$

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

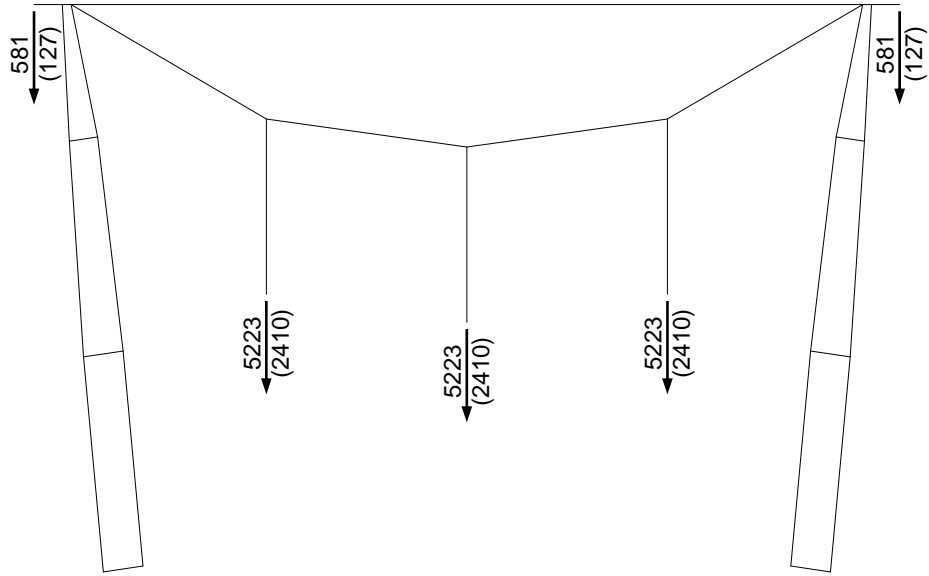
- HIP. 1: Cabos intactos, com vento transversal máximo (90°)
- HIP. 2: Cabos intactos, com vento longitudinal máximo
- HIP. 3: Cabos intactos, com vento máximo a 45°, 60° ou 75°
- HIP. 4: Ruptura de 1 fase, sem vento
- HIP. 5: Ruptura de 1 pára-raios, sem vento
- HIP. 6: Construção/Manutenção, sem vento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

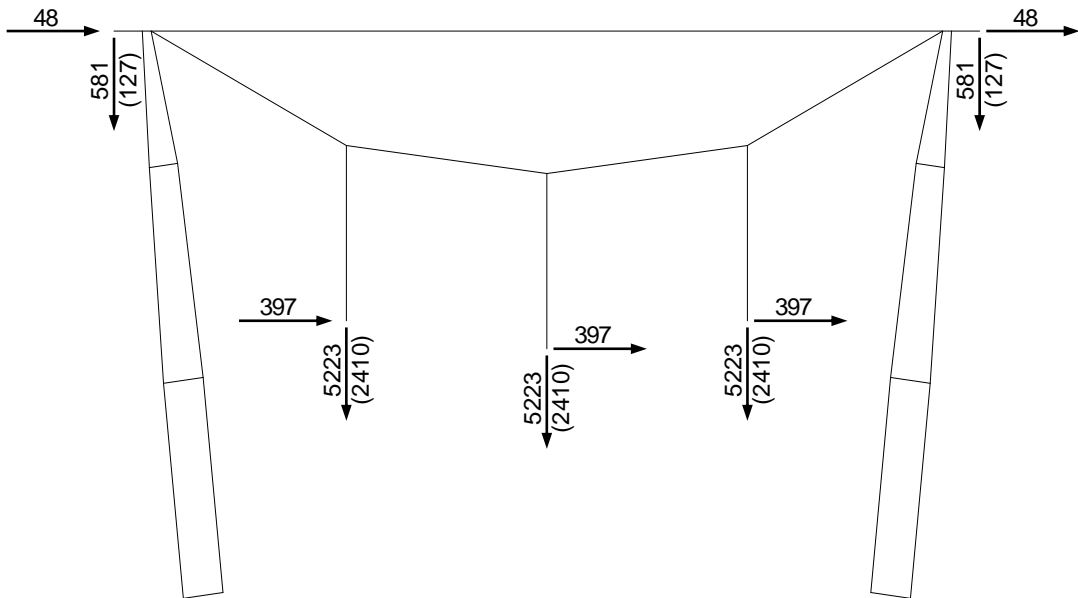
1. Para as hipóteses com vento de alta intensidade (hip. 7, 8 e 9), considerou-se trações atuantes iguais às obtidas para Vento Reduzido (90°)

3.2 PARA VERIFICAÇÕES ELÉTRICAS E DE GEOMETRIA



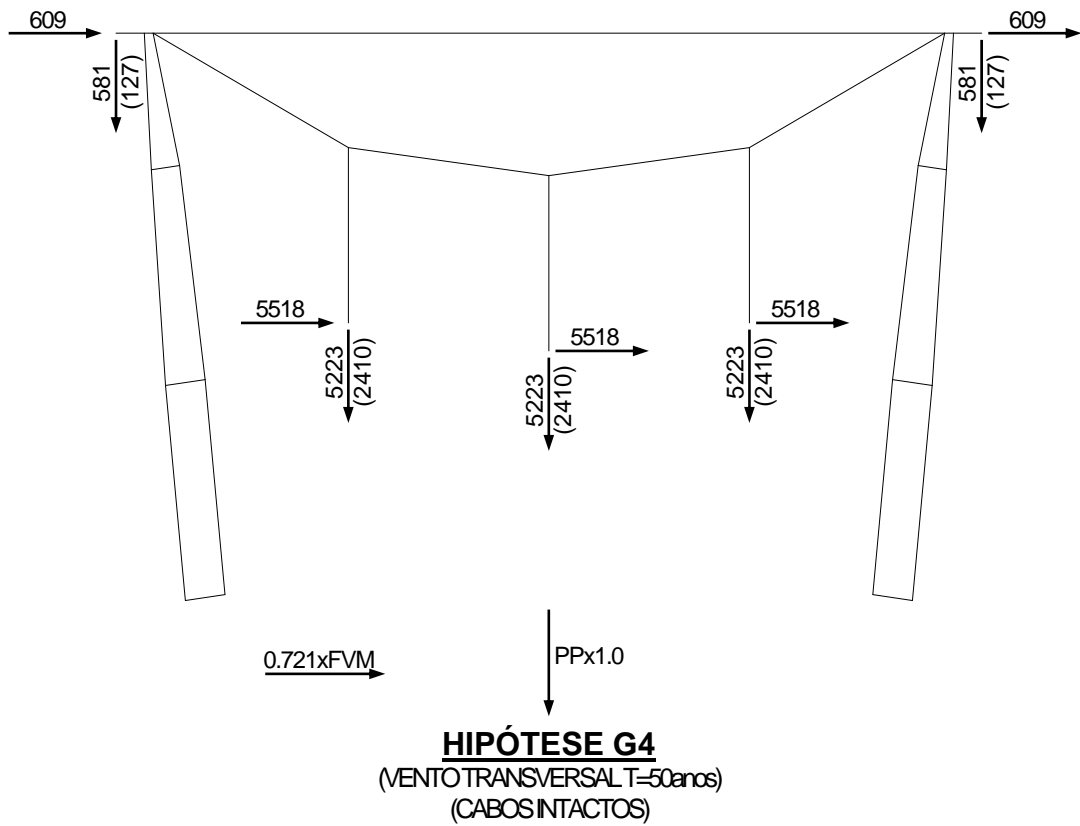
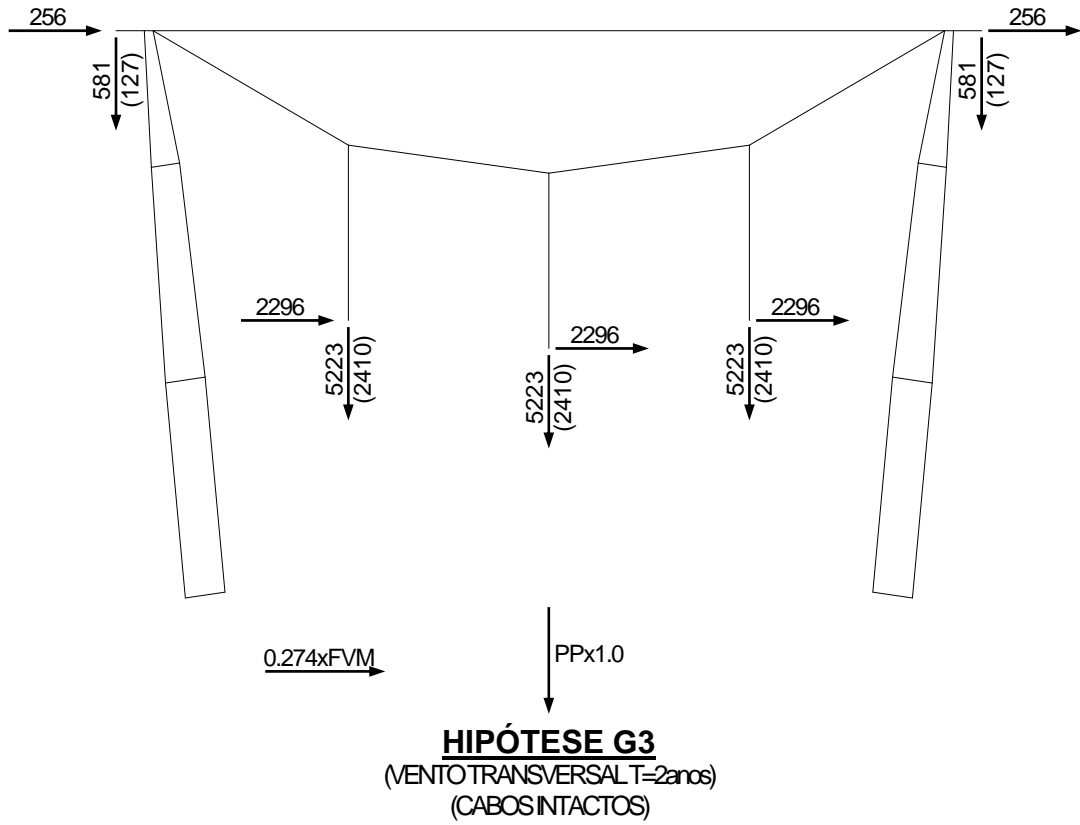
PPx1.0

HIPÓTESE G1
(SEM VENTO)
(EDS-ALINHAMENTO)

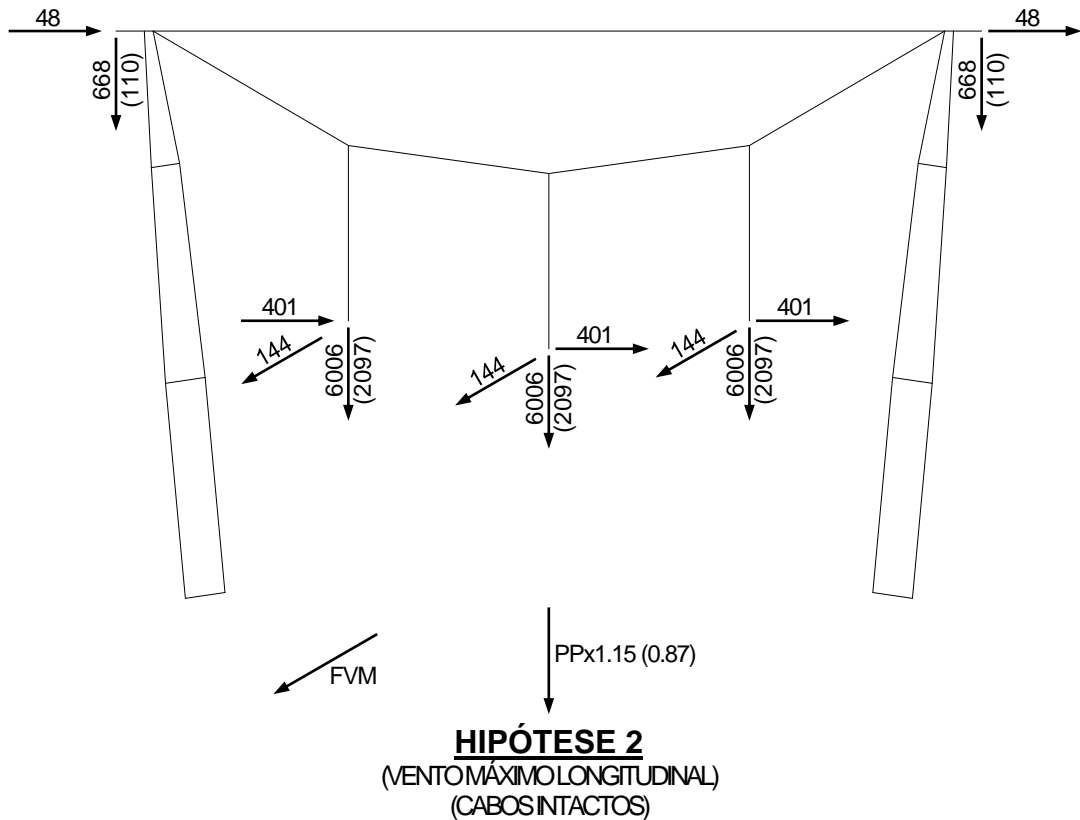
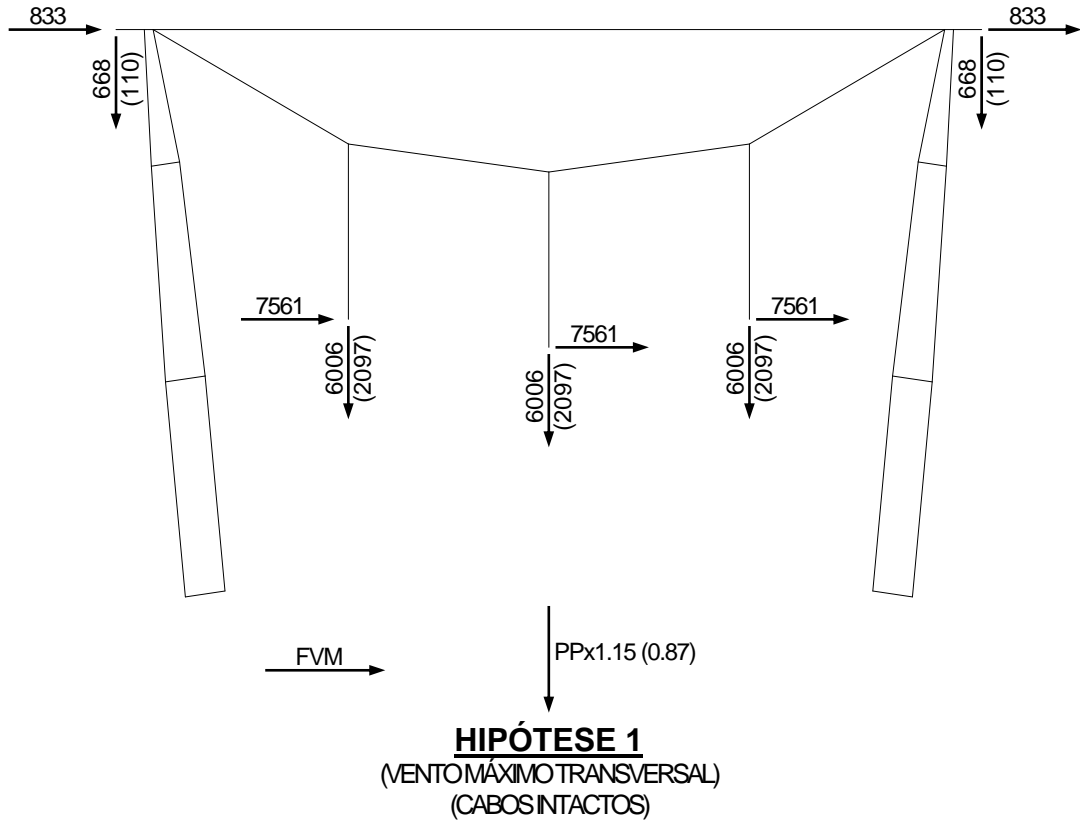


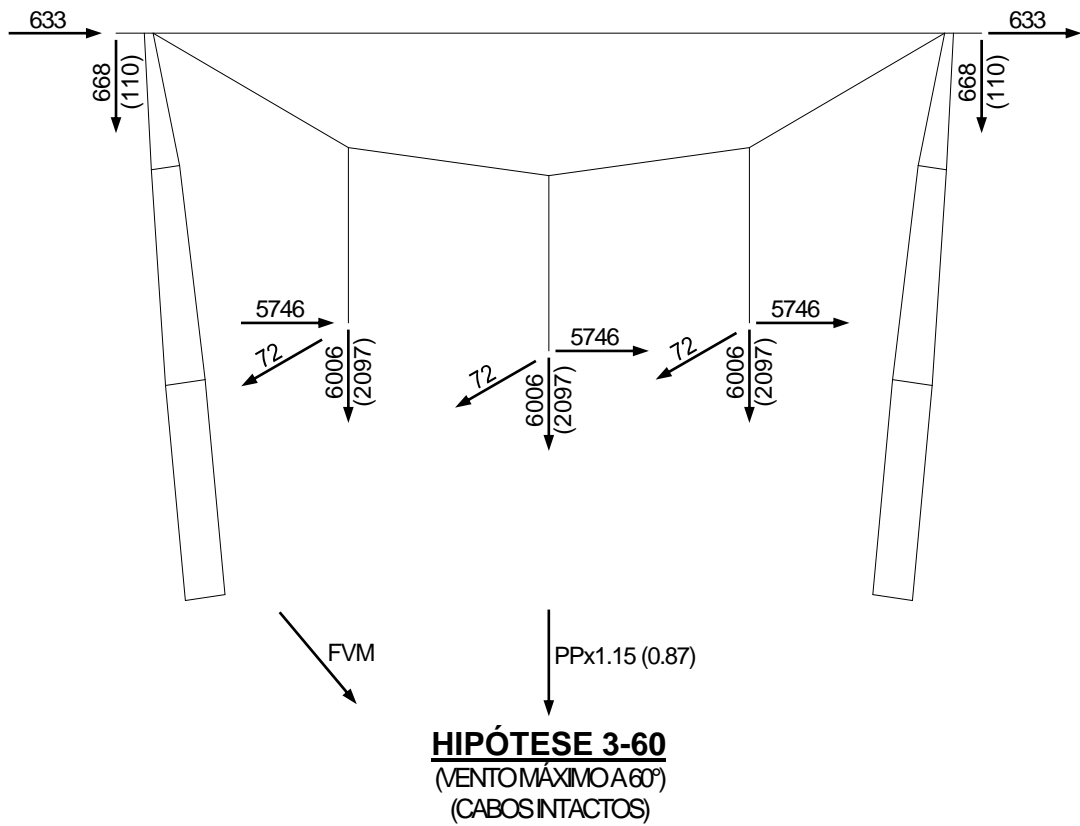
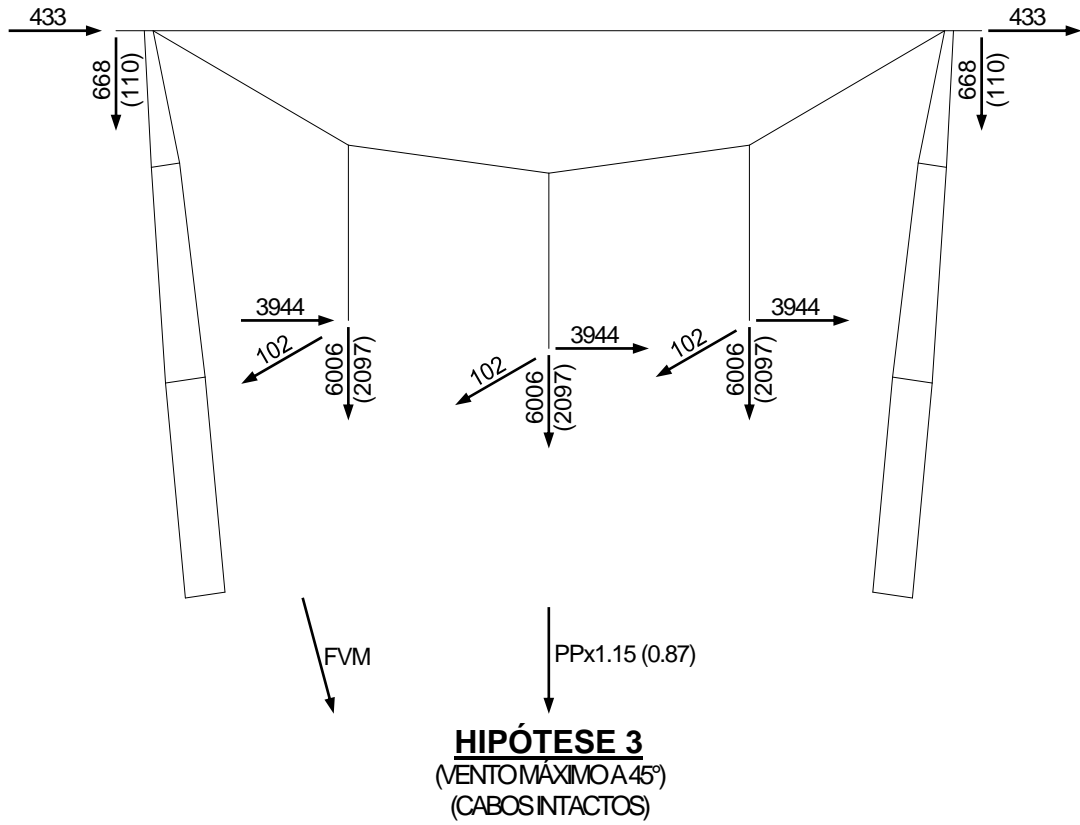
PPx1.0

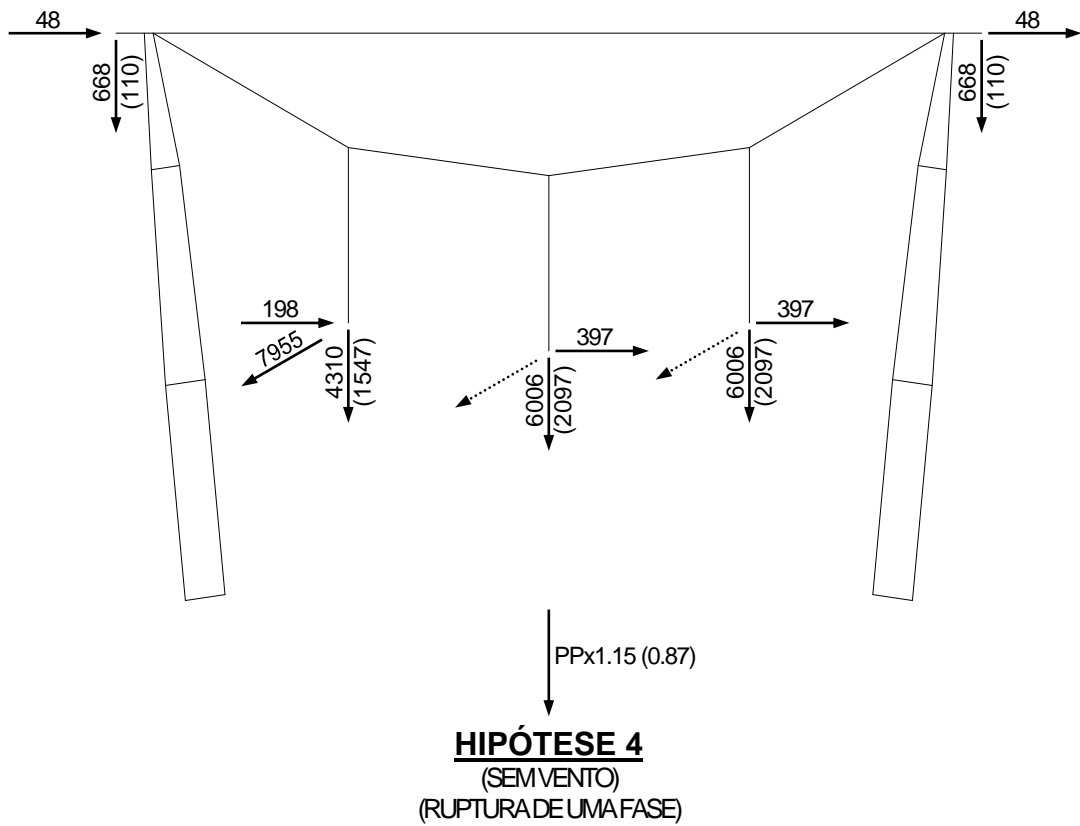
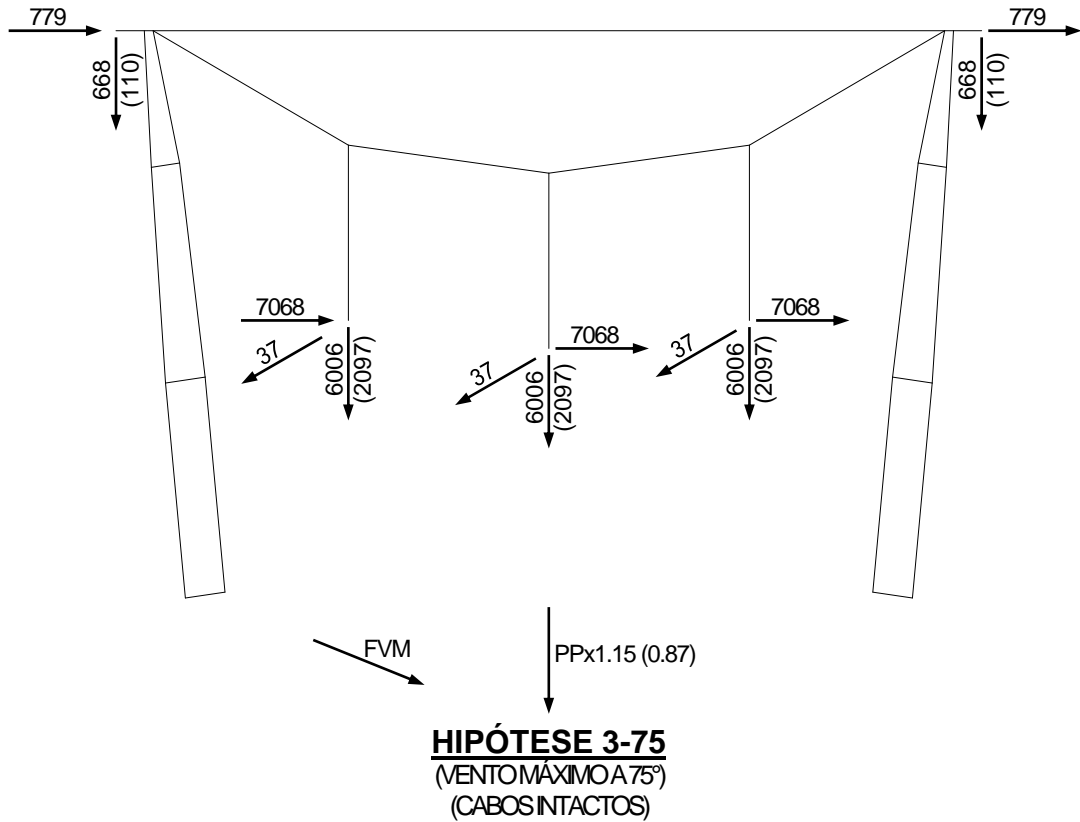
HIPÓTESE G2
(SEM VENTO)
(EDS-ÂNGULO MÁXIMO)

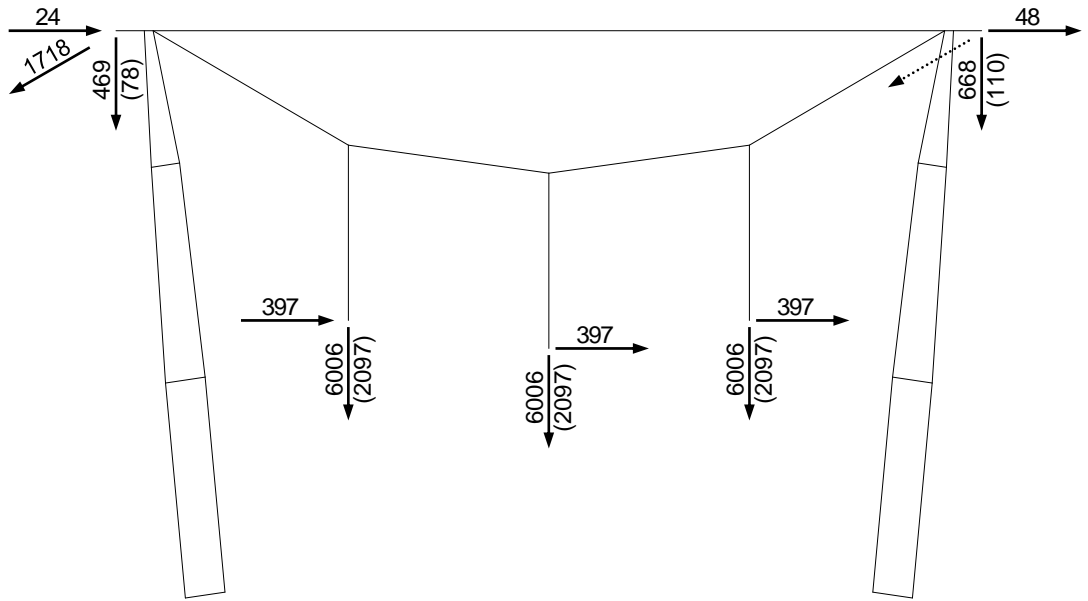


3.3 PARA DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL



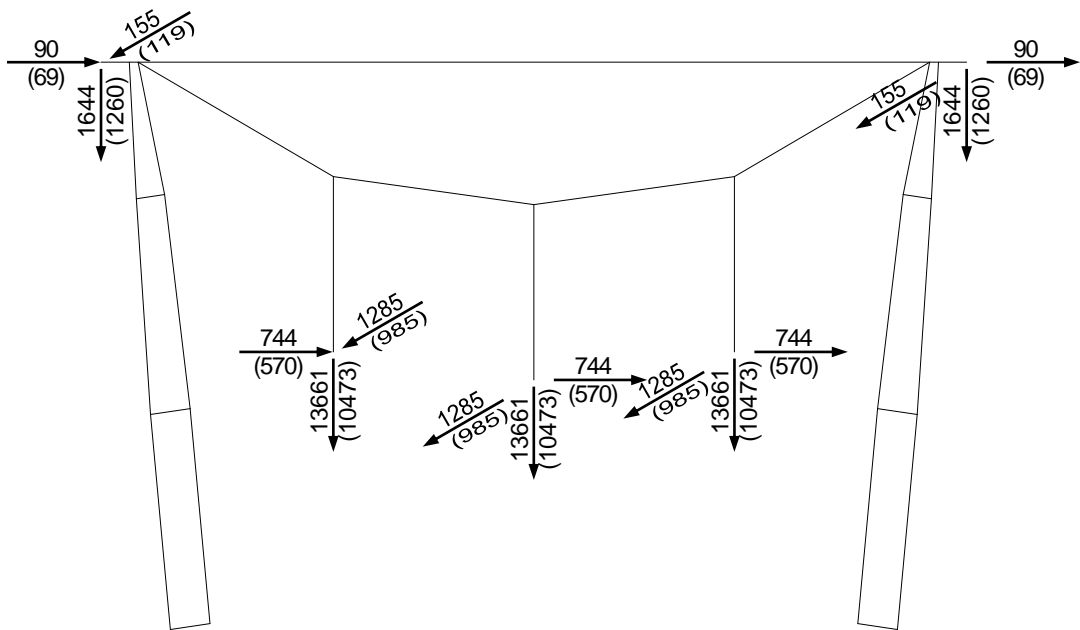






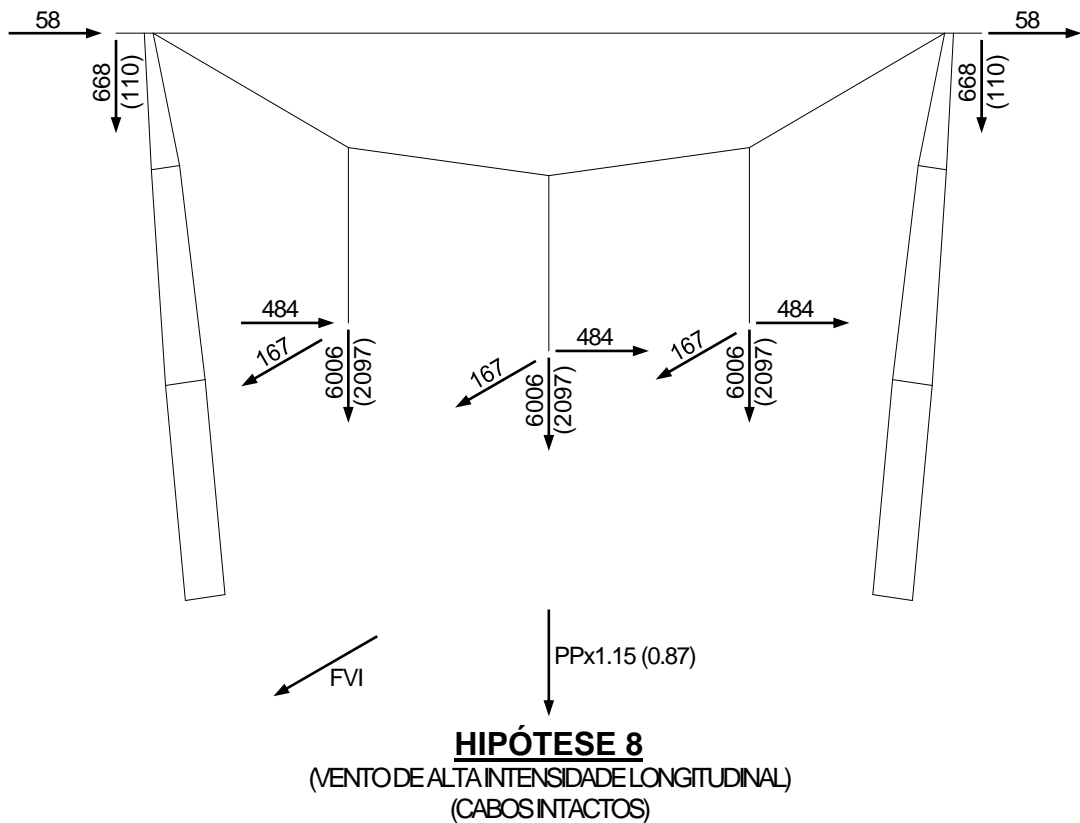
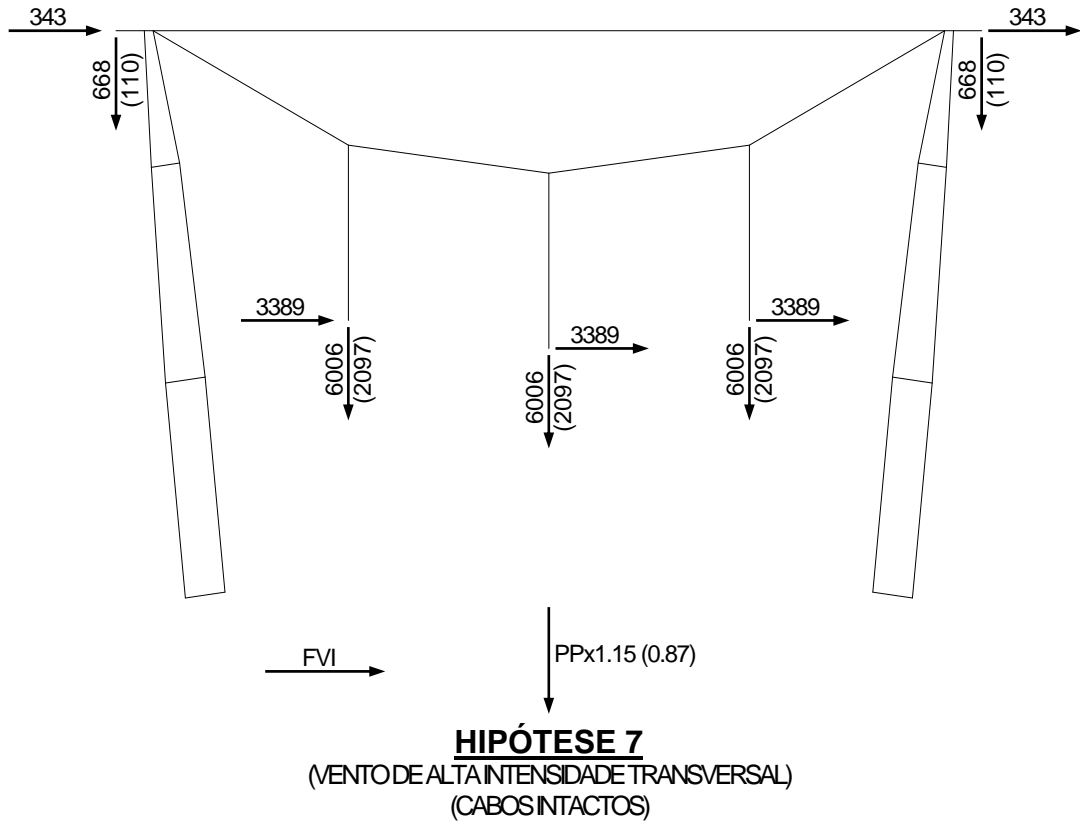
PPx1.15 (0.87)

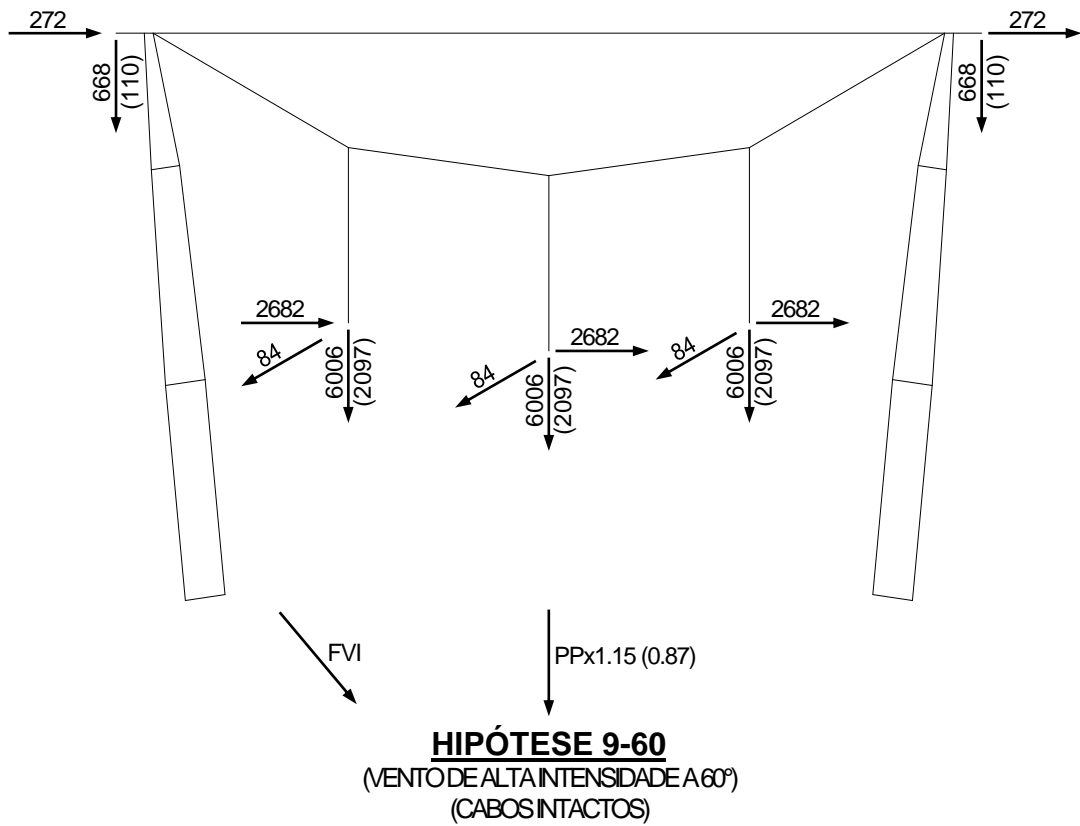
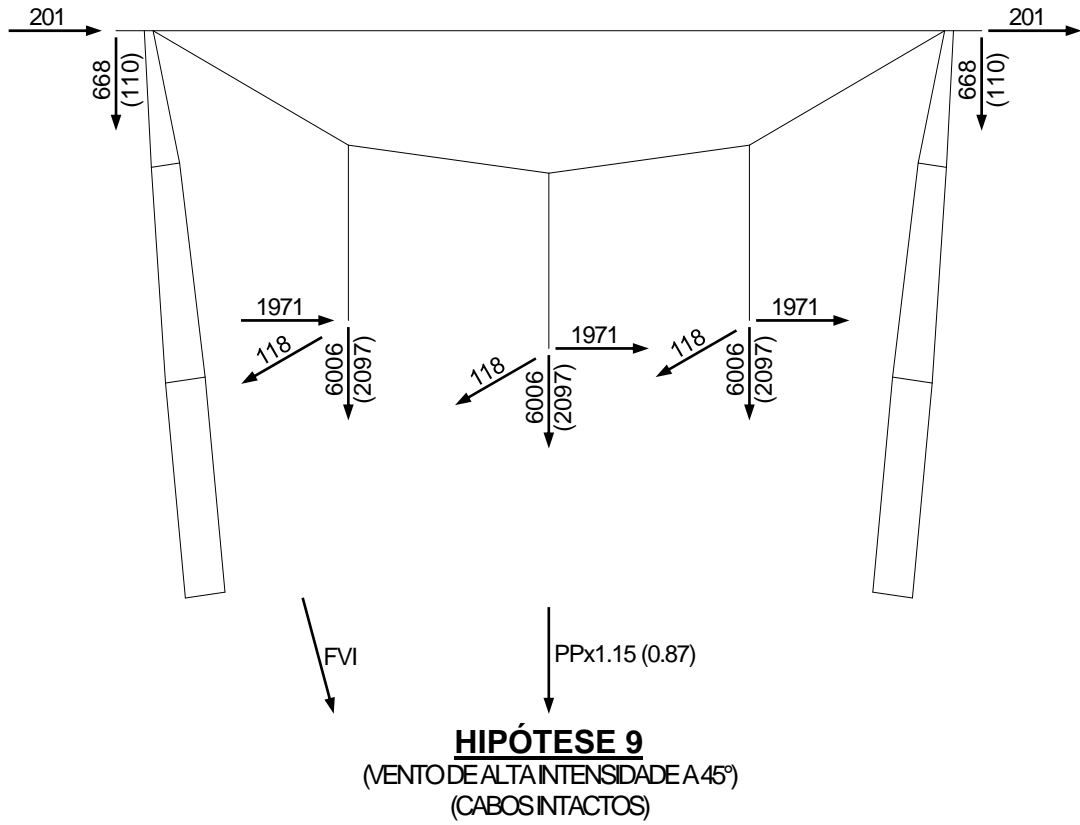
HIPÓTESE 5
(SEM VENTO)
(RUPTURA DE UM PÁRA-RAIOS)

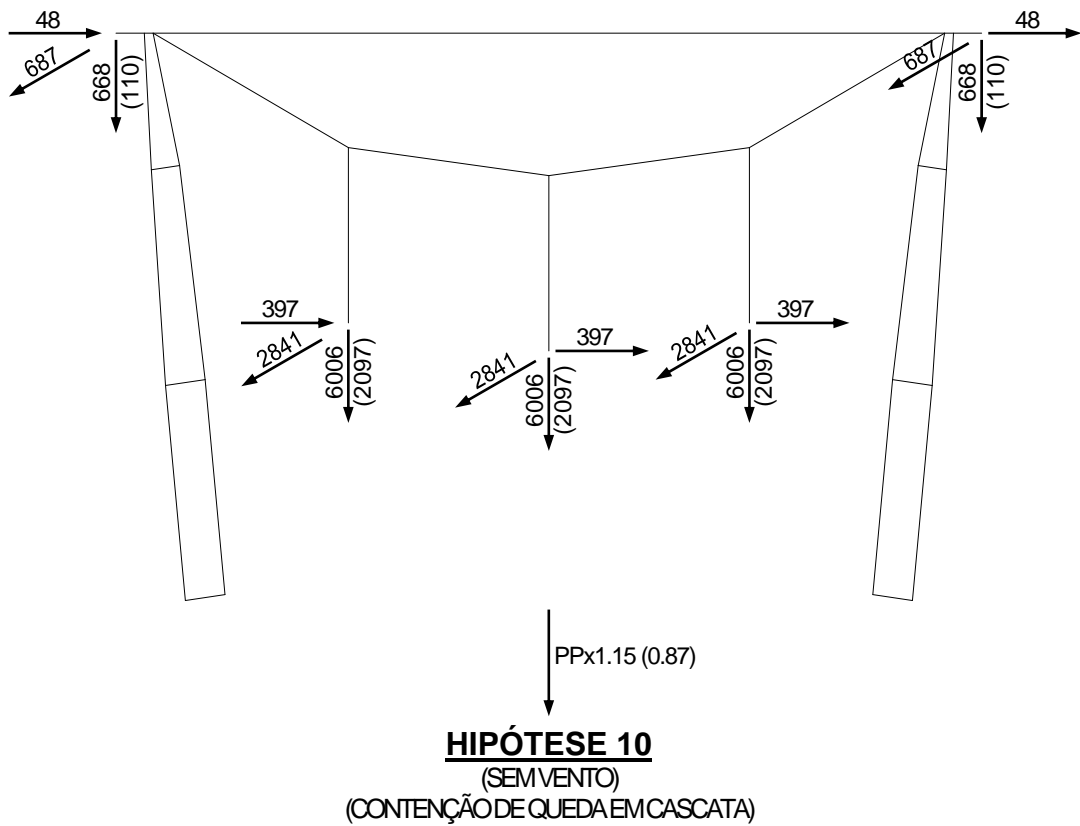
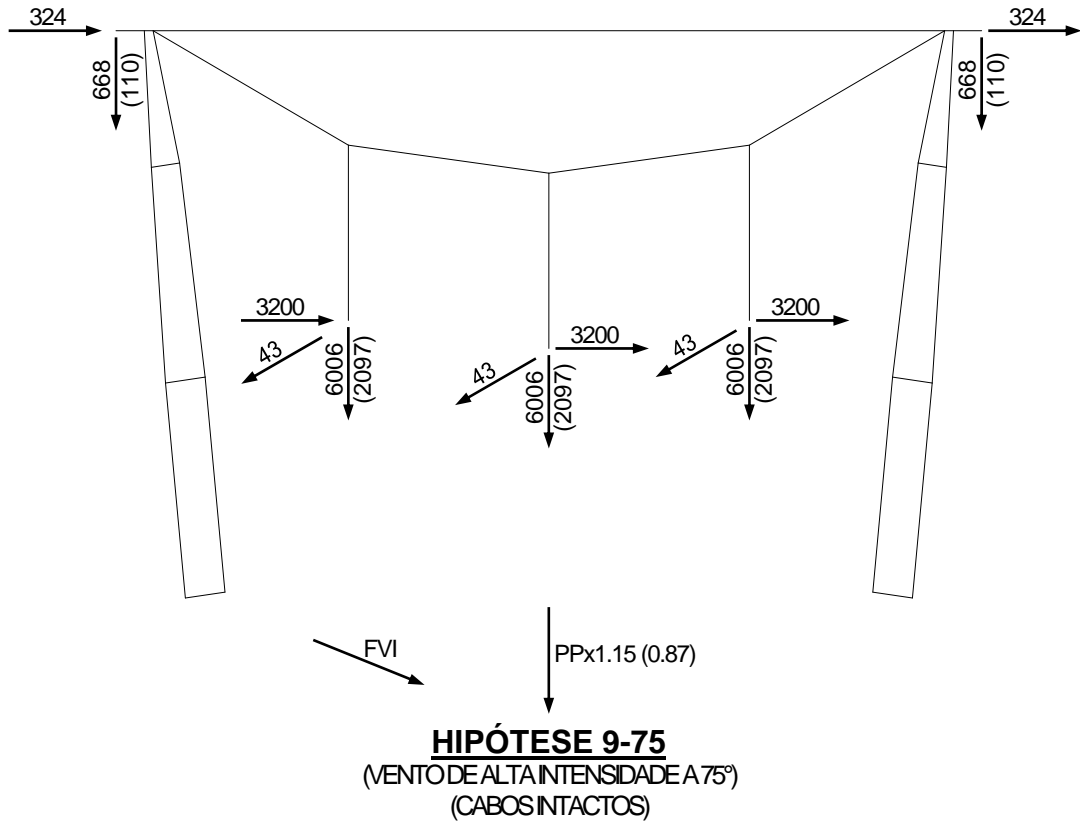


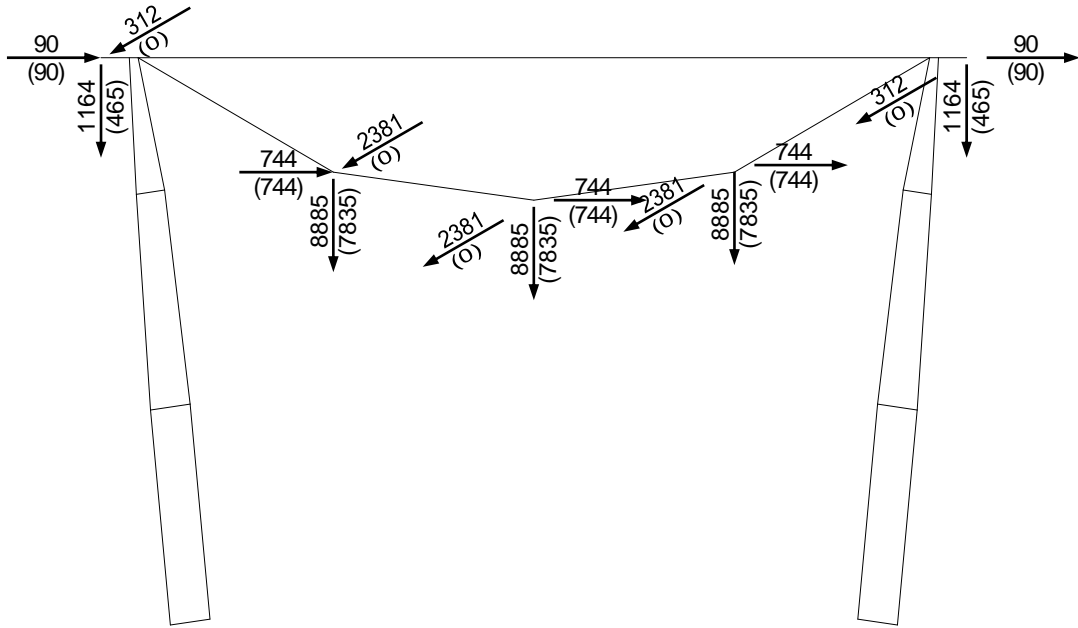
PPx1.15

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

EQI4/EQI6 - 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*	%
MIEa	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
MIEb	5e	-14778	76	1L75x75x6	1.48	8.72	69	2	2958	-25794						.57
	5dR	3806		ASTIM-A572*		5.79			3923	22707						
MIEc	3-75	-20258	76	1L75x75x6	1.48	8.72	51	1	3381	-29482						.69
	9R	4764		ASTIM-A572*		6.43			3923	25230						
MIEd	3-75	-23765	76	1L75x75x6	1.48	8.72	51	1	3381	-29482						.81
	9R	5609		ASTIM-A572*		6.43			3923	25230						
MIEe	3-75	-26002	76	1L75x75x6	1.48	8.72	51	1	3381	-29482						.88
	9R	6152		ASTIM-A572*		6.43			3923	25230						
MIEa	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
MIEb	6Fm	-27742	92	1L75x75x8	1.45	11.40	63	1	3095	-35288						.79
	8R	1408		ASTIM-A572*		8.35			3923	32750						
MIEc	6Fm	-24318	92	1L75x75x8	1.45	11.40	63	1	3095	-35288						.69
	8R	1114		ASTIM-A572*		8.35			3923	32750						
MIEd	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	1L40x40x3	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	1L40x40x3	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	1L50x50x3	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	1L40x40x3	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	1L75x75x6	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	1L90x90x7	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	1L45x45x3	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	1L45x45x3	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	1L45x45x3	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	1L45x45x3	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	1L45x45x3	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	1L45x45x3	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	1L45x45x3	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	1L45x45x3	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	1L50x50x3	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	1L40x40x3	1.21	1.69	175	4	3269	5513	1	12.7		3087	1754	.06
				ASTIM-A572											3.0	.20
M3	9	-39738	150	1L100x100x7	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

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 - ASIM A572*

A = área = 2 x 12.20 = 24.40 cm²

W = módulo de rigidez à flexão = 2 x 14.10 = 28.20 cm³

* 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 forza vertical.
 - * T - indica forza horizontal transversal que atua com V.
 - * L - indica forza horizontal longitudinal que atua com V.
- 3 - Para a forza V, o sinal "-" indica forza de compressao.
- 4 - As cargas sao ultimas (incluem os fatores de sobrecarga especificados para o calculo da estrutura, mas nao incluem qualquer fator adicional de sobrecarga especifico para fundacoes).

CARGAS COM VERTICAL DE COMPRESSAO

Hip.= 6Fm	T =	8543	V =	-83232	L =	-135	COMB.=	2
Hip.= 1	T =	10311	V =	-80774	L =	0	COMB.=	1
Hip.= 8R	T =	-2083	V =	-19810	L =	2874	COMB.=	1
Hip.= 9	T =	8623	V =	-59161	L =	2327	COMB.=	1
Hip.= 6Fe	T =	8501	V =	-82579	L =	-139	COMB.=	2
Hip.= 6Fd	T =	8378	V =	-81456	L =	-127	COMB.=	2
Hip.= 3-75	T =	10166	V =	-78762	L =	539	COMB.=	1
Hip.= 1	T =	9410	V =	-79015	L =	1	COMB.=	2
Hip.= 3-60	T =	9636	V =	-73254	L =	1148	COMB.=	1
Hip.= 3-75	T =	9252	V =	-77000	L =	333	COMB.=	2
Hip.= 9-60	T =	9369	V =	-62503	L =	1569	COMB.=	1

7 DIMENSIONAMENTO DOS CABOS E DE SUAS CONEXÕES À TORRE

7.1 ESTAIS

1 - CARACTERÍSTICAS DOS ESTAIS

Cordoalha galvanizada de aço, com pré-esticamento.

- Diâmetro : $1 \frac{1}{16}$ "
- Formação : 37 fios
- Carga de ruptura mínima: 58000 kgf

2 - VERIFICAÇÃO DOS ESTAIS

E = força máxima de tração nos estais

- torre H=43.5m: E-2 = 36300 kgf (Hip. 3-75)
- torre H=25.5m: E-3 = 37928 kgf (Hip. 6Fm)

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

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

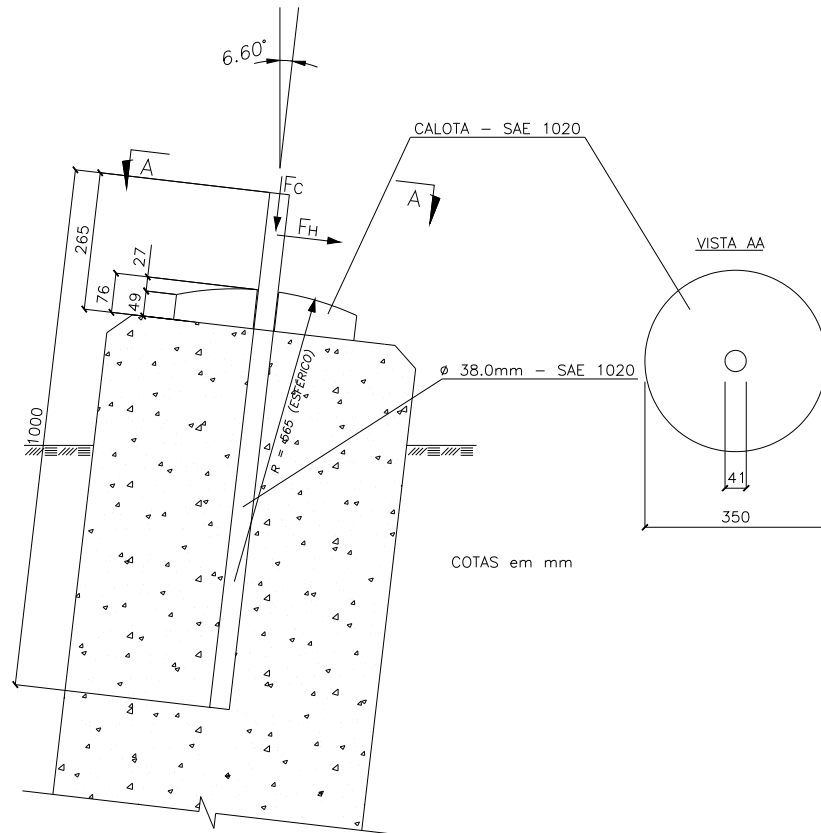
borda lateral mínima da chapa: 50 mm

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

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

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

$$\text{Concreto: } fck = 180 \text{ kgf/cm}^2 \Rightarrow fcd = 180 / 1.4 = 128.6 \text{ kgf/cm}^2$$

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

00	18/04/17	Emissão inicial	FGS	RCM	PRRLS
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 4 SPE S.A.					
PROJETO BÁSICO					
ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
FGS	RCM	PRRLS	PRRLS	19042-D	18/04/17
TÍTULO					
<p>Leilão ANEEL 013/2015 2ª Etapa - Lote 14B LT 500 kV C.S. Igaporã III / Janaúba 3 C1 Série de Estruturas</p>					
Nº ENGETOWER	Nº DOCUMENTO			FOLHA	REVISÃO
20.10-B2001	RE-EQT4-L401-PB-EST-0014			1 de 81	00

ÍNDICE

1 OBJETIVO	Pág.	3		
2 DADOS BÁSICOS	Pág.	4	a	8
3 SÉRIE DE ESTRUTURAS	Pág.	9	a	11
4 SILHUETAS TÍPICAS	Pág.	12	a	18
5 HIPÓTESES DE CARGA	Pág.	19	a	79
6 DIRETRIZES PARA O DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL	Pág.	80	a	81

1 OBJETIVO

Definir a série de estruturas a ser utilizada na LT 500 kV C.S. Igaporã III / Janaúba 3 C1, o que inclui as silhuetas típicas de cada tipo estrutural empregado, as hipóteses de carga para o respectivo cálculo estrutural e as diretrizes a serem observadas no dimensionamento estrutural.

2 DADOS BÁSICOS

2.1 CONDUTOR E PÁRA-RAIOS

Característica	Unid.	Condutor (6 cabos/fase)	Pára-raios			
			OPGW	OPGW	CAA	aço galvanizado EHS
Tipo		CAL (Al 1120)	OPGW	OPGW	CAA	aço galvanizado EHS
Código			16.75	13.4	DOTTEREL	
Bitola		838 kcmil	16.75 mm	13.4 mm	176.9 kcmil	Ø3/8"
Formação		37 fios			12/7 fios	7 fios
Área total	cm ²	4.2516	1.5900	1.0300	1.4193	0.5114
Diâmetro	cm	2.6780	1.6750	1.3400	1.5420	0.9520
Peso unitário	kgf/m	1.1722	0.7680	0.6820	0.6570	0.4060
Carga de ruptura	kgf	9471	9888	9477	7865	6990
Mód. de Elast. final	kgf/cm ²	0.6520×10^6	1.1111×10^6	1.3800×10^6	1.0600×10^6	1.8500×10^6
Coef. Dilat. Térm. final	°C ⁻¹	2.3000×10^{-5}	1.5500×10^{-5}	1.3200×10^{-5}	1.5400×10^{-5}	1.1500×10^{-5}

2.2 CADEIAS DE ISOLADORES

TIPO	Nº DE ISOLADORES			ÁREA EXPOSTA (m ²)	PESO (kgf)
	QUANTIDADE	DIMENSÃO (mm)	CARGA RUPTURA (t)		
SUSPENSÃO I	23	170x280	21	1.095	300
SUSPENSÃO V	2 x 23	170x280	21	2.190	450
ANCORAGEM (QUÁDRUPLA)	4 x 24	170x280	64	4.568	1350
SUSPENSÃO JUMPER	23	170x280	16	1.095	280

2.3 AÇÃO DO VENTO

2.3.1 As velocidades de vento a serem utilizadas no projeto da LT e as respectivas pressões e cargas atuantes nos cabos, isoladores e estruturas serão calculadas de acordo com a metodologia da Publicação IEC 60826 Edição 3.0 de março/2002 - "International Electrotechnical Commission: Design Criteria of Overhead Transmission Lines", considerando-se:

- Terreno com rugosidade categoria "B"
- Velocidade de Vento de Referência $V_{R(50)} = 22.22$ m/s (80 km/h)
- Período de Retorno $T = 250$ anos
- Velocidade de Vento de Referência $V_{R(250)} = 25.00$ m/s (90 km/h)

2.3.2 Pressão dinâmica de referência (q_0)

- $q_0 =$ pressão dinâmica de referência = $1/2 \times \rho \times V_{R(250)}^2 / g$
 - $\rho =$ massa específica do ar = 1.121 kg/m³ (temperatura = 17°C, altitude = 700 m)
 - $g =$ aceleração da gravidade = 9.81 m/s² $\Rightarrow q_0 = 35.7$ kgf/m²

2.3.3 Vento de Alta Intensidade

Será considerado vento com velocidade V_i igual a 44.44 m/s (160 km/h), constante com a altura, atuando integralmente sobre a estrutura e sobre 25% do vão médio.

- $q_i =$ pressão dinâmica associada a $V_i = 1/2 \times \rho \times V_i^2 / g$
 - $\rho =$ massa específica do ar = 1.121 kg/m³ (temperatura = 17°C, altitude = 700 m)
 - $g =$ aceleração da gravidade = 9.81 m/s² $\Rightarrow q_i = 112.8$ kgf/m²

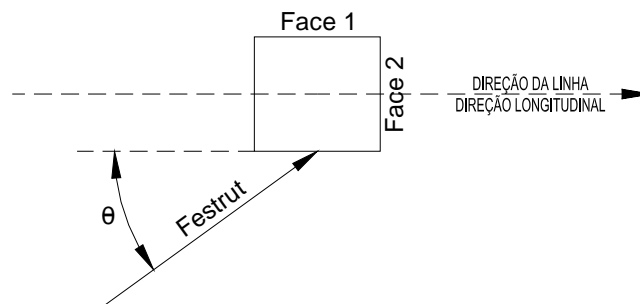
2.3.4 Ação do vento na estrutura

2.3.4.1 Vento Máximo:

A carga de vento máximo atuante na estrutura será determinada de acordo com o prescrito na Publicação IEC 60826, utilizando-se a expressão abaixo:

$$F_{\text{estrut}} = q_0 G_T (1 + 0.2\text{sen}^2 2\theta) (S_{T1} C_{XT1} \text{sen}^2 \theta + S_{T2} C_{XT2} \text{cos}^2 \theta), \text{ onde:}$$

F_{estrut}	carga de vento, atuante na direção do vento, em kgf
q_0	= 35.7 kgf/m ²
G_T	Fator de rajada, obtido da figura 5 da Publicação IEC 60826 em função da altura em relação ao solo do centro de gravidade do painel em consideração
S_{T1}	Área líquida da face 1 do painel em consideração, em m ²
S_{T2}	Área líquida da face 2 do painel em consideração, em m ²
C_{XT1}	Coeficiente de arrasto da face 1 do painel em consideração, obtido da figura 7 da Publicação IEC 60826
C_{XT2}	Coeficiente de arrasto da face 2 do painel em consideração, obtido da figura 7 da Publicação IEC 60826
θ	Ângulo de incidência do vento em relação à direção da linha (direção longitudinal), conforme figura abaixo (vento transversal → $\theta = 90^\circ$; vento longitudinal → $\theta = 0^\circ$):



2.3.4.2 Vento de Alta Intensidade:

A carga de vento de alta intensidade atuante na estrutura será determinada de modo similar ao indicado no item 2.3.4.1, utilizando-se a expressão abaixo:

$$F_{\text{estrut}} = 112.8 (1 + 0.2\text{sen}^2 2\theta) (S_{T1} C_{XT1} \text{sen}^2 \theta + S_{T2} C_{XT2} \text{cos}^2 \theta) \quad (\text{carga em kgf})$$

2.3.4.3 As cargas calculadas conforme indicado nos itens 2.3.4.1 e 2.3.4.2 atuam na direção do vento e devem ser aplicadas no centro de gravidade de cada um dos painéis em que a estrutura for dividida.

2.3.5 Ação do Vento nas Cadeias de Isoladores

2.3.5.1 Vento Máximo:

$$F_i = q_0 G_i C_{xi} A_i, \text{ onde:}$$

F_i	carga de vento, atuante na direção do vento, em kgf
q_0	= 35.7 kgf/m ²
G_i	Fator de rajada, obtido da figura 5 da Publicação IEC 60826 em função da altura em relação ao solo da cadeia de isoladores
C_{xi}	Coeficiente de arrasto = 1.2
A_i	Área exposta ao vento (em m ²) da cadeia de isoladores

2.3.5.2 Vento de Alta Intensidade:

$$F_i = q_i C_{xi} A_i, \text{ onde:}$$

- F_i carga de vento, atuante na direção do vento, em kgf
 $q_i = 112.8 \text{ kgf/m}^2$
 C_{xi} Coeficiente de arrasto = 1.2
 A_i Área exposta ao vento (em m^2) da cadeia de isoladores

2.3.6 Ação do Vento nos Cabos

2.3.6.1 Vento Máximo:

$$F_C = q_0 G_C G_L C_{XC} \varnothing L \text{ sen}^2 \Omega, \text{ onde:}$$

- F_C carga de vento, atuante na direção perpendicular ao cabo, em kgf
 $q_0 = 35.7 \text{ kgf/m}^2$
 G_C Fator de rajada, obtido da figura 3 da Publicação IEC 60826 em função da altura média do cabo em relação ao solo
 G_L Fator de vão, obtido da figura 4 da Publicação IEC 60826 em função do vão médio da estrutura
 C_{XC} Coeficiente de arrasto = 1.0
 \varnothing Diâmetro (em m) do cabo
 L Vão médio (em m) da estrutura
 Ω Ângulo entre a direção de incidência do vento e o cabo, conforme figura 6 da Publicação IEC 60826

2.3.6.2 Vento de Alta Intensidade:

$$F_C = q_i C_{XC} \varnothing (0.25 L) \text{ sen}^2 \Omega, \text{ onde:}$$

- F_C carga de vento, atuante na direção perpendicular ao cabo, em kgf
 $q_i = 112.8 \text{ kgf/m}^2$
 C_{XC} Coeficiente de arrasto = 1.0
 \varnothing Diâmetro (em m) do cabo
 L Vão médio (em m) da estrutura
 Ω Ângulo entre a direção de incidência do vento e o cabo, conforme figura 6 da Publicação IEC 60826

2.4 TRAÇÕES NOS CABOS

2.4.1 Estados de Carga:

- 1 → EDS: 22°C, sem vento
- 2 → Temperatura mínima: 5°C
- 3 → Temperatura máxima: 55°C no condutor e 39°C no pára-raios
- 4 → Vento máximo 90° (transversal), temperatura = 17°C
- 5 → Vento máximo 75°, temperatura = 17°C
- 6 → Vento máximo 60°, temperatura = 17°C
- 7 → Vento máximo 45°, temperatura = 17°C
- 8 → Vento máximo 30°, temperatura = 17°C
- 9 → Vento máximo 15°, temperatura = 17°C
- 10 → Vento máximo 0°, temperatura = 17°C
- 11 → Vento reduzido 90° (60% de $V_{R(250)}$), temperatura = 17°C

2.4.2 Condições básicas para cálculo das trações:

- Vão básico de referência: 510 m
- Condições de tracionamento dos cabos:

CABO	TRAÇÃO final EDS
CONDUTOR	20.0% CR
PÁRA-RAIOS OPGW 16.75 mm	13.9% CR
PÁRA-RAIOS OPGW 13.4 mm	12.9% CR
PÁRA-RAIOS DOTTEREL	15.0% CR
PÁRA-RAIOS Ø3/8" EHS	10.4% CR

Nota: Para os cabos pára-raios, flecha final na condição EDS < 90% da flecha final do condutor na condição EDS.

- Altura mínima cabo/solo: 12.5 m

2.4.3 Pressão de vento atuante nos cabos condutores (q_C):

- Flecha para temperatura mínima: 19.3 m
- Flecha para temperatura máxima: 21.8 m
- Distância vertical entre condutor inferior e c.g. das fases: 1.3 m
- $H_C = 12.5 + 21.8 + 1.3 - 2/3 \times 19.3 =$ 22.7 m
- Altura adotada : 23.0 m
- $G_C:$ 2.14
- $G_L:$ 0.92
- $C_{XC}:$ 1.0
- $q_C = G_C G_L C_{XC} q_0:$ 70.29 kgf/m²

2.4.4 Pressão de vento atuante nos cabos pára-raios (q_{PR}):

- Flecha para temperatura mínima: 17.5 m
- Distância vertical entre fase inferior e pára-raios: 10.7 m
- $H_{PR} = 12.5 + 21.8 + 10.7 - 2/3 \times 17.5 =$ 33.3 m
- Altura adotada : 34.0 m
- $G_C:$ 2.29
- $G_L:$ 0.92
- $C_{XPR}:$ 1.0
- $q_{PR} = G_C G_L C_{XPR} q_0:$ 75.21 kgf/m²

2.4.5 Trações nos Cabos:

ESTADOS DE CARGA	CONDUTOR	PÁRA-RAIOS			
		OPGW 16.75 mm	OPGW 13.4 mm	DOTTEREL	Ø3/8" EHS
1	1894	1374	1223	1180	727
2	1982	1425	1260	1223	747
3	1751	1329	1188	1140	709
4	3410	2454	2034	2204	1357
5	3266	2352	1956	2109	1299
6	2882	2082	1748	1857	1143
7	2409	1744	1493	1537	945
8	2055	1488	1305	1290	793
9	1929	1396	1239	1199	737
10	1919	1389	1233	1192	733
11	2190	1586	1376	1386	852

2.4.6 As trações nos cabos para a condição de vento de alta intensidade serão simplificada obtidas com base em pressão de vento agindo uniformemente ao longo de todo o vão básico de referência, com valor igual a 36% da respectiva pressão devida ao vento máximo (Estado de Carga 11).

2.4.7 A tração máxima por cabo condutor para o lado da subestação não deve ultrapassar o valor de 1500 kgf.

3 SÉRIE DE ESTRUTURAS

3.1 TIPOS ESTRUTURAIS

- Torre estaiada cross-ropo de suspensão leve tipo V1CRL;
- Torre autoportante cross-ropo de suspensão leve tipo V1SL;
- Torre autoportante delta de suspensão pesada tipo V1SP;
- Torre autoportante delta de ancoragem meio de linha tipo V1AA;
- Torre autoportante delta de ancoragem meio de linha e ancoragem fim de linha tipo V1AT.
- Torre autoportante delta de suspensão para transposição tipo V1TR;

3.2 APLICAÇÕES DAS ESTRUTURAS

CARACTERÍSTICA	V1CRL (Estaiada Cross-ropo de Suspensão Leve)	
Ângulo de deflexão	0°	2°
Vão médio	535 m	460 m
Vão gravante	Condutor: 300 a 700 m Pára-raios: 300 a 750 m	
Alturas úteis	25.5 a 43.5 m (variação de 1.5 m)	

CARACTERÍSTICA	V1SL (Autoportante Cross-ropo de Suspensão Leve)	
Ângulo de deflexão	0°	2°
Vão médio	535 m	460 m
Vão gravante	Condutor: 300 a 700 m Pára-raios: 300 a 750 m	
Alturas úteis	25.5 a 52.5 m (variação de 1.5 m)	
Extensões	6.0, 12.0 e 18.0 m	
Pés	1.5, 3.0, 4.5, 6.0, 7.5, 9.0 e 10.5 m	

CARACTERÍSTICA	V1SP (Autoportante Delta de Suspensão Pesada)	
Ângulo de deflexão	0°	6°
Vão médio	750 m	535 m
Vão gravante	Condutor: 290 a 900 m Pára-raios: 290 a 950 m	
Alturas úteis	22.5 a 55.5 m (variação de 1.5 m)	
Extensões	6.0, 12.0, 18.0 e 24.0 m	
Pés	1.5, 3.0, 4.5, 6.0, 7.5, 9.0 e 10.5 m	

CARACTERÍSTICA	V1AA (Autoportante Delta de Ancoragem Meio de Linha)	
	Ângulo de deflexão	30°
Vão médio	400 m	
Vão gravante	Condutor: -500 a 1000 m Pára-raios: -550 a 1100 m	
Alturas úteis	22.5 a 40.5 m (variação de 1.5 m)	
Extensões	6.0 e 12.0 m	
Pés	3.0, 4.5, 6.0, 7.5 e 9.0 m	

CARACTERÍSTICA	V1AT (Autoportante Delta de Ancoragem Meio de Linha e Ancoragem Fim de Linha)		
	Meio de Linha	Fim de Linha	
Ângulo de deflexão	60°	10° (LT)	30° (SE)
Vão médio	400 m		
Vão gravante	Condutor: -500 a 1000 m Pára-raios: -550 a 1100 m		
Alturas úteis	22.5 a 34.5 m (variação de 1.5 m)		
Extensões	6.0 m		
Pés	3.0, 4.5, 6.0, 7.5 e 9.0 m		

CARACTERÍSTICA	V1TR (Autoportante Delta de Suspensão para Transposição)	
	Ângulo de deflexão	0°
Vão médio	600 m	465 m
Vão gravante	Condutor: 235 a 800 m Pára-raios: 235 a 850 m	
Alturas úteis	24.5 a 45.5 m (variação de 1.5 m)	
Extensões	6.0 e 12.0 m	
Pés	1.5, 3.0, 4.5, 6.0, 7.5, 9.0 e 10.5 m	

3.3 PRESSÕES DEVIDAS AO VENTO MÁXIMO POR TIPO ESTRUTURAL

3.3.1 Apresentam-se a seguir as pressões devidas ao vento máximo atuante nos cabos e nas cadeias de isoladores, considerando-se os vãos médios e alturas úteis específicos para cada tipo estrutural.

3.3.2 Cadeias de isoladores

3.3.2.1 Altura em relação ao solo

ESTRUTURA	SUSPENSÃO I	SUSPENSÃO V	ANCORAGEM
V1CRL	H= 49.0 m; $G_i= 2.49$	-	-
V1SL	H= 58.0 m; $G_i= 2.55$	-	-
V1SP	H= 61.0 m; $G_i= 2.57$	H= 59.0 m; $G_i= 2.56$	-
V1AA	H= 40.5 m; $G_i= 2.42$	-	H= 40.5 m; $G_i= 2.42$
V1AT	H= 34.5 m; $G_i= 2.36$	-	H= 34.5 m; $G_i= 2.36$
V1TR	H= 59.0 m; $G_i= 2.56$	H= 65.0 m; $G_i= 2.60$	-

3.3.2.2 Pressão devida ao Vento Máximo ($q_0 G_i C_{xi}$, em kgf/m^2)

ESTRUTURA	SUSPENSÃO I	SUSPENSÃO V	ANCORAGEM
V1CRL	106.67	-	-
V1SL	109.24	-	-
V1SP	110.10	109.67	-
V1AA	103.67	-	103.67
V1AT	101.10	-	101.10
V1TR	109.67	111.38	-

3.3.3 Cabos condutores e pára-raios

3.3.3.1 Vão Médio e altura dos cabos

ESTRUTURA	VÃO MÉDIO	CONDUTOR	PÁRA-RAIOS
V1CRL	L=535m; $G_L=0.91$	$H_C=24\text{m}; G_C=2.15$	$H_{PR}=35\text{m}; G_C=2.30$
V1SL	L=535m; $G_L=0.91$	$H_C=24\text{m}; G_C=2.15$	$H_{PR}=34\text{m}; G_C=2.29$
V1SP	L=750m; $G_L=0.87$	$H_C=34\text{m}; G_C=2.29$	$H_{PR}=47\text{m}; G_C=2.42$
V1AA	L=400m; $G_L=0.95$	$H_C=18\text{m}; G_C=2.05$	$H_{PR}=27\text{m}; G_C=2.20$
V1AT	L=400m; $G_L=0.95$	$H_C=18\text{m}; G_C=2.05$	$H_{PR}=27\text{m}; G_C=2.20$
V1TR	L=600m; $G_L=0.90$	$H_C=38\text{m}; G_C=2.33$	$H_{PR}=55\text{m}; G_C=2.48$

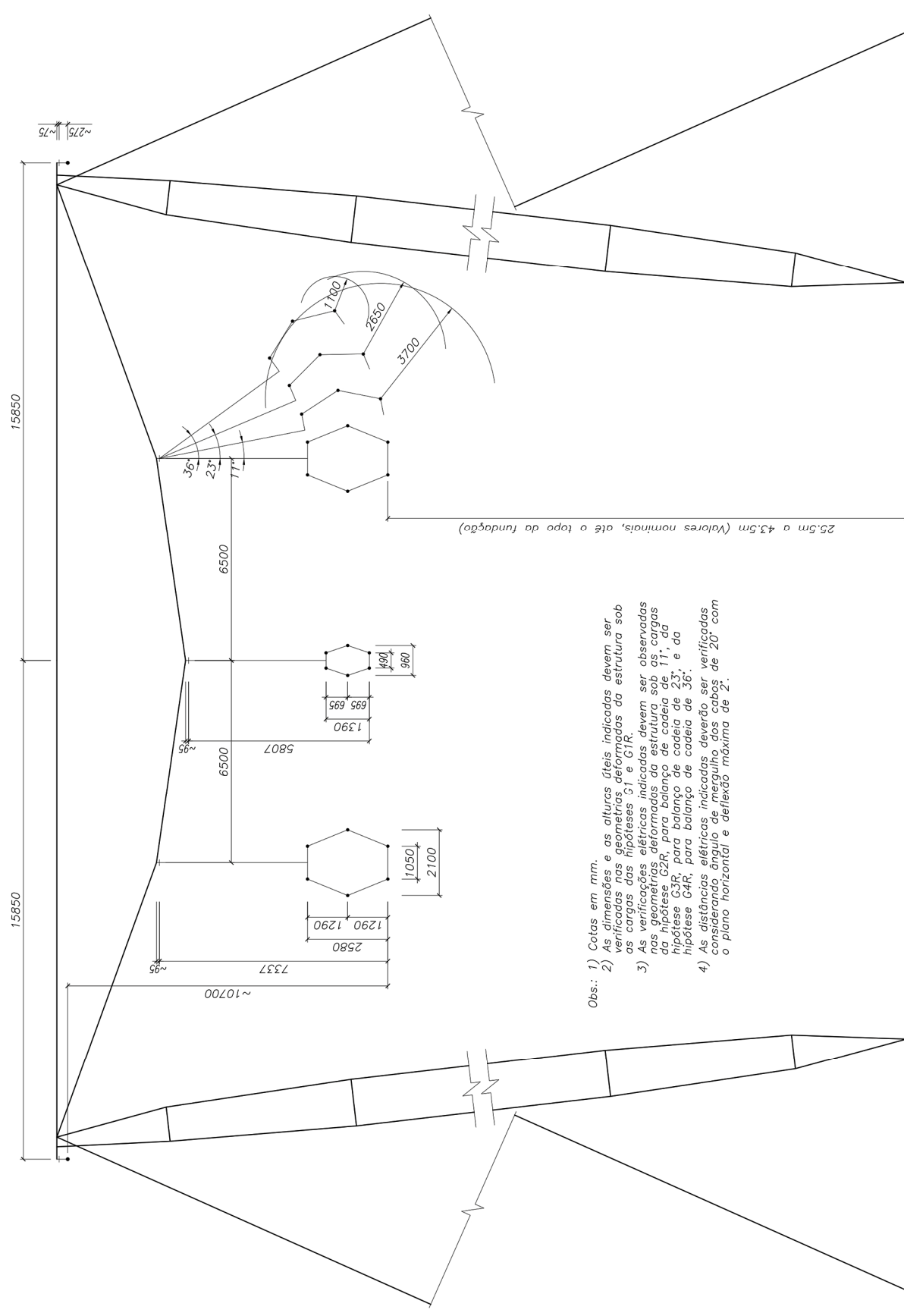
3.3.3.2 Pressão devida ao Vento Máximo ($q_0 G_C G_L C_{xc}$, em kgf/m^2)

ESTRUTURA	CONDUTOR	PÁRA-RAIOS
V1CRL	69.85	74.72
V1SL	69.85	74.40
V1SP	71.13	75.16
V1AA	69.53	74.61
V1AT	69.53	74.61
V1TR	74.86	79.68

4 SILHUETAS TÍPICAS

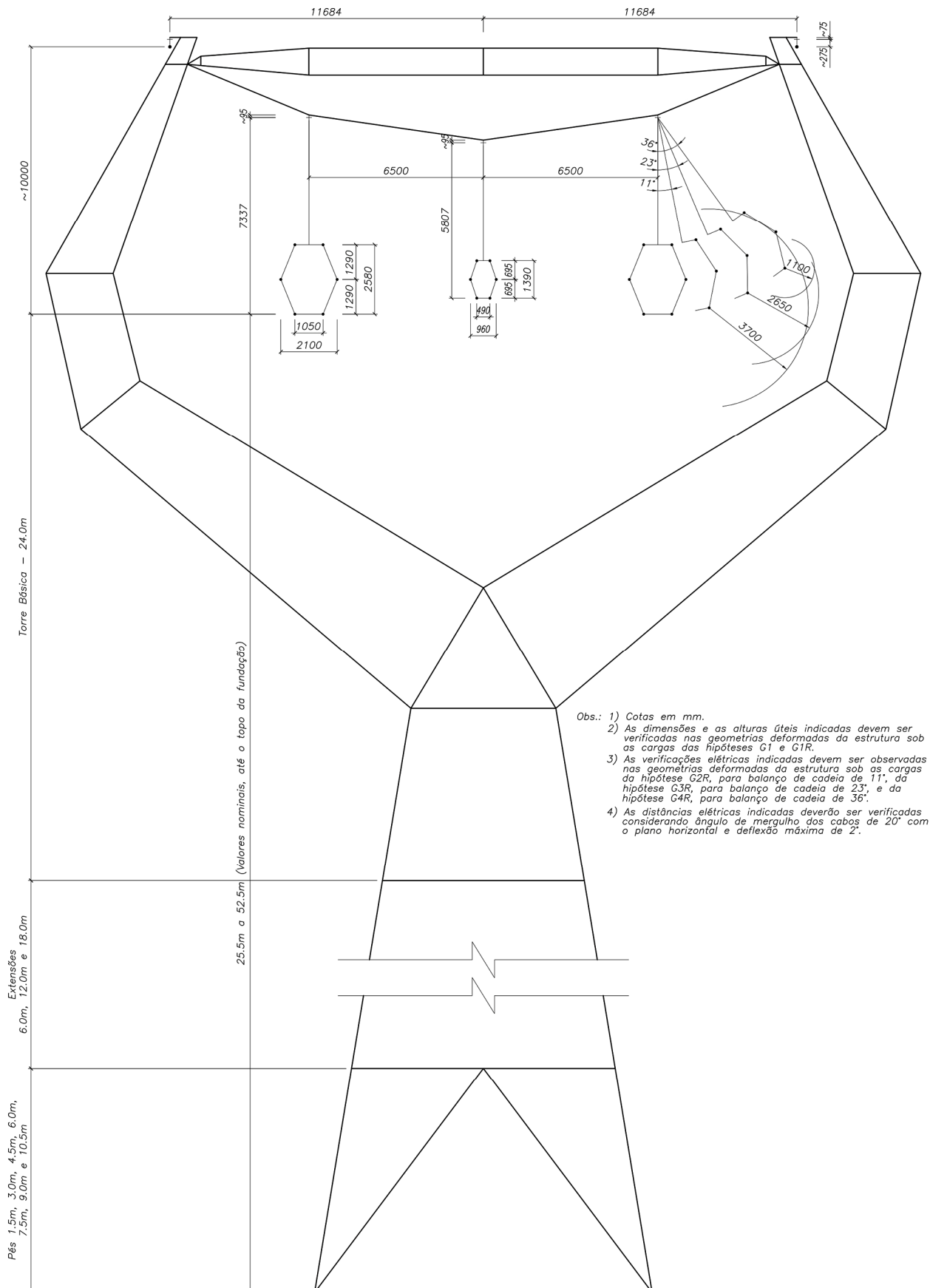
- 4.1 O projeto definitivo das estruturas deverá obedecer às dimensões indicadas nos desenhos de silhuetas no que se refere aos seguintes itens:
- a) Distâncias elétricas e respectivos ângulos de balanço das cadeias de isoladores;
 - b) Ângulo de blindagem dos cabos pára-raios;
 - c) Espaçamentos entre fases;
 - d) Altura da torre básica, do mastro, das extensões de corpo e dos pés.
- 4.2 O espaçamento entre fases indicado nos desenhos de silhueta das torres V1CRL e V1SL, itens 4.8.1 e 4.8.2, deverá ser respeitado na geometria deformada obtida para as hipóteses de carga G1 e G1R. (Ver itens 5.1.1, 5.6.11.1.1 e 5.6.11.2.1.)
- 4.3 As verificações dos espaçamentos elétricos nas torres V1CRL e V1SL, esquematicamente representadas nos desenhos de silhueta dos itens 4.8.1 e 4.8.2, deverão ser feitas nas geometrias deformadas obtidas para as hipóteses de carga G2R (balanço de cadeia de 11°), G3R (balanço de cadeia de 23°) e G4R (balanço de cadeia de 36°). (Ver itens 5.1.1, 5.6.11.1.1 e 5.6.11.2.1.)
- 4.4 Os espaçamentos elétricos indicados deverão ser mantidos em relação a qualquer ponto das estruturas e dos estais, conforme aplicável, considerando o ângulo de linha máximo em que a estrutura pode ser aplicada e os condutores formando os seguintes ângulos com o plano horizontal, na saída dos grampos:
- estruturas V1CRL, V1SL, V1SP e V1TR : 20°
 - estruturas V1AA e V1AT : 25°
- 4.5 As mísulas dos condutores das estruturas de ancoragem tipos V1AA e V1AT devem ser projetadas com detalhes para fixações da cadeia de passagem do “Jumper” no ponto central da mísula e nas duas extremidades, junto às faces transversais da estrutura.
- 4.6 As estruturas de ancoragem deverão ter base quadrada e as estruturas de suspensão autoportantes poderão ter base retangular, desde que o menor lado da base não seja inferior a 2/3 do maior lado.
- 4.7 Todas as estruturas, exceto as que possuam cabo cross-ropo, devem ser projetadas com furações adequadamente posicionadas de modo a permitir pontos auxiliares de fixação para a execução segura das operações de montagem, de lançamento e grampeamento de cabos e de manutenção.
- 4.8 As silhuetas típicas que compõem a série de estruturas são apresentadas a seguir:

4.8.1 ESTRUTURA DE SUSPENSÃO TIPO V1CRL

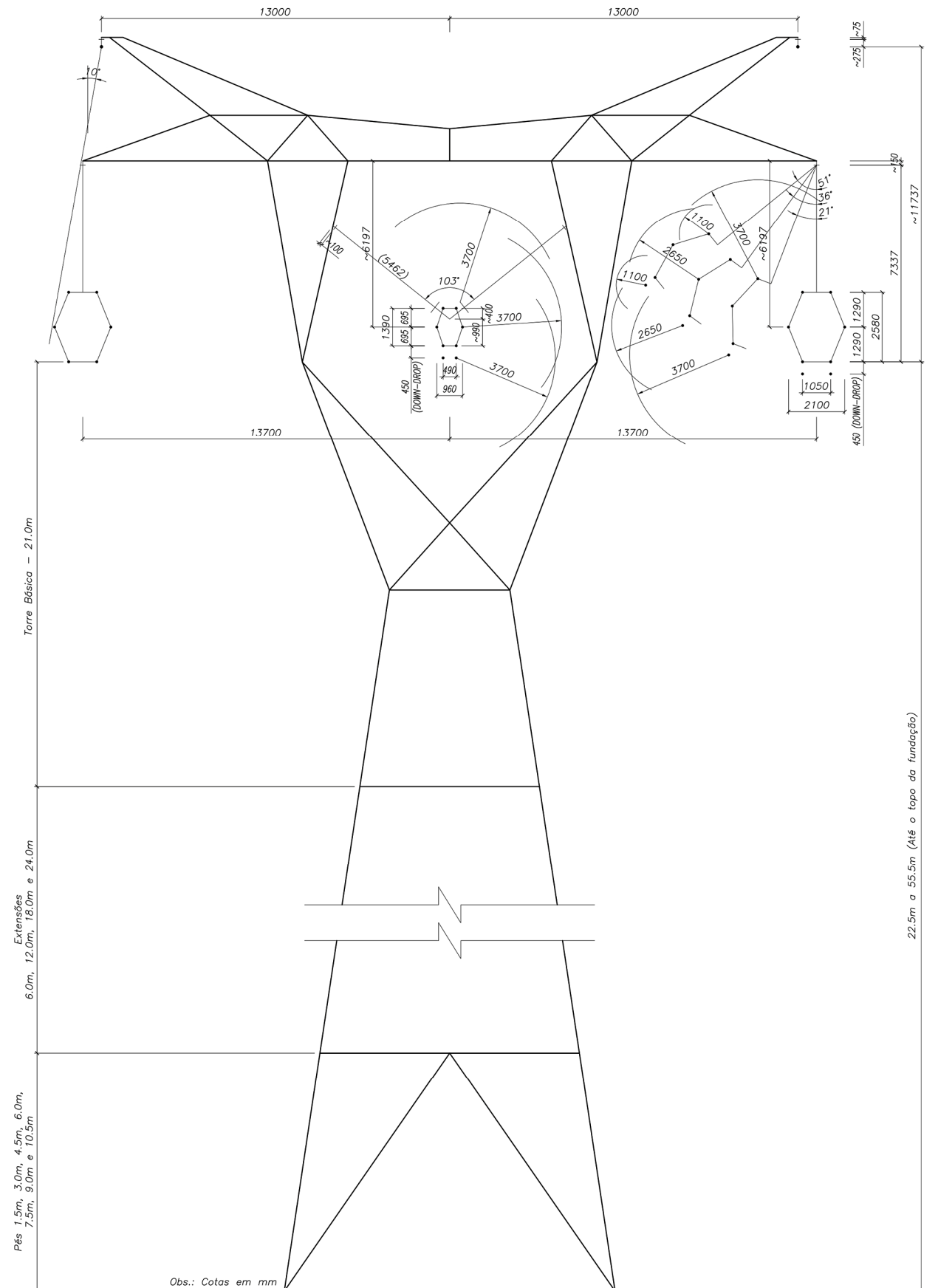


Obs.: 1) Cotas em mm.
 2) As dimensões e as alturas úteis indicadas devem ser verificadas nas geometrias deformadas da estrutura sob as cargas das hipóteses G1 e G1R.
 3) As verificações elétricas indicadas devem ser observadas nas geometrias deformadas da estrutura sob as cargas da hipótese G2R, para balanço de cadeia de 11°, da hipótese G3R, para balanço de cadeia de 23°, e da hipótese G4R, para balanço de cadeia de 36°.
 4) As distâncias elétricas indicadas deverão ser verificadas considerando ângulo de mergulho dos cabos de 20° com o plano horizontal e deflexão máxima de 2'.

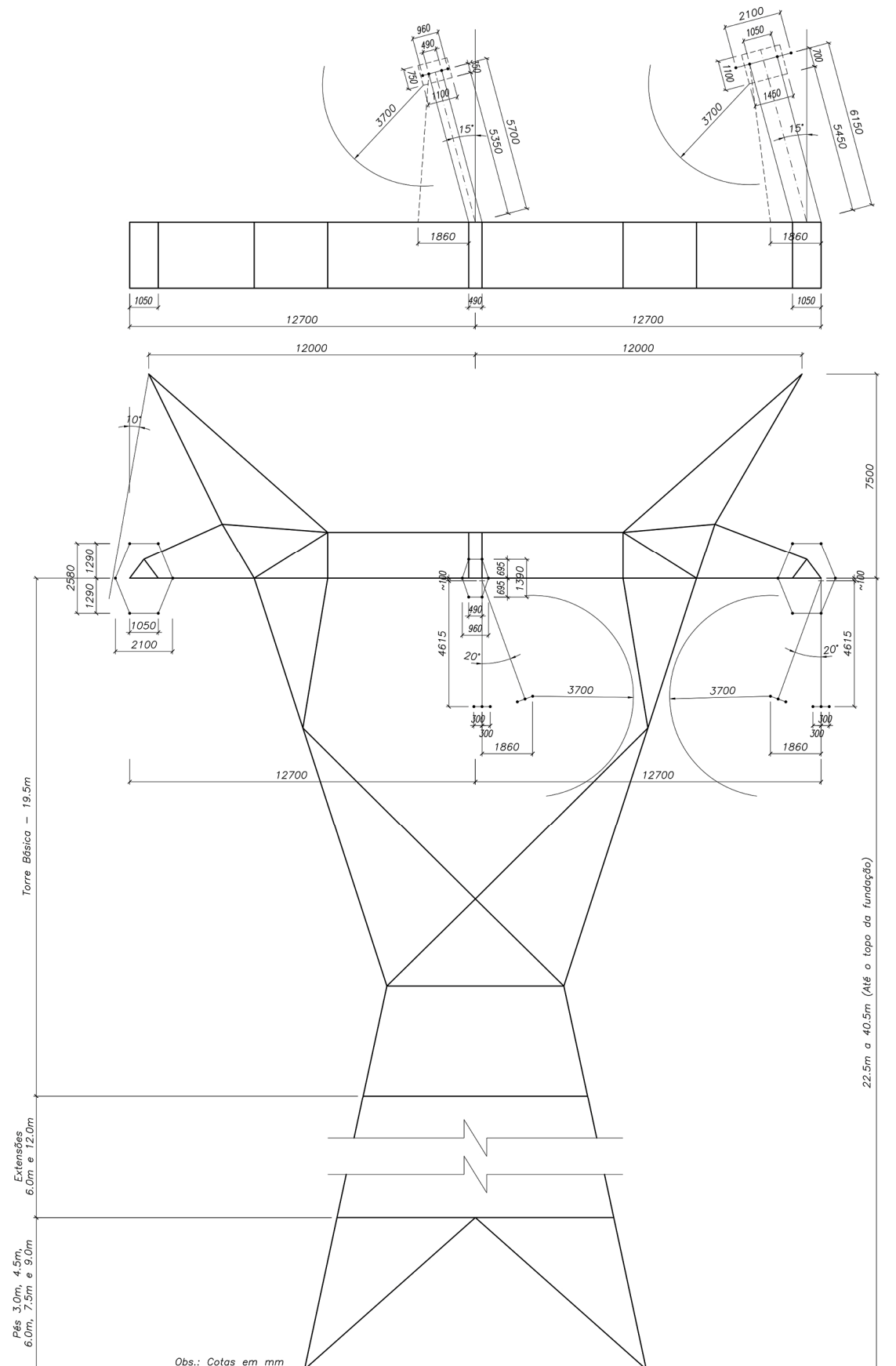
4.8.2 ESTRUTURA DE SUSPENSÃO TIPO V1SL



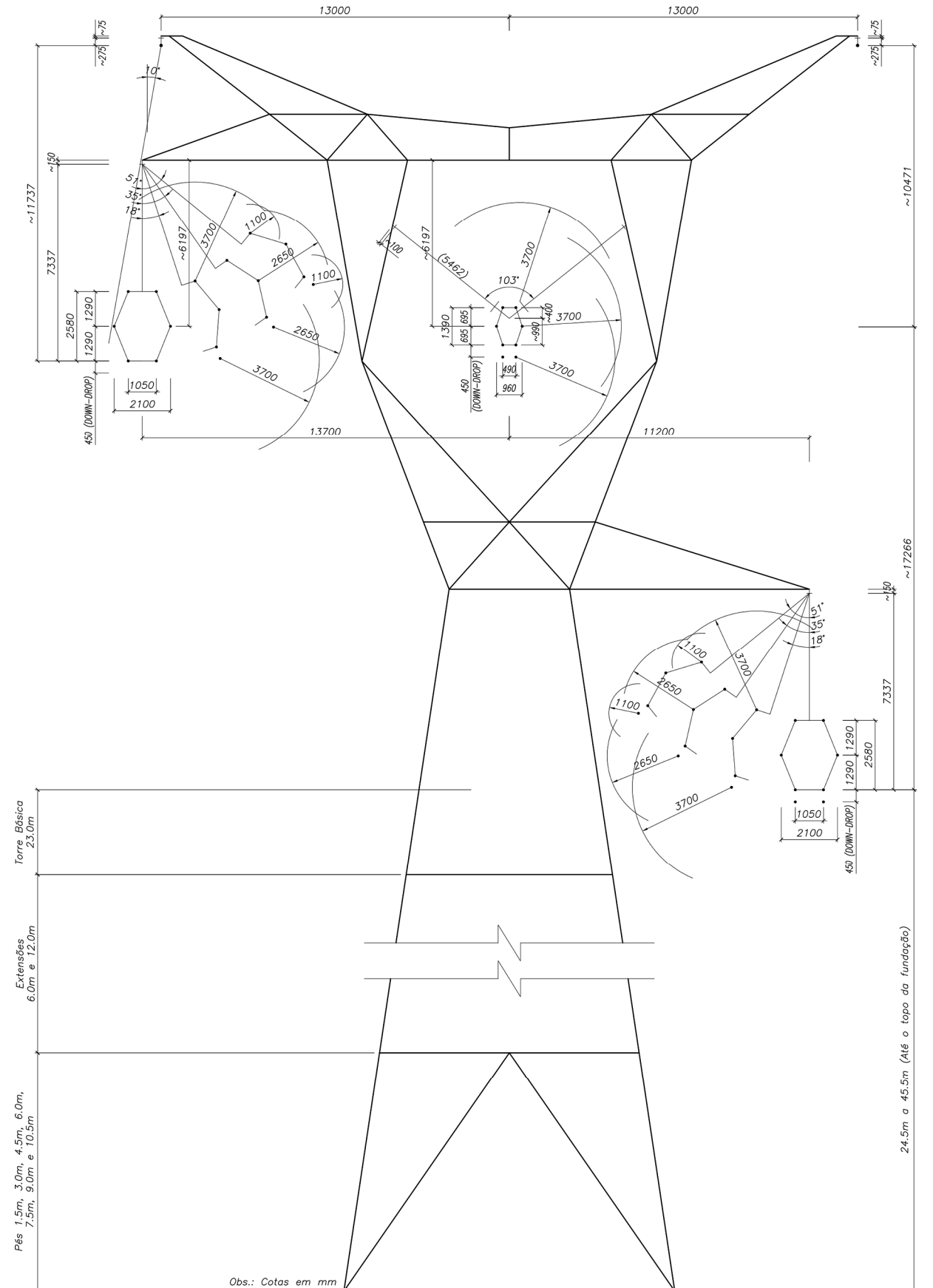
4.8.3 ESTRUTURA DE SUSPENSÃO TIPO V1SP



4.8.4 ESTRUTURA DE ANCORAGEM MEIO DE LINHA TIPO V1AA



4.8.6 ESTRUTURA DE SUSPENSÃO PARA TRANSPOSIÇÃO TIPO V1TR



5 HIPÓTESES DE CARGA

5.1 ESTRUTURAS DE SUSPENSÃO TIPOS V1CRL e V1SL

5.1.1 HIPÓTESES PARA VERIFICAÇÕES ELÉTRICAS E DE GEOMETRIA

HIP.	DESCRIÇÃO
G1	<p>EDS – ALINHAMENTO</p> <p>Somente cargas verticais normais devidas ao peso de cabos, cadeias de isoladores e estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).</p> <p>Nota: A geometria deformada obtida com esta hipótese de carga deverá ser utilizada para o cálculo dos parâmetros elétricos associados à estrutura.</p>
G2	<p>EDS – DEFLEXÃO MÁXIMA</p> <p>Igual à anterior, mas também com as cargas transversais devidas à deflexão máxima da estrutura, considerando-se todos os cabos com tração EDS. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).</p> <p>Nota: A geometria deformada obtida com esta hipótese de carga deverá ser utilizada para as verificações elétricas associadas a descargas atmosféricas.</p>
G3	<p>VENTO TRANSVERSAL PARA T = 2 ANOS</p> <p>Cargas decorrentes da ação do vento para T = 2 anos, com direção transversal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).</p> <p>Nota: A geometria deformada obtida com esta hipótese de carga deverá ser utilizada para as verificações elétricas associadas a surtos de manobra.</p>
G4	<p>VENTO TRANSVERSAL PARA T = 50 ANOS</p> <p>Cargas decorrentes da ação do vento para T = 50 anos, com direção transversal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).</p> <p>Nota: A geometria deformada obtida com esta hipótese de carga deverá ser utilizada para as verificações elétricas associadas à frequência industrial.</p>

5.1.2 HIPÓTESES PARA DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

HIP.	DESCRIÇÃO
1	<p>VENTO MÁXIMO TRANSVERSAL</p> <p>Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, com direção transversal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).</p>
2	<p>VENTO MÁXIMO LONGITUDINAL</p> <p>Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, com direção longitudinal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).</p>
3	<p>VENTO MÁXIMO ATUANDO A 45°</p> <p>Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, a 45° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).</p>

- 3-60 VENTO MÁXIMO ATUANDO A 60°
Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, a 60° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 3-75 VENTO MÁXIMO ATUANDO A 75°
Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, a 75° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 4 RUPTURA DE 1 FASE QUALQUER
Carga longitudinal correspondente a 70% da tração EDS atuando em qualquer uma das fases; verticais normais e peso próprio da estrutura; sem vento. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 5 RUPTURA DE 1 PÁRA-RAIOS QUALQUER
Carga longitudinal correspondente a 125% da tração EDS atuando em qualquer um dos pára-raios; verticais normais e peso próprio da estrutura; sem vento. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 6 CONSTRUÇÃO/MANUTENÇÃO
Cargas de construção/manutenção atuando simultaneamente em qualquer combinação possível de pára-raios ou em qualquer combinação possível de fases, com apenas um dos cabos em lançamento e os demais já lançados; peso próprio da estrutura; sem vento.
A carga vertical máxima deverá ser determinada considerando-se carga vertical proveniente de cabo ancorado ao solo, com ângulo de 70° e tração de 125% da tração EDS.
- 7 VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL
Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, com direção transversal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 8 VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL
Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, com direção longitudinal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 9 VENTO DE ALTA INTENSIDADE ATUANDO A 45°
Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, a 45° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 9-60 VENTO DE ALTA INTENSIDADE ATUANDO A 60°
Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, a 60° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 9-75 VENTO DE ALTA INTENSIDADE ATUANDO A 75°
Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, a 75° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais

reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

10 **CONTENÇÃO CASCATA**

Cargas longitudinais nos pára-raios correspondentes a 50% das trações EDS e cargas longitudinais nas fases correspondentes a 25% das trações EDS atuando simultaneamente em todos os cabos; verticais normais e peso próprio da estrutura; sem vento. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

11 **GRAMPEAMENTO**

Cargas de grampeamento atuando simultaneamente em qualquer combinação possível de pára-raios ou em qualquer combinação possível de fases, estando os pára-raios já montados; peso próprio da estrutura; sem vento.

Considerar tração atuante nos cabos igual a 125% da tração EDS, peso de homens e ferramentas em cada pára-raios e em cada fase e sustentação de cabo com ângulo máximo de 15° em relação à vertical.

5.2 ESTRUTURAS DE SUSPENSÃO TIPOS V1SP e V1TR

HIP.	DESCRIÇÃO
1	VENTO MÁXIMO TRANSVERSAL Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, com direção transversal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
2	VENTO MÁXIMO LONGITUDINAL Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, com direção longitudinal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
3	VENTO MÁXIMO ATUANDO A 45° Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, a 45° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
3-60	VENTO MÁXIMO ATUANDO A 60° Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, a 60° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
3-75	VENTO MÁXIMO ATUANDO A 75° Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, a 75° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
4	RUPTURA DE 1 FASE QUALQUER Carga longitudinal correspondente a 70% da tração EDS atuando em qualquer uma das fases; verticais normais e peso próprio da estrutura; sem vento. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
5	RUPTURA DE 1 PÁRA-RAIOS QUALQUER Carga longitudinal correspondente a 125% da tração EDS atuando em qualquer um

dos pára-raios; verticais normais e peso próprio da estrutura; sem vento. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

6 CONSTRUÇÃO/MANUTENÇÃO

Cargas de construção/manutenção atuando simultaneamente em qualquer combinação possível de pára-raios ou em qualquer combinação possível de fases, estando os pára-raios já montados; peso próprio da estrutura; sem vento.

A carga vertical máxima deverá ser determinada considerando-se carga vertical proveniente de cabo ancorado ao solo, com ângulo de 70° e tração de 125% da tração EDS.

7 VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL

Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, com direção transversal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

8 VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL

Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, com direção longitudinal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

9 VENTO DE ALTA INTENSIDADE ATUANDO A 45°

Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, a 45° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

9-60 VENTO DE ALTA INTENSIDADE ATUANDO A 60°

Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, a 60° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

9-75 VENTO DE ALTA INTENSIDADE ATUANDO A 75°

Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, a 75° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

10 CONTENÇÃO CASCATA

Cargas longitudinais nos pára-raios correspondentes a 70% das trações EDS e cargas longitudinais nas fases correspondentes a 35% das trações EDS atuando simultaneamente em todos os cabos; verticais normais e peso próprio da estrutura; sem vento. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

11 GRAMPEAMENTO

Cargas de grampeamento atuando simultaneamente em qualquer combinação possível de pára-raios ou em qualquer combinação possível de fases, estando os pára-raios já montados; peso próprio da estrutura; sem vento.

Considerar tração atuante nos cabos igual a 125% da tração EDS, peso de homens e ferramentas em cada pára-raios e em cada fase e sustentação de cabo com ângulo máximo de 15° em relação à vertical.

As cargas de grampeamento devem ser consideradas como aplicadas nos pontos auxiliares de fixação previstos para a execução das operações de grampeamento de cabos, da forma localmente mais desequilibrada possível.

5.3 ESTRUTURAS DE ANCORAGEM MEIO DE LINHA TIPOS V1AA e V1AT

HIP.	DESCRIÇÃO
1	VENTO MÁXIMO TRANSVERSAL Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, com direção transversal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; cargas longitudinais decorrentes de desbalanceamento iguais a 15% da tração máxima nos cabos; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
2	VENTO MÁXIMO LONGITUDINAL Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, com direção longitudinal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; cargas longitudinais decorrentes de desbalanceamento iguais a 15% da tração máxima nos cabos; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
3	VENTO MÁXIMO ATUANDO A 45° Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, a 45° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; cargas longitudinais decorrentes de desbalanceamento iguais a 15% da tração máxima nos cabos; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
4	RUPTURA DE 1 FASE QUALQUER Carga longitudinal correspondente a 150% da tração EDS atuando em qualquer uma das fases; verticais normais e peso próprio da estrutura; sem vento. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
5	RUPTURA DE 1 PÁRA-RAIOS QUALQUER Carga longitudinal correspondente a 150% da tração EDS atuando em qualquer um dos pára-raios; verticais normais e peso próprio da estrutura; sem vento. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
6	CONSTRUÇÃO/MANUTENÇÃO Cargas de construção/manutenção atuando simultaneamente em qualquer combinação possível de pára-raios ou em qualquer combinação possível de fases, estando os pára-raios já montados; peso próprio da estrutura; sem vento. A carga vertical máxima deverá ser determinada considerando-se carga vertical proveniente de cabo ancorado ao solo, com ângulo de 70° e tração de 125% da tração EDS.
7	VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, com direção transversal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; cargas longitudinais decorrentes de desbalanceamento iguais a 15% da tração com vento reduzido nos cabos; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
8	VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, com direção longitudinal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; cargas longitudinais decorrentes de desbalanceamento iguais a 15% da tração com vento reduzido nos cabos; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

- 9 VENTO DE ALTA INTENSIDADE ATUANDO A 45°
Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, a 45° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; cargas longitudinais decorrentes de desbalanceamento iguais a 15% da tração com vento reduzido nos cabos; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 10 CONTENÇÃO CASCATA
Cargas longitudinais correspondentes a 100% das trações EDS atuando simultaneamente em qualquer combinação possível de fases e pára-raios; verticais normais e peso próprio da estrutura; sem vento. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

5.4 ESTRUTURA DE ANCORAGEM FIM DE LINHA TIPO V1AT

HIP.	DESCRIÇÃO
1T	VENTO MÁXIMO TRANSVERSAL Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, com direção transversal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
2T	VENTO MÁXIMO LONGITUDINAL Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, com direção longitudinal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
3T	VENTO MÁXIMO ATUANDO A 45° Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, a 45° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
4T	RUPTURA DE 1 FASE QUALQUER Carga longitudinal nula na fase rompida e cargas longitudinais correspondentes a 150% da tração EDS atuando simultaneamente em todos os demais cabos; verticais normais e peso próprio da estrutura; sem vento. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
5T	RUPTURA DE 1 PÁRA-RAIOS QUALQUER Carga longitudinal nula no pára-raios rompido e cargas longitudinais correspondentes a 150% da tração EDS atuando simultaneamente em todos os demais cabos; verticais normais e peso próprio da estrutura; sem vento. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
6T	CONSTRUÇÃO/MANUTENÇÃO Cargas de construção/manutenção atuando simultaneamente em qualquer combinação possível de pára-raios ou em qualquer combinação possível de fases, estando os pára-raios já montados; peso próprio da estrutura; sem vento. A carga longitudinal máxima será igual a 125% da tração EDS. A carga vertical máxima deverá ser determinada considerando-se carga vertical proveniente de cabo ancorado ao solo, com ângulo de 70° e tração de 125% da tração EDS.
7T	VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, com direção transversal,

sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

8T VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL
Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, com direção longitudinal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

9T VENTO DE ALTA INTENSIDADE ATUANDO A 45°
Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, a 45° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

Nota: Para a Hipótese 1T devem ser consideradas duas condições de carregamento independentes:

- apenas vão da LT montado (Hip. 1Ta);
- vãos da LT e da SE montados (Hip. 1Tb).

Para todas as demais hipóteses, considerar uma condição de carregamento única, com as maiores cargas obtidas dentre as duas situações acima mencionadas.

5.5 FATORES DE SOBRECARGA

5.5.1 As cargas atuantes em cada uma das hipóteses de carga indicadas nos itens anteriores devem ser majoradas pelos seguintes fatores de sobrecarga:

Hipótese	Fator de Sobrecarga
Hipóteses para Verificações Elétricas e de Geometria:	
- Todas as cargas:	1.00
Vento Máximo, Vento de Alta Intensidade, Ruptura de Cabo e Contenção Cascata:	
- Cargas Transversais:	1.00
- Cargas Longitudinais:	1.00
- Cargas Verticais normais (inclusive peso próprio da estrutura):	1.15
- Cargas Verticais reduzidas (inclusive peso próprio da estrutura):	0.87 (*)
Construção/Manutenção:	
- Cargas Transversais (cabos em lançamento/lançados):	1.50/1.15
- Cargas Longitudinais (cabos em lançamento/lançados):	1.50/1.15
- Cargas Verticais (cabos em lançamento/lançados):	1.50/1.15
- Cargas Verticais (peso próprio das estruturas delta/cross-rope):	1.50/1.15
- Cargas Verticais reduzidas (inclusive peso próprio das estruturas delta/cross-rope):	0.67/0.87 (**)
Grampeamento:	
- Cargas Transversais:	1.50
- Cargas Longitudinais:	1.50
- Cargas Verticais (inclusive peso próprio da estrutura):	1.50

- Cargas Verticais reduzidas (inclusive peso próprio da estrutura):	0.67 (**)
(*) Cargas verticais reduzidas de arrancamento (vão gravante negativo):	1.15
(**) Cargas verticais reduzidas de arrancamento (vão gravante negativo):	1.50

5.6 ÁRVORES DE CARGAS

5.6.1 Todas as cargas indicadas nas árvores de carga estão em kgf e já incluem os fatores de sobrecarga indicados no item 5.5.

5.6.2 As cargas atuantes nas fases e nos pára-raios devem ser aplicadas nos pontos de fixação dos cabos e estão representadas, conforme a hipótese de carga, por suas projeções na vertical e nos eixos transversal e longitudinal da estrutura. Especificamente para a Hipótese 11 das torres V1SP e V1TR, as cargas indicadas nas árvores de carga devem ser aplicadas nos pontos auxiliares de fixação previstos para execução das operações de grampeamento.

5.6.3 As cargas devidas ao vento máximo (FVM) e ao vento de alta intensidade (FVI) na estrutura atuam na direção do vento e devem ser aplicadas no centro de gravidade de cada um dos painéis em que a estrutura for subdividida.

5.6.4 O comprimento máximo de cada painel para efeito de cálculo das cargas de vento na estrutura não deve ultrapassar 10.0m.

5.6.5 Independente da direção mostrada nas árvores de carga, o vento sobre a estrutura e as cargas transversais devem ser aplicadas na direção mais desfavorável no que se refere ao dimensionamento das barras e ligações.

5.6.6 As cargas entre parêntesis referem-se às cargas verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo) e PP indica o peso próprio da estrutura.

5.6.7 Considerar a seguinte distribuição de cargas por face nas estruturas de ancoragem meio de linha (V1AA e V1AT):

- Cargas transversais e verticais:
⇒ 70% na face anterior e 30% na face posterior
- Cargas longitudinais:
⇒ 100% na face anterior

5.6.8 Considerar a seguinte distribuição de cargas por face na estrutura de ancoragem fim de linha (V1AT):

- Cargas verticais:
 - Hipótese 1Ta: 100% lado LT
 - Demais hipóteses: 70% lado LT e 30% lado SE
- Cargas longitudinais: 100% lado LT
- Cargas transversais:

HIPÓTESE	lado LT (%)	lado SE (%)
1Ta	100	0
1Tb	56	44
2T	42	58
3T	45	55
4T e 5T	44	56
6T	44	56
7T	51	49

8T	44	56
9T	48	52

5.6.9 As árvores de carga apresentadas são representações esquemáticas das hipóteses de carga e algumas delas deverão ser desdobradas para a análise estrutural das torres. Os seguintes desdobramentos de hipóteses deverão ser obrigatoriamente considerados:

- Hipóteses 4 e 4T (ruptura de uma fase):
 - Ruptura da fase central;
 - Ruptura da fase da esquerda;
 - Ruptura da fase da direita.
- Hipóteses 5 e 5T (ruptura de um pára-raios):
 - Ruptura do pára-raios da esquerda;
 - Ruptura do pára-raios da direita.
- Hipótese 6 (construção/manutenção - V1CRL e V1SL):
obs.: para esta hipótese as cargas entre parênteses referem-se a cabos já lançados, enquanto as cargas fora de parênteses referem-se a cabos em lançamento.
 - lançamento de 1 pára-raios;
 - lançamento de 1 pára-raios com o outro lançado;
 - 2 pára-raios lançados;
 - 2 pára-raios lançados e lançamento de uma fase;
 - 2 pára-raios e 1 fase lançados e lançamento de outra fase;
 - 2 pára-raios e 2 fases lançados e lançamento de outra fase;
 - 2 pára-raios e 3 fases lançados;
- Hipóteses 6 e 6T (construção/manutenção - V1SP, V1AA, V1AT e V1TR):
 - cargas somente no pára-raios esquerdo;
 - cargas somente no pára-raios direito;
 - cargas somente nos 2 pára-raios;
 - cargas somente nos 2 pára-raios e na fase central;
 - cargas somente nos 2 pára-raios e na fase da esquerda;
 - cargas somente nos 2 pára-raios e na fase da direita;
 - sem as cargas da fase central;
 - sem as cargas da fase da esquerda;
 - sem as cargas da fase da direita;
 - todas as cargas aplicadas.
- Hipótese 10 (contenção de queda em cascata), somente nas torres de ancoragem V1AA e V1AT:
 - sem as cargas do pára-raios esquerdo e da fase da esquerda;
 - todas as cargas aplicadas.
- Hipóteses 11 (grampeamento):
obs.: 1) Para cabos em grampeamento, considerar cargas fora de parênteses nas árvores de carga;
2) Para cabos só lançados ou já grampeados, considerar cargas entre parênteses nas árvores de carga;
3) Fase central em grampeamento: aplicar cargas no ponto auxiliar para içamento/grampeamento dessa fase (V1SP e V1TR).
Nos desdobramentos abaixo especificados, considerar cargas de cabos só lançados/já grampeados nos pontos onde não houver cabos em grampeamento:
 - cargas de grampeamento somente no PR esquerdo;
 - cargas de grampeamento somente no PR direito;
 - cargas de grampeamento somente nos 2 PR's;
 - cargas de grampeamento somente nos 2 PR's e na fase da esquerda;
 - cargas de grampeamento somente nos 2 PR's e na fase da direita;
 - cargas de grampeamento somente nos 2 PR's e na fase central;
 - sem as cargas de grampeamento da fase da esquerda;

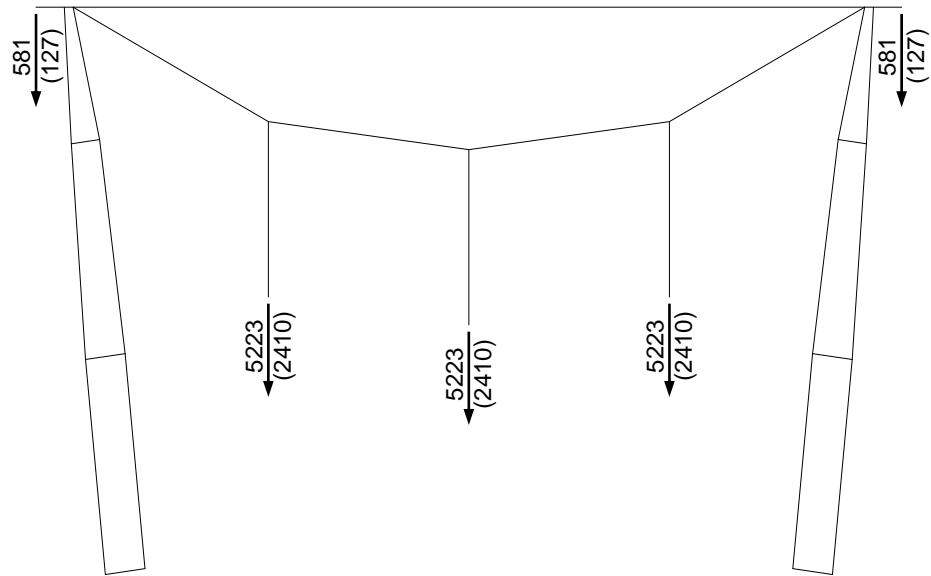
- sem as cargas de grampeamento da fase da direita;
- sem as cargas de grampeamento da fase central;
- todas as cargas de grampeamento aplicadas.

5.6.10 A mísula para fixação da cadeia de passagem do “jumper”, bem como as barras de fixação destas cadeias, deverão ser dimensionadas para suportar uma carga vertical de 600 kgf.

5.6.11 A seguir são apresentadas as árvores de carga para cada tipo estrutural:

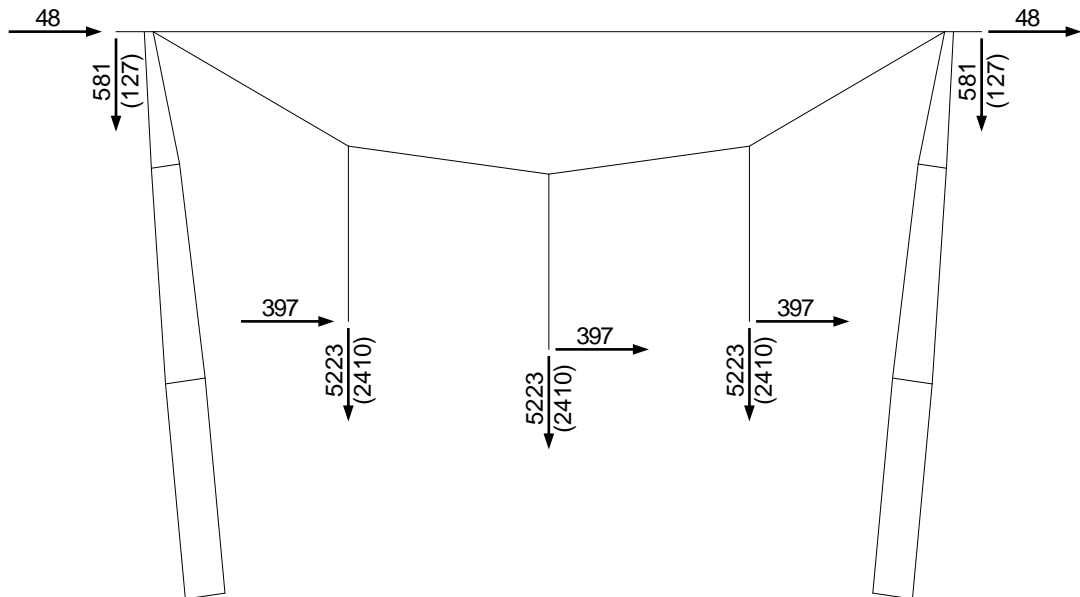
5.6.11.1 ESTRUTURA DE SUSPENSÃO TIPO V1CRL

5.6.11.1.1 HIPÓTESES PARA VERIFICAÇÕES ELÉTRICAS E DE GEOMETRIA



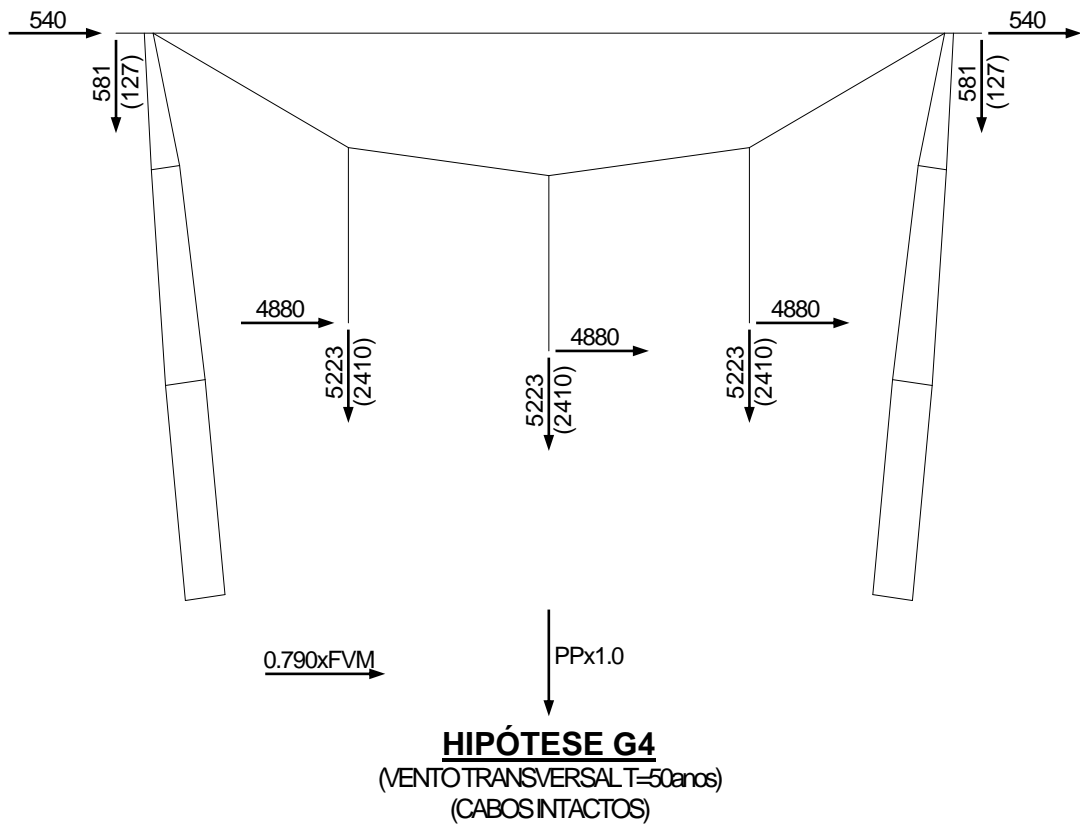
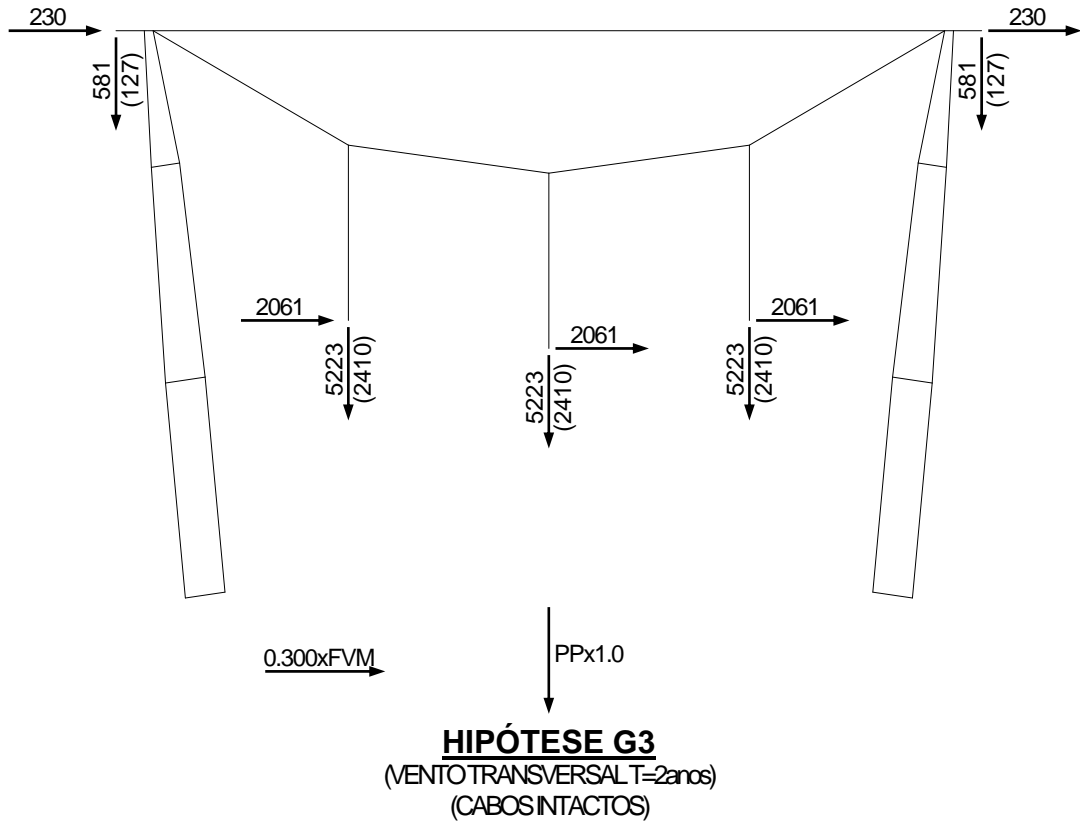
PPx1.0

HIPÓTESE G1
(SEM VENTO)
(EDS ALINHAMENTO)

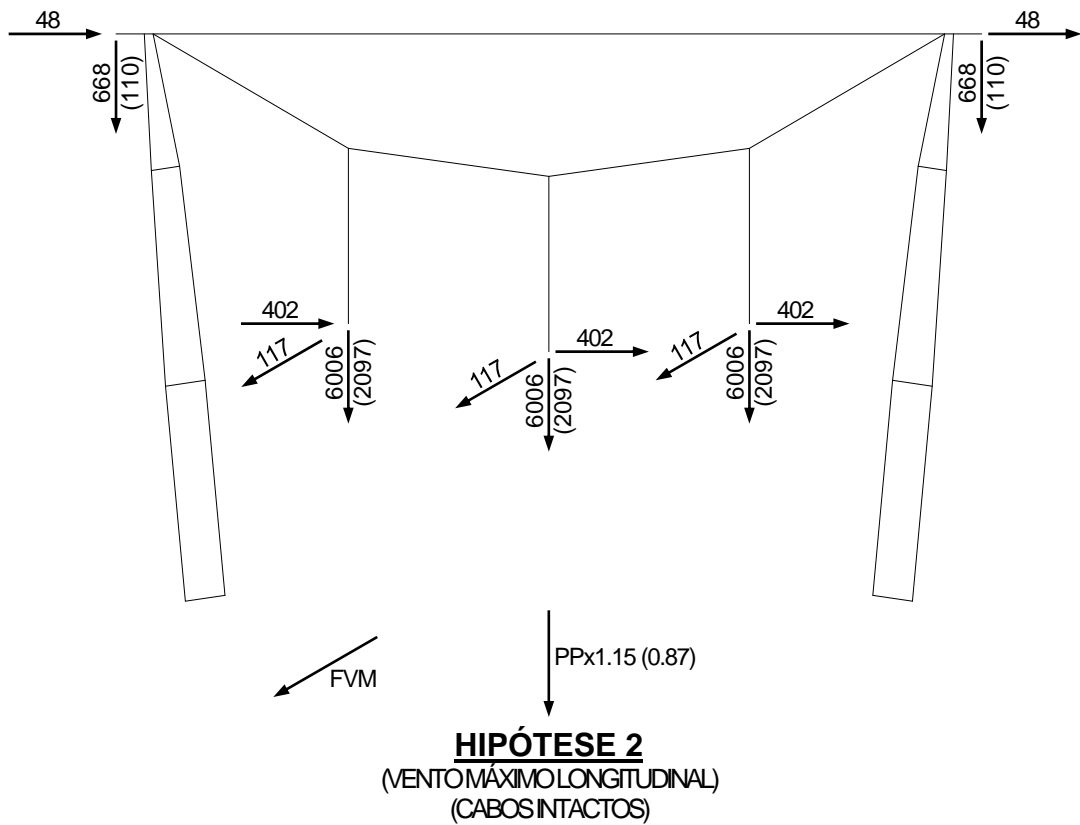
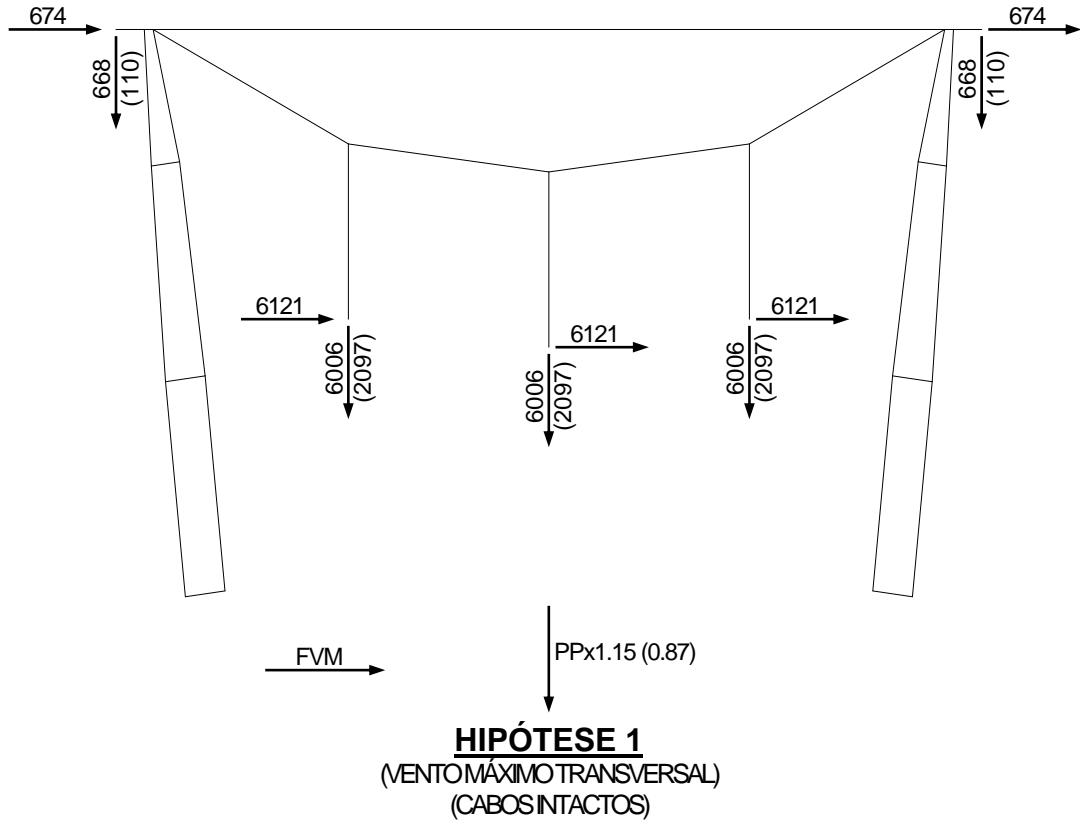


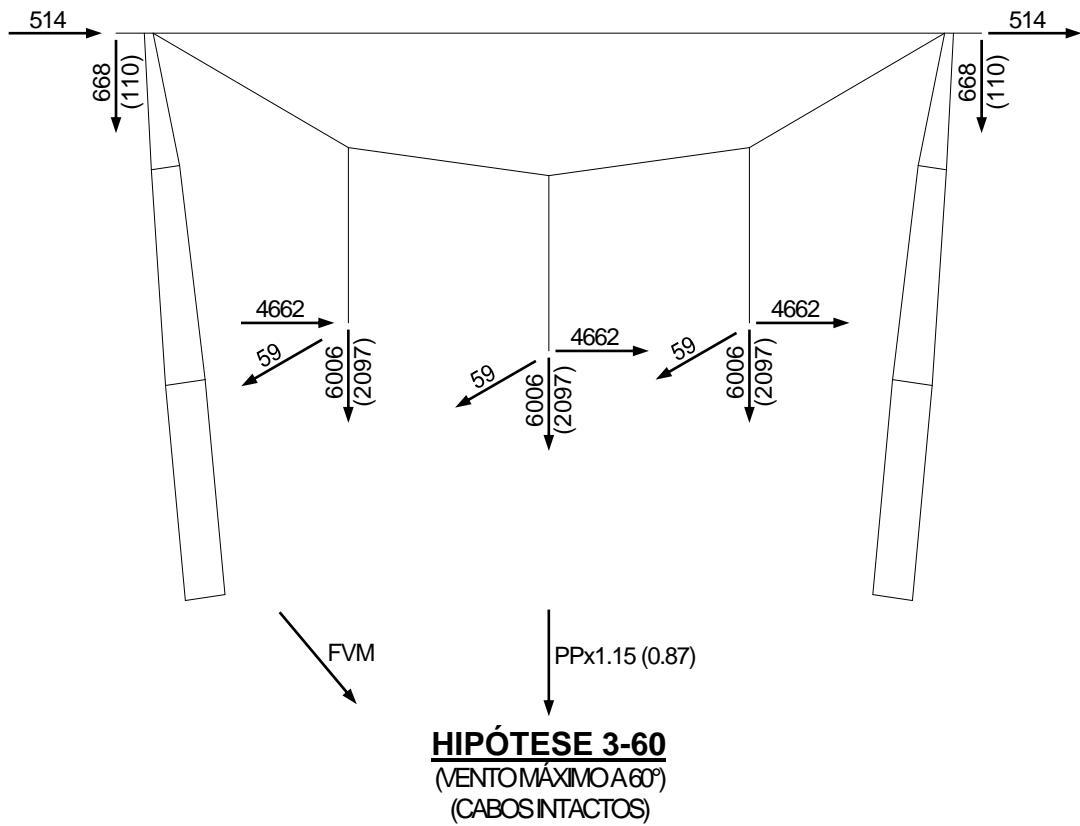
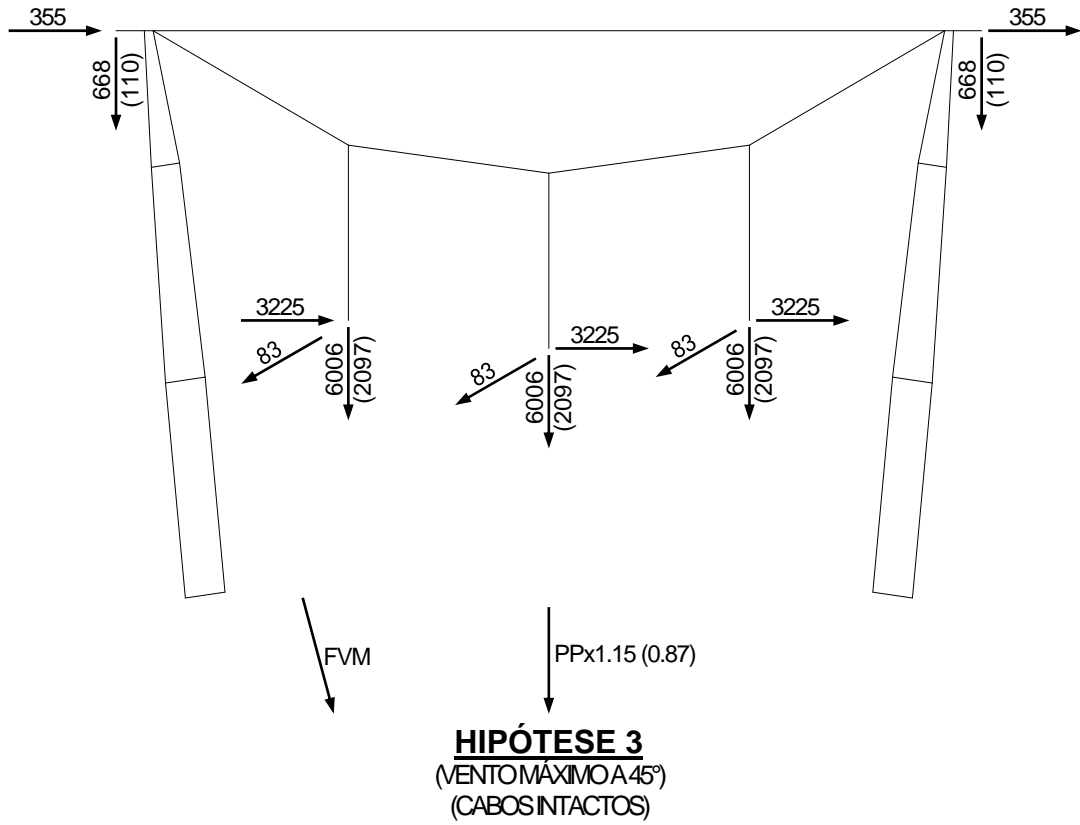
PPx1.0

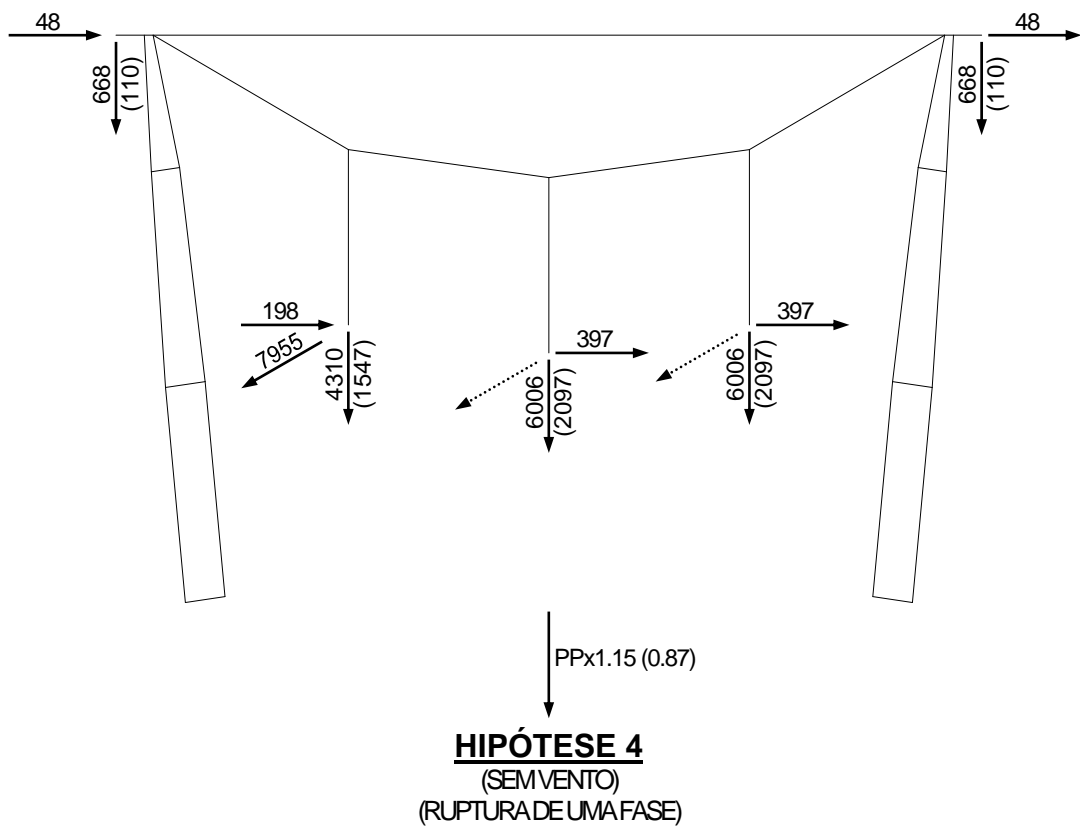
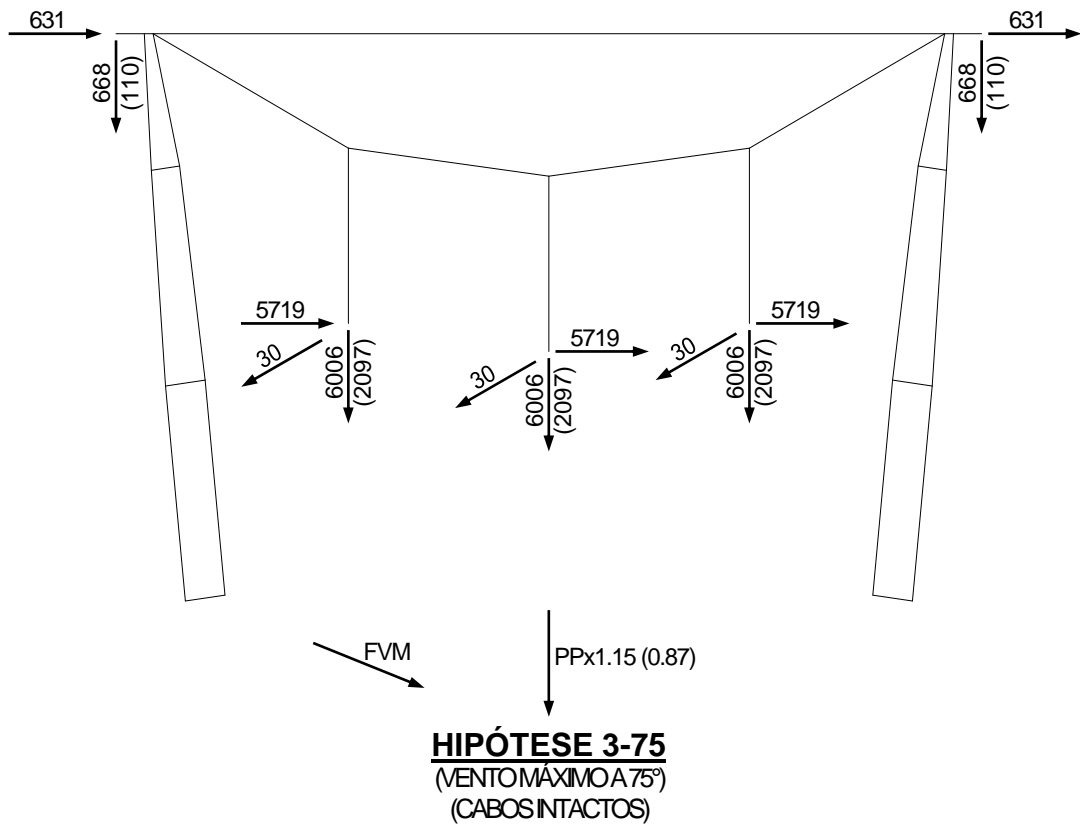
HIPÓTESE G2
(SEM VENTO)
(EDS ÂNGULO MÁXIMO)

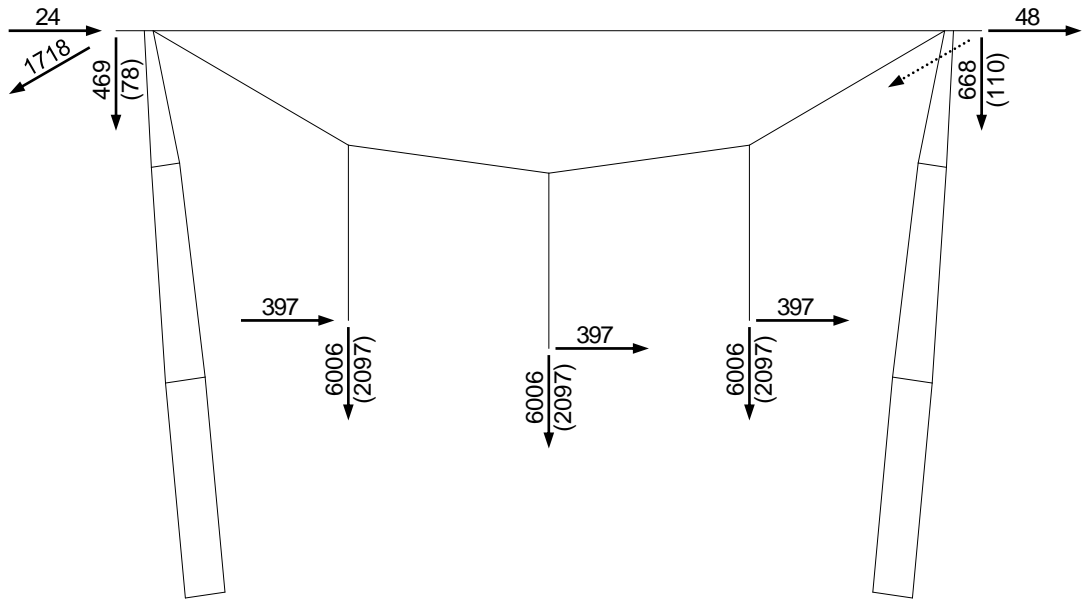


5.6.11.1.2 HIPÓTESES PARA DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL



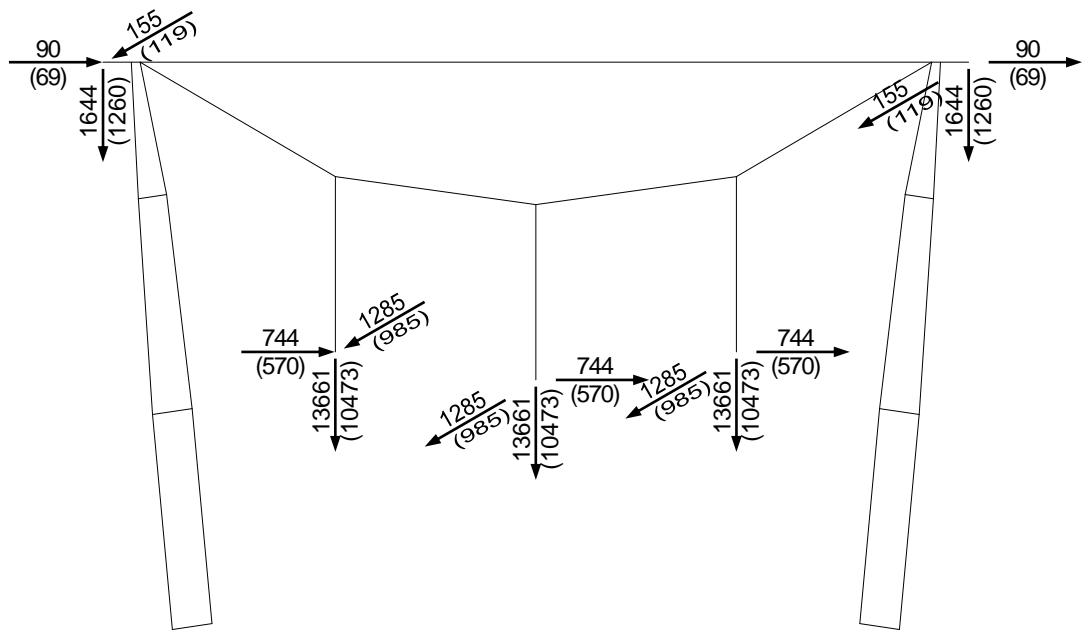






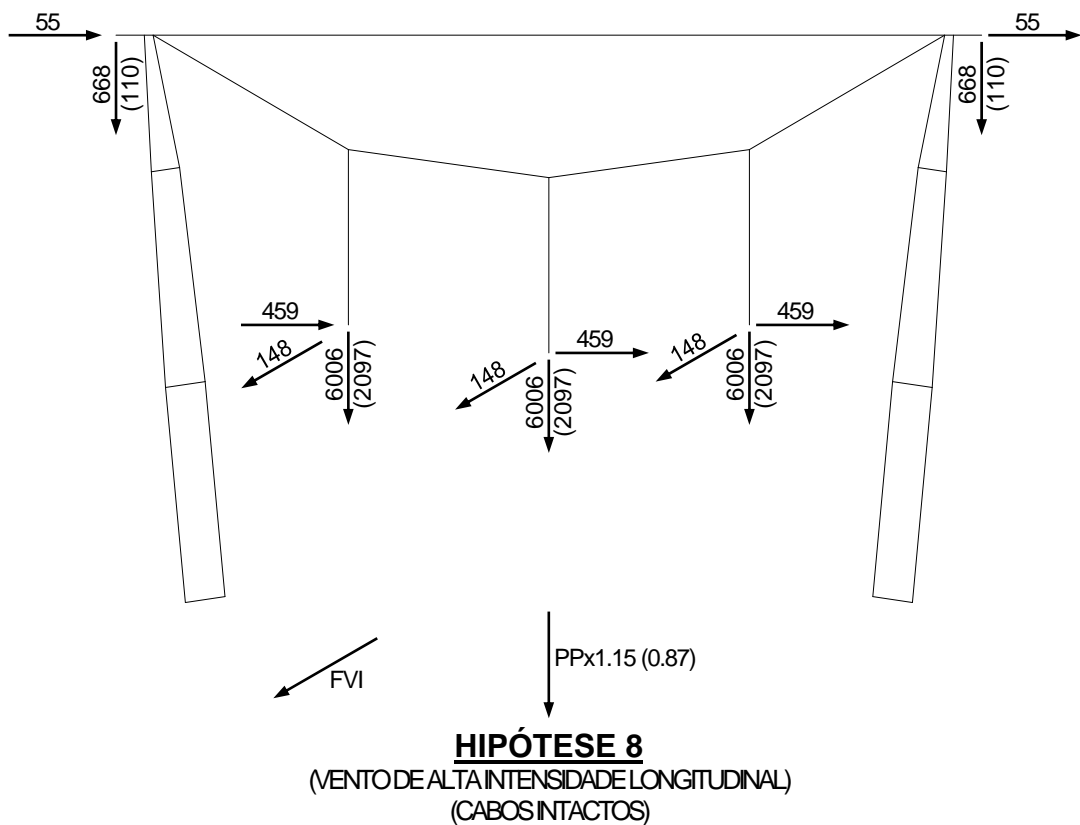
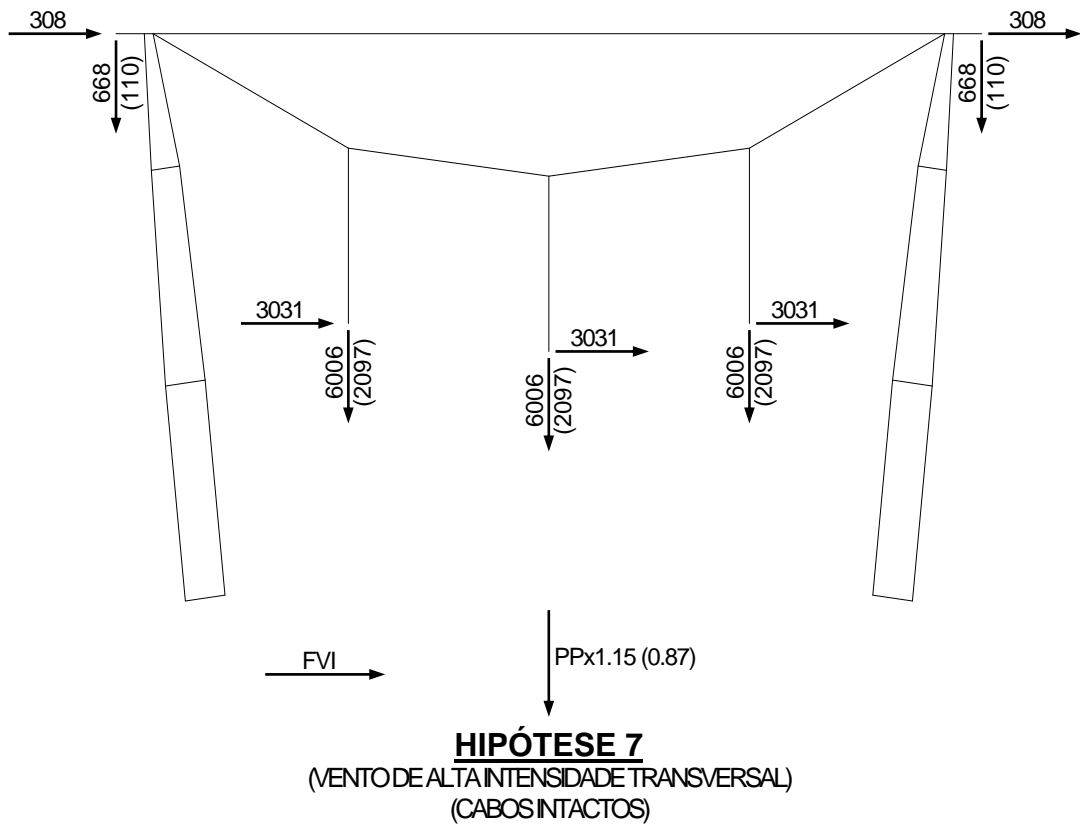
PPx1.15 (0.87)

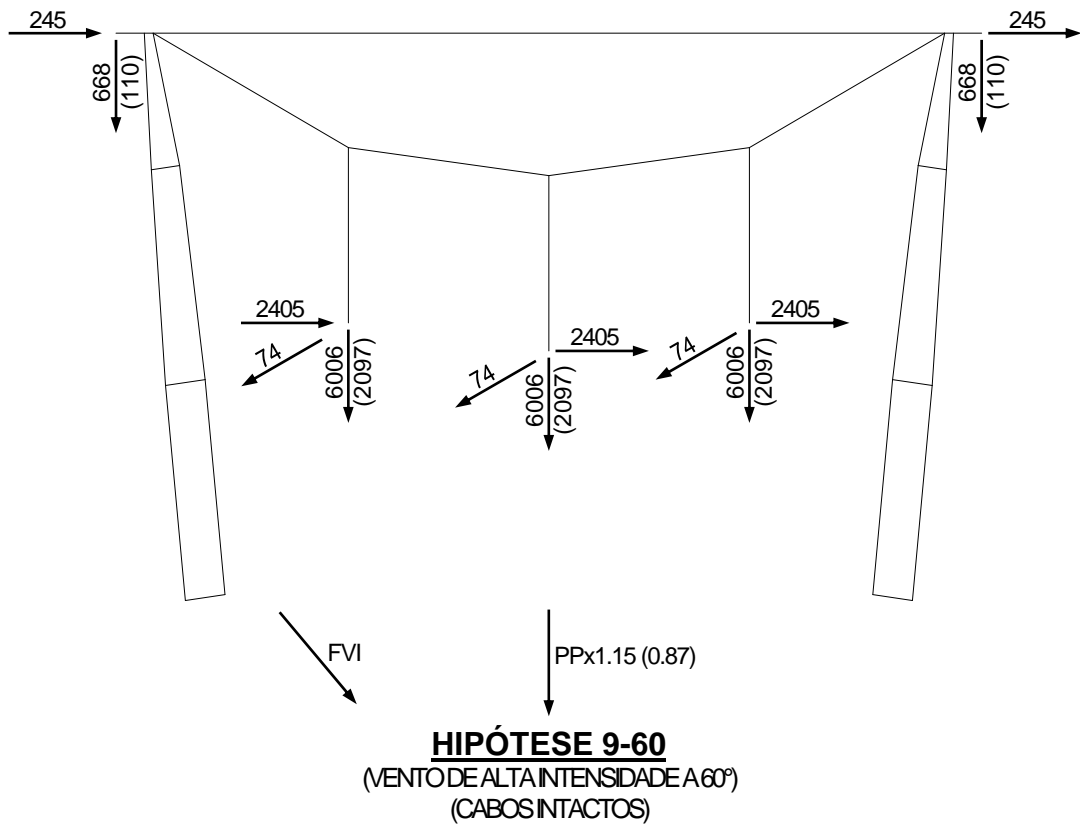
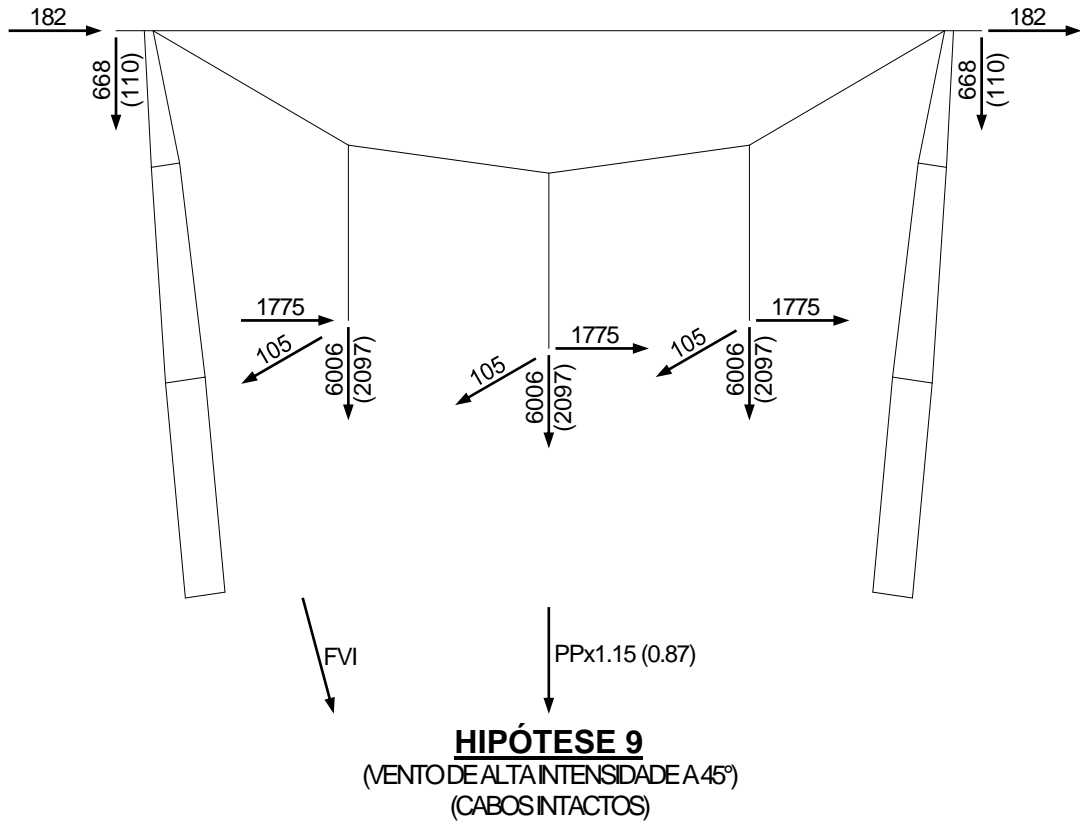
HIPÓTESE 5
(SEM VENTO)
(RUPTURA DE UM PÁRA-RAIOS)

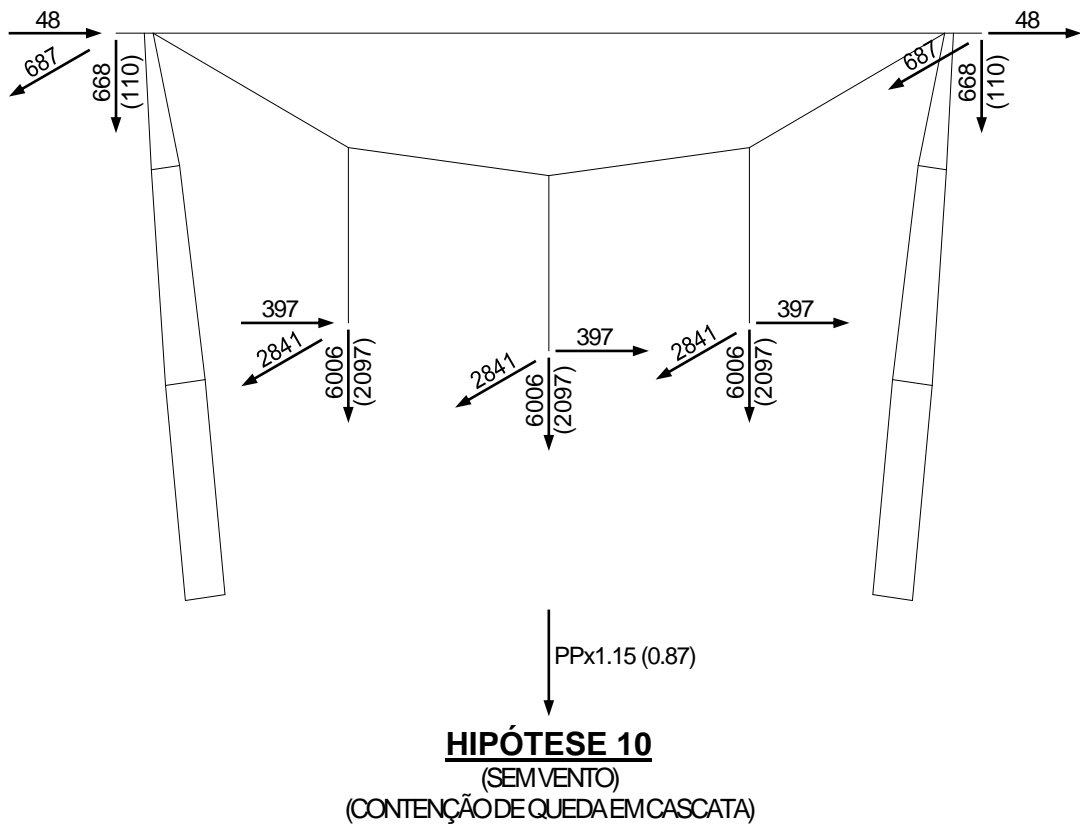
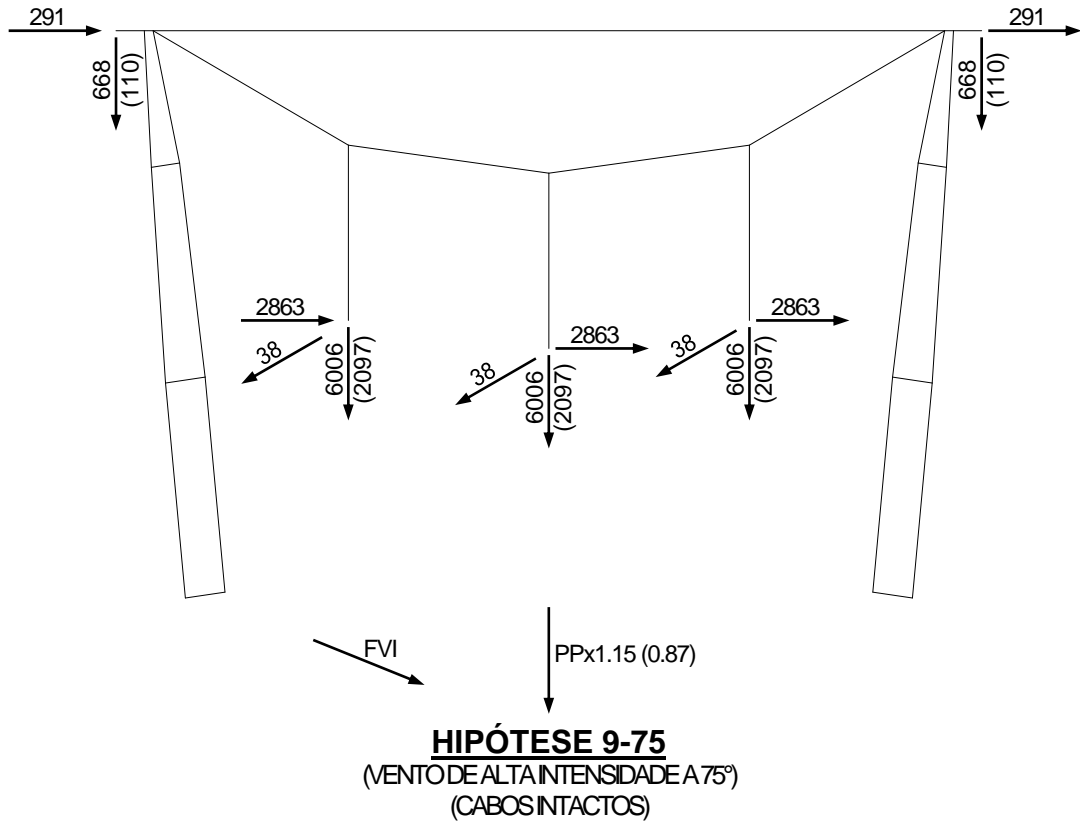


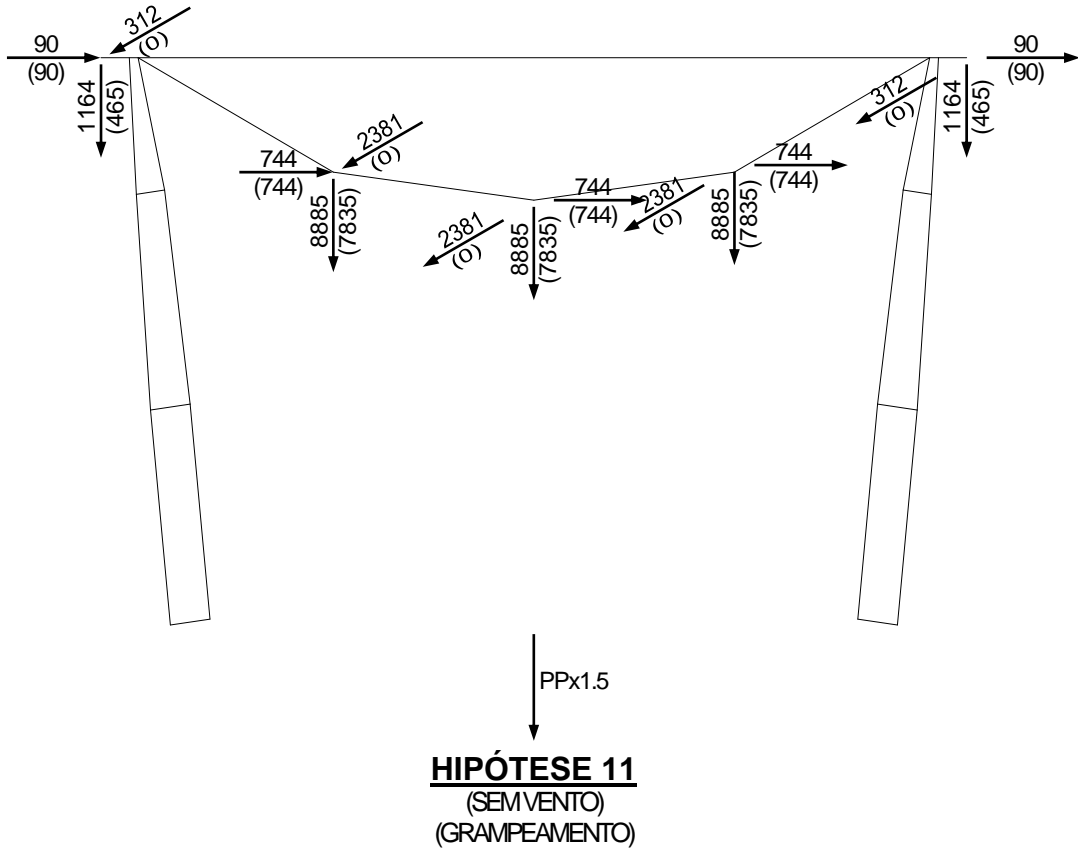
PPx1.15

HIPÓTESE 6
(SEM VENTO)
(CONSTRUÇÃO/MANUTENÇÃO)



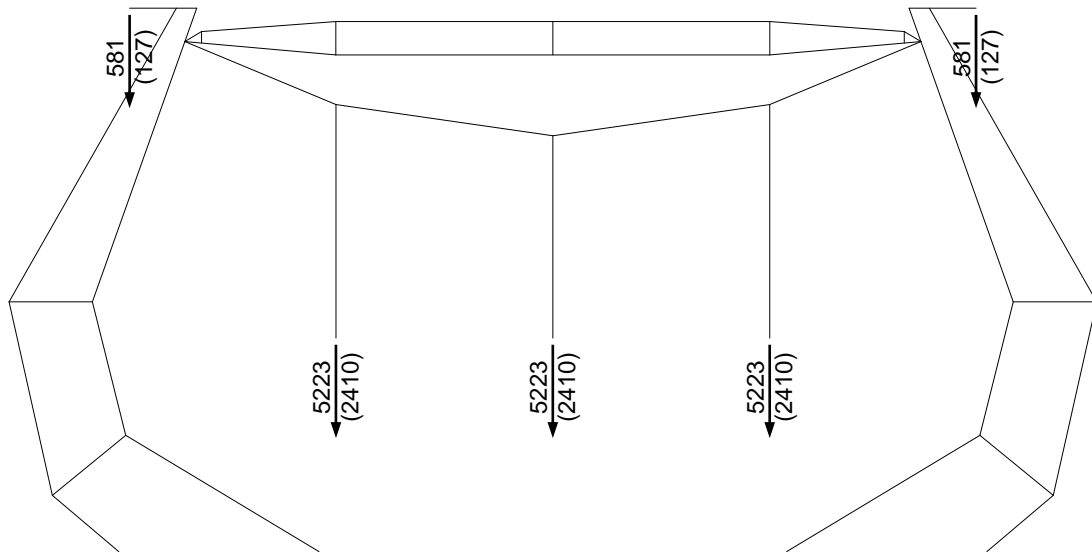






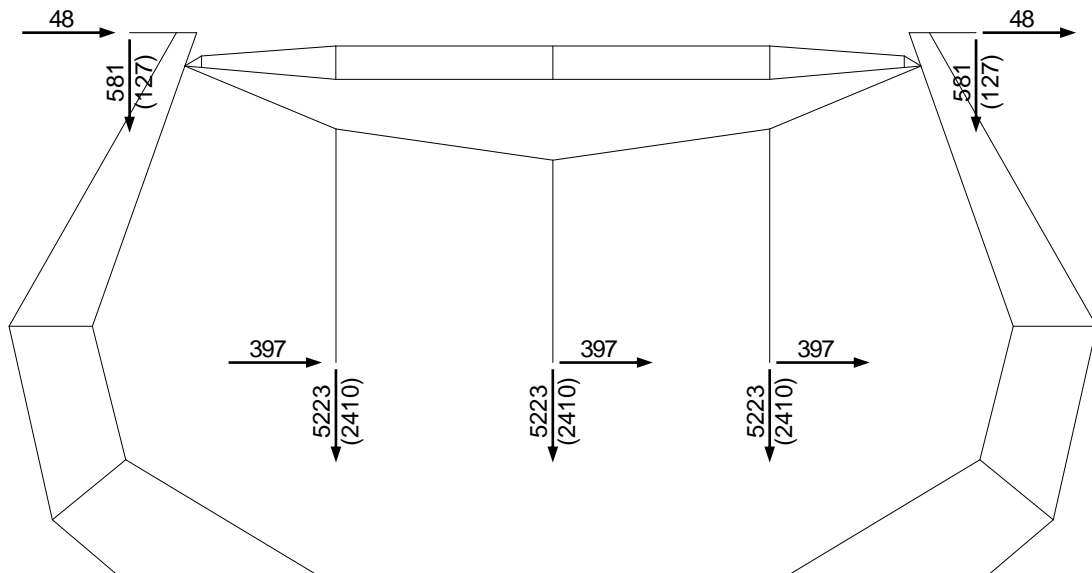
5.6.11.2 ESTRUTURA DE SUSPENSÃO TIPO V1SL

5.6.11.2.1 HIPÓTESES PARA VERIFICAÇÕES ELÉTRICAS E DE GEOMETRIA



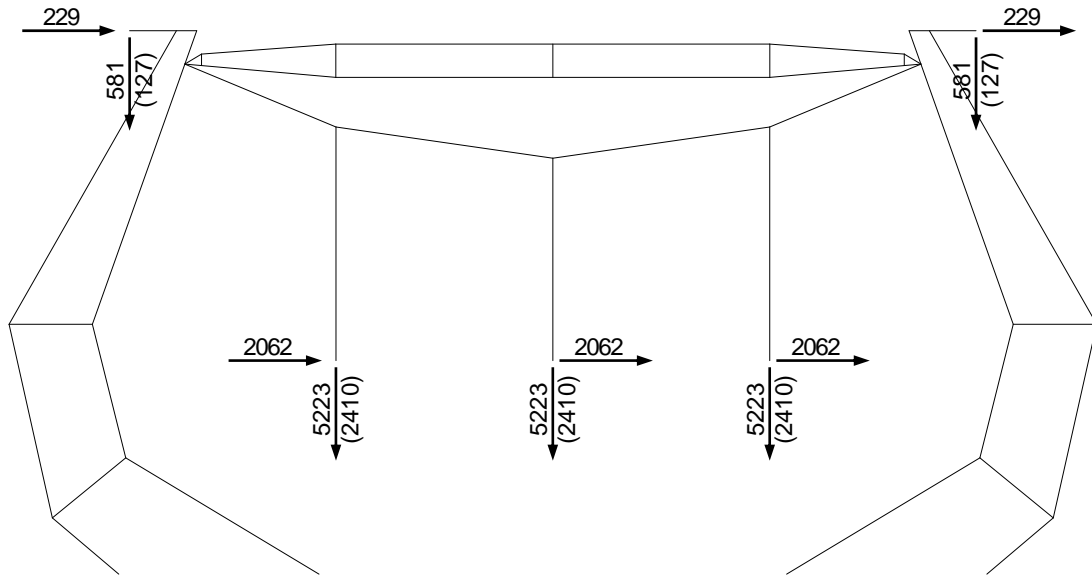
PPx1.0

HIPÓTESE G1
(SEM VENTO)
(EDS ALINHAMENTO)



PPx1.0

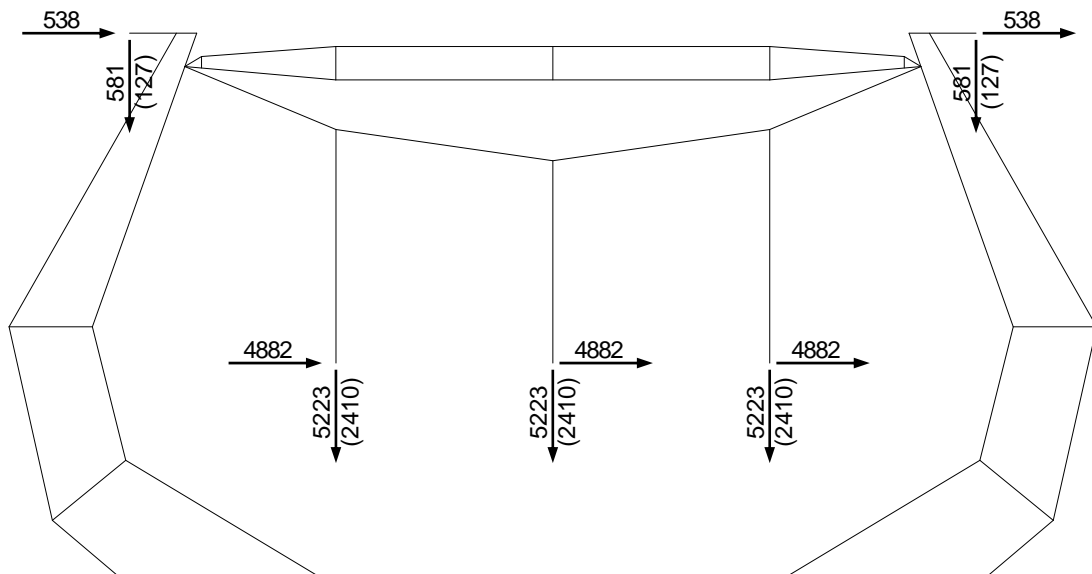
HIPÓTESE G2
(SEM VENTO)
(EDS ÂNGULO MÁXIMO)



0.300xFVM

PPx1.0

HIPÓTESE G3
(VENTO TRANSVERSAL T=2anos)
(CABOS INTACTOS)

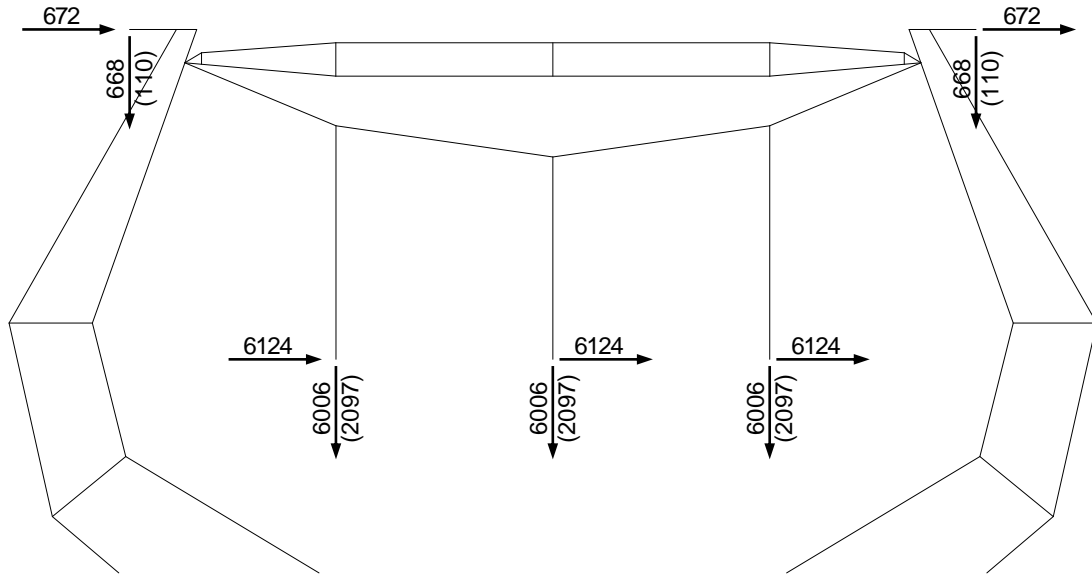


0.790xFVM

PPx1.0

HIPÓTESE G4
(VENTO TRANSVERSAL T=50anos)
(CABOS INTACTOS)

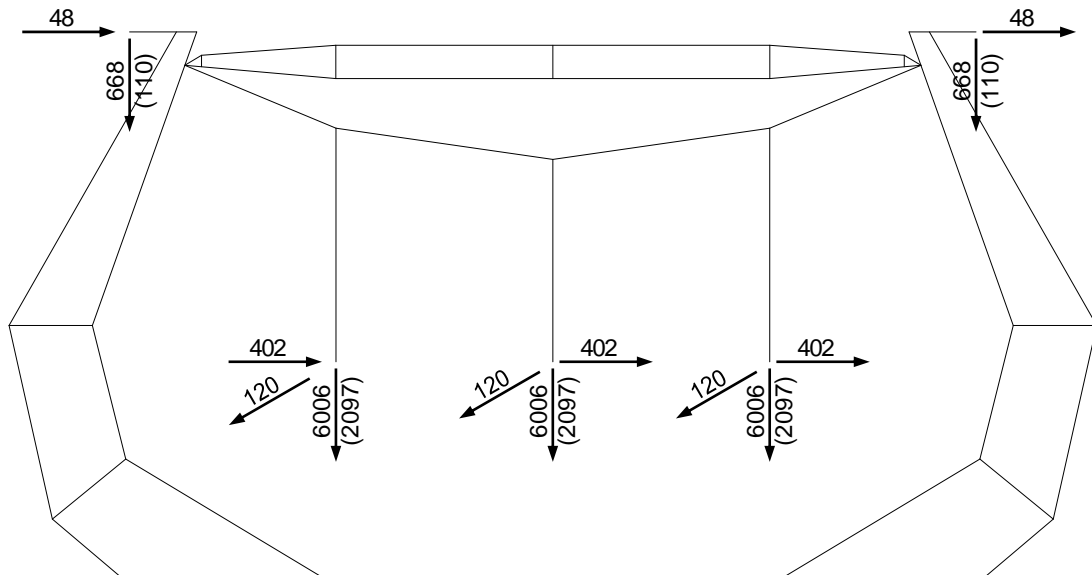
5.6.11.2.2 HIPÓTESES PARA DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL



FVM

PPx1.15 (0.87)

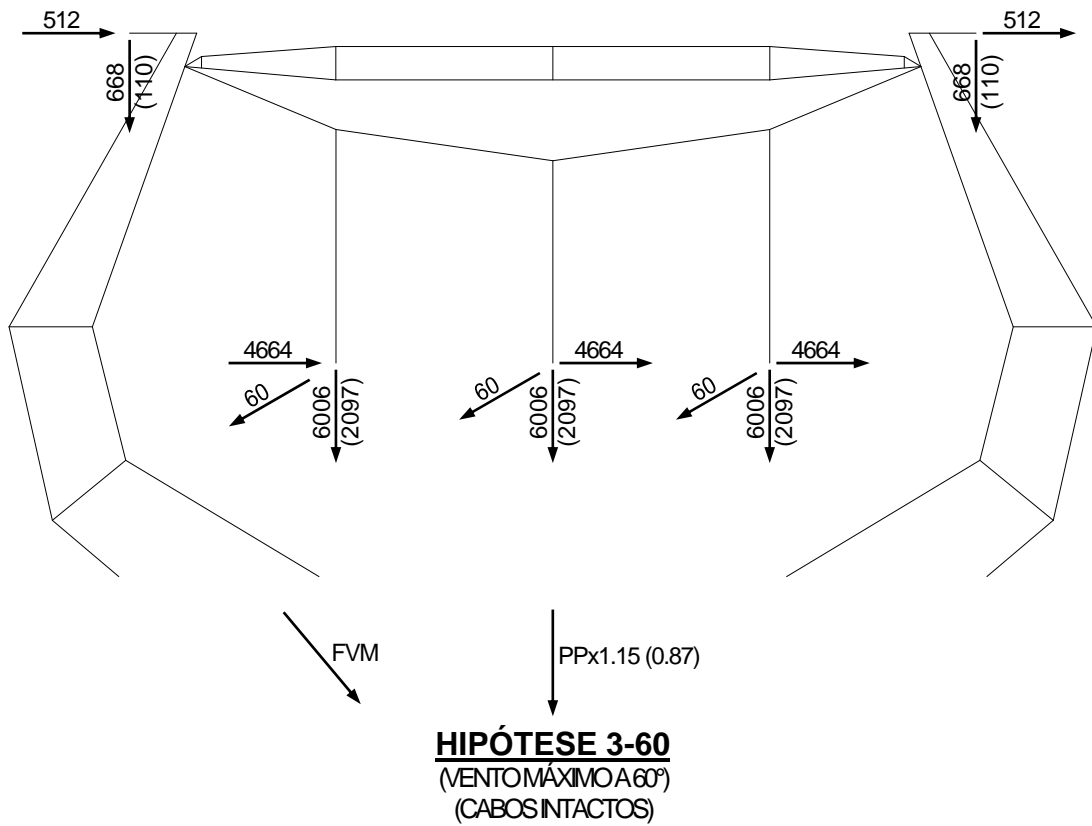
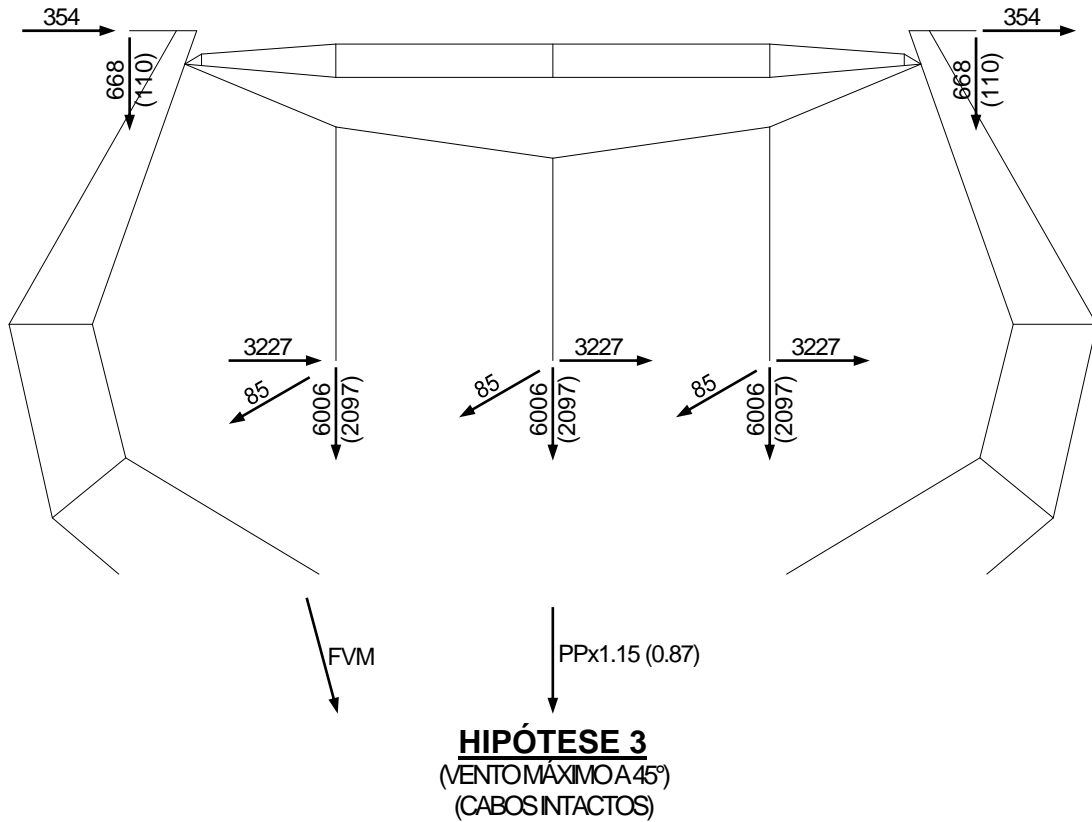
HIPÓTESE 1
(VENTO MÁXIMO TRANSVERSAL)
(CABOS INTACTOS)

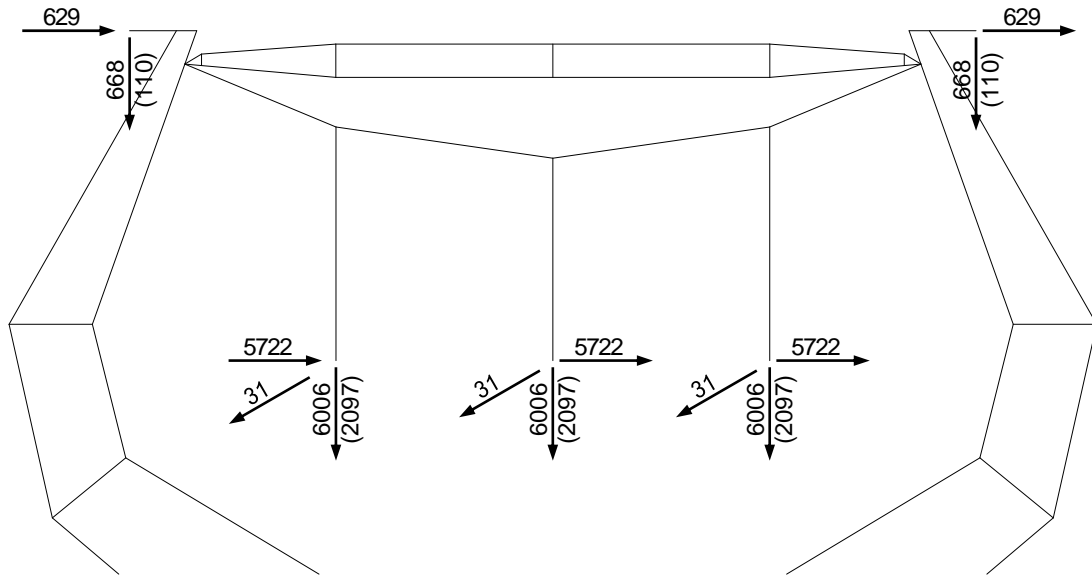


FVM

PPx1.15 (0.87)

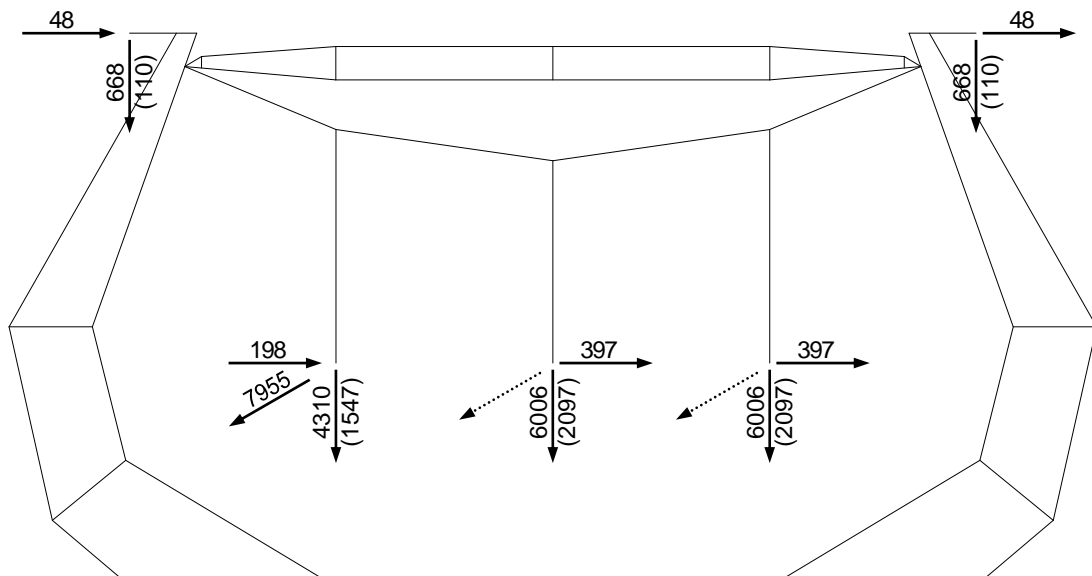
HIPÓTESE 2
(VENTO MÁXIMO LONGITUDINAL)
(CABOS INTACTOS)





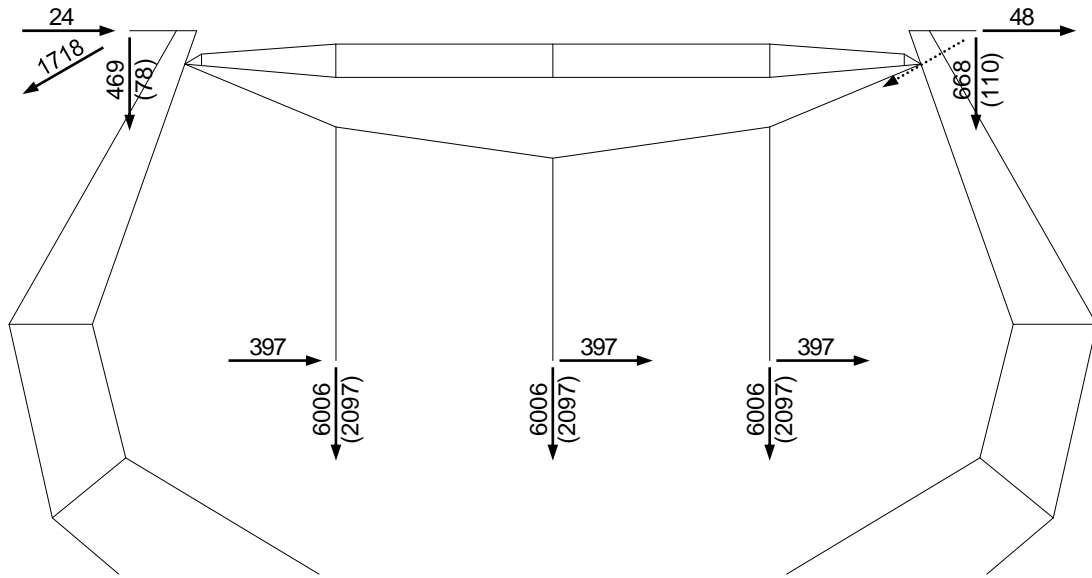
FVM
PPx1.15 (0.87)

HIPÓTESE 3-75
(VENTO MÁXIMO A 75°)
(CABOS INTACTOS)



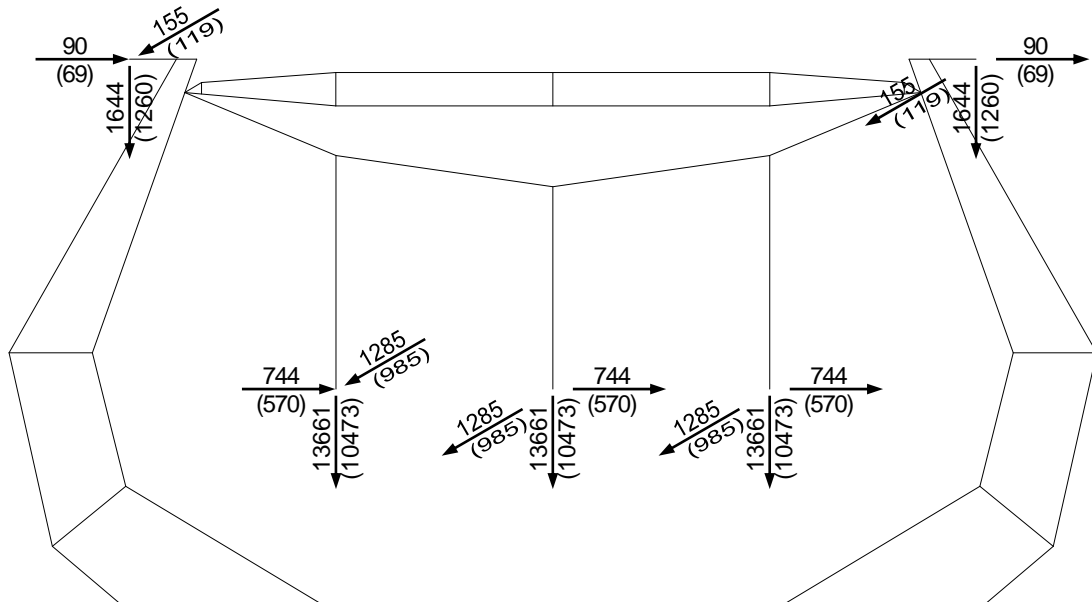
PPx1.15 (0.87)

HIPÓTESE 4
(SEM VENTO)
(RUPTURA DE UMA FASE)



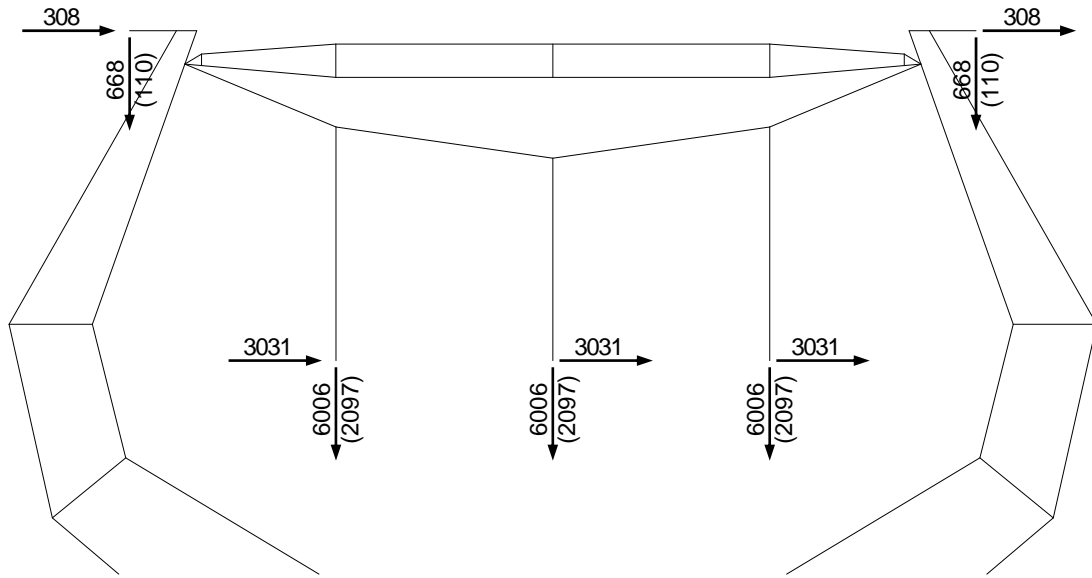
PPx1.15 (0.87)

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



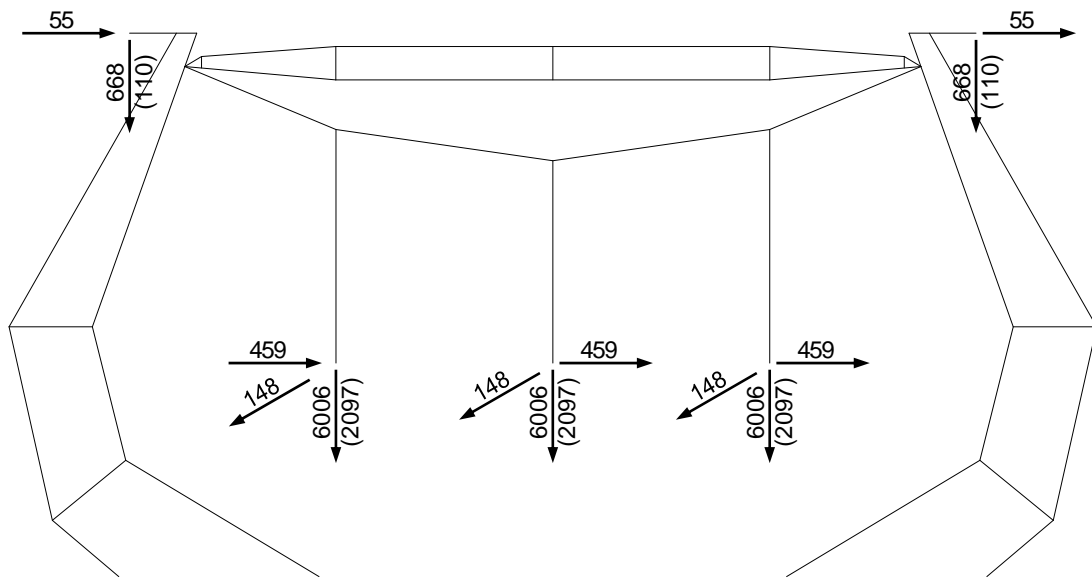
PPx1.15

HIPÓTESE 6
(SEM VENTO)
(CONSTRUÇÃO/MANUTENÇÃO)



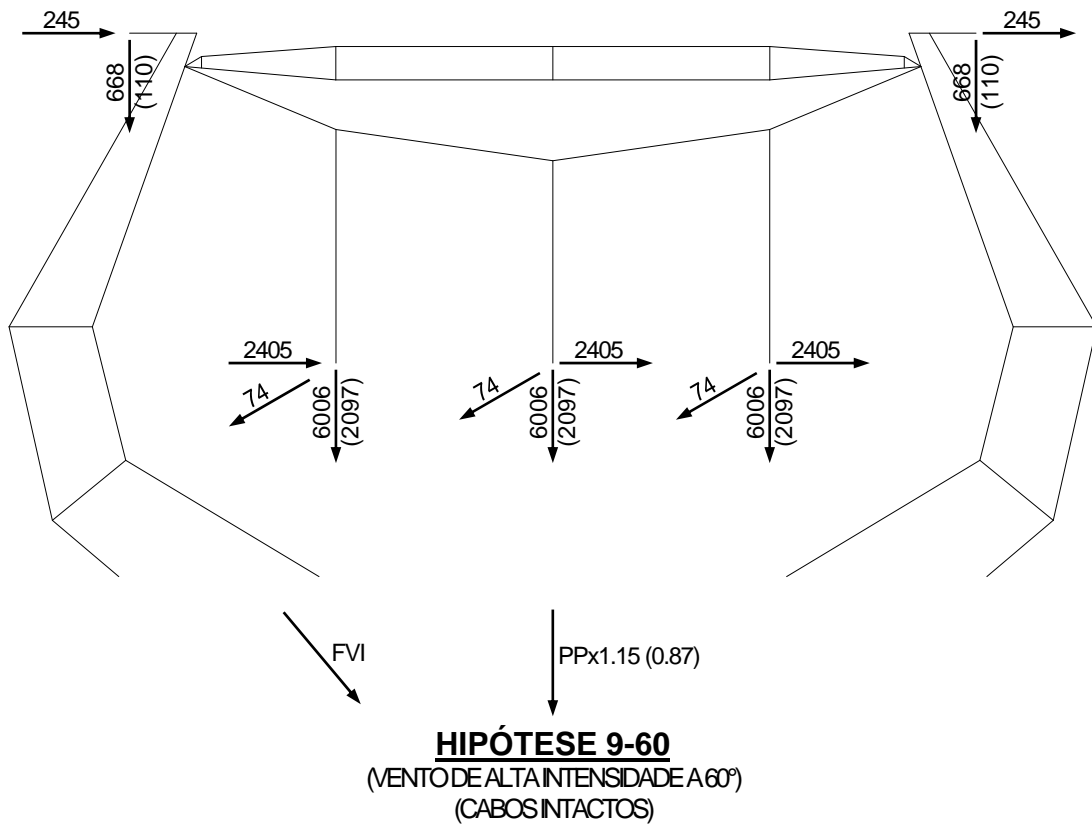
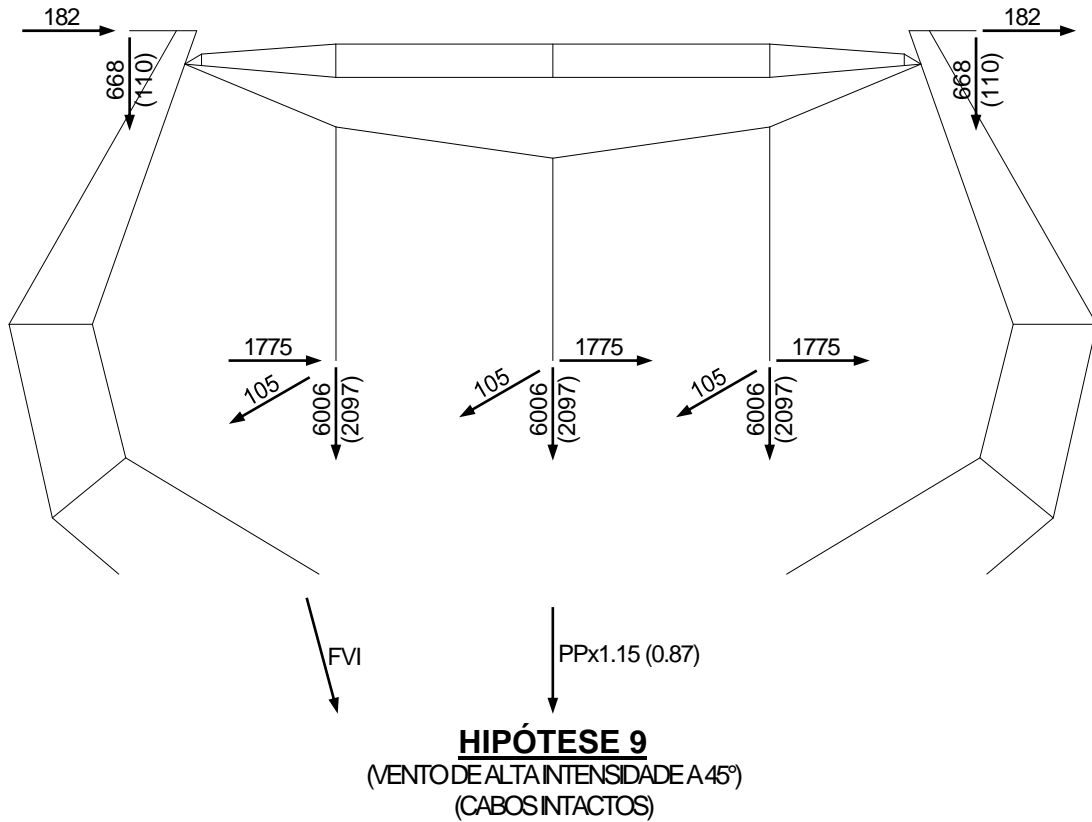
FVI → PPx1.15 (0.87)

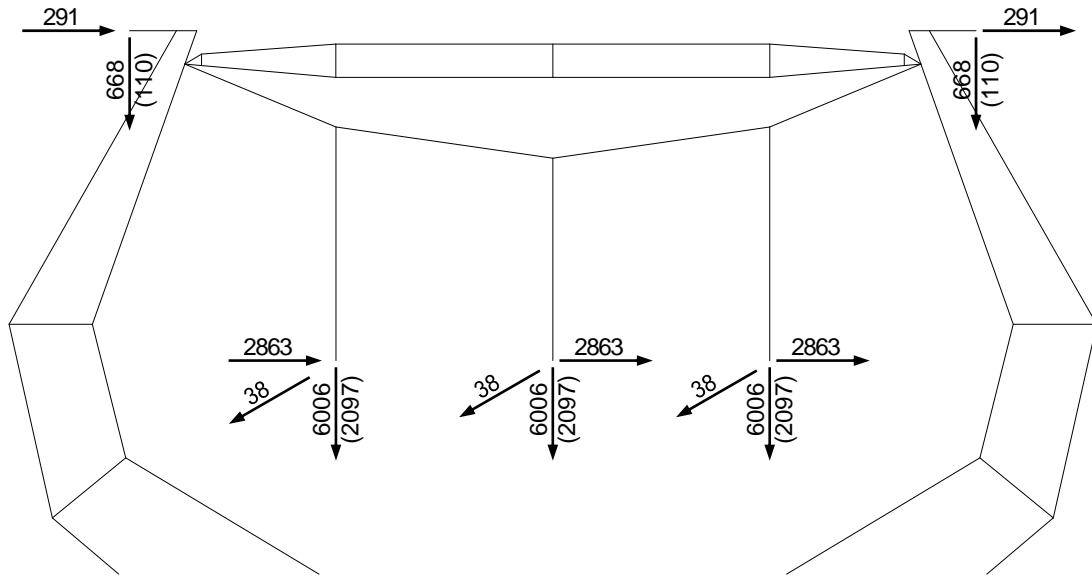
HIPÓTESE 7
(VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL)
(CABOS INTACTOS)



FVI ↙ PPx1.15 (0.87)

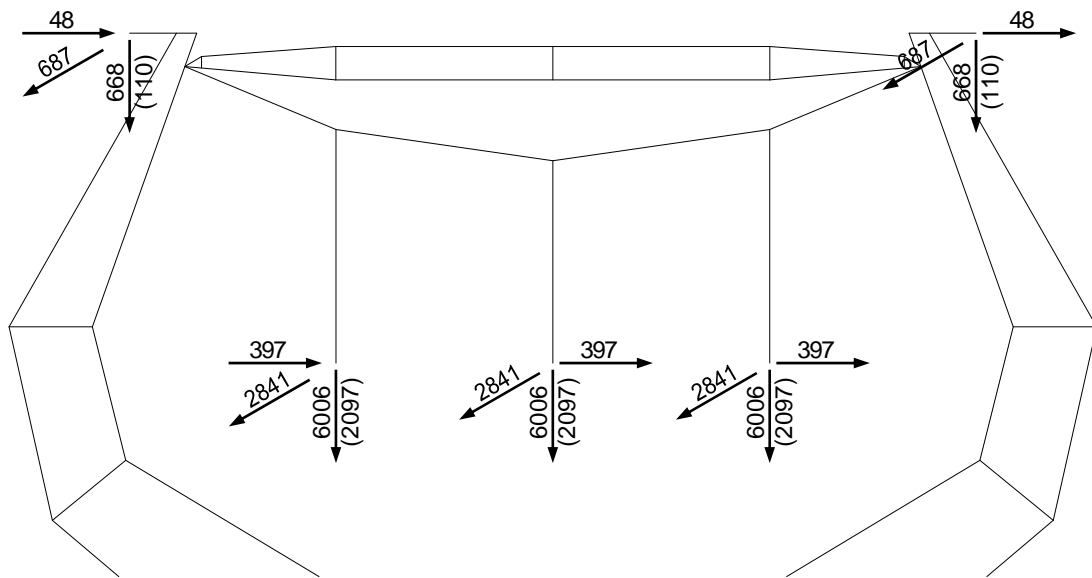
HIPÓTESE 8
(VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL)
(CABOS INTACTOS)





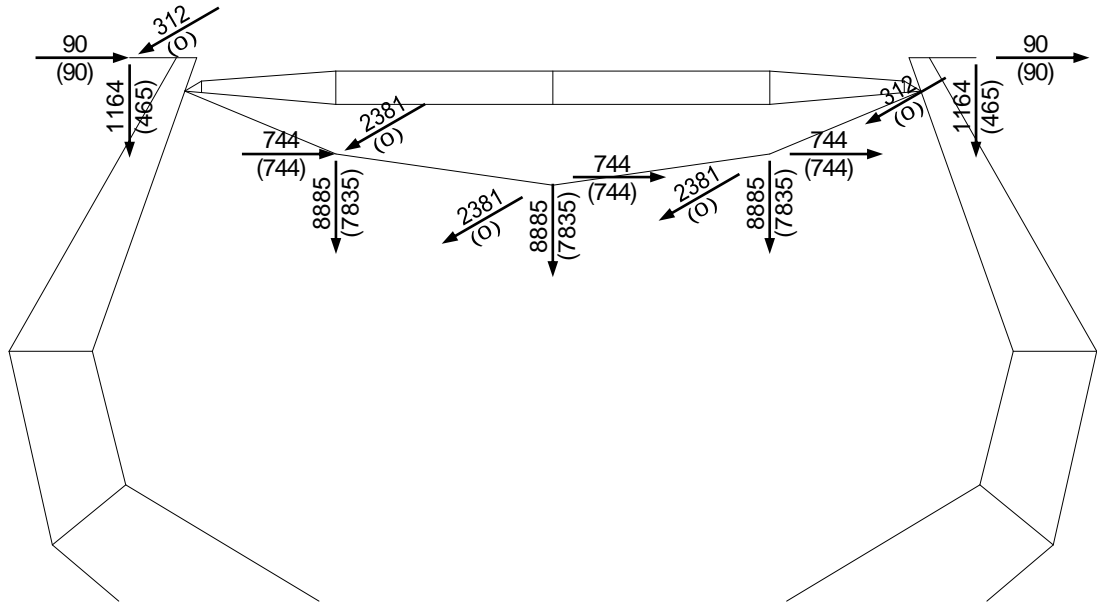
FVI
PPx1.15 (0.87)

HIPÓTESE 9-75
(VENTO DE ALTA INTENSIDADE A 75°)
(CABOS INTACTOS)



PPx1.15 (0.87)

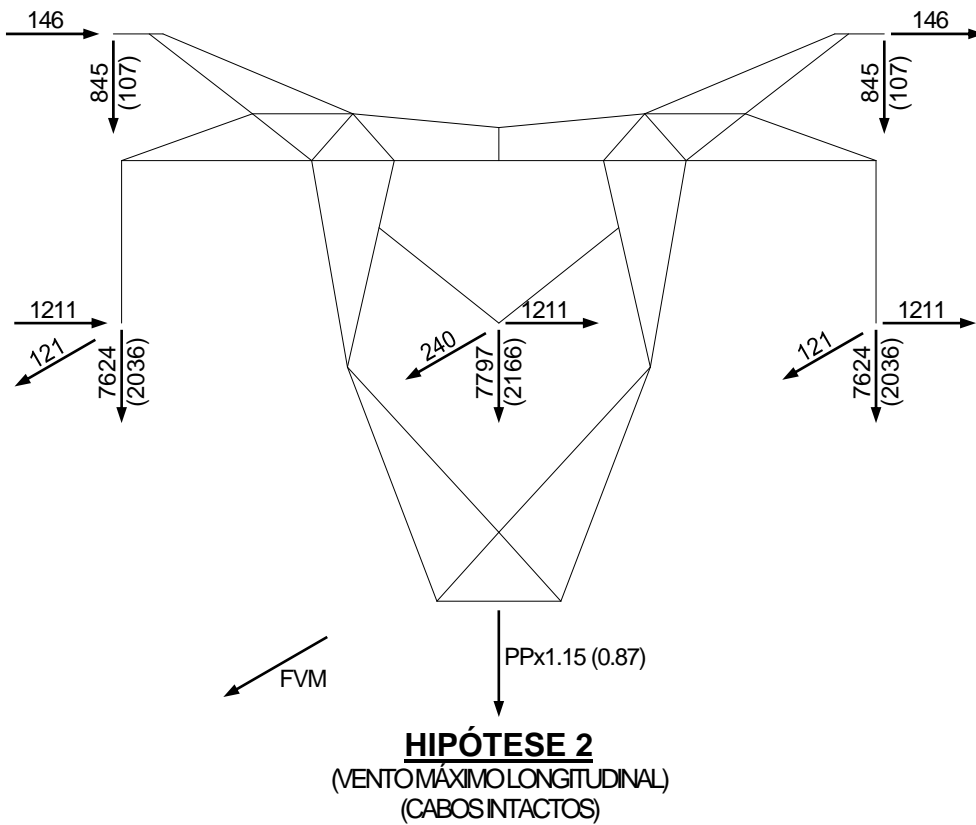
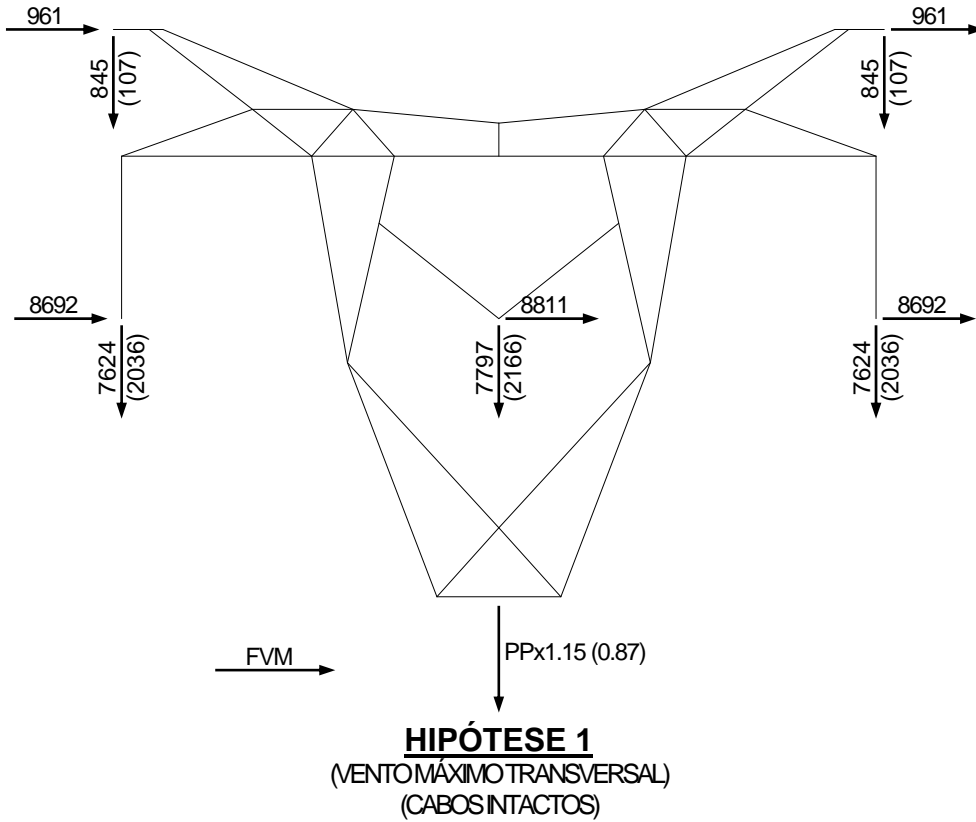
HIPÓTESE 10
(SEM VENTO)
(CONTENÇÃO DE QUEDA EM CASCATA)

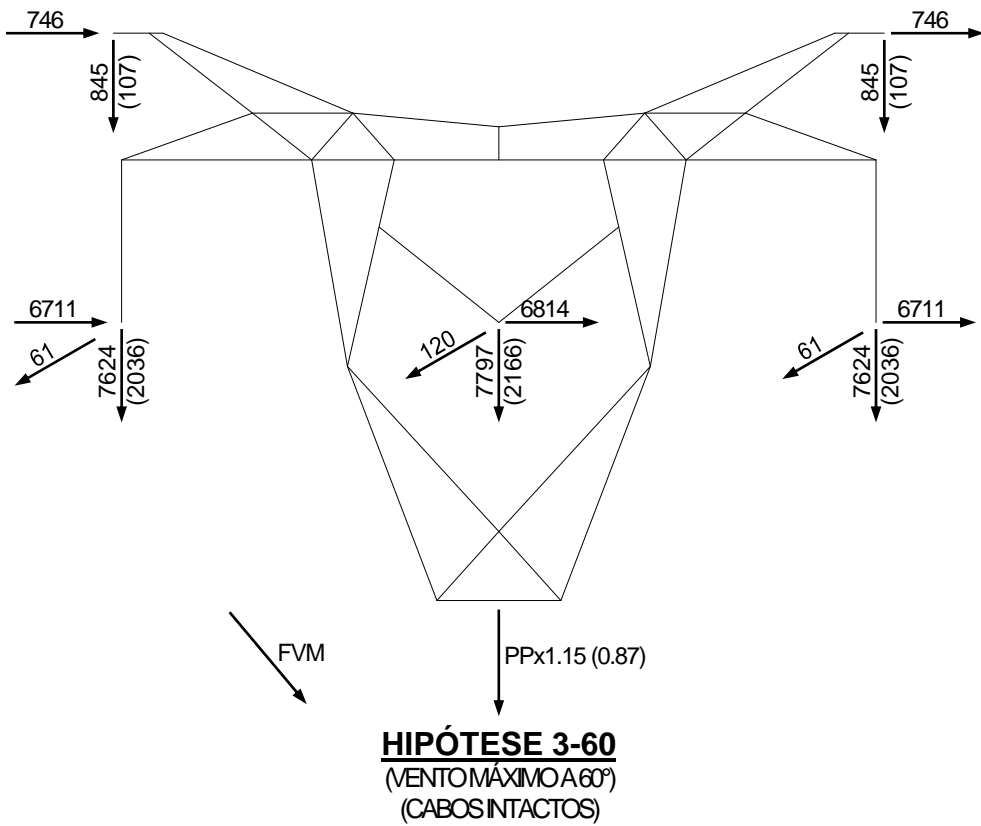
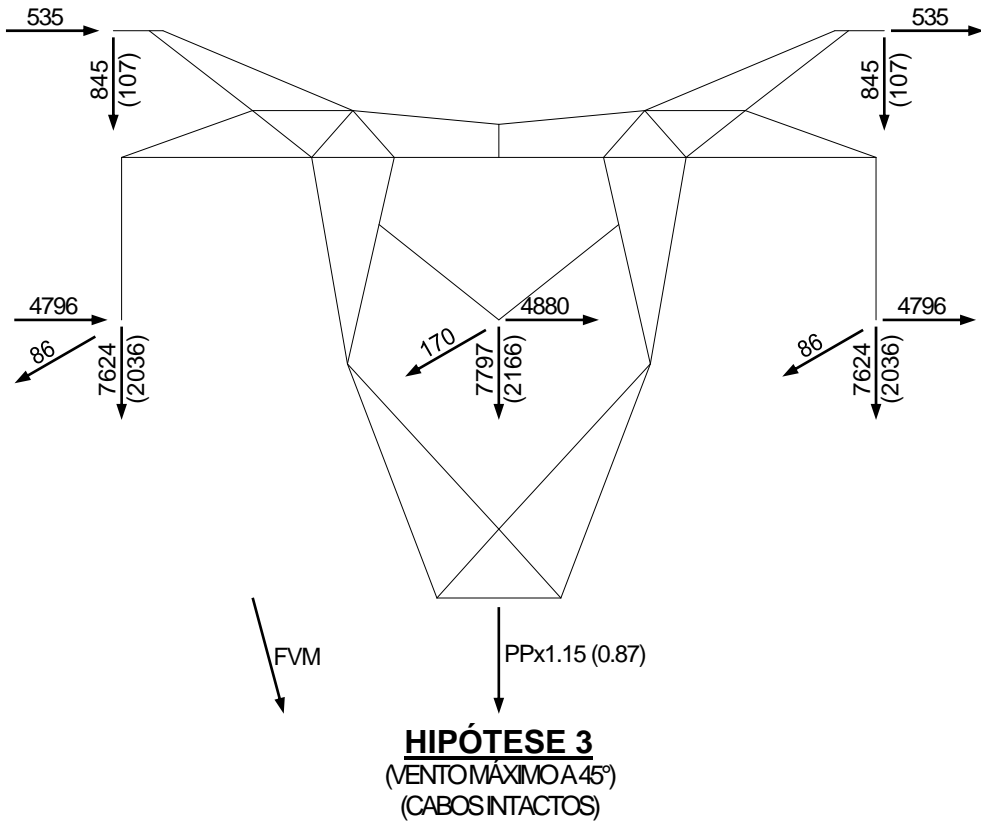


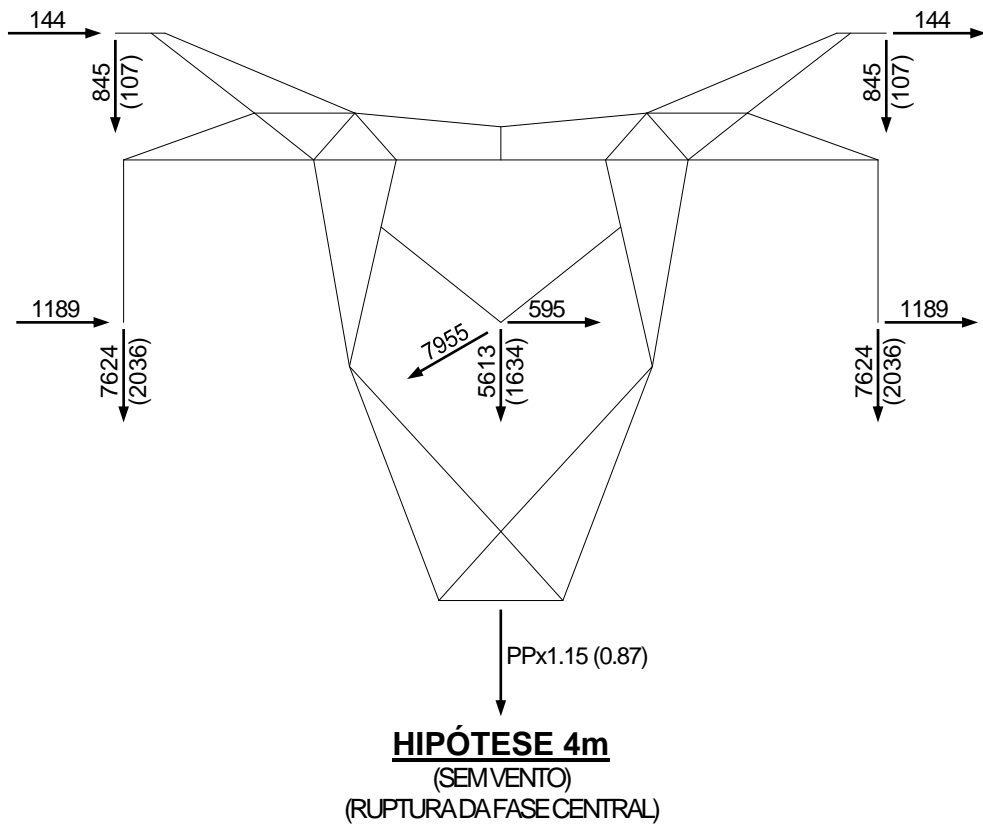
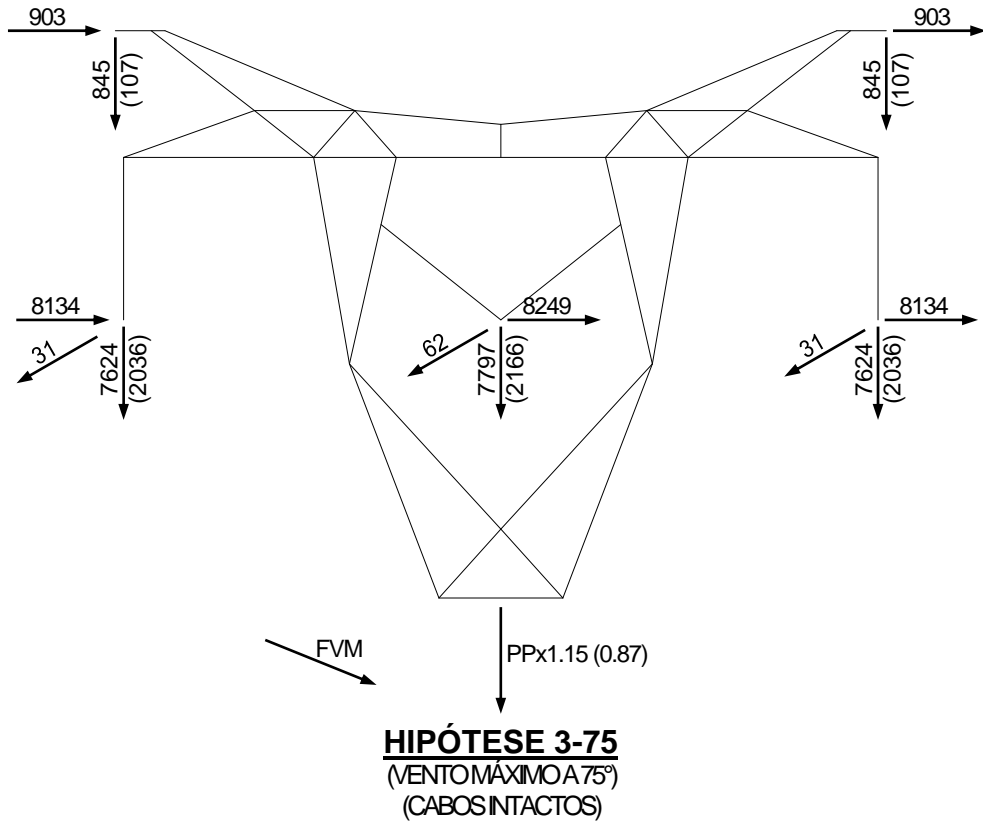
PPx1.5

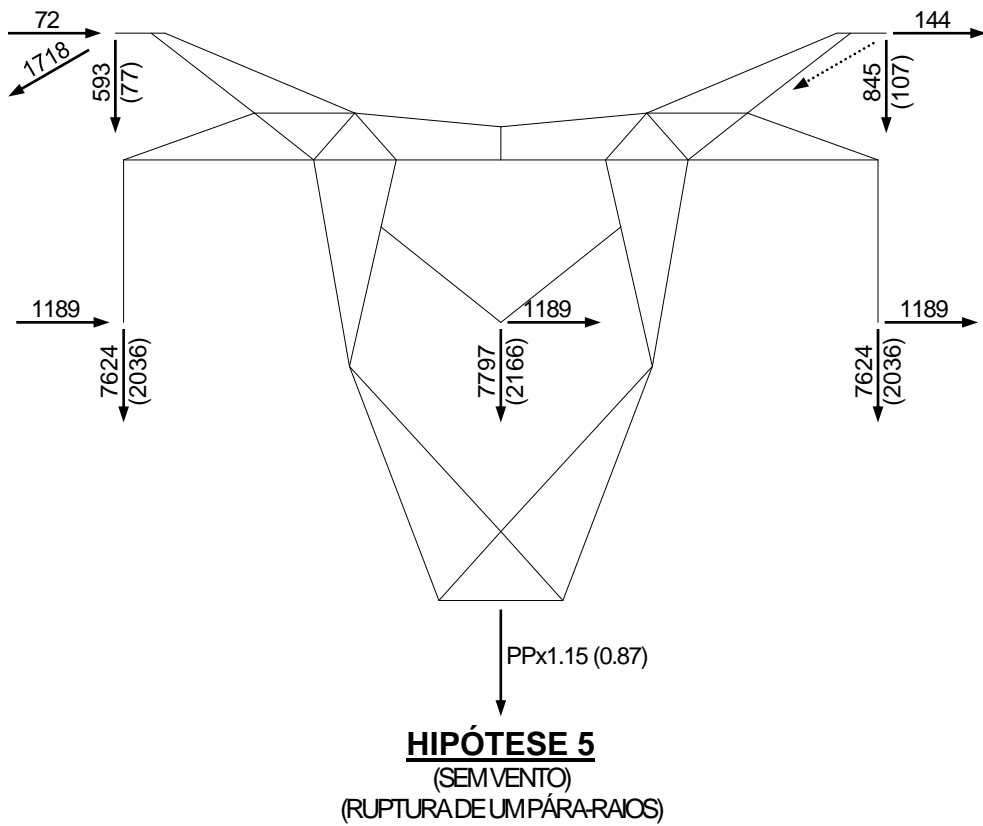
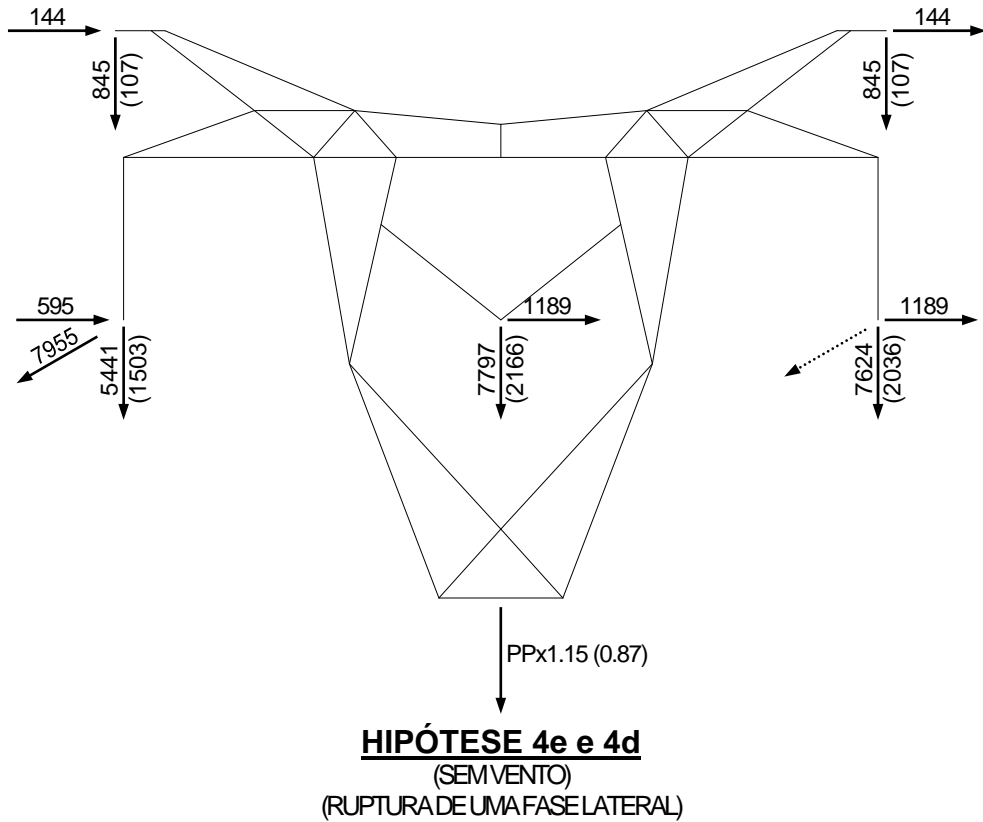
HIPÓTESE 11
(SEM VENTO)
(GRAMPEAMENTO)

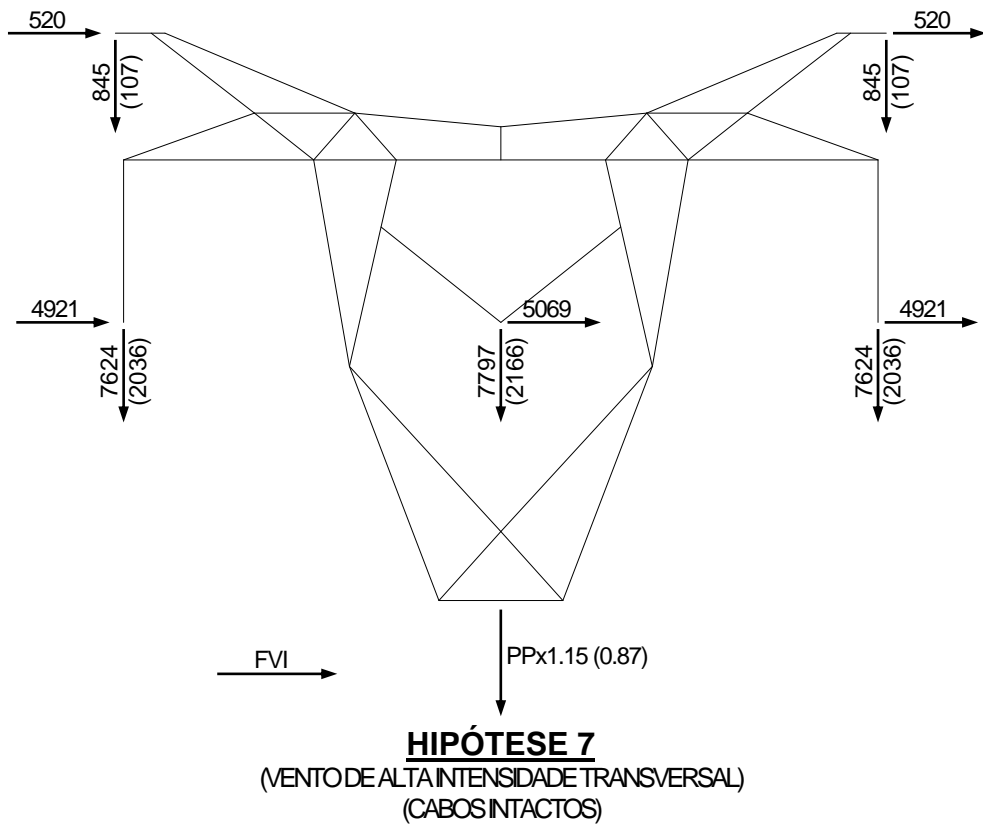
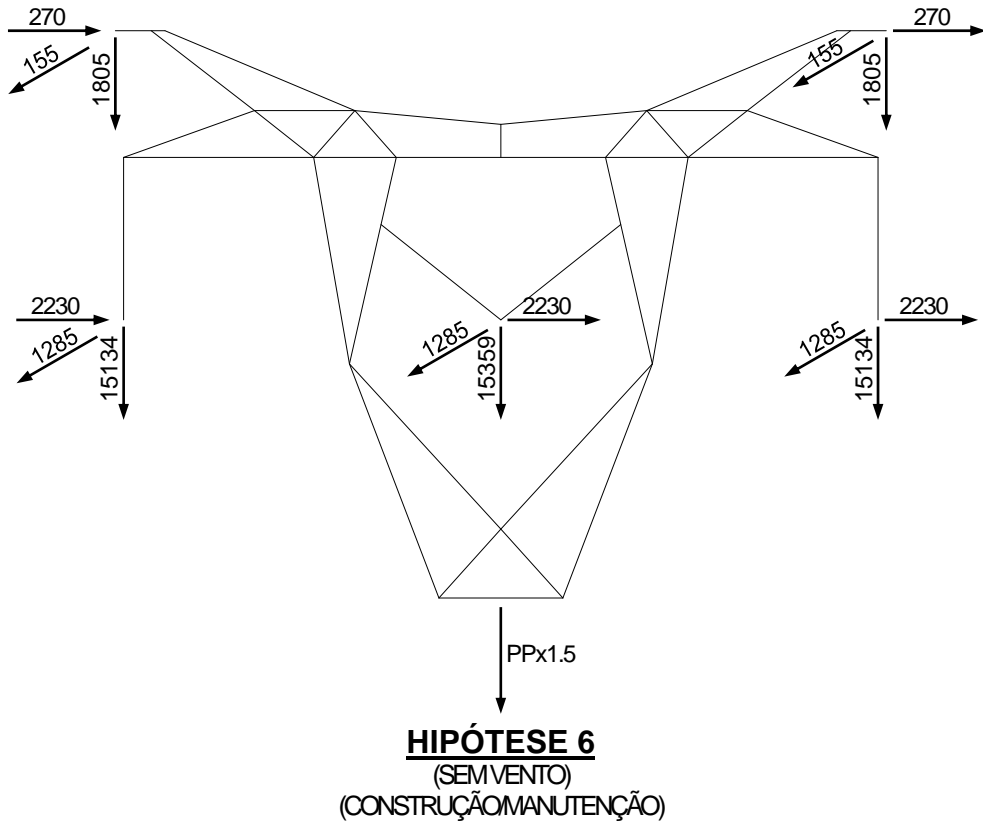
5.6.11.3 ESTRUTURA DE SUSPENSÃO TIPO V1SP

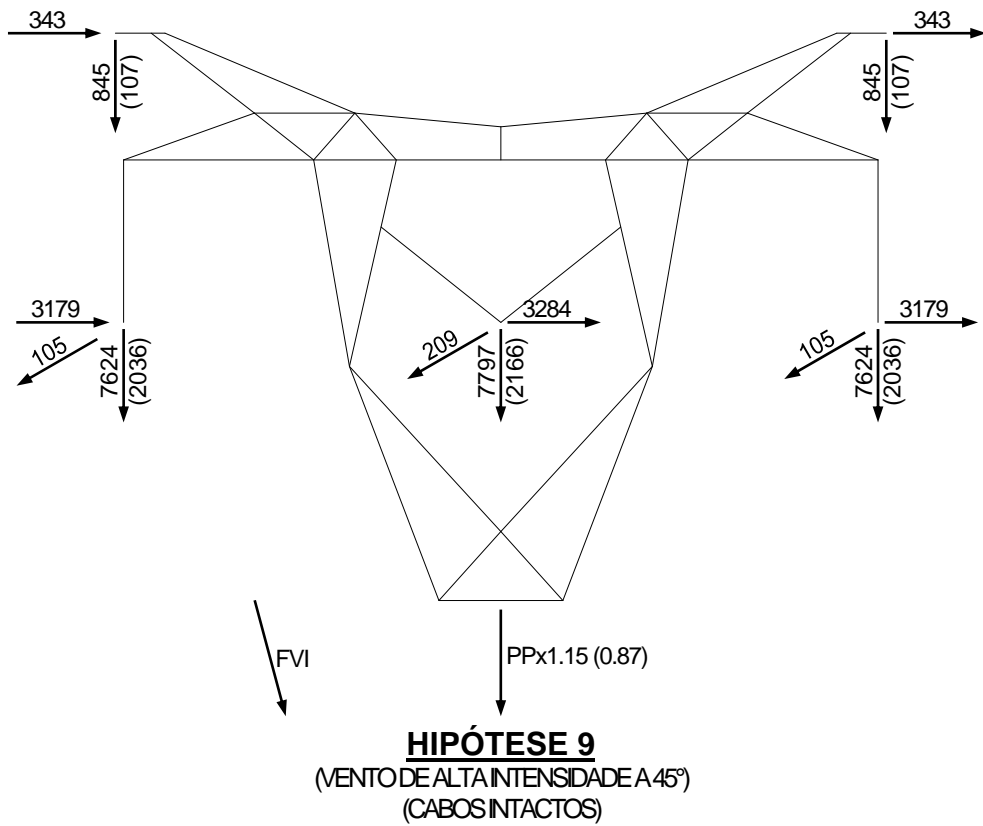
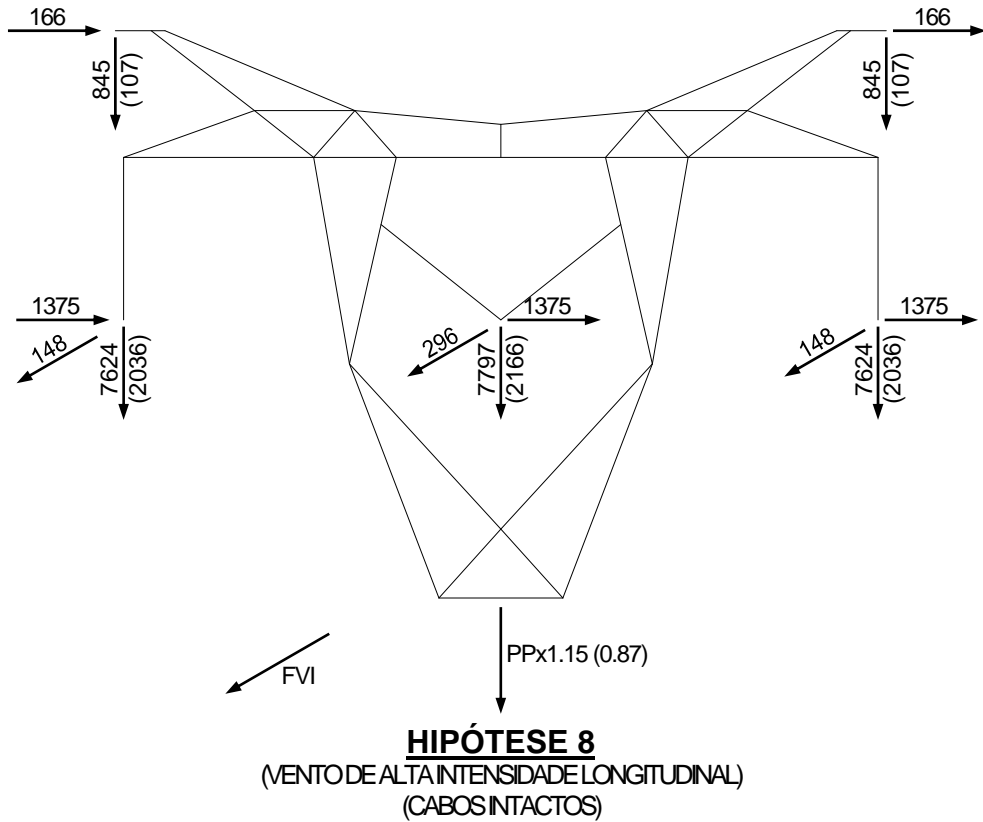


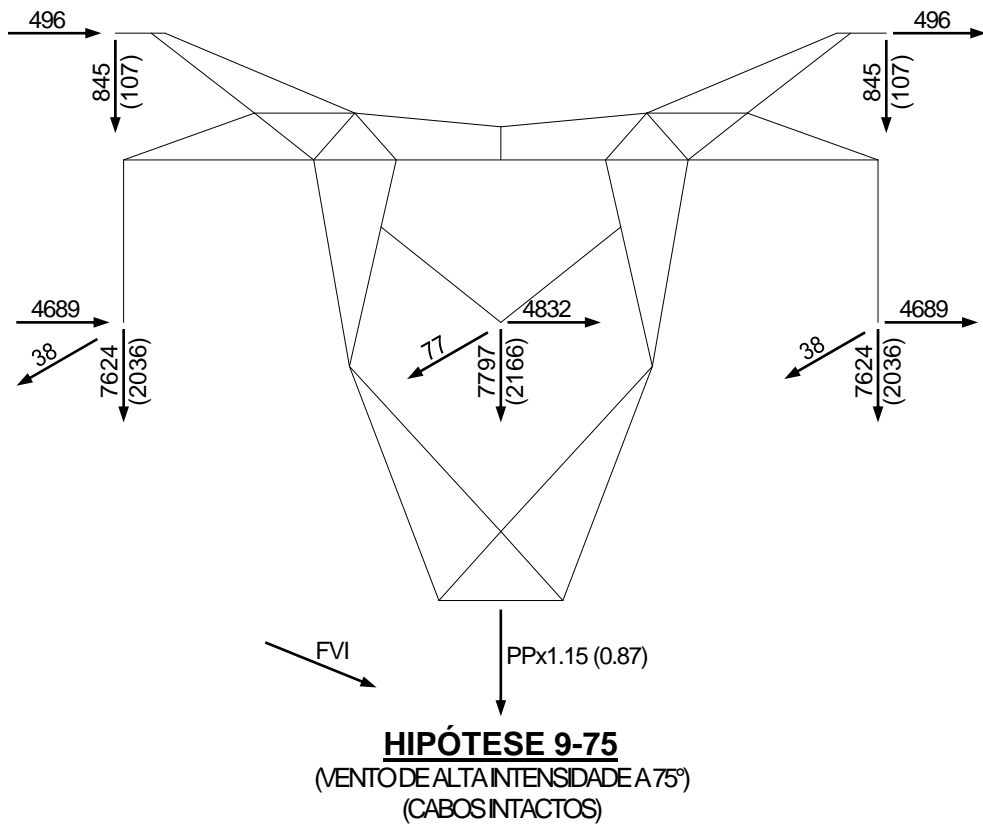
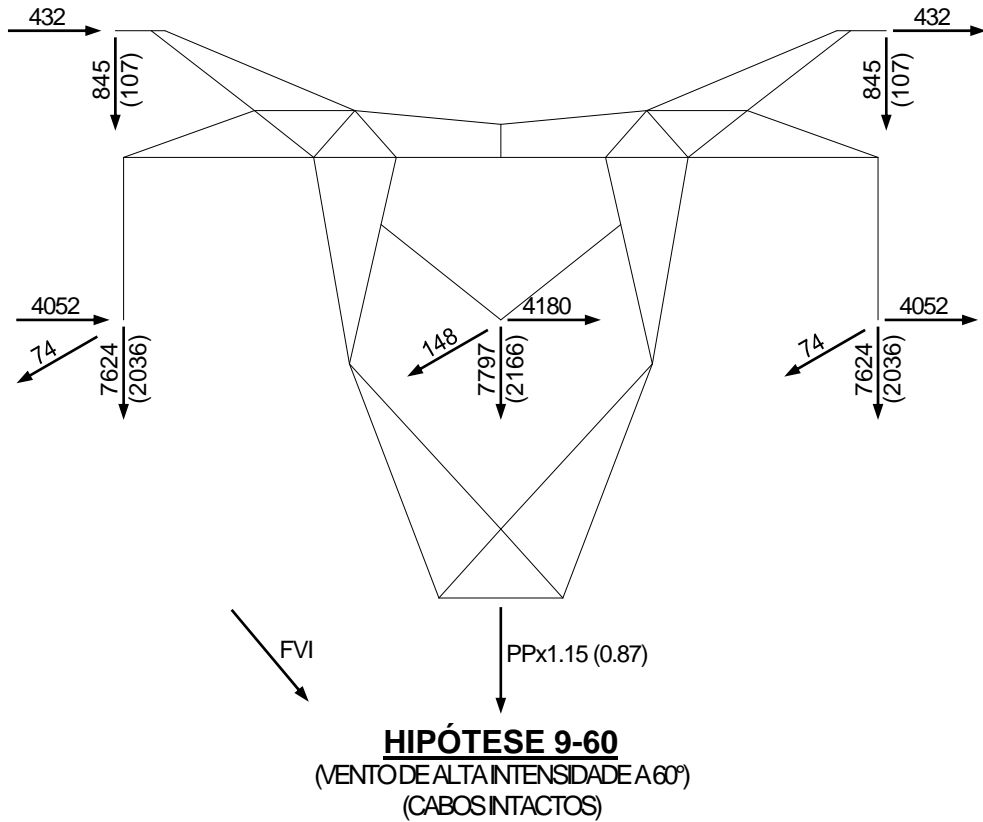


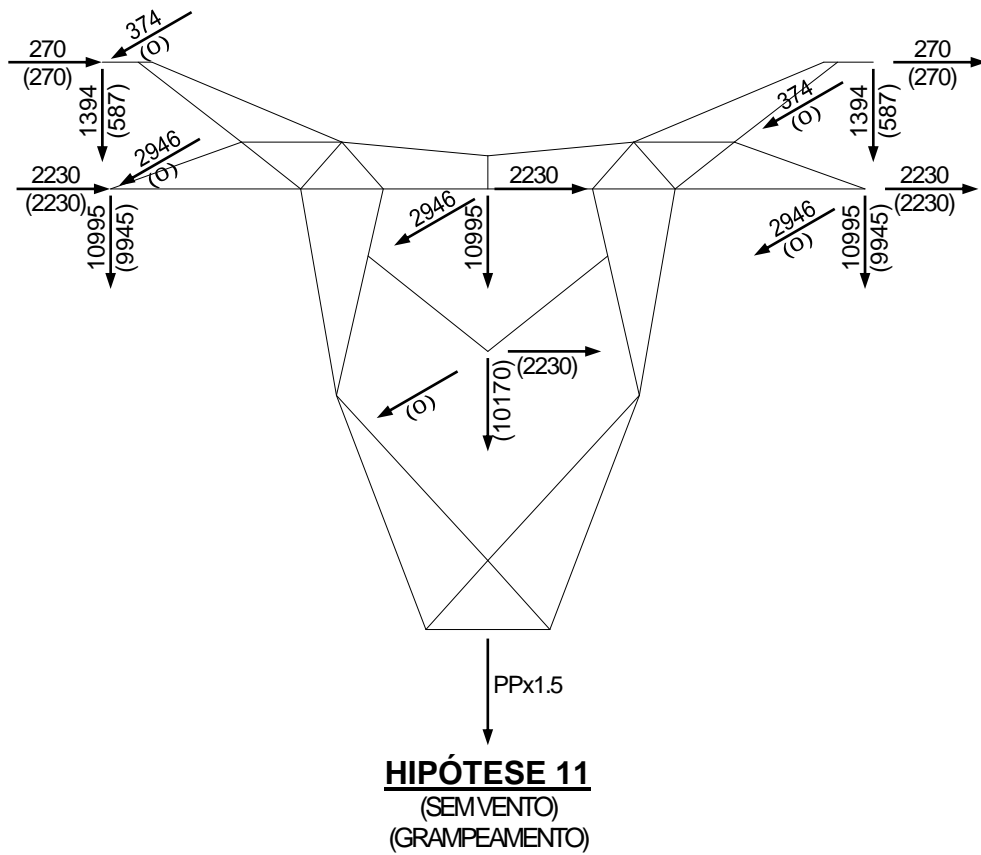
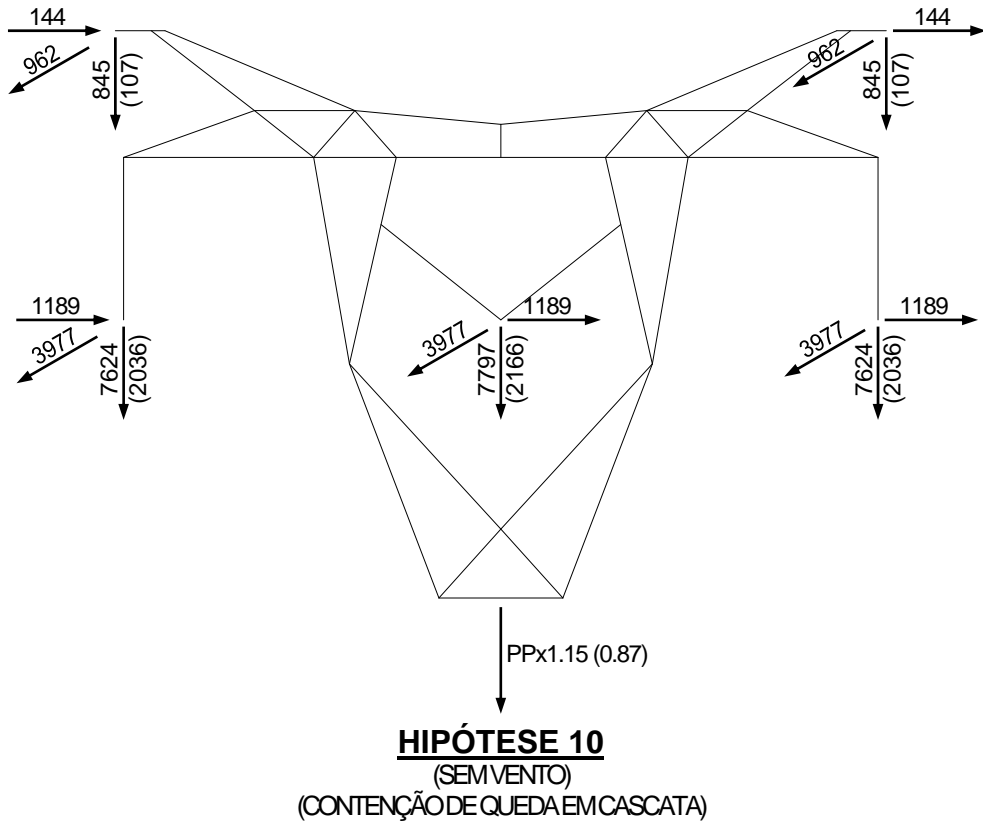




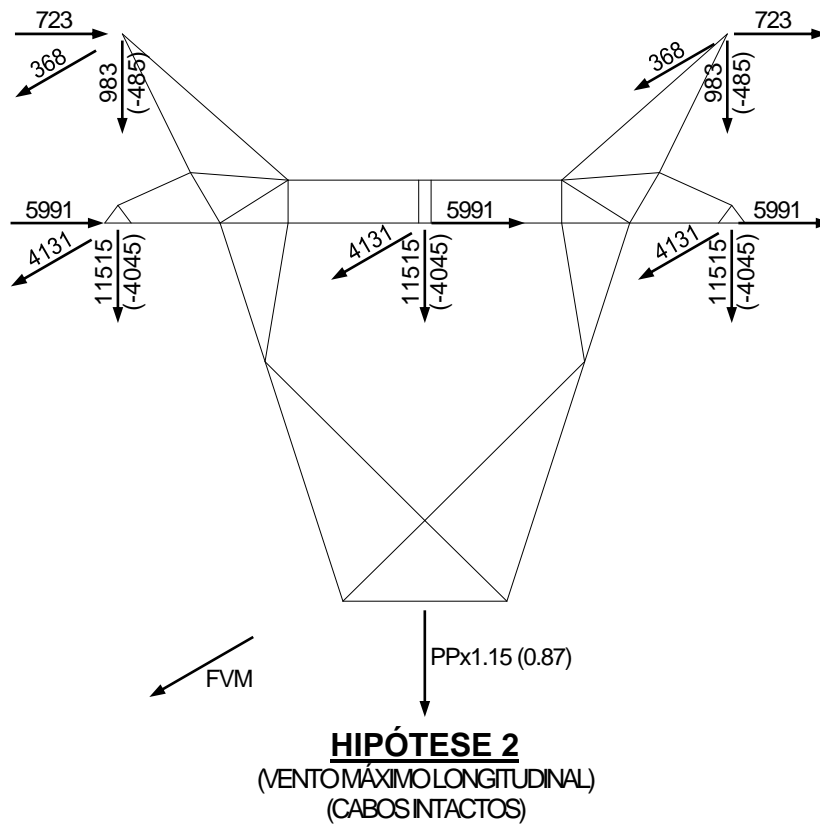
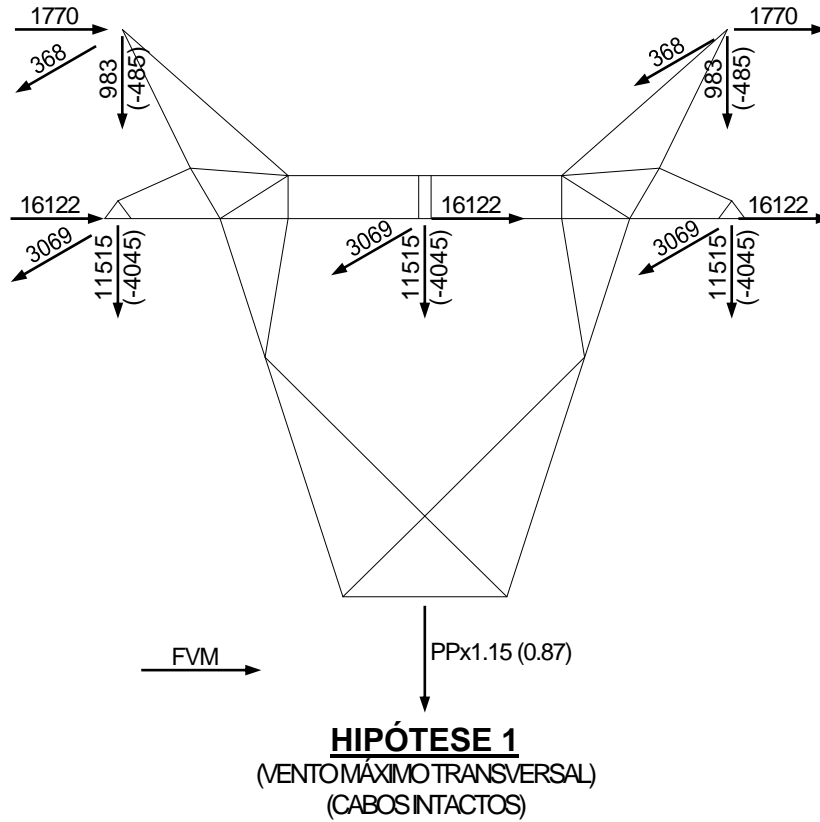


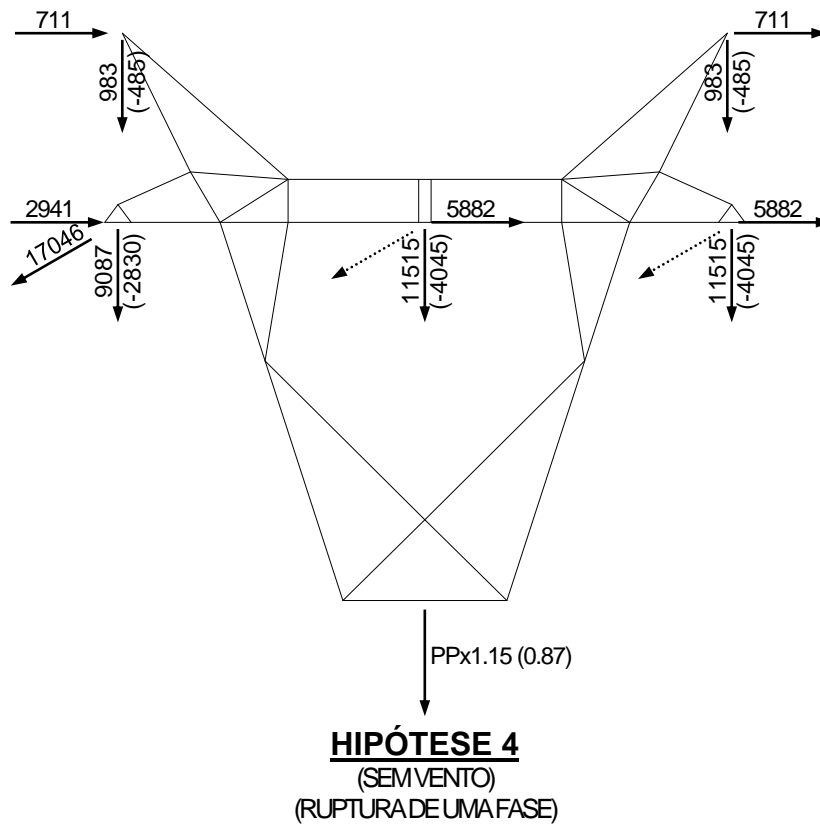
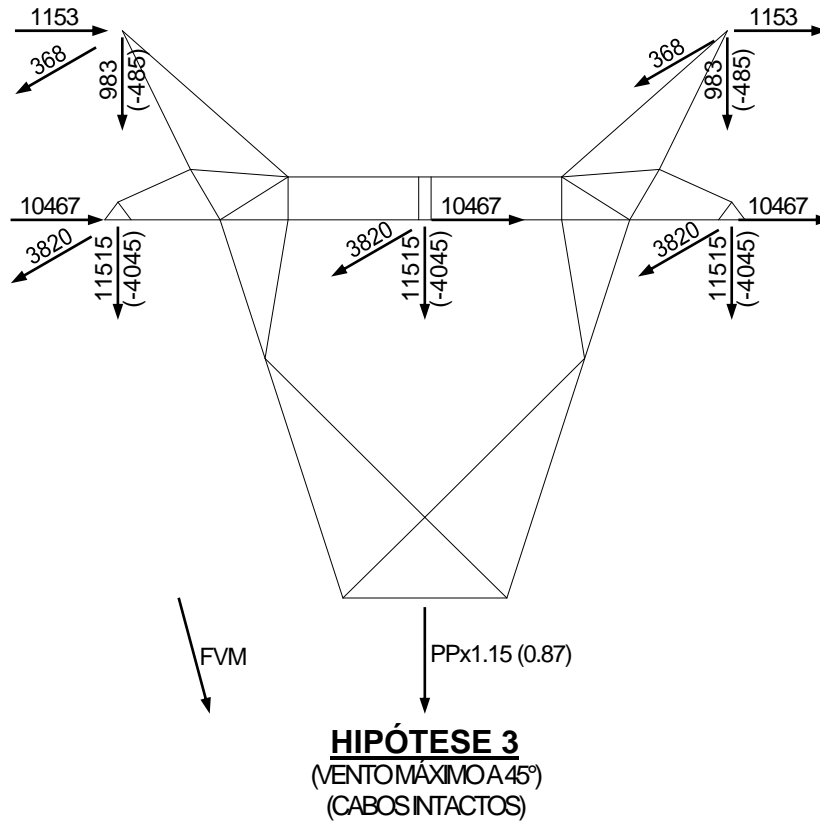


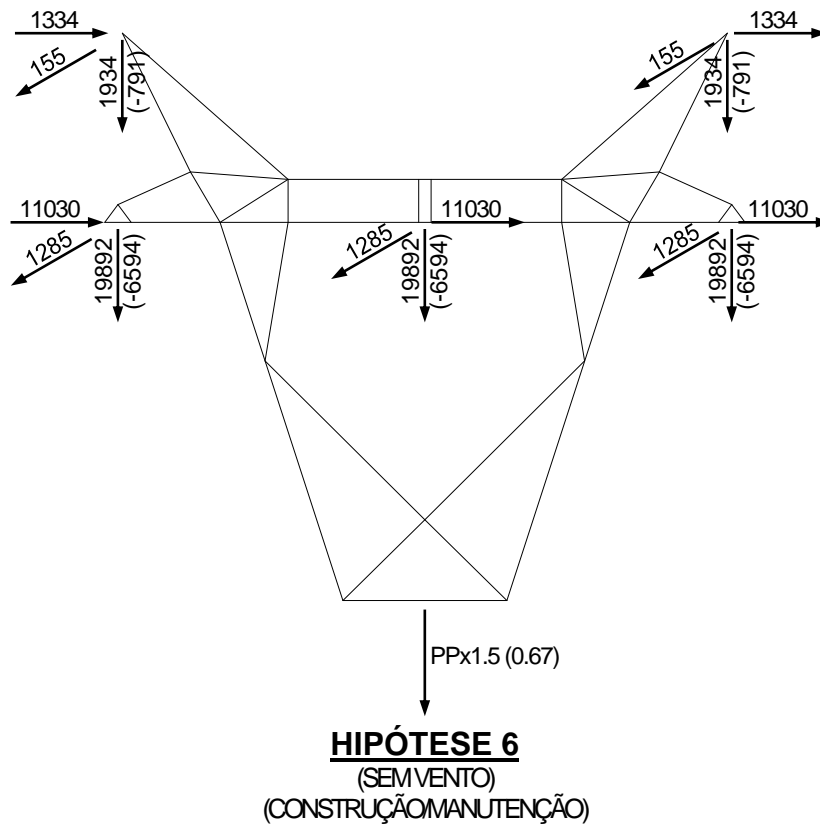
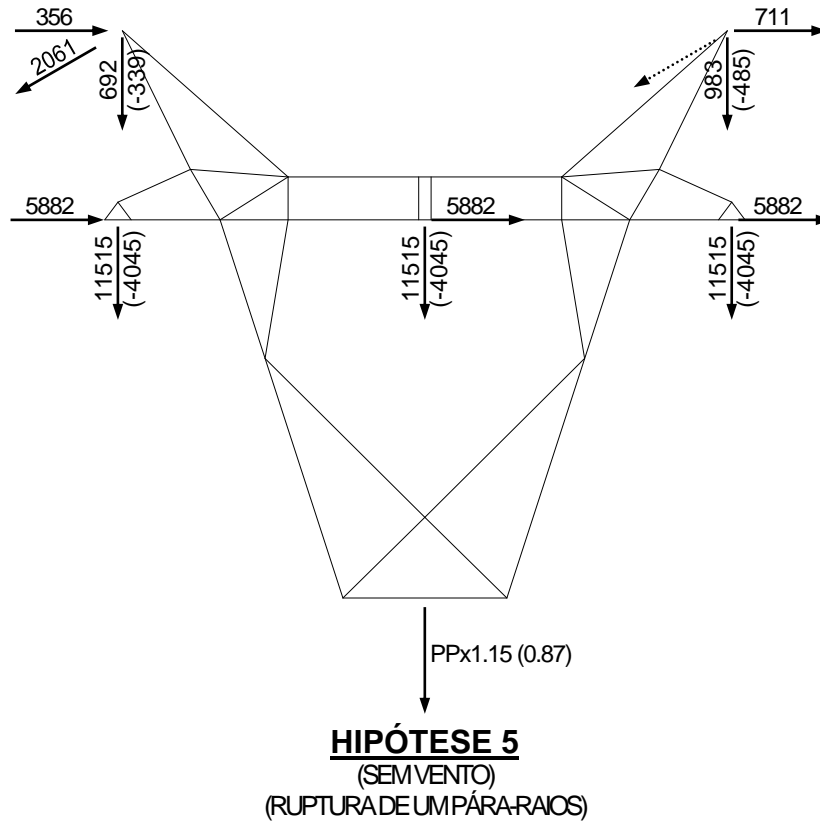


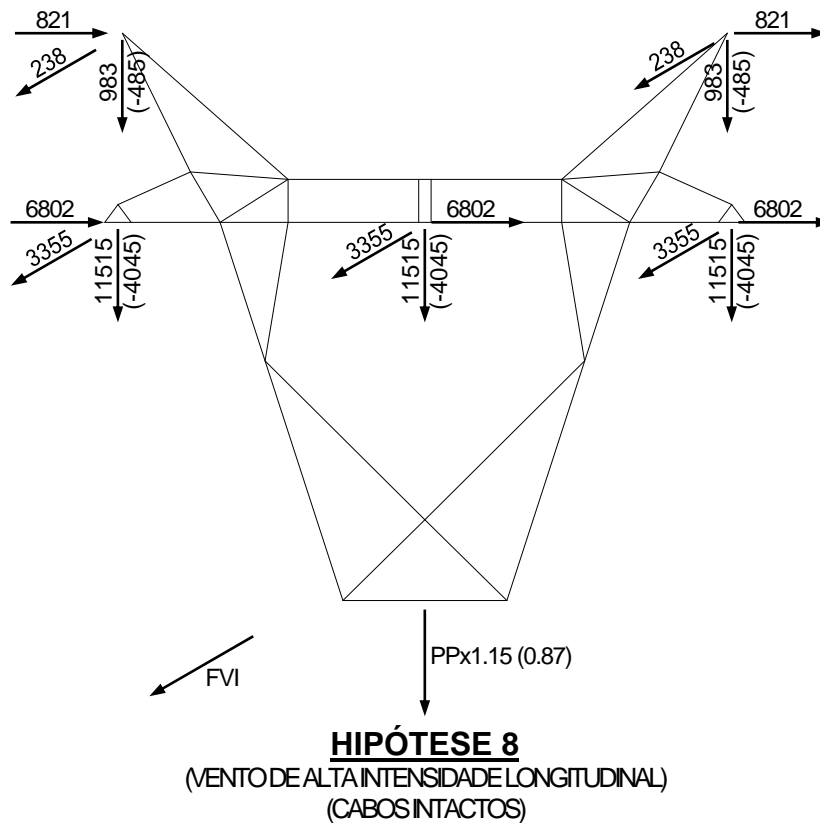
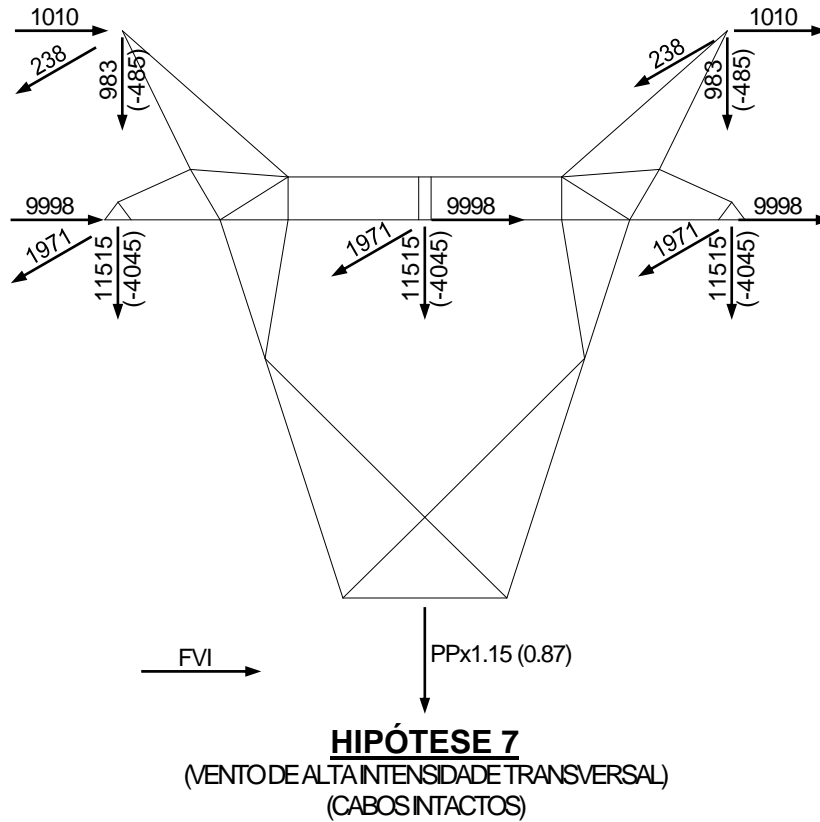


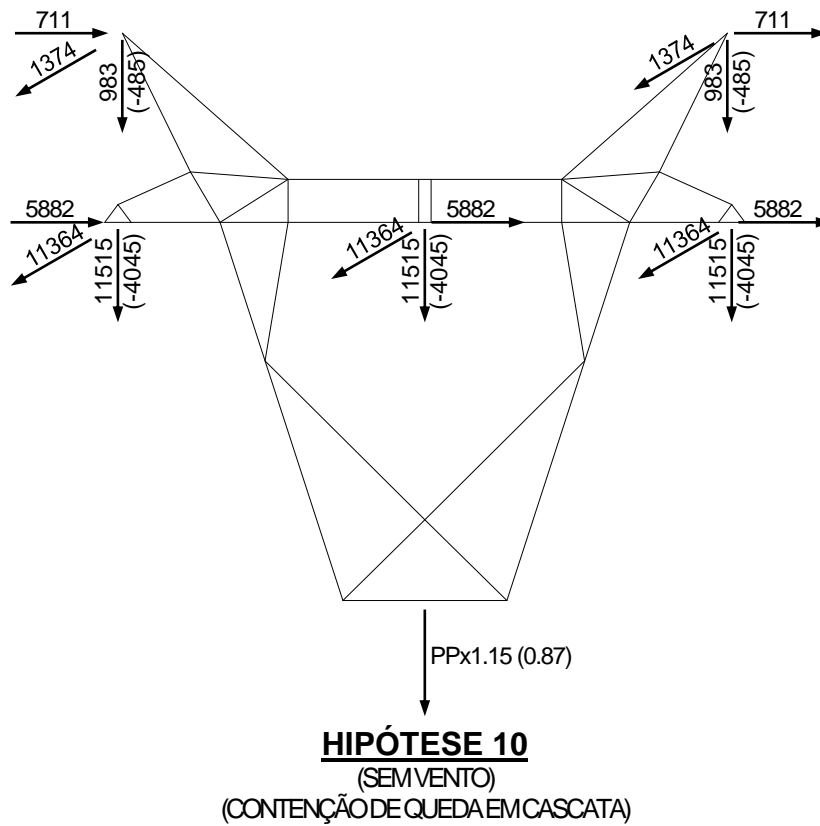
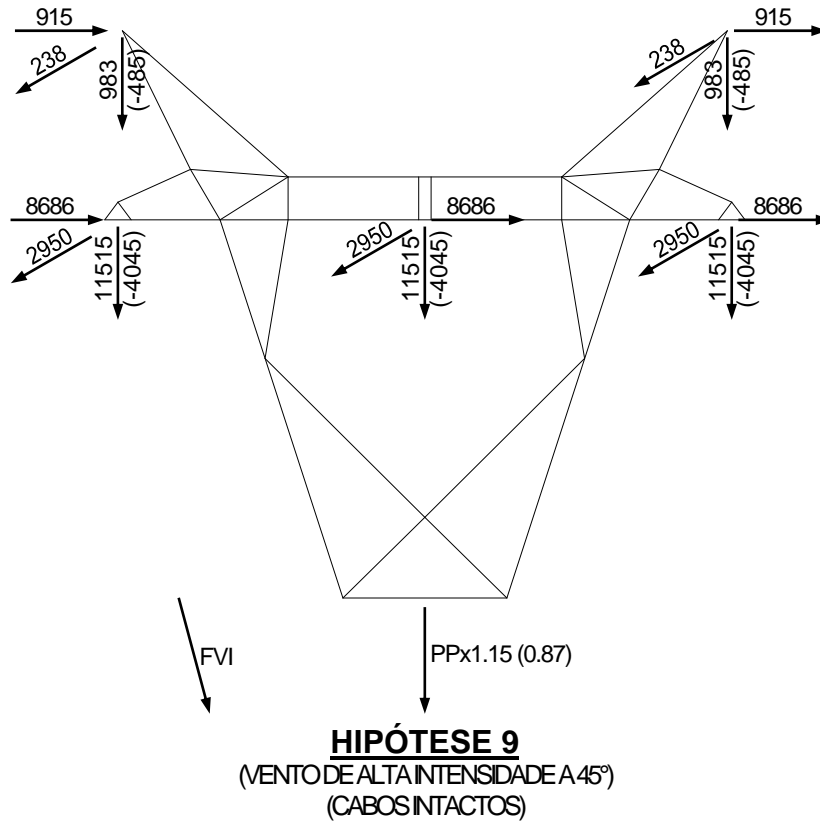
5.6.11.4 ESTRUTURA DE ANCORAGEM MEIO DE LINHA MÉDIA TIPO V1AA



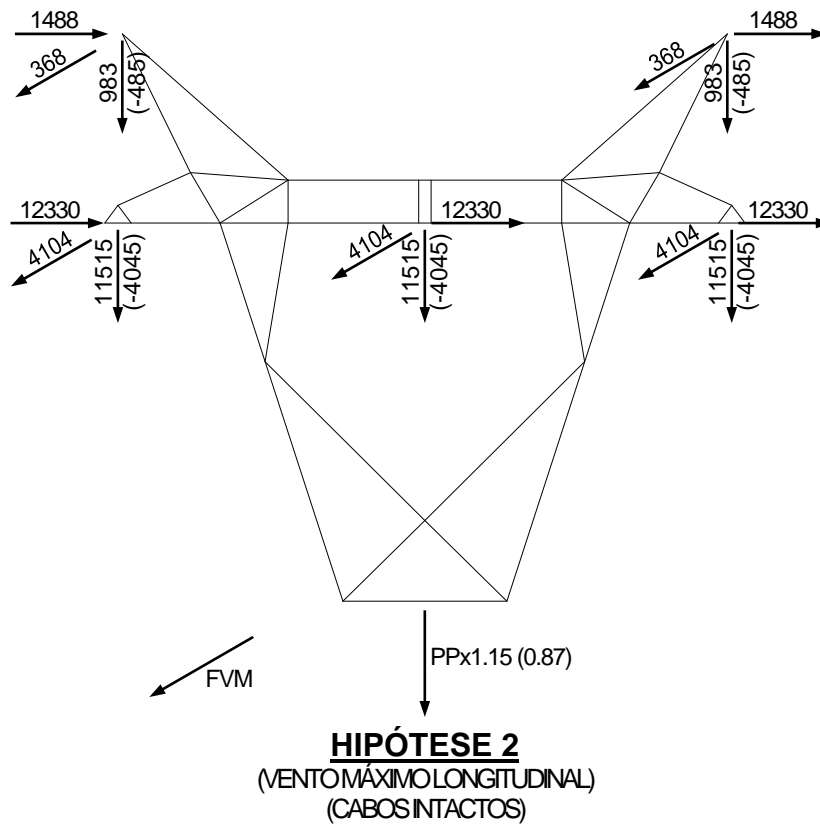
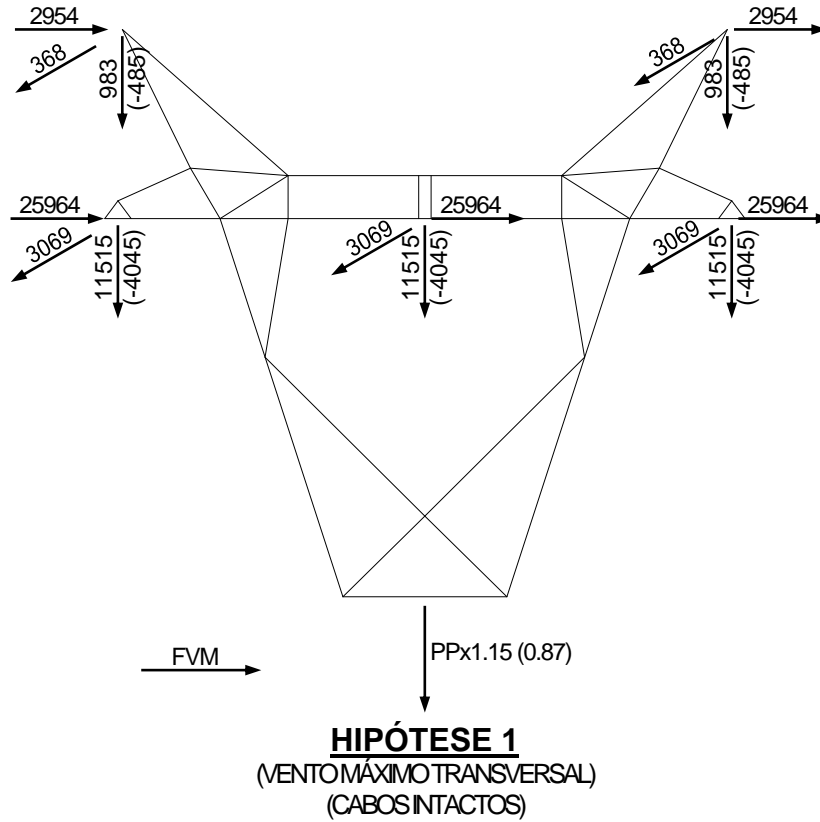


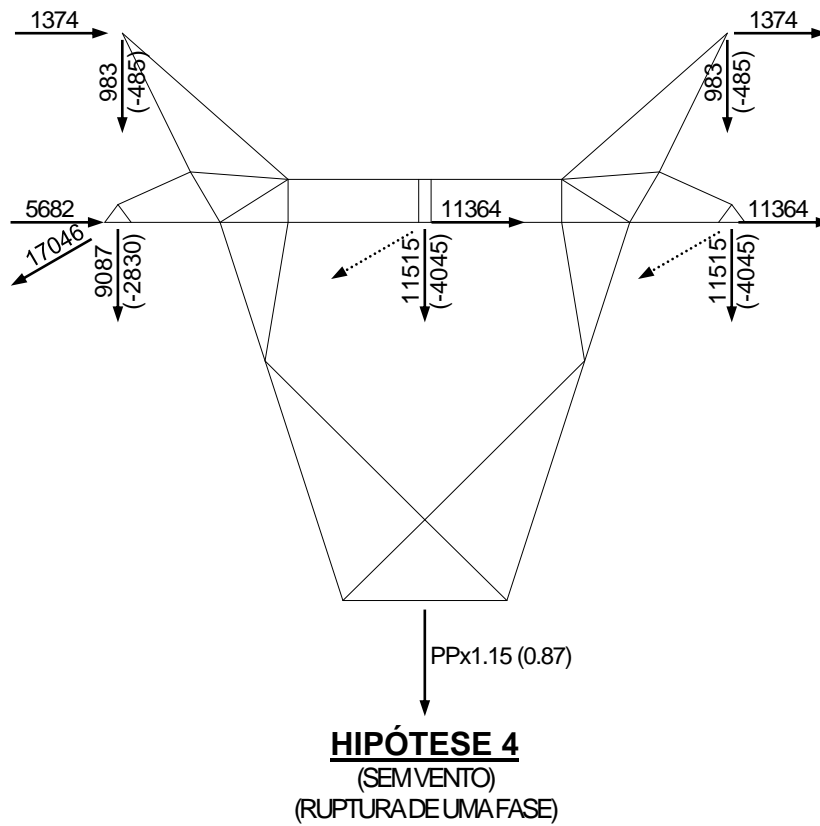
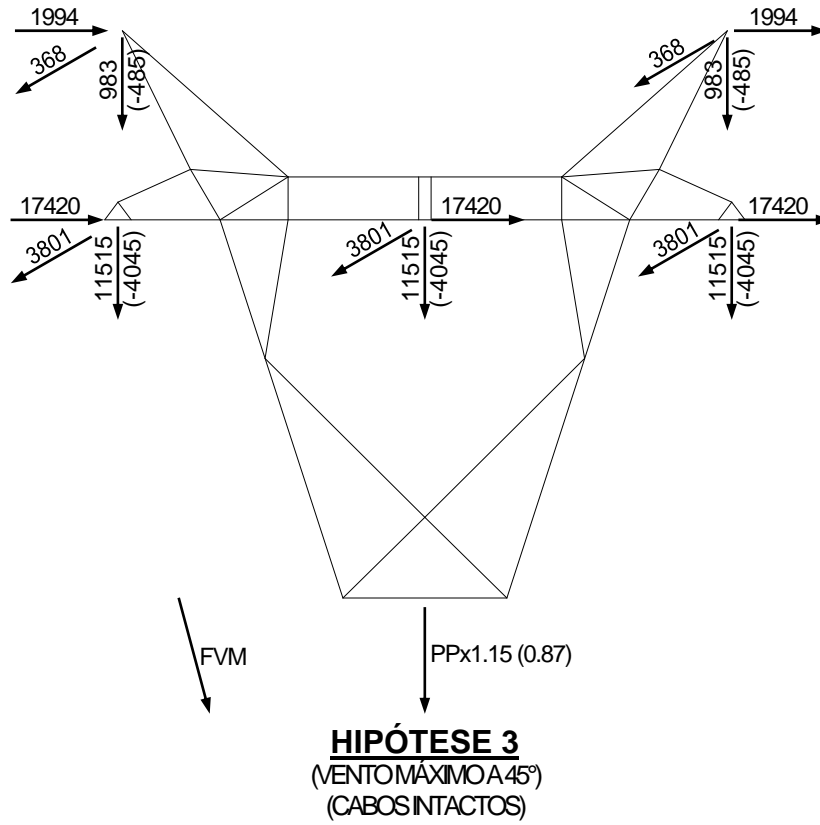


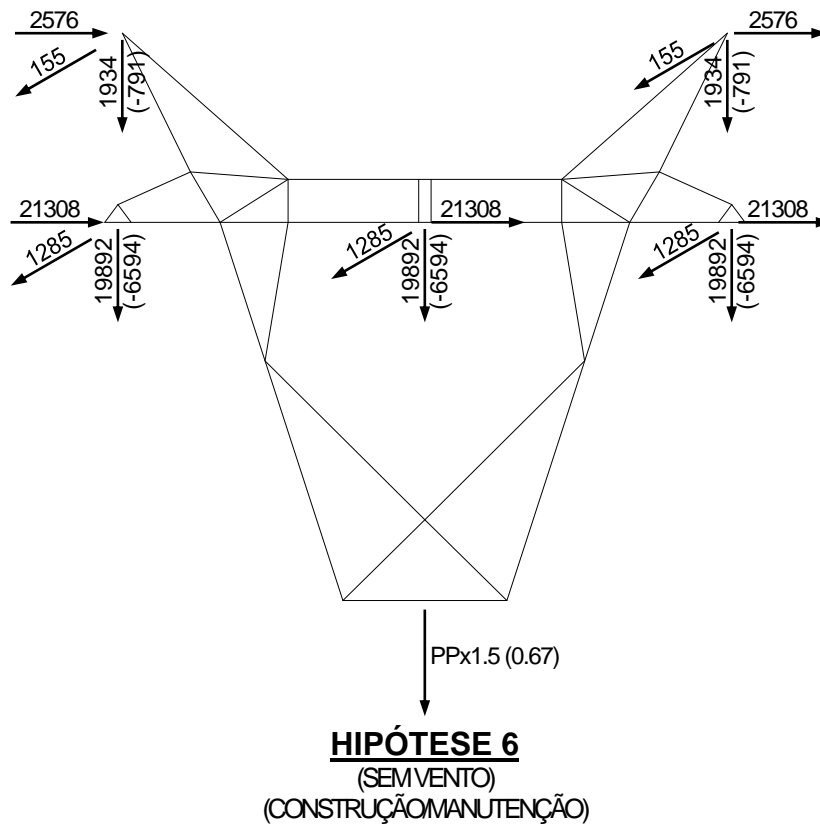
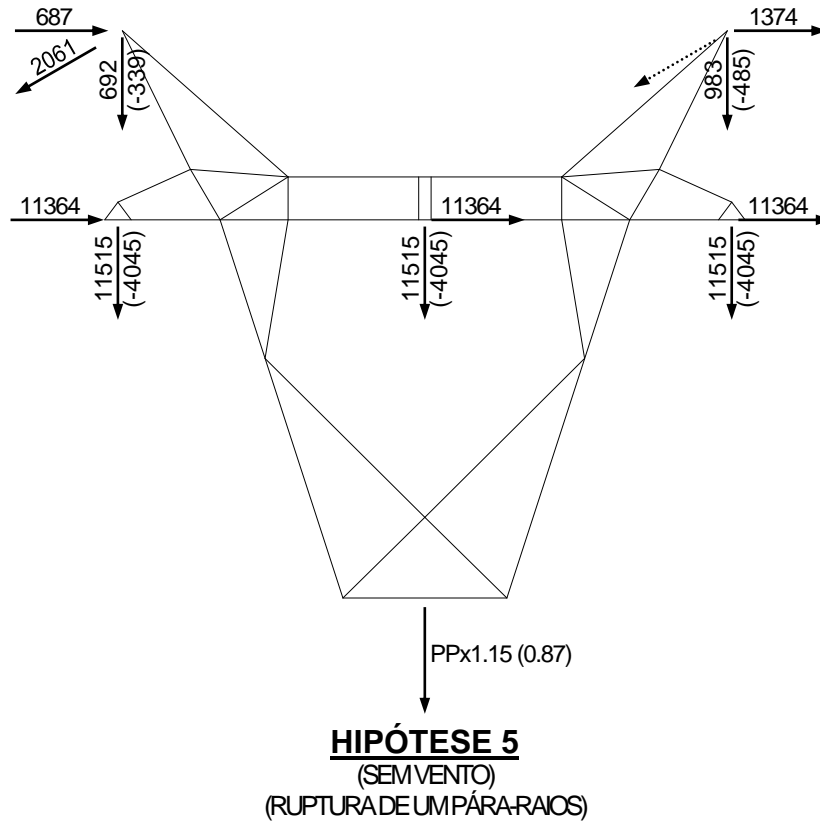


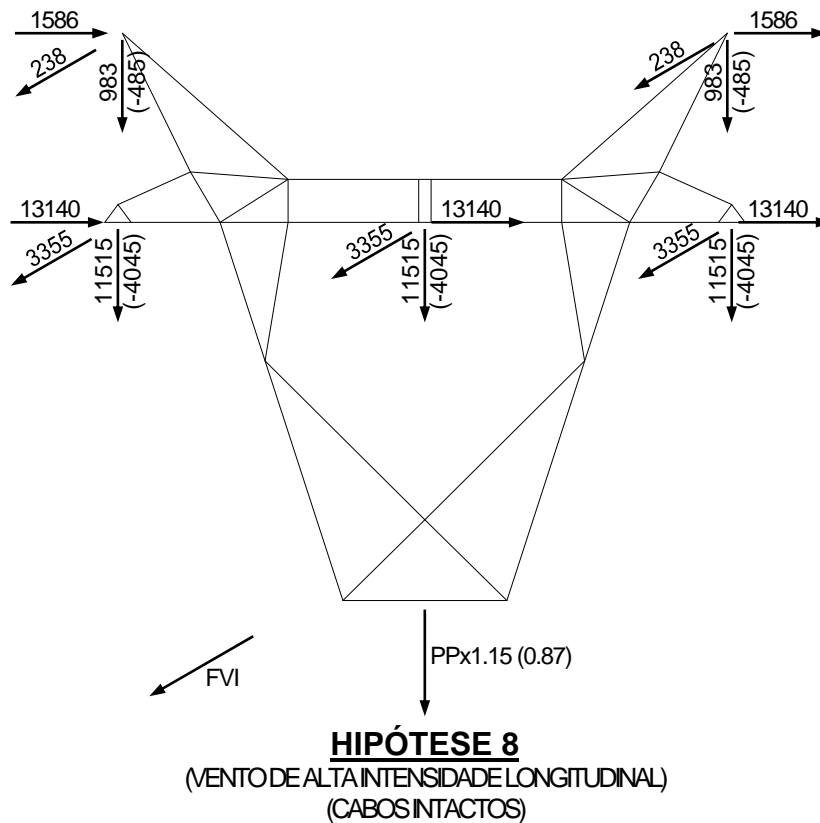
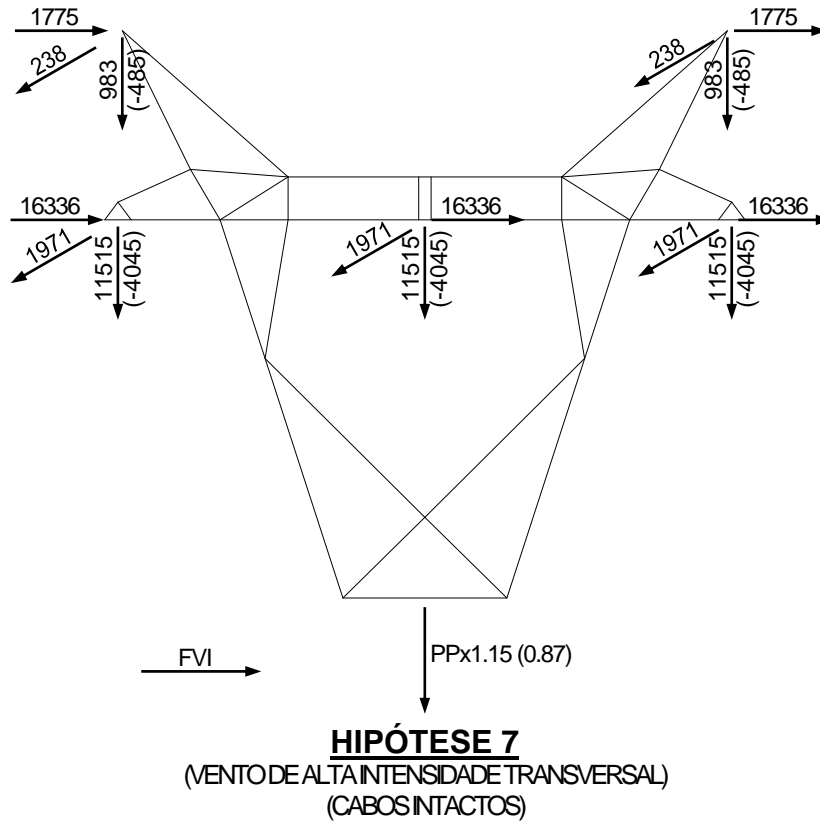


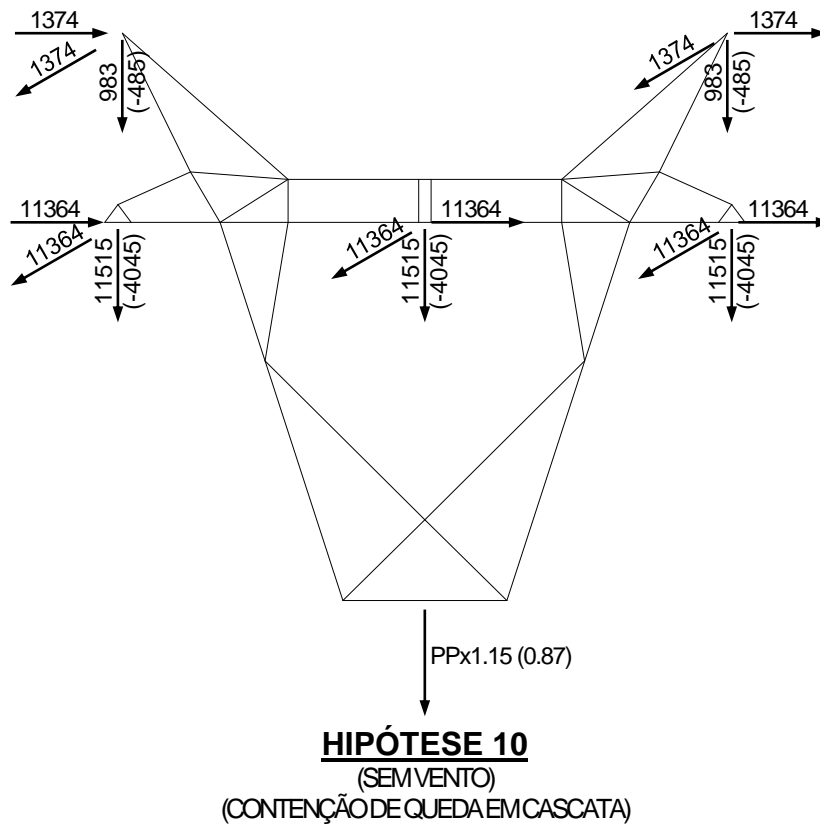
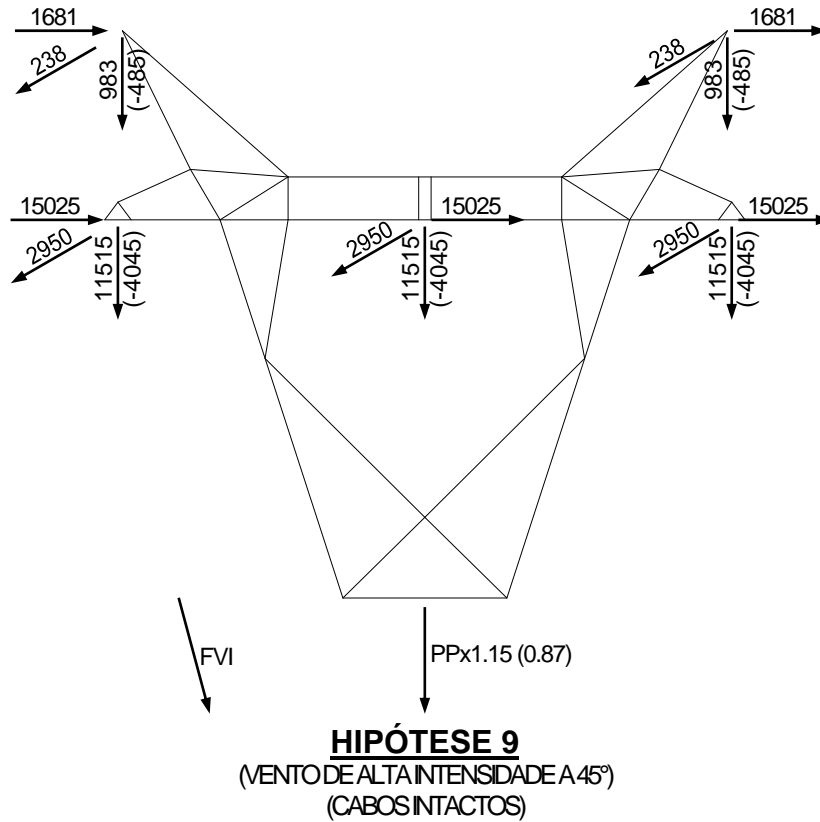
5.6.11.5 ESTRUTURA DE ANCORAGEM MEIO DE LINHA TIPO V1AT



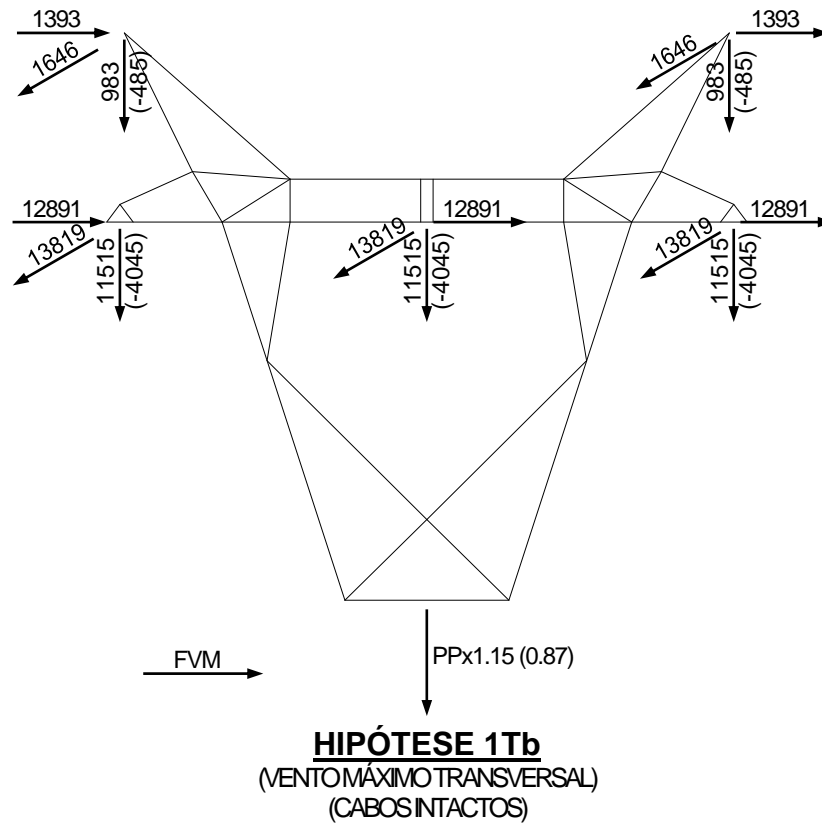
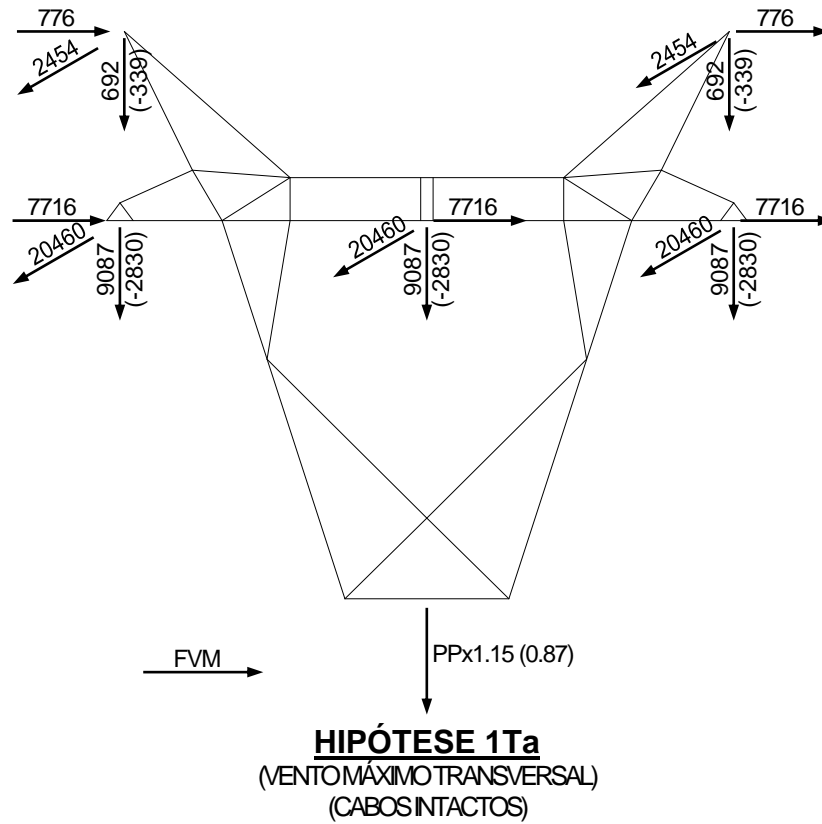


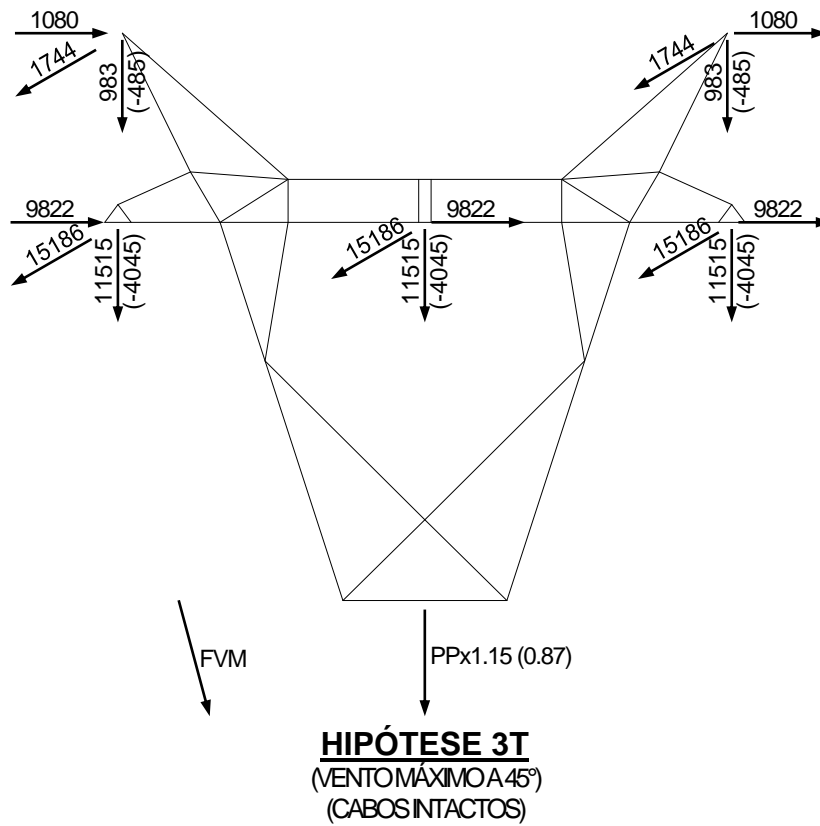
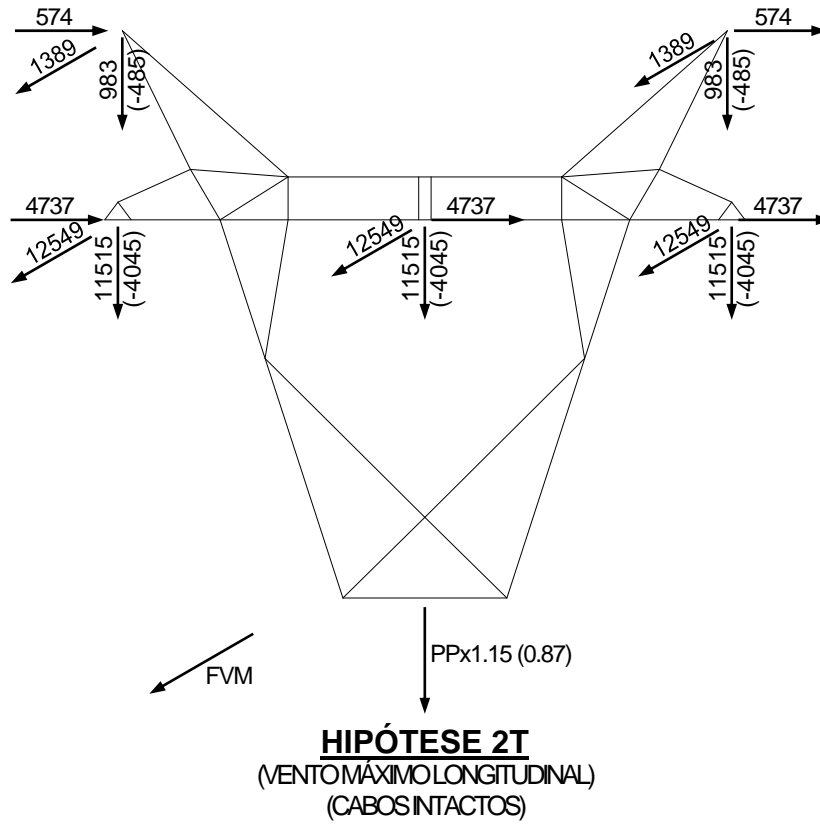


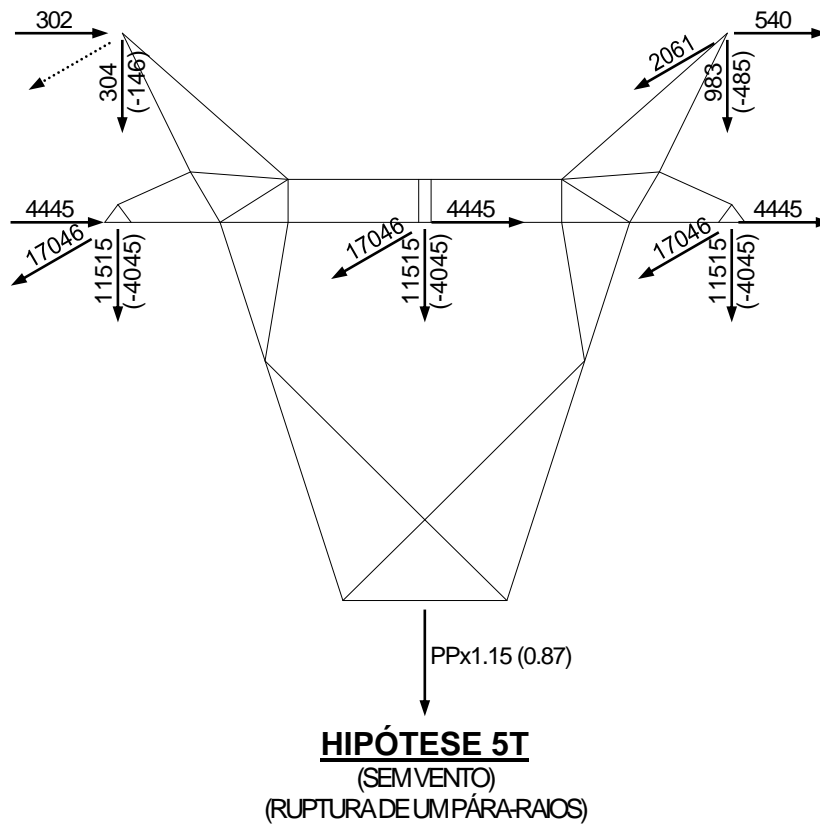
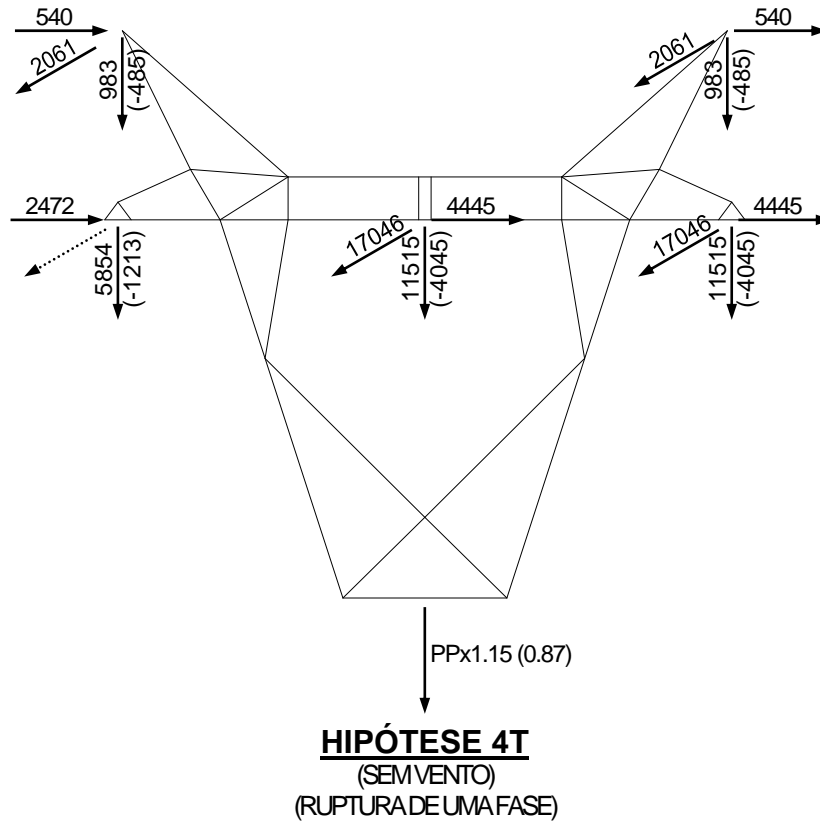


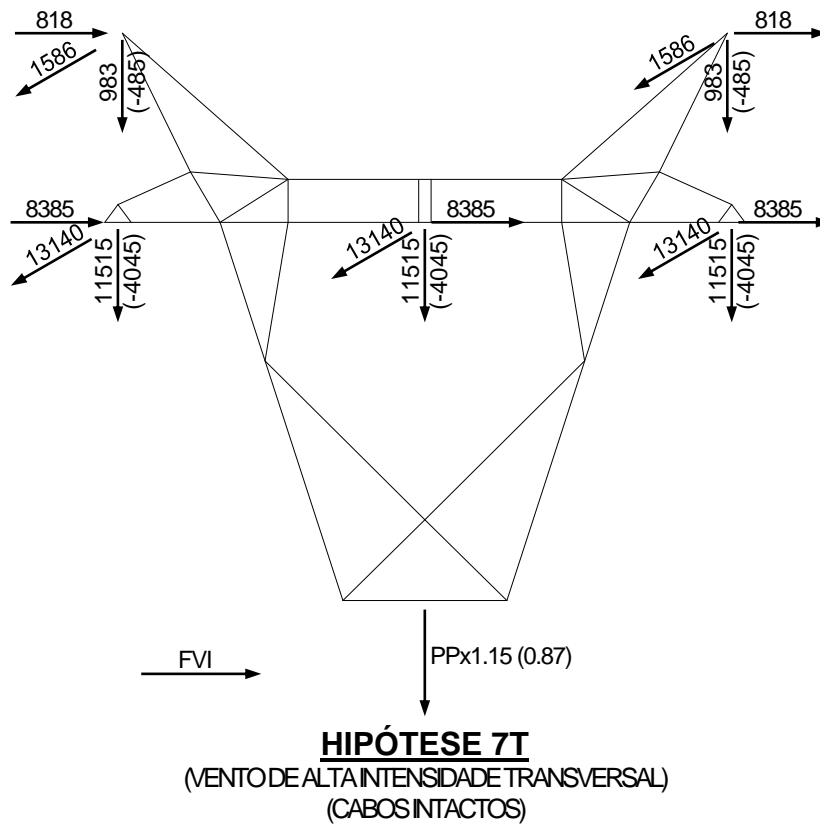
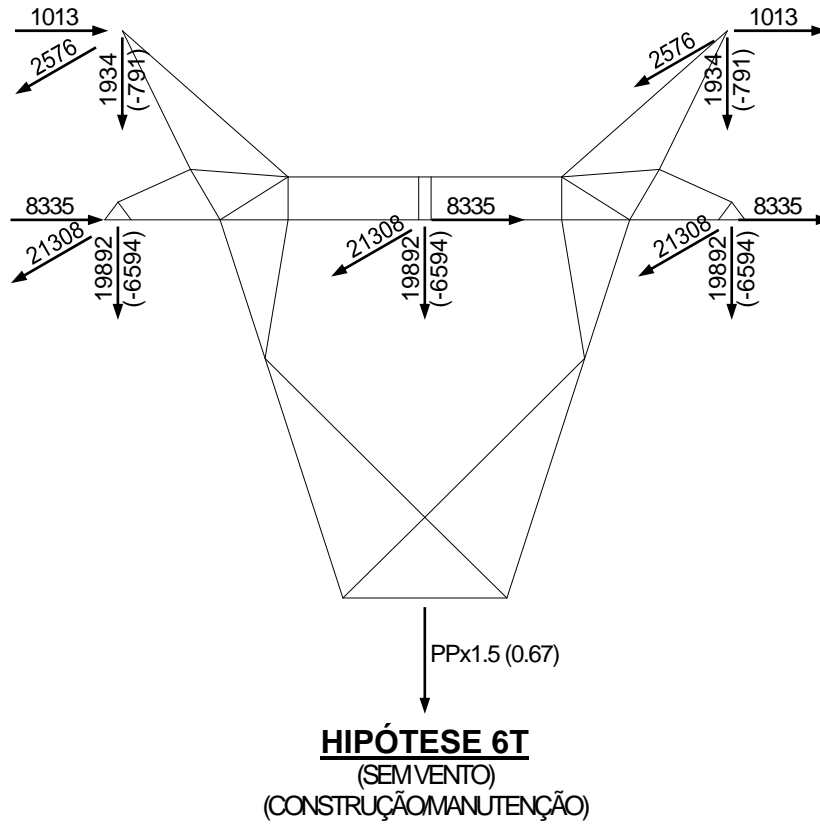


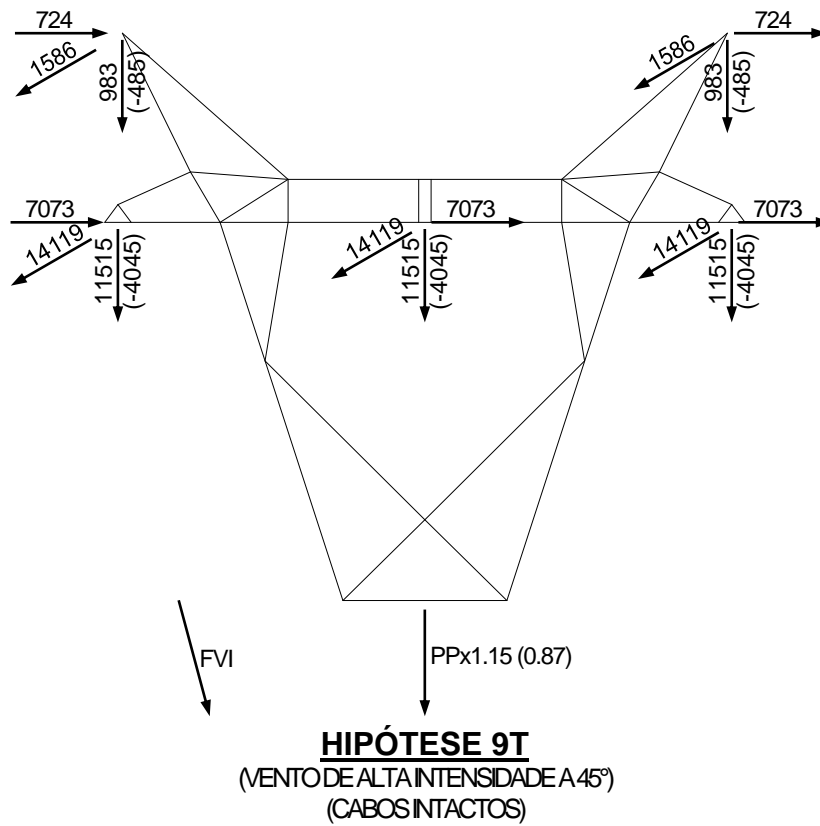
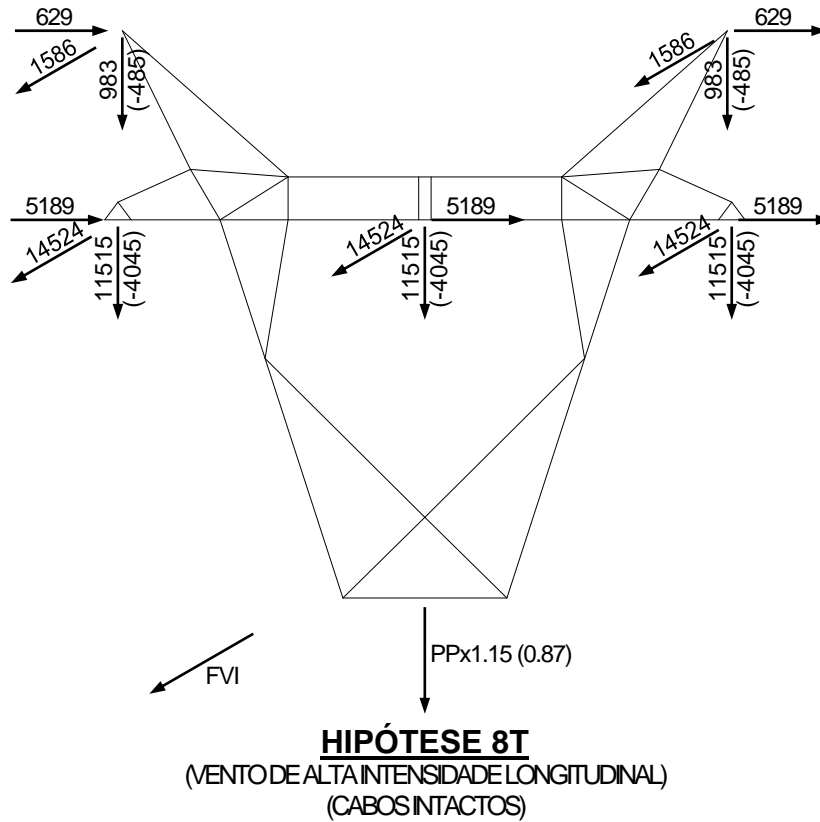
5.6.11.6 ESTRUTURA DE ANCORAGEM FIM DE LINHA TIPO V1AT



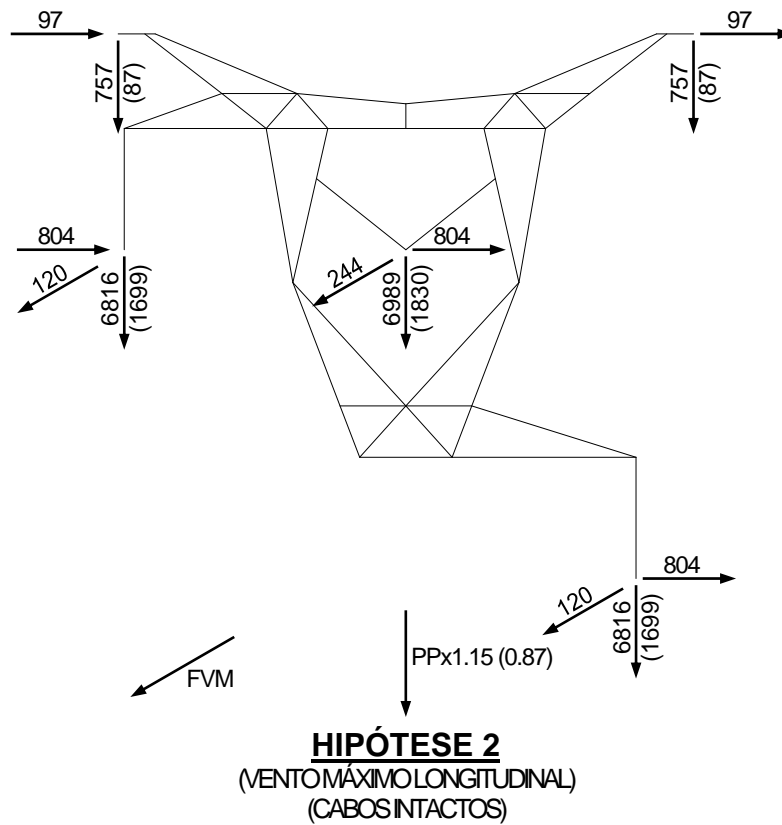
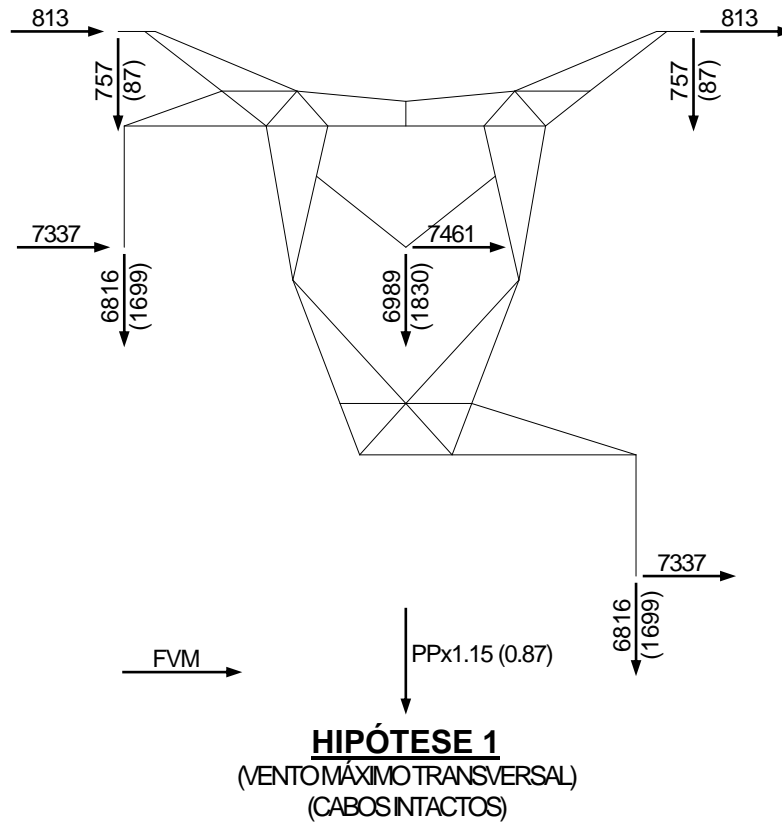


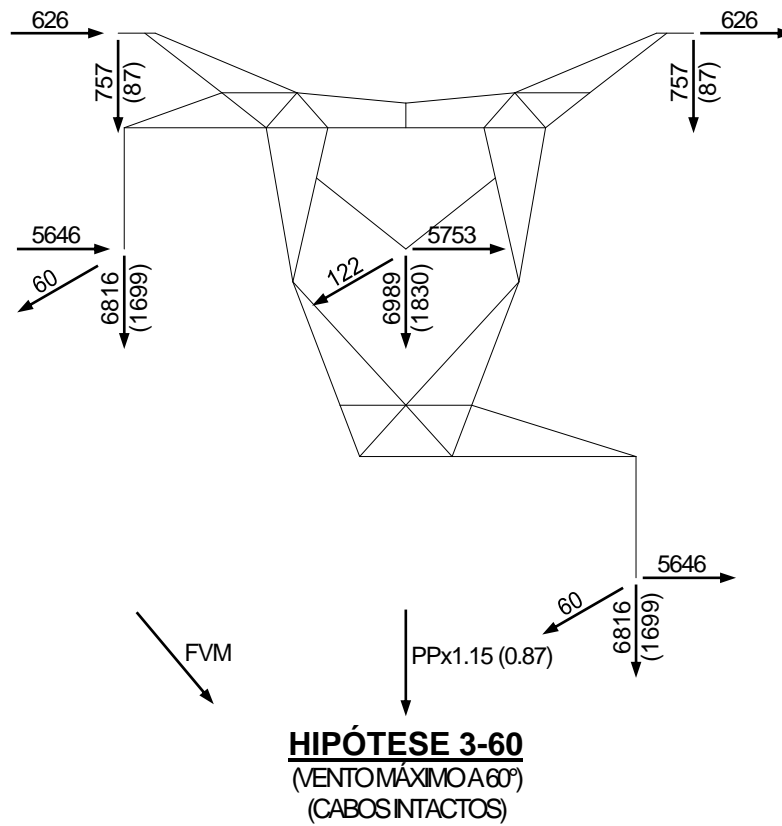
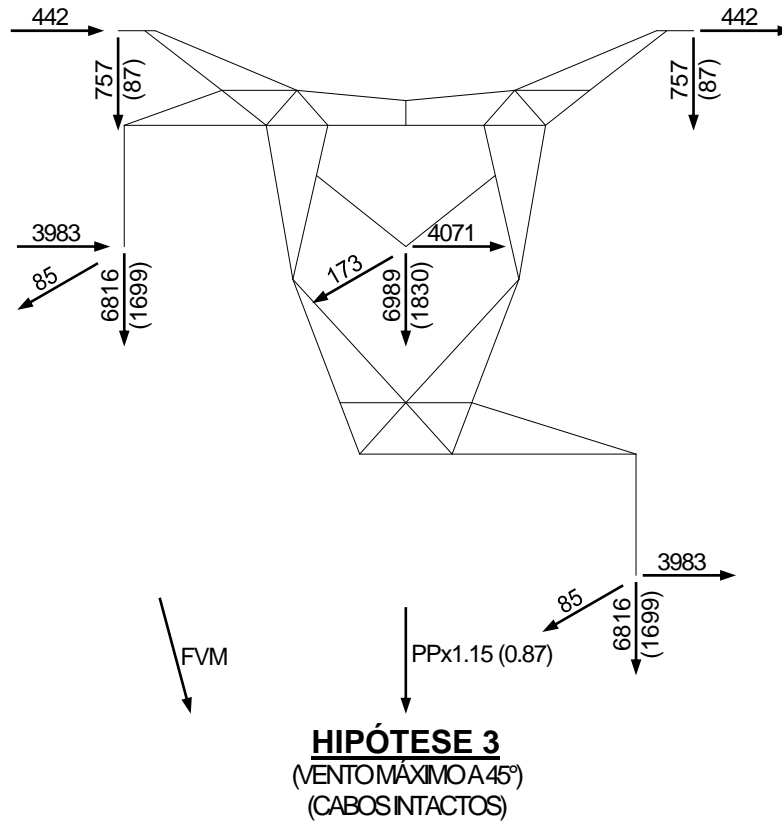


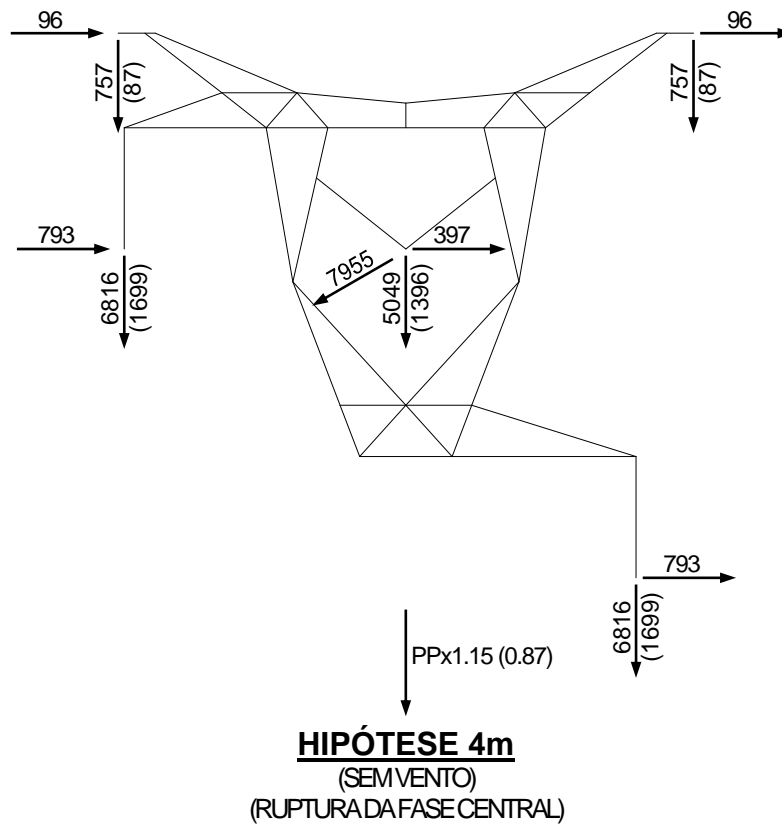
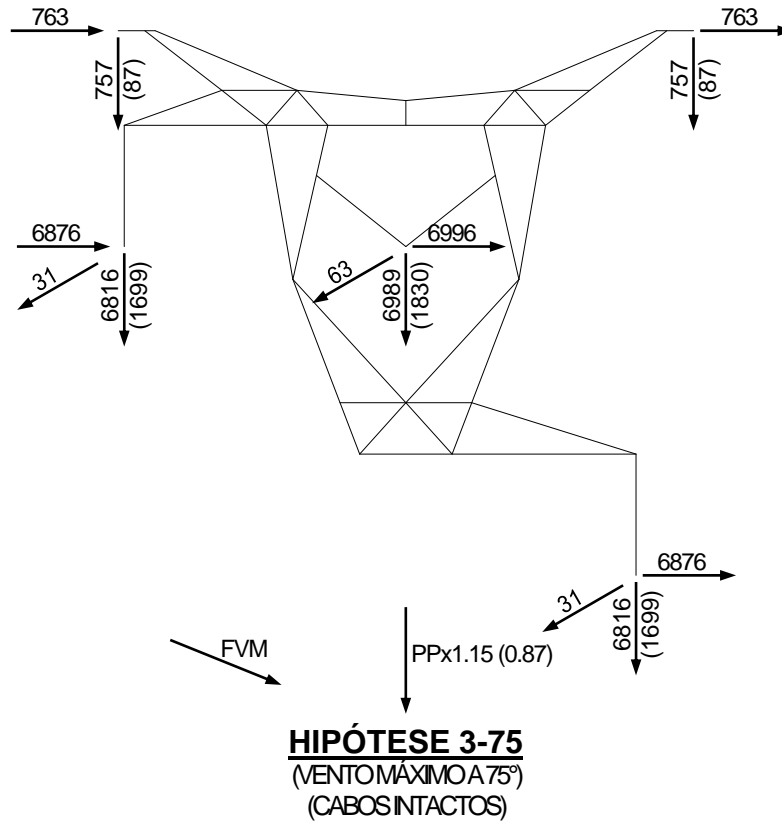


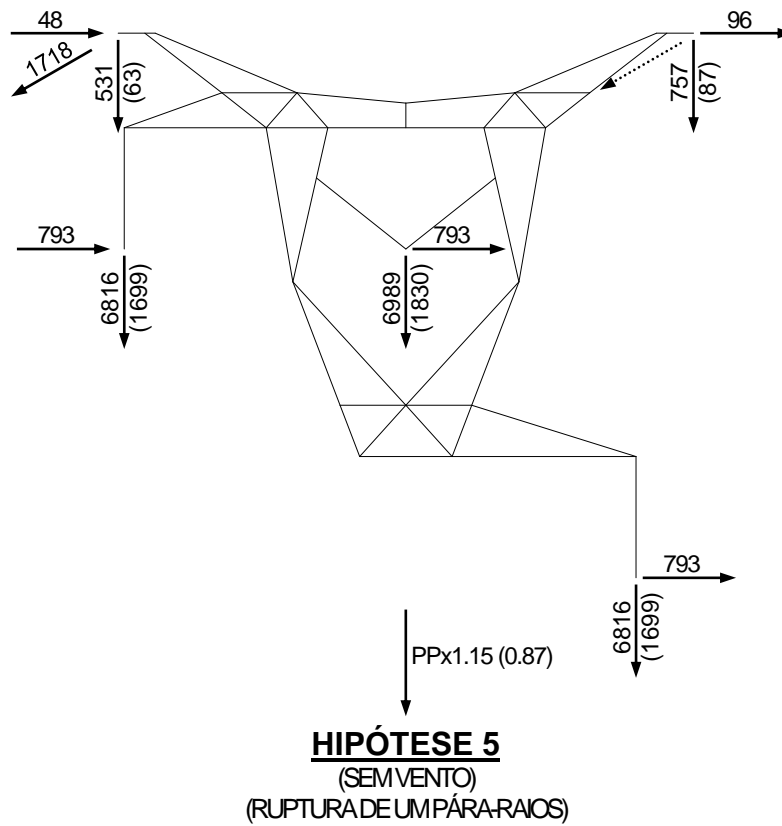
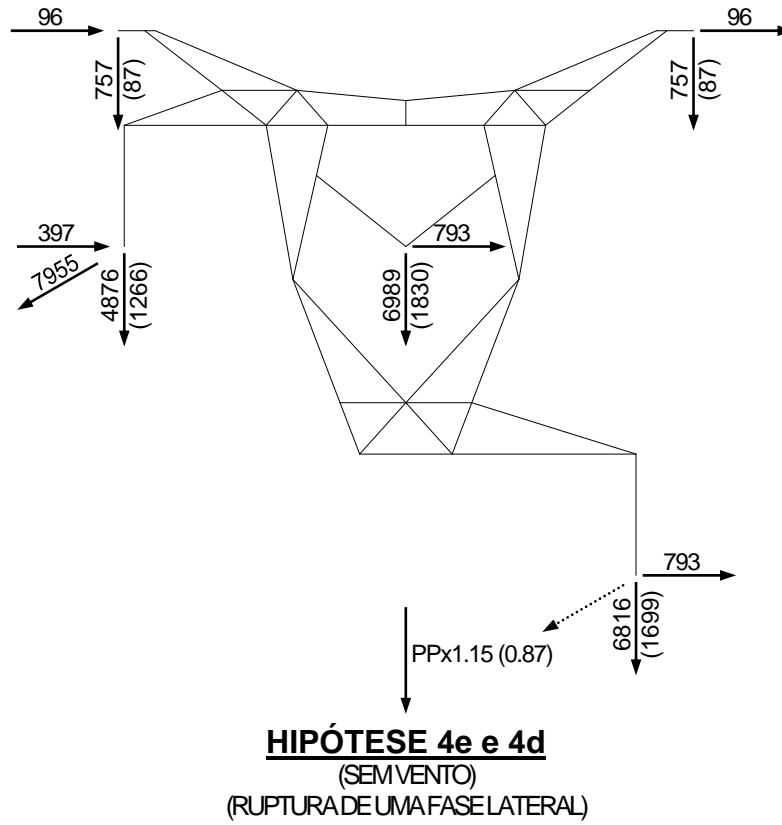


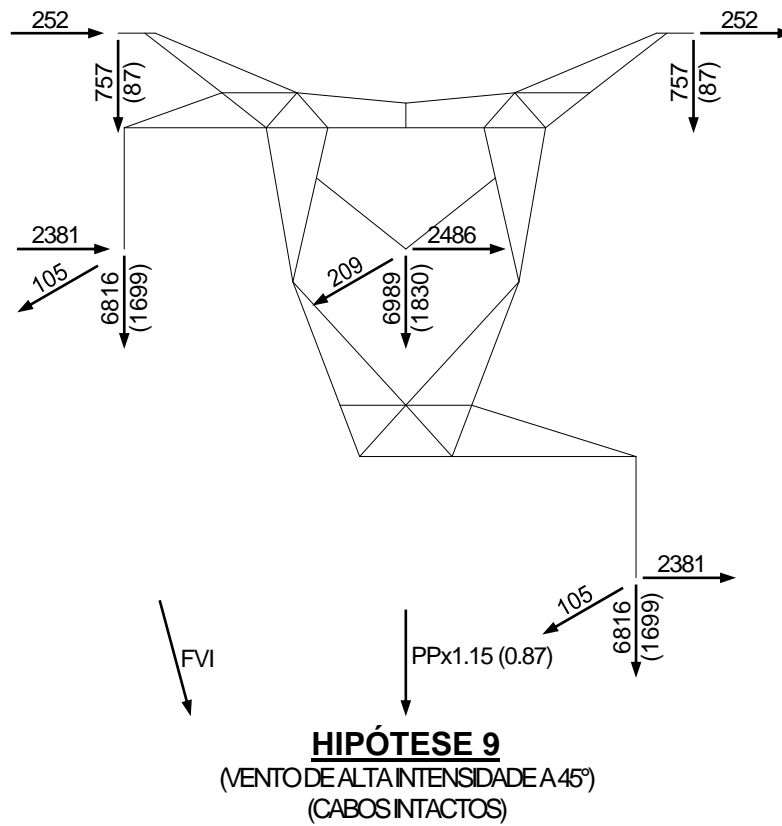
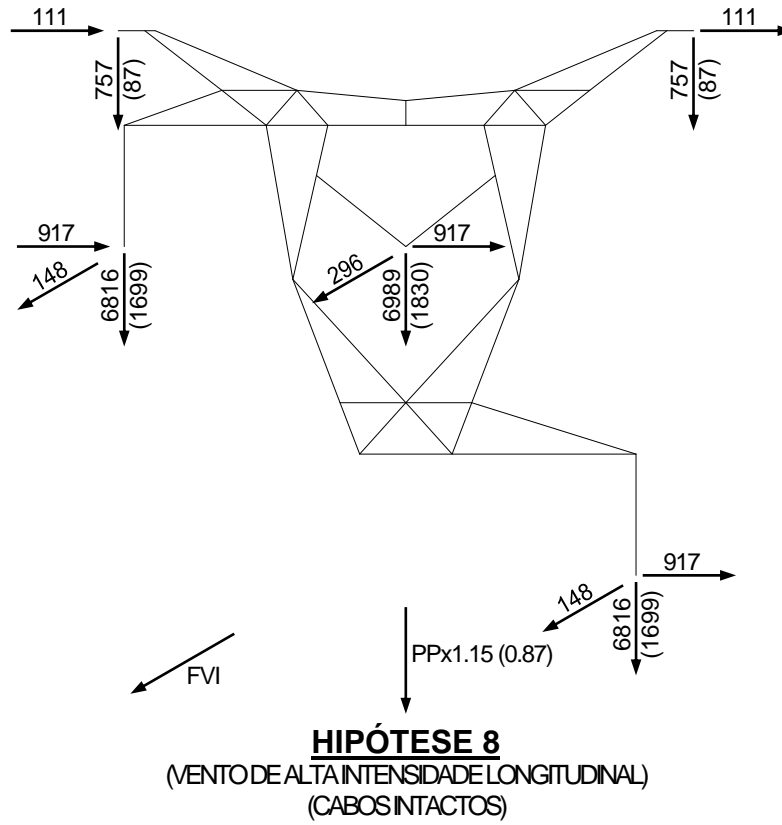
5.6.11.7 ESTRUTURA DE SUSPENSÃO PARA TRANSPOSIÇÃO TIPO V1TR

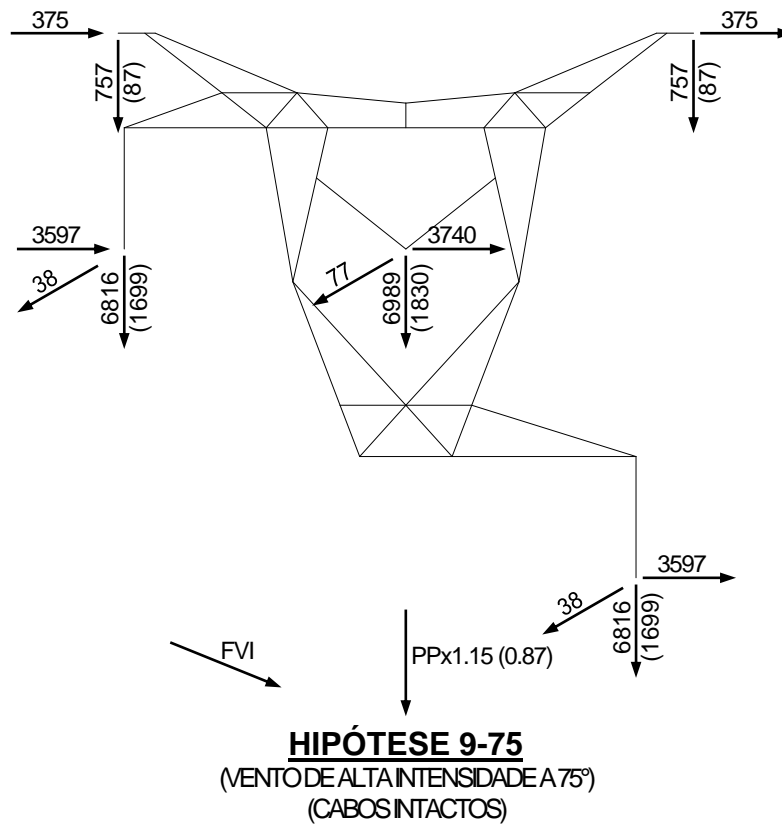
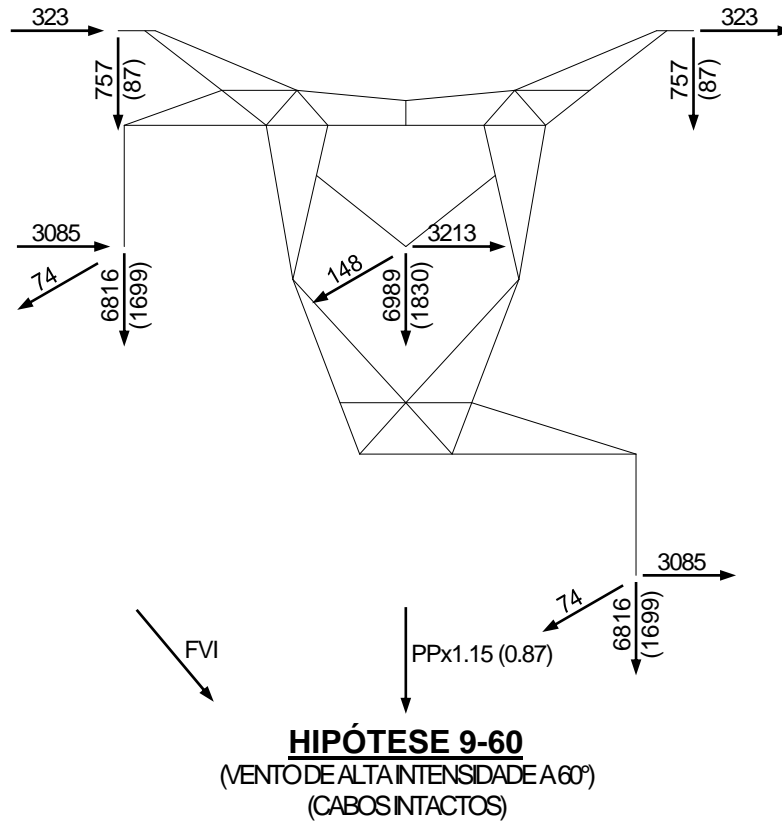


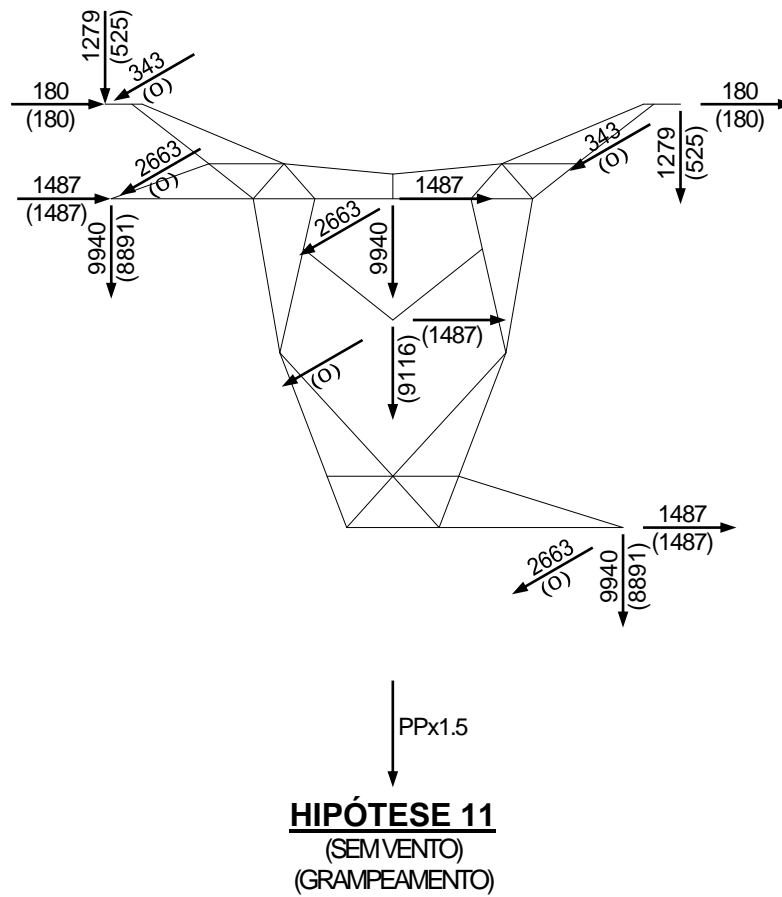
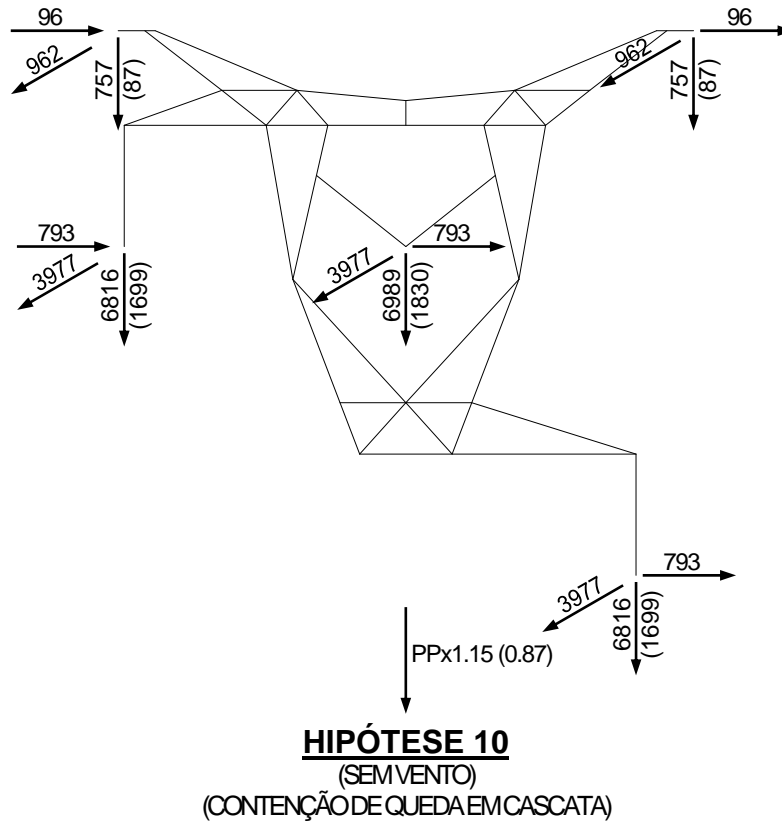












6 DIRETRIZES PARA O DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

6.1 O dimensionamento estrutural deverá ser realizado aplicando-se a metodologia dos estados limites últimos, verificando-se a seguinte inequação:

$S_d \leq \phi_R R_K$, onde:

S_d Solicitações de cálculo (tração, compressão, flexão, cisalhamento e esmagamento) atuantes nos diferentes elementos da estrutura, obtidas através da análise estrutural, considerando-se as hipóteses de carga especificadas.

ϕ_R Coeficiente de resistência, que minora a resistência limite dos elementos.

R_K Resistência limite da estrutura, obtida em função da tensão característica de escoamento, ruptura, cisalhamento, esmagamento ou flambagem dos elementos estruturais, conforme Manual 10-15 "ASCE - American Society of Civil Engineers - Design of Latticed Steel Transmission Structures" e NBR 8850 - "Execução de Suportes Metálicos Treliçados para Linhas de Transmissão".

6.2 Para o dimensionamento estrutural deverão ser previstos ensaios de carregamento de protótipo para as torres tipos V1CRL, V1SL e V1SP. Portanto, os seguintes valores deverão ser utilizados para o coeficiente de resistência (ϕ_R):

- Estruturas V1CRL, V1SL e V1SP: $\phi_R = 0.93$

- Estrutura V1TR: $\phi_R = 0.90$

- Estruturas V1AA e V1AT: $\phi_R = 0.85$

6.3 Para as estruturas estaiadas será obrigatória a verificação estrutural considerando-se os efeitos de segunda ordem decorrentes dos deslocamentos da estrutura (análise não-linear geométrica).

6.4 Para o dimensionamento dos estais deverá ser considerado um fator adicional de minoração da resistência limite de 0.75.

6.5 Para o dimensionamento dos cabos de sustentação das fases e do cabo de interligação dos mastros deverá ser considerado um fator adicional de minoração da resistência limite de 0.65.

6.6 A pré-tensão nos estais, usualmente na faixa de 8% a 12% da respectiva carga de ruptura, deverá ser levada em conta na análise estrutural das torres estaiadas.

6.7 Todas as estruturas estaiadas devem ser projetadas com furações adequadamente posicionadas e dimensionadas de modo a permitir o içamento de uma torre horizontalmente montada, completa ou parcialmente, a partir do solo até sua posição vertical definitiva. Os desenhos de detalhamento correspondentes deverão esclarecer completamente todas as condições a serem observadas para o içamento da estrutura a partir de tais furações.

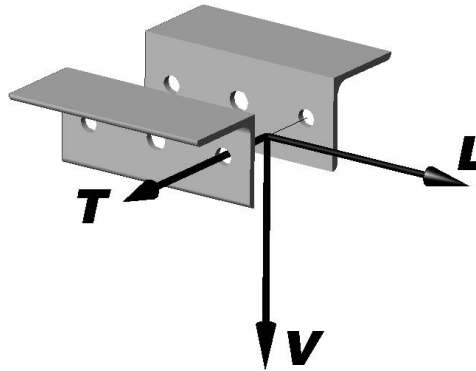
6.8 As barras horizontais da estrutura situadas próximo às fixações das cadeias de isoladores deverão suportar uma carga vertical de 400 kg, aplicada em seu ponto médio, sem deformação permanente.

6.9 Todas as barras da estrutura inclinadas a menos de 45° com a horizontal deverão suportar uma carga vertical de 100 kg, aplicada em seu ponto médio, sem deformação permanente.




6.10 Todas as barras de contraventamento da estrutura, inclusive barras com esforço calculado, deverão suportar uma carga de compressão mínima de acordo com o item 3.16 do ASCE 10-15.

6.11 As mísulas dos condutores das estruturas de ancoragem tipos V1AA e V1AT deverão ser projetadas com detalhes para fixações da cadeia de passagem do jumper no ponto central da mísula e nas duas extremidades, junto às faces transversais da estrutura.

- 6.12 Todas as estruturas, exceto as que possuam cabo cross-ropes, devem ser projetadas com pontos (furos) auxiliares de fixação que permitam a execução segura das operações de montagem, de lançamento e grampeamento de cabos e de manutenção. A carga máxima admitida em cada um desses pontos (furos) auxiliares deve ser explicitamente indicada nos respectivos desenhos de montagem das estruturas.
- 6.13 Nas estruturas de suspensão, exceto as que possuam cabo cross-ropes, os furos auxiliares utilizados para sustentação dos cabos durante as operações de grampeamento deverão ser capazes de suportar a aplicação das cargas da Hipótese 11 da forma localmente mais desbalanceada, conforme se explica adiante:
- As cargas referentes às fases deverão ser aplicadas em 2 dos 4 furos auxiliares para montagem/manutenção localizados nas respectivas peças de ataque, conforme esquema adiante:



- Os 4 furos externos na peça acima são os furos auxiliares e os 2 furos centrais são os furos permanentes para fixação das fases.
- 6.14 Em torres de suspensão submetidas a teste de carga, exceto as que possuam cabo cross-ropes, a Hipótese 11 deverá ser obrigatoriamente testada.
- 6.15 Para dimensionamento das fundações e dos stubs deverá ser considerado um fator de sobrecarga adicional de 1.10.
- 6.16 Para dimensionamento dos stubs deverá ser considerado concreto com f_{ck} (resistência característica a 28 dias) igual a 180 kgf/cm².

00	18/04/17	Emissão inicial	FGS	RCM	PRRLS
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 4 SPE S.A.					
PROJETO BÁSICO					
ELAB. FGS	VERIF. RCM	APROV. PRRLS	RESP. TÉCNICO PRRLS	CREA 19042-D	DATA 18/04/17
TÍTULO Leilão ANEEL 013/2015 2ª Etapa - Lote 14B LT 500 kV C.S. Igaporã III / Janaúba 3 C1 TORRE TIPO V1CRL Programa de Testes					
Nº ENGETOWER 20.10-T2001	Nº DOCUMENTO RE-EQT4-L401-PB-EST-0015			FOLHA 1 de 13	REVISÃO 00

ÍNDICE

1 OBJETIVO	Pág.	3	
2 FORMAÇÃO DA ESTRUTURA A SER ENSAIADA	Pág.	3	
3 HIPÓTESES DE CARGA	Pág.	3	
4 SEQUÊNCIA DE APLICAÇÃO DAS HIPÓTESES DE CARGA	Pág.	3	
5 ETAPAS DE CARREGAMENTO	Pág.	3	
6 MEDIÇÃO DE DEFLEXÕES	Pág.	4	
7 MEDIÇÃO DE CARGAS	Pág.	4	
8 CALIBRAÇÃO DOS DINAMÔMETROS ELETRÔNICOS	Pág.	4	
9 AMOSTRAS PARA ENSAIO MECÂNICO	Pág.	4	
10 INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES	Pág.	4	
11 CARGAS NA ESTRUTURA	Pág.	5	a 11
12 CARGAS MÁXIMAS SOBRE FUNDAÇÕES DOS MASTROS	Pág.	12	
13 CARGAS PREVISTAS NOS ESTAIS	Pág.	13	

1 OBJETIVO

Este programa de testes tem por objetivo traçar diretrizes para o ensaio de carregamento de protótipo da torre tipo V1CRL, tendo como referência os seguintes documentos:

- Cálculo Estrutural ENGETOWER nº 20.10-C2001;
- Desenho de Silhueta ENGETOWER nº 20.10-D2000/1.

2 FORMAÇÃO DA ESTRUTURA A SER ENSAIADA

A torre tipo V1CRL a ser ensaiada terá altura total de 54.884m (correspondente à altura nominal de 43.5m) e deverá ser instalada sobre base rígida, sendo constituída pelos seguintes componentes:

- Tronco Superior;
- Tronco Inferior;
- 3 Extensões 6.0m.

3 HIPÓTESES DE CARGA

Serão testadas as seguintes hipóteses de carga no ensaio de carregamento do protótipo:

HIPÓTESE	DESCRIÇÃO
3-75	Vento máximo a 75°, cabos intactos
4e	Ruptura da fase lateral esquerda, sem vento
4m	Ruptura da fase central, sem vento
5e	Ruptura do pára-raios esquerdo, sem vento
6Fm	Construção / Manutenção, 2 PR's lançados, lançamento da fase central e demais fases lançadas, sem vento
9	Vento de alta intensidade a 45°, cabos intactos

4 SEQUÊNCIA DE APLICAÇÃO DAS HIPÓTESES DE CARGA

Deverá ser adotada a seguinte sequência de aplicação das hipóteses de carga para realização do ensaio:

- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| TESTE Nº 1 - HIPÓTESE 5e | TESTE Nº 4 - HIPÓTESE 6Fm |
| TESTE Nº 2 - HIPÓTESE 4m | TESTE Nº 5 - HIPÓTESE 3-75 |
| TESTE Nº 3 - HIPÓTESE 4e | TESTE Nº 6 - HIPÓTESE 9 |

5 ETAPAS DE CARREGAMENTO

A estrutura deverá ser submetida a 5 (cinco) etapas de carregamento para cada hipótese selecionada, correspondentes a 50%, 75%, 90%, 95% e 100% das cargas máximas.

Para as etapas de 50%, 75%, 90% e 95% do carregamento, as cargas deverão ser mantidas durante um período mínimo de 1 (um) minuto, ou pelo período necessário para a leitura das cargas e deflexões. Para a etapa de 100% do carregamento, as cargas deverão ser mantidas por um período mínimo de 5 (cinco) minutos.

6 MEDIÇÃO DE DEFLEXÕES

As deflexões transversais, verticais e longitudinais da torre deverão ser medidas no topo e no ponto médio de cada mastro. As medições deverão ser feitas antes, durante e depois da aplicação dos incrementos de carga e após o descarregamento da estrutura, utilizando-se aparelhos óticos adequados.

Antes do início do ensaio deverá ser realizada uma inspeção de pré-montagem, para verificação da verticalidade da estrutura e determinação da deflexão residual de montagem.

7 MEDIÇÃO DE CARGAS

As cargas deverão ser medidas através de dinamômetros eletrônicos (load cells), previamente calibrados e instalados nos pontos de conexão dos cabos com a estrutura. A leitura dessas cargas será feita através de indicadores eletrônicos localizados na cabine de controle.

Deverá ser feito o monitoramento dos esforços em todos os estais.

8 CALIBRAÇÃO DOS DINAMÔMETROS ELETRÔNICOS

A calibração dos dinamômetros eletrônicos deverá ser realizada antes do início dos testes através de procedimento específico e baseada em padrão rastreável. Evidências de rastreabilidade e calibração do padrão devem ser apresentadas. Registros de calibração devem ser realizados e avaliados antes do teste considerando eventual necessidade de ajuste ou substituição de equipamento de medição.

9 AMOSTRAS PARA ENSAIO MECÂNICO

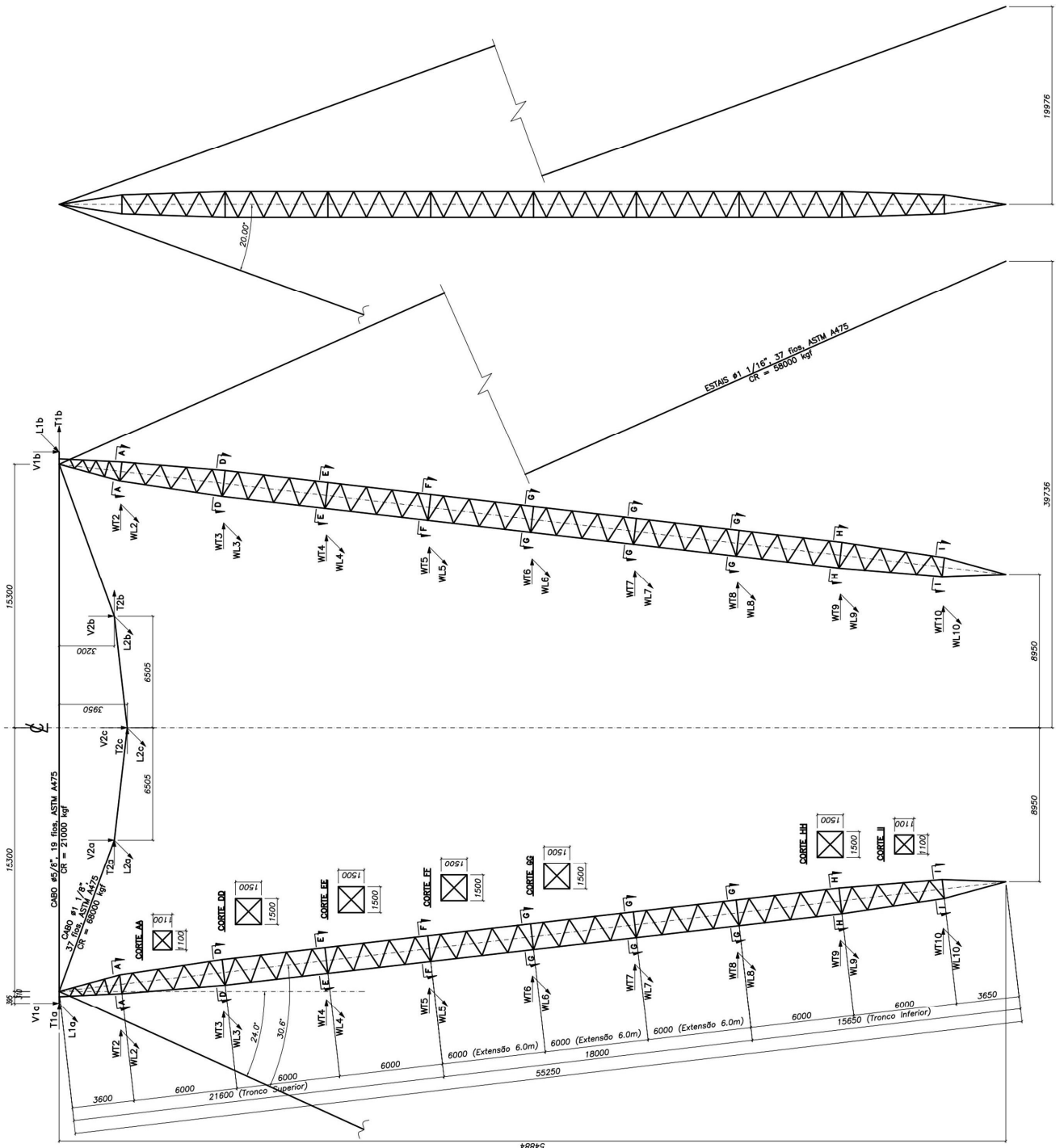
Após a conclusão do ensaio e de sua aprovação deverão ser selecionadas 8 (oito) barras da estrutura, preferencialmente com esbeltez efetiva inferior a C_c , conforme definido na norma ASCE 10-15. Corpos de prova de cada uma dessas barras serão submetidos a ensaios mecânicos, para obtenção das tensões reais de escoamento e de ruptura, e também a ensaios dimensionais.

10 INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

- Os elementos de fixação das cadeias aos cabos de sustentação das fases utilizados no ensaio de carga deverão ser idênticos aos que serão efetivamente fornecidos com as estruturas e as cargas devidas aos cabos deverão ser aplicadas nesses elementos.
- Os estais, cabo de interligação dos mastros, cabo de sustentação das fases e respectivos acessórios para fixação à estrutura deverão ser idênticos aos que serão efetivamente fornecidos com as estruturas.
- Os estais deverão ser instalados com uma carga de pré-tensão igual a (7000 ± 700) kgf, equivalente a $\approx 12\%$ de sua carga mínima de ruptura.
- A torre do teste deverá ser galvanizada.

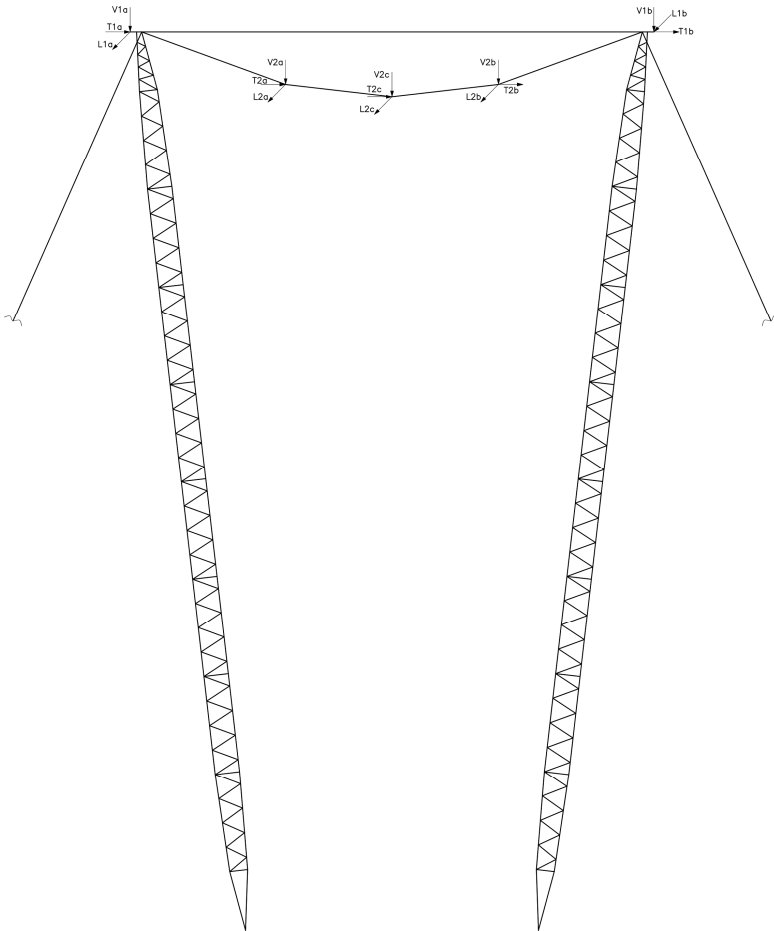
11 CARGAS NA ESTRUTURA

Os testes de carga serão realizados conforme esquema de aplicação de cargas indicado no desenho abaixo:



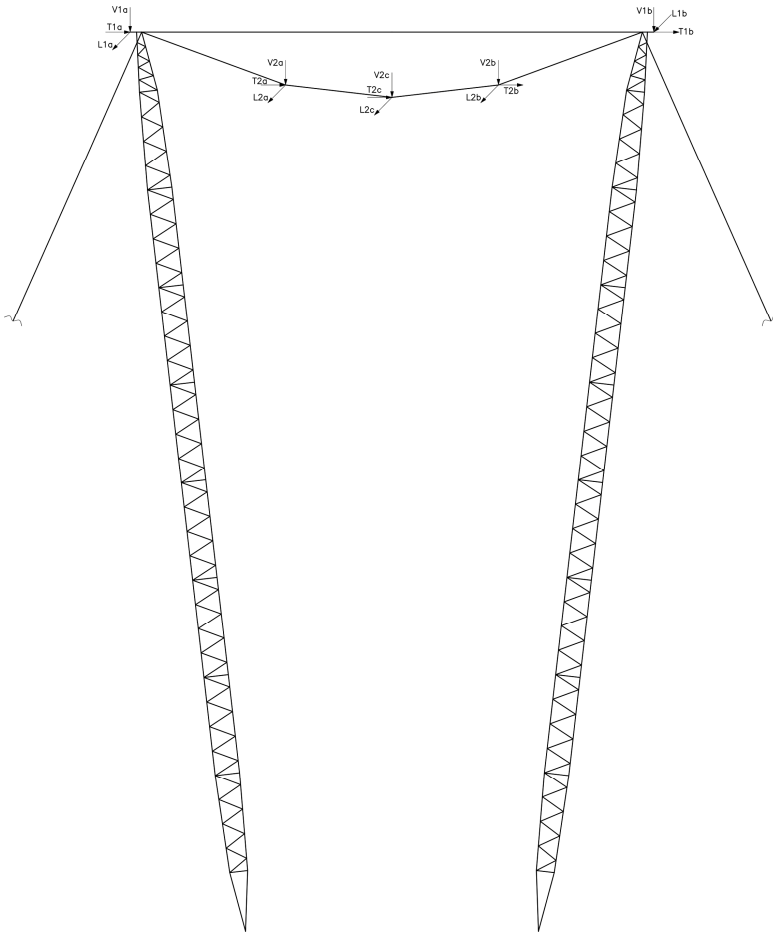
11.1 CARGAS TOTAIS POR HIPÓTESE

11.1.1 TESTE N° 1 - HIPÓTESE 5e



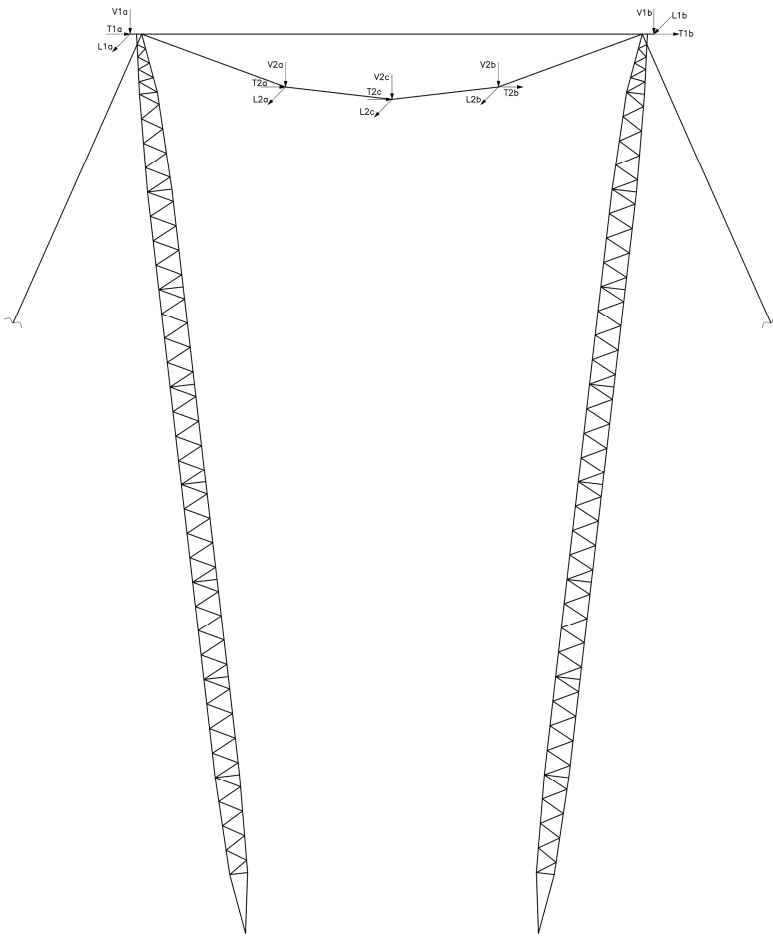
HIPÓTESE 5e - Cargas (kgf)			
Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	469	-	469
V1b	668	-	668
V2a	6006	-	6006
V2b	6006	-	6006
V2c	6006	-	6006
Cargas Transversais			
T1a	24	-	24
T1b	48	-	48
T2a	397	-	397
T2b	397	-	397
T2c	397	-	397
Cargas Longitudinais			
L1a	1718	-	1718
L1b	-	-	-
L2a	-	-	-
L2b	-	-	-
L2c	-	-	-

11.1.2 TESTE N° 2 - HIPÓTESE 4e



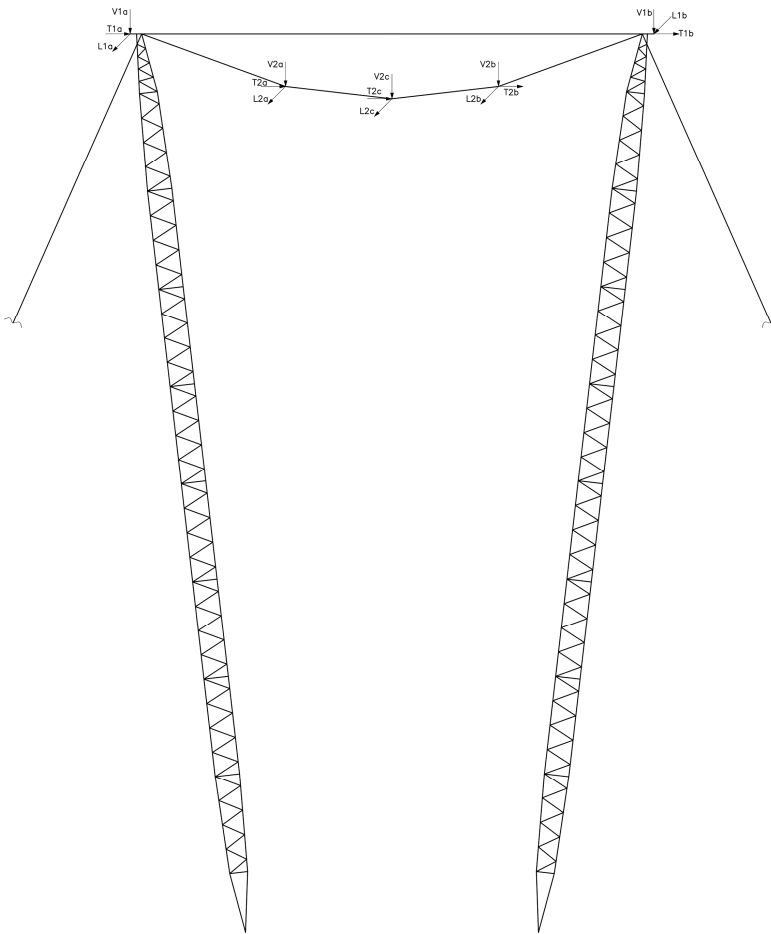
HIPÓTESE 4e - Cargas (kgf)			
Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	668	-	668
V1b	668	-	668
V2a	4310	-	4310
V2b	6006	-	6006
V2c	6006	-	6006
Cargas Transversais			
T1a	48	-	48
T1b	48	-	48
T2a	198	-	198
T2b	397	-	397
T2c	397	-	397
Cargas Longitudinais			
L1a	-	-	-
L1b	-	-	-
L2a	7955	-	7955
L2b	-	-	-
L2c	-	-	-

11.1.3 TESTE N° 3 - HIPÓTESE 4m



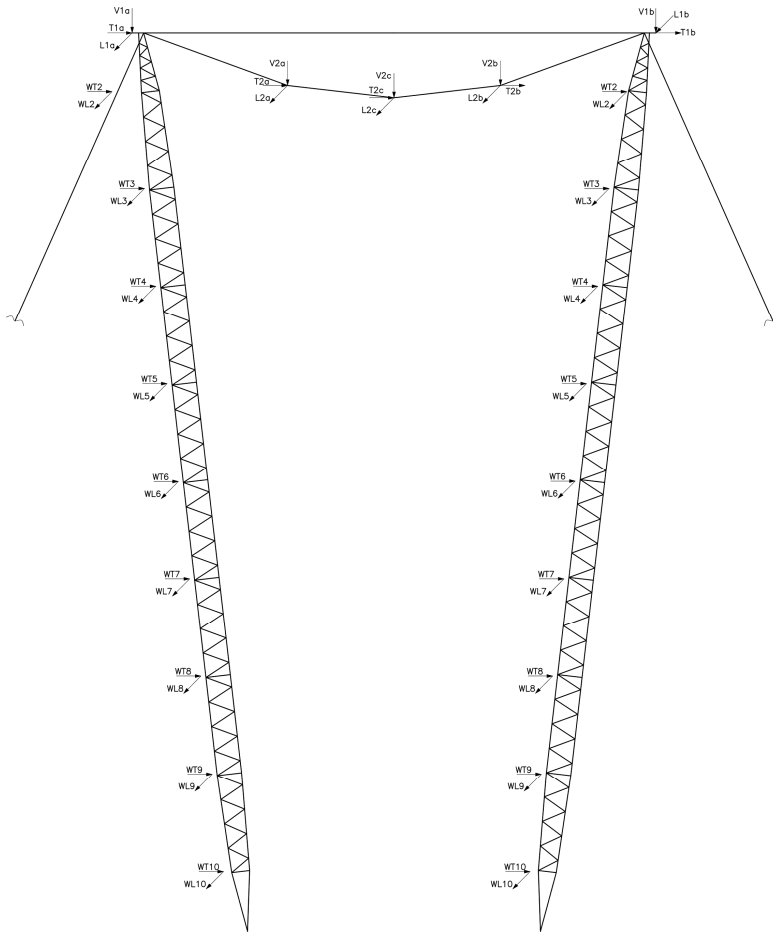
HIPÓTESE 4m - Cargas (kgf)			
Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	668	-	668
V1b	668	-	668
V2a	6006	-	6006
V2b	6006	-	6006
V2c	4310	-	4310
Cargas Transversais			
T1a	48	-	48
T1b	48	-	48
T2a	397	-	397
T2b	397	-	397
T2c	198	-	198
Cargas Longitudinais			
L1a	-	-	-
L1b	-	-	-
L2a	-	-	-
L2b	-	-	-
L2c	7955	-	7955

11.1.4 TESTE N° 4 - HIPÓTESE 6Fm



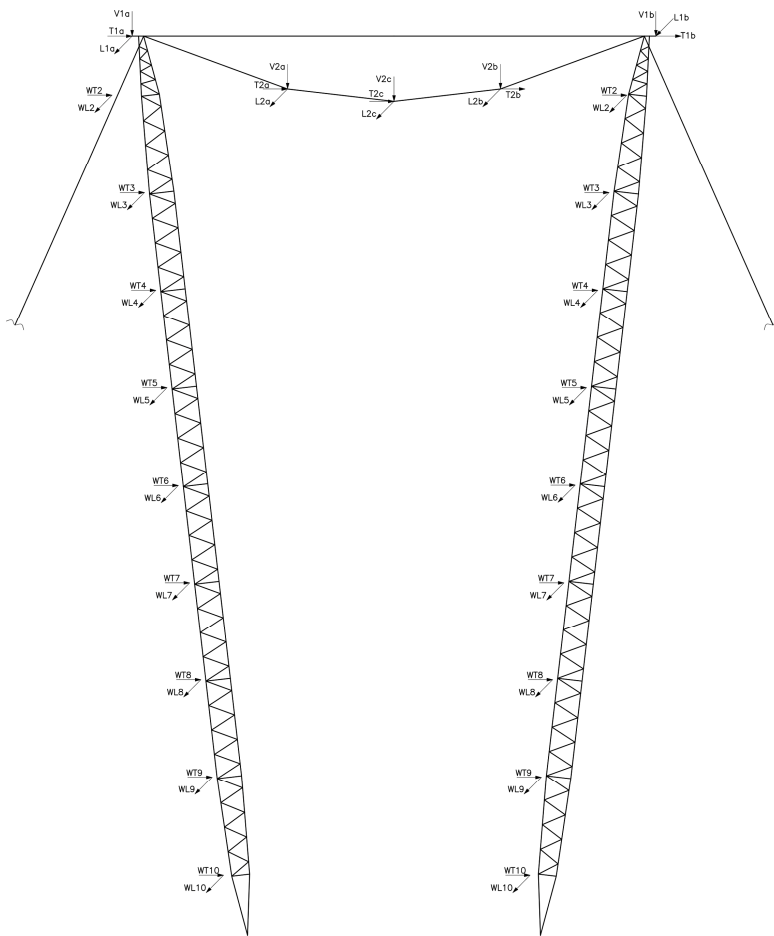
HIPÓTESE 6Fm - Cargas (kgf)			
Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	1260	-	1260
V1b	1260	-	1260
V2a	10473	-	10473
V2b	10473	-	10473
V2c	13661	-	13661
Cargas Transversais			
T1a	69	-	69
T1b	69	-	69
T2a	570	-	570
T2b	570	-	570
T2c	744	-	744
Cargas Longitudinais			
L1a	119	-	119
L1b	119	-	119
L2a	985	-	985
L2b	985	-	985
L2c	1285	-	1285

11.1.5 TESTE Nº 5 - HIPÓTESE 3-75



HIPÓTESE 3-75 - Cargas (kgf)			
Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	668	-	668
V1b	668	-	668
V2a	6006	-	6006
V2b	6006	-	6006
V2c	6006	-	6006
Cargas Transversais			
T1a	631	394/2	828
T1b	631	394/2	828
T2a	5719	-	5719
T2b	5719	-	5719
T2c	5719	-	5719
WT2	-	298	298
WT3	-	442	442
WT4	-	452	452
WT5	-	442	442
WT6	-	431	431
WT7	-	417	417
WT8	-	399	399
WT9	-	347	347
WT10	-	205	205
Cargas Longitudinais			
L1a	-	111/2	56
L1b	-	111/2	56
L2a	30	3/2	32
L2b	30	3/2	32
L2c	30	1	31
WL2	-	80	80
WL3	-	118	118
WL4	-	121	121
WL5	-	118	118
WL6	-	115	115
WL7	-	112	112
WL8	-	107	107
WL9	-	93	93
WL10	-	55	55

11.1.6 TESTE Nº 6 - HIPÓTESE 9



HIPÓTESE 9 - Cargas (kgf)			
Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	668	-	668
V1b	668	-	668
V2a	6006	-	6006
V2b	6006	-	6006
V2c	6006	-	6006
Cargas Transversais			
T1a	182	412/2	388
T1b	182	412/2	388
T2a	1775	-	1775
T2b	1775	-	1775
T2c	1775	-	1775
WT2	-	321	321
WT3	-	471	471
WT4	-	492	492
WT5	-	492	492
WT6	-	492	492
WT7	-	492	492
WT8	-	492	492
WT9	-	453	453
WT10	-	289	289
Cargas Longitudinais			
L1a	-	454/2	227
L1b	-	454/2	227
L2a	105	26/2	118
L2b	105	26/2	118
L2c	105	11	116
WL2	-	321	321
WL3	-	471	471
WL4	-	492	492
WL5	-	492	492
WL6	-	492	492
WL7	-	492	492
WL8	-	492	492
WL9	-	453	453
WL10	-	289	289

12 CARGAS MÁXIMAS SOBRE FUNDAÇÕES DOS MASTROS

EQT4/EQT5 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO V1CRL

CARGAS SOBRE FUNDACAO

AS CARGAS A SEGUIR APRESENTADAS NAO INCLUEM QUALQUER FATOR ADICIONAL DE SOBRECARGA ESPECIFICO PARA FUNDACOES

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=	-1006	VM=	-81792	LM=	-130
Hip.= 9	TM=	2364	VM=	-39208	LM=	1967
Hip.= 6Fm	TM=	903	VM=	-77653	LM=	-121
Hip.= 3-75	TM=	766	VM=	-73112	LM=	408
Hip.= 9	TM=	1440	VM=	-58686	LM=	1917
Hip.= 4m	TM=	-469	VM=	-50874	LM=	-176

RESUMO DAS CARGAS ULTIMAS MAXIMAS SOBRE FUNDACOES - SISTEMA RETANGULAR

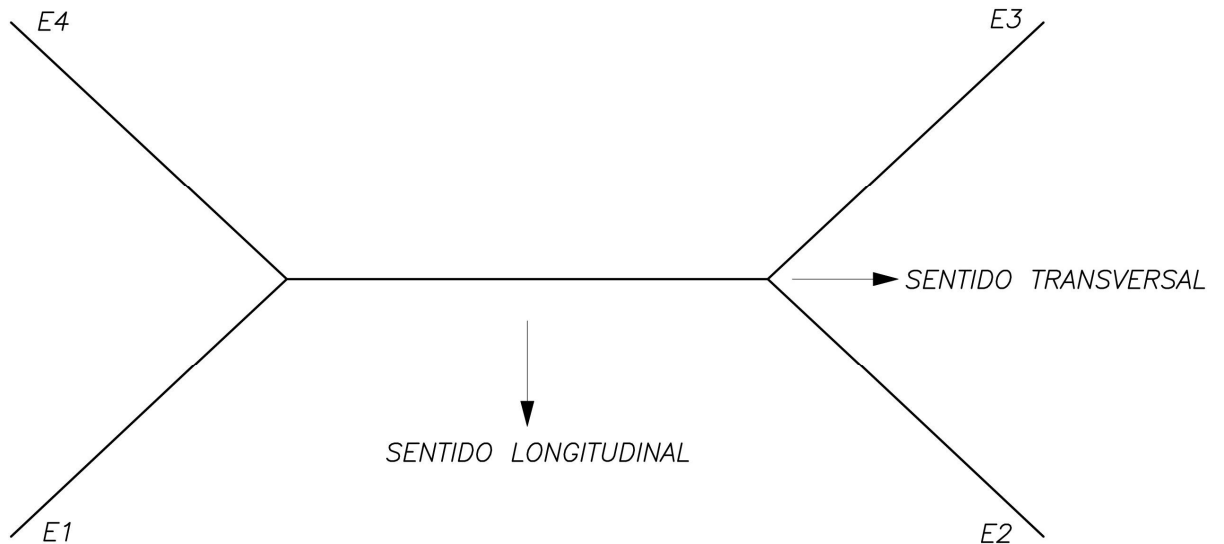
NOTAS :

- 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).

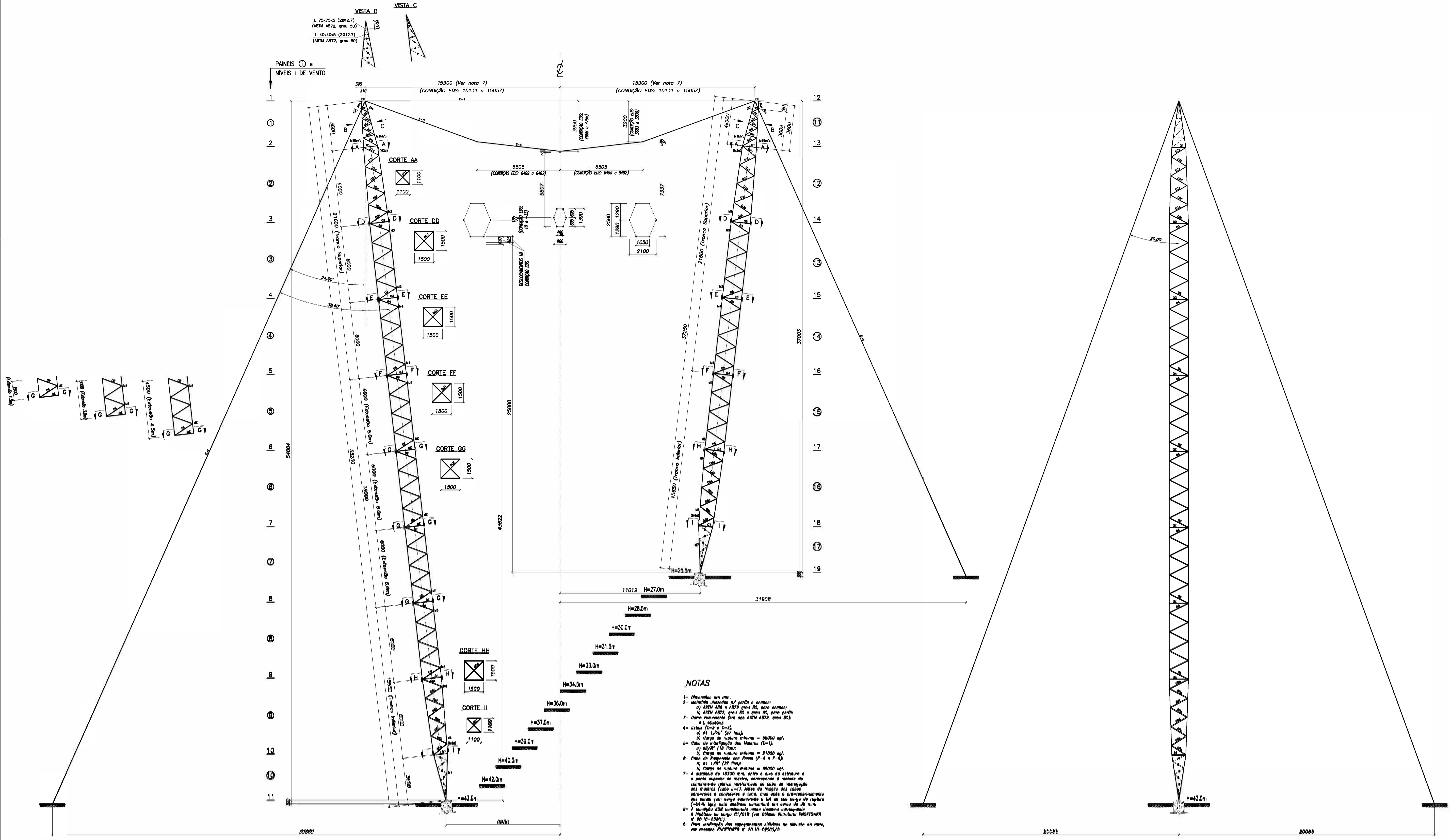
CARGAS COM VERTICAL DE COMPRESSAO

Hip.= 6Fm	T =	8394	V =	-81250	L =	-130
Hip.= 3-75	T =	9169	V =	-72627	L =	408
Hip.= 9	T =	-2142	V =	-38949	L =	1967
Hip.= 9	T =	8185	V =	-58297	L =	1917
Hip.= 6Fm	T =	-8022	V =	-77138	L =	-121
Hip.= 4m	T =	5378	V =	-50537	L =	-176

13 CARGAS PREVISTAS NOS ESTAIS

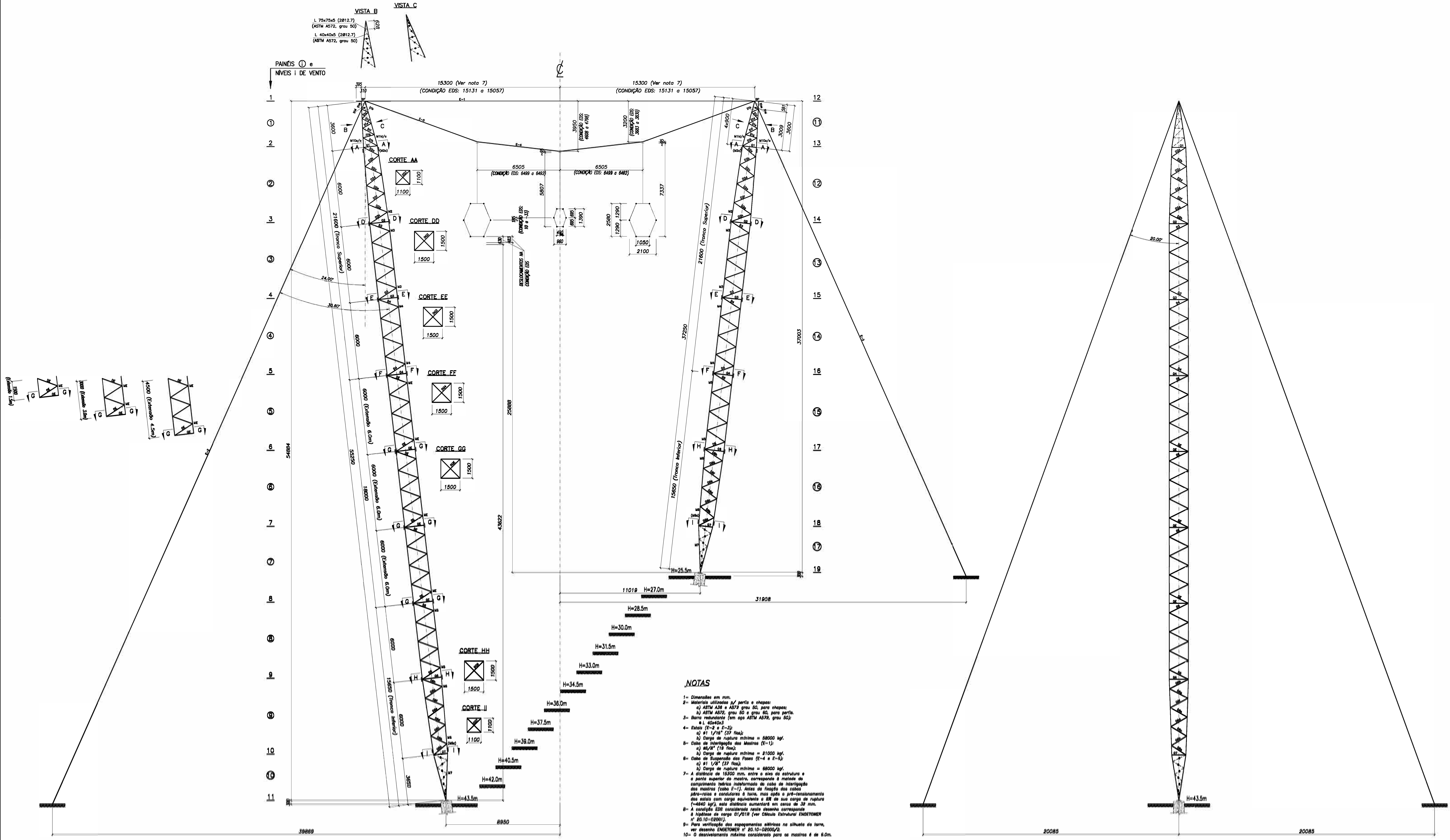


ESTAI HIPÓTESE	E1	E2	E3	E4
5e	17404	18700	18873	22770
4m	14491	13566	26189	27474
4e	11742	15876	23356	29867
6Fm	30158	28188	33800	35933
3-75	31097	8344	10192	33039
9	20691	10361	18139	28596



- NOTAS**
- 1- Dimensões em mm.
 - 2- Materiais utilizados \forall perfis e chapas:
 - a) ASTM A36 e A572 grau 50, para chapas;
 - b) ASTM A572, grau 50 e grau 55, para perfis;
 - 3- Barra reforçada (em aço ASTM A572, grau 50) e \forall diâmetros
 - 4- Estais (E-3 e E-3'):
 - a) \forall 1/2" (12,7 mm);
 - b) Carga de ruptura mínima = 28000 kgf;
 - 5- Cabo de interligação dos Mastros (E-1):
 - a) 3/8" (9,5 mm);
 - b) Carga de ruptura mínima = 21000 kgf;
 - 6- Cabo de Suspensão das Passos (E-4 e E-5):
 - a) \forall 1/2" (12,7 mm);
 - b) Carga de ruptura mínima = 28000 kgf;
 - 7- A distância de 15300 mm, entre o eixo da estrutura e o ponto superior do mastro, corresponde à metade do comprimento teórico informado no cabo de interligação dos mastros (Cabo E-1). Antes do traço dos cabos para-ruas e condutores à torre, mas após o pré-tensionamento dos estais com carga equivalente a 50% de sua carga de ruptura (28000 kgf), esta distância aumentará em cerca de 12 mm.
 - 8- A avaliação EDS considerou neste sistema correspondente à hipótese de carga D1/D1K (ver Cálculo Estrutural ENGETOWER n.º 20.10-02000/1).
 - 9- Para verificação dos espaçamentos mínimos na silhueta da torre, ver sistema ENGETOWER n.º 20.10-02000/2.




PROJETO ESTRUTURAL		CLIENTE	
engetower		AG ANDRADE GUTIERREZ EQUATORIAL TRANSMISSÃO	
FEZ	18.04.17	TRAZ	LEILÃO ANEEL 013/2015 2ª ETAPA - LOTE 14B
VERIFICADO	18.04.17	LINHA DE TRANSMISSÃO 500 KV CIRCUITO SIMPLES	
VISTO PROJETO		IGAPORÁ III / JANGABA 3 C1	
APROVADO	18.04.17	TORRE TIPO V1CRL	
DATA	1882	DESENHO DE SILHUETA	
ESCALA	1:100	NÚMERO DE IDENTIFICAÇÃO	
REV. 00	20.10-D2000/1	RE-EQT4-L401-PB-EST-0016 00	



NOTAS

- 1- Dimensões em mm.
- 2- Materiais utilizados *em perfis e chapas*:
 a) ASTM A36 e A572 grau 50, para chapas;
 b) ASTM A572, grau 50 e grau 55, para perfis;
 c) Barra reforçada (em aço ASTM A670, grau 60) e 1-400000.
- 3- Barras reforçadas (em aço ASTM A670, grau 60) e 1-400000.
- 4- Entalhes (E-2 e E-3):
 a) #1 1/4" (31.75 mm);
 b) Carga de ruptura mínima = 88000 kgf;
 c) Carga de ruptura mínima = 58000 kgf.
- 5- Carga de interligação nos Mastros (E-1):
 a) #5/8" (15.88 mm);
 b) Carga de ruptura mínima = 21000 kgf;
- 6- Carga de suspensão nos Passos (E-4 e E-5):
 a) #1 1/2" (38.10 mm);
 b) Carga de ruptura mínima = 88000 kgf;
- 7- A distância de 15300 mm, entre o eixo da estrutura e o ponto superior do mastro, corresponde à metade do comprimento teórico informado no cabo de interligação dos mastros (cabo E-1). Antes da fixação dos cabos pára-raios e condutores à torre, mas após o pré-tensionamento dos cabos com carga equivalente a 50% de sua carga de ruptura (cabo E-1), esta distância aumentará em cerca de 30 mm.
- 8- A avaliação EDS considerada neste sistema corresponde à hipótese de carga 01/01K (ver Cálculo Estrutural ENGETOWER nº 02.10-02000/1).
- 9- Para verificação dos espaçamentos mínimos na silhueta da torre, ver desenho ENGETOWER nº 02.10-02000/2.
- 10- O desalinhamento máximo considerado para os mastros é de 8.0m.

PROJETO ESTRUTURAL		CLIENTE	
engetower		AG ANDRADE GUTIERREZ equatorial TRANSMISSÃO	
FCS 18.04.17		Linha LEILÃO ANEEL 013/2015 2ª ETAPA - LOTE 14B	
VERIFICADO RCM 18.04.17		LINHA DE TRANSMISSÃO 500 kV CIRCUITO SIMPLES	
VISTO PROJETO		IGAPORA III / JANAUBA 3 C1	
01		TORRE TIPO V1CRL	
00		DESENHO DE SILHUETA	
REV. DATA		REVISÃO	
20.10-D2000/1		RE-EQT4-L401-PB-EST-0016 01	

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 14B LT 500 kV C.S. Igaporã III / Janaúba 3 C1 TORRE TIPO V1CRL Cálculo Estrutural</p>					
Nº ENGETOWER 20.10-C2001	Nº DOCUMENTO RE-EQT4-L401-PB-EST-0017			FOLHA 1 de 34	REVISÃO 00

ÍNDICE

1 NOTAS GERAIS DE CÁLCULO	Pág.	3		
2 ESQUEMA ESTRUTURAL	Pág.	4		
3 HIPÓTESES DE CARGA	Pág.	5	a	19
4 CARGAS DEVIDAS AO VENTO SOBRE A TORRE	Pág.	20	a	21
5 DIMENSIONAMENTO DE BARRAS E CONEXÕES	Pág.	22	a	27
6 CARGAS ÚLTIMAS SOBRE FUNDAÇÕES DOS MASTROS	Pág.	28	a	30
7 DIMENSIONAMENTO DOS CABOS E DE SUAS CONEXÕES À TORRE	Pág.	31	a	33
8 CÁLCULO DO APOIO DA BASE DOS MASTROS	Pág.	34		

1 NOTAS GERAIS DE CÁLCULO

1.1 PARÂMETROS BÁSICOS DA TORRE

Tensão	500 kV	
Circuito	SIMPLES, COM 2 PÁRA-RAIOS	
Aplicação	SUSPENSÃO	
Vão básico (m)	500	
Ângulo de deflexão	0°	2°
Vão médio (m)	535	460
Vão gravante (m)	300 a 700 (condutor) e 300 a 750 (pára-raios)	
Cabo pára-raios	cabo OPGW Ø16.75mm ou cabo OPGW Ø13.4mm ou CAA "DOTTEREL" 176.9 kcmil ou cabo de aço galvanizado Ø3/8" EHS	
Cabo condutor (6 cabos/fase)	CAL 838 kcmil (Al 1120)	

1.2 MATERIAIS EMPREGADOS

Aço estrutural:

ASTM A36	Fy = 2531 kgf/cm ² (Tensão de fluência)
	Fu = 4077 kgf/cm ² (Tensão de ruptura)
ASTM A572 GRAU 50	Fy = 3515 kgf/cm ² (Tensão de fluência)
	Fu = 4570 kgf/cm ² (Tensão de ruptura)
ASTM A572 GRAU 60	Fy = 4218 kgf/cm ² (Tensão de fluência)
	Fu = 5273 kgf/cm ² (Tensão de ruptura)

Parafusos (rosca excluída da seção de corte):

ASTM A394 TIPO "0" Fv = 2620 kgf/cm² (Tensão admissível ao corte)

Estais:

Ø1 1/16" (37 fios) CR = 58000 kgf (Carga mínima de ruptura)

Cabo de Interligação dos Mastros:

Ø5/8" (19 fios) CR = 21000 kgf (Carga mínima de ruptura)

Cabo de Suspensão das Fases:

Ø1 1/8" (37 fios) CR = 68000 kgf (Carga mínima de ruptura)

1.3 NORMAS E ESPECIFICAÇÕES PARA DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento da torre (barras e ligações) foi feito de acordo com a Norma ASCE 10-15 ("Design of Latticed Steel Transmission Structures"), adotando-se um coeficiente de minoração de resistências igual a 0.93. Isto significa que as tensões admissíveis utilizadas no dimensionamento estrutural foram obtidas multiplicando-se as tensões limites recomendadas pela ASCE pelo fator 0.93.

1.4 SOFTWARE USADO NO CÁLCULO

O cálculo estrutural foi feito com a utilização de programas de computador desenvolvidos por ENGETOWER, baseados no método dos elementos finitos e que fazem a análise estática não-linear de estruturas reticuladas. O modelo estrutural empregado foi o de treliça espacial.

2 ESQUEMA ESTRUTURAL

O desenho ENGETOWER nº 20.10-D2000/1 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-D2000/2.

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
 - \emptyset = 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 $\emptyset 16.75\text{mm}$
 - A = área da seção transversal = 1.5900 cm^2
 - \emptyset = 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 $\emptyset 13.4\text{mm}$
 - A = área da seção transversal = 1.0300 cm^2
 - \emptyset = 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
 - \emptyset = 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 $\emptyset 3/8$ " EHS
 - A = área da seção transversal = 0.5114 cm^2
 - \emptyset = diâmetro = 0.9520 cm
 - ρ = peso = 0.4060 kgf/m
 - CR = carga de ruptura = 6990 kgf
 - E_i = módulo de elasticidade inicial = $1.8500 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
 - E_f = módulo de elasticidade final = $1.8500 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
 - α_i = coeficiente de dilatação térmica linear inicial = $1.1500 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$
 - α_f = coeficiente de dilatação térmica linear final = $1.1500 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$

3.1.2 CADEIAS DE ISOLADORES

- CADEIA DE SUSPENSÃO I:
 - peso = 300 kgf
 - A_e = área exposta ao vento $\cong 23 \times 0.170 \times 0.280 = 1.095 \text{ m}^2$

3.1.3 AÇÃO DO VENTO

3.1.3.1 VENTO MÁXIMO

- De acordo com IEC/TR 60826, considerando-se período de integração igual a 2-3 segundos para a ação do vento sobre cabos, cadeia de isoladores e estrutura.
- T = período de retorno = 250 anos
- VR(50) = velocidade de referência do vento para T igual a 50 anos = 22.22 m/s (80 km/h)
- VR(250) = velocidade de referência do vento para T igual a 250 anos = 25.00 m/s (90 km/h)
- Terreno categoria "B" ($K_r = 1.00$)
- q_0 = pressão dinâmica de referência = $1/2 \times \rho \times [K_r \times VR(250)]^2/g$
 - ρ = massa específica do ar = 1.121 kg/m^3
 - g = aceleração da gravidade = 9.81 m/s^2
 - $\Rightarrow q_0 = 35.7 \text{ kgf/m}^2$
- Obs.: A pressão dinâmica reduzida será tomada igual a 36% do valor acima calculado

3.1.3.2 VENTO DE ALTA INTENSIDADE

- Será considerado vento com velocidade $V_i = 44.44 \text{ m/s}$ (160 km/h), constante com a altura, atuando integralmente sobre a estrutura e sobre 25% do vão médio.
- q_i = pressão dinâmica associada a $V_i = 1/2 \times \rho \times V_i^2/g$
 - ρ = massa específica do ar = 1.121 kg/m^3
 - g = aceleração da gravidade = 9.81 m/s^2
 - $\Rightarrow q_i = 112.8 \text{ kgf/m}^2$

3.1.4 TRAÇÕES NOS CABOS

- ESTADOS DE CARGA:
 - 1 EDS: 22°C, sem vento
 - 2 Temperatura mínima: 5°C
 - 3 Temperatura máxima: 55°C no condutor e 39°C no pára-raios
 - 4 Vento máximo 90° (transversal), temperatura = 17°C
 - 5 Vento máximo 75°, temperatura = 17°C
 - 6 Vento máximo 60°, temperatura = 17°C
 - 7 Vento máximo 45°, temperatura = 17°C
 - 8 Vento máximo 30°, temperatura = 17°C
 - 9 Vento máximo 15°, temperatura = 17°C
 - 10 Vento máximo 0°, temperatura = 17°C
 - 11 Vento reduzido 90°, temperatura = 17°C

- Resultados, na condição final, para vãos básicos máximos da LT:

ESTADO DE CARGA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
CONDUTOR (*)	1894	1982	1751	3410	3266	2882	2409	2055	1929	1919	2190
PÁRA-RAIOS 1	1374	1425	1329	2454	2352	2082	1744	1488	1396	1389	1586
PÁRA-RAIOS 2	1223	1260	1188	2034	1956	1748	1493	1305	1239	1233	1376
PÁRA-RAIOS 3	1180	1223	1140	2204	2109	1857	1537	1290	1199	1192	1386
PÁRA-RAIOS 4	727	747	709	1357	1299	1143	945	793	737	733	852

(*) Trações para 1 cabo

Notas: a) Trações para vão básico de:

- \Rightarrow cabo CONDUTOR: 510.0 m
- \Rightarrow cabo PÁRA-RAIOS 1: 510.0 m
- \Rightarrow cabo PÁRA-RAIOS 2: 510.0 m
- \Rightarrow cabo PÁRA-RAIOS 3: 510.0 m

- ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 4: 510.0 m
- b) Trações para condição final, considerando-se:
- ⇒ cabo CONDUTOR: Tração final EDS = 20.0% de CR
(flecha final condição EDS = 20.162 m)
- ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 1: Tração final EDS = 13.9% de CR
(flecha final condição EDS = 18.198 m -> 90% CONDUTOR)
(flecha final temperatura mínima = 17.552 m -> 91% CONDUTOR)
- ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 2: Tração final EDS = 12.9% de CR
(flecha final condição EDS = 18.168 m -> 90% CONDUTOR)
(flecha final temperatura mínima = 17.624 m -> 91% CONDUTOR)
- ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 3: Tração final EDS = 15.0% de CR
(flecha final condição EDS = 18.137 m -> 90% CONDUTOR)
(flecha final temperatura mínima = 17.494 m -> 91% CONDUTOR)
- ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 4: Tração final EDS = 10.4% de CR
(flecha final condição EDS = 18.189 m -> 90% CONDUTOR)
(flecha final temperatura mínima = 17.710 m -> 92% CONDUTOR)
- c) Pressões máximas de vento sobre cabos:
- ⇒ cabo CONDUTOR : 70.29 kgf/m² (H = 23.0m G_C = 2.14 G_L = 0.92)
- ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 1 : 75.21 kgf/m² (H = 34.0m G_C = 2.29 G_L = 0.92)
- ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 2 : 75.21 kgf/m² (H = 34.0m G_C = 2.29 G_L = 0.92)
- ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 3 : 75.21 kgf/m² (H = 34.0m G_C = 2.29 G_L = 0.92)
- ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 4 : 75.21 kgf/m² (H = 34.0m G_C = 2.29 G_L = 0.92)
- d) Flechas na temperatura mínima para vão básico:
- ⇒ cabo CONDUTOR : 19.3 m
- ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 1 : 17.6 m
- ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 2 : 17.6 m
- ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 3 : 17.5 m
- ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 4 : 17.7 m
- e) Flechas na temperatura máxima para vão básico:
- ⇒ cabo CONDUTOR : 21.8 m
- f) Alturas médias dos cabos para vão básico:
- ⇒ cabo CONDUTOR: H = 12.5 + 21.8 + 1.3 - 2/3 x 19.3 =
= 22.7 m (adotada: 23.0 m)
Obs.: 12.5 m = distância mínima fase/solo
1.3 m = distância típica fase inferior ao c.g. das fases
- ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 1: H = 12.5 + 21.8 + 10.7 - 2/3 x 17.6 =
= 33.3 m (adotada: 34.0 m)
Obs.: 10.7 m = altura típica pára-raios em relação à fase inferior
- ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 2: H = 12.5 + 21.8 + 10.7 - 2/3 x 17.6 =
= 33.3 m (adotada: 34.0 m)
Obs.: 10.7 m = altura típica pára-raios em relação à fase inferior
- ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 3: H = 12.5 + 21.8 + 10.7 - 2/3 x 17.5 =
= 33.3 m (adotada: 34.0 m)
Obs.: 10.7 m = altura típica pára-raios em relação à fase inferior
- ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 4: H = 12.5 + 21.8 + 10.7 - 2/3 x 17.7 =
= 33.2 m (adotada: 34.0 m)
Obs.: 10.7 m = altura típica pára-raios em relação à fase inferior

3.1.5 CARGAS LONGITUDINAIS DECORRENTES DE RUPTURA DE CABO

- PÁRA-RAIOS: 1.25 x Tração EDS
- FASES: 0.70 x Tração EDS

3.1.6 CARGAS LONGITUDINAIS PARA CONTENÇÃO DE QUEDA EM CASCATA

- PÁRA-RAIOS: 0.50 x Tração EDS
- FASES: 0.25 x Tração EDS

3.1.7 HIPÓTESES DE CARGA E FATORES DE SOBRECARGA - SUSPENSÃO

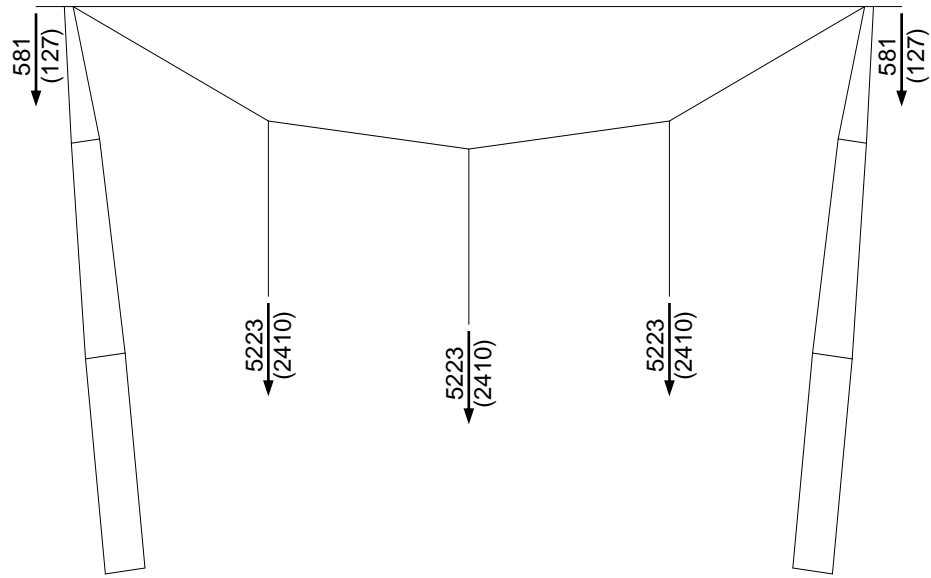
- HIP. 1: Cabos intactos, com vento transversal máximo (90°)
- HIP. 2: Cabos intactos, com vento longitudinal máximo
- HIP. 3: Cabos intactos, com vento máximo a 45°, 60° ou 75°
- HIP. 4: Ruptura de 1 fase, sem vento
- HIP. 5: Ruptura de 1 pára-raios, sem vento
- HIP. 6: Construção/Manutenção, sem vento
- HIP. 7: Cabos intactos, com vento transversal de alta intensidade
- HIP. 8: Cabos intactos, com vento longitudinal de alta intensidade
- HIP. 9: Cabos intactos, com vento de alta intensidade a 45°, 60° ou 75°
- HIP. 10: Contenção de queda em cascata, sem vento
- HIP. 11: Grampeamento, sem vento
- Fatores de sobrecarga:
 - ⇒ Cargas transversais:
 - HIP. 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 e 10 : 1.00
 - HIP. 6 : 1.50 (em construção)
ou 1.15 (já construído)
 - HIP. 11 : 1.50
 - ⇒ Cargas verticais:
 - HIP. 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 e 10 : 1.15 (normais)
ou 0.87 (reduzidas)
 - HIP. 6 : 1.50 (em construção)
ou 1.15 (já construído)
 - HIP. 11 : 1.50
 - Para hipóteses com cargas verticais reduzidas, fator de sobrecarga considerado para o peso próprio da estrutura: 0.87
 - ⇒ Cargas longitudinais:
 - HIP. 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 e 10 : 1.00
 - HIP. 6 : 1.50 (em construção)
ou 1.15 (já construído)
 - HIP. 11 : 1.50

3.1.8 CARGAS POR HIPÓTESE

Notas:

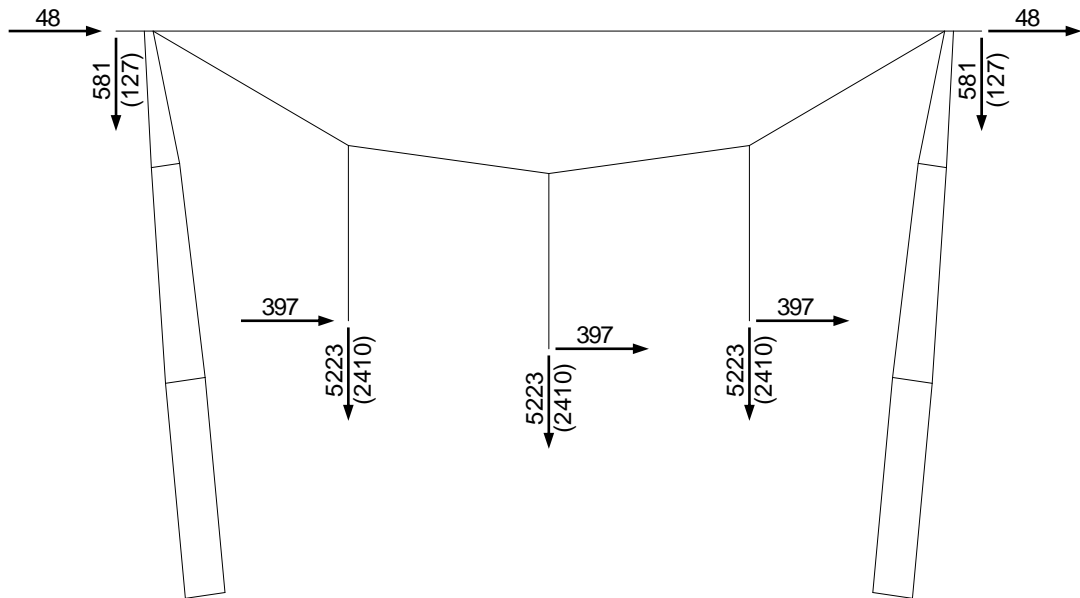
1. Para as hipóteses com vento de alta intensidade (hip. 7, 8 e 9), considerou-se trações atuantes iguais às obtidas para Vento Reduzido (90°)

3.2 PARA VERIFICAÇÕES ELÉTRICAS E DE GEOMETRIA



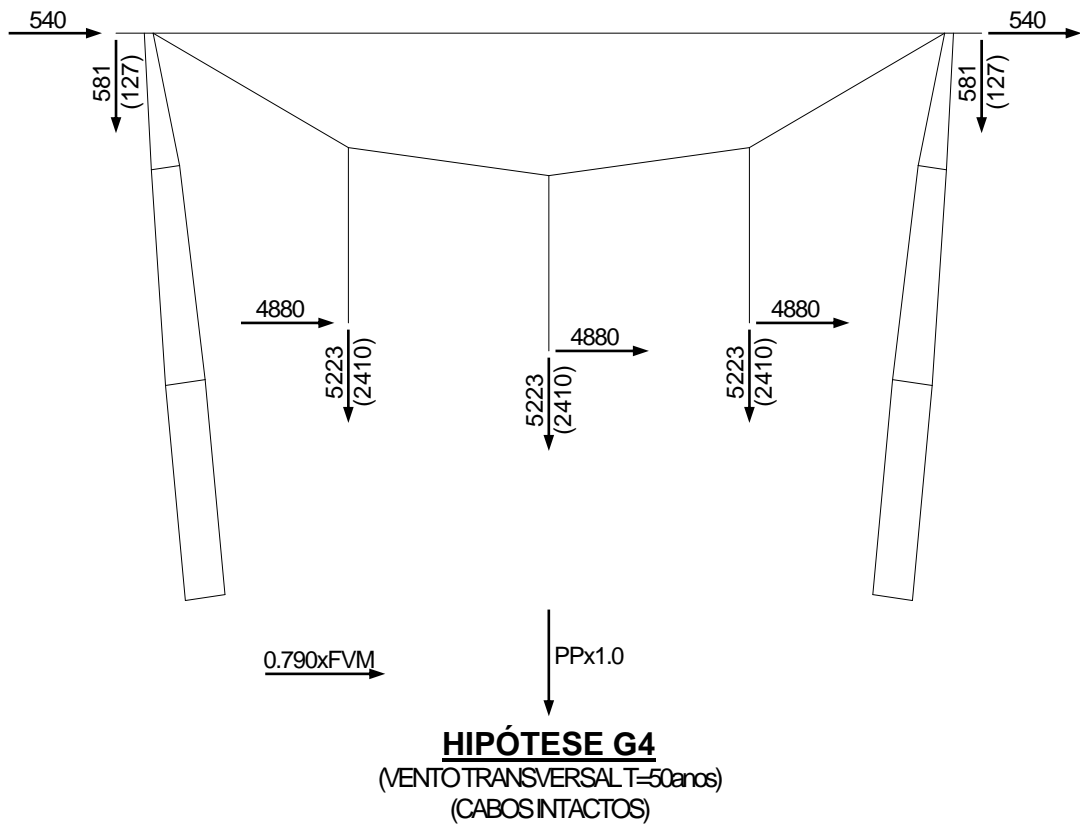
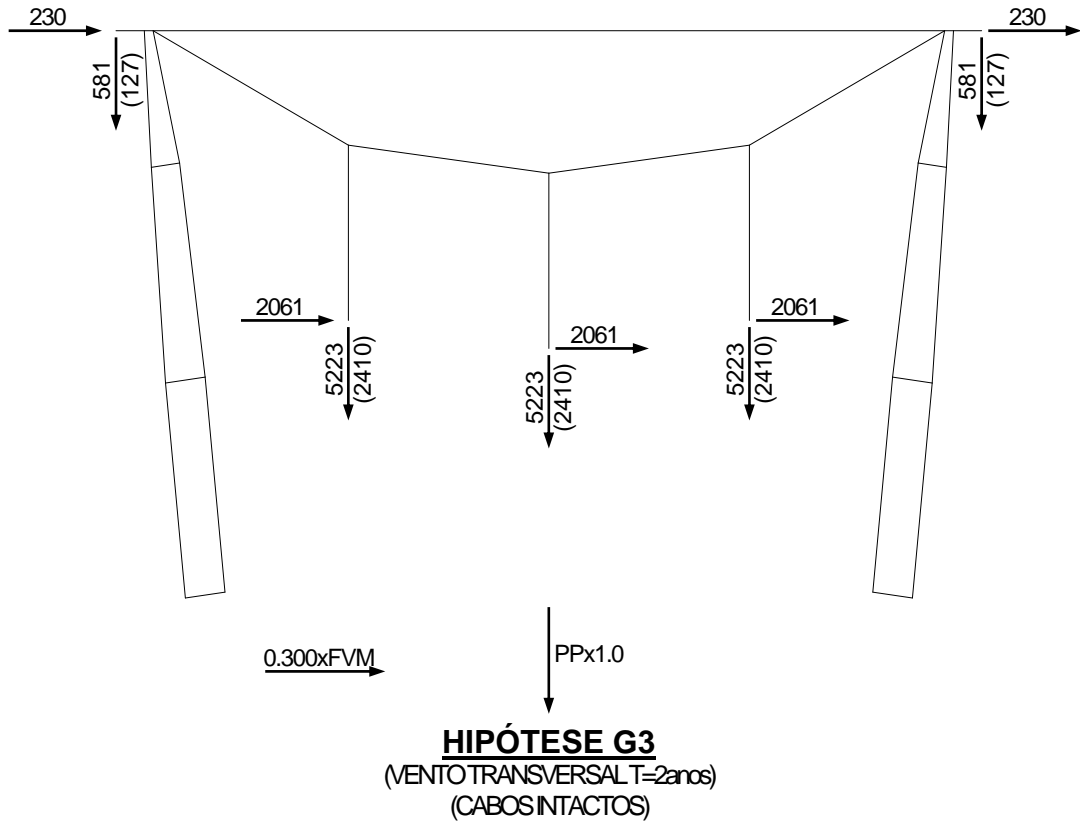
PPx1.0

HIPÓTESE G1
(SEM VENTO)
(EDS-ALINHAMENTO)

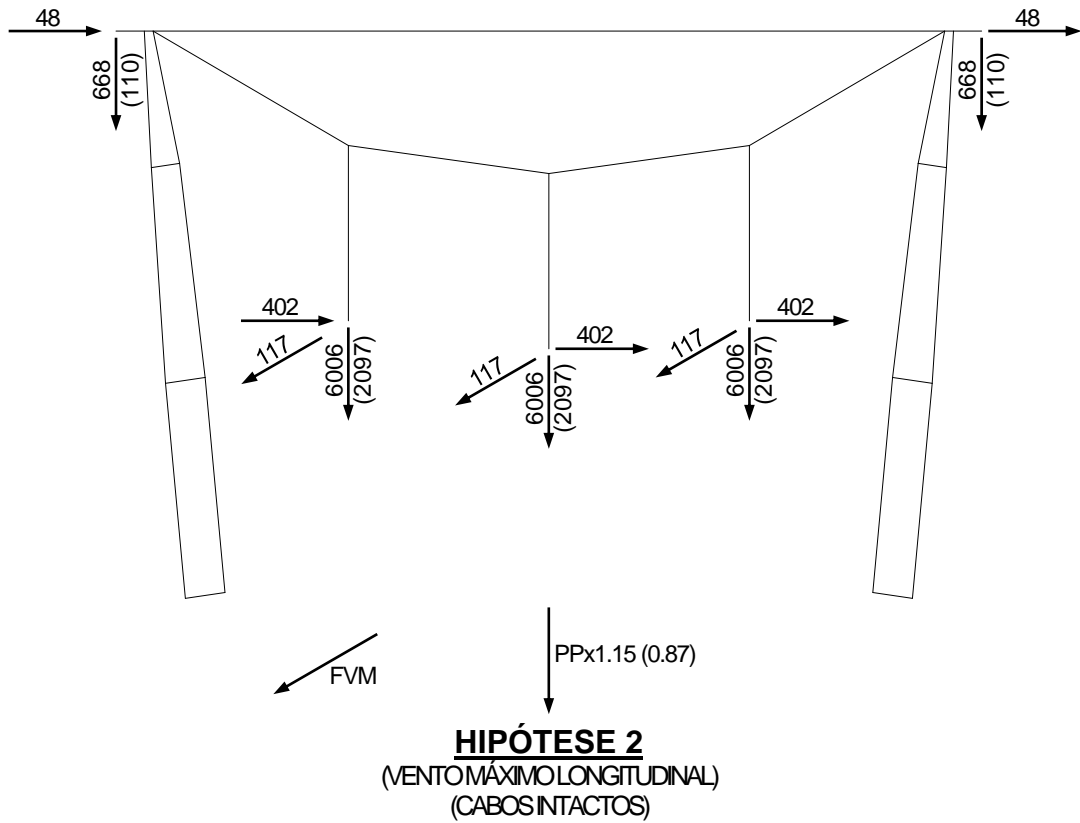
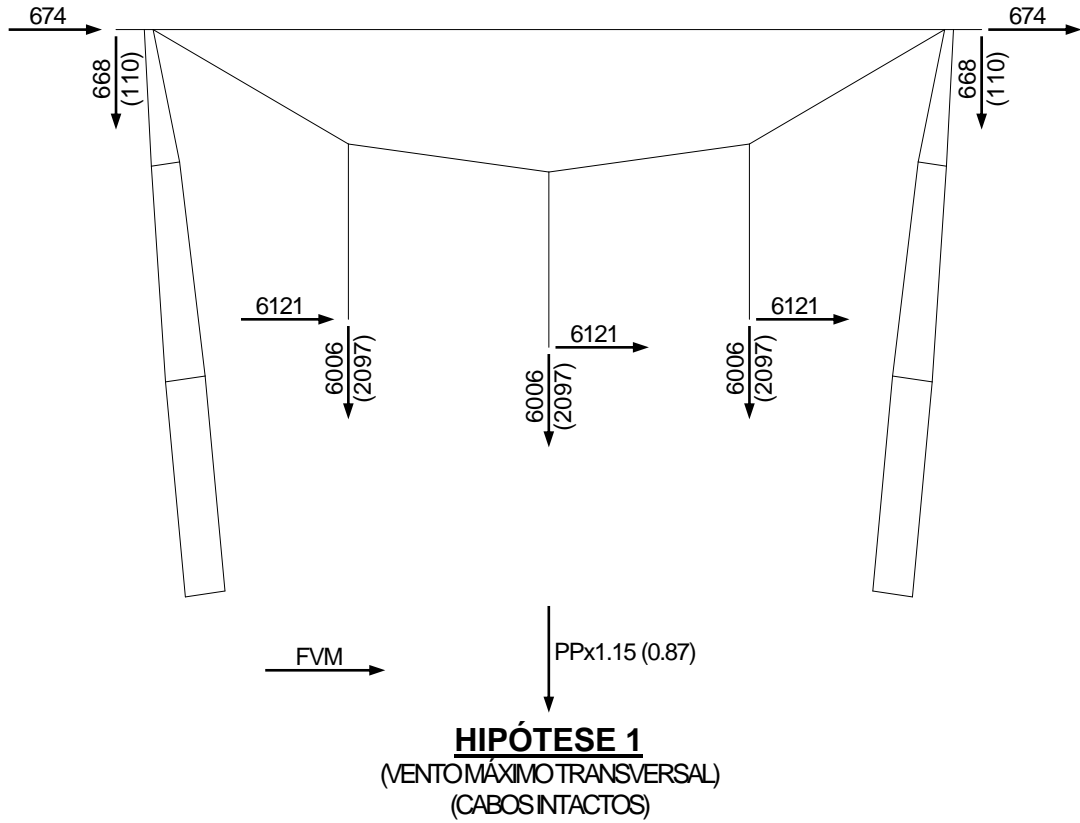


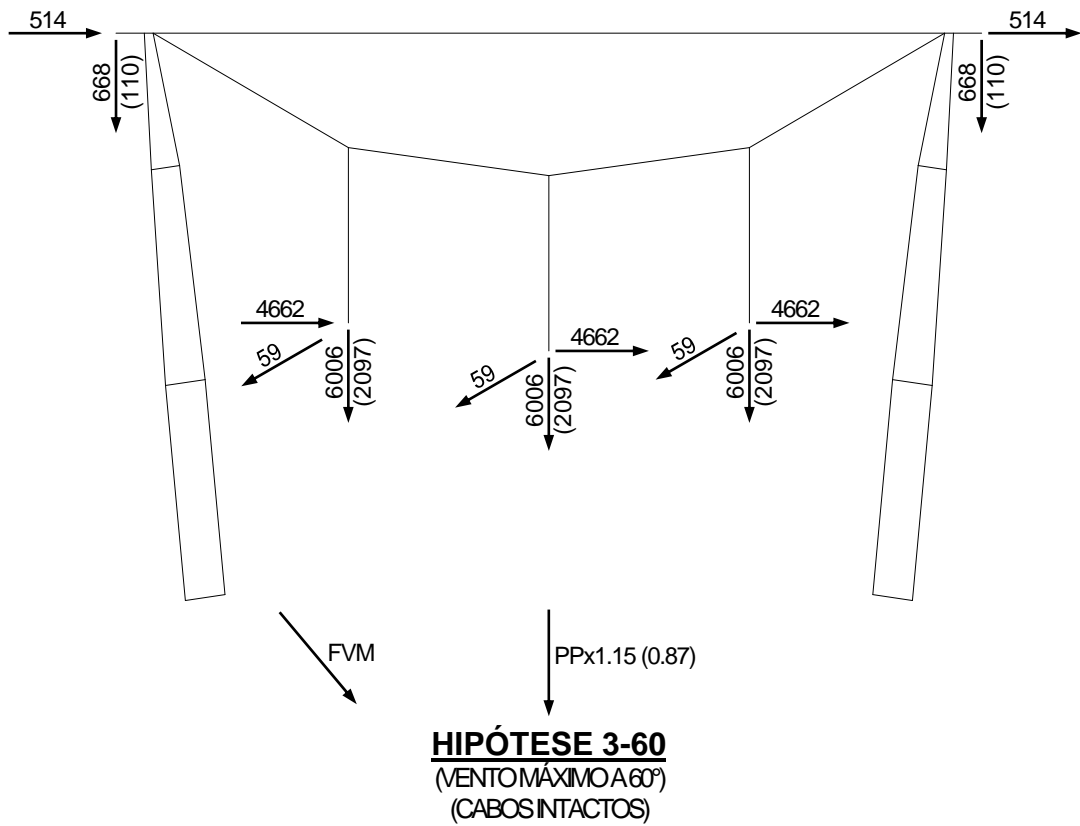
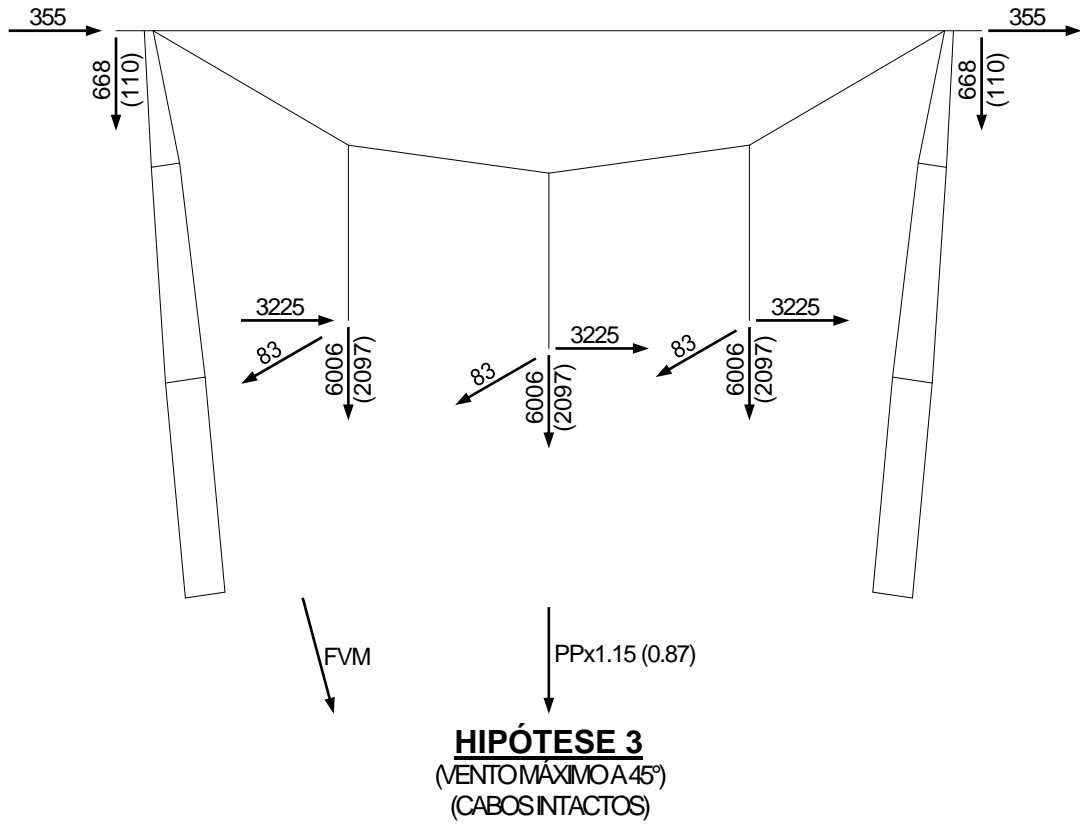
PPx1.0

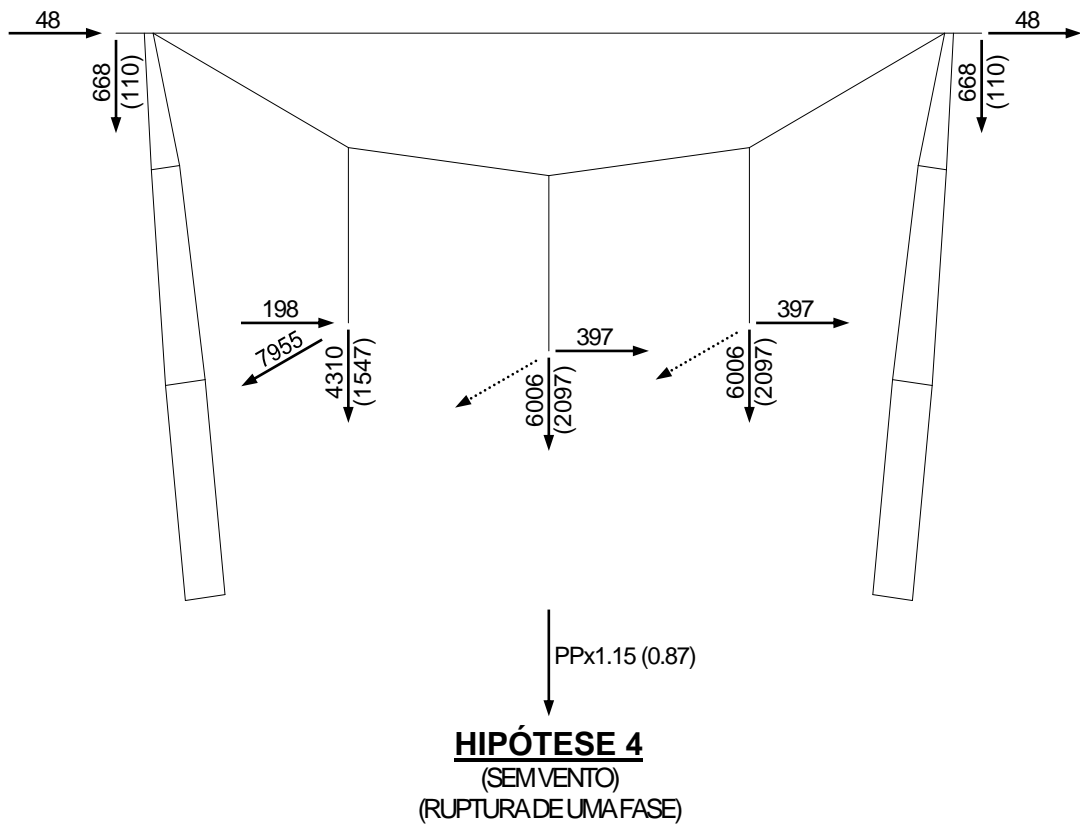
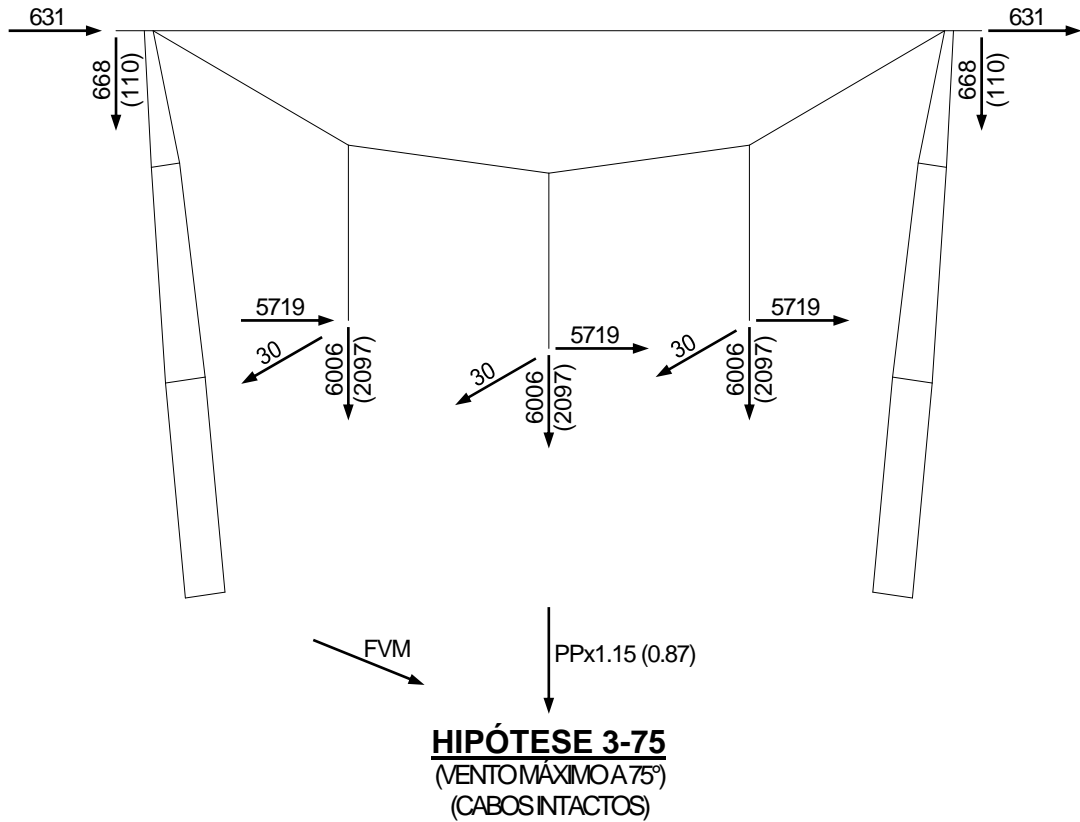
HIPÓTESE G2
(SEM VENTO)
(EDS-ÂNGULO MÁXIMO)

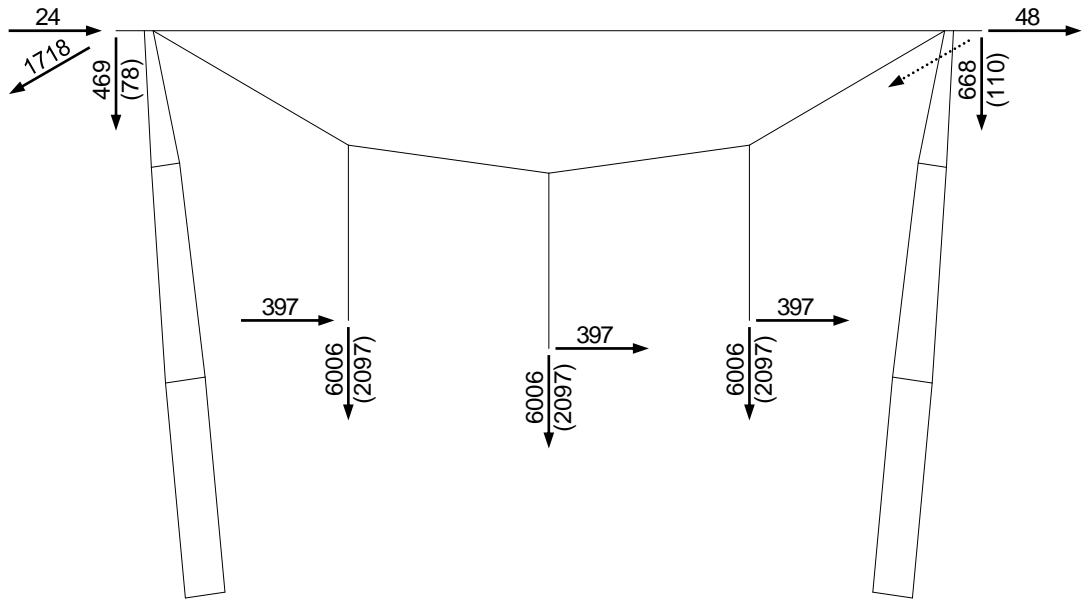


3.3 PARA DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL



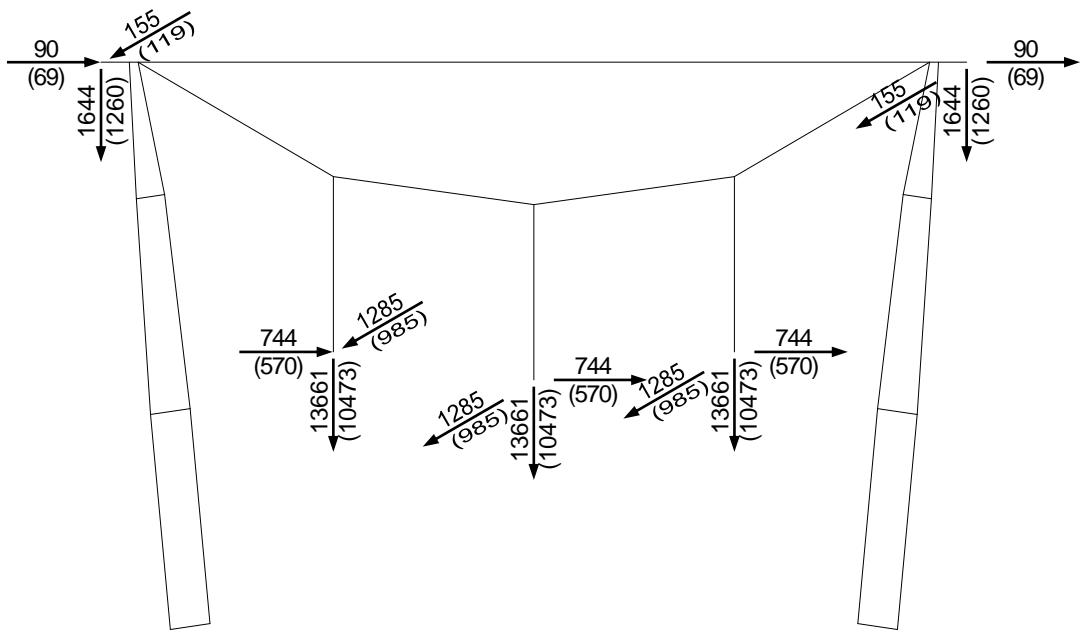






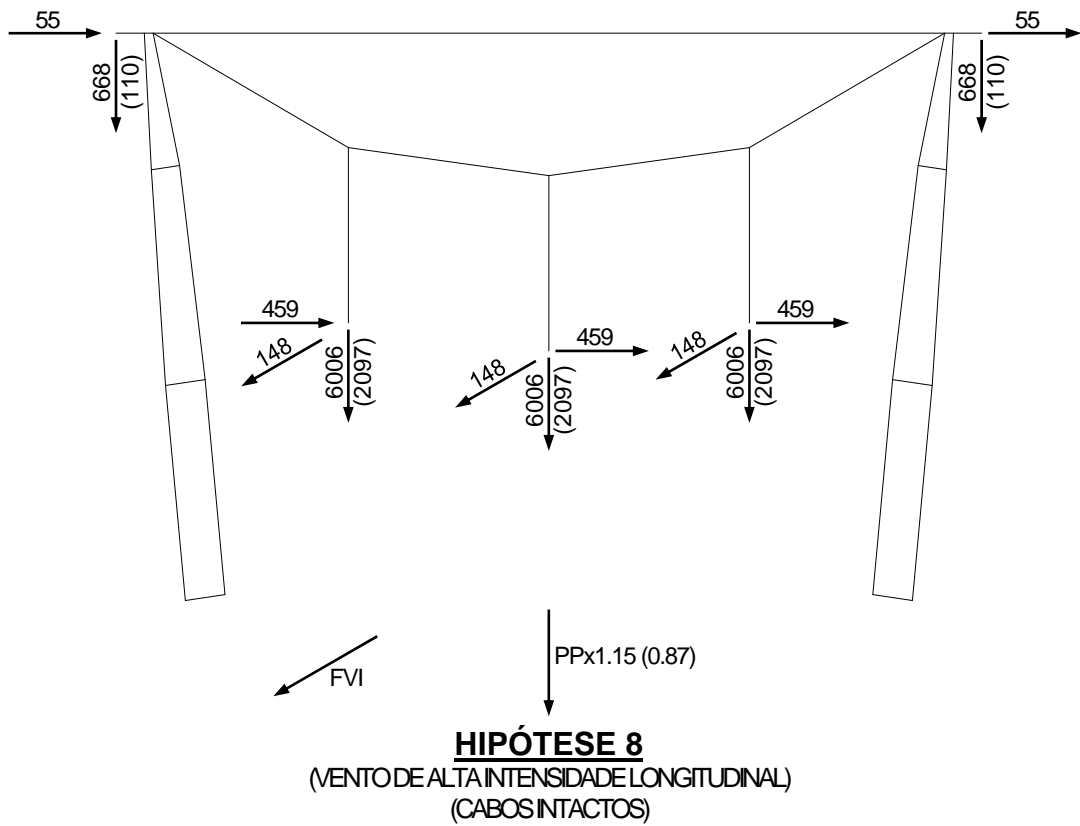
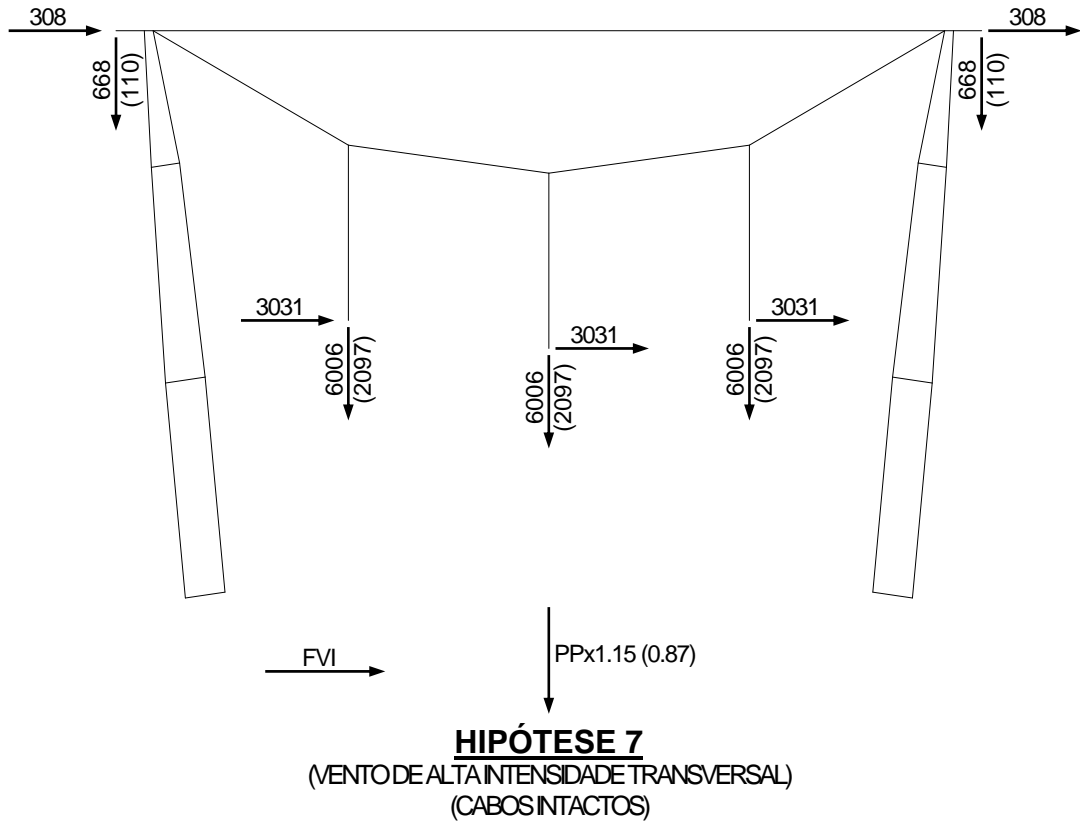
PPx1.15 (0.87)

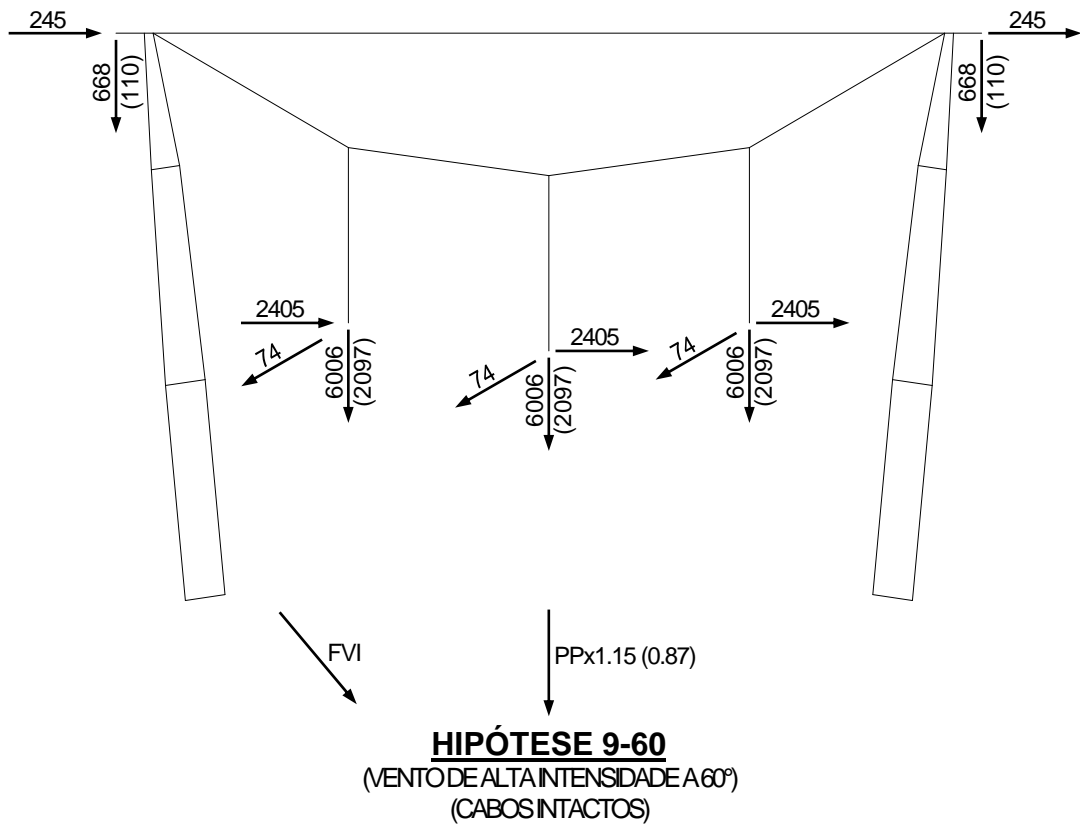
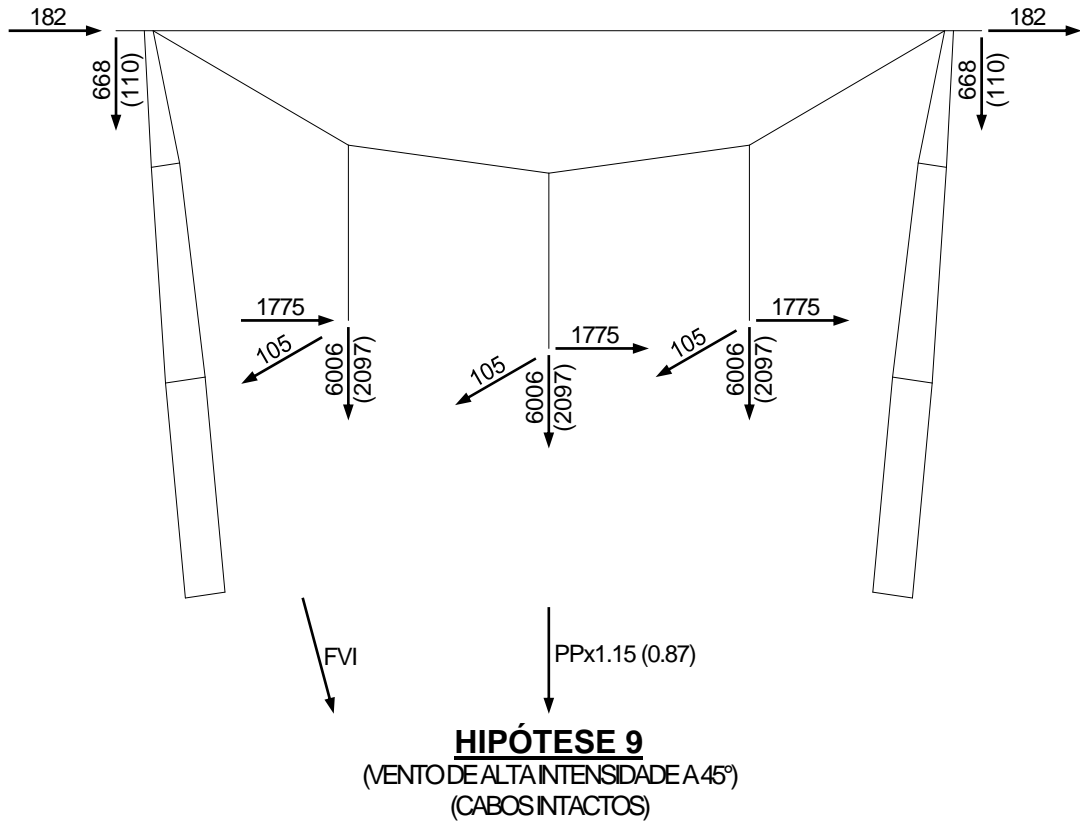
HIPÓTESE 5
(SEM VENTO)
(RUPTURA DE UM PÁRA-RAIOS)

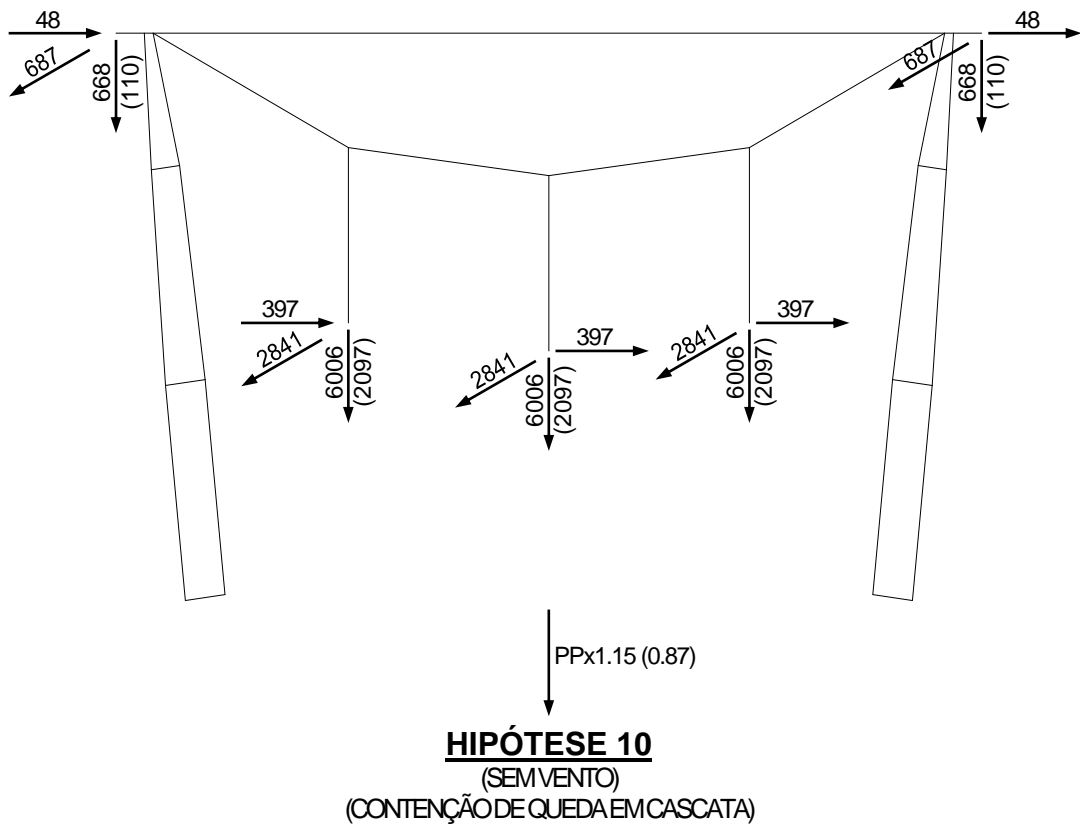
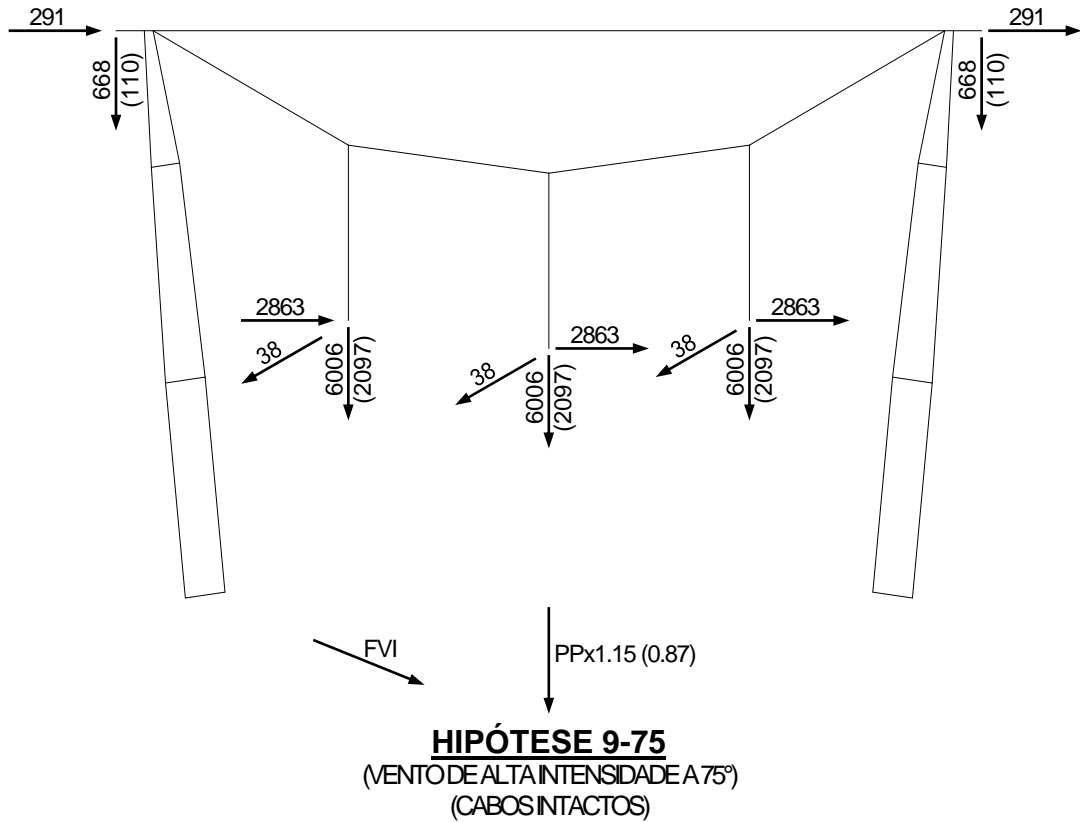


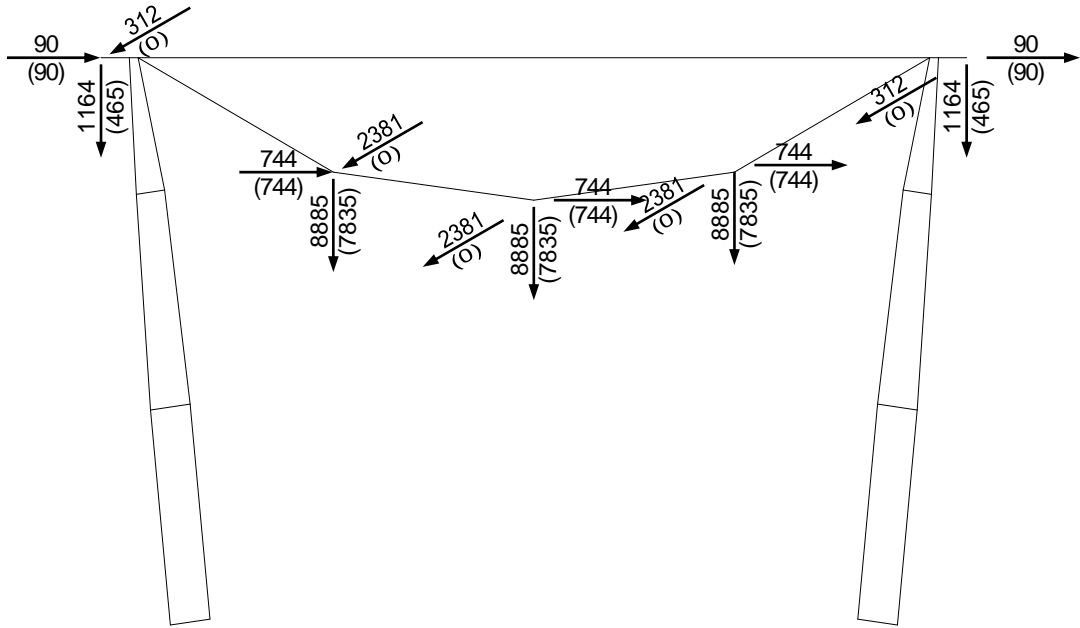
PPx1.15

HIPÓTESE 6
(SEM VENTO)
(CONSTRUÇÃO/MANUTENÇÃO)









PPx1.5

HIPÓTESE 11
(SEM VENTO)
(GRAMPEAMENTO)

3.4 NOTAS PARA ÁRVORES DE CARGA

- a) As árvores de carga apresentadas no item 3.2 são utilizadas somente para verificações dos espaçamentos elétricos nas silhuetas deslocadas da torre. Tais verificações estão apresentadas no desenho ENGETOWER nº 20.10-D2000/2.
- b) As árvores de carga apresentadas no item 3.3 representam as hipóteses de carga básicas consideradas no cálculo. Algumas destas hipóteses foram desdobradas para a análise estrutural, conforme se esclarece em notas subseqüentes.
- c) Cargas são últimas (incluem os respectivos fatores de sobrecarga) e estão em kgf.
- d) **FVM** indica a força devida à ação do vento máximo sobre a própria torre e **FVI** indica a força devida à ação do vento de alta intensidade. Para cálculo de **FVM** e **FVI**, ver páginas seguintes.
- e) **PP** indica o peso próprio da torre.
- f) **Hipóteses 4** (ruptura de uma fase): **e** na denominação da hipótese de carga indica carga longitudinal na fase da esquerda, **d** indica carga longitudinal na fase da direita e **m** indica carga longitudinal na fase central.
- g) **Hipóteses 5** (ruptura de um pára-raios): **e** na denominação da hipótese de carga indica carga longitudinal no PR da esquerda e **d** indica carga longitudinal no PR da direita.
- h) **Hipótese 6** (construção/manutenção):
OBS.: 1) Para cabos em lançamento, considerar cargas fora de parênteses na árvore de carga;
2) Para cabos lançados, considerar cargas entre parênteses na árvore de carga;
Ae : cargas de lançamento no PR esquerdo;
Ad : cargas de lançamento no PR direito;
Be : cargas de lançamento no PR esquerdo e PR direito lançado;
Bd : cargas de lançamento no PR direito e PR esquerdo lançado;
C : 2 PR's lançados;
De : 2 PR's lançados e lançamento da fase da esquerda;
Dd : 2 PR's lançados e lançamento da fase da direita;
Dm : 2 PR's lançados e lançamento da fase da central;
Eem : 2 PR's lançados, lançamento da fase da esquerda e fase central lançada;
Eed : 2 PR's lançados, lançamento da fase da esquerda e fase da direita lançada;
Eme : 2 PR's lançados, lançamento da fase central e fase da esquerda lançada;
Emd : 2 PR's lançados, lançamento da fase central e fase da direita lançada;
Ede : 2 PR's lançados, lançamento da fase da direita e fase da esquerda lançada;
Edm : 2 PR's lançados, lançamento da fase da direita e fase central lançada;
Fe : 2 PR's lançados, lançamento da fase da esquerda e demais fases lançadas;
Fm : 2 PR's lançados, lançamento da fase central e demais fases lançadas;
Fd : 2 PR's lançados, lançamento da fase da direita e demais fases lançadas;
G : 2 PR's e todas as fases lançados;
- i) **Hipóteses 11** (grampeamento):
OBS.: 1) Para cabos em grampeamento, considerar cargas fora de parênteses na árvore de carga;
2) Para cabos só lançados ou já grampeados, considerar cargas entre parênteses na árvore de carga;
Nos desdobramentos abaixo especificados, considerar cargas de cabos só lançados/já grampeados nos pontos onde não houver cabos em grampeamento:
Ae: cargas de grampeamento somente no PR esquerdo;
Ad: cargas de grampeamento somente no PR direito;
B : cargas de grampeamento somente nos 2 PR's;
Ce: cargas de grampeamento somente nos 2 PR's e na fase da esquerda;
Cd: cargas de grampeamento somente nos 2 PR's e na fase da direita;
Cm: cargas de grampeamento somente nos 2 PR's e na fase central;
De: sem as cargas de grampeamento da fase da esquerda;
Dd: sem as cargas de grampeamento da fase da direita;
Dm: sem as cargas de grampeamento da fase central;
E : todas as cargas de grampeamento aplicadas.
- i) **R** na denominação da hipótese de carga indica cargas verticais mínimas (valores entre parênteses nas árvores de carga).

4 CARGAS DEVIDAS AO VENTO SOBRE A TORRE

4.1 CARGAS DEVIDAS AO VENTO MÁXIMO SOBRE A TORRE

As cargas devidas à ação do vento máximo sobre a torre foram calculadas conforme metodologia da Publicação IEC/IR 60826, considerando-se a seguinte pressão dinâmica de referência:

- vento máximo: $q_0 = 35.7 \text{ kgf/m}^2$.

4.2 CARGAS DEVIDAS AO VENTO DE ALTA INTENSIDADE SOBRE A TORRE

As cargas devidas à ação do vento de alta intensidade sobre a torre foram calculadas com base na seguinte pressão dinâmica, constante ao longo da altura:

- vento de alta intensidade: $q_i = 112.8 \text{ kgf/m}^2$.

4.3 CARGAS DEVIDAS AO VENTO, POR MASTRO e POR PAINEL

Painel	H (m)	Ae (m ²)	Ab (m ²)	Ae/Ab	Ca	Gt	FW (kgf)	FWi (kgf)
1	54.884	0.85	2.00	0.42	2.16	2.53	166	207
		0.96	2.54	0.38	2.27		197	246
2	51.308	1.64	7.80	0.21	2.87	2.50	420	531
		1.64	7.80	0.21	2.87		420	531
3	45.347	1.76	9.00	0.20	2.92	2.46	451	580
		1.76	9.00	0.20	2.92		451	580
4	39.387	1.76	9.00	0.20	2.92	2.40	440	580
		1.76	9.00	0.20	2.92		440	580
5	33.427	1.76	9.00	0.20	2.92	2.35	431	580
		1.76	9.00	0.20	2.92		431	580
6	27.467	1.76	9.00	0.20	2.92	2.28	418	580
		1.76	9.00	0.20	2.92		418	580
7	21.507	1.76	9.00	0.20	2.92	2.20	404	580
		1.76	9.00	0.20	2.92		404	580
8	15.546	1.76	9.00	0.20	2.92	2.09	383	580
		1.76	9.00	0.20	2.92		383	580
9	9.586	1.44	8.00	0.18	3.00	1.95	301	487
		1.44	8.00	0.18	3.00		301	487
10	3.626	0.76	2.00	0.38	2.27	1.69	104	195
		0.76	2.00	0.38	2.27		104	195
11	37.003	0.85	2.00	0.42	2.16	2.38	156	207
		0.96	2.54	0.38	2.27		185	246
12	33.427	1.64	7.80	0.21	2.87	2.35	395	531
		1.64	7.80	0.21	2.87		395	531
13	27.467	1.76	9.00	0.20	2.92	2.28	418	580
		1.76	9.00	0.20	2.92		418	580
14	21.507	1.76	9.00	0.20	2.92	2.20	404	580
		1.76	9.00	0.20	2.92		404	580
15	15.546	1.76	9.00	0.20	2.92	2.09	383	580
		1.76	9.00	0.20	2.92		383	580
16	9.586	1.44	8.00	0.18	3.00	1.95	301	487
		1.44	8.00	0.18	3.00		301	487
17	3.626	0.76	2.00	0.38	2.27	1.69	104	195
		0.76	2.00	0.38	2.27		104	195

NOTAS:

- Para indicação dos painéis de vento, ver desenho ENGETOWER n° 20.10-D2000/1.
- A linha superior refere-se à face longitudinal da torre (vento transversal) e a linha inferior refere-se à face transversal da torre (vento longitudinal).
- H = altura sobre o solo.
- Gt = fator de rajada (para terreno com rugosidade B).
- Ae = área exposta ao vento para 1 mastro.
- Ab = área de contorno associada a Ae.
- Ca = coeficiente de arrasto (calculado com base na relação Ae/Ab).
- FW e FWi = componente transversal (FWT) ou longitudinal (FWL) das forças de vento FVM e FVI sobre 1 mastro
- $FW = q_0 \times Gt \times Ca \times Ae$, onde $q_0 = 35.7 \text{ kgf/m}^2$.
- $FWi = q_i \times Ca \times Ae$, onde $q_i = 112.8 \text{ kgf/m}^2$.
- As forças devidas à ação do vento sobre os estais não estão incluídas na tabela acima. Para o valor considerado para esta força, ver nota seguinte.
- FWe = força devida ao vento máximo sobre 1 estai:
116 kgf (torre H=43.5m) ou 74 kgf (torre H=25.5m)
FWei = força devida ao vento de alta intensidade sobre 1 estai:
156 kgf (torre H=43.5m) ou 104 kgf (torre H=25.5m).
- Forças devidas à ação do vento sobre cabos de suspensão das fases:
FWT = 0, FWL = 82.0 kgf; FWTi = 0, FWLi = 102.4 kgf
- Forças devidas à ação do vento sobre cabo de interligação dos mastros:
FWT = 0, FWL = 43.9 kgf; FWTi = 0, FWLi = 54.9 kgf

4.4 CARGAS DEVIDAS AO VENTO, POR MASTRO e POR NÍVEL

VENIO MÁXIMO (kgf)					
NÍVEL	VENIO a 90° (TRANSVERSAL)	VENIO a 0° (LONGITUDINAL)	VENIO a 45°	VENIO a 60°	VENIO a 75°
	FWT (FWL = 0)	(FWT = 0) FWL	FWT = FWL	FWT/FWL	FWT/FWL
1	83+116	99+116	77+84	87+100/50+58	85+112/23+30
2	293	309	255	296/171	298/80
3	436	436	370	434/250	442/118
4	446	446	378	444/256	452/121
5	436	436	370	434/250	442/118
6	425	425	360	423/244	431/115
7	411	411	349	409/236	417/112
8	394	394	334	392/226	399/107
9	342	342	290	341/197	347/93
10	203	203	172	202/116	205/55
11	52+116	52+116	44+84	52+100/30+58	53+112/14+30
12	78+74	93+74	72+52	81+64/47+37	80+71/21+19
13	276	290	240	278/160	280/75
14	407	407	345	405/234	412/110
15	411	411	349	409/236	417/112
16	394	394	334	392/226	399/107
17	342	342	290	341/197	347/93
18	203	203	172	202/116	205/55
19	52+74	52+74	44+52	52+64/30+37	53+71/14+19

VENIO DE ALTA INTENSIDADE (kgf)					
NÍVEL	VENIO a 90° (TRANSVERSAL)	VENIO a 0° (LONGITUDINAL)	VENIO a 45°	VENIO a 60°	VENIO a 75°
	FWT (FWL = 0)	(FWT = 0) FWL	FWT = FWL	FWT/FWL	FWT/FWL
1	104+156	123+156	96+112	108+135/62+78	106+151/28+40
2	369	389	321	372/215	376/101
3	556	556	471	553/319	563/151
4	580	580	492	578/334	588/158
5	580	580	492	578/334	588/158
6	580	580	492	578/334	588/158
7	580	580	492	578/334	588/158
8	580	580	492	578/334	588/158
9	534	534	453	531/307	541/145
10	341	341	289	340/196	346/93
11	98+156	98+156	83+112	97+135/56+78	99+151/26+40
12	104+104	123+104	96+74	108+90/62+52	106+100/28+27
13	369	389	321	372/215	376/101
14	556	556	471	553/319	563/151
15	580	580	492	578/334	588/158
16	580	580	492	578/334	588/158
17	534	534	453	531/307	541/145
18	341	341	289	340/196	346/93
19	98+104	98+104	83+74	97+90/56+52	99+100/26+27

NOTAS:

1. Para indicação dos níveis de vento, ver desenho ENGETOWER nº 20.10-D2000/1.
2. FWT = componente transversal das forças de vento FVM ou FVI.
FWL = componente longitudinal das forças de vento FVM ou FVI.

$$FWT = [1 + 0.2\text{sen}^2(2\theta)] \times (FW(V.TRANSV)\text{sen}^2\theta + FW(V.LONGIT)\text{cos}^2\theta) \times \text{sen}\theta$$

$$FWL = [1 + 0.2\text{sen}^2(2\theta)] \times (FW(V.TRANSV)\text{sen}^2\theta + FW(V.LONGIT)\text{cos}^2\theta) \times \text{cos}\theta$$
3. As forças indicadas referem-se a 1 mastro.
4. As forças indicadas nos níveis 1 e 11 (segunda parcela) correspondem à metade da carga devida à ação do vento sobre os estais na torre H=43.5m.
5. As forças indicadas nos níveis 12 e 19 (segunda parcela) correspondem à metade da carga devida à ação do vento sobre os estais na torre H=25.5m.

5 DIMENSIONAMENTO DE BARRAS E CONEXÕES

NOTAS:

- 1 - As forças máximas indicadas são últimas, ou seja, incluem os fatores de sobrecarga especificados.
- 2 - Aços estruturais: ASTM/A36.
ASTM/A572, grau 50 (indicado por ASTM A572).
ASTM/A572, grau 60 (indicado por ASTM A572*).
- 3 - Parafusos: ASTM/A394, tipo 0.
- 4 - Estais e cabos:
 - Estais: $\varnothing 1 \frac{1}{16}$ " (37 fios), com carga mínima de ruptura = 58000 kgf.
 - Cabo de Interligação dos Mastros: $\varnothing 5/8$ " (19 fios), com carga mínima de ruptura = 21000 kgf.
 - Cabo de Suspensão das Fases: $\varnothing 1 \frac{1}{8}$ " (37 fios), com carga mínima de ruptura = 68000 kgf.
- 5 - Módulo de elasticidade longitudinal:
 - Perfis e chapas: 2038894 kgf/cm².
 - Estais e cabos : 1500000 kgf/cm².
- 6 - Tensão de cisalhamento máxima nos parafusos: 2620 kgf/cm².
 - O valor acima foi estabelecido considerando-se que os parafusos estão permanentemente submetidos a uma carga de tração de cerca de 40% de sua carga de ruptura, tração esta produzida pelo torque com que são instalados.
 - Para a determinação da resistência ao cisalhamento dos parafusos, considerou-se rosca excluída da seção de corte.
- 7 - Tensão de esmagamento considerando bordas padrões ($F_p = 1.0833 \times F_u$):
 - Aço ASTM/A36: 4417 kgf/cm².
 - Aço ASTM/A572, grau 50: 4950 kgf/cm².
 - Aço ASTM/A572, grau 60: 5712 kgf/cm².
- 8 - Curvas de flambagem (dimensionamento à compressão): conforme "Design of Latticed Steel Transmission Structures" (Norma ASCE 10-15), itens 3.6 e 3.7.
- 9 - Área líquida (A_n) para o dimensionamento à tração:
 - Cantoneiras presas em uma só aba: $A_n = 0.90 \times (A_b - A_a)$.
 - Cantoneiras presas em ambas as abas: $A_n = A_b - A_a$.
 - onde: - A_b = Área bruta.
- A_a = Área dos furos.
- 10 - Na análise estrutural, considerou-se que os estais estavam pré-tensionados com uma carga igual a 8% de sua carga mínima de ruptura (0.08 x de 58000 = 4640 kgf).
- 11 - No dimensionamento das barras e conexões, e também dos cabos (item 7) e do apoio da base dos mastros (item 8), adotou-se um coeficiente de minoração de resistências igual a 0.93, ou seja, as tensões e cargas admissíveis utilizadas foram obtidas multiplicando-se os valores limites pelo fator 0.93.

VERIFICACAO DOS PERFILADOS E LIGACOES

EQT4/EQT5 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO VICRL

CONVENCOES ADOTADAS

NB = DENOMINACAO DA BARRA
HIP = HIPOTESE DE CARREGAMENTO GOVERNANTE
FMAX= ESFORCO MAXIMO (KGF)
L = COMPRIMENTO DE FLAMBAGEM CRITICO (CM)
R = RAO DE GIRACAO CRITICO (CM)
A = AREA DA SECAO TRANSVERSAL (CM²)
ESB = ESBELITEZ CRITICA EFETIVA
C = CURVA DO ASCE P/ CORRECAO DA ESBELITEZ
TA = TENSAO ADMISSIVEL NA BARRA (KGF/CM²)
FA = ESFORCO ADMISSIVEL NA BARRA (KGF)
NP = NUMERO DE PARAFUSOS
D = DIAMETRO DO PARAFUSO (MM)
SD = CISCALHAMENTO DUPLO NO CORPO DO PARAFUSO (SECAO DUPLA)
FCA = FORCA DE CISCALHAMENTO ADMISSIVEL NA LIGACAO (KGF)
FEA = FORCA DE ESMAGAMENTO ADMISSIVEL NA LIGACAO (KGF)
EC = ESPESSURA DA CHAPA ADOTADA P/ CALCULO DE FEA (MM)
% = TAXAS MAXIMAS DE TRABALHO (%) - BARRA/LIGACAO

DVPL

EQT4/EQT5 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO VICRL

PAG. 1

VERIFICACAO DOS PERFILADOS E LIGACOES

NB	* HIP *	FMAX	* L *	BITOLA	* R *	A	*ESB*	C	* TA *	FA	*NP	D	SD*	FCA	* FEA/EC*	%
MIEa	5d	-10347	63	1L75x75x6	1.48	8.72	81	3	2565	-22364	3	15.9		14514	15204	.46
	5d	7995		ASTIM-A572*		5.79			3923	22707					6.0	.71
MIEb	5e	-14860	76	1L75x75x6	1.48	8.72	69	2	2958	-25794						.58
	5dR	3815		ASTIM-A572*		5.79			3923	22707						
MIEc	3-75	-17571	76	1L75x75x6	1.48	8.72	51	1	3381	-29482						.60
	9-60R	3821		ASTIM-A572*		6.43			3923	25230						
MIEd	3-60	-20586	76	1L75x75x6	1.48	8.72	51	1	3381	-29482						.70
	9-60R	4502		ASTIM-A572*		6.43			3923	25230						
MIEe	3-60	-22514	76	1L75x75x6	1.48	8.72	51	1	3381	-29482						.76
	9-60R	4939		ASTIM-A572*		6.43			3923	25230						
MIEa	6Fm	-32609	46	1L75x75x8	1.45	11.40	54	2	3328	-37941	8	15.9		38704	54059	.86
	8R	595		ASTIM-A572*		7.51			3923	29475					8.0	.84
MIEb	6Fm	-27578	92	1L75x75x8	1.45	11.40	63	1	3095	-35288						.78
	8R	313		ASTIM-A572*		8.35			3923	32750						
MIEc	6Fm	-24131	92	1L75x75x8	1.45	11.40	63	1	3095	-35288						.68
	8R	163		ASTIM-A572*		8.35			3923	32750						
MIEd	6Fm	-22042	92	1L75x75x8	1.45	11.40	63	1	3095	-35288						.62
	8R	68		ASTIM-A572*		8.35			3923	32750						
BP	1	-708	31	2L90x90x7	2.75	24.40	66	3	3037	-74112	2	15.9		9676	11825	.02
	5dR	1144		ASTIM-A572*		17.15			3923	67294					7.0	.12
Dlas	6Fm	28587	70	2L90x90x7	2.75	17.15	73	3	3923	67294	8	15.9		38704	47301	.42
				ASTIM-A572*											7.0	.74
Dlai	3-75	-7951	70	2L90x90x7	2.75	24.40	73	3	2836	-69190	3	15.9		14514	17738	.11
	9-60R	1805		ASTIM-A572*		17.15			3923	67294					7.0	.55
Dlb	9-60R	-1234	58	1L45x45x3	0.88	2.66	93	3	2018	-5368	3	12.7		9260	6072	.83
	9-60	5329		ASTIM-A572		1.97			3269	6425		Fp=1.25Fu			3.0	.88
Dlc	9-60	-4749	70	1L45x45x4	0.88	3.49	100	3	1848	-6449	2	12.7		6173	5398	.74
	9-60R	1085		ASTIM-A572		2.57			3269	8400		Fp=1.25Fu			4.0	.88
Dld	9-60R	-913	82	1L40x40x3	0.78	2.35	113	3	1476	-3468	2	12.7		6173	4210	.73
	9-60	4022		ASTIM-A572		1.69			3269	5513		Fp=1.30Fu			3.0	.96
Dle	9-60	-3036	78	1L40x40x3	0.78	2.35	110	3	1545	-3632	2	12.7		6173	3508	.84
	9-60R	687		ASTIM-A572		1.69			3269	5513					3.0	.87
Dlf	9-60R	-725	106	1L40x40x3	0.78	2.35	136	4	1013	-2380	2	12.7		6173	3508	.58
	9-60	3210		ASTIM-A572		1.69			3269	5513					3.0	.91

DVPL

EQT4/EQT5 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO VICRL

PAG. 2

VERIFICACAO DOS PERFILADOS E LIGACOES																
NB	* HIP *	FMAX	* L *	BITOLA	* R *	A	*ESB*	C	* TA *	FA	*NP	D	SD*	FCA	* FEA/EC*	%
D1g	9-60	-2311	92	1L40x40x3	0.78	2.35	119	3	1321	-3105	2	12.7		6173	3508	.74
	9-60R	521		ASTIM-A572		1.69			3269	5513					3.0	.66
D1h	9-60R	-601	130	1L40x40x3	0.78	2.35	167	4	673	-1582	2	12.7		6173	3508	.48
	3-60	2649		ASTIM-A572		1.69			3269	5513					3.0	.76
Q1	9-60	-856	110	1L50x50x3	0.99	2.96	116	3	1400	-4145	2	12.7		6173	3508	.39
	9-60	2275		ASTIM-A572		1.81			3269	5907					3.0	.65
DQ1	5eR	-69	156	1L40x40x3	1.21	2.35	129	4	1125	-2644	1	12.7		3087	1754	.15
	6Fm	809		ASTIM-A572		1.69			3269	5513					3.0	.46
M2a	3-60	-22373	150	1L75x75x6	2.30	8.72	65	1	3049	-26584	6	12.7SD		37039	24288	.84
	9R	5696		ASTIM-A572*		6.82			3923	26736					6.0	.92
M2	9	-28778	150	1L90x90x6	2.76	10.60	54	1	2980	-31587	8	12.7SD		49386	32384	.91
	9R	9906		ASTIM-A572*		8.70			3923	34111					6.0	.89
D2a	9-75	-1211	135	1L40x40x3	0.78	2.35	173	4	624	-1467	1	12.7		3087	1754	.83
	9-75	1225		ASTIM-A572		1.69			3269	5513					3.0	.70
D2b	9-75	-1153	139	1L40x40x3	0.78	2.35	178	4	589	-1384	1	12.7		3087	1754	.83
	9-75	1137		ASTIM-A572		1.69			3269	5513					3.0	.66
D2c	9-75	-1078	144	1L40x40x3	0.78	2.35	185	4	549	-1289	1	12.7		3087	1754	.84
	9-75	1079		ASTIM-A572		1.69			3269	5513					3.0	.62
D2d	9-75	-1023	148	1L40x40x3	0.78	2.35	190	4	519	-1221	1	12.7		3087	1754	.84
	9-75	1014		ASTIM-A572		1.69			3269	5513					3.0	.58
D2e	9-75	-968	152	1L40x40x3	0.78	2.35	195	4	492	-1157	1	12.7		3087	1754	.84
	9-75	960		ASTIM-A572		1.69			3269	5513					3.0	.55
D2f	9-75	-915	157	1L45x45x3	0.88	2.66	178	4	588	-1563	1	12.7		3087	1754	.59
	9-75	912		ASTIM-A572		1.97			3269	6425					3.0	.52
D2g	9-75	-875	161	1L45x45x3	0.88	2.66	183	4	559	-1486	1	12.7		3087	1754	.59
	9-75	860		ASTIM-A572		1.97			3269	6425					3.0	.50
D2h	9-75	-823	165	1L45x45x3	0.88	2.66	188	4	532	-1415	1	12.7		3087	1754	.58
	9-75	831		ASTIM-A572		1.97			3269	6425					3.0	.47
Q2	7R	-226	150	1L50x50x3	0.99	2.96	152	4	815	-2411	1	12.7		3087	1754	.12
	9-60	694		ASTIM-A572		1.81			3269	5907					3.0	.40
DQ2	6Fm	351	212	1L40x40x3	1.21	1.69	175	4	3269	5513	1	12.7		3087	1754	.06
				ASTIM-A572											3.0	.20
M3	9	-35451	150	1L90x90x7	2.75	12.20	55	1	3311	-40399	8	12.7SD		49386	37782	.88
	9R	15147		ASTIM-A572*		9.98			3923	39143					7.0	.94

DVPL

EQT4/EQT5 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO VICRL

PAG. 3

VERIFICACAO DOS PERFILADOS E LIGACOES																								
NB	*	HIP	*	FMAX	*	L	*	BITOLA	*	R	*	A	*ESB*	C	*TA	*	FA	*NP	D	SD*	FCA	*	FEA/EC*	%
D3		9-75		-1147		168		1L45x45x3		0.88		2.66	191	4	513		-1365	1	12.7		3087		1754	.84
		9-75		1150				ASTIM-A572				1.97			3269		6425						3.0	.66
Q3		9-60		-184		150		1L50x50x3		0.99		2.96	152	4	815		-2411	1	12.7		3087		1754	.08
		7		167				ASTIM-A572				1.81			3269		5907						3.0	.10
DQ3		9		-62		212		1L40x40x3		1.21		2.35	175	4	609		-1432	1	12.7		3087		1754	.04
		9		70				ASTIM-A572				1.69			3269		5513						3.0	.04
M4		9		-39734		150		1L90x90x8		2.74		13.90	55	1	3307		-45966	8	12.7SD		49386		43179	.86
		9R		18629				ASTIM-A572*				11.36			3923		44567						8.0	.92
D4		9-75		-742		168		1L45x45x3		0.88		2.66	191	4	513		-1365	1	12.7		3087		1754	.54
		9-75		730				ASTIM-A572				1.97			3269		6425						3.0	.42
Q4		9-60		-191		150		1L50x50x3		0.99		2.96	152	4	815		-2411	1	12.7		3087		1754	.08
		7		165				ASTIM-A572				1.81			3269		5907						3.0	.11
DQ4		9		-93		212		1L40x40x3		1.21		2.35	175	4	609		-1432	1	12.7		3087		1754	.06
		9		75				ASTIM-A572				1.69			3269		5513						3.0	.05
M5		9		-36411		150		1L90x90x7		2.75		12.20	55	1	3311		-40399	8	12.7SD		49386		37782	.90
		9R		14678				ASTIM-A572*				9.98			3923		39143						7.0	.96
D5		8		-1156		168		1L45x45x3		0.88		2.66	191	4	513		-1365	1	12.7		3087		1754	.85
		8		1159				ASTIM-A572				1.97			3269		6425						3.0	.66
M6a		9-60		-23637		150		1L75x75x6		2.30		8.72	65	1	3049		-26584	8	12.7SD		49386		32384	.89
		9R		5081				ASTIM-A572*				6.82			3923		26736						6.0	.73
M6		9		-30016		150		1L75x75x8		2.28		11.40	66	1	3033		-34579	8	12.7SD		49386		43179	.87
		9R		9251				ASTIM-A572*				8.86			3923		34759						8.0	.70
D6a		8		-1186		135		1L40x40x3		0.78		2.35	173	4	624		-1467	1	12.7		3087		1754	.81
		8		1204				ASTIM-A572				1.69			3269		5513						3.0	.69
D6b		8		-1129		139		1L40x40x3		0.78		2.35	178	4	589		-1384	1	12.7		3087		1754	.82
		8		1113				ASTIM-A572				1.69			3269		5513						3.0	.64
D6c		8		-1051		144		1L40x40x3		0.78		2.35	185	4	549		-1289	1	12.7		3087		1754	.82
		8		1052				ASTIM-A572				1.69			3269		5513						3.0	.60
D6d		8		-995		148		1L40x40x3		0.78		2.35	190	4	519		-1221	1	12.7		3087		1754	.82
		8		983				ASTIM-A572				1.69			3269		5513						3.0	.57
D6e		9-75		-936		152		1L40x40x3		0.78		2.35	195	4	492		-1157	1	12.7		3087		1754	.81
		8		931				ASTIM-A572				1.69			3269		5513						3.0	.53
D6f		9-75		-886		157		1L45x45x3		0.88		2.66	178	4	588		-1563	1	12.7		3087		1754	.57
		9-75		881				ASTIM-A572				1.97			3269		6425						3.0	.51

DVPL

EQI4/EQI5 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO VICRL

PAG. 4

VERIFICACAO DOS PERFILADOS E LIGACOES

NB	* HIP *	FMAX	* L *	BITOLA	* R *	A	*ESB*	C	* TA *	FA	*NP	D	SD*	FCA	* FEA/EC*	%
D6g	9-75	-845	161	1L45x45x3	0.88	2.66	183	4	559	-1486	1	12.7		3087	1754	.57
	9-75	831		ASTIM-A572					1.97	3269					6425	3.0
D6h	9-75	-795	165	1L45x45x3	0.88	2.66	188	4	532	-1415	1	12.7		3087	1754	.56
	9-75	802		ASTIM-A572					1.97	3269					6425	3.0
Q6	7R	-212	150	1L50x50x3	0.99	2.96	152	4	815	-2411	1	12.7		3087	1754	.12
	9-60	724		ASTIM-A572					1.81	3269					5907	3.0
DQ6	6Fm	361	212	1L40x40x3 ASTIM-A572	1.21	1.69	175	4	3269	5513	1	12.7		3087	1754	.07
M7	9-60	-24167	107	1L75x75x6	2.30	8.72	47	1	3478	-30329	10	12.7		30866	40480	.80
	9-60R	4278		ASTIM-A572*					6.82	3923					26736	6.0
Q7	7R	-353	110	1L50x50x3	0.99	2.96	116	3	1400	-4145	2	12.7		6173	3508	.35
	9-60	2051		ASTIM-A572					1.81	3269					5907	3.0
DQ7	6Fm	1275	156	1L40x40x3 ASTIM-A572	1.21	1.69	129	4	3269	5513	1	12.7		3087	1754	.23
ME	9	-41457	150	1L90x90x8	2.74	13.90	55	1	3307	-45966	8	12.7SD		49386	43179	.90
	9R	19929		ASTIM-A572*					11.36	3923					44567	8.0
DE	9-75	-726	168	1L45x45x3	0.88	2.66	191	4	513	-1365	1	12.7		3087	1754	.53
	9-75	714		ASTIM-A572					1.97	3269					6425	3.0
QE	9-60	-195	150	1L50x50x3	0.99	2.96	152	4	815	-2411	1	12.7		3087	1754	.08
	7	165		ASTIM-A572					1.81	3269					5907	3.0
DQE	9	-103	212	1L40x40x3	1.21	2.35	175	4	609	-1432	1	12.7		3087	1754	.07
	9	85		ASTIM-A572					1.69	3269					5513	3.0

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

* Perfil: 2L90x90x7 - ASIM 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/EQT5 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO VICRL

CARGAS SOBRE FUNDACAO

FORMACAO DAS ALTURAS DE TORRE

1 = H=43.5m

2 = H=25.5m

AS CARGAS A SEGUIR APRESENTADAS NAO INCLUEM QUALQUER FATOR ADICIONAL DE SOBRECARGA ESPECIFICO PARA FUNDACOES

-2-

EQT4/EQT5 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO VICRL

RESUMO DAS CARGAS ULTIMAS MAXIMAS SOBRE FUNDACOES - SISTEMA OBLIQUO

NOTAS :

- 1 - Cargas em (kgf).
- 2 - Sistema de referencia :
 - * VM - indica 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=	-1078	VM=	-83387	LM=	-135	COMB.=	2
Hip.= 9-75	TM=	2757	VM=	-34215	LM=	634	COMB.=	1
Hip.= 8R	TM=	192	VM=	-19679	LM=	2370	COMB.=	1
Hip.= 9	TM=	2397	VM=	-38104	LM=	1969	COMB.=	1
Hip.= 6Fe	TM=	-1045	VM=	-82732	LM=	-139	COMB.=	2
Hip.= 6Fd	TM=	-1038	VM=	-81600	LM=	-127	COMB.=	2
Hip.= 6Fm	TM=	-1065	VM=	-80469	LM=	-128	COMB.=	1
Hip.= 6Fe	TM=	-1036	VM=	-79920	LM=	-132	COMB.=	1
Hip.= 9	TM=	1394	VM=	-57615	LM=	1919	COMB.=	1
Hip.= 9-60	TM=	1691	VM=	-60544	LM=	1297	COMB.=	1

EQT4/EQT5 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO VICRL

RESUMO DAS CARGAS ULTIMAS MAXIMAS SOBRE FUNDACOES - SISTEMA RETANGULAR

NOTAS :

- 1 - Cargas em (kgf).
- 2 - Sistema de referencia :
 - * V - indica forza vertical.
 - * T - indica forza horizontal transversal que atua com V.
 - * L - indica forza horizontal longitudinal que atua com V.
- 3 - Para a forza V, o sinal "-" indica forza de compressao.
- 4 - As cargas sao ultimas (incluem os fatores de sobrecarga especificados para o calculo da estrutura, mas nao incluem qualquer fator adicional de sobrecarga especifico para fundacoes).

CARGAS COM VERTICAL DE COMPRESSAO

Hip.= 6Fm	T =	8506	V =	-82834	L =	-135	COMB.=	2
Hip.= 1	T =	9120	V =	-73269	L =	0	COMB.=	1
Hip.= 8R	T =	-2070	V =	-19549	L =	2370	COMB.=	1
Hip.= 9-60	T =	8650	V =	-60143	L =	1297	COMB.=	1
Hip.= 6Fe	T =	8463	V =	-82183	L =	-139	COMB.=	2
Hip.= 6Fd	T =	8340	V =	-81059	L =	-127	COMB.=	2
Hip.= 6Fm	T =	8184	V =	-79936	L =	-128	COMB.=	1
Hip.= 6Fe	T =	8149	V =	-79391	L =	-132	COMB.=	1
Hip.= 3-75	T =	9000	V =	-71691	L =	408	COMB.=	1

7 DIMENSIONAMENTO DOS CABOS E DE SUAS CONEXÕES À TORRE

7.1 ESTAIS

1 - CARACTERÍSTICAS DOS ESTAIS

Cordoalha galvanizada de aço, com pré-esticamento.

- Diâmetro : 1 1/16"
- Formação : 37 fios
- Carga de ruptura mínima: 58000 kgf

2 - VERIFICAÇÃO DOS ESTAIS

E = força máxima de tração nos estais

- torre H=43.5m: E-2 = 35180 kgf (Hip. 6Fm)

- torre H=25.5m: E-3 = 37872 kgf (Hip. 6Fm)

% = taxa de trabalho = $37872 / [0.93 \times (0.75 \times 58000)] = 0.936 \leq 1.000$

3 - VERIFICAÇÃO DAS CONEXÕES DOS ESTAIS À TORRE

Chapa 25.0 mm - ASTM A572 grau 50 (Borda mínima para $F_p = 1.25 \times F_u$)

Manilha com pino Ø31.8 mm - Carga mínima de ruptura = 58000 kgf

a) Esmagamento na chapa de fixação da manilha

$$f_p = 37872 / (3.18 \times 2.50) = 4764 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times (1.25 \times 4570) = 5313 \text{ kgf/cm}^2$$

b) Tração na chapa

borda lateral mínima da chapa: 50 mm

$$f_t < 37872 / [(2 \times 5.0 - 3.5) \times 2.50] = 2331 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times 3515 = 3269 \text{ kgf/cm}^2$$

4 - RESISTÊNCIAS MÍNIMAS DAS FERRAGENS DOS ESTAIS E DAS HASTES DE ÂNCORA

- Carga de ruptura mínima : 58000 kgf

- Carga mínima sem deformação permanente: 37872 kgf

7.2 CABO DE INTERLIGAÇÃO DOS MASTROS

1 - CARACTERÍSTICAS DO CABO

Cordoalha galvanizada de aço, com pré-esticamento.

- Diâmetro : 5/8"
- Formação : 19 fios
- Carga de ruptura mínima: 21000 kgf

2 - VERIFICAÇÃO DO CABO

$E1$ = força máxima de tração no cabo = 4849 (Hip. 6Bd)

% = taxa de trabalho = $4849 / [0.93 \times (0.65 \times 21000)] = 0.382 \leq 1.000$

3 - VERIFICAÇÃO DAS CONEXÕES DO CABO À TORRE

2 esp. 12.7 mm - ASTM A572, grau 50 (Borda mínima para $F_p = 1.0833 \times F_u$)

Ferragem com pino $\varnothing 19.1$ mm - Carga mínima de ruptura = 21000 kgf

a) Esmagamento na chapa de fixação da ferragem

$$f_p = 4849 / (1.91 \times 2.54) = 1000 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times (1.0833 \times 4570) = 4604 \text{ kgf/cm}^2$$

b) Tração na chapa

borda lateral mínima da chapa: 30 mm

$$f_t < 4849 / [(2 \times 3.0 - 2.22) \times 2.54] = 505 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times 3515 = 3269 \text{ kgf/cm}^2$$

4 - RESISTÊNCIAS MÍNIMAS DAS FERRAGENS ASSOCIADAS A ESTE CABO

- Carga de ruptura mínima : 21000 kgf
- Carga mínima sem deformação permanente: 4849 kgf

7.3 CABO DO CONJUNTO DE SUSPENSÃO DAS FASES

1 - CARACTERÍSTICAS DO CABO

Cordoalha galvanizada de aço, com pré-esticamento.

- Diâmetro : 1 1/8"
- Formação : 37 fios
- Carga de ruptura mínima: 68000 kgf

2 - VERIFICAÇÃO DO CABO

E4 = força máxima de tração no trecho central = 36173 (Hip. 6Fm)

E5 = força máxima de tração no trecho lateral = 40146 (Hip. 6Fm)

% = taxa de trabalho = $40146 / [0.93 \times (0.75 \times 68000)] = 0.977 \leq 1.000$

3 - VERIFICAÇÃO DAS CONEXÕES DO CABO À TORRE

2 esp. 12.7 mm - ASTM A572, grau 50 (Borda mínima para $F_p = 1.25 \times F_u$)

Ferragem com pino Ø31.8 mm - Carga mínima de ruptura = 68000 kgf

a) Esmagamento na chapa de fixação da ferragem

$$f_p = 40146 / (3.18 \times 2.54) = 4970 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times (1.25 \times 4570) = 5313 \text{ kgf/cm}^2$$

b) Tração na chapa

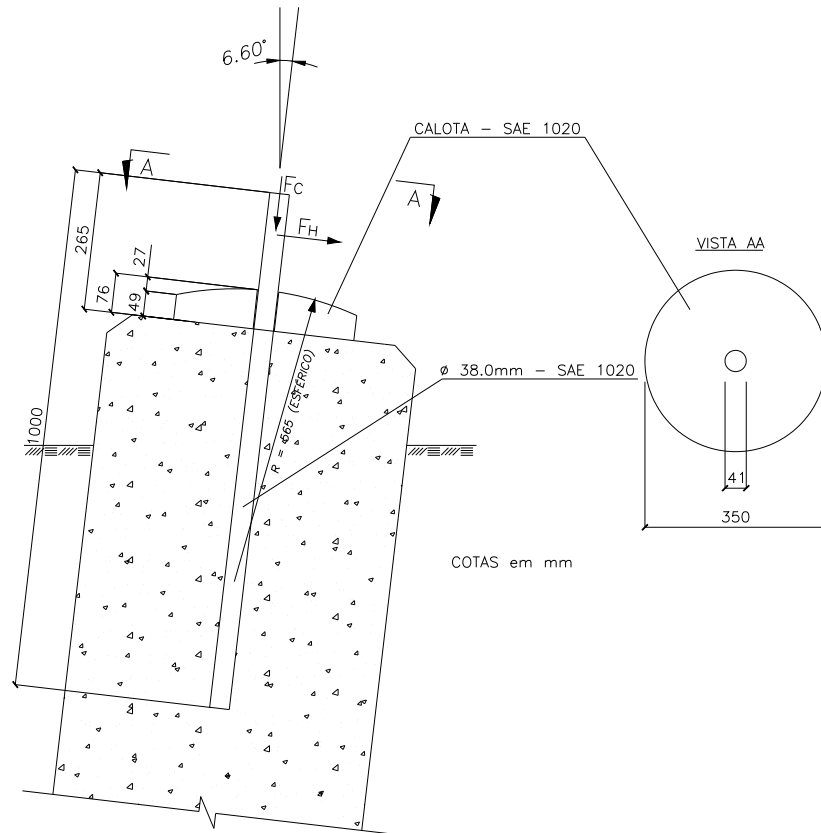
borda lateral mínima da chapa: 50 mm

$$f_t < 40146 / [(2 \times 5.0 - 3.49) \times 2.54] = 2428 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times 3515 = 3269 \text{ kgf/cm}^2$$

4 - RESISTÊNCIAS MÍNIMAS DAS FERRAGENS ASSOCIADAS A ESTE CABO

- Carga de ruptura mínima : 68000 kgf
- Carga mínima sem deformação permanente: 40146 kgf

8 CÁLCULO DO APOIO DA BASE DOS MASTROS



1 - FORÇAS MÁXIMAS

HIPÓTESE 6Fm

$$FC = 83387 \text{ kgf}$$

$$FH = (1078^2 + 135^2)^{1/2} = 1086 \text{ kgf}$$

HIPÓTESE 9

$$FC = 38104 \text{ kgf}$$

$$FH = (2397^2 + 1969^2)^{1/2} = 3102 \text{ kgf}$$

OBS.: FC = Força de Compressão na Direção do Eixo do Mastro

FH = Resultante das Forças Perpendiculares ao Eixo do Mastro que atuam com FC

2 - VERIFICAÇÕES

2.1 Chumbador

chumbador : 1 Ø 38 mm - SAE 1020 - Leng = 73.5 cm

base do mastro: chapa 25 mm - ASIM A36

$$fv = 1.1 \times 3102 / 11.34 = 301 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times (0.6 \times 2100) = 1172 \text{ kgf/cm}^2$$




$$fp = 1.1 \times 3102 / (3.80 \times 2.50) = 359 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times 4417 = 4107 \text{ kgf/cm}^2$$

2.2 Pressão no Concreto

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

$$\text{Concreto: } fck = 180 \text{ kgf/cm}^2 \Rightarrow fcd = 180 / 1.4 = 128.6 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\text{Pressão} = 1.1 \times 83387 / 948.9 = 96.7 \text{ kgf/cm}^2 < 128.6 \text{ kgf/cm}^2$$

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
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 14B LT 500 kV C.S. Igaporã III / Janaúba 3 C1 TORRE TIPO V1CRL Cálculo Estrutural</p>					
Nº ENGETOWER 20.10-C2001	Nº DOCUMENTO RE-EQT4-L401-PB-EST-0017			FOLHA 1 de 34	REVISÃO 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	460
Vão gravante (m)	300 a 700 (condutor) e 300 a 750 (pára-raios)	
Cabo pára-raios	cabo OPGW Ø16.75mm ou cabo OPGW Ø13.4mm ou CAA "DOTTEREL" 176.9 kcmil ou cabo de aço galvanizado Ø3/8" EHS	
Cabo condutor (6 cabos/fase)	CAL 838 kcmil (Al 1120)	

1.2 MATERIAIS EMPREGADOS

Aço estrutural:

ASTM A36	Fy = 2531 kgf/cm ² (Tensão de fluência)
	Fu = 4077 kgf/cm ² (Tensão de ruptura)
ASTM A572 GRAU 50	Fy = 3515 kgf/cm ² (Tensão de fluência)
	Fu = 4570 kgf/cm ² (Tensão de ruptura)
ASTM A572 GRAU 60	Fy = 4218 kgf/cm ² (Tensão de fluência)
	Fu = 5273 kgf/cm ² (Tensão de ruptura)

Parafusos (rosca excluída da seção de corte):

ASTM A394 TIPO "0"	Fv = 2620 kgf/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-D2000/1 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-D2000/2.
- 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 = 22.22 m/s (80 km/h)
- VR(250) = velocidade de referência do vento para T igual a 250 anos = 25.00 m/s (90 km/h)
- Terreno categoria "B" ($K_r = 1.00$)
- q_0 = pressão dinâmica de referência = $1/2 \times \rho \times [K_r \times VR(250)]^2/g$
 - ρ = massa específica do ar = 1.121 kg/m^3
 - g = aceleração da gravidade = 9.81 m/s^2
 - $\Rightarrow q_0 = 35.7 \text{ kgf/m}^2$
- Obs.: A pressão dinâmica reduzida será tomada igual a 36% do valor acima calculado

3.1.3.2 VENTO DE ALTA INTENSIDADE

- Será considerado vento com velocidade $V_i = 44.44 \text{ m/s}$ (160 km/h), constante com a altura, atuando integralmente sobre a estrutura e sobre 25% do vão médio.
- q_i = pressão dinâmica associada a $V_i = 1/2 \times \rho \times V_i^2/g$
 - ρ = massa específica do ar = 1.121 kg/m^3
 - g = aceleração da gravidade = 9.81 m/s^2
 - $\Rightarrow q_i = 112.8 \text{ kgf/m}^2$

3.1.4 TRAÇÕES NOS CABOS

- ESTADOS DE CARGA:
 - 1 EDS: 22°C, sem vento
 - 2 Temperatura mínima: 5°C
 - 3 Temperatura máxima: 55°C no condutor e 39°C no pára-raios
 - 4 Vento máximo 90° (transversal), temperatura = 17°C
 - 5 Vento máximo 75°, temperatura = 17°C
 - 6 Vento máximo 60°, temperatura = 17°C
 - 7 Vento máximo 45°, temperatura = 17°C
 - 8 Vento máximo 30°, temperatura = 17°C
 - 9 Vento máximo 15°, temperatura = 17°C
 - 10 Vento máximo 0°, temperatura = 17°C
 - 11 Vento reduzido 90°, temperatura = 17°C

- Resultados, na condição final, para vãos básicos máximos da LT:

ESTADO DE CARGA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
CONDUTOR (*)	1894	1982	1751	3410	3266	2882	2409	2055	1929	1919	2190
PÁRA-RAIOS 1	1374	1425	1329	2454	2352	2082	1744	1488	1396	1389	1586
PÁRA-RAIOS 2	1223	1260	1188	2034	1956	1748	1493	1305	1239	1233	1376
PÁRA-RAIOS 3	1180	1223	1140	2204	2109	1857	1537	1290	1199	1192	1386
PÁRA-RAIOS 4	727	747	709	1357	1299	1143	945	793	737	733	852

(*) Trações para 1 cabo

Notas: a) Trações para vão básico de:

- \Rightarrow cabo CONDUTOR: 510.0 m
- \Rightarrow cabo PÁRA-RAIOS 1: 510.0 m
- \Rightarrow cabo PÁRA-RAIOS 2: 510.0 m
- \Rightarrow cabo PÁRA-RAIOS 3: 510.0 m

- ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 4: 510.0 m
- b) Trações para condição final, considerando-se:
- ⇒ cabo CONDUTOR: Tração final EDS = 20.0% de CR
(flecha final condição EDS = 20.162 m)
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 1: Tração final EDS = 13.9% de CR
(flecha final condição EDS = 18.198 m → 90% CONDUTOR)
(flecha final temperatura mínima = 17.552 m → 91% CONDUTOR)
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 2: Tração final EDS = 12.9% de CR
(flecha final condição EDS = 18.168 m → 90% CONDUTOR)
(flecha final temperatura mínima = 17.624 m → 91% CONDUTOR)
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 3: Tração final EDS = 15.0% de CR
(flecha final condição EDS = 18.137 m → 90% CONDUTOR)
(flecha final temperatura mínima = 17.494 m → 91% CONDUTOR)
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 4: Tração final EDS = 10.4% de CR
(flecha final condição EDS = 18.189 m → 90% CONDUTOR)
(flecha final temperatura mínima = 17.710 m → 92% CONDUTOR)
- c) Pressões máximas de vento sobre cabos:
- ⇒ cabo CONDUTOR : 70.29 kgf/m² (H = 23.0m G_C = 2.14 G_L = 0.92)
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 1 : 75.21 kgf/m² (H = 34.0m G_C = 2.29 G_L = 0.92)
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 2 : 75.21 kgf/m² (H = 34.0m G_C = 2.29 G_L = 0.92)
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 3 : 75.21 kgf/m² (H = 34.0m G_C = 2.29 G_L = 0.92)
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 4 : 75.21 kgf/m² (H = 34.0m G_C = 2.29 G_L = 0.92)
- d) Flechas na temperatura mínima para vão básico:
- ⇒ cabo CONDUTOR : 19.3 m
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 1 : 17.6 m
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 2 : 17.6 m
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 3 : 17.5 m
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 4 : 17.7 m
- e) Flechas na temperatura máxima para vão básico:
- ⇒ cabo CONDUTOR : 21.8 m
- f) Alturas médias dos cabos para vão básico:
- ⇒ cabo CONDUTOR: H = 12.5 + 21.8 + 1.3 - 2/3 x 19.3 =
= 22.7 m (adotada: 23.0 m)
Obs.: 12.5 m = distância mínima fase/solo
1.3 m = distância típica fase inferior ao c.g. das fases
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 1: H = 12.5 + 21.8 + 10.7 - 2/3 x 17.6 =
= 33.3 m (adotada: 34.0 m)
Obs.: 10.7 m = altura típica pára-raios em relação à fase inferior
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 2: H = 12.5 + 21.8 + 10.7 - 2/3 x 17.6 =
= 33.3 m (adotada: 34.0 m)
Obs.: 10.7 m = altura típica pára-raios em relação à fase inferior
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 3: H = 12.5 + 21.8 + 10.7 - 2/3 x 17.5 =
= 33.3 m (adotada: 34.0 m)
Obs.: 10.7 m = altura típica pára-raios em relação à fase inferior
 - ⇒ cabo PÁRA-RAIOS 4: H = 12.5 + 21.8 + 10.7 - 2/3 x 17.7 =
= 33.2 m (adotada: 34.0 m)
Obs.: 10.7 m = altura típica pára-raios em relação à fase inferior

3.1.5 CARGAS LONGITUDINAIS DECORRENTES DE RUPTURA DE CABO

- PÁRA-RAIOS: 1.25 x Tração EDS
- FASES: 0.70 x Tração EDS

3.1.6 CARGAS LONGITUDINAIS PARA CONTENÇÃO DE QUEDA EM CASCATA

- PÁRA-RAIOS: 0.50 x Tração EDS
- FASES: 0.25 x Tração EDS

3.1.7 HIPÓTESES DE CARGA E FATORES DE SOBRECARGA - SUSPENSÃO

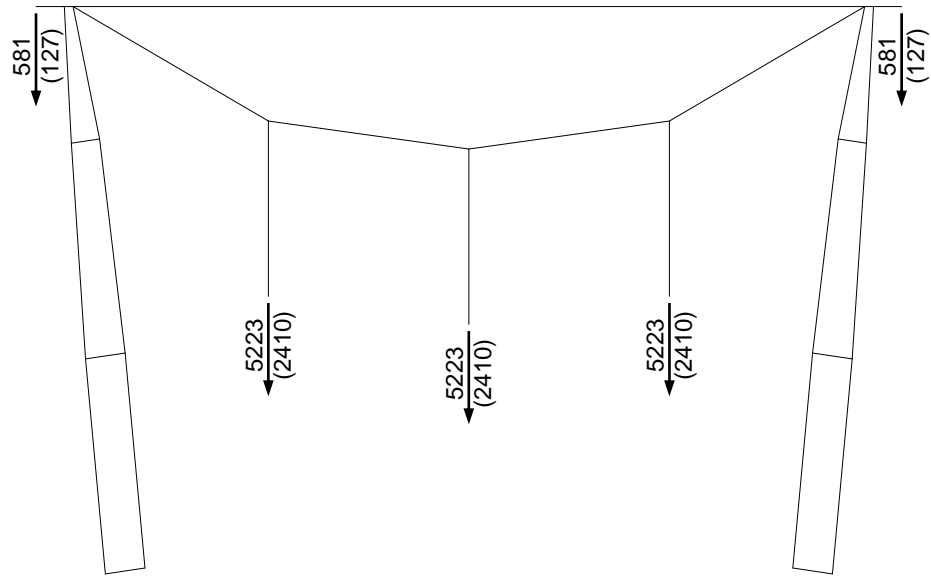
- HIP. 1: Cabos intactos, com vento transversal máximo (90°)
- HIP. 2: Cabos intactos, com vento longitudinal máximo
- HIP. 3: Cabos intactos, com vento máximo a 45°, 60° ou 75°
- HIP. 4: Ruptura de 1 fase, sem vento
- HIP. 5: Ruptura de 1 pára-raios, sem vento
- HIP. 6: Construção/Manutenção, sem vento
- HIP. 7: Cabos intactos, com vento transversal de alta intensidade
- HIP. 8: Cabos intactos, com vento longitudinal de alta intensidade
- HIP. 9: Cabos intactos, com vento de alta intensidade a 45°, 60° ou 75°
- HIP. 10: Contenção de queda em cascata, sem vento
- HIP. 11: Grampeamento, sem vento
- Fatores de sobrecarga:
 - ⇒ Cargas transversais:
 - HIP. 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 e 10 : 1.00
 - HIP. 6 : 1.50 (em construção)
ou 1.15 (já construído)
 - HIP. 11 : 1.50
 - ⇒ Cargas verticais:
 - HIP. 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 e 10 : 1.15 (normais)
ou 0.87 (reduzidas)
 - HIP. 6 : 1.50 (em construção)
ou 1.15 (já construído)
 - HIP. 11 : 1.50
 - Para hipóteses com cargas verticais reduzidas, fator de sobrecarga considerado para o peso próprio da estrutura: 0.87
 - ⇒ Cargas longitudinais:
 - HIP. 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 e 10 : 1.00
 - HIP. 6 : 1.50 (em construção)
ou 1.15 (já construído)
 - HIP. 11 : 1.50

3.1.8 CARGAS POR HIPÓTESE

Notas:

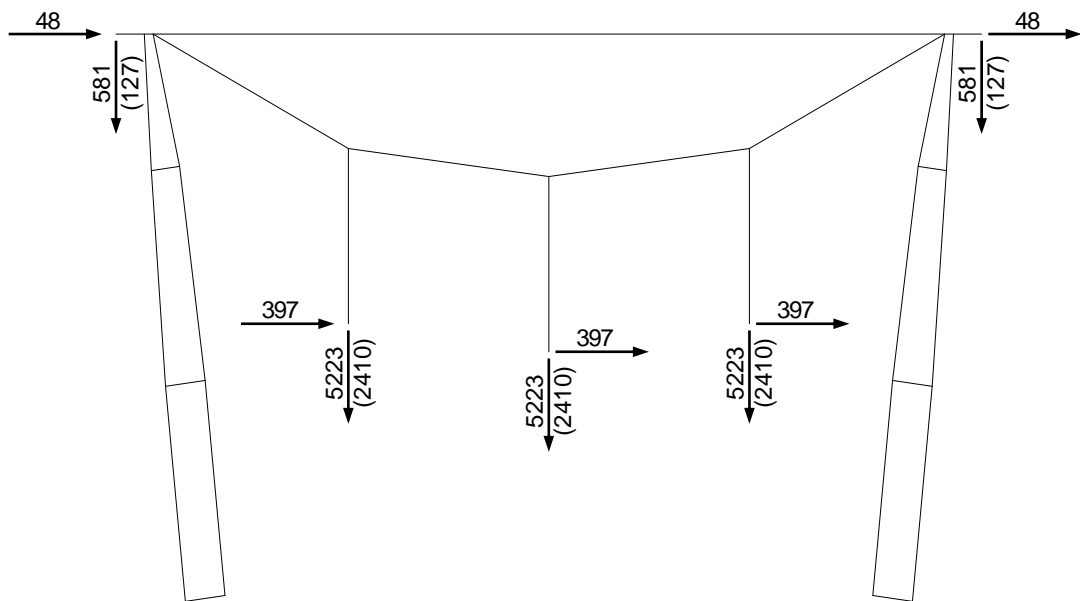
1. Para as hipóteses com vento de alta intensidade (hip. 7, 8 e 9), considerou-se trações atuantes iguais às obtidas para Vento Reduzido (90°)

3.2 PARA VERIFICAÇÕES ELÉTRICAS E DE GEOMETRIA



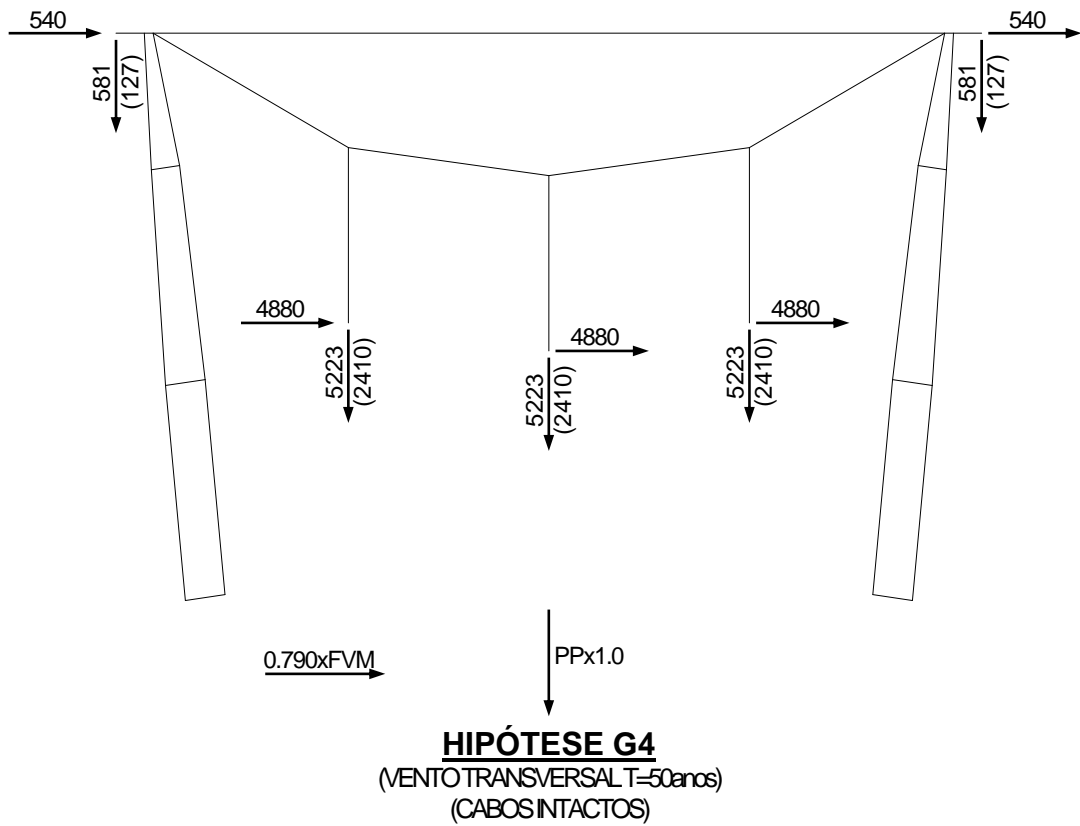
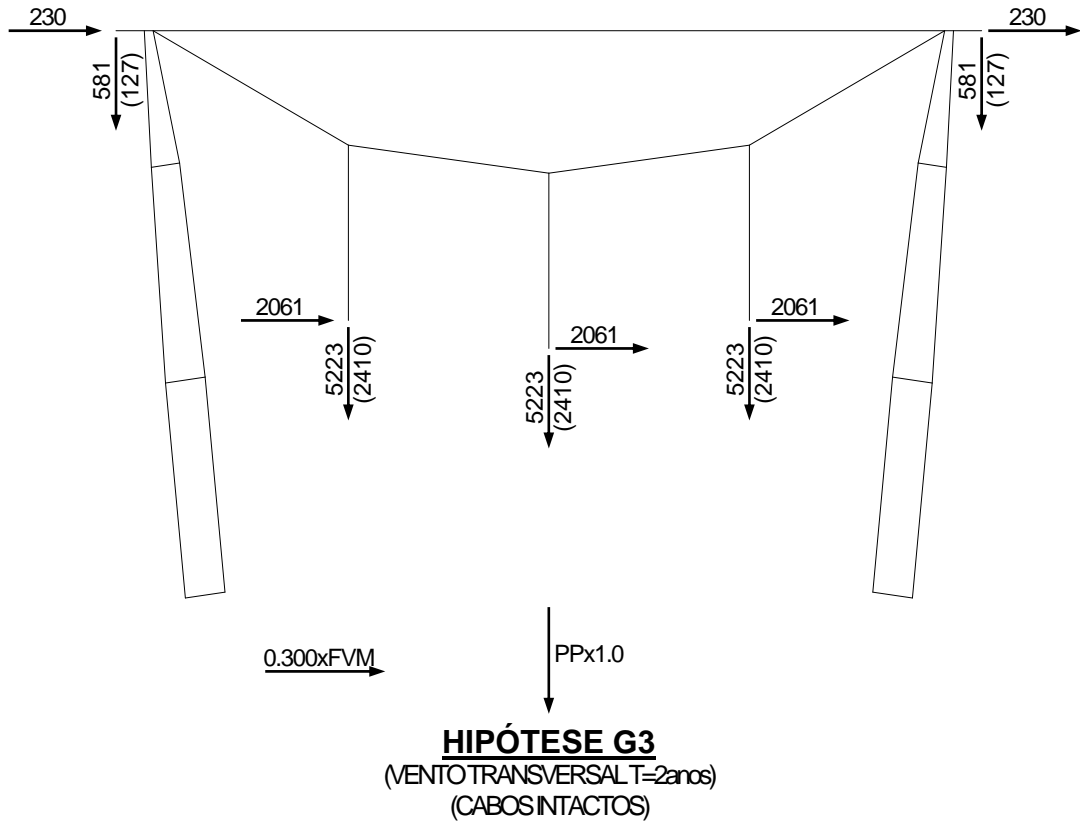
PPx1.0

HIPÓTESE G1
(SEM VENTO)
(EDS-ALINHAMENTO)

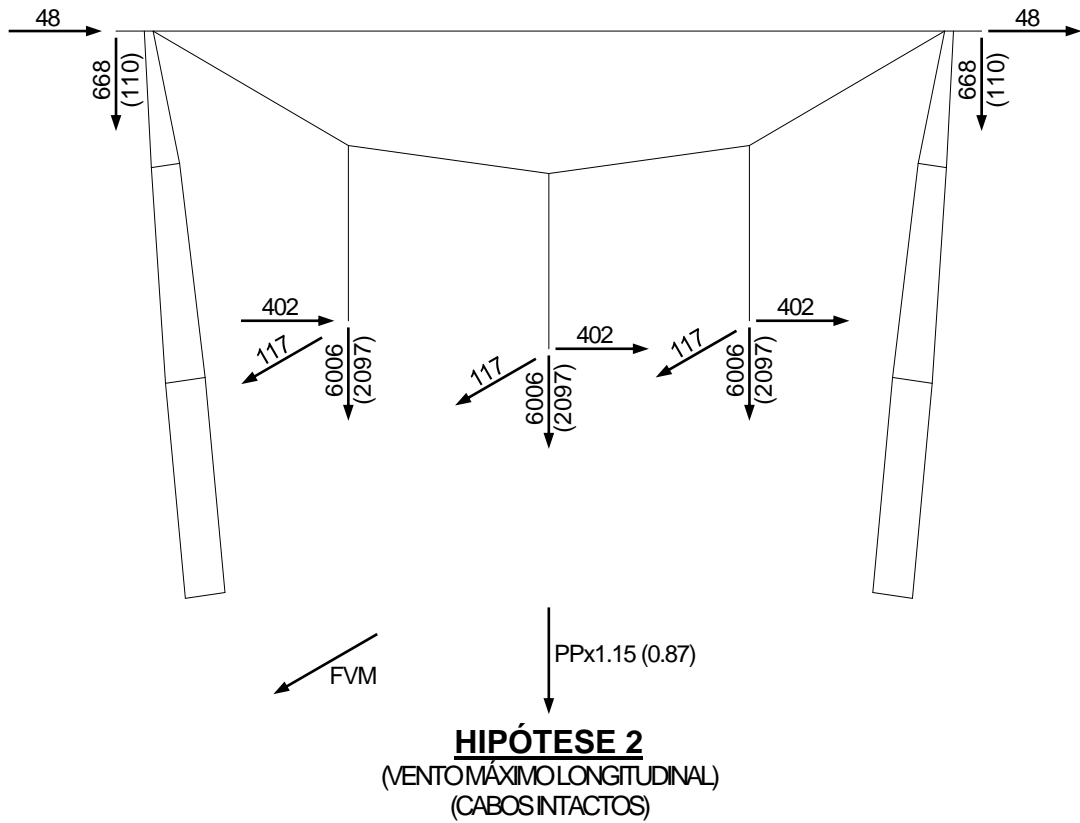
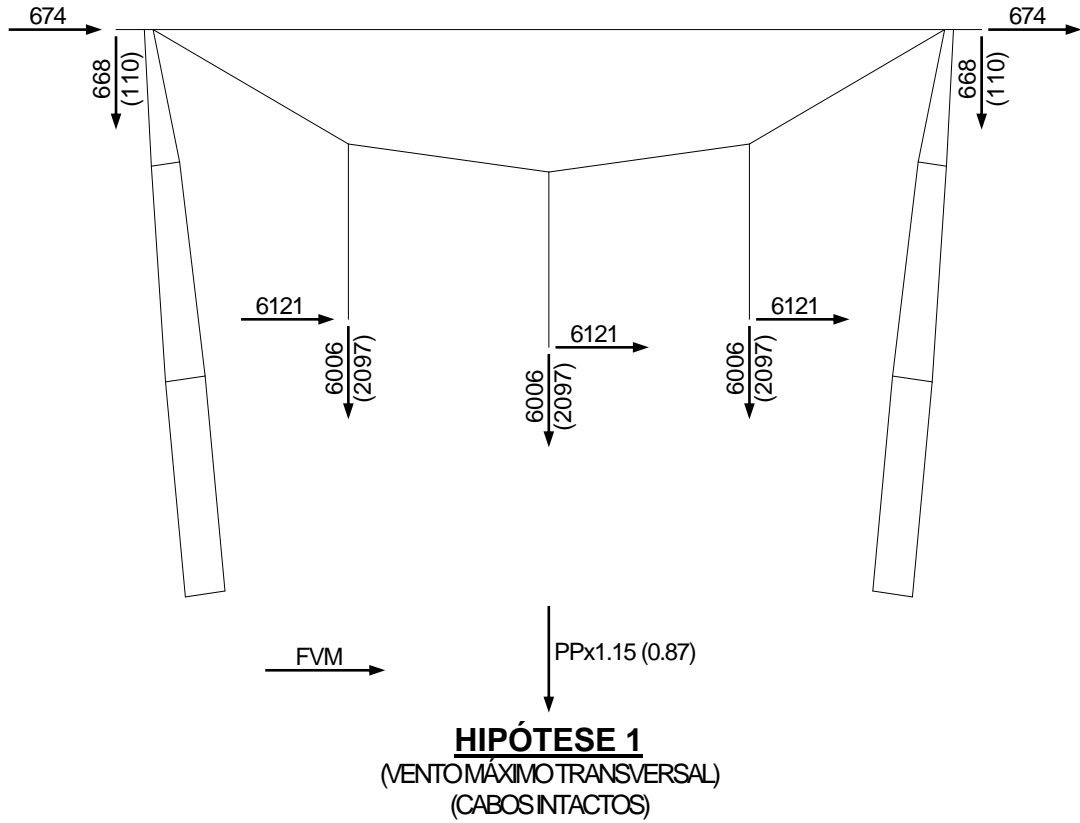


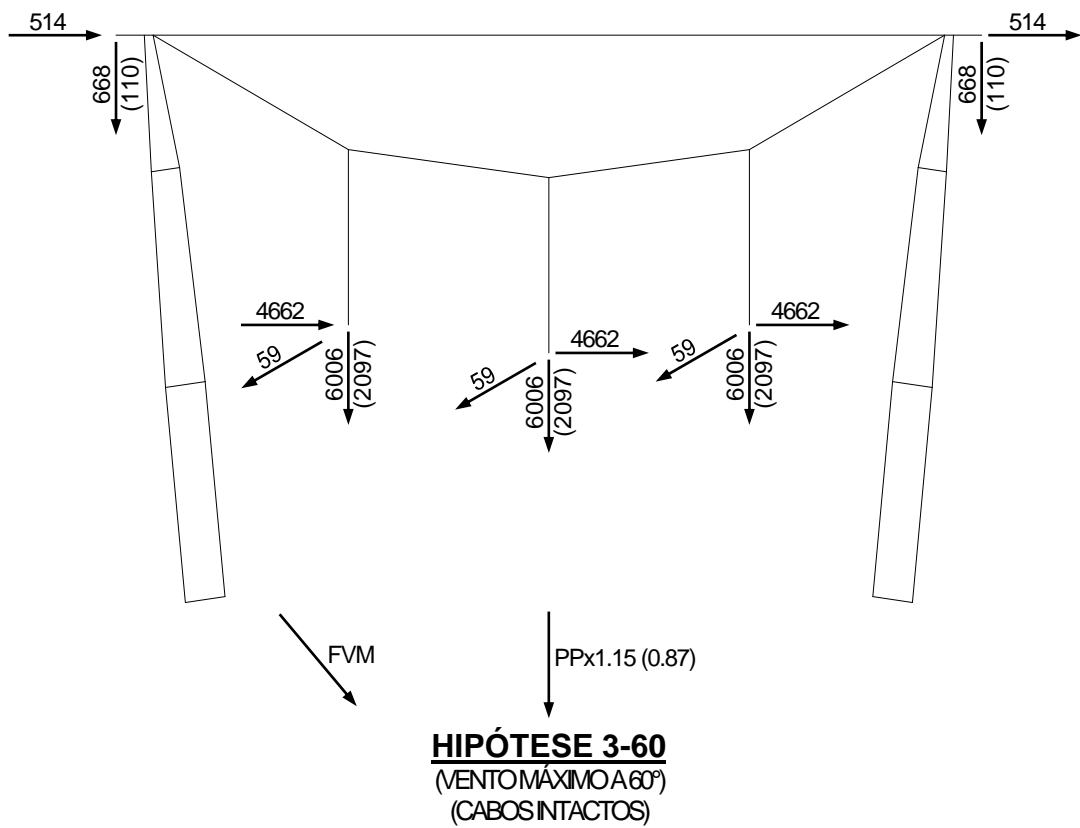
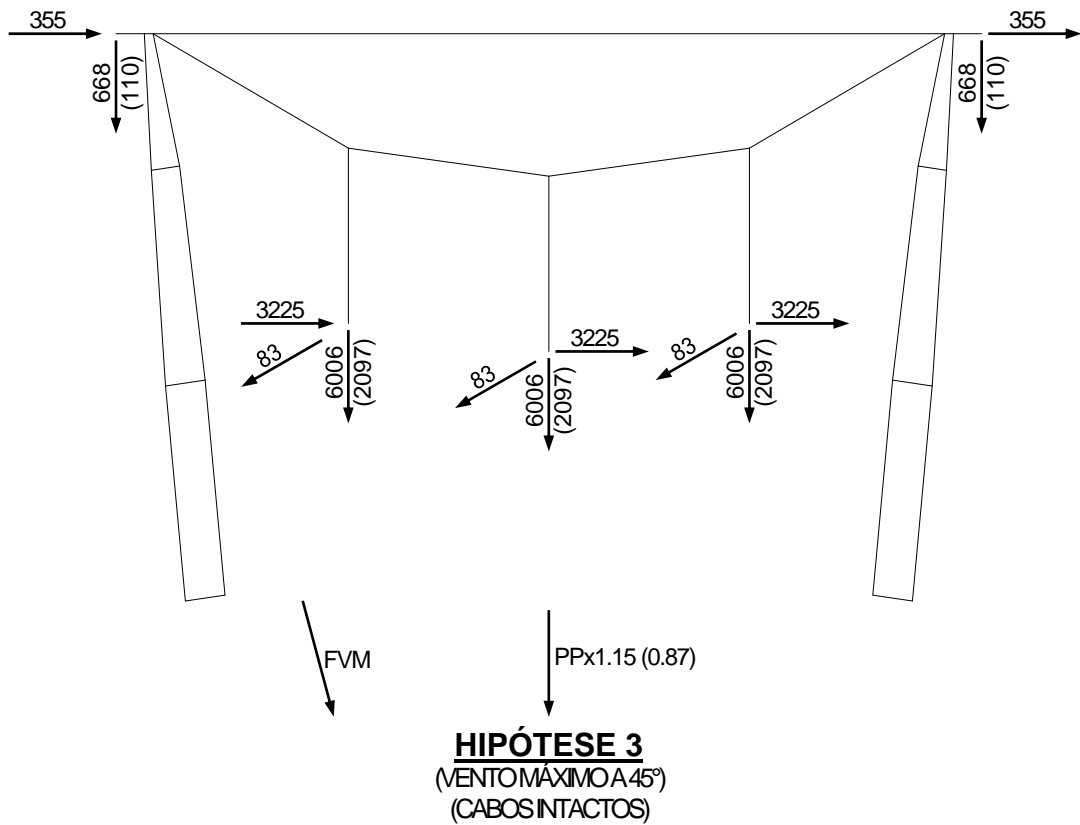
PPx1.0

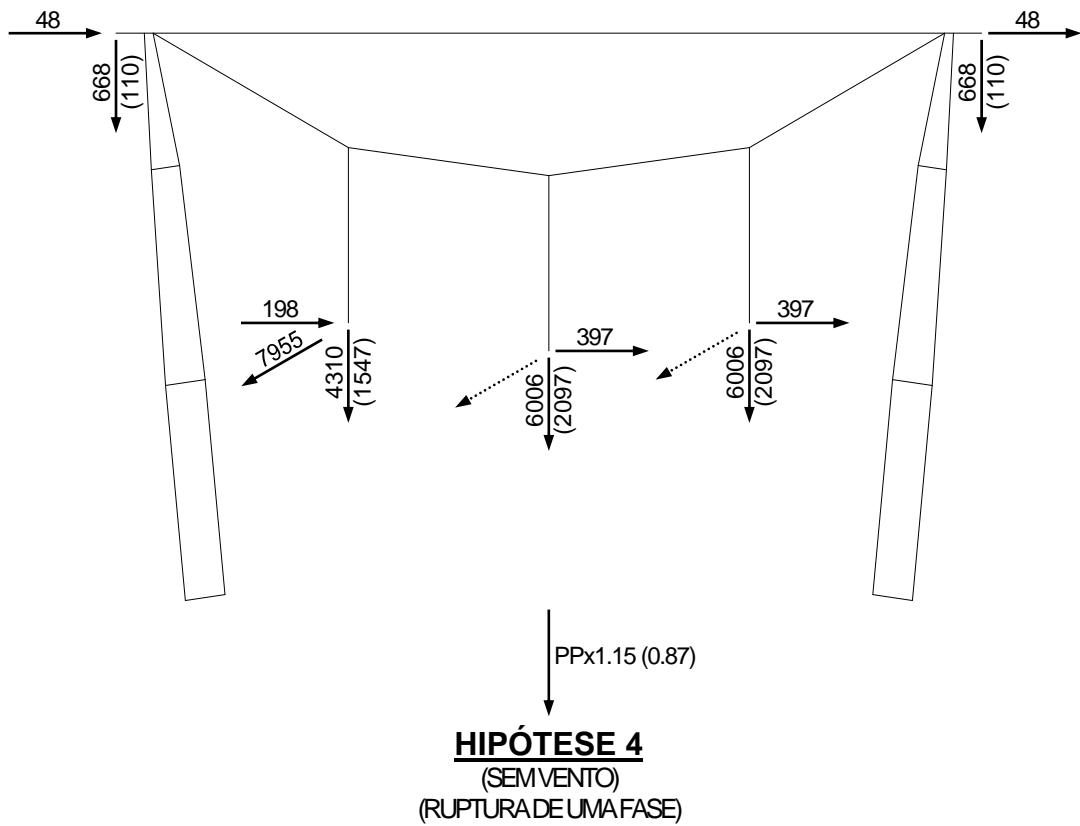
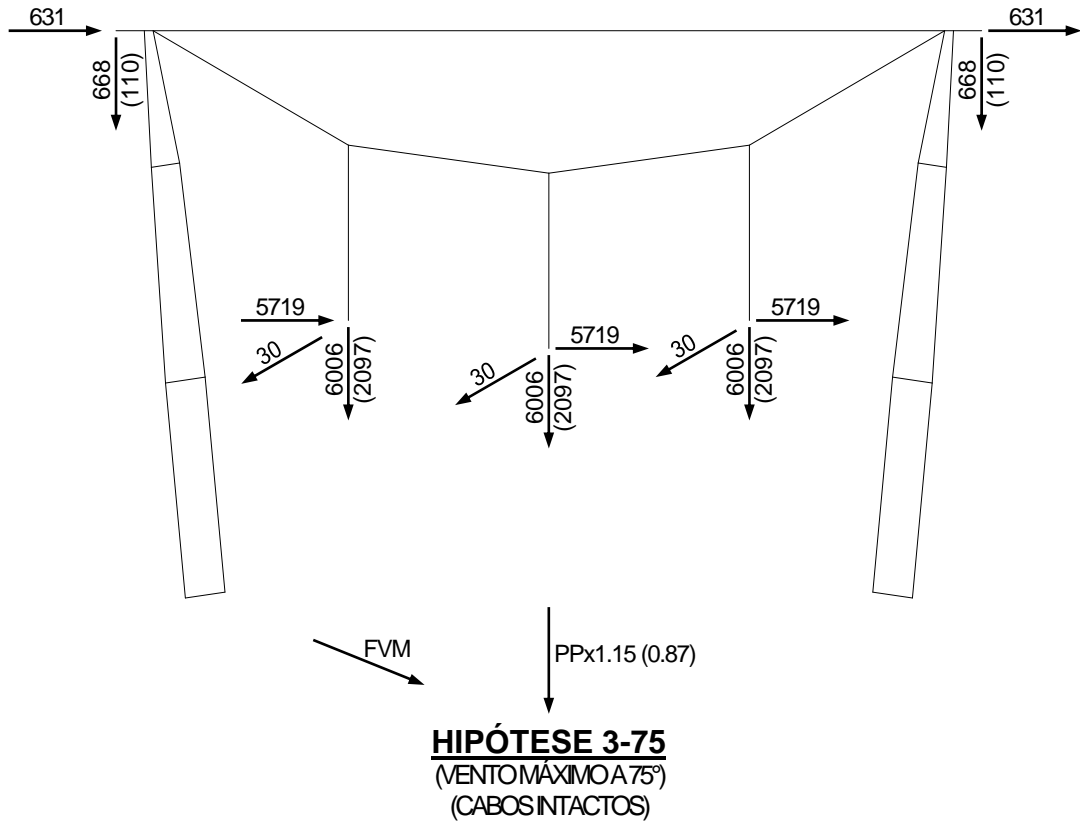
HIPÓTESE G2
(SEM VENTO)
(EDS-ÂNGULO MÁXIMO)

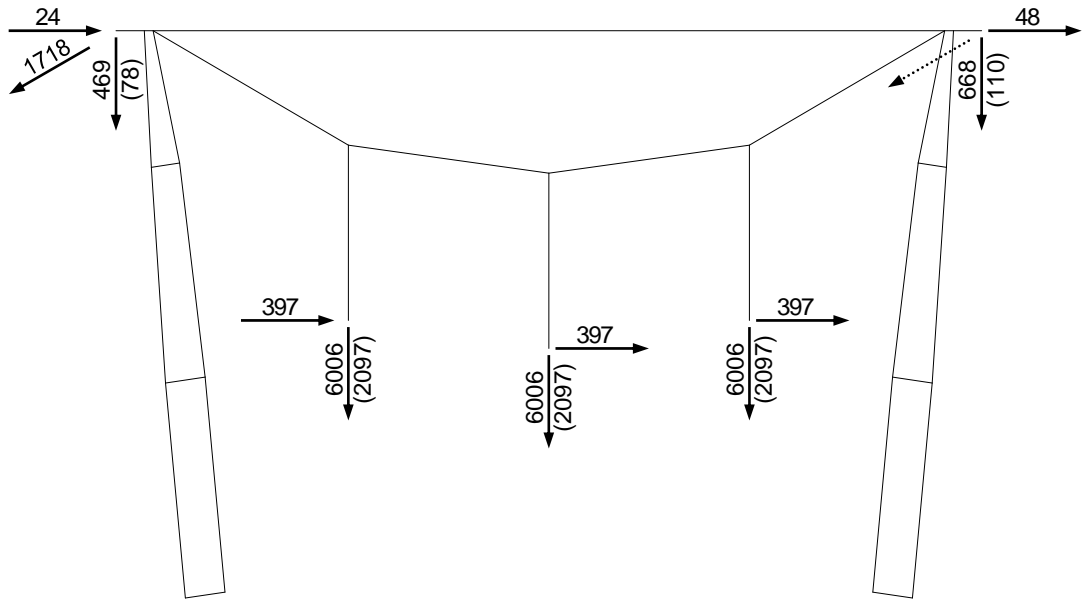


3.3 PARA DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL



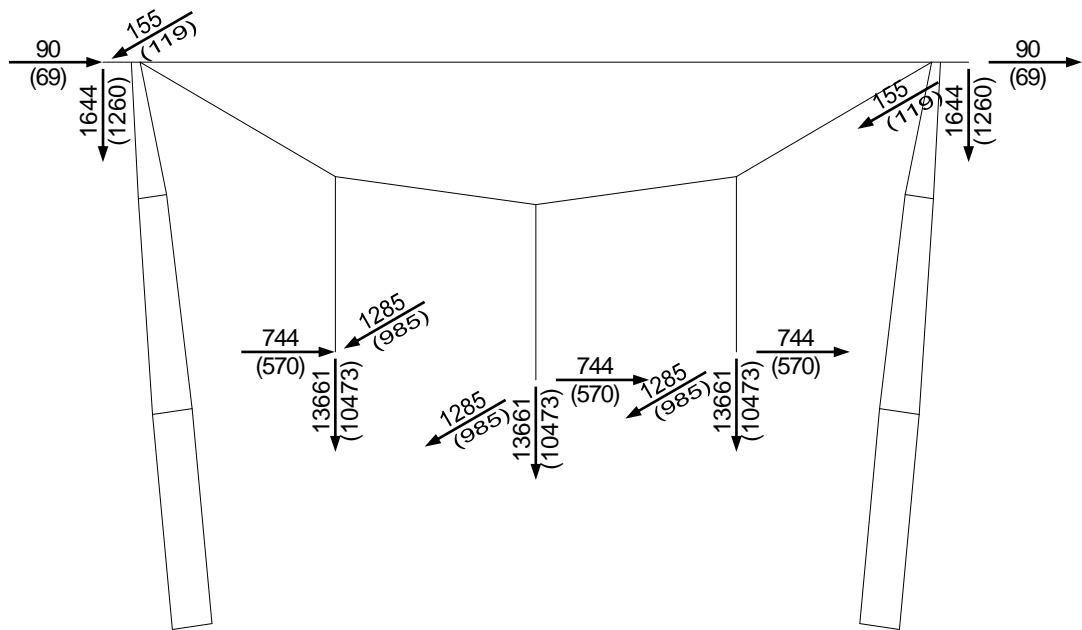






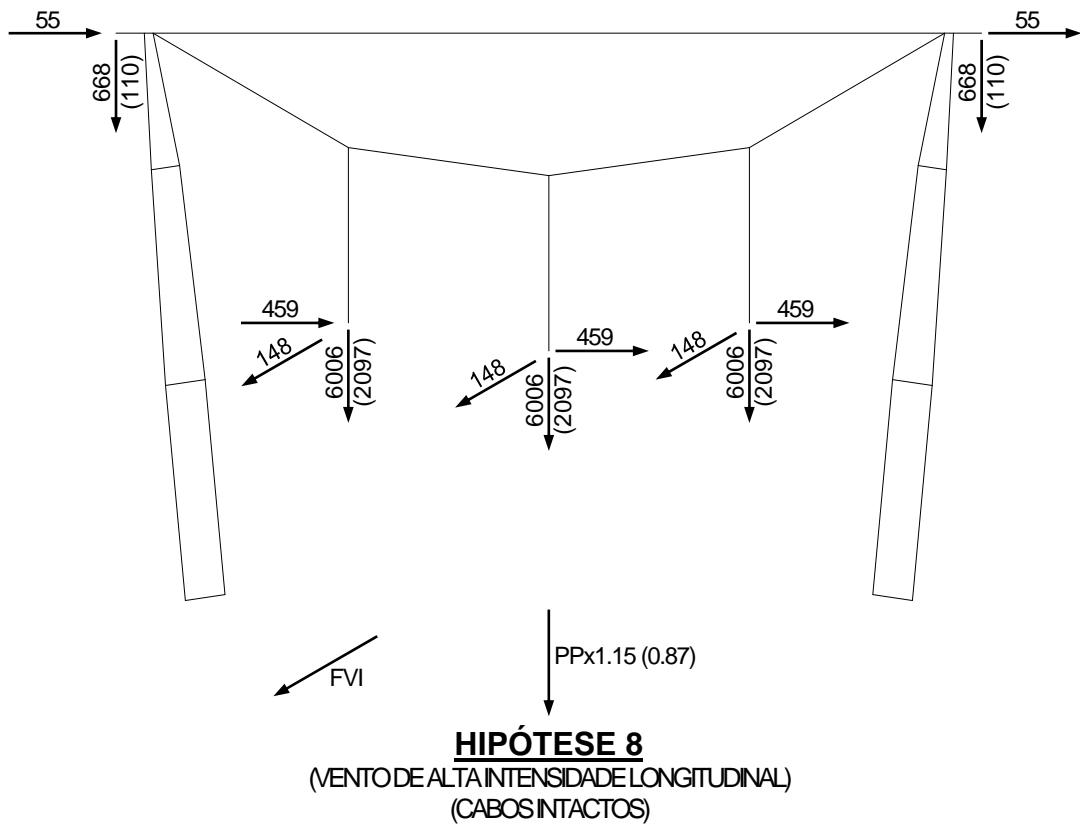
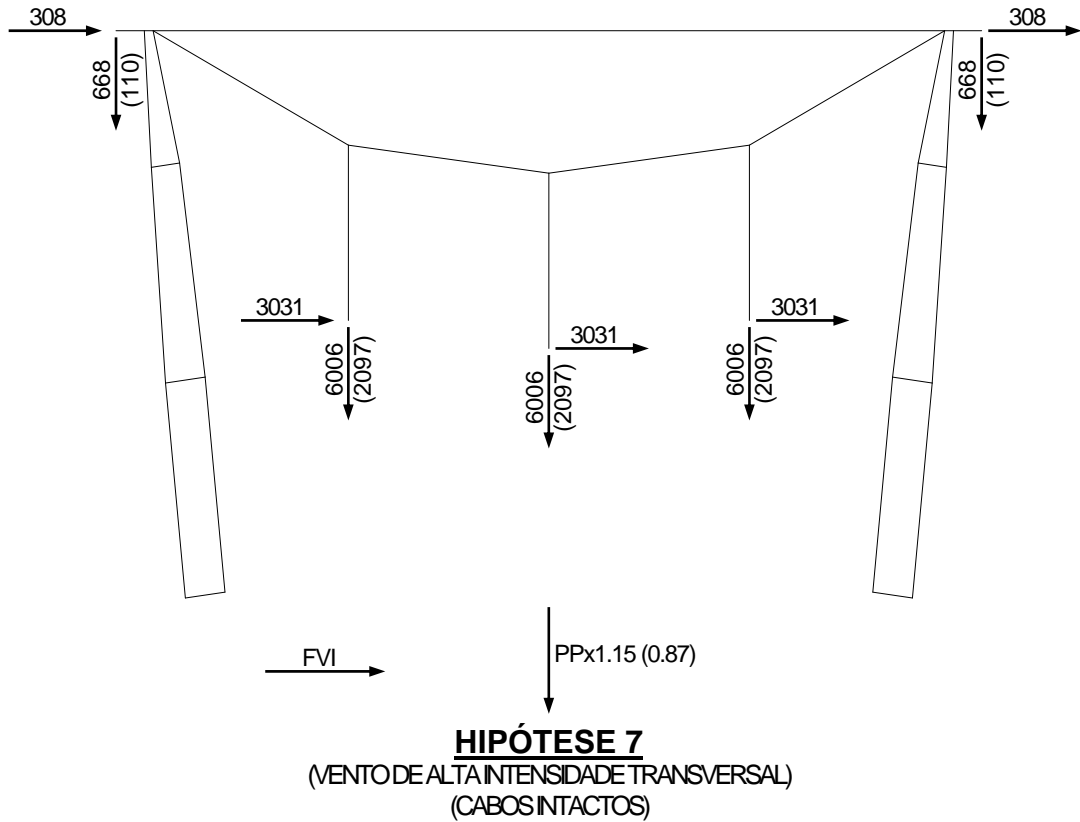
PPx1.15 (0.87)

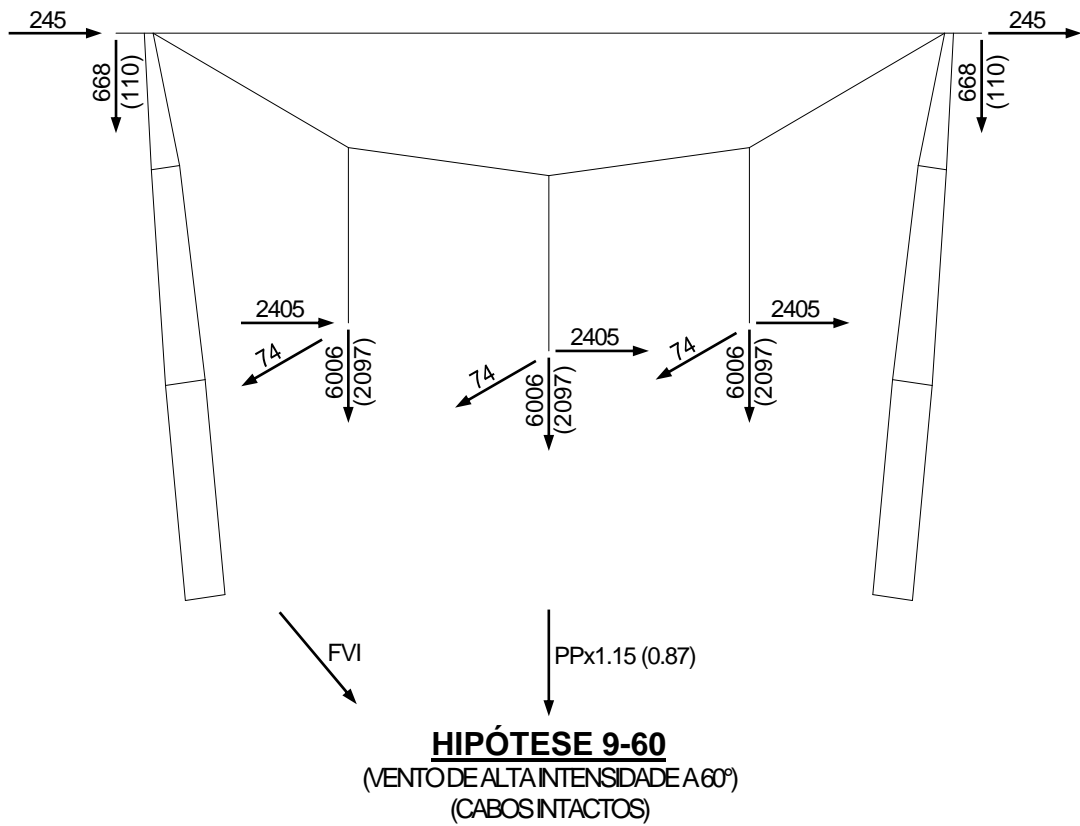
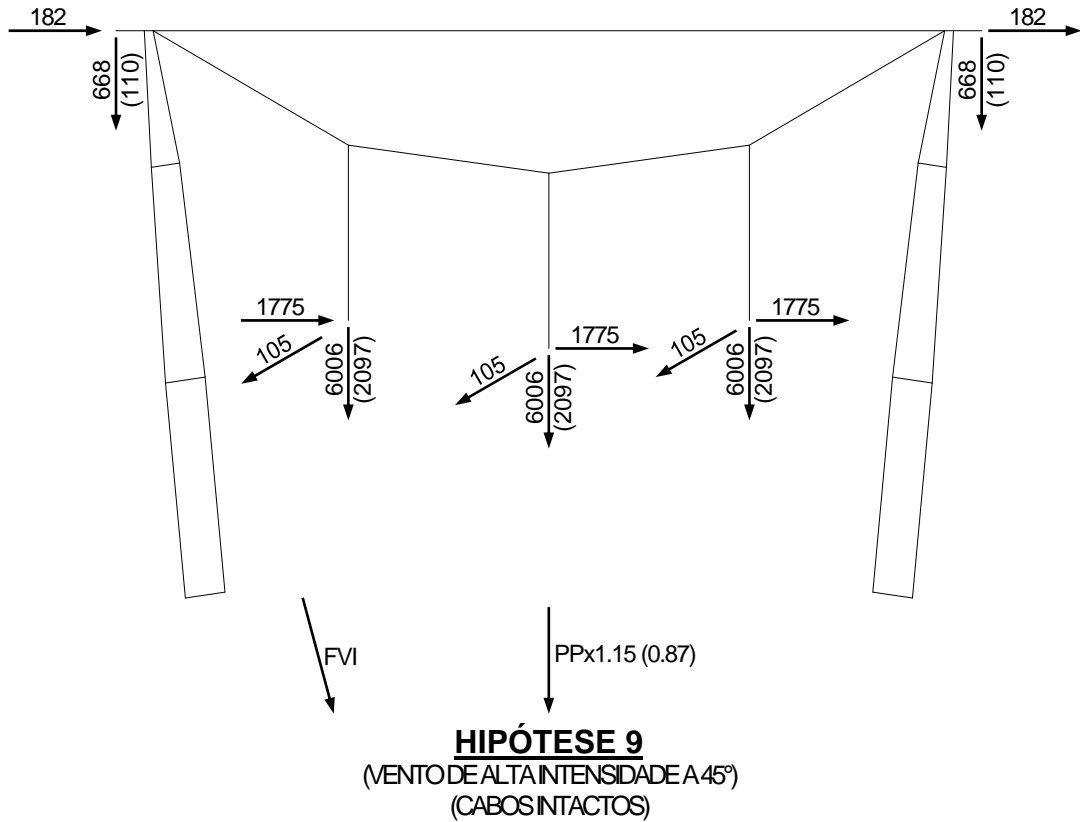
HIPÓTESE 5
(SEM VENTO)
(RUPTURA DE UM PÁRA-RAIOS)

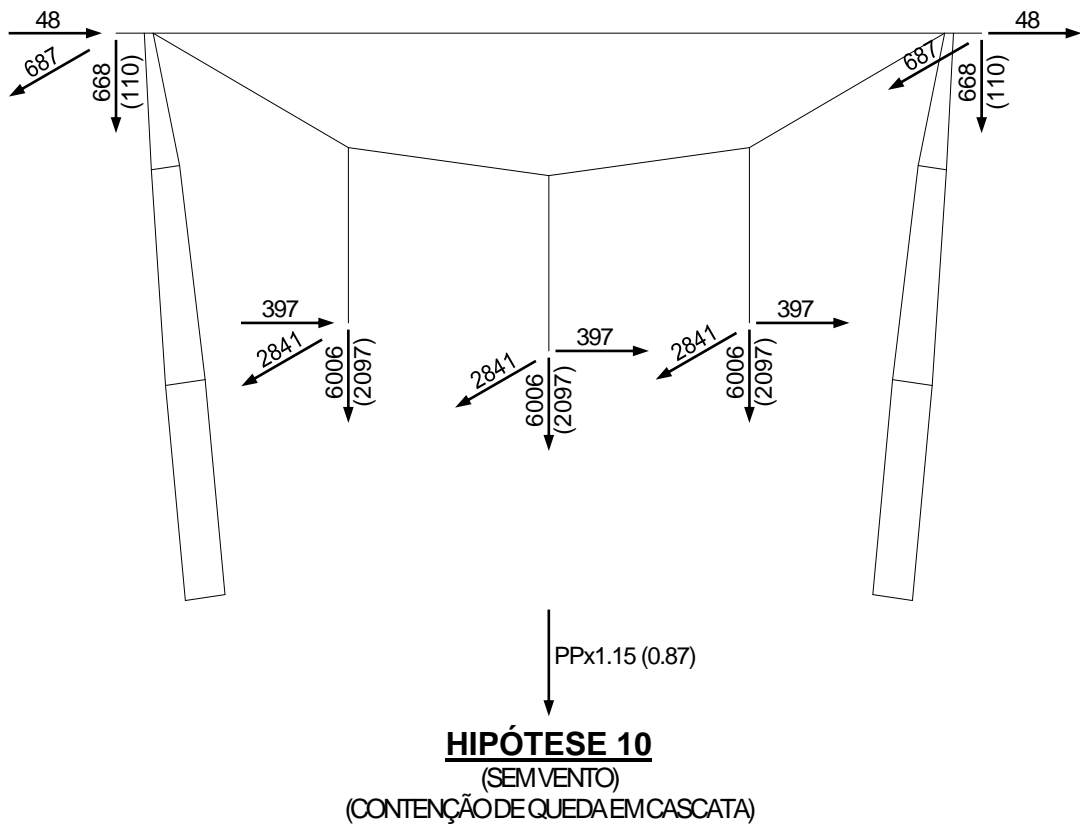
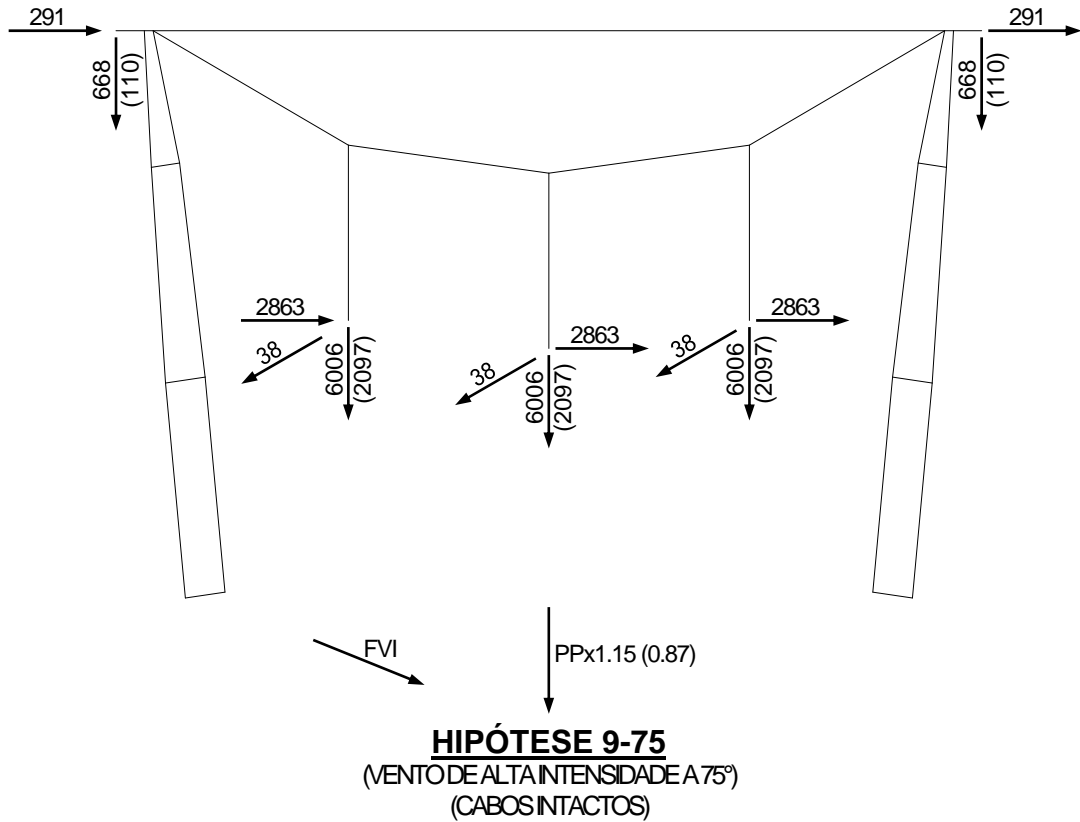


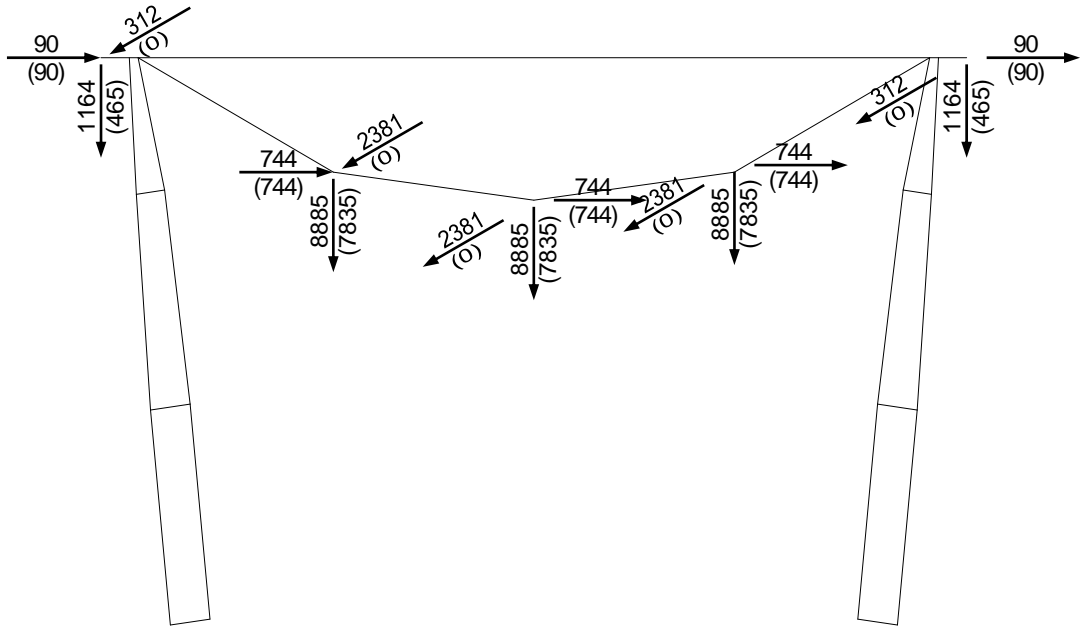
PPx1.15

HIPÓTESE 6
(SEM VENTO)
(CONSTRUÇÃO/MANUTENÇÃO)









PPx1.5

HIPÓTESE 11
(SEM VENTO)
(GRAMPEAMENTO)

3.4 NOTAS PARA ÁRVORES DE CARGA

- a) As árvores de carga apresentadas no item 3.2 são utilizadas somente para verificações dos espaçamentos elétricos nas silhuetas deslocadas da torre. Tais verificações estão apresentadas no desenho ENGETOWER nº 20.10-D2000/2.
- b) As árvores de carga apresentadas no item 3.3 representam as hipóteses de carga básicas consideradas no cálculo. Algumas destas hipóteses foram desdobradas para a análise estrutural, conforme se esclarece em notas subseqüentes.
- c) Cargas são últimas (incluem os respectivos fatores de sobrecarga) e estão em kgf.
- d) **FVM** indica a força devida à ação do vento máximo sobre a própria torre e **FVI** indica a força devida à ação do vento de alta intensidade. Para cálculo de **FVM** e **FVI**, ver páginas seguintes.
- e) **PP** indica o peso próprio da torre.
- f) **Hipóteses 4** (ruptura de uma fase): **e** na denominação da hipótese de carga indica carga longitudinal na fase da esquerda, **d** indica carga longitudinal na fase da direita e **m** indica carga longitudinal na fase central.
- g) **Hipóteses 5** (ruptura de um pára-raios): **e** na denominação da hipótese de carga indica carga longitudinal no PR da esquerda e **d** indica carga longitudinal no PR da direita.
- h) **Hipótese 6** (construção/manutenção):
OBS.: 1) Para cabos em lançamento, considerar cargas fora de parênteses na árvore de carga;
2) Para cabos lançados, considerar cargas entre parênteses na árvore de carga;
Ae : cargas de lançamento no PR esquerdo;
Ad : cargas de lançamento no PR direito;
Be : cargas de lançamento no PR esquerdo e PR direito lançado;
Bd : cargas de lançamento no PR direito e PR esquerdo lançado;
C : 2 PR's lançados;
De : 2 PR's lançados e lançamento da fase da esquerda;
Dd : 2 PR's lançados e lançamento da fase da direita;
Dm : 2 PR's lançados e lançamento da fase da central;
Eem : 2 PR's lançados, lançamento da fase da esquerda e fase central lançada;
Eed : 2 PR's lançados, lançamento da fase da esquerda e fase da direita lançada;
Eme : 2 PR's lançados, lançamento da fase central e fase da esquerda lançada;
Emd : 2 PR's lançados, lançamento da fase central e fase da direita lançada;
Ede : 2 PR's lançados, lançamento da fase da direita e fase da esquerda lançada;
Edm : 2 PR's lançados, lançamento da fase da direita e fase central lançada;
Fe : 2 PR's lançados, lançamento da fase da esquerda e demais fases lançadas;
Fm : 2 PR's lançados, lançamento da fase central e demais fases lançadas;
Fd : 2 PR's lançados, lançamento da fase da direita e demais fases lançadas;
G : 2 PR's e todas as fases lançados;
- i) **Hipóteses 11** (grampeamento):
OBS.: 1) Para cabos em grampeamento, considerar cargas fora de parênteses na árvore de carga;
2) Para cabos só lançados ou já grampeados, considerar cargas entre parênteses na árvore de carga;
Nos desdobramentos abaixo especificados, considerar cargas de cabos só lançados/já grampeados nos pontos onde não houver cabos em grampeamento:
Ae: cargas de grampeamento somente no PR esquerdo;
Ad: cargas de grampeamento somente no PR direito;
B : cargas de grampeamento somente nos 2 PR's;
Ce: cargas de grampeamento somente nos 2 PR's e na fase da esquerda;
Cd: cargas de grampeamento somente nos 2 PR's e na fase da direita;
Cm: cargas de grampeamento somente nos 2 PR's e na fase central;
De: sem as cargas de grampeamento da fase da esquerda;
Dd: sem as cargas de grampeamento da fase da direita;
Dm: sem as cargas de grampeamento da fase central;
E : todas as cargas de grampeamento aplicadas.
- i) **R** na denominação da hipótese de carga indica cargas verticais mínimas (valores entre parênteses nas árvores de carga).

4 CARGAS DEVIDAS AO VENTO SOBRE A TORRE

4.1 CARGAS DEVIDAS AO VENTO MÁXIMO SOBRE A TORRE

As cargas devidas à ação do vento máximo sobre a torre foram calculadas conforme metodologia da Publicação IEC/IR 60826, considerando-se a seguinte pressão dinâmica de referência:

- vento máximo: $q_0 = 35.7 \text{ kgf/m}^2$.

4.2 CARGAS DEVIDAS AO VENTO DE ALTA INTENSIDADE SOBRE A TORRE

As cargas devidas à ação do vento de alta intensidade sobre a torre foram calculadas com base na seguinte pressão dinâmica, constante ao longo da altura:

- vento de alta intensidade: $q_i = 112.8 \text{ kgf/m}^2$.

4.3 CARGAS DEVIDAS AO VENTO, POR MASTRO e POR PAINEL

Painel	H (m)	Ae (m ²)	Ab (m ²)	Ae/Ab	Ca	Gt	FW (kgf)	FWi (kgf)
1	54.884	0.85	2.00	0.42	2.16	2.53	166	207
		0.96	2.54	0.38	2.27		197	246
2	51.308	1.64	7.80	0.21	2.87	2.50	420	531
		1.64	7.80	0.21	2.87		420	531
3	45.347	1.76	9.00	0.20	2.92	2.46	451	580
		1.76	9.00	0.20	2.92		451	580
4	39.387	1.76	9.00	0.20	2.92	2.40	440	580
		1.76	9.00	0.20	2.92		440	580
5	33.427	1.76	9.00	0.20	2.92	2.35	431	580
		1.76	9.00	0.20	2.92		431	580
6	27.467	1.76	9.00	0.20	2.92	2.28	418	580
		1.76	9.00	0.20	2.92		418	580
7	21.507	1.76	9.00	0.20	2.92	2.20	404	580
		1.76	9.00	0.20	2.92		404	580
8	15.546	1.76	9.00	0.20	2.92	2.09	383	580
		1.76	9.00	0.20	2.92		383	580
9	9.586	1.44	8.00	0.18	3.00	1.95	301	487
		1.44	8.00	0.18	3.00		301	487
10	3.626	0.76	2.00	0.38	2.27	1.69	104	195
		0.76	2.00	0.38	2.27		104	195
11	37.003	0.85	2.00	0.42	2.16	2.38	156	207
		0.96	2.54	0.38	2.27		185	246
12	33.427	1.64	7.80	0.21	2.87	2.35	395	531
		1.64	7.80	0.21	2.87		395	531
13	27.467	1.76	9.00	0.20	2.92	2.28	418	580
		1.76	9.00	0.20	2.92		418	580
14	21.507	1.76	9.00	0.20	2.92	2.20	404	580
		1.76	9.00	0.20	2.92		404	580
15	15.546	1.76	9.00	0.20	2.92	2.09	383	580
		1.76	9.00	0.20	2.92		383	580
16	9.586	1.44	8.00	0.18	3.00	1.95	301	487
		1.44	8.00	0.18	3.00		301	487
17	3.626	0.76	2.00	0.38	2.27	1.69	104	195
		0.76	2.00	0.38	2.27		104	195

NOTAS:

- Para indicação dos painéis de vento, ver desenho ENGETOWER n° 20.10-D2000/1.
- A linha superior refere-se à face longitudinal da torre (vento transversal) e a linha inferior refere-se à face transversal da torre (vento longitudinal).
- H = altura sobre o solo.
- Gt = fator de rajada (para terreno com rugosidade B).
- Ae = área exposta ao vento para 1 mastro.
- Ab = área de contorno associada a Ae.
- Ca = coeficiente de arrasto (calculado com base na relação Ae/Ab).
- FW e FWi = componente transversal (FWT) ou longitudinal (FWL) das forças de vento FVM e FVI sobre 1 mastro
- $FW = q_0 \times Gt \times Ca \times Ae$, onde $q_0 = 35.7 \text{ kgf/m}^2$.
- $FWi = q_i \times Ca \times Ae$, onde $q_i = 112.8 \text{ kgf/m}^2$.
- As forças devidas à ação do vento sobre os estais não estão incluídas na tabela acima. Para o valor considerado para esta força, ver nota seguinte.
- FWe = força devida ao vento máximo sobre 1 estai:
116 kgf (torre H=43.5m) ou 74 kgf (torre H=25.5m)
FWei = força devida ao vento de alta intensidade sobre 1 estai:
156 kgf (torre H=43.5m) ou 104 kgf (torre H=25.5m).
- Forças devidas à ação do vento sobre cabos de suspensão das fases:
FWT = 0, FWL = 82.0 kgf; FWTi = 0, FWLi = 102.4 kgf
- Forças devidas à ação do vento sobre cabo de interligação dos mastros:
FWT = 0, FWL = 43.9 kgf; FWTi = 0, FWLi = 54.9 kgf

4.4 CARGAS DEVIDAS AO VENTO, POR MASTRO e POR NÍVEL

VENIO MÁXIMO (kgf)					
NÍVEL	VENIO a 90° (TRANSVERSAL)	VENIO a 0° (LONGITUDINAL)	VENIO a 45°	VENIO a 60°	VENIO a 75°
	FWT (FWL = 0)	(FWT = 0) FWL	FWT = FWL	FWT/FWL	FWT/FWL
1	83+116	99+116	77+84	87+100/50+58	85+112/23+30
2	293	309	255	296/171	298/80
3	436	436	370	434/250	442/118
4	446	446	378	444/256	452/121
5	436	436	370	434/250	442/118
6	425	425	360	423/244	431/115
7	411	411	349	409/236	417/112
8	394	394	334	392/226	399/107
9	342	342	290	341/197	347/93
10	203	203	172	202/116	205/55
11	52+116	52+116	44+84	52+100/30+58	53+112/14+30
12	78+74	93+74	72+52	81+64/47+37	80+71/21+19
13	276	290	240	278/160	280/75
14	407	407	345	405/234	412/110
15	411	411	349	409/236	417/112
16	394	394	334	392/226	399/107
17	342	342	290	341/197	347/93
18	203	203	172	202/116	205/55
19	52+74	52+74	44+52	52+64/30+37	53+71/14+19

VENIO DE ALTA INTENSIDADE (kgf)					
NÍVEL	VENIO a 90° (TRANSVERSAL)	VENIO a 0° (LONGITUDINAL)	VENIO a 45°	VENIO a 60°	VENIO a 75°
	FWT (FWL = 0)	(FWT = 0) FWL	FWT = FWL	FWT/FWL	FWT/FWL
1	104+156	123+156	96+112	108+135/62+78	106+151/28+40
2	369	389	321	372/215	376/101
3	556	556	471	553/319	563/151
4	580	580	492	578/334	588/158
5	580	580	492	578/334	588/158
6	580	580	492	578/334	588/158
7	580	580	492	578/334	588/158
8	580	580	492	578/334	588/158
9	534	534	453	531/307	541/145
10	341	341	289	340/196	346/93
11	98+156	98+156	83+112	97+135/56+78	99+151/26+40
12	104+104	123+104	96+74	108+90/62+52	106+100/28+27
13	369	389	321	372/215	376/101
14	556	556	471	553/319	563/151
15	580	580	492	578/334	588/158
16	580	580	492	578/334	588/158
17	534	534	453	531/307	541/145
18	341	341	289	340/196	346/93
19	98+104	98+104	83+74	97+90/56+52	99+100/26+27

NOTAS:

- Para indicação dos níveis de vento, ver desenho ENGETOWER nº 20.10-D2000/1.
- FWT = componente transversal das forças de vento FVM ou FVI.
FWL = componente longitudinal das forças de vento FVM ou FVI.

$$FWT = [1 + 0.2\text{sen}^2(2\theta)] \times (FW(V.TRANSV)\text{sen}^2\theta + FW(V.LONGIT)\text{cos}^2\theta) \times \text{sen}\theta$$

$$FWL = [1 + 0.2\text{sen}^2(2\theta)] \times (FW(V.TRANSV)\text{sen}^2\theta + FW(V.LONGIT)\text{cos}^2\theta) \times \text{cos}\theta$$
- As forças indicadas referem-se a 1 mastro.
- 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.
- As forças indicadas nos níveis 12 e 19 (segunda parcela) correspondem à metade da carga devida à ação do vento sobre os estais na torre H=25.5m.

5 DIMENSIONAMENTO DE BARRAS E CONEXÕES

NOTAS:

- 1 - As forças máximas indicadas são últimas, ou seja, incluem os fatores de sobrecarga especificados.
- 2 - Aços estruturais: ASTM/A36.
ASTM/A572, grau 50 (indicado por ASTM A572).
ASTM/A572, grau 60 (indicado por ASTM A572*).
- 3 - Parafusos: ASTM/A394, tipo 0.
- 4 - Estais e cabos:
 - Estais: $\varnothing 1 \frac{1}{16}$ " (37 fios), com carga mínima de ruptura = 58000 kgf.
 - Cabo de Interligação dos Mastros: $\varnothing 5/8$ " (19 fios), com carga mínima de ruptura = 21000 kgf.
 - Cabo de Suspensão das Fases: $\varnothing 1 \frac{1}{8}$ " (37 fios), com carga mínima de ruptura = 68000 kgf.
- 5 - Módulo de elasticidade longitudinal:
 - Perfis e chapas: 2038894 kgf/cm².
 - Estais e cabos : 1500000 kgf/cm².
- 6 - Tensão de cisalhamento máxima nos parafusos: 2620 kgf/cm².
 - O valor acima foi estabelecido considerando-se que os parafusos estão permanentemente submetidos a uma carga de tração de cerca de 40% de sua carga de ruptura, tração esta produzida pelo torque com que são instalados.
 - Para a determinação da resistência ao cisalhamento dos parafusos, considerou-se rosca excluída da seção de corte.
- 7 - Tensão de esmagamento considerando bordas padrões ($F_p = 1.0833 \times F_u$):
 - Aço ASTM/A36: 4417 kgf/cm².
 - Aço ASTM/A572, grau 50: 4950 kgf/cm².
 - Aço ASTM/A572, grau 60: 5712 kgf/cm².
- 8 - Curvas de flambagem (dimensionamento à compressão): conforme "Design of Latticed Steel Transmission Structures" (Norma ASCE 10-15), itens 3.6 e 3.7.
- 9 - Área líquida (A_n) para o dimensionamento à tração:
 - Cantoneiras presas em uma só aba: $A_n = 0.90 \times (A_b - A_a)$.
 - Cantoneiras presas em ambas as abas: $A_n = A_b - A_a$.
 - onde: - A_b = Área bruta.
- A_a = Área dos furos.
- 10 - Na análise estrutural, considerou-se que os estais estavam pré-tensionados com uma carga igual a 8% de sua carga mínima de ruptura (0.08 x de 58000 = 4640 kgf).
- 11 - No dimensionamento das barras e conexões, e também dos cabos (item 7) e do apoio da base dos mastros (item 8), adotou-se um coeficiente de minoração de resistências igual a 0.93, ou seja, as tensões e cargas admissíveis utilizadas foram obtidas multiplicando-se os valores limites pelo fator 0.93.

VERIFICACAO DOS PERFILADOS E LIGACOES

EQT4/EQT5 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO VICRL

CONVENCOES ADOTADAS

NB = DENOMINACAO DA BARRA
HIP = HIPOTESE DE CARREGAMENTO GOVERNANTE
FMAX= ESFORCO MAXIMO (KGF)
L = COMPRIMENTO DE FLAMBAGEM CRITICO (CM)
R = RAO DE GIRACAO CRITICO (CM)
A = AREA DA SECAO TRANSVERSAL (CM²)
ESB = ESBELITEZ CRITICA EFETIVA
C = CURVA DO ASCE P/ CORRECAO DA ESBELITEZ
TA = TENSAO ADMISSIVEL NA BARRA (KGF/CM²)
FA = ESFORCO ADMISSIVEL NA BARRA (KGF)
NP = NUMERO DE PARAFUSOS
D = DIAMETRO DO PARAFUSO (MM)
SD = CISCALHAMENTO DUPLO NO CORPO DO PARAFUSO (SECAO DUPLA)
FCA = FORCA DE CISCALHAMENTO ADMISSIVEL NA LIGACAO (KGF)
FEA = FORCA DE ESMAGAMENTO ADMISSIVEL NA LIGACAO (KGF)
EC = ESPESSURA DA CHAPA ADOTADA P/ CALCULO DE FEA (MM)
% = TAXAS MAXIMAS DE TRABALHO (%) - BARRA/LIGACAO

DVPL

EQT4/EQT5 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO VICRL

PAG. 1

VERIFICACAO DOS PERFILADOS E LIGACOES																
NB	* HIP	* FMAX	* L	* BITOLA	* R	* A	*ESB*	C	* TA	* FA	*NP	D	SD*	FCA	* FEA/EC*	%
M1Ea	5d	-10347	63	1L75x75x6	1.48	8.72	81	3	2565	-22364	3	15.9		14514	15204	.46
	5d	7995		ASTIM-A572*		5.79			3923	22707					6.0	.71
M1Eb	5e	-14860	76	1L75x75x6	1.48	8.72	69	2	2958	-25794						.58
	5dR	3815		ASTIM-A572*		5.79			3923	22707						
M1Ec	3-75	-17571	76	1L75x75x6	1.48	8.72	51	1	3381	-29482						.60
	9-60R	3821		ASTIM-A572*		6.43			3923	25230						
M1Ed	3-60	-20586	76	1L75x75x6	1.48	8.72	51	1	3381	-29482						.70
	9-60R	4502		ASTIM-A572*		6.43			3923	25230						
M1Ee	3-60	-22514	76	1L75x75x6	1.48	8.72	51	1	3381	-29482						.76
	9-60R	4939		ASTIM-A572*		6.43			3923	25230						
M1Ia	6Fm	-32609	46	1L75x75x8	1.45	11.40	54	2	3328	-37941	8	15.9		38704	54059	.86
	8R	595		ASTIM-A572*		7.51			3923	29475					8.0	.84
M1Ib	6Fm	-27578	92	1L75x75x8	1.45	11.40	63	1	3095	-35288						.78
	8R	313		ASTIM-A572*		8.35			3923	32750						
M1Ic	6Fm	-24131	92	1L75x75x8	1.45	11.40	63	1	3095	-35288						.68
	8R	163		ASTIM-A572*		8.35			3923	32750						
M1Id	6Fm	-22042	92	1L75x75x8	1.45	11.40	63	1	3095	-35288						.62
	8R	68		ASTIM-A572*		8.35			3923	32750						
BP	1	-708	31	2L90x90x7	2.75	24.40	66	3	3037	-74112	2	15.9		9676	11825	.02
	5dR	1144		ASTIM-A572*		17.15			3923	67294					7.0	.12
Dlas	6Fm	28587	70	2L90x90x7	2.75	17.15	73	3	3923	67294	8	15.9		38704	47301	.42
				ASTIM-A572*											7.0	.74
Dlai	3-75	-7951	70	2L90x90x7	2.75	24.40	73	3	2836	-69190	3	15.9		14514	17738	.11
	9-60R	1805		ASTIM-A572*		17.15			3923	67294					7.0	.55
Dlb	9-60R	-1234	58	1L45x45x3	0.88	2.66	93	3	2018	-5368	3	12.7		9260	6072	.83
	9-60	5329		ASTIM-A572		1.97			3269	6425		Fp=1.25Fu			3.0	.88
Dlc	9-60	-4749	70	1L45x45x4	0.88	3.49	100	3	1848	-6449	2	12.7		6173	5398	.74
	9-60R	1085		ASTIM-A572		2.57			3269	8400		Fp=1.25Fu			4.0	.88
Dld	9-60R	-913	82	1L40x40x3	0.78	2.35	113	3	1476	-3468	2	12.7		6173	4210	.73
	9-60	4022		ASTIM-A572		1.69			3269	5513		Fp=1.30Fu			3.0	.96
Dle	9-60	-3036	78	1L40x40x3	0.78	2.35	110	3	1545	-3632	2	12.7		6173	3508	.84
	9-60R	687		ASTIM-A572		1.69			3269	5513					3.0	.87
Dlf	9-60R	-725	106	1L40x40x3	0.78	2.35	136	4	1013	-2380	2	12.7		6173	3508	.58
	9-60	3210		ASTIM-A572		1.69			3269	5513					3.0	.91

DVPL

EQT4/EQT5 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO VICRL

PAG. 2

VERIFICACAO DOS PERFILADOS E LIGACOES																
NB	* HIP *	FMAX	* L *	BITOLA	* R *	* A	*ESB*	C	* TA *	FA	*NP	D	SD*	FCA	* FEA/EC*	%
D1g	9-60	-2311	92	1L40x40x3	0.78	2.35	119	3	1321	-3105	2	12.7		6173	3508	.74
	9-60R	521		ASTIM-A572											1.69	3269
D1h	9-60R	-601	130	1L40x40x3	0.78	2.35	167	4	673	-1582	2	12.7		6173	3508	.48
	3-60	2649		ASTIM-A572											1.69	3269
Q1	9-60	-856	110	1L50x50x3	0.99	2.96	116	3	1400	-4145	2	12.7		6173	3508	.39
	9-60	2275		ASTIM-A572											1.81	3269
DQ1	5eR	-69	156	1L40x40x3	1.21	2.35	129	4	1125	-2644	1	12.7		3087	1754	.15
	6Fm	809		ASTIM-A572											1.69	3269
M2a	3-60	-22373	150	1L75x75x6	2.30	8.72	65	1	3049	-26584	6	12.7SD		37039	24288	.84
	9R	5696		ASTIM-A572*											6.82	3923
M2	9	-28778	150	1L90x90x6	2.76	10.60	54	1	2980	-31587	8	12.7SD		49386	32384	.91
	9R	9906		ASTIM-A572*											8.70	3923
D2a	9-75	-1211	135	1L40x40x3	0.78	2.35	173	4	624	-1467	1	12.7		3087	1754	.83
	9-75	1225		ASTIM-A572											1.69	3269
D2b	9-75	-1153	139	1L40x40x3	0.78	2.35	178	4	589	-1384	1	12.7		3087	1754	.83
	9-75	1137		ASTIM-A572											1.69	3269
D2c	9-75	-1078	144	1L40x40x3	0.78	2.35	185	4	549	-1289	1	12.7		3087	1754	.84
	9-75	1079		ASTIM-A572											1.69	3269
D2d	9-75	-1023	148	1L40x40x3	0.78	2.35	190	4	519	-1221	1	12.7		3087	1754	.84
	9-75	1014		ASTIM-A572											1.69	3269
D2e	9-75	-968	152	1L40x40x3	0.78	2.35	195	4	492	-1157	1	12.7		3087	1754	.84
	9-75	960		ASTIM-A572											1.69	3269
D2f	9-75	-915	157	1L45x45x3	0.88	2.66	178	4	588	-1563	1	12.7		3087	1754	.59
	9-75	912		ASTIM-A572											1.97	3269
D2g	9-75	-875	161	1L45x45x3	0.88	2.66	183	4	559	-1486	1	12.7		3087	1754	.59
	9-75	860		ASTIM-A572											1.97	3269
D2h	9-75	-823	165	1L45x45x3	0.88	2.66	188	4	532	-1415	1	12.7		3087	1754	.58
	9-75	831		ASTIM-A572											1.97	3269
Q2	7R	-226	150	1L50x50x3	0.99	2.96	152	4	815	-2411	1	12.7		3087	1754	.12
	9-60	694		ASTIM-A572											1.81	3269
DQ2	6Fm	351	212	1L40x40x3	1.21	1.69	175	4	3269	5513	1	12.7		3087	1754	.06
				ASTIM-A572											3.0	.20
M3	9	-35451	150	1L90x90x7	2.75	12.20	55	1	3311	-40399	8	12.7SD		49386	37782	.88
	9R	15147		ASTIM-A572*											9.98	3923

DVPL

EQT4/EQT5 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO VICRL

PAG. 3

VERIFICACAO DOS PERFILADOS E LIGACOES																								
NB	*	HIP	*	FMAX	*	L	*	BITOLA	*	R	*	A	*ESB*	C	*TA	*	FA	*NP	D	SD*	FCA	*	FEA/EC*	%
D3		9-75		-1147		168		1L45x45x3		0.88		2.66	191	4	513		-1365	1	12.7		3087		1754	.84
		9-75		1150				ASTIM-A572				1.97			3269		6425						3.0	.66
Q3		9-60		-184		150		1L50x50x3		0.99		2.96	152	4	815		-2411	1	12.7		3087		1754	.08
		7		167				ASTIM-A572				1.81			3269		5907						3.0	.10
DQ3		9		-62		212		1L40x40x3		1.21		2.35	175	4	609		-1432	1	12.7		3087		1754	.04
		9		70				ASTIM-A572				1.69			3269		5513						3.0	.04
M4		9		-39734		150		1L90x90x8		2.74		13.90	55	1	3307		-45966	8	12.7SD		49386		43179	.86
		9R		18629				ASTIM-A572*				11.36			3923		44567						8.0	.92
D4		9-75		-742		168		1L45x45x3		0.88		2.66	191	4	513		-1365	1	12.7		3087		1754	.54
		9-75		730				ASTIM-A572				1.97			3269		6425						3.0	.42
Q4		9-60		-191		150		1L50x50x3		0.99		2.96	152	4	815		-2411	1	12.7		3087		1754	.08
		7		165				ASTIM-A572				1.81			3269		5907						3.0	.11
DQ4		9		-93		212		1L40x40x3		1.21		2.35	175	4	609		-1432	1	12.7		3087		1754	.06
		9		75				ASTIM-A572				1.69			3269		5513						3.0	.05
M5		9		-36411		150		1L90x90x7		2.75		12.20	55	1	3311		-40399	8	12.7SD		49386		37782	.90
		9R		14678				ASTIM-A572*				9.98			3923		39143						7.0	.96
D5		8		-1156		168		1L45x45x3		0.88		2.66	191	4	513		-1365	1	12.7		3087		1754	.85
		8		1159				ASTIM-A572				1.97			3269		6425						3.0	.66
M6a		9-60		-23637		150		1L75x75x6		2.30		8.72	65	1	3049		-26584	8	12.7SD		49386		32384	.89
		9R		5081				ASTIM-A572*				6.82			3923		26736						6.0	.73
M6		9		-30016		150		1L75x75x8		2.28		11.40	66	1	3033		-34579	8	12.7SD		49386		43179	.87
		9R		9251				ASTIM-A572*				8.86			3923		34759						8.0	.70
D6a		8		-1186		135		1L40x40x3		0.78		2.35	173	4	624		-1467	1	12.7		3087		1754	.81
		8		1204				ASTIM-A572				1.69			3269		5513						3.0	.69
D6b		8		-1129		139		1L40x40x3		0.78		2.35	178	4	589		-1384	1	12.7		3087		1754	.82
		8		1113				ASTIM-A572				1.69			3269		5513						3.0	.64
D6c		8		-1051		144		1L40x40x3		0.78		2.35	185	4	549		-1289	1	12.7		3087		1754	.82
		8		1052				ASTIM-A572				1.69			3269		5513						3.0	.60
D6d		8		-995		148		1L40x40x3		0.78		2.35	190	4	519		-1221	1	12.7		3087		1754	.82
		8		983				ASTIM-A572				1.69			3269		5513						3.0	.57
D6e		9-75		-936		152		1L40x40x3		0.78		2.35	195	4	492		-1157	1	12.7		3087		1754	.81
		8		931				ASTIM-A572				1.69			3269		5513						3.0	.53
D6f		9-75		-886		157		1L45x45x3		0.88		2.66	178	4	588		-1563	1	12.7		3087		1754	.57
		9-75		881				ASTIM-A572				1.97			3269		6425						3.0	.51

DVPL

EQI4/EQI5 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO VIORL

PAG. 4

VERIFICACAO DOS PERFILADOS E LIGACOES

NB	* HIP	* FMAX	* L	* BITOLA	* R	* A	*ESB*	C	* TA	* FA	*NP	D	SD*	FCA	* FEA/EC*	%
D6g	9-75	-845	161	1L45x45x3	0.88	2.66	183	4	559	-1486	1	12.7		3087	1754	.57
	9-75	831		ASTIM-A572					1.97	3269					6425	3.0
D6h	9-75	-795	165	1L45x45x3	0.88	2.66	188	4	532	-1415	1	12.7		3087	1754	.56
	9-75	802		ASTIM-A572					1.97	3269					6425	3.0
Q6	7R	-212	150	1L50x50x3	0.99	2.96	152	4	815	-2411	1	12.7		3087	1754	.12
	9-60	724		ASTIM-A572					1.81	3269					5907	3.0
DQ6	6Fm	361	212	1L40x40x3 ASTIM-A572	1.21	1.69	175	4	3269	5513	1	12.7		3087	1754	.07
M7	9-60	-24167	107	1L75x75x6	2.30	8.72	47	1	3478	-30329	10	12.7		30866	40480	.80
	9-60R	4278		ASTIM-A572*					6.82	3923					26736	6.0
Q7	7R	-353	110	1L50x50x3	0.99	2.96	116	3	1400	-4145	2	12.7		6173	3508	.35
	9-60	2051		ASTIM-A572					1.81	3269					5907	3.0
DQ7	6Fm	1275	156	1L40x40x3 ASTIM-A572	1.21	1.69	129	4	3269	5513	1	12.7		3087	1754	.23
ME	9	-41457	150	1L90x90x8	2.74	13.90	55	1	3307	-45966	8	12.7SD		49386	43179	.90
	9R	19929		ASTIM-A572*					11.36	3923					44567	8.0
DE	9-75	-726	168	1L45x45x3	0.88	2.66	191	4	513	-1365	1	12.7		3087	1754	.53
	9-75	714		ASTIM-A572					1.97	3269					6425	3.0
QE	9-60	-195	150	1L50x50x3	0.99	2.96	152	4	815	-2411	1	12.7		3087	1754	.08
	7	165		ASTIM-A572					1.81	3269					5907	3.0
DQE	9	-103	212	1L40x40x3	1.21	2.35	175	4	609	-1432	1	12.7		3087	1754	.07
	9	85		ASTIM-A572					1.69	3269					5513	3.0

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

* Perfil: 2L90x90x7 - ASIM 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/EQT5 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO VICRL

CARGAS SOBRE FUNDACAO

FORMACAO DAS ALTURAS DE TORRE

1 = H=43.5m

2 = H=25.5m

AS CARGAS A SEGUIR APRESENTADAS NAO INCLUEM QUALQUER FATOR ADICIONAL DE SOBRECARGA ESPECIFICO PARA FUNDACOES

-2-

EQT4/EQT5 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO VICRL

RESUMO DAS CARGAS ULTIMAS MAXIMAS SOBRE FUNDACOES - SISTEMA OBLIQUO

NOTAS :

- 1 - Cargas em (kgf).
- 2 - Sistema de referencia :
 - * VM - indica 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=	-1078	VM=	-83387	LM=	-135	COMB.=	2
Hip.= 9-75	TM=	2757	VM=	-34215	LM=	634	COMB.=	1
Hip.= 8R	TM=	192	VM=	-19679	LM=	2370	COMB.=	1
Hip.= 9	TM=	2397	VM=	-38104	LM=	1969	COMB.=	1
Hip.= 6Fe	TM=	-1045	VM=	-82732	LM=	-139	COMB.=	2
Hip.= 6Fd	TM=	-1038	VM=	-81600	LM=	-127	COMB.=	2
Hip.= 6Fm	TM=	-1065	VM=	-80469	LM=	-128	COMB.=	1
Hip.= 6Fe	TM=	-1036	VM=	-79920	LM=	-132	COMB.=	1
Hip.= 9	TM=	1394	VM=	-57615	LM=	1919	COMB.=	1
Hip.= 9-60	TM=	1691	VM=	-60544	LM=	1297	COMB.=	1

EQT4/EQT5 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO VICRL

RESUMO DAS CARGAS ULTIMAS MAXIMAS SOBRE FUNDACOES - SISTEMA RETANGULAR

NOTAS :

- 1 - Cargas em (kgf).
- 2 - Sistema de referencia :
 - * V - indica forza vertical.
 - * T - indica forza horizontal transversal que atua com V.
 - * L - indica forza horizontal longitudinal que atua com V.
- 3 - Para a forza V, o sinal "-" indica forza de compressao.
- 4 - As cargas sao ultimas (incluem os fatores de sobrecarga especificados para o calculo da estrutura, mas nao incluem qualquer fator adicional de sobrecarga especifico para fundacoes).

CARGAS COM VERTICAL DE COMPRESSAO

Hip.= 6Fm	T =	8506	V =	-82834	L =	-135	COMB.=	2
Hip.= 1	T =	9120	V =	-73269	L =	0	COMB.=	1
Hip.= 8R	T =	-2070	V =	-19549	L =	2370	COMB.=	1
Hip.= 9-60	T =	8650	V =	-60143	L =	1297	COMB.=	1
Hip.= 6Fe	T =	8463	V =	-82183	L =	-139	COMB.=	2
Hip.= 6Fd	T =	8340	V =	-81059	L =	-127	COMB.=	2
Hip.= 6Fm	T =	8184	V =	-79936	L =	-128	COMB.=	1
Hip.= 6Fe	T =	8149	V =	-79391	L =	-132	COMB.=	1
Hip.= 3-75	T =	9000	V =	-71691	L =	408	COMB.=	1

7 DIMENSIONAMENTO DOS CABOS E DE SUAS CONEXÕES À TORRE

7.1 ESTAIS

1 - CARACTERÍSTICAS DOS ESTAIS

Cordoalha galvanizada de aço, com pré-esticamento.

- Diâmetro : 1 1/16"
- Formação : 37 fios
- Carga de ruptura mínima: 58000 kgf

2 - VERIFICAÇÃO DOS ESTAIS

E = força máxima de tração nos estais

- torre H=43.5m: E-2 = 35180 kgf (Hip. 6Fm)

- torre H=25.5m: E-3 = 37872 kgf (Hip. 6Fm)

% = taxa de trabalho = $37872 / [0.93 \times (0.75 \times 58000)] = 0.936 \leq 1.000$

3 - VERIFICAÇÃO DAS CONEXÕES DOS ESTAIS À TORRE

Chapa 25.0 mm - ASTM A572 grau 50 (Borda mínima para $F_p = 1.25 \times F_u$)

Manilha com pino Ø31.8 mm - Carga mínima de ruptura = 58000 kgf

a) Esmagamento na chapa de fixação da manilha

$$f_p = 37872 / (3.18 \times 2.50) = 4764 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times (1.25 \times 4570) = 5313 \text{ kgf/cm}^2$$

b) Tração na chapa

borda lateral mínima da chapa: 50 mm

$$f_t < 37872 / [(2 \times 5.0 - 3.5) \times 2.50] = 2331 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times 3515 = 3269 \text{ kgf/cm}^2$$

4 - RESISTÊNCIAS MÍNIMAS DAS FERRAGENS DOS ESTAIS E DAS HASTES DE ÂNCORA

- Carga de ruptura mínima : 58000 kgf

- Carga mínima sem deformação permanente: 37872 kgf

7.2 CABO DE INTERLIGAÇÃO DOS MASTROS

1 - CARACTERÍSTICAS DO CABO

Cordoalha galvanizada de aço, com pré-esticamento.

- Diâmetro : 5/8"
- Formação : 19 fios
- Carga de ruptura mínima: 21000 kgf

2 - VERIFICAÇÃO DO CABO

$E1$ = força máxima de tração no cabo = 4849 (Hip. 6Bd)

% = taxa de trabalho = $4849 / [0.93 \times (0.65 \times 21000)] = 0.382 \leq 1.000$

3 - VERIFICAÇÃO DAS CONEXÕES DO CABO À TORRE

2 esp. 12.7 mm - ASTM A572, grau 50 (Borda mínima para $F_p = 1.0833 \times F_u$)

Ferragem com pino Ø19.1 mm - Carga mínima de ruptura = 21000 kgf

a) Esmagamento na chapa de fixação da ferragem

$$f_p = 4849 / (1.91 \times 2.54) = 1000 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times (1.0833 \times 4570) = 4604 \text{ kgf/cm}^2$$

b) Tração na chapa

borda lateral mínima da chapa: 30 mm

$$f_t < 4849 / [(2 \times 3.0 - 2.22) \times 2.54] = 505 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times 3515 = 3269 \text{ kgf/cm}^2$$

4 - RESISTÊNCIAS MÍNIMAS DAS FERRAGENS ASSOCIADAS A ESTE CABO

- Carga de ruptura mínima : 21000 kgf
- Carga mínima sem deformação permanente: 4849 kgf

7.3 CABO DO CONJUNTO DE SUSPENSÃO DAS FASES

1 - CARACTERÍSTICAS DO CABO

Cordoalha galvanizada de aço, com pré-esticamento.

- Diâmetro : 1 1/8"
- Formação : 37 fios
- Carga de ruptura mínima: 68000 kgf

2 - VERIFICAÇÃO DO CABO

E4 = força máxima de tração no trecho central = 36173 (Hip. 6Fm)

E5 = força máxima de tração no trecho lateral = 40146 (Hip. 6Fm)

% = taxa de trabalho = $40146 / [0.93 \times (0.75 \times 68000)] = 0.977 \leq 1.000$

3 - VERIFICAÇÃO DAS CONEXÕES DO CABO À TORRE

2 esp. 12.7 mm - ASTM A572, grau 50 (Borda mínima para $F_p = 1.25 \times F_u$)

Ferragem com pino Ø31.8 mm - Carga mínima de ruptura = 68000 kgf

a) Esmagamento na chapa de fixação da ferragem

$$f_p = 40146 / (3.18 \times 2.54) = 4970 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times (1.25 \times 4570) = 5313 \text{ kgf/cm}^2$$

b) Tração na chapa

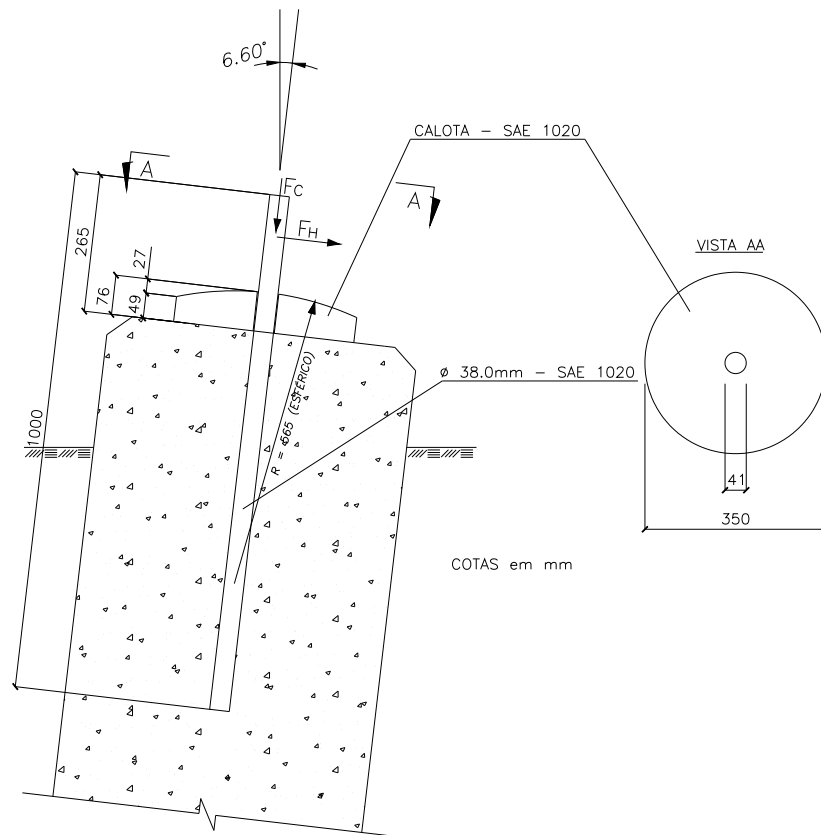
borda lateral mínima da chapa: 50 mm

$$f_t < 40146 / [(2 \times 5.0 - 3.49) \times 2.54] = 2428 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times 3515 = 3269 \text{ kgf/cm}^2$$

4 - RESISTÊNCIAS MÍNIMAS DAS FERRAGENS ASSOCIADAS A ESTE CABO

- Carga de ruptura mínima : 68000 kgf
- Carga mínima sem deformação permanente: 40146 kgf

8 CÁLCULO DO APOIO DA BASE DOS MASTROS



1 - FORÇAS MÁXIMAS

HIPÓTESE 6Fm

$$FC = 83387 \text{ kgf}$$

$$FH = (1078^2 + 135^2)^{1/2} = 1086 \text{ kgf}$$

HIPÓTESE 9

$$FC = 38104 \text{ kgf}$$

$$FH = (2397^2 + 1969^2)^{1/2} = 3102 \text{ kgf}$$

OBS.: FC = Força de Compressão na Direção do Eixo do Mastro

FH = Resultante das Forças Perpendiculares ao Eixo do Mastro que atuam com FC

2 - VERIFICAÇÕES

2.1 Chumbador

chumbador : 1 Ø 38 mm - SAE 1020 - Leng = 73.5 cm

base do mastro: chapa 25 mm - ASIM A36

$$fv = 1.1 \times 3102 / 11.34 = 301 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times (0.6 \times 2100) = 1172 \text{ kgf/cm}^2$$

$$fp = 1.1 \times 3102 / (3.80 \times 2.50) = 359 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times 4417 = 4107 \text{ kgf/cm}^2$$

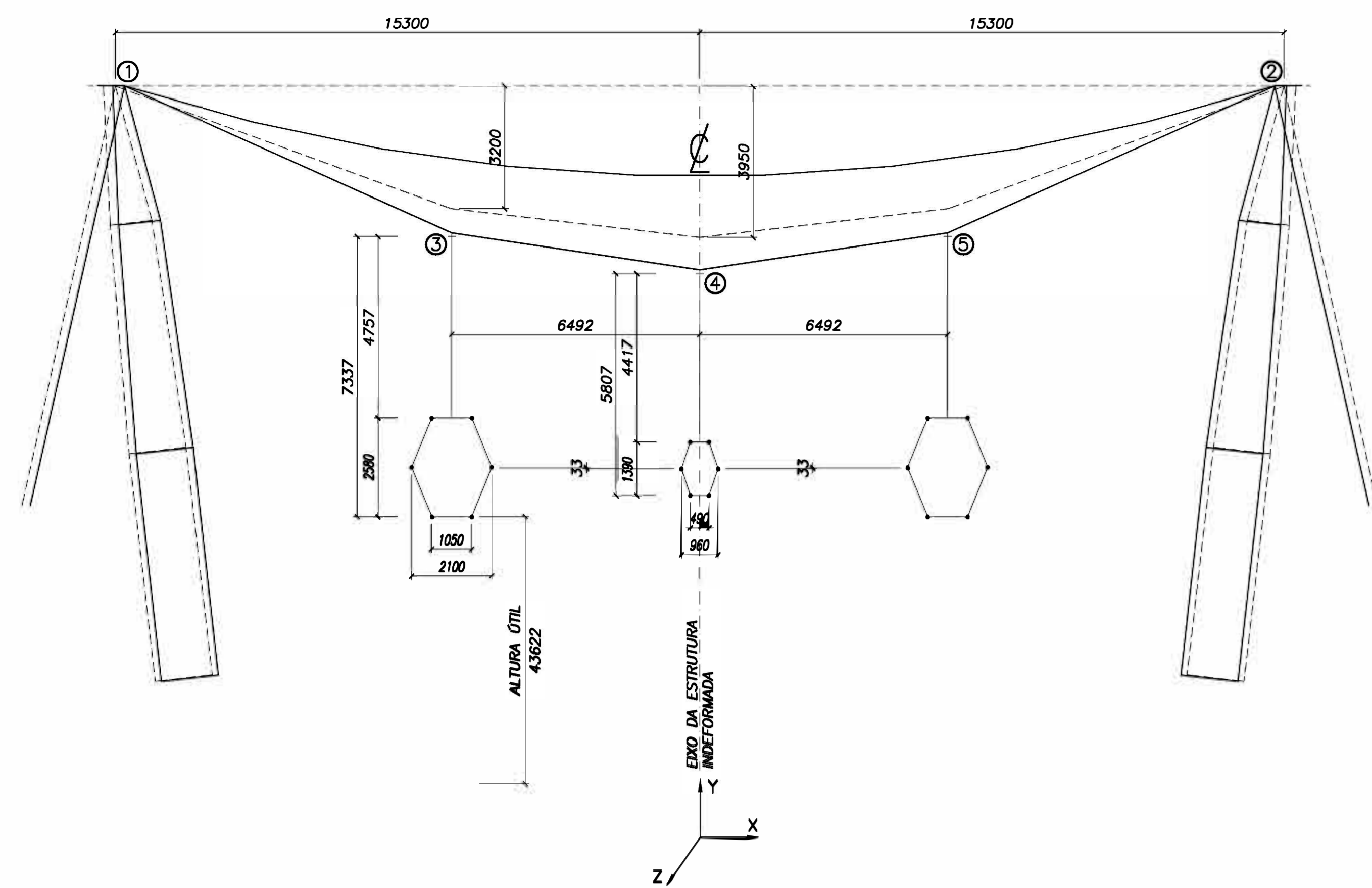
2.2 Pressão no Concreto

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

$$\text{Concreto: } fck = 180 \text{ kgf/cm}^2 \Rightarrow fcd = 180 / 1.4 = 128.6 \text{ kgf/cm}^2$$

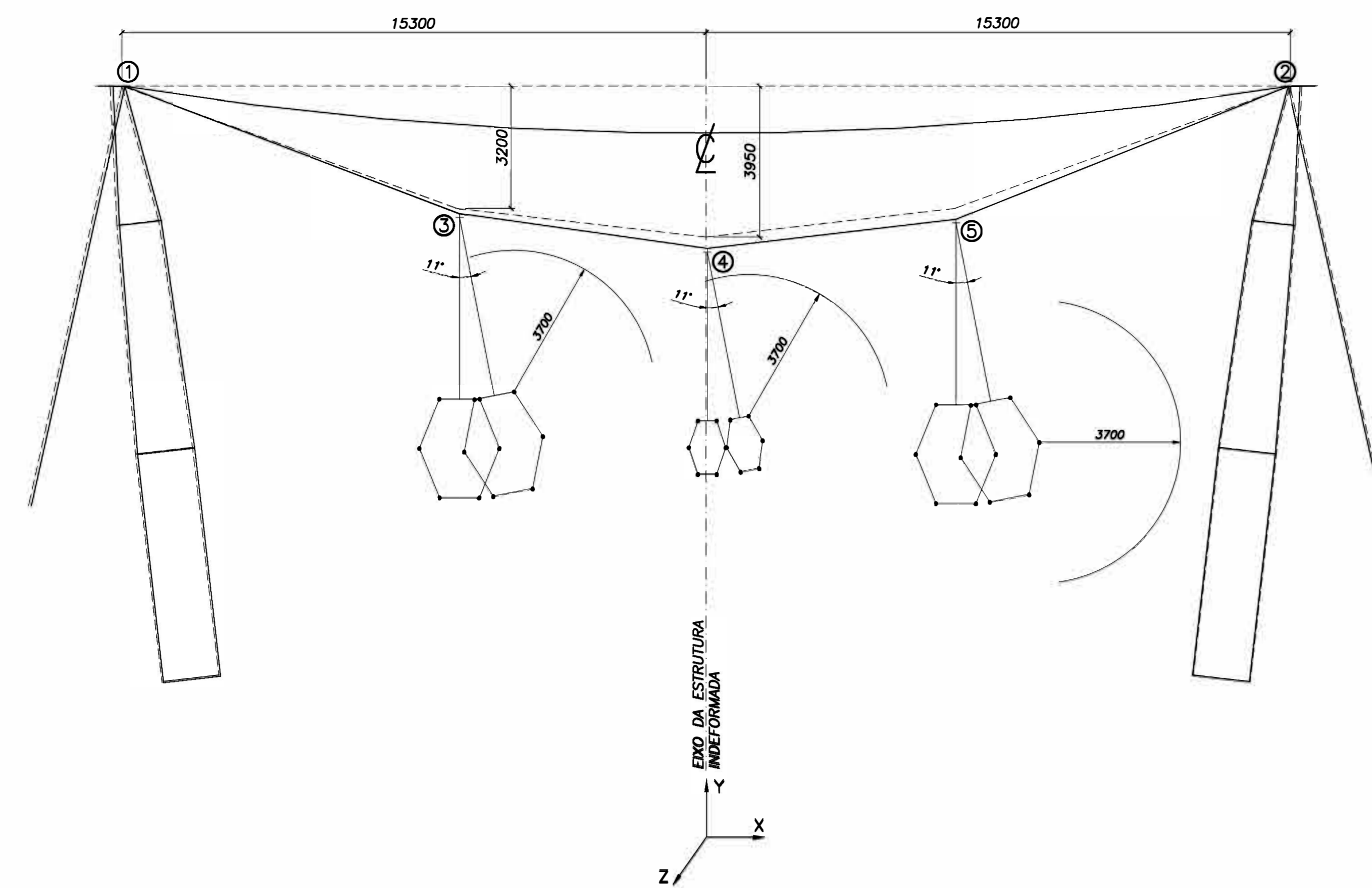
$$\text{Pressão} = 1.1 \times 83387 / 948.9 = 96.7 \text{ kgf/cm}^2 < 128.6 \text{ kgf/cm}^2$$

HIPÓTESE G1 (TORRE +ALTA: H=43.5m)



DESLOCAMENTOS (cm)					
DIREÇÃO	NÓ 1	NÓ 2	NÓ 3	NÓ 4	NÓ 5
X	24.3	-24.3	1.3	0.0	-1.3
Y	0.4	0.4	-63.0	-84.8	-83.0
Z	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

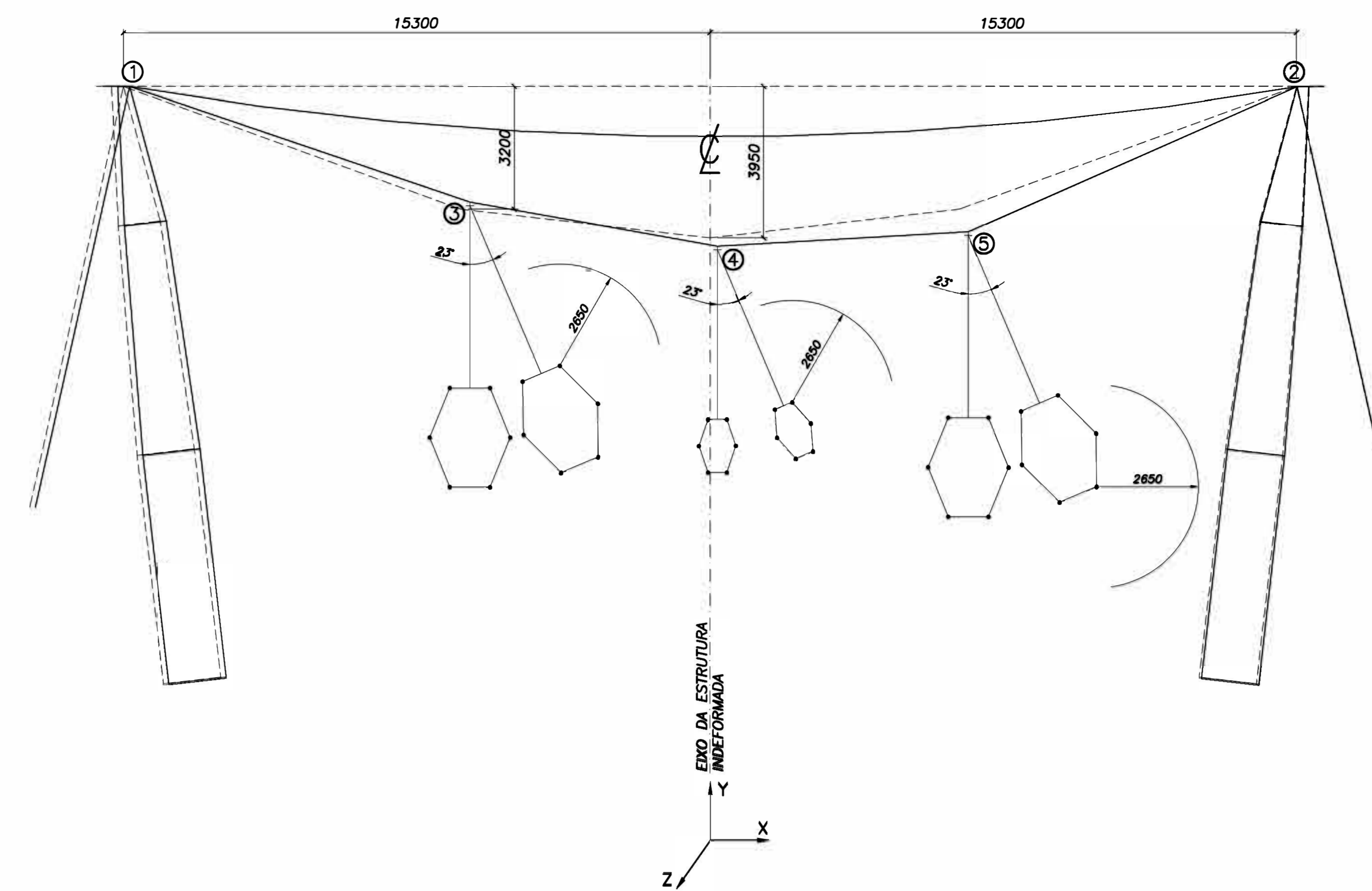
HIPÓTESE G2R (TORRE +ALTA: H=43.5m)



DESLOCAMENTOS (cm)					
DIREÇÃO	NÓ 1	NÓ 2	NÓ 3	NÓ 4	NÓ 5
X	7.9	-8.1	4.7	3.5	4.2
Y	-0.5	-0.6	-13.0	-29.6	-28.3
Z	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Distância: 4567 mm Ângulo de mergulho dos cabos: 20°

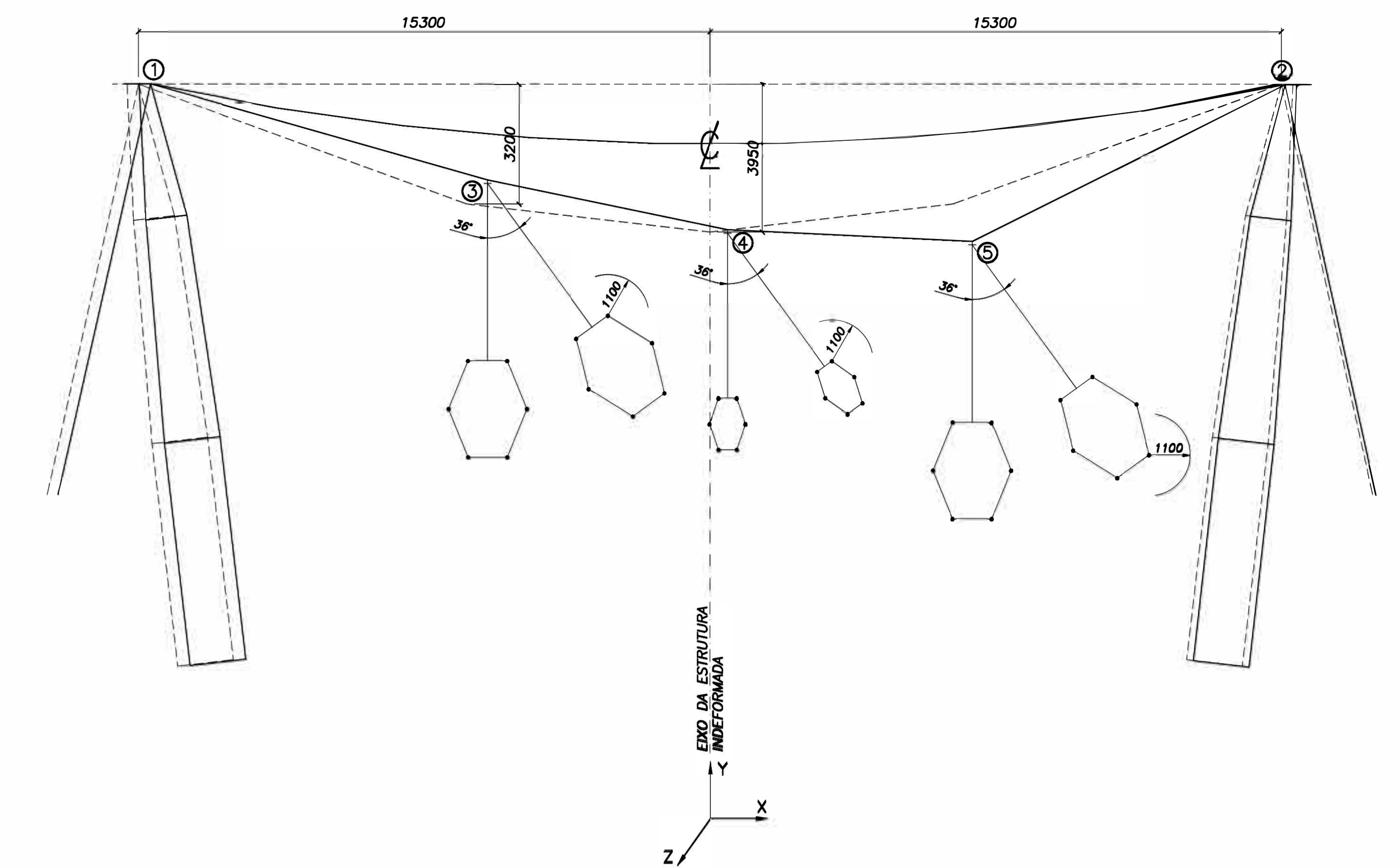
HIPÓTESE G3R (TORRE +ALTA: H=43.5m)



DESLOCAMENTOS (cm)					
DIREÇÃO	NÓ 1	NÓ 2	NÓ 3	NÓ 4	NÓ 5
X	16.1	1.3	24.4	19.5	23.5
Y	0.1	-1.1	18.6	-21.7	-58.8
Z	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Distância: 3096 mm Ângulo de mergulho dos cabos: 20°

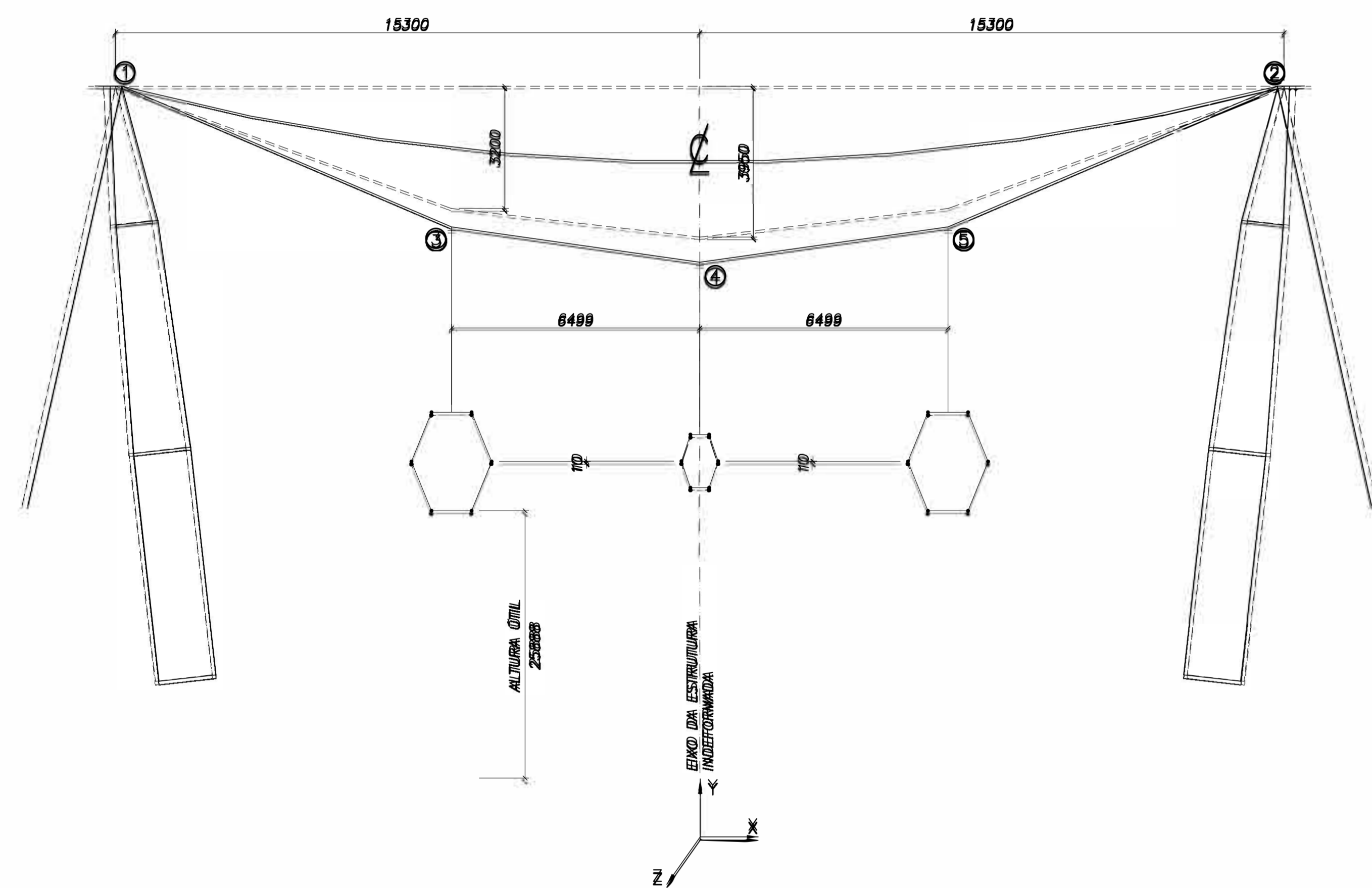
HIPÓTESE G4R (TORRE +ALTA: H=43.5m)



DESLOCAMENTOS (cm)					
DIREÇÃO	NÓ 1	NÓ 2	NÓ 3	NÓ 4	NÓ 5
X	32.1	9.9	55.3	47.2	51.5
Y	1.0	-1.7	64.6	6.3	-100.0
Z	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

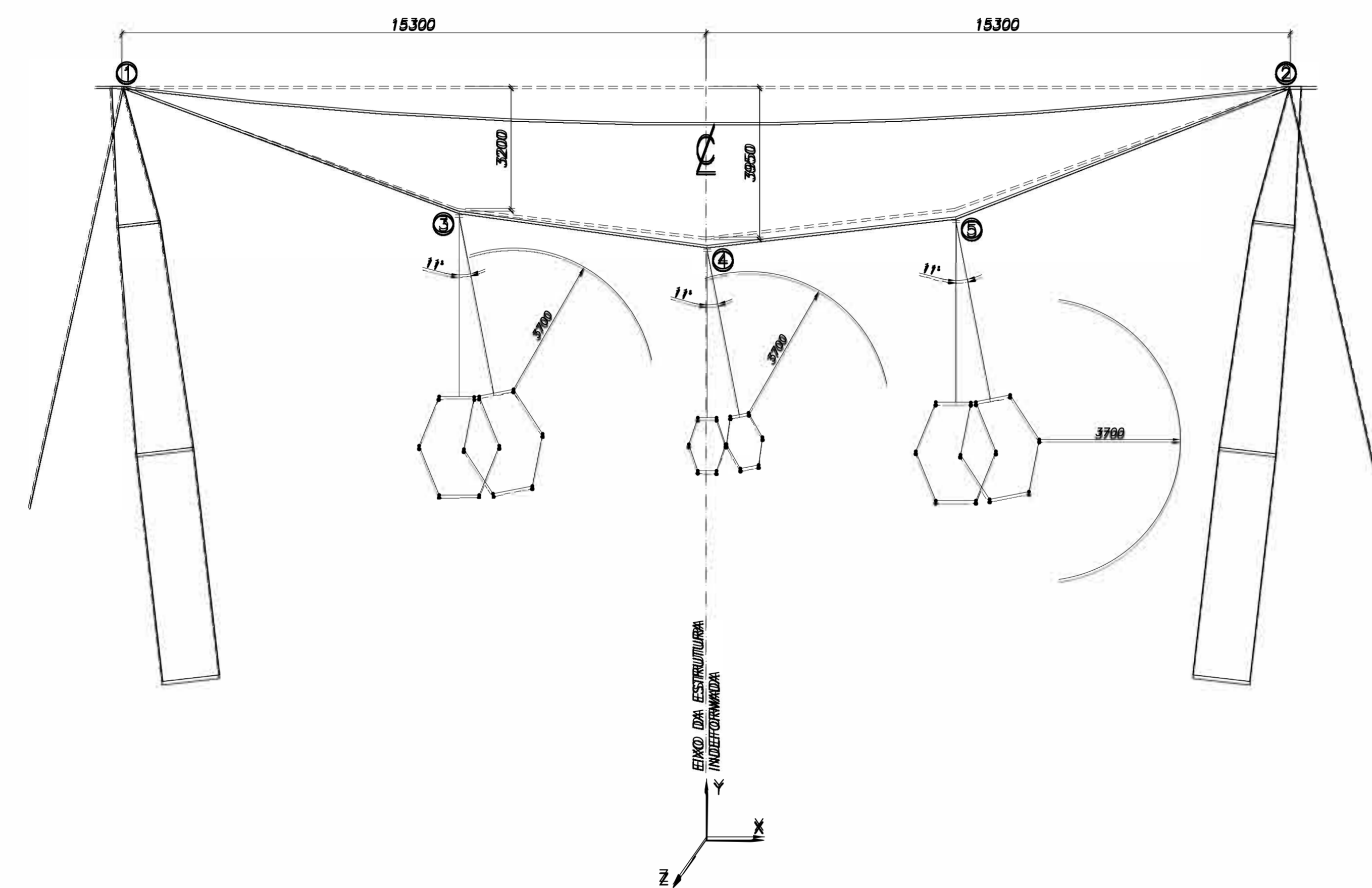
Distância: 1559 mm Ângulo de mergulho dos cabos: 20°

HIPÓTESE G1 (TORRE +BAIXA: H=25.5m)



DESLOCAMENTOS (cm)					
DIREÇÃO	NÓ 1	NÓ 2	NÓ 3	NÓ 4	NÓ 5
X	16.9	-16.9	0.6	0.0	-0.6
Y	0.2	0.2	-48.3	-65.8	-48.3
Z	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

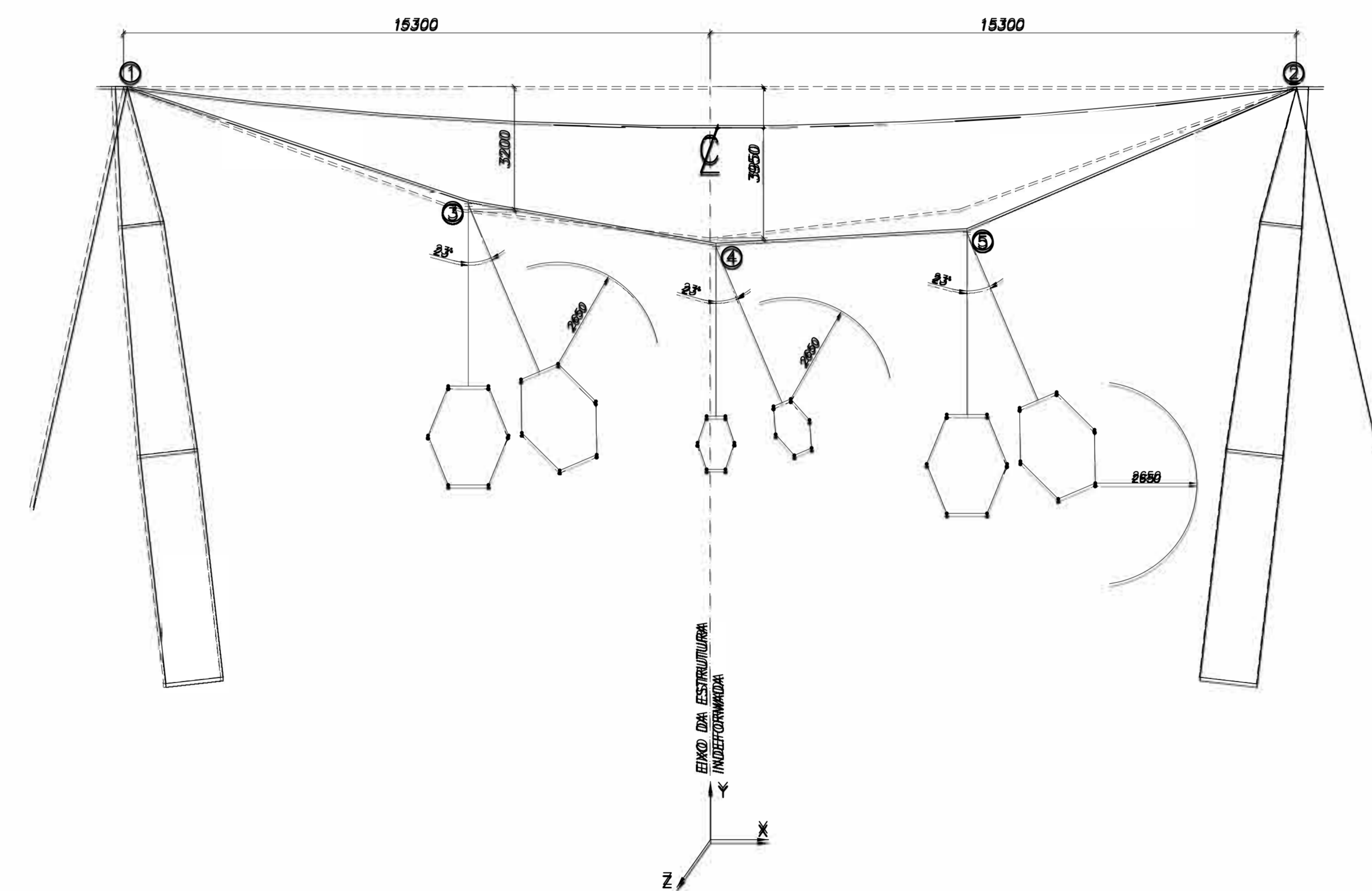
HIPÓTESE G2R (TORRE +BAIXA: H=25.5m)



DESLOCAMENTOS (cm)					
DIREÇÃO	NÓ 1	NÓ 2	NÓ 3	NÓ 4	NÓ 5
X	4.9	-2.9	3.9	2.9	3.8
Y	-0.4	-0.5	-7.2	-21.8	-21.8
Z	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Distância: 4589 mm Ângulo de mergulho dos cabos: 20°

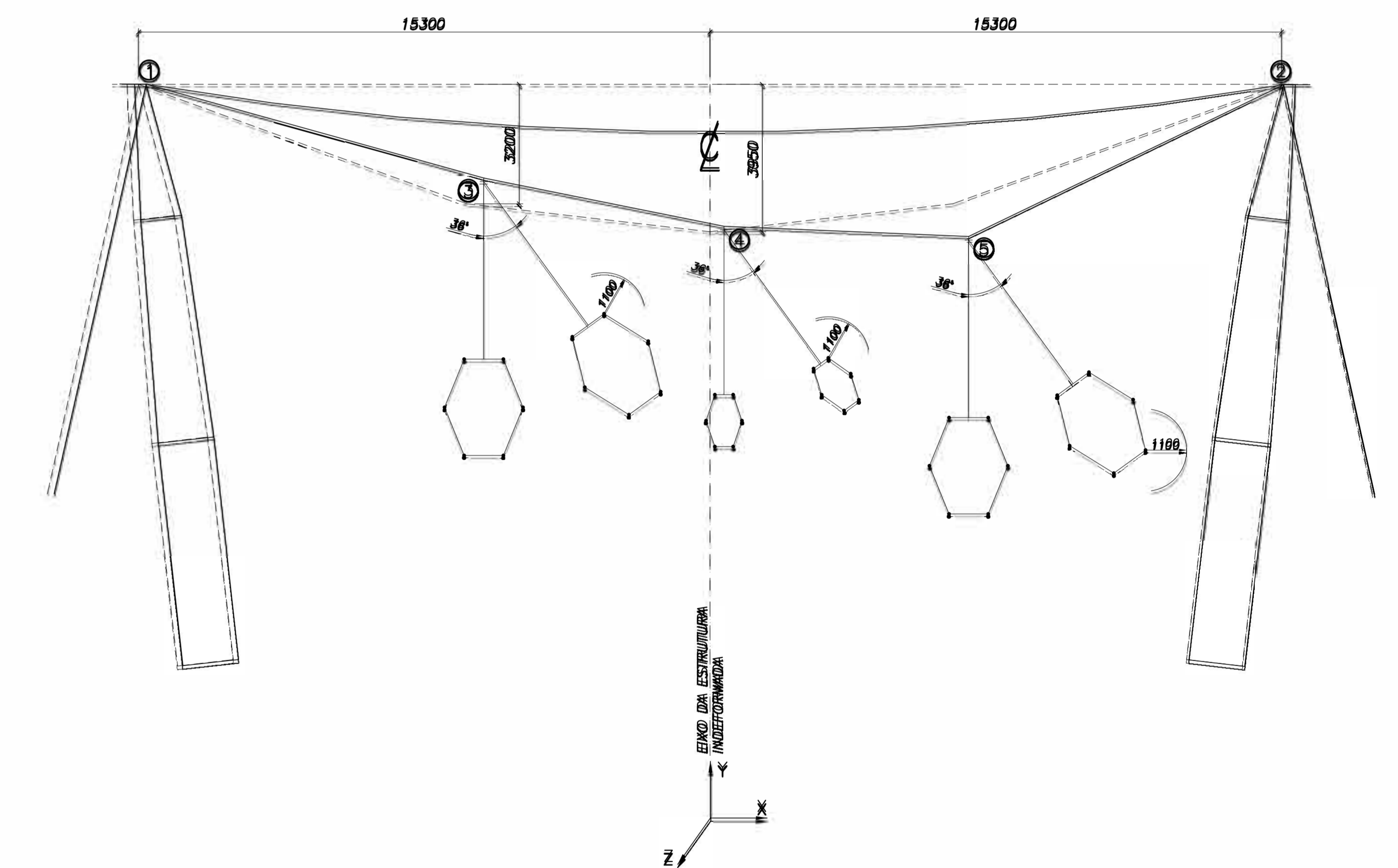
HIPÓTESE G3R (TORRE +BAIXA: H=25.5m)



DESLOCAMENTOS (cm)					
DIREÇÃO	NÓ 1	NÓ 2	NÓ 3	NÓ 4	NÓ 5
X	10.0	1.1	20.1	15.8	19.8
Y	-0.1	-0.8	23.6	-13.7	-50.6
Z	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Distância: 3108 mm Ângulo de mergulho dos cabos: 20°

HIPÓTESE G4R (TORRE +BAIXA: H=25.5m)






DESLOCAMENTOS (cm)					
DIREÇÃO	NÓ 1	NÓ 2	NÓ 3	NÓ 4	NÓ 5
X	20.2	6.3	44.9	37.6	42.2
Y	0.5	-1.1	69.0	14.8	-87.6
Z	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Distância: 1574 mm Ângulo de mergulho dos cabos: 20°

NOTAS

- 1- Dimensões em mm, exceto indicação contrária;
- 2- Linhas tracejadas representam o geometria preliminar da estrutura;
- 3- Linhas contínuas representam o geometria definitiva da estrutura;
- 4- Verificação sísmica:
 - Hipótese G1R: Direção sísmica;
 - Hipótese G2R: Norte de maré;
 - Hipótese G3R: Resultado indistinto;
- 5- Para consulta referenciar o código para as hipóteses constantes no cálculo estrutural Engatower v. 20.10-02001.

		PROJETO ESTRUTURAL TÍTULO: TORRE TIPO V1CR VERIFICAÇÃO DOS ESPAÇAMENTOS ELÉTRICOS	
FASE: PROJETO DATA: 18/04/17		FASE: PROJETO DATA: 18/04/17	
PROJETO: 20.10-02000/2 RE: EQ4-L401-PB-EST-0018.00		PROJETO: 20.10-02000/2 RE: EQ4-L401-PB-EST-0018.00	

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 Série de Estruturas</p>					
Nº ENGETOWER 20.10-B4001	Nº DOCUMENTO RE-EQT4-L402-PB-EST-0019			FOLHA 1 de 81	REVISÃO 00

ÍNDICE

1 OBJETIVO	Pág.	3		
2 DADOS BÁSICOS	Pág.	4	a	8
3 SÉRIE DE ESTRUTURAS	Pág.	9	a	11
4 SILHUETAS TÍPICAS	Pág.	12	a	18
5 HIPÓTESES DE CARGA	Pág.	19	a	79
6 DIRETRIZES PARA O DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL	Pág.	80	a	81

1 OBJETIVO

Definir a série de estruturas a ser utilizada na LT 500 kV C.S. Janaúba 3 / Presidente Juscelino C1, o que inclui as silhuetas típicas de cada tipo estrutural empregado, as hipóteses de carga para o respectivo cálculo estrutural e as diretrizes a serem observadas no dimensionamento estrutural.

2 DADOS BÁSICOS

2.1 CONDUTOR E PÁRA-RAIOS

Característica	Unid.	Condutor (6 cabos/fase)	Pára-raios			
			OPGW	OPGW	CAA	aço galvanizado EHS
Tipo		CAL (Al 1120)	OPGW	OPGW	CAA	aço galvanizado EHS
Código			16.75	13.4	DOTTEREL	
Bitola		838 kcmil	16.75 mm	13.4 mm	176.9 kcmil	Ø3/8"
Formação		37 fios			12/7 fios	7 fios
Área total	cm ²	4.2516	1.5900	1.0300	1.4193	0.5114
Diâmetro	cm	2.6780	1.6750	1.3400	1.5420	0.9520
Peso unitário	kgf/m	1.1722	0.7680	0.6820	0.6570	0.4060
Carga de ruptura	kgf	9471	9888	9477	7865	6990
Mód. de Elast. final	kgf/cm ²	0.6520×10^6	1.1111×10^6	1.3800×10^6	1.0600×10^6	1.8500×10^6
Coef. Dilat. Térm. final	°C ⁻¹	2.3000×10^{-5}	1.5500×10^{-5}	1.3200×10^{-5}	1.5400×10^{-5}	1.1500×10^{-5}

2.2 CADEIAS DE ISOLADORES

TIPO	Nº DE ISOLADORES			ÁREA EXPOSTA (m ²)	PESO (kgf)
	QUANTIDADE	DIMENSÃO (mm)	CARGA RUPTURA (t)		
SUSPENSÃO I	23	170x280	21	1.095	300
SUSPENSÃO V	2 x 23	170x280	21	2.190	450
ANCORAGEM (QUÁDRUPLA)	4 x 24	170x280	64	4.568	1350
SUSPENSÃO JUMPER	23	170x280	16	1.095	280

2.3 AÇÃO DO VENTO

2.3.1 As velocidades de vento a serem utilizadas no projeto da LT e as respectivas pressões e cargas atuantes nos cabos, isoladores e estruturas serão calculadas de acordo com a metodologia da Publicação IEC 60826 Edição 3.0 de março/2002 - "International Electrotechnical Commission: Design Criteria of Overhead Transmission Lines", considerando-se:

- Terreno com rugosidade categoria "B"
- Velocidade de Vento de Referência $V_{R(50)} = 23.61$ m/s (85 km/h)
- Período de Retorno $T = 250$ anos
- Velocidade de Vento de Referência $V_{R(250)} = 27.78$ m/s (100 km/h)

2.3.2 Pressão dinâmica de referência (q_0)

- $q_0 =$ pressão dinâmica de referência = $1/2 \times \rho \times V_{R(250)}^2 / g$
 - $\rho =$ massa específica do ar = 1.121 kg/m³ (temperatura = 17°C, altitude = 700 m)
 - $g =$ aceleração da gravidade = 9.81 m/s² $\Rightarrow q_0 = 44.1$ kgf/m²

2.3.3 Vento de Alta Intensidade

Será considerado vento com velocidade V_i igual a 47.22 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 $V_i = 1/2 \times \rho \times V_i^2 / g$
 - $\rho =$ massa específica do ar = 1.121 kg/m³ (temperatura = 17°C, altitude = 700 m)
 - $g =$ aceleração da gravidade = 9.81 m/s² $\Rightarrow q_i = 127.4$ kgf/m²

2.3.4 Ação do vento na estrutura

2.3.4.1 Vento Máximo:

A carga de vento máximo atuante na estrutura será determinada de acordo com o prescrito na Publicação IEC 60826, utilizando-se a expressão abaixo:

$$F_{\text{estrut}} = q_0 G_T (1 + 0.2\text{sen}^2 2\theta) (S_{T1} C_{XT1} \text{sen}^2 \theta + S_{T2} C_{XT2} \text{cos}^2 \theta), \text{ onde:}$$

F_{estrut} carga de vento, atuante na direção do vento, em kgf

$q_0 = 44.1 \text{ kgf/m}^2$

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

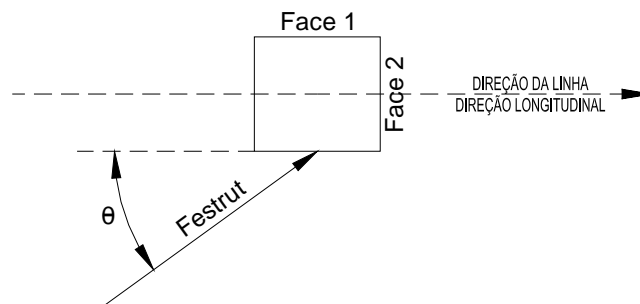
S_{T1} Área líquida da face 1 do painel em consideração, em m^2

S_{T2} Área líquida da face 2 do painel em consideração, em m^2

C_{XT1} Coeficiente de arrasto da face 1 do painel em consideração, obtido da figura 7 da Publicação IEC 60826

C_{XT2} Coeficiente de arrasto da face 2 do painel em consideração, obtido da figura 7 da Publicação IEC 60826

θ Ângulo de incidência do vento em relação à direção da linha (direção longitudinal), conforme figura abaixo (vento transversal $\rightarrow \theta = 90^\circ$; vento longitudinal $\rightarrow \theta = 0^\circ$):



2.3.4.2 Vento de Alta Intensidade:

A carga de vento de alta intensidade atuante na estrutura será determinada de modo similar ao indicado no item 2.3.4.1, utilizando-se a expressão abaixo:

$$F_{\text{estrut}} = 127.4 (1 + 0.2\text{sen}^2 2\theta) (S_{T1} C_{XT1} \text{sen}^2 \theta + S_{T2} C_{XT2} \text{cos}^2 \theta) \quad (\text{carga em kgf})$$

2.3.4.3 As cargas calculadas conforme indicado nos itens 2.3.4.1 e 2.3.4.2 atuam na direção do vento e devem ser aplicadas no centro de gravidade de cada um dos painéis em que a estrutura for dividida.

2.3.5 Ação do Vento nas Cadeias de Isoladores

2.3.5.1 Vento Máximo:

$$F_i = q_0 G_i C_{xi} A_i, \text{ onde:}$$

F_i carga de vento, atuante na direção do vento, em kgf

$q_0 = 44.1 \text{ kgf/m}^2$

G_i Fator de rajada, obtido da figura 5 da Publicação IEC 60826 em função da altura em relação ao solo da cadeia de isoladores

C_{xi} Coeficiente de arrasto = 1.2

A_i Área exposta ao vento (em m^2) da cadeia de isoladores

2.3.5.2 Vento de Alta Intensidade:

$$F_i = q_i C_{xi} A_i, \text{ onde:}$$

- F_i carga de vento, atuante na direção do vento, em kgf
 $q_i = 127.4 \text{ kgf/m}^2$
 C_{xi} Coeficiente de arrasto = 1.2
 A_i Área exposta ao vento (em m^2) da cadeia de isoladores

2.3.6 Ação do Vento nos Cabos

2.3.6.1 Vento Máximo:

$$F_C = q_0 G_C G_L C_{XC} \varnothing L \text{ sen}^2 \Omega, \text{ onde:}$$

- F_C carga de vento, atuante na direção perpendicular ao cabo, em kgf
 $q_0 = 44.1 \text{ kgf/m}^2$
 G_C Fator de rajada, obtido da figura 3 da Publicação IEC 60826 em função da altura média do cabo em relação ao solo
 G_L Fator de vão, obtido da figura 4 da Publicação IEC 60826 em função do vão médio da estrutura
 C_{XC} Coeficiente de arrasto = 1.0
 \varnothing Diâmetro (em m) do cabo
 L Vão médio (em m) da estrutura
 Ω Ângulo entre a direção de incidência do vento e o cabo, conforme figura 6 da Publicação IEC 60826

2.3.6.2 Vento de Alta Intensidade:

$$F_C = q_i C_{XC} \varnothing (0.25 L) \text{ sen}^2 \Omega, \text{ onde:}$$

- F_C carga de vento, atuante na direção perpendicular ao cabo, em kgf
 $q_i = 127.4 \text{ kgf/m}^2$
 C_{XC} Coeficiente de arrasto = 1.0
 \varnothing Diâmetro (em m) do cabo
 L Vão médio (em m) da estrutura
 Ω Ângulo entre a direção de incidência do vento e o cabo, conforme figura 6 da Publicação IEC 60826

2.4 TRAÇÕES NOS CABOS

2.4.1 Estados de Carga:

- 1 → EDS: 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° (60% de $V_{R(250)}$), temperatura = 17°C

2.4.2 Condições básicas para cálculo das trações:

- Vão básico de referência: 510 m
- Condições de tracionamento dos cabos:

CABO	TRAÇÃO final EDS
CONDUTOR	20.0% CR
PÁRA-RAIOS OPGW 16.75 mm	13.9% CR
PÁRA-RAIOS OPGW 13.4 mm	12.9% CR
PÁRA-RAIOS DOTTEREL	15.0% CR
PÁRA-RAIOS Ø3/8" EHS	10.4% CR

Nota: Para os cabos pára-raios, flecha final na condição EDS < 90% da flecha final do condutor na condição EDS.

- Altura mínima cabo/solo: 12.5 m

2.4.3 Pressão de vento atuante nos cabos condutores (q_C):

- Flecha para temperatura mínima: 19.3 m
- Flecha para temperatura máxima: 21.9 m
- Distância vertical entre condutor inferior e c.g. das fases: 1.3 m
- $H_C = 12.5 + 21.9 + 1.3 - 2/3 \times 19.3 =$ 22.8 m
- Altura adotada : 23.0 m
- $G_C:$ 2.14
- $G_L:$ 0.92
- $C_{XC}:$ 1.0
- $q_C = G_C G_L C_{XC} q_0:$ 86.82 kgf/m²

2.4.4 Pressão de vento atuante nos cabos pára-raios (q_{PR}):

- Flecha para temperatura mínima: 17.5 m
- Distância vertical entre fase inferior e pára-raios: 10.7 m
- $H_{PR} = 12.5 + 21.9 + 10.7 - 2/3 \times 17.5 =$ 33.4 m
- Altura adotada : 34.0 m
- $G_C:$ 2.29
- $G_L:$ 0.92
- $C_{XPR}:$ 1.0
- $q_{PR} = G_C G_L C_{XPR} q_0:$ 92.91 kgf/m²

2.4.5 Trações nos Cabos:

ESTADOS DE CARGA	CONDUTOR	PÁRA-RAIOS			
		OPGW 16.75 mm	OPGW 13.4 mm	DOTTEREL	Ø3/8" EHS
1	1894	1374	1223	1180	727
2	1982	1425	1260	1223	747
3	1747	1326	1186	1138	708
4	3917	2810	2312	2532	1560
5	3735	2683	2213	2415	1488
6	3244	2339	1945	2097	1291
7	2615	1893	1605	1679	1033
8	2117	1534	1338	1335	821
9	1929	1397	1239	1201	738
10	1914	1386	1231	1190	731
11	2311	1675	1441	1471	905

2.4.6 As trações nos cabos para a condição de vento de alta intensidade serão simplificadaamente obtidas com base em pressão de vento agindo uniformemente ao longo de todo o vão básico de referência, com valor igual a 36% da respectiva pressão devida ao vento máximo (Estado de Carga 11).

2.4.7 A tração máxima por cabo condutor para o lado da subestação não deve ultrapassar o valor de 1500 kgf.

3 SÉRIE DE ESTRUTURAS

3.1 TIPOS ESTRUTURAIS

- Torre estaiada cross-ropo de suspensão leve tipo V2CRL;
- Torre autoportante cross-ropo de suspensão leve tipo V2SL;
- Torre autoportante delta de suspensão pesada tipo V2SP;
- Torre autoportante delta de ancoragem meio de linha tipo V2AA;
- Torre autoportante delta de ancoragem meio de linha e ancoragem fim de linha tipo V2AT.
- Torre autoportante delta de suspensão para transposição tipo V2TR;

3.2 APLICAÇÕES DAS ESTRUTURAS

CARACTERÍSTICA	V2CRL (Estaiada Cross-ropo de Suspensão Leve)	
Ângulo de deflexão	0°	2°
Vão médio	535 m	465 m
Vão gravante	Condutor: 300 a 700 m Pára-raios: 300 a 750 m	
Alturas úteis	25.5 a 43.5 m (variação de 1.5 m)	

CARACTERÍSTICA	V2SL (Autoportante Cross-ropo de Suspensão Leve)	
Ângulo de deflexão	0°	2°
Vão médio	535 m	465 m
Vão gravante	Condutor: 300 a 700 m Pára-raios: 300 a 750 m	
Alturas úteis	25.5 a 52.5 m (variação de 1.5 m)	
Extensões	6.0, 12.0 e 18.0 m	
Pés	1.5, 3.0, 4.5, 6.0, 7.5, 9.0 e 10.5 m	

CARACTERÍSTICA	V2SP (Autoportante Delta de Suspensão Pesada)	
Ângulo de deflexão	0°	6°
Vão médio	750 m	550 m
Vão gravante	Condutor: 350 a 900 m Pára-raios: 350 a 950 m	
Alturas úteis	22.5 a 55.5 m (variação de 1.5 m)	
Extensões	6.0, 12.0, 18.0 e 24.0 m	
Pés	1.5, 3.0, 4.5, 6.0, 7.5, 9.0 e 10.5 m	

CARACTERÍSTICA	V2AA (Autoportante Delta de Ancoragem Meio de Linha)	
	Ângulo de deflexão	30°
Vão médio	400 m	
Vão gravante	Condutor: -500 a 1000 m Pára-raios: -550 a 1100 m	
Alturas úteis	22.5 a 40.5 m (variação de 1.5 m)	
Extensões	6.0 e 12.0 m	
Pés	3.0, 4.5, 6.0, 7.5 e 9.0 m	

CARACTERÍSTICA	V2AT (Autoportante Delta de Ancoragem Meio de Linha e Ancoragem Fim de Linha)		
	Meio de Linha	Fim de Linha	
Ângulo de deflexão	60°	10° (LT)	30° (SE)
Vão médio	400 m		
Vão gravante	Condutor: -500 a 1000 m Pára-raios: -550 a 1100 m		
Alturas úteis	22.5 a 34.5 m (variação de 1.5 m)		
Extensões	6.0 m		
Pés	3.0, 4.5, 6.0, 7.5 e 9.0 m		

CARACTERÍSTICA	V2TR (Autoportante Delta de Suspensão para Transposição)	
	Ângulo de deflexão	0°
Vão médio	600 m	470 m
Vão gravante	Condutor: 280 a 800 m Pára-raios: 280 a 850 m	
Alturas úteis	24.5 a 45.5 m (variação de 1.5 m)	
Extensões	6.0 e 12.0 m	
Pés	1.5, 3.0, 4.5, 6.0, 7.5, 9.0 e 10.5 m	

3.3 PRESSÕES DEVIDAS AO VENTO MÁXIMO POR TIPO ESTRUTURAL

3.3.1 Apresentam-se a seguir as pressões devidas ao vento máximo atuante nos cabos e nas cadeias de isoladores, considerando-se os vãos médios e alturas úteis específicos para cada tipo estrutural.

3.3.2 Cadeias de isoladores

3.3.2.1 Altura em relação ao solo

ESTRUTURA	SUSPENSÃO I	SUSPENSÃO V	ANCORAGEM
V2CRL	H= 49.0 m; $G_i= 2.49$	-	-
V2SL	H= 58.0 m; $G_i= 2.55$	-	-
V2SP	H= 61.0 m; $G_i= 2.57$	H= 59.0 m; $G_i= 2.56$	-
V2AA	H= 40.5 m; $G_i= 2.42$	-	H= 40.5 m; $G_i= 2.42$
V2AT	H= 34.5 m; $G_i= 2.36$	-	H= 34.5 m; $G_i= 2.36$
V2TR	H= 59.0 m; $G_i= 2.56$	H= 65.0 m; $G_i= 2.60$	-

3.3.2.2 Pressão devida ao Vento Máximo ($q_0 G_i C_{xi}$, em kgf/m^2)

ESTRUTURA	SUSPENSÃO I	SUSPENSÃO V	ANCORAGEM
V2CRL	131.77	-	-
V2SL	134.95	-	-
V2SP	136.00	135.48	-
V2AA	128.07	-	128.07
V2AT	124.89	-	124.89
V2TR	135.48	137.59	-

3.3.3 Cabos condutores e pára-raios

3.3.3.1 Vão Médio e altura dos cabos

ESTRUTURA	VÃO MÉDIO	CONDUTOR	PÁRA-RAIOS
V2CRL	L=535m; $G_L=0.91$	$H_C=24\text{m}$; $G_C=2.15$	$H_{PR}=35\text{m}$; $G_C=2.30$
V2SL	L=535m; $G_L=0.91$	$H_C=24\text{m}$; $G_C=2.15$	$H_{PR}=34\text{m}$; $G_C=2.29$
V2SP	L=750m; $G_L=0.87$	$H_C=34\text{m}$; $G_C=2.29$	$H_{PR}=47\text{m}$; $G_C=2.42$
V2AA	L=400m; $G_L=0.95$	$H_C=18\text{m}$; $G_C=2.05$	$H_{PR}=27\text{m}$; $G_C=2.20$
V2AT	L=400m; $G_L=0.95$	$H_C=18\text{m}$; $G_C=2.05$	$H_{PR}=27\text{m}$; $G_C=2.20$
V2TR	L=600m; $G_L=0.90$	$H_C=37\text{m}$; $G_C=2.32$	$H_{PR}=55\text{m}$; $G_C=2.48$

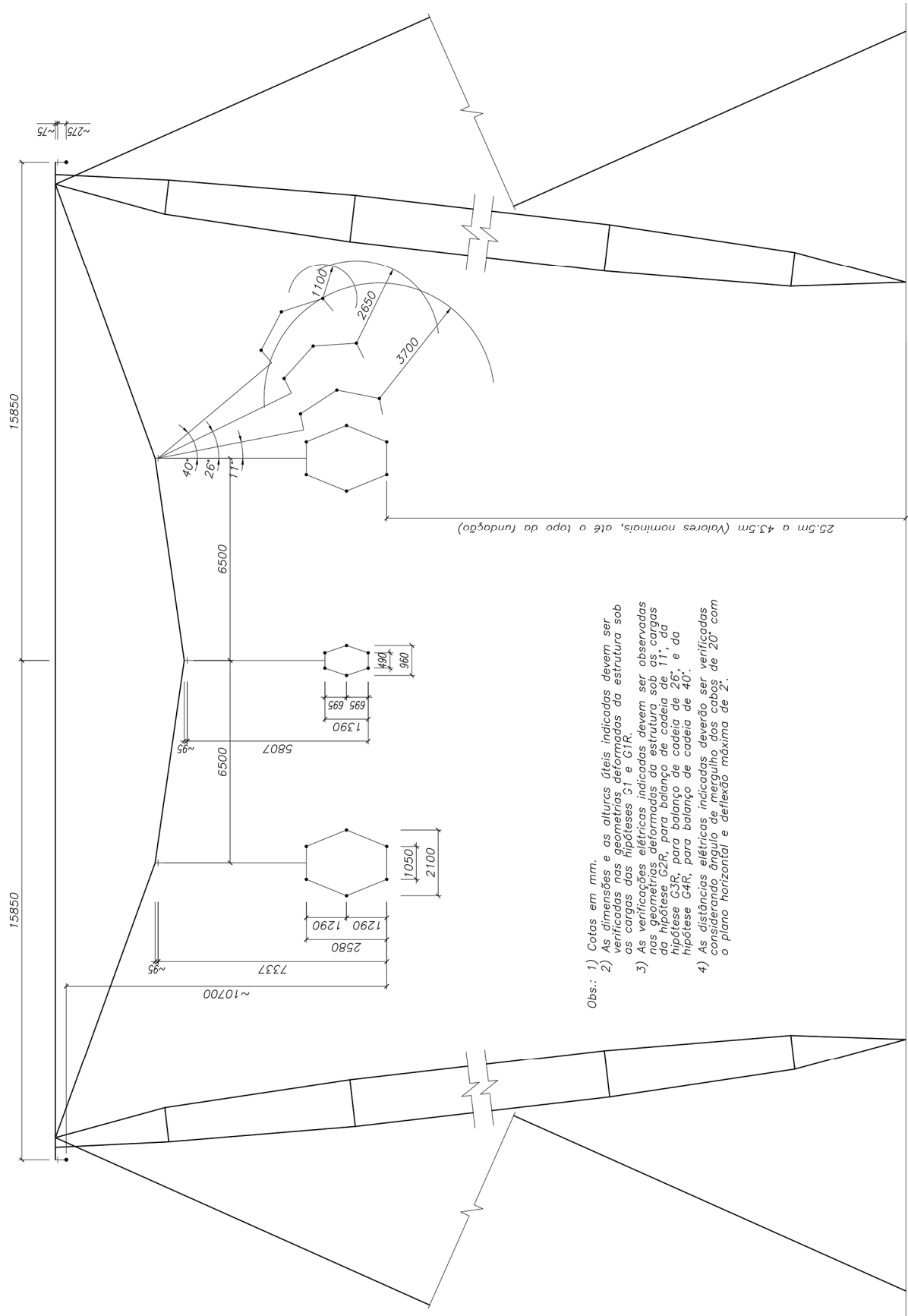
3.3.3.2 Pressão devida ao Vento Máximo ($q_0 G_C G_L C_{xc}$, em kgf/m^2)

ESTRUTURA	CONDUTOR	PÁRA-RAIOS
V2CRL	86.28	92.30
V2SL	86.28	91.90
V2SP	87.86	92.85
V2AA	85.88	92.17
V2AT	85.88	92.17
V2TR	92.08	98.43

4 SILHUETAS TÍPICAS

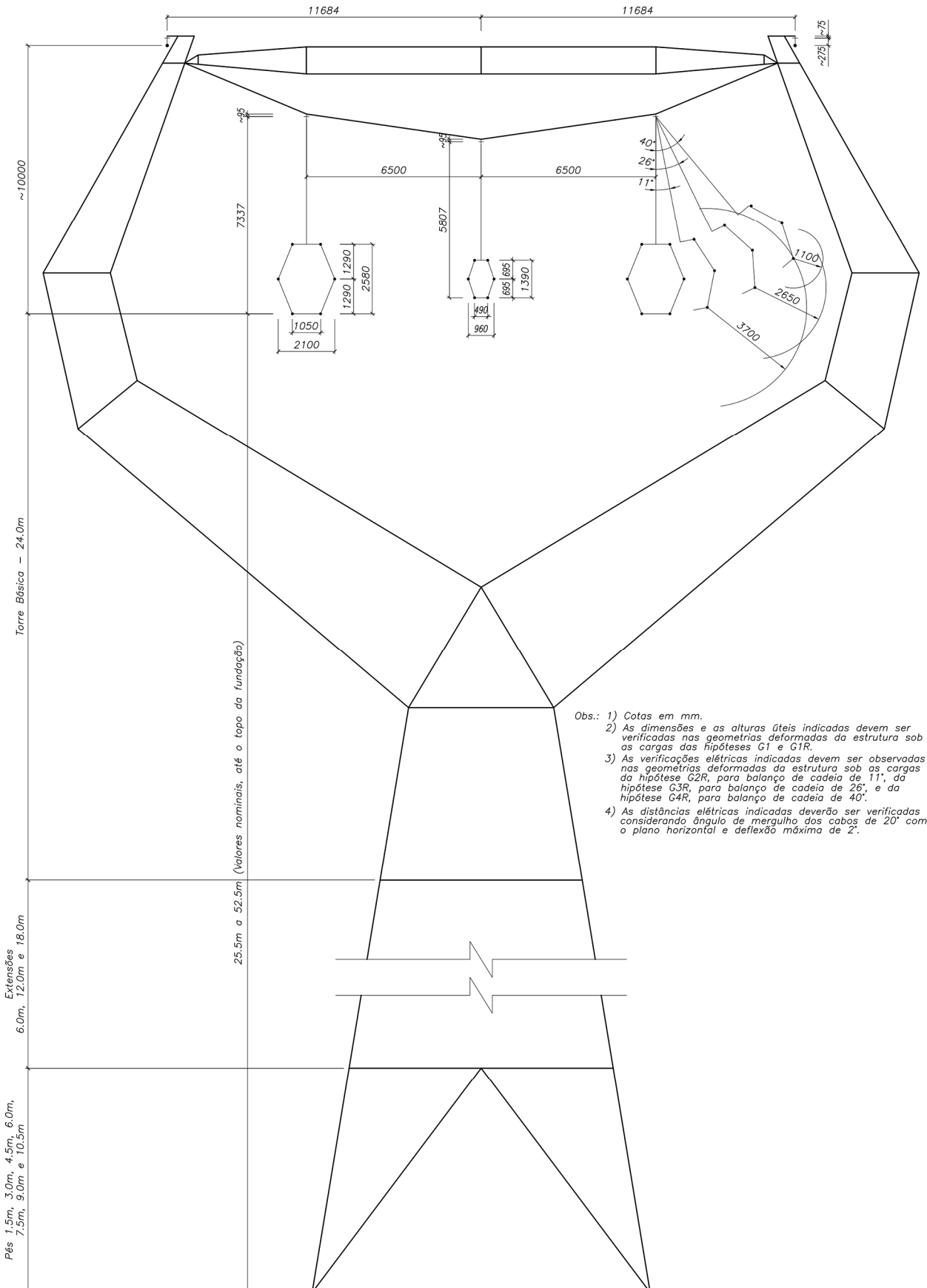
- 4.1 O projeto definitivo das estruturas deverá obedecer às dimensões indicadas nos desenhos de silhuetas no que se refere aos seguintes itens:
- a) Distâncias elétricas e respectivos ângulos de balanço das cadeias de isoladores;
 - b) Ângulo de blindagem dos cabos pára-raios;
 - c) Espaçamentos entre fases;
 - d) Altura da torre básica, do mastro, das extensões de corpo e dos pés.
- 4.2 O espaçamento entre fases indicado nos desenhos de silhueta das torres V2CRL e V2SL, itens 4.8.1 e 4.8.2, deverá ser respeitado na geometria deformada obtida para as hipóteses de carga G1 e G1R. (Ver itens 5.1.1, 5.6.11.1.1 e 5.6.11.2.1.)
- 4.3 As verificações dos espaçamentos elétricos nas torres V2CRL e V2SL, esquematicamente representadas nos desenhos de silhueta dos itens 4.8.1 e 4.8.2, deverão ser feitas nas geometrias deformadas obtidas para as hipóteses de carga G2R (balanço de cadeia de 11°), G3R (balanço de cadeia de 26°) e G4R (balanço de cadeia de 40°). (Ver itens 5.1.1, 5.6.11.1.1 e 5.6.11.2.1.)
- 4.4 Os espaçamentos elétricos indicados deverão ser mantidos em relação a qualquer ponto das estruturas e dos estais, conforme aplicável, considerando o ângulo de linha máximo em que a estrutura pode ser aplicada e os condutores formando os seguintes ângulos com o plano horizontal, na saída dos grampos:
- estruturas V2CRL, V2SL, V2SP e V2TR : 20°
 - estruturas V2AA e V2AT : 25°
- 4.5 As mísulas dos condutores das estruturas de ancoragem tipos V2AA e V2AT devem ser projetadas com detalhes para fixações da cadeia de passagem do “Jumper” no ponto central da mísula e nas duas extremidades, junto às faces transversais da estrutura.
- 4.6 As estruturas de ancoragem deverão ter base quadrada e as estruturas de suspensão autoportantes poderão ter base retangular, desde que o menor lado da base não seja inferior a 2/3 do maior lado.
- 4.7 Todas as estruturas, exceto as que possuam cabo cross-ropo, devem ser projetadas com furações adequadamente posicionadas de modo a permitir pontos auxiliares de fixação para a execução segura das operações de montagem, de lançamento e grampeamento de cabos e de manutenção.
- 4.8 As silhuetas típicas que compõem a série de estruturas são apresentadas a seguir:

4.8.1 ESTRUTURA DE SUSPENSÃO TIPO V2CRL

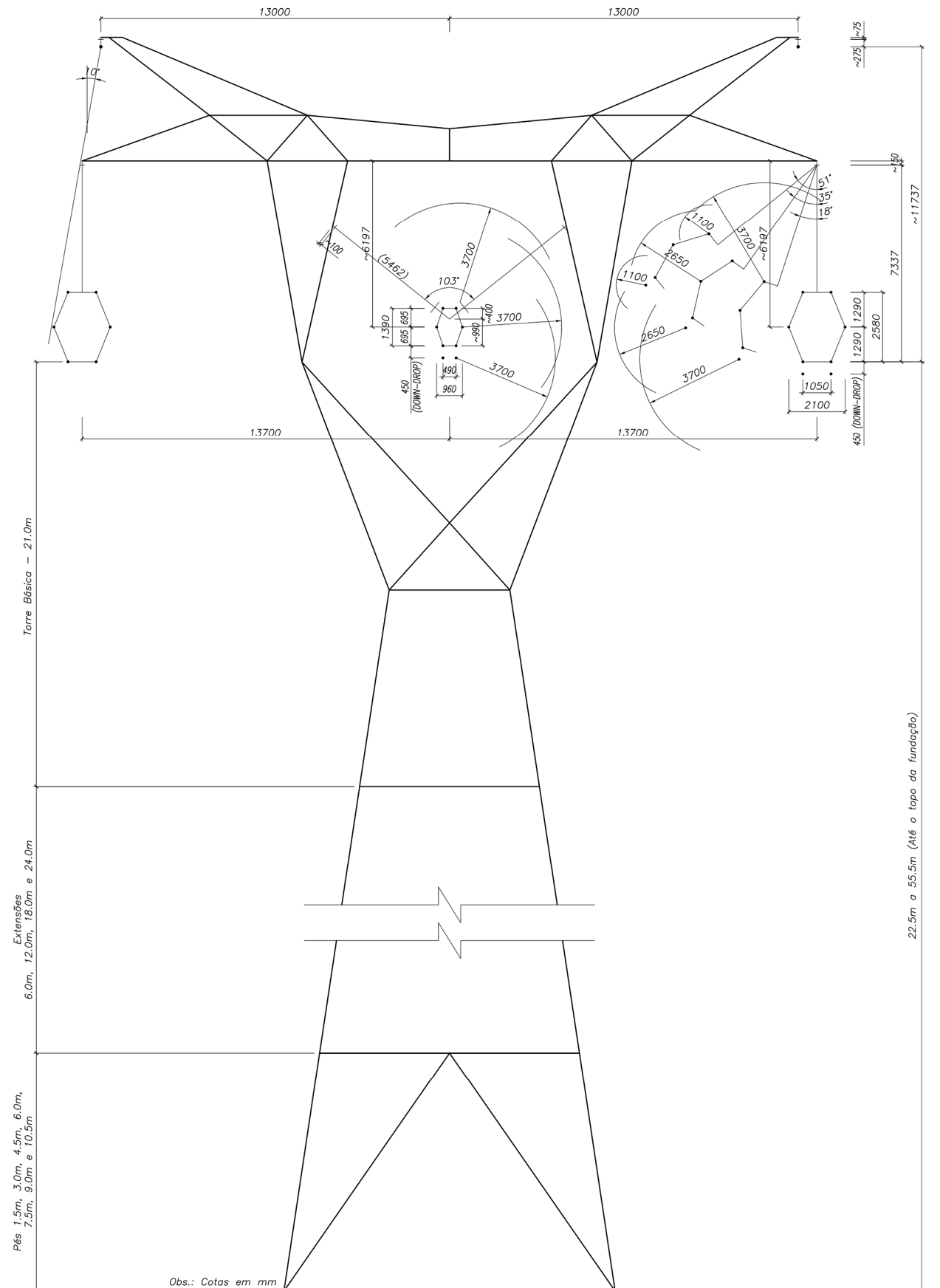


- Obs.: 1) Cotas em mm.
 2) As dimensões e as alturas úteis indicadas devem ser verificadas nas geometrias deformadas da estrutura sob as cargas das hipóteses G1 e G1R.
 3) As verificações elétricas indicadas devem ser observadas nas geometrias deformadas da estrutura sob as cargas da hipótese G2R, para balanço de cadeia de 11°, da hipótese G3R, para balanço de cadeia de 26°, e da hipótese G4R, para balanço de cadeia de 40°.
 4) As distâncias elétricas indicadas deverão ser verificadas considerando ângulo de mergulho dos cabos de 20° com o plano horizontal e deflexão máxima de 2°.

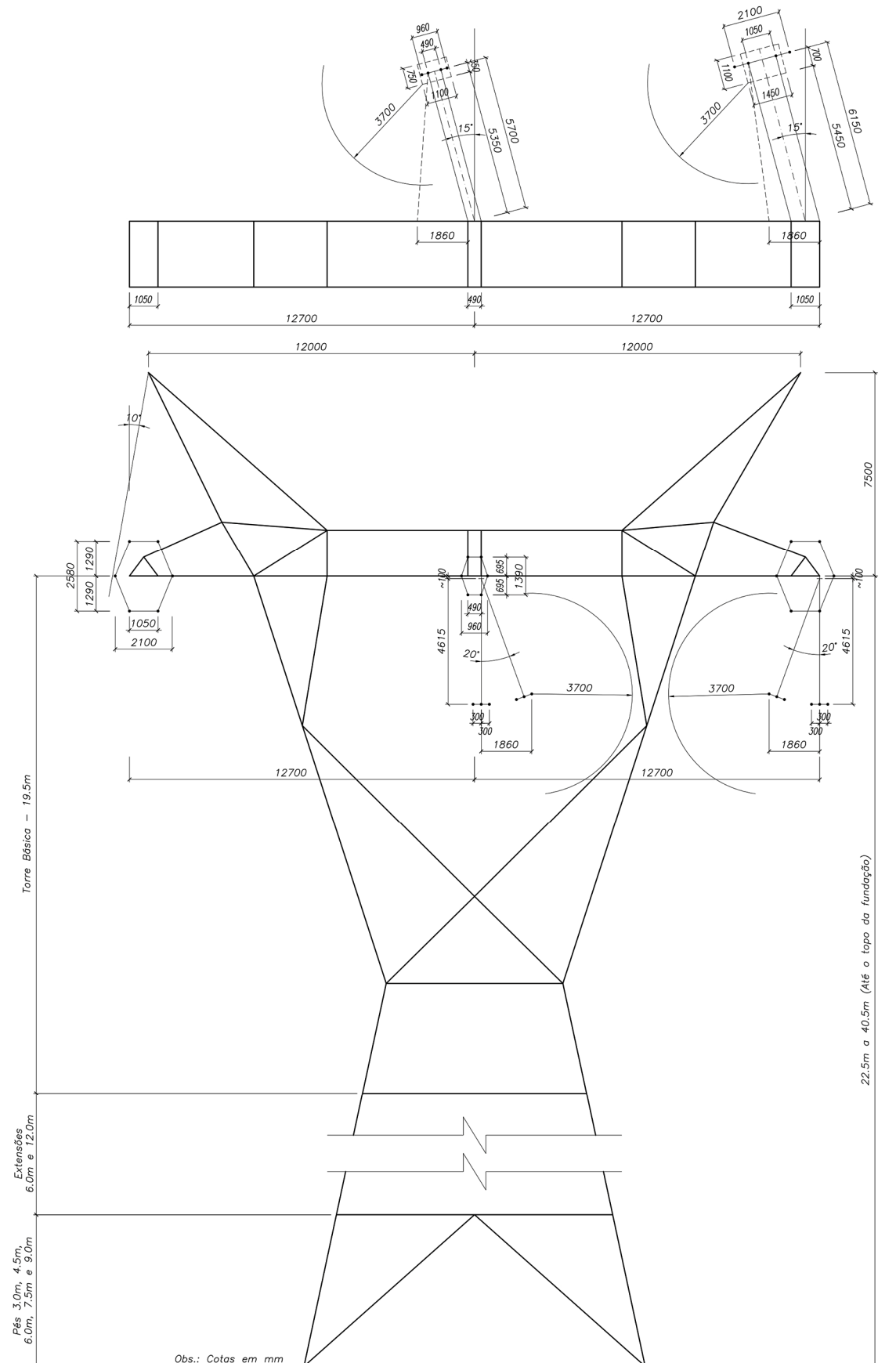
4.8.2 ESTRUTURA DE SUSPENSÃO TIPO V2SL



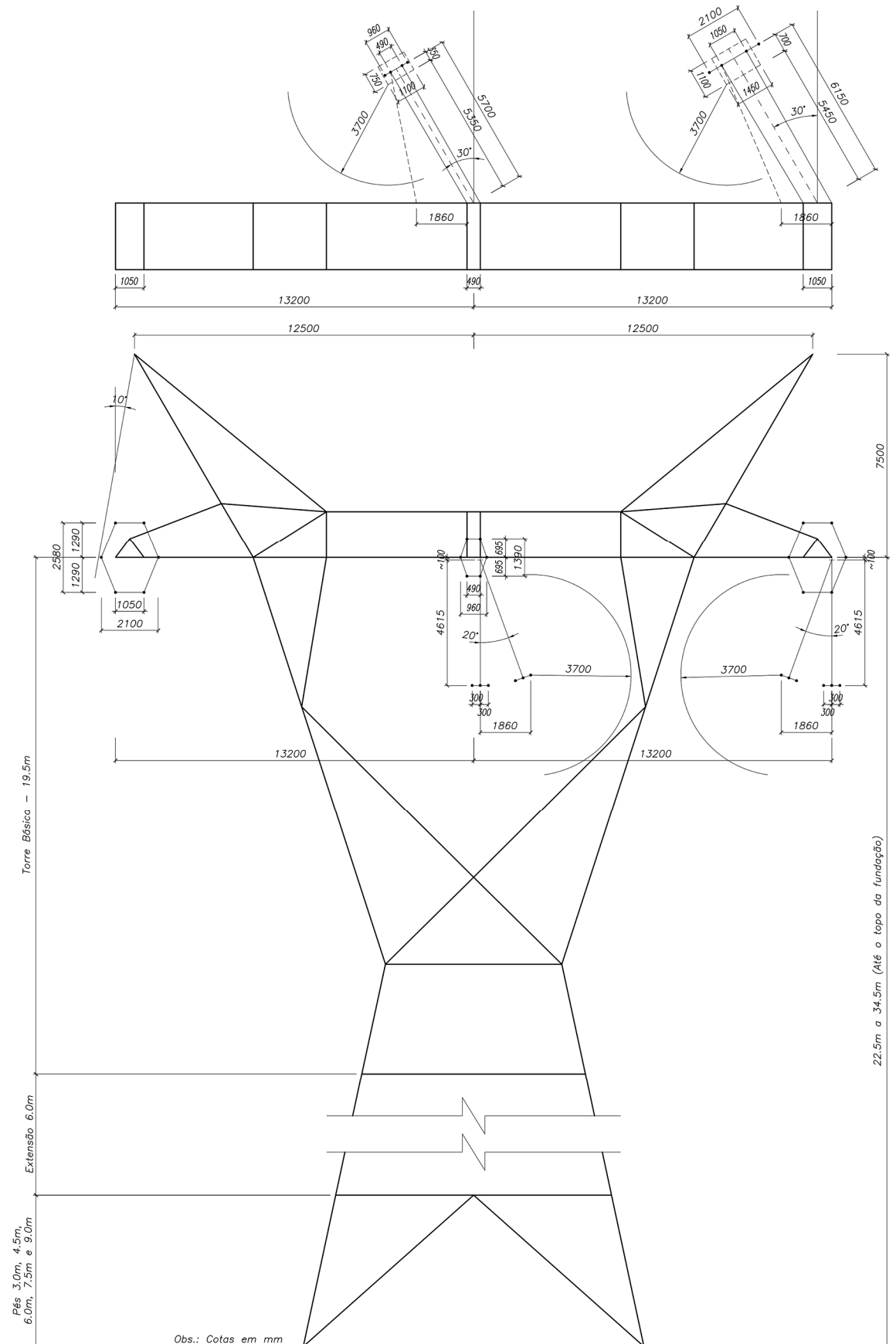
4.8.3 ESTRUTURA DE SUSPENSÃO TIPO V2SP



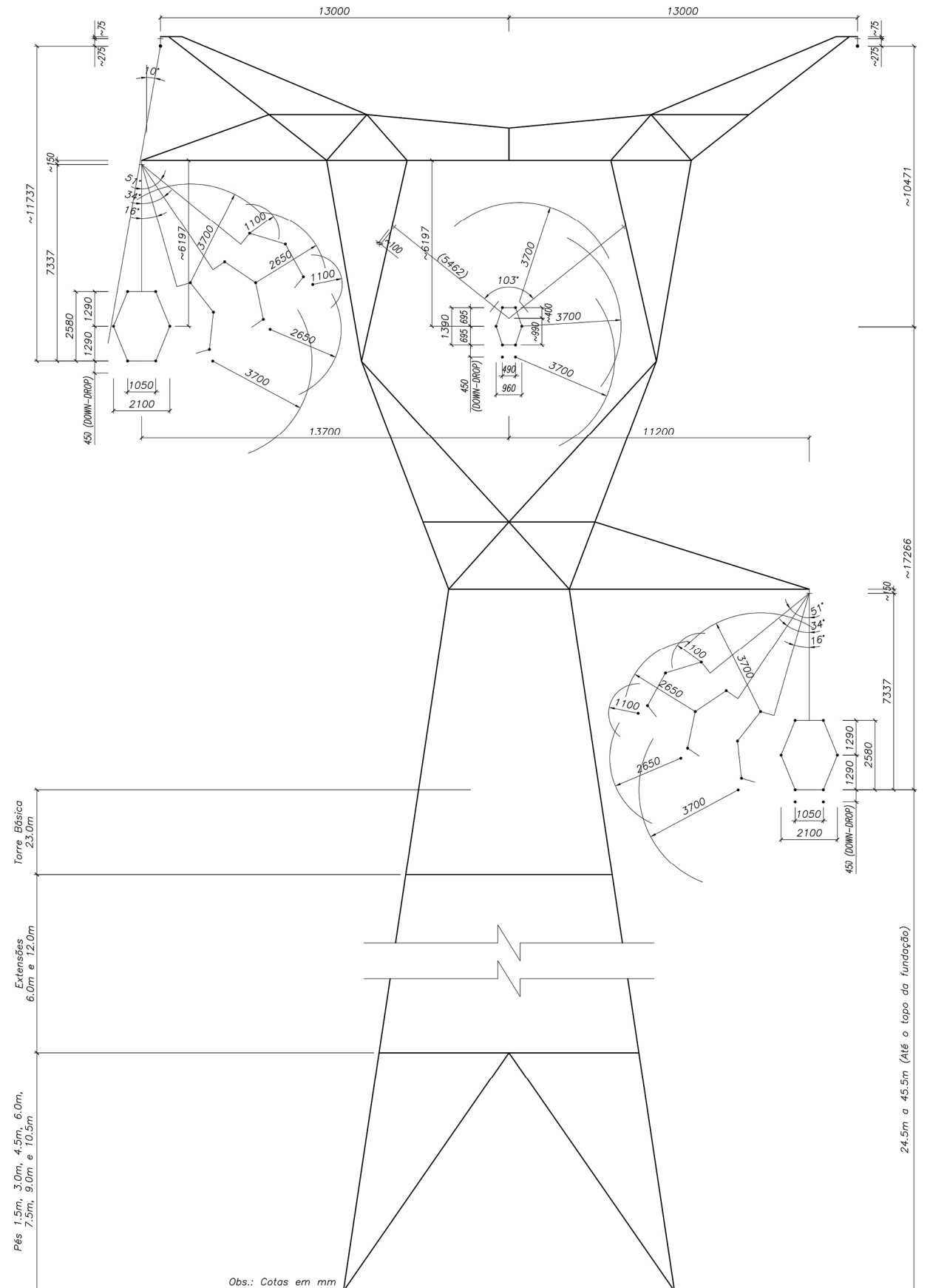
4.8.4 ESTRUTURA DE ANCORAGEM MEIO DE LINHA TIPO V2AA



4.8.5 ESTRUTURA DE ANCORAGEM MEIO DE LINHA e ANCORAGEM FIM DE LINHA TIPO V2AT



4.8.6 ESTRUTURA DE SUSPENSÃO PARA TRANSPOSIÇÃO TIPO V2TR



5 HIPÓTESES DE CARGA

5.1 ESTRUTURAS DE SUSPENSÃO TIPOS V2CRL e V2SL

5.1.1 HIPÓTESES PARA VERIFICAÇÕES ELÉTRICAS E DE GEOMETRIA

HIP.	DESCRIÇÃO
G1	EDS – ALINHAMENTO Somente cargas verticais normais devidas ao peso de cabos, cadeias de isoladores e estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo). Nota: A geometria deformada obtida com esta hipótese de carga deverá ser utilizada para o cálculo dos parâmetros elétricos associados à estrutura.
G2	EDS – DEFLEXÃO MÁXIMA Igual à anterior, mas também com as cargas transversais devidas à deflexão máxima da estrutura, considerando-se todos os cabos com tração EDS. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo). Nota: A geometria deformada obtida com esta hipótese de carga deverá ser utilizada para as verificações elétricas associadas a descargas atmosféricas.
G3	VENTO TRANSVERSAL PARA T = 2 ANOS Cargas decorrentes da ação do vento para T = 2 anos, com direção transversal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo). Nota: A geometria deformada obtida com esta hipótese de carga deverá ser utilizada para as verificações elétricas associadas a surtos de manobra.
G4	VENTO TRANSVERSAL PARA T = 50 ANOS Cargas decorrentes da ação do vento para T = 50 anos, com direção transversal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo). Nota: A geometria deformada obtida com esta hipótese de carga deverá ser utilizada para as verificações elétricas associadas à frequência industrial.

5.1.2 HIPÓTESES PARA DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

HIP.	DESCRIÇÃO
1	VENTO MÁXIMO TRANSVERSAL Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, com direção transversal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
2	VENTO MÁXIMO LONGITUDINAL Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, com direção longitudinal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
3	VENTO MÁXIMO ATUANDO A 45° Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, a 45° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

- 3-60 VENTO MÁXIMO ATUANDO A 60°
Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, a 60° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 3-75 VENTO MÁXIMO ATUANDO A 75°
Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, a 75° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 4 RUPTURA DE 1 FASE QUALQUER
Carga longitudinal correspondente a 70% da tração EDS atuando em qualquer uma das fases; verticais normais e peso próprio da estrutura; sem vento. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 5 RUPTURA DE 1 PÁRA-RAIOS QUALQUER
Carga longitudinal correspondente a 125% da tração EDS atuando em qualquer um dos pára-raios; verticais normais e peso próprio da estrutura; sem vento. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 6 CONSTRUÇÃO/MANUTENÇÃO
Cargas de construção/manutenção atuando simultaneamente em qualquer combinação possível de pára-raios ou em qualquer combinação possível de fases, com apenas um dos cabos em lançamento e os demais já lançados; peso próprio da estrutura; sem vento.
A carga vertical máxima deverá ser determinada considerando-se carga vertical proveniente de cabo ancorado ao solo, com ângulo de 70° e tração de 125% da tração EDS.
- 7 VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL
Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, com direção transversal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 8 VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL
Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, com direção longitudinal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 9 VENTO DE ALTA INTENSIDADE ATUANDO A 45°
Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, a 45° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 9-60 VENTO DE ALTA INTENSIDADE ATUANDO A 60°
Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, a 60° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 9-75 VENTO DE ALTA INTENSIDADE ATUANDO A 75°
Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, a 75° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais

reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

10 **CONTENÇÃO CASCATA**

Cargas longitudinais nos pára-raios correspondentes a 50% das trações EDS e cargas longitudinais nas fases correspondentes a 25% das trações EDS atuando simultaneamente em todos os cabos; verticais normais e peso próprio da estrutura; sem vento. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

11 **GRAMPEAMENTO**

Cargas de grampeamento atuando simultaneamente em qualquer combinação possível de pára-raios ou em qualquer combinação possível de fases, estando os pára-raios já montados; peso próprio da estrutura; sem vento.

Considerar tração atuante nos cabos igual a 125% da tração EDS, peso de homens e ferramentas em cada pára-raios e em cada fase e sustentação de cabo com ângulo máximo de 15° em relação à vertical.

5.2 ESTRUTURAS DE SUSPENSÃO TIPOS V2SP e V2TR

HIP.	DESCRIÇÃO
1	VENTO MÁXIMO TRANSVERSAL Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, com direção transversal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
2	VENTO MÁXIMO LONGITUDINAL Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, com direção longitudinal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
3	VENTO MÁXIMO ATUANDO A 45° Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, a 45° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
3-60	VENTO MÁXIMO ATUANDO A 60° Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, a 60° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
3-75	VENTO MÁXIMO ATUANDO A 75° Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, a 75° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
4	RUPTURA DE 1 FASE QUALQUER Carga longitudinal correspondente a 70% da tração EDS atuando em qualquer uma das fases; verticais normais e peso próprio da estrutura; sem vento. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
5	RUPTURA DE 1 PÁRA-RAIOS QUALQUER Carga longitudinal correspondente a 125% da tração EDS atuando em qualquer um

- dos pára-raios; verticais normais e peso próprio da estrutura; sem vento. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 6 **CONSTRUÇÃO/MANUTENÇÃO**
Cargas de construção/manutenção atuando simultaneamente em qualquer combinação possível de pára-raios ou em qualquer combinação possível de fases, estando os pára-raios já montados; peso próprio da estrutura; sem vento. A carga vertical máxima deverá ser determinada considerando-se carga vertical proveniente de cabo ancorado ao solo, com ângulo de 70° e tração de 125% da tração EDS.
- 7 **VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL**
Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, com direção transversal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 8 **VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL**
Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, com direção longitudinal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 9 **VENTO DE ALTA INTENSIDADE ATUANDO A 45°**
Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, a 45° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 9-60 **VENTO DE ALTA INTENSIDADE ATUANDO A 60°**
Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, a 60° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 9-75 **VENTO DE ALTA INTENSIDADE ATUANDO A 75°**
Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, a 75° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 10 **CONTENÇÃO CASCATA**
Cargas longitudinais nos pára-raios correspondentes a 70% das trações EDS e cargas longitudinais nas fases correspondentes a 35% das trações EDS atuando simultaneamente em todos os cabos; verticais normais e peso próprio da estrutura; sem vento. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 11 **GRAMPEAMENTO**
Cargas de grampeamento atuando simultaneamente em qualquer combinação possível de pára-raios ou em qualquer combinação possível de fases, estando os pára-raios já montados; peso próprio da estrutura; sem vento.
Considerar tração atuante nos cabos igual a 125% da tração EDS, peso de homens e ferramentas em cada pára-raios e em cada fase e sustentação de cabo com ângulo máximo de 15° em relação à vertical.
As cargas de grampeamento devem ser consideradas como aplicadas nos pontos auxiliares de fixação previstos para a execução das operações de grampeamento de cabos, da forma localmente mais desequilibrada possível.

5.3 ESTRUTURAS DE ANCORAGEM MEIO DE LINHA TIPOS V2AA e V2AT

HIP.	DESCRIÇÃO
1	VENTO MÁXIMO TRANSVERSAL Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, com direção transversal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; cargas longitudinais decorrentes de desbalanceamento iguais a 15% da tração máxima nos cabos; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
2	VENTO MÁXIMO LONGITUDINAL Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, com direção longitudinal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; cargas longitudinais decorrentes de desbalanceamento iguais a 15% da tração máxima nos cabos; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
3	VENTO MÁXIMO ATUANDO A 45° Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, a 45° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; cargas longitudinais decorrentes de desbalanceamento iguais a 15% da tração máxima nos cabos; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
4	RUPTURA DE 1 FASE QUALQUER Carga longitudinal correspondente a 150% da tração EDS atuando em qualquer uma das fases; verticais normais e peso próprio da estrutura; sem vento. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
5	RUPTURA DE 1 PÁRA-RAIOS QUALQUER Carga longitudinal correspondente a 150% da tração EDS atuando em qualquer um dos pára-raios; verticais normais e peso próprio da estrutura; sem vento. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
6	CONSTRUÇÃO/MANUTENÇÃO Cargas de construção/manutenção atuando simultaneamente em qualquer combinação possível de pára-raios ou em qualquer combinação possível de fases, estando os pára-raios já montados; peso próprio da estrutura; sem vento. A carga vertical máxima deverá ser determinada considerando-se carga vertical proveniente de cabo ancorado ao solo, com ângulo de 70° e tração de 125% da tração EDS.
7	VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, com direção transversal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; cargas longitudinais decorrentes de desbalanceamento iguais a 15% da tração com vento reduzido nos cabos; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
8	VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, com direção longitudinal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; cargas longitudinais decorrentes de desbalanceamento iguais a 15% da tração com vento reduzido nos cabos; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

- 9 VENTO DE ALTA INTENSIDADE ATUANDO A 45°
Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, a 45° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; cargas longitudinais decorrentes de desbalanceamento iguais a 15% da tração com vento reduzido nos cabos; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
- 10 CONTENÇÃO CASCATA
Cargas longitudinais correspondentes a 100% das trações EDS atuando simultaneamente em qualquer combinação possível de fases e pára-raios; verticais normais e peso próprio da estrutura; sem vento. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

5.4 ESTRUTURA DE ANCORAGEM FIM DE LINHA TIPO V2AT

HIP.	DESCRIÇÃO
1T	VENTO MÁXIMO TRANSVERSAL Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, com direção transversal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
2T	VENTO MÁXIMO LONGITUDINAL Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, com direção longitudinal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
3T	VENTO MÁXIMO ATUANDO A 45° Cargas decorrentes da ação do vento máximo de projeto, a 45° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
4T	RUPTURA DE 1 FASE QUALQUER Carga longitudinal nula na fase rompida e cargas longitudinais correspondentes a 150% da tração EDS atuando simultaneamente em todos os demais cabos; verticais normais e peso próprio da estrutura; sem vento. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
5T	RUPTURA DE 1 PÁRA-RAIOS QUALQUER Carga longitudinal nula no pára-raios rompido e cargas longitudinais correspondentes a 150% da tração EDS atuando simultaneamente em todos os demais cabos; verticais normais e peso próprio da estrutura; sem vento. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).
6T	CONSTRUÇÃO/MANUTENÇÃO Cargas de construção/manutenção atuando simultaneamente em qualquer combinação possível de pára-raios ou em qualquer combinação possível de fases, estando os pára-raios já montados; peso próprio da estrutura; sem vento. A carga longitudinal máxima será igual a 125% da tração EDS. A carga vertical máxima deverá ser determinada considerando-se carga vertical proveniente de cabo ancorado ao solo, com ângulo de 70° e tração de 125% da tração EDS.
7T	VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, com direção transversal,

sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

8T VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL
Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, com direção longitudinal, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

9T VENTO DE ALTA INTENSIDADE ATUANDO A 45°
Cargas decorrentes da ação do vento de alta intensidade, a 45° com a direção da linha, sobre cabos, cadeias de isoladores e estrutura; verticais normais e peso próprio da estrutura. A estrutura deve ser também verificada para verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo).

Nota: Para a Hipótese 1T devem ser consideradas duas condições de carregamento independentes:

- apenas vão da LT montado (Hip. 1Ta);
- vãos da LT e da SE montados (Hip. 1Tb).

Para todas as demais hipóteses, considerar uma condição de carregamento única, com as maiores cargas obtidas dentre as duas situações acima mencionadas.

5.5 FATORES DE SOBRECARGA

5.5.1 As cargas atuantes em cada uma das hipóteses de carga indicadas nos itens anteriores devem ser majoradas pelos seguintes fatores de sobrecarga:

Hipótese	Fator de Sobrecarga
Hipóteses para Verificações Elétricas e de Geometria:	
- Todas as cargas:	1.00
Vento Máximo, Vento de Alta Intensidade, Ruptura de Cabo e Contenção Cascata:	
- Cargas Transversais:	1.00
- Cargas Longitudinais:	1.00
- Cargas Verticais normais (inclusive peso próprio da estrutura):	1.15
- Cargas Verticais reduzidas (inclusive peso próprio da estrutura):	0.87 (*)
Construção/Manutenção:	
- Cargas Transversais (cabos em lançamento/lançados):	1.50/1.15
- Cargas Longitudinais (cabos em lançamento/lançados):	1.50/1.15
- Cargas Verticais (cabos em lançamento/lançados):	1.50/1.15
- Cargas Verticais (peso próprio das estruturas delta/cross-rope):	1.50/1.15
- Cargas Verticais reduzidas (inclusive peso próprio das estruturas delta/cross-rope):	0.67/0.87 (**)
Grampeamento:	
- Cargas Transversais:	1.50
- Cargas Longitudinais:	1.50
- Cargas Verticais (inclusive peso próprio da estrutura):	1.50

- Cargas Verticais reduzidas (inclusive peso próprio da estrutura):	0.67 (**)
(*) Cargas verticais reduzidas de arrancamento (vão gravante negativo):	1.15
(**) Cargas verticais reduzidas de arrancamento (vão gravante negativo):	1.50

5.6 ÁRVORES DE CARGAS

5.6.1 Todas as cargas indicadas nas árvores de carga estão em kgf e já incluem os fatores de sobrecarga indicados no item 5.5.

5.6.2 As cargas atuantes nas fases e nos pára-raios devem ser aplicadas nos pontos de fixação dos cabos e estão representadas, conforme a hipótese de carga, por suas projeções na vertical e nos eixos transversal e longitudinal da estrutura. Especificamente para a Hipótese 11 das torres V2SP e V2TR, as cargas indicadas nas árvores de carga devem ser aplicadas nos pontos auxiliares de fixação previstos para execução das operações de grampeamento.

5.6.3 As cargas devidas ao vento máximo (FVM) e ao vento de alta intensidade (FVI) na estrutura atuam na direção do vento e devem ser aplicadas no centro de gravidade de cada um dos painéis em que a estrutura for subdividida.

5.6.4 O comprimento máximo de cada painel para efeito de cálculo das cargas de vento na estrutura não deve ultrapassar 10.0m.

5.6.5 Independente da direção mostrada nas árvores de carga, o vento sobre a estrutura e as cargas transversais devem ser aplicadas na direção mais desfavorável no que se refere ao dimensionamento das barras e ligações.

5.6.6 As cargas entre parêntesis referem-se às cargas verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo) e PP indica o peso próprio da estrutura.

5.6.7 Considerar a seguinte distribuição de cargas por face nas estruturas de ancoragem meio de linha (V2AA e V2AT):

- Cargas transversais e verticais:
⇒ 70% na face anterior e 30% na face posterior
- Cargas longitudinais:
⇒ 100% na face anterior

5.6.8 Considerar a seguinte distribuição de cargas por face na estrutura de ancoragem fim de linha (V2AT):

- Cargas verticais:
 - Hipótese 1Ta: 100% lado LT
 - Demais hipóteses: 70% lado LT e 30% lado SE
- Cargas longitudinais: 100% lado LT
- Cargas transversais:

HIPÓTESE	lado LT (%)	lado SE (%)
1Ta	100	0
1Tb	59	41
2T	46	54
3T	48	52
4T e 5T	48	52
6T	48	52
7T	54	46

8T	48	52
9T	51	49

5.6.9 As árvores de carga apresentadas são representações esquemáticas das hipóteses de carga e algumas delas deverão ser desdobradas para a análise estrutural das torres. Os seguintes desdobramentos de hipóteses deverão ser obrigatoriamente considerados:

- Hipóteses 4 e 4T (ruptura de uma fase):
 - Ruptura da fase central;
 - Ruptura da fase da esquerda;
 - Ruptura da fase da direita.
- Hipóteses 5 e 5T (ruptura de um pára-raios):
 - Ruptura do pára-raios da esquerda;
 - Ruptura do pára-raios da direita.
- Hipótese 6 (construção/manutenção - V2CRL e V2SL):
obs.: para esta hipótese as cargas entre parênteses referem-se a cabos já lançados, enquanto as cargas fora de parênteses referem-se a cabos em lançamento.
 - lançamento de 1 pára-raios;
 - lançamento de 1 pára-raios com o outro lançado;
 - 2 pára-raios lançados;
 - 2 pára-raios lançados e lançamento de uma fase;
 - 2 pára-raios e 1 fase lançados e lançamento de outra fase;
 - 2 pára-raios e 2 fases lançados e lançamento de outra fase;
 - 2 pára-raios e 3 fases lançados;
- Hipóteses 6 e 6T (construção/manutenção - V2SP, V2AA, V2AT e V2TR):
 - cargas somente no pára-raios esquerdo;
 - cargas somente no pára-raios direito;
 - cargas somente nos 2 pára-raios;
 - cargas somente nos 2 pára-raios e na fase central;
 - cargas somente nos 2 pára-raios e na fase da esquerda;
 - cargas somente nos 2 pára-raios e na fase da direita;
 - sem as cargas da fase central;
 - sem as cargas da fase da esquerda;
 - sem as cargas da fase da direita;
 - todas as cargas aplicadas.
- Hipótese 10 (contenção de queda em cascata), somente nas torres de ancoragem V2AA e V2AT:
 - sem as cargas do pára-raios esquerdo e da fase da esquerda;
 - todas as cargas aplicadas.
- Hipóteses 11 (grampeamento):
obs.: 1) Para cabos em grampeamento, considerar cargas fora de parênteses nas árvores de carga;
2) Para cabos só lançados ou já grampeados, considerar cargas entre parênteses nas árvores de carga;
3) Fase central em grampeamento: aplicar cargas no ponto auxiliar para içamento/grampeamento dessa fase (V2SP e V2TR).
Nos desdobramentos abaixo especificados, considerar cargas de cabos só lançados/já grampeados nos pontos onde não houver cabos em grampeamento:
 - cargas de grampeamento somente no PR esquerdo;
 - cargas de grampeamento somente no PR direito;
 - cargas de grampeamento somente nos 2 PR's;
 - cargas de grampeamento somente nos 2 PR's e na fase da esquerda;
 - cargas de grampeamento somente nos 2 PR's e na fase da direita;
 - cargas de grampeamento somente nos 2 PR's e na fase central;
 - sem as cargas de grampeamento da fase da esquerda;

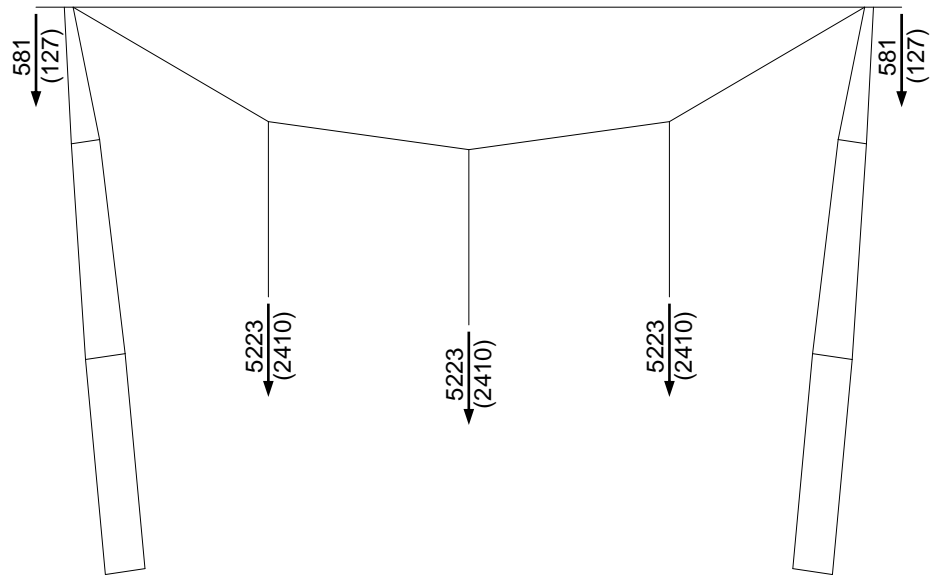
- sem as cargas de grampeamento da fase da direita;
- sem as cargas de grampeamento da fase central;
- todas as cargas de grampeamento aplicadas.

5.6.10 A mísula para fixação da cadeia de passagem do “jumper”, bem como as barras de fixação destas cadeias, deverão ser dimensionadas para suportar uma carga vertical de 600 kgf.

5.6.11 A seguir são apresentadas as árvores de carga para cada tipo estrutural:

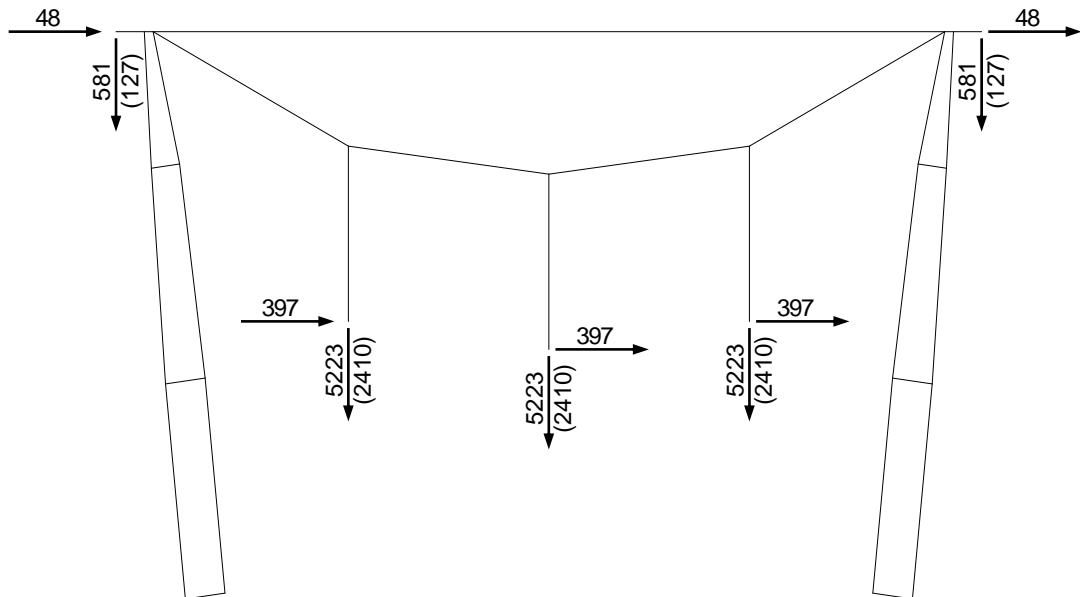
5.6.11.1 ESTRUTURA DE SUSPENSÃO TIPO V2CRL

5.6.11.1.1 HIPÓTESES PARA VERIFICAÇÕES ELÉTRICAS E DE GEOMETRIA



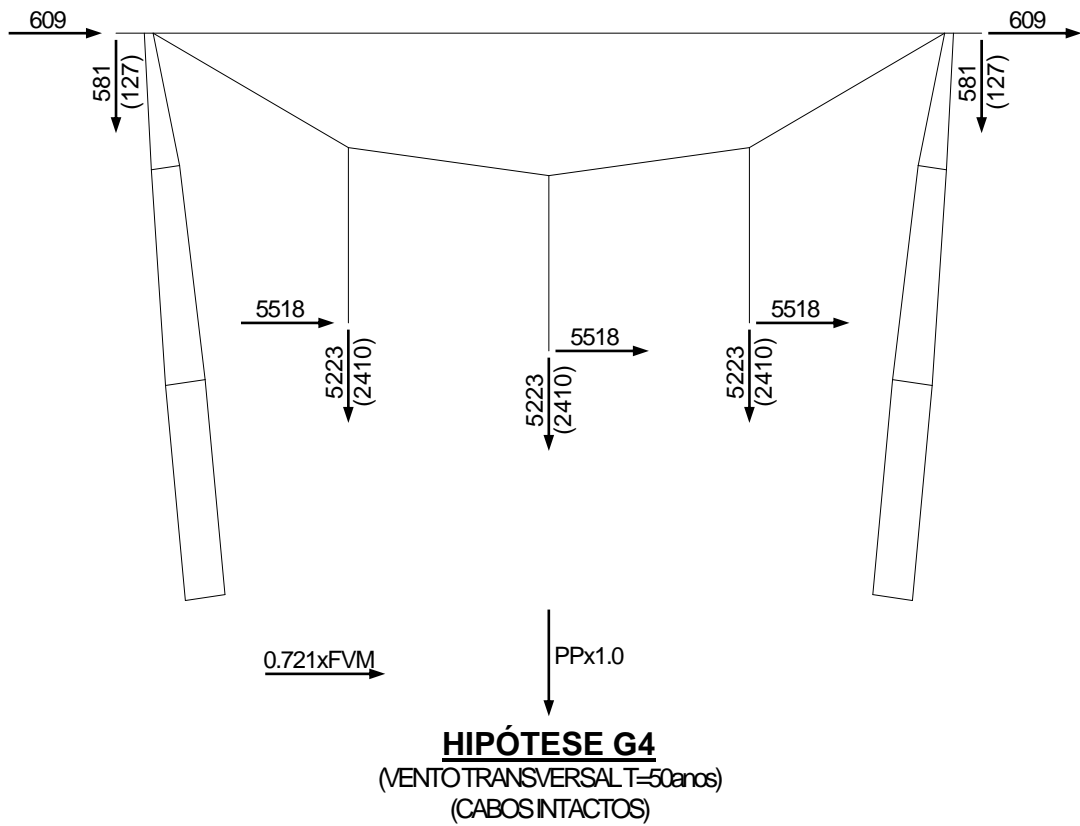
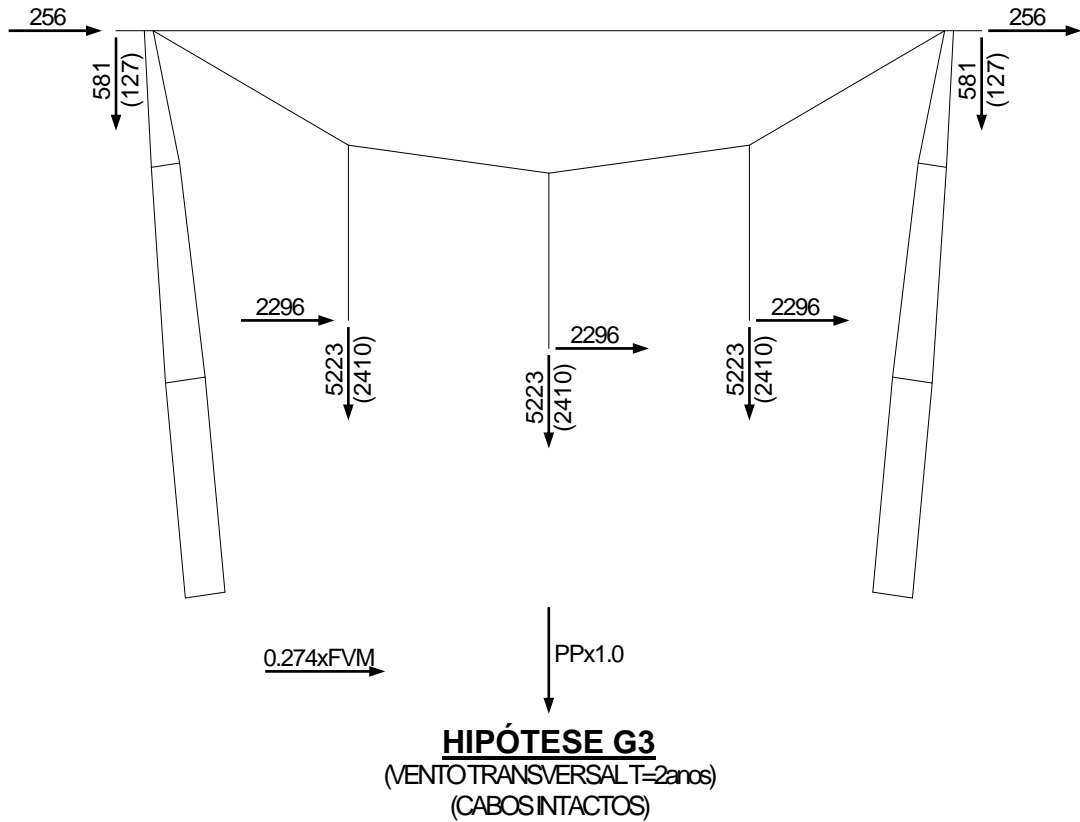
PPx1.0

HIPÓTESE G1
(SEM VENTO)
(EDS ALINHAMENTO)

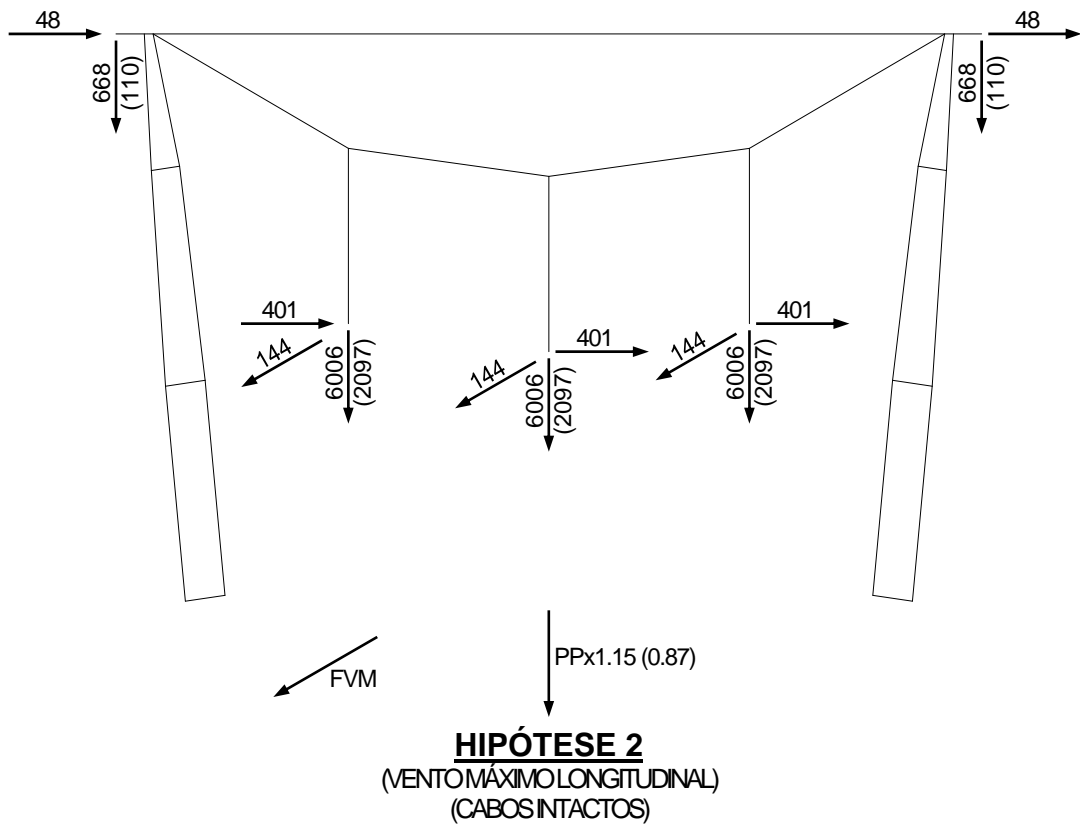
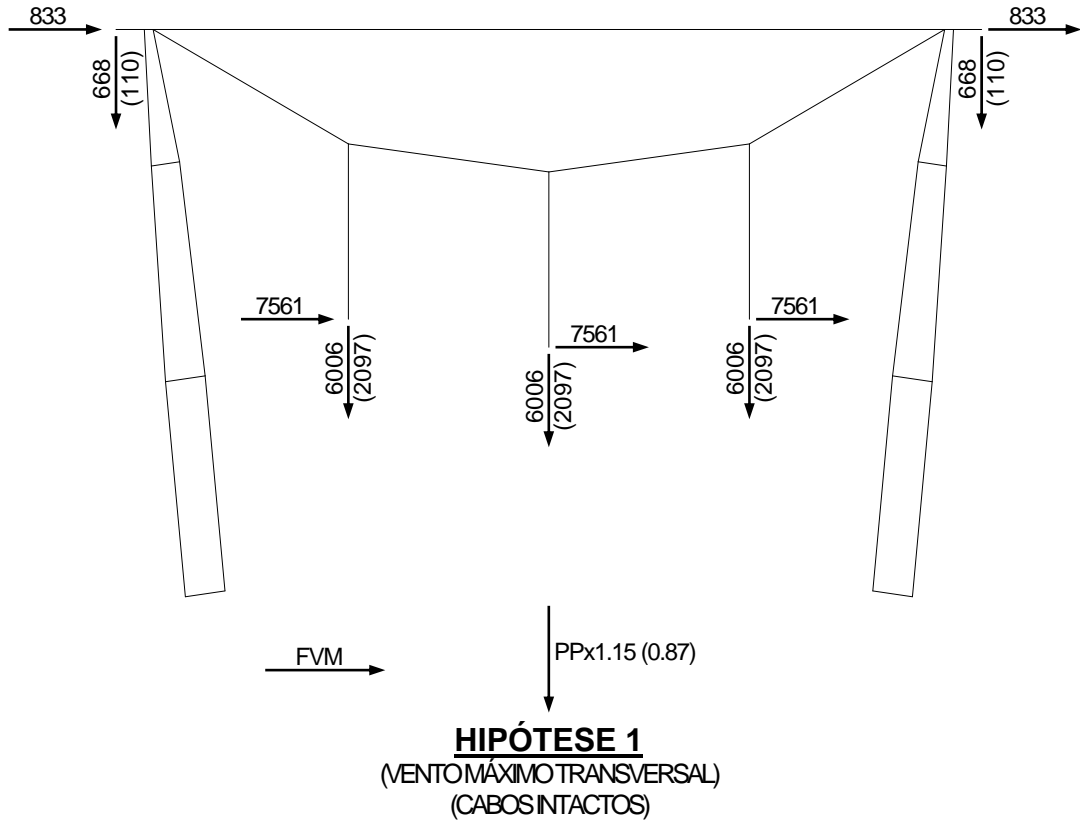


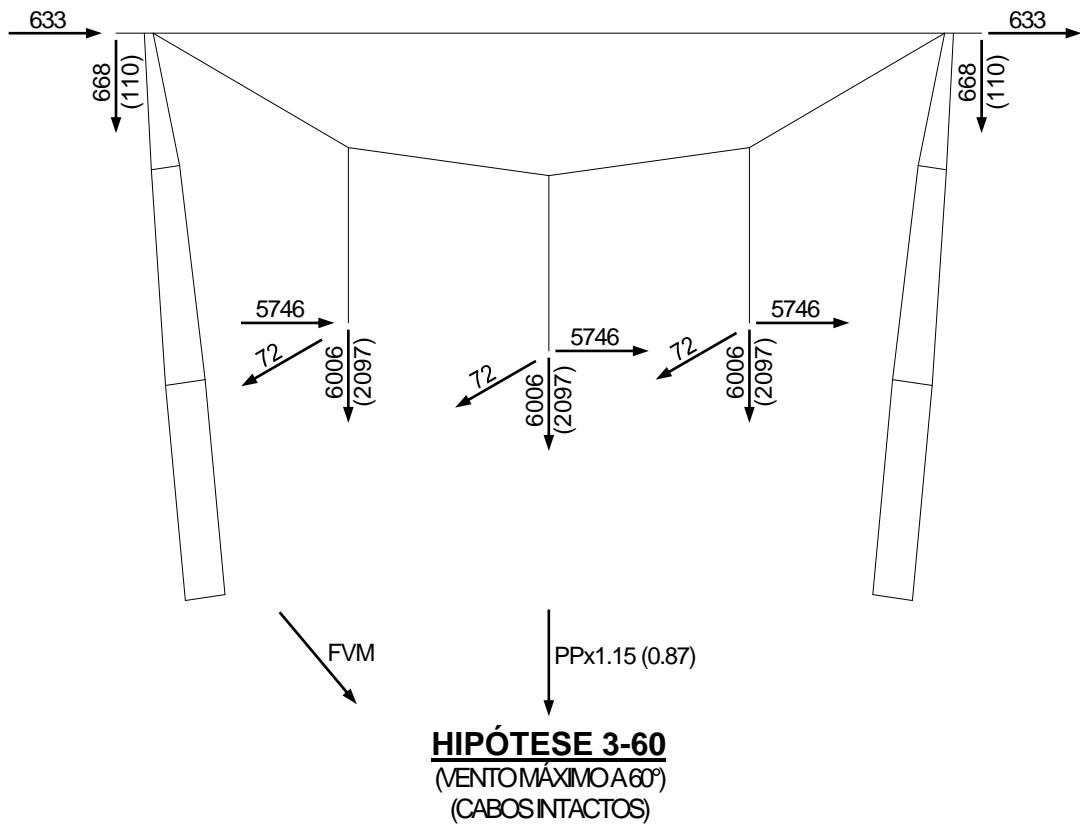
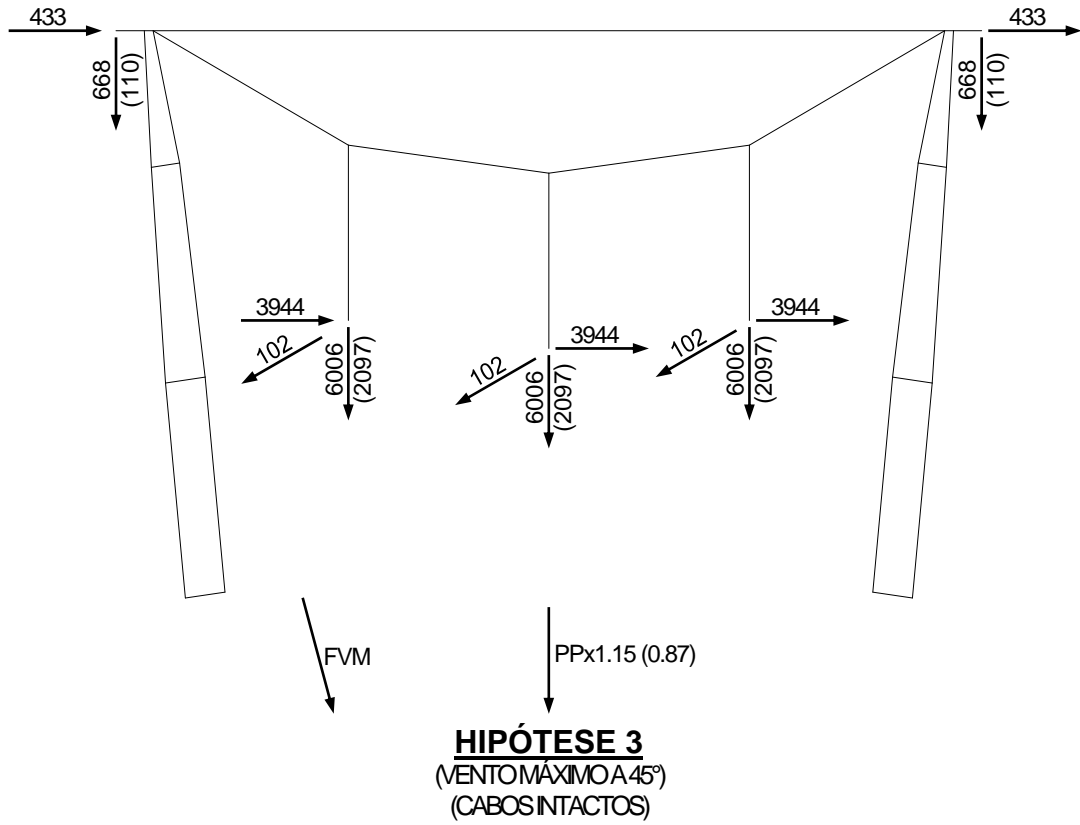
PPx1.0

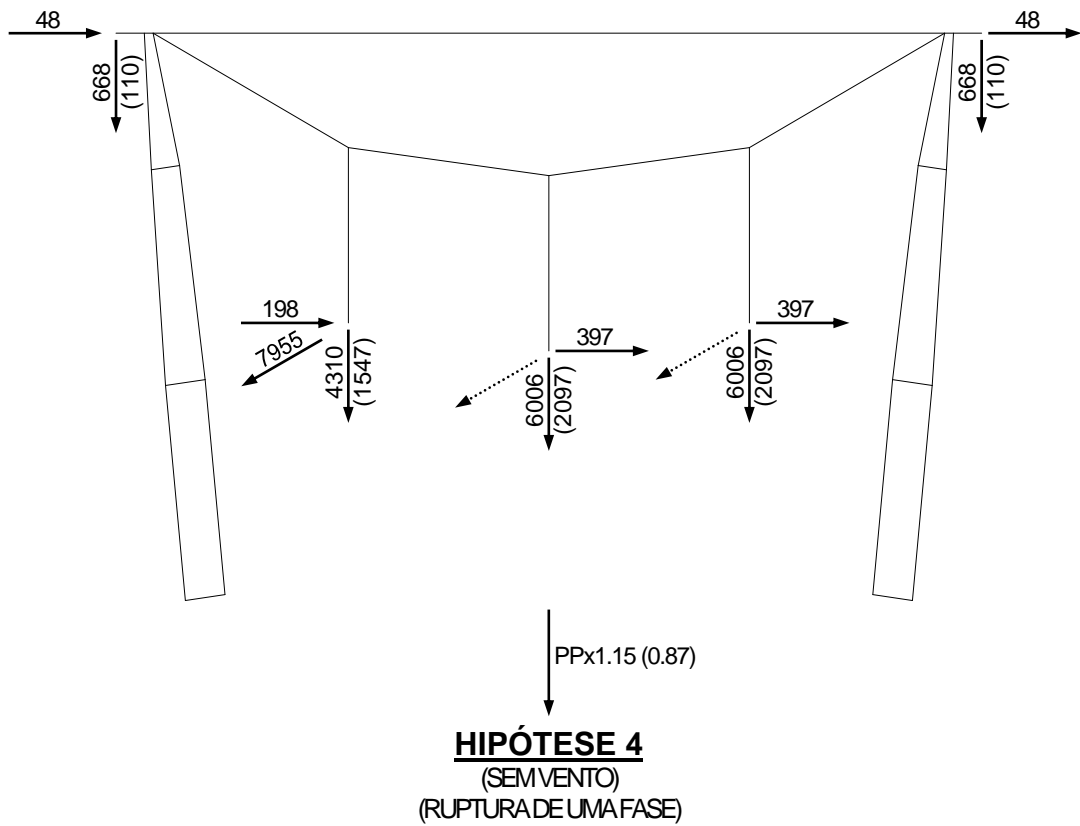
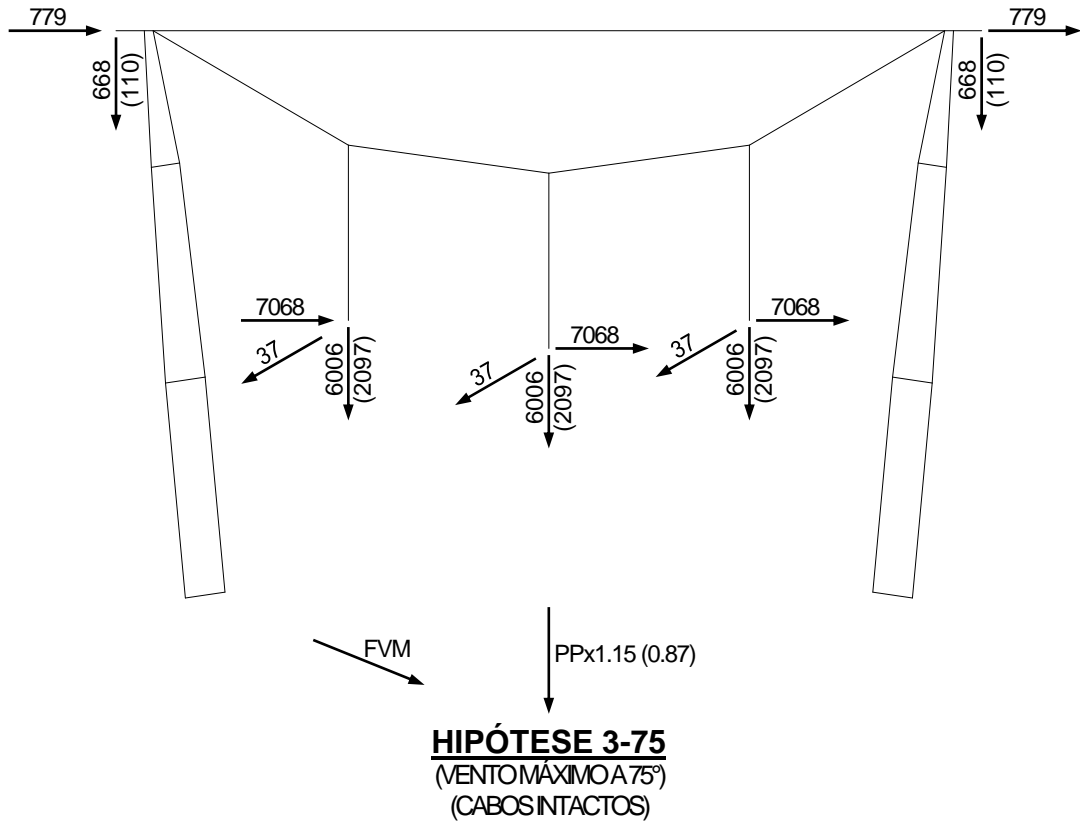
HIPÓTESE G2
(SEM VENTO)
(EDS ÂNGULO MÁXIMO)

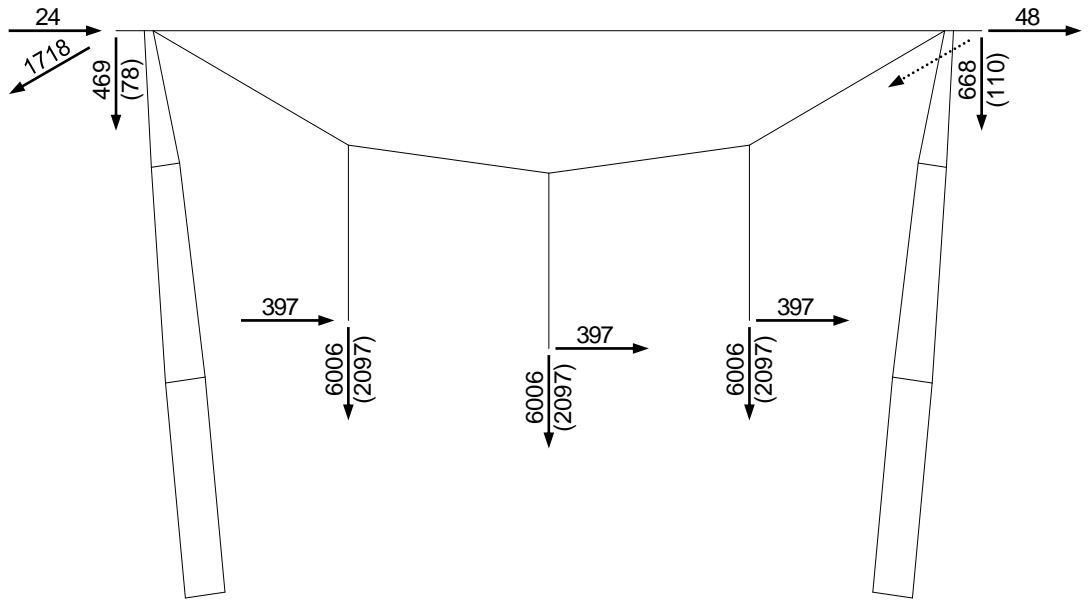


5.6.11.1.2 HIPÓTESES PARA DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL



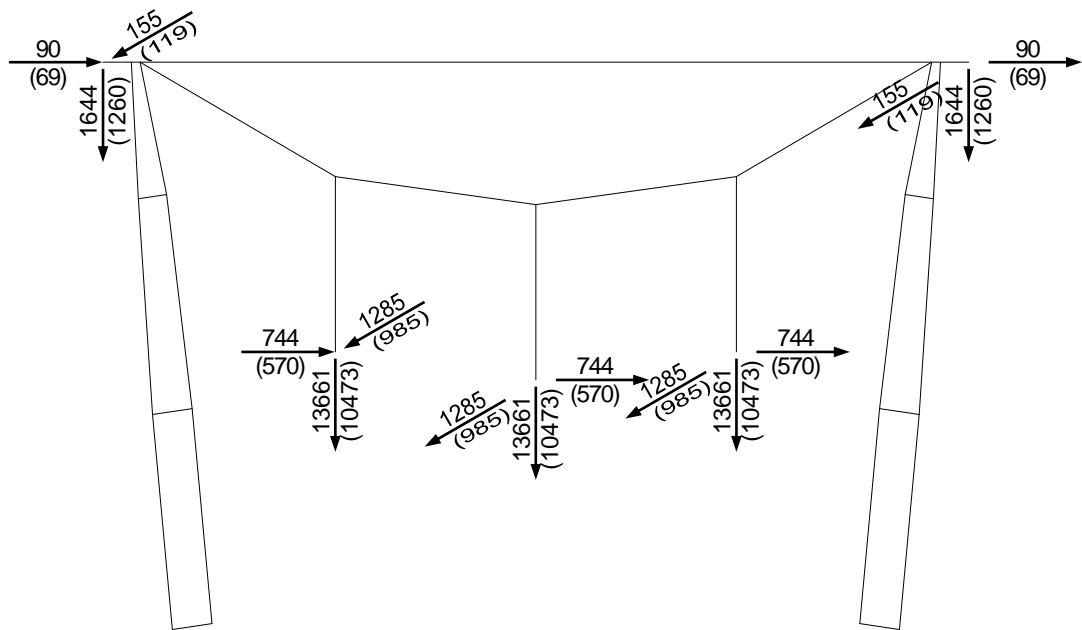






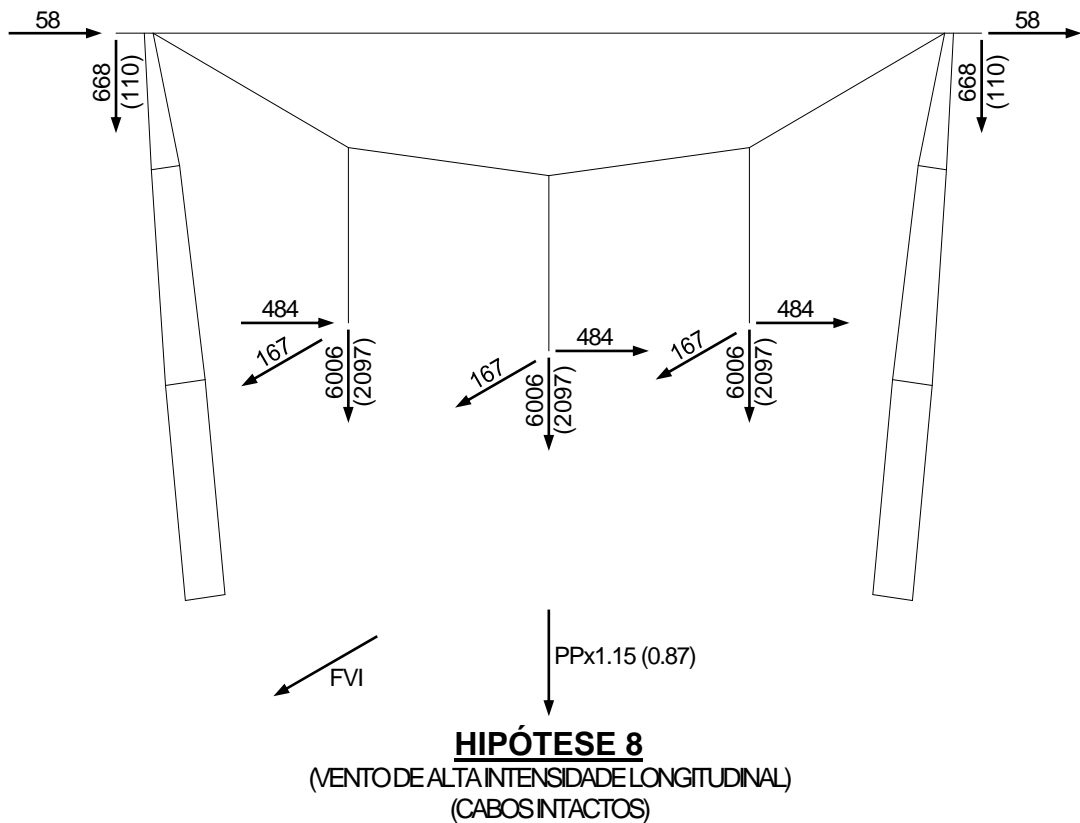
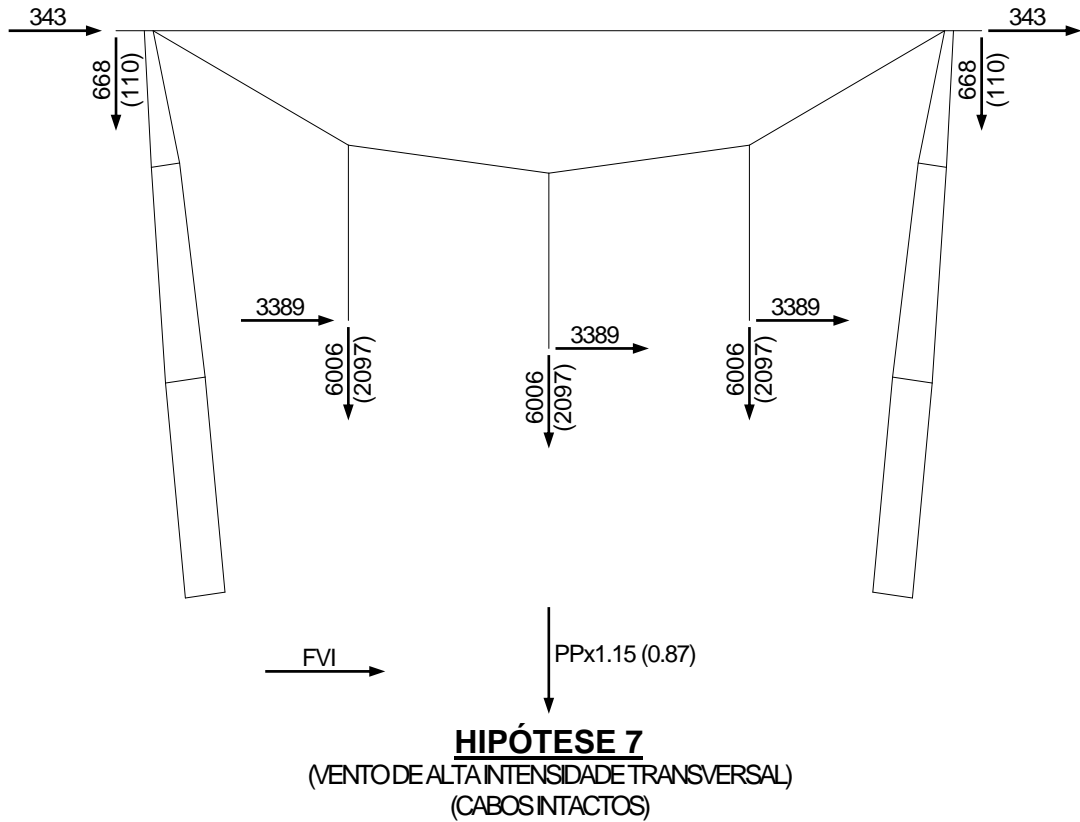
PPx1.15 (0.87)

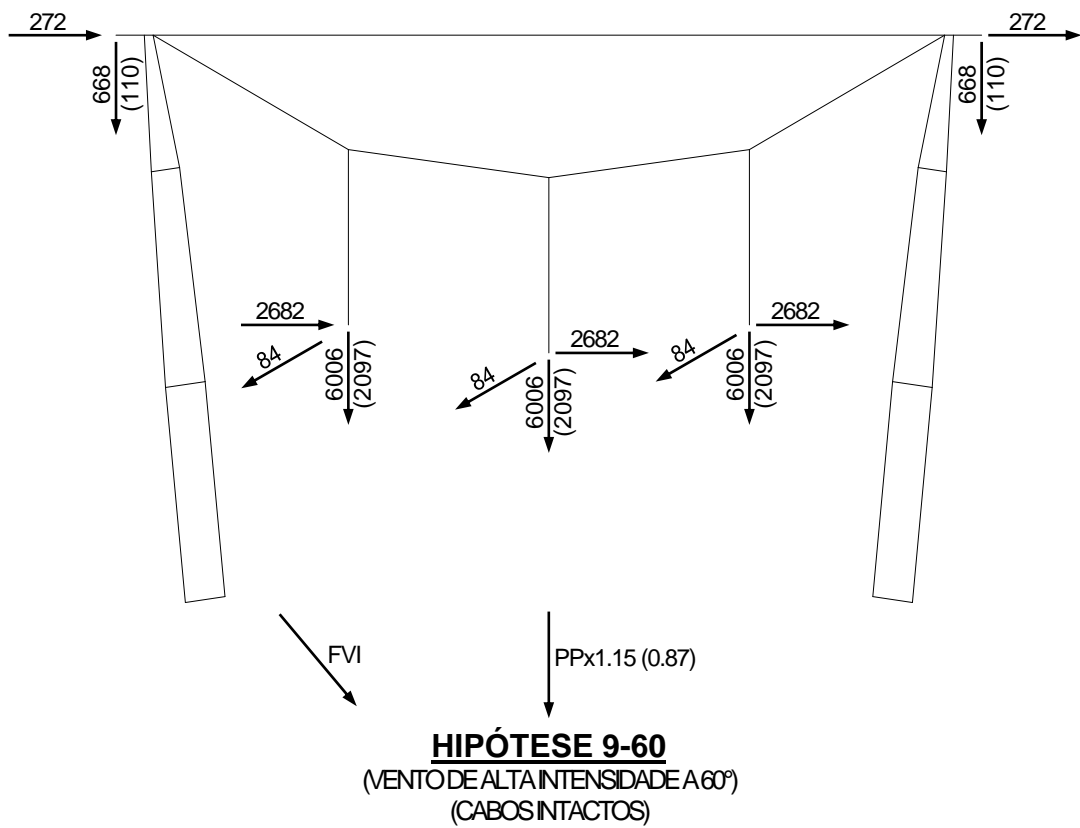
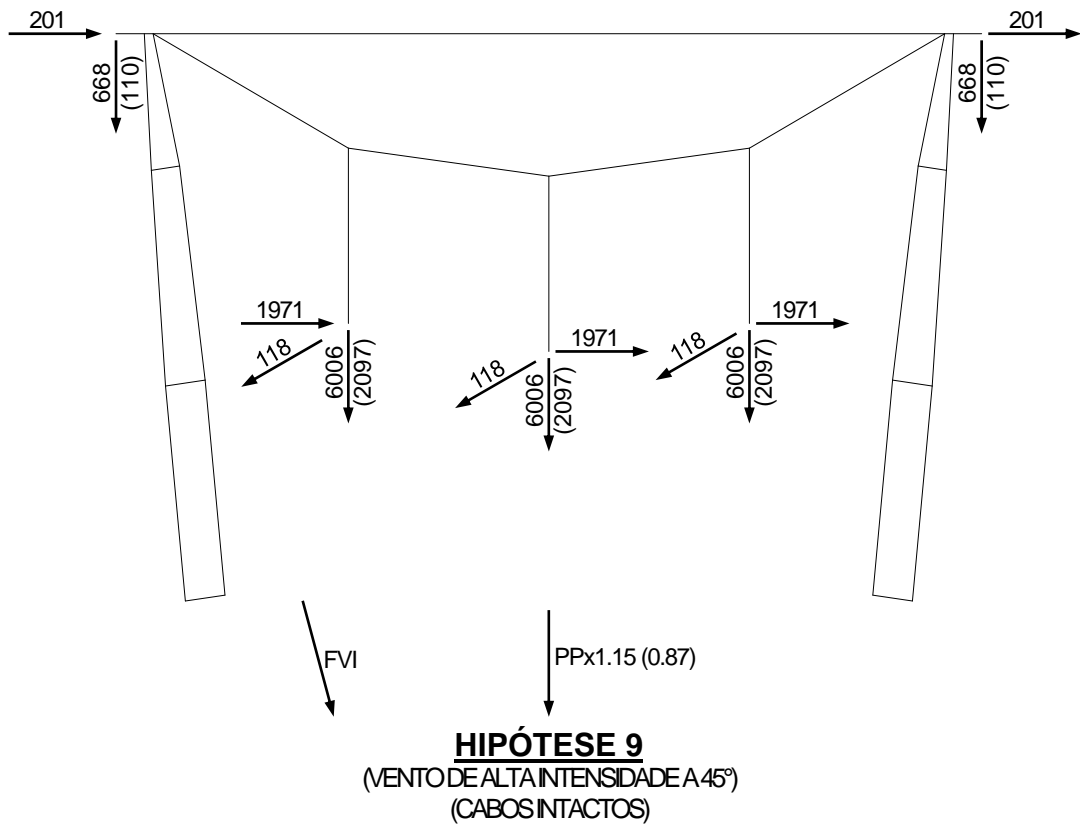
HIPÓTESE 5
(SEM VENTO)
(RUPTURA DE UM PÁRA-RAIOS)

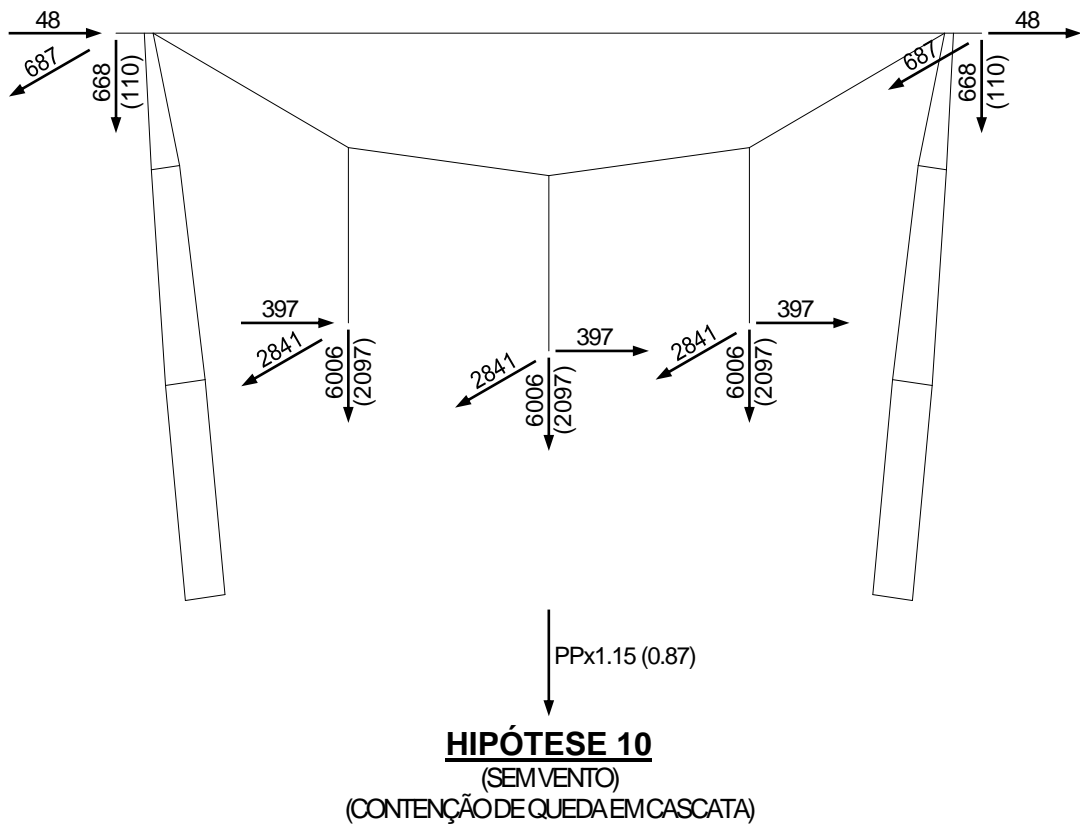
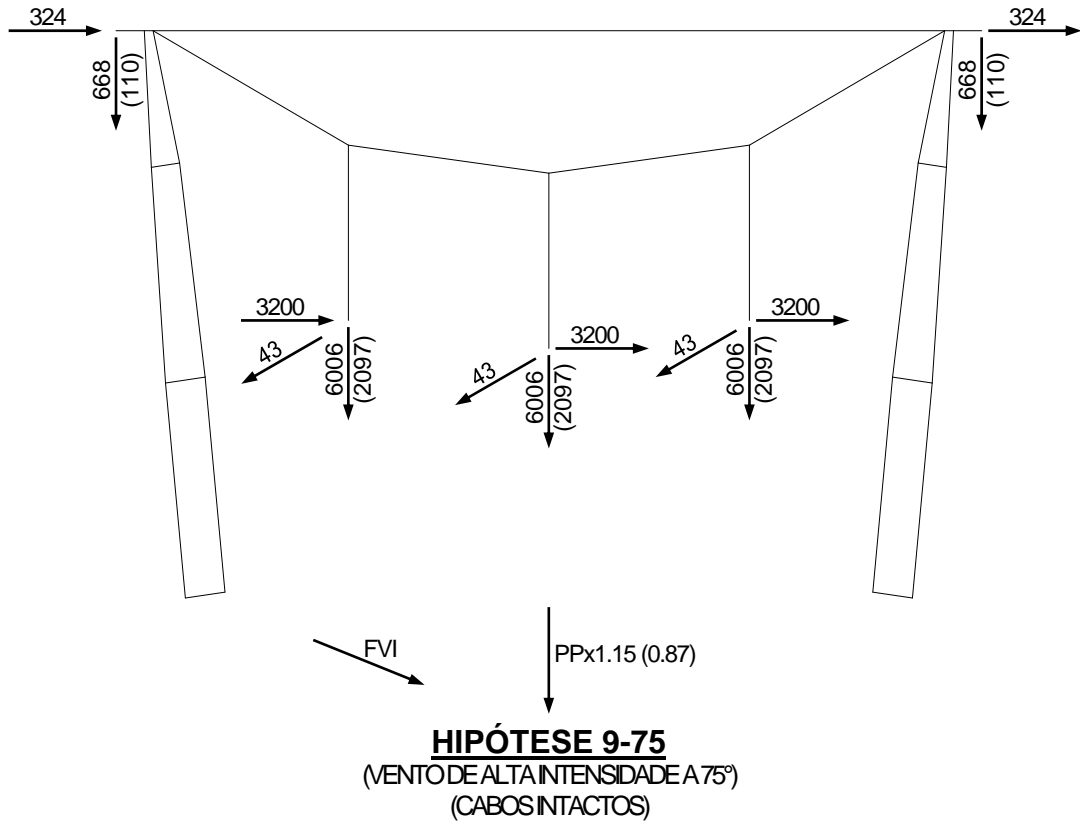


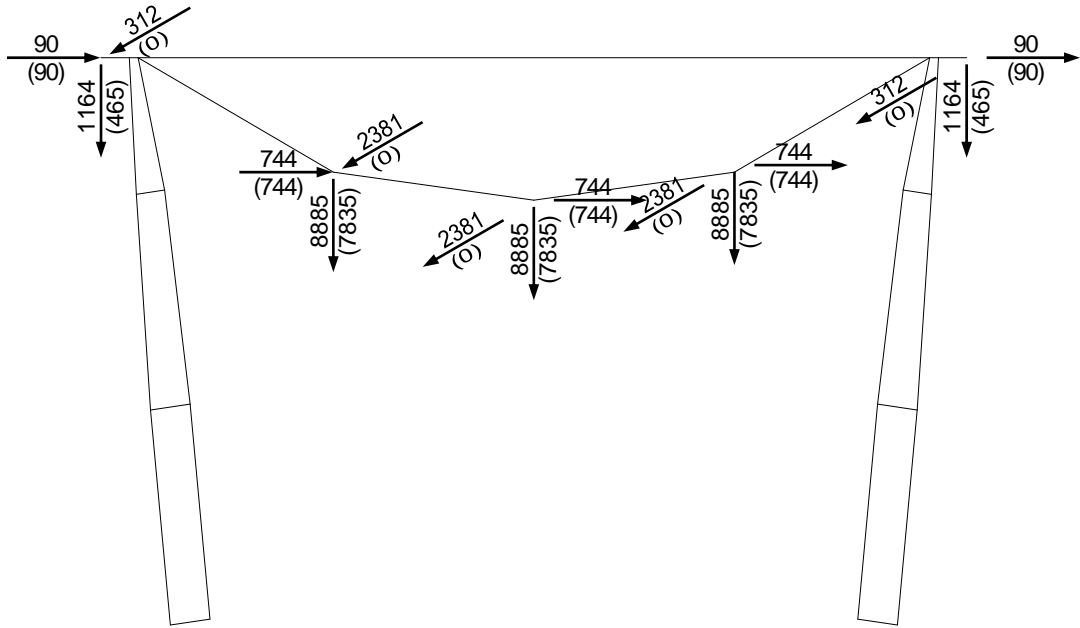
PPx1.15

HIPÓTESE 6
(SEM VENTO)
(CONSTRUÇÃO/MANUTENÇÃO)







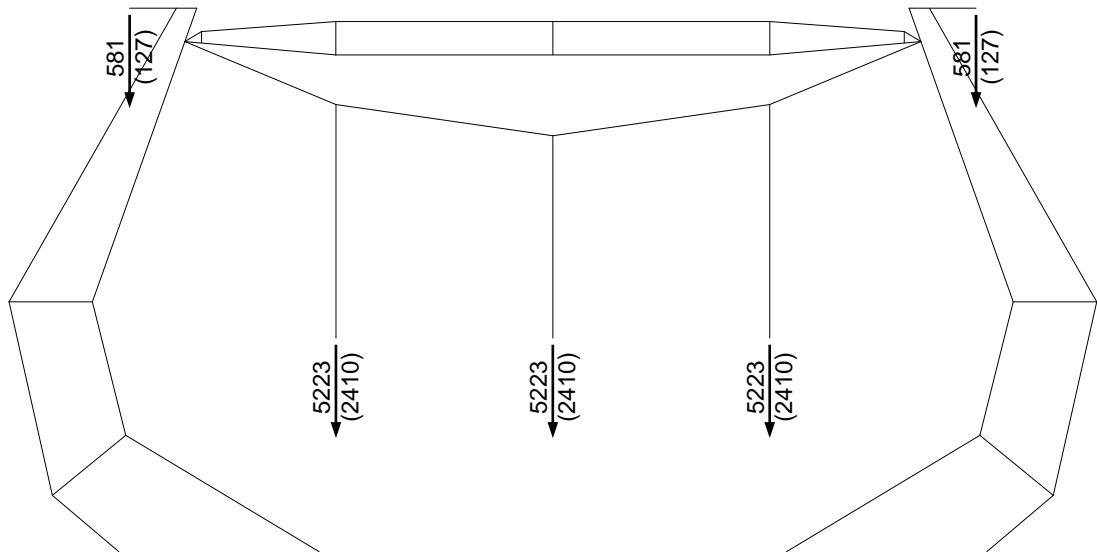


PPx1.5

HIPÓTESE 11
(SEM VENTO)
(GRAMPEAMENTO)

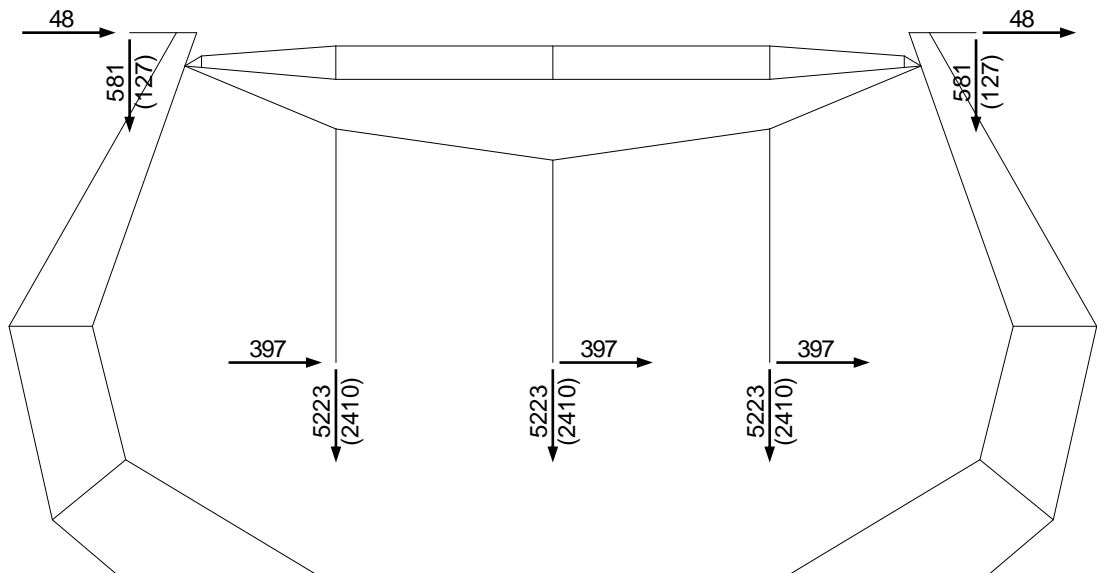
5.6.11.2 ESTRUTURA DE SUSPENSÃO TIPO V2SL

5.6.11.2.1 HIPÓTESES PARA VERIFICAÇÕES ELÉTRICAS E DE GEOMETRIA



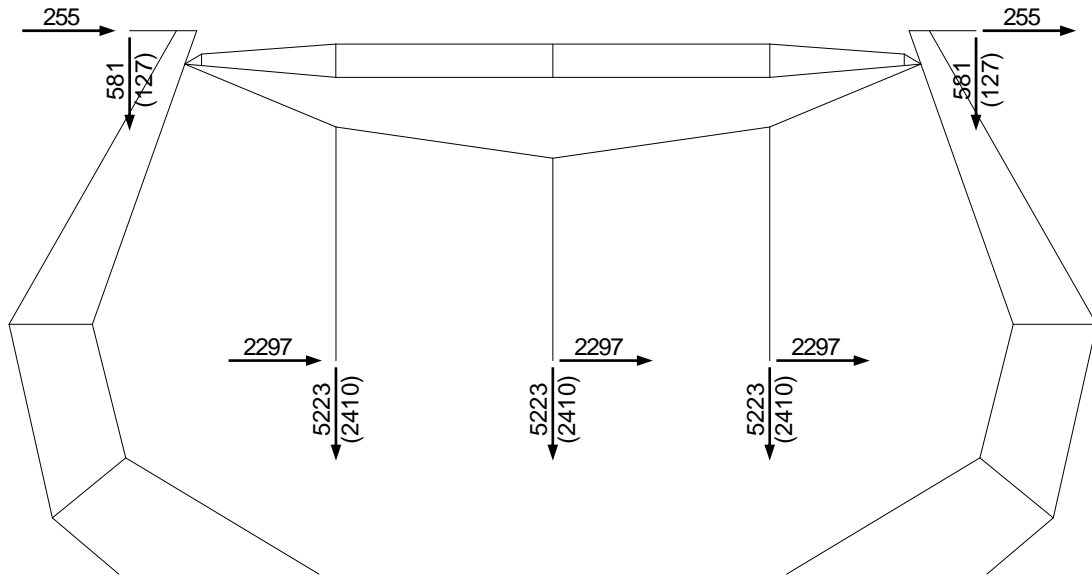
PPx1.0

HIPÓTESE G1
(SEM VENTO)
(EDS ALINHAMENTO)



PPx1.0

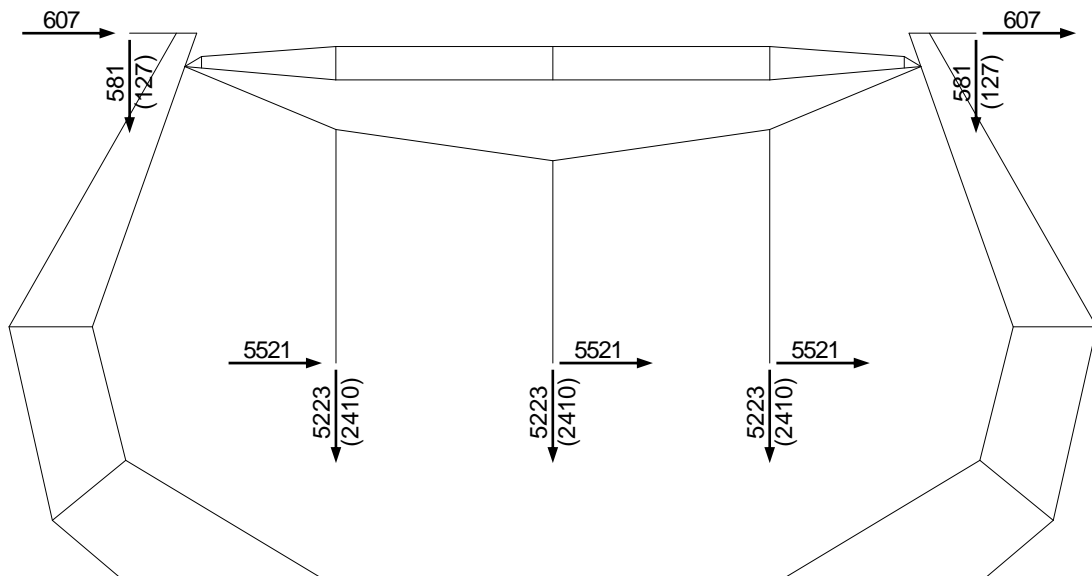
HIPÓTESE G2
(SEM VENTO)
(EDS ÂNGULO MÁXIMO)



$0.274 \times FVM$

PPx1.0

HIPÓTESE G3
(VENTO TRANSVERSAL T=2anos)
(CABOS INTACTOS)

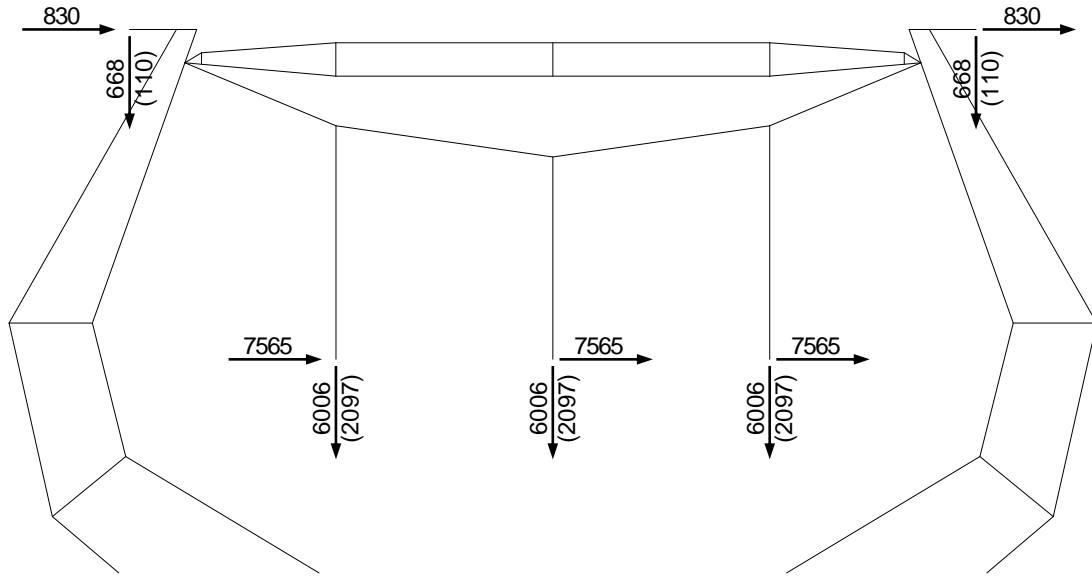


$0.721 \times FVM$

PPx1.0

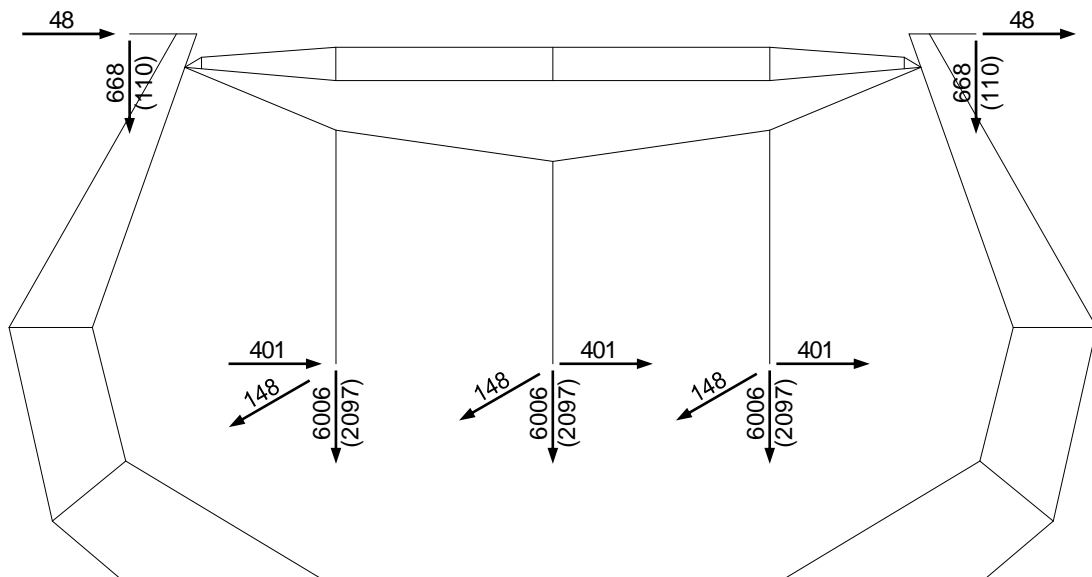
HIPÓTESE G4
(VENTO TRANSVERSAL T=50anos)
(CABOS INTACTOS)

5.6.11.2.2 HIPÓTESES PARA DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL



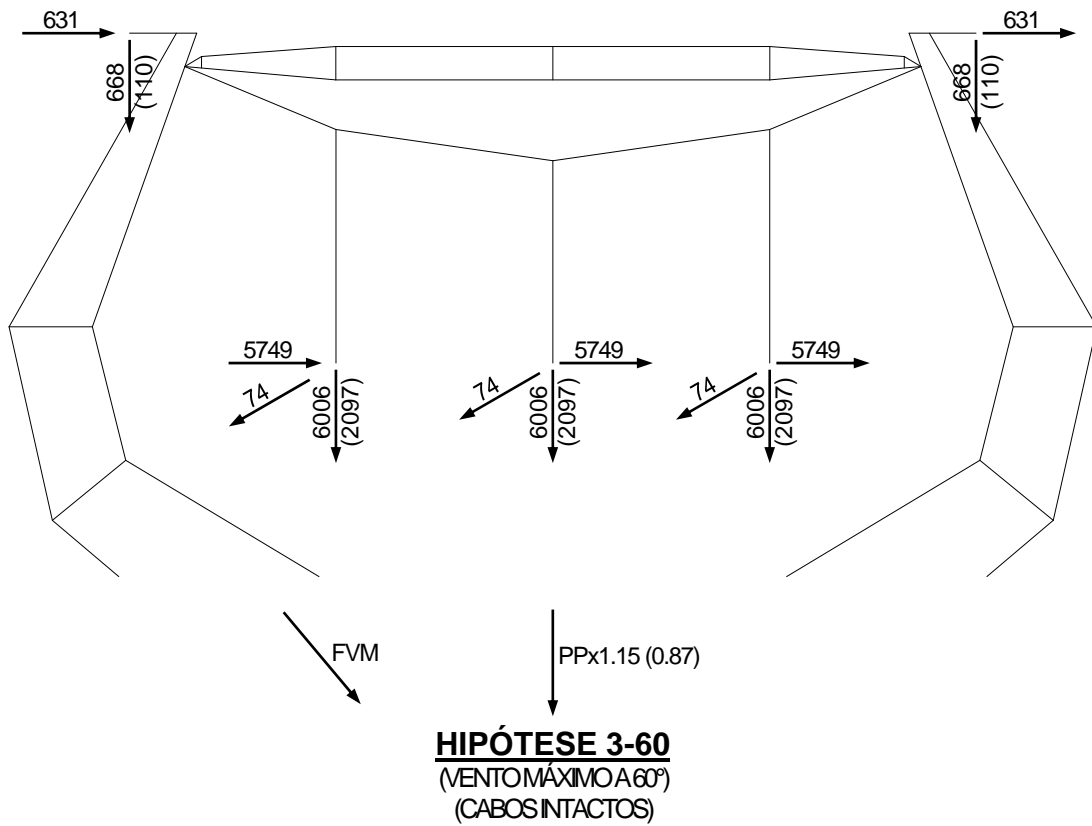
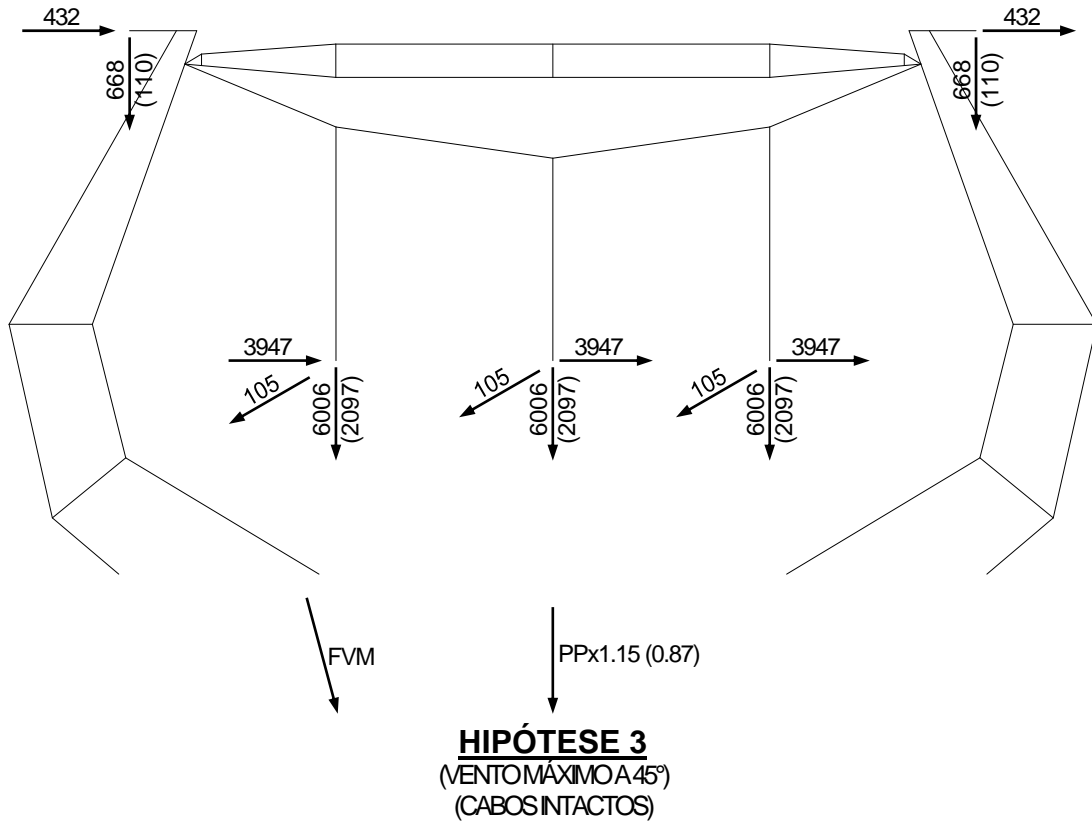
FVM → PPx1.15 (0.87)

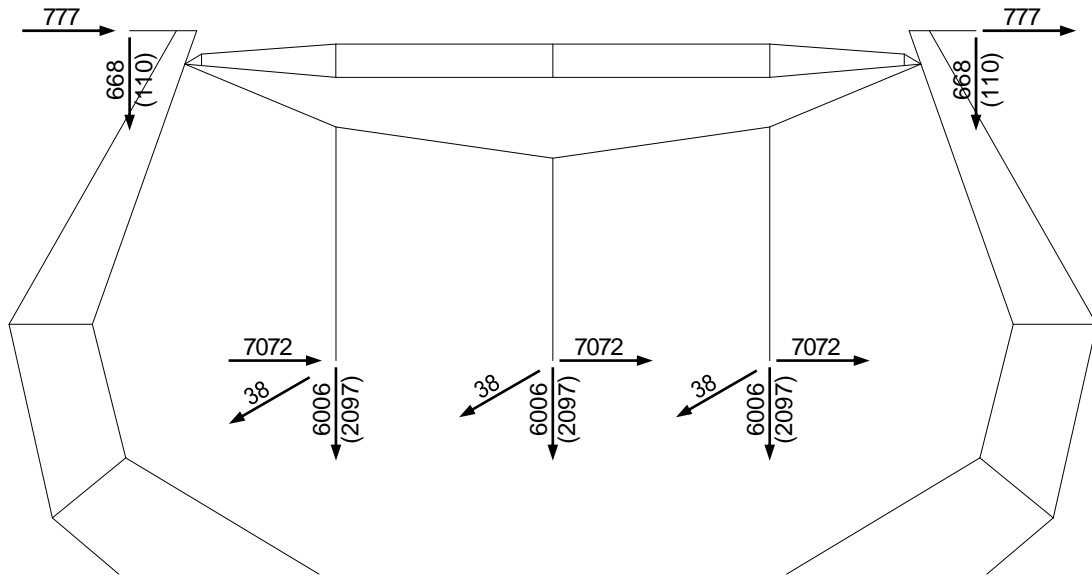
HIPÓTESE 1
(VENTO MÁXIMO TRANSVERSAL)
(CABOS INTACTOS)



FVM → PPx1.15 (0.87)

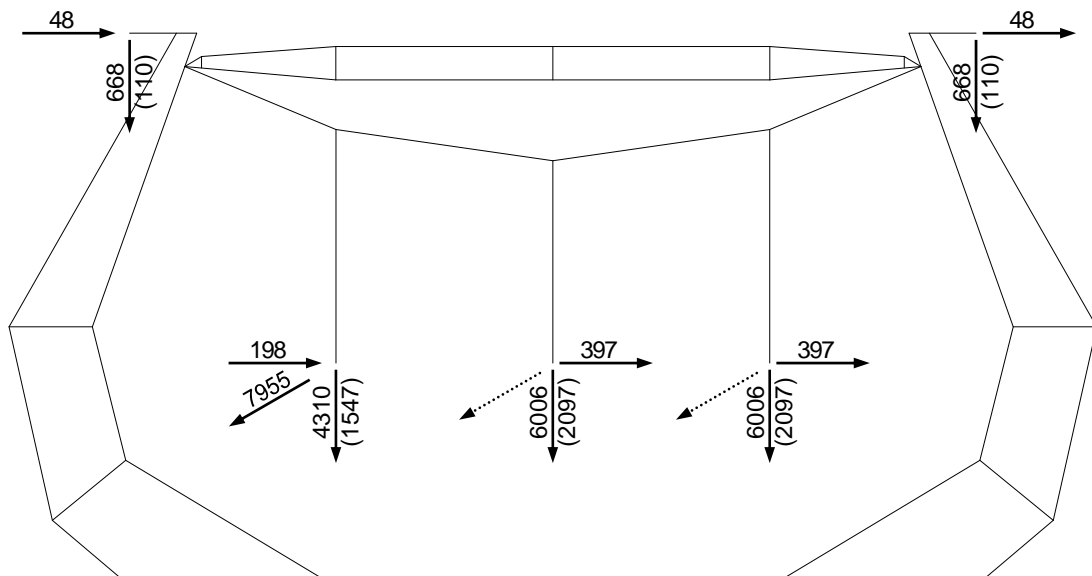
HIPÓTESE 2
(VENTO MÁXIMO LONGITUDINAL)
(CABOS INTACTOS)





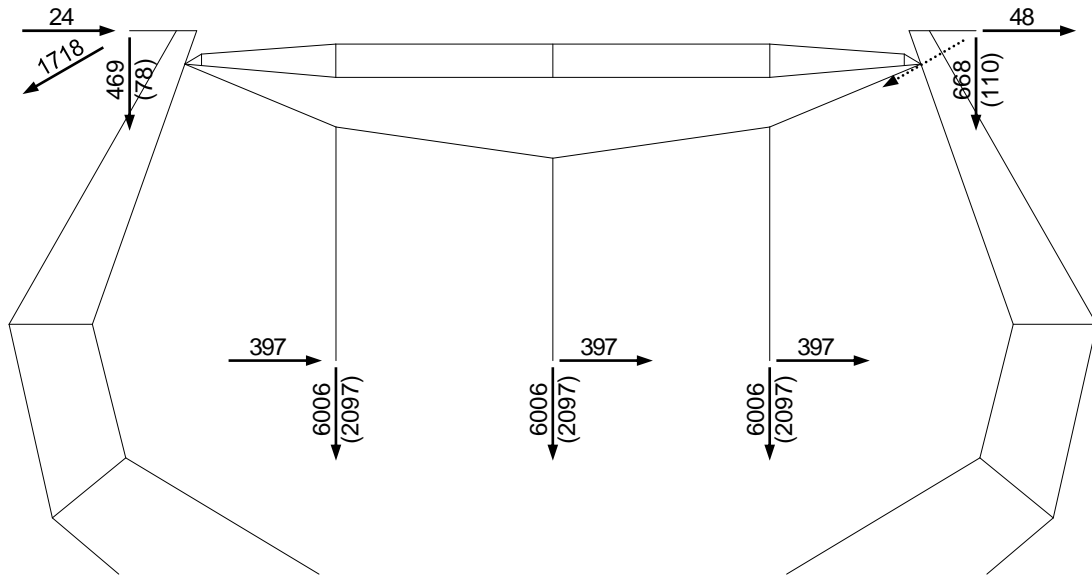
FVM
PPx1.15 (0.87)

HIPÓTESE 3-75
(VENTO MÁXIMO A 75°)
(CABOS INTACTOS)



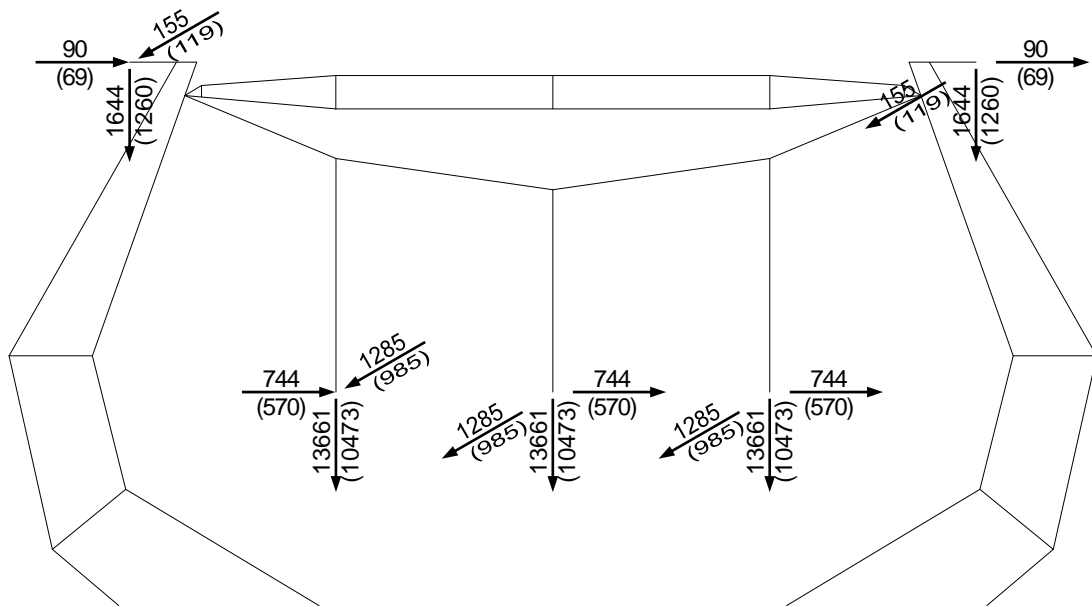
PPx1.15 (0.87)

HIPÓTESE 4
(SEM VENTO)
(RUPTURA DE UMA FASE)



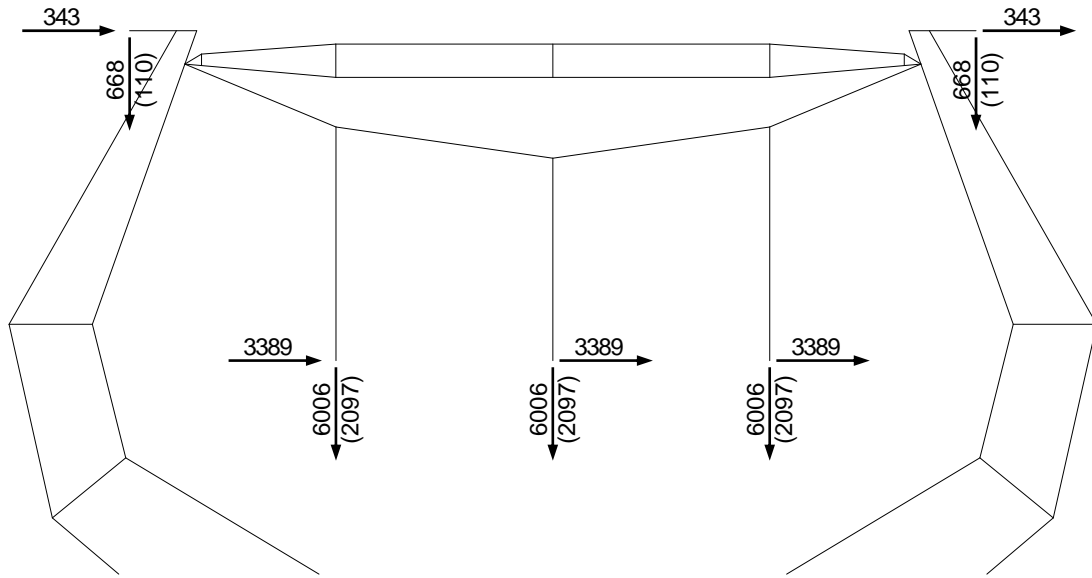
PPx1.15 (0.87)

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



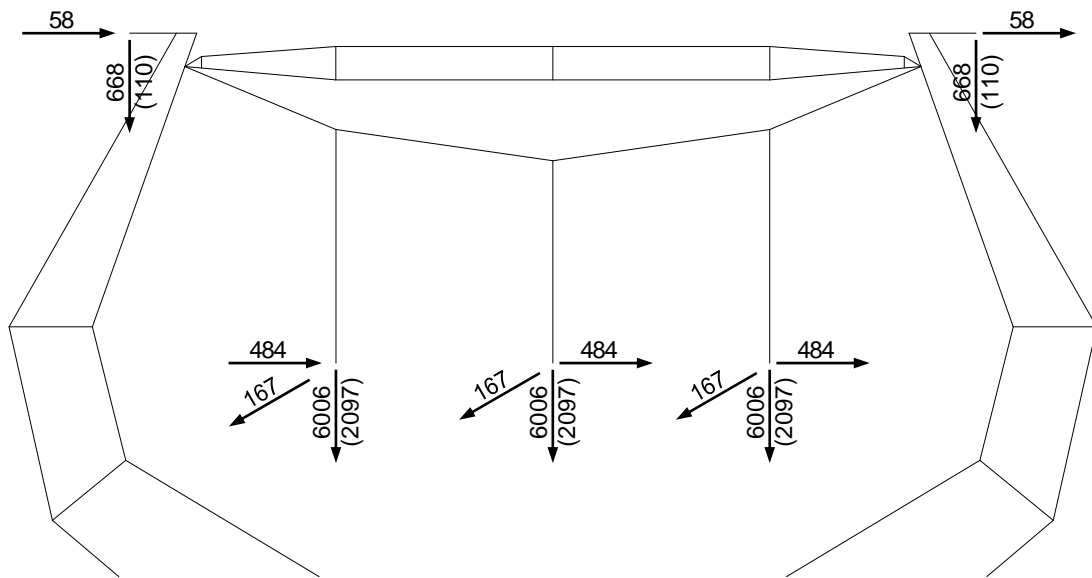
PPx1.15

HIPÓTESE 6
(SEM VENTO)
(CONSTRUÇÃO/MANUTENÇÃO)



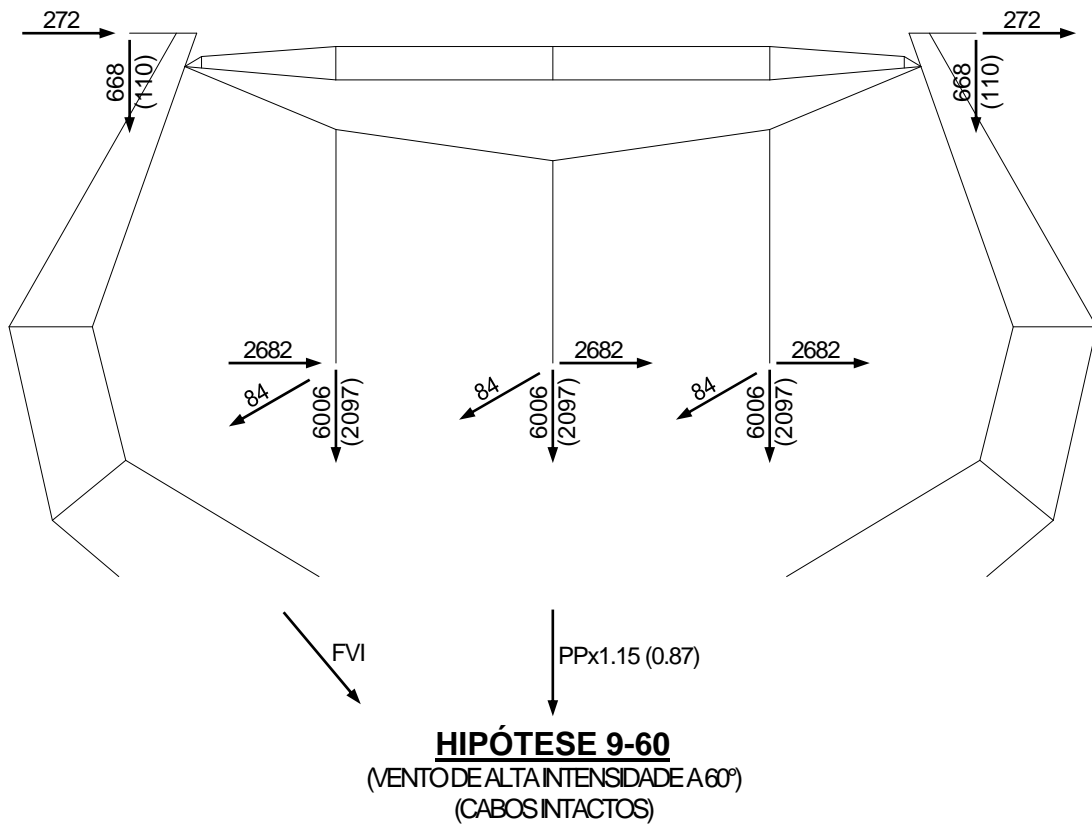
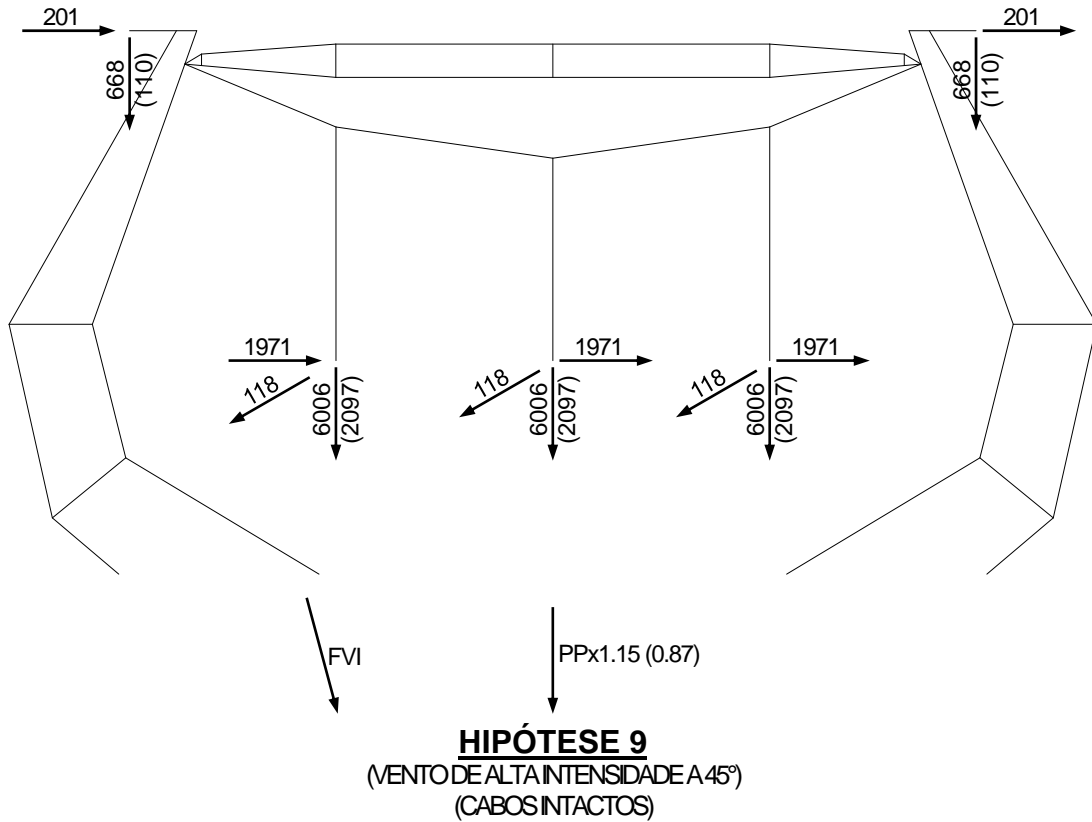
FVI → PPx1.15 (0.87)

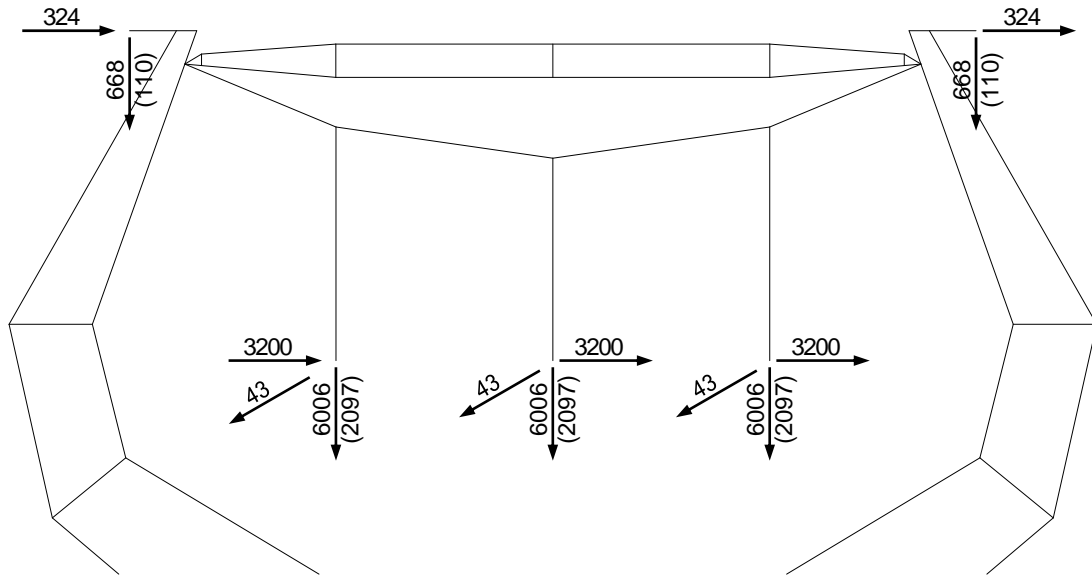
HIPÓTESE 7
(VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL)
(CABOS INTACTOS)



FVI ↙ PPx1.15 (0.87)

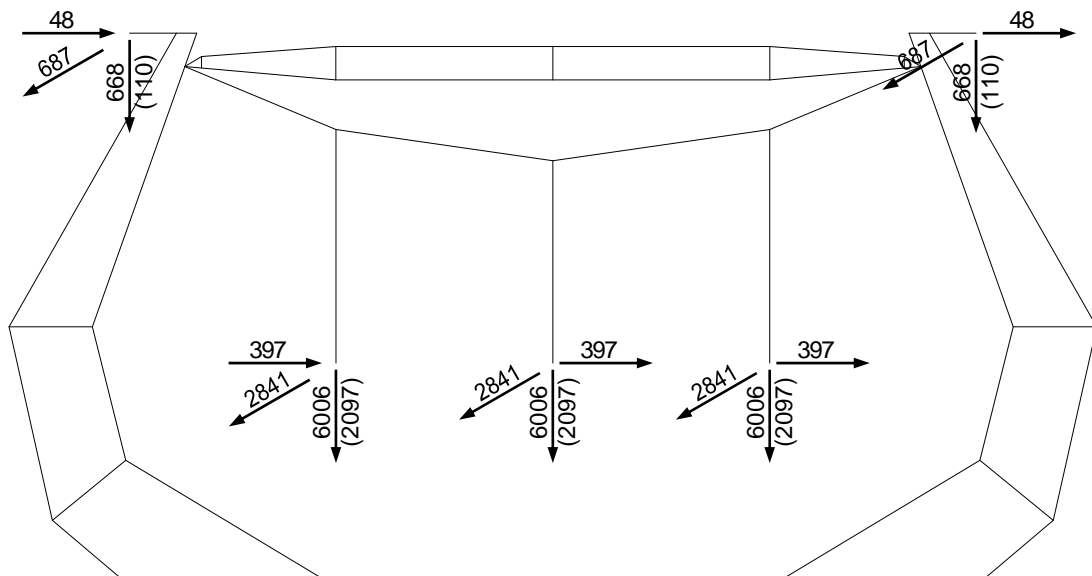
HIPÓTESE 8
(VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL)
(CABOS INTACTOS)





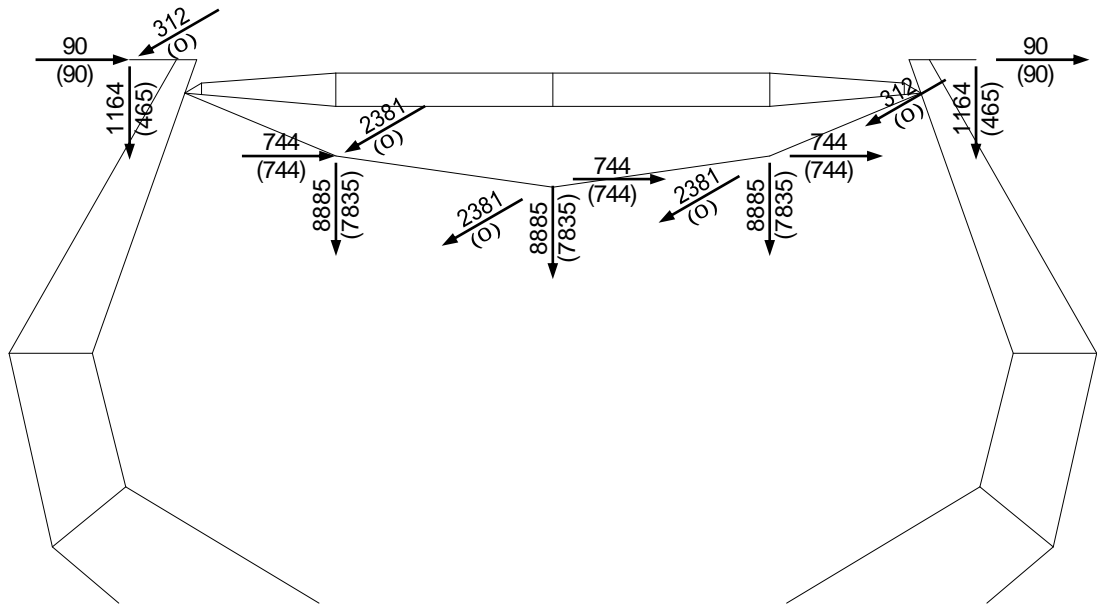
FVI
PPx1.15 (0.87)

HIPÓTESE 9-75
(VENTO DE ALTA INTENSIDADE A 75°)
(CABOS INTACTOS)



PPx1.15 (0.87)

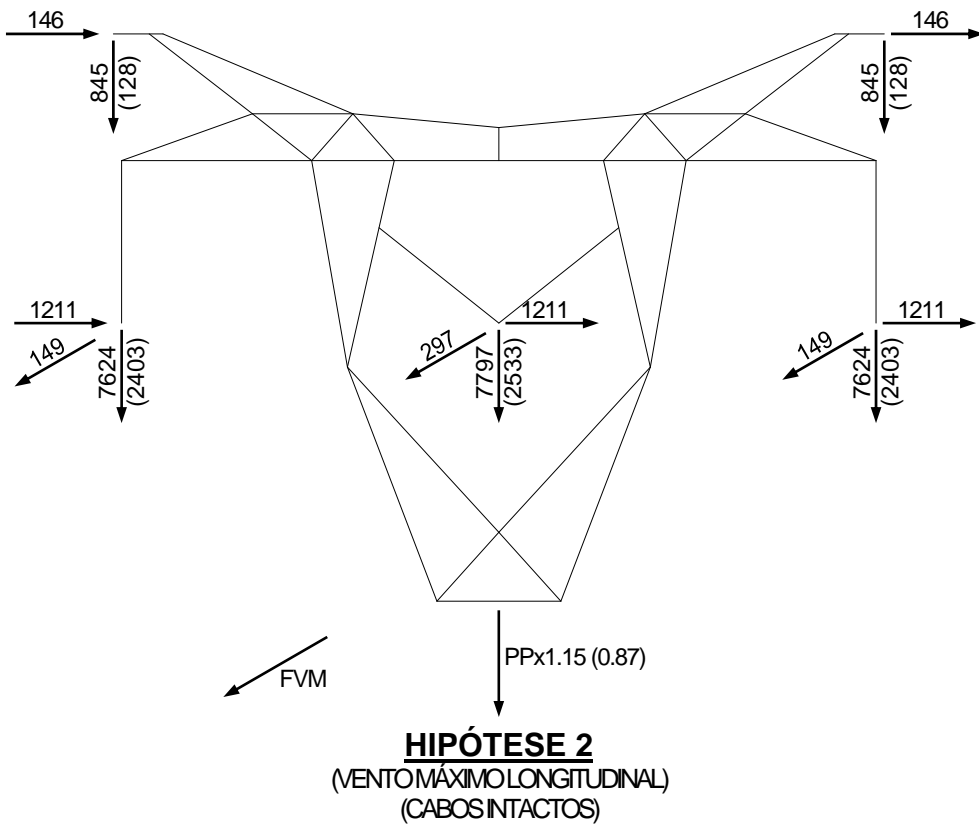
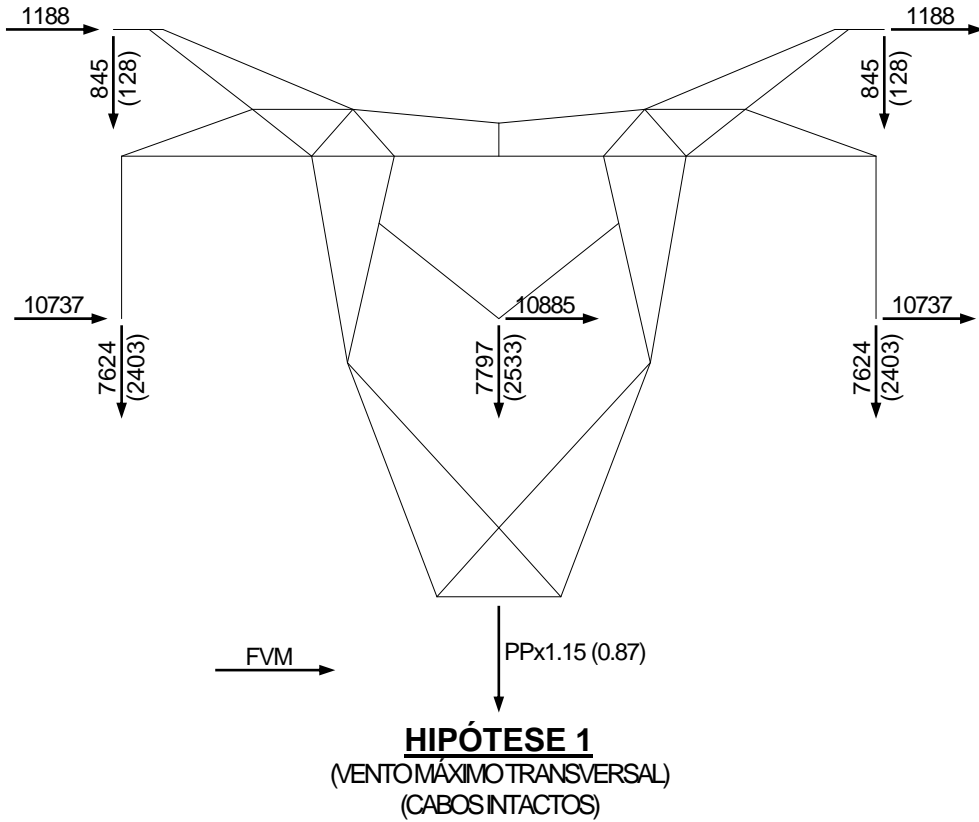
HIPÓTESE 10
(SEM VENTO)
(CONTENÇÃO DE QUEDA EM CASCATA)

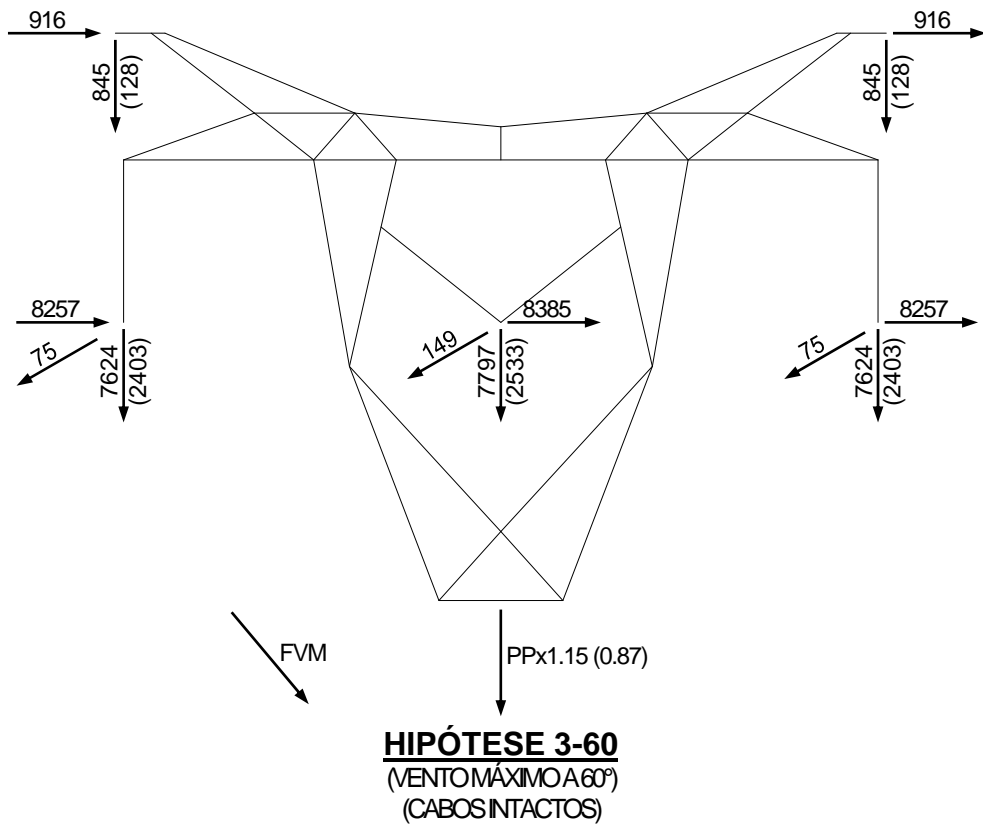
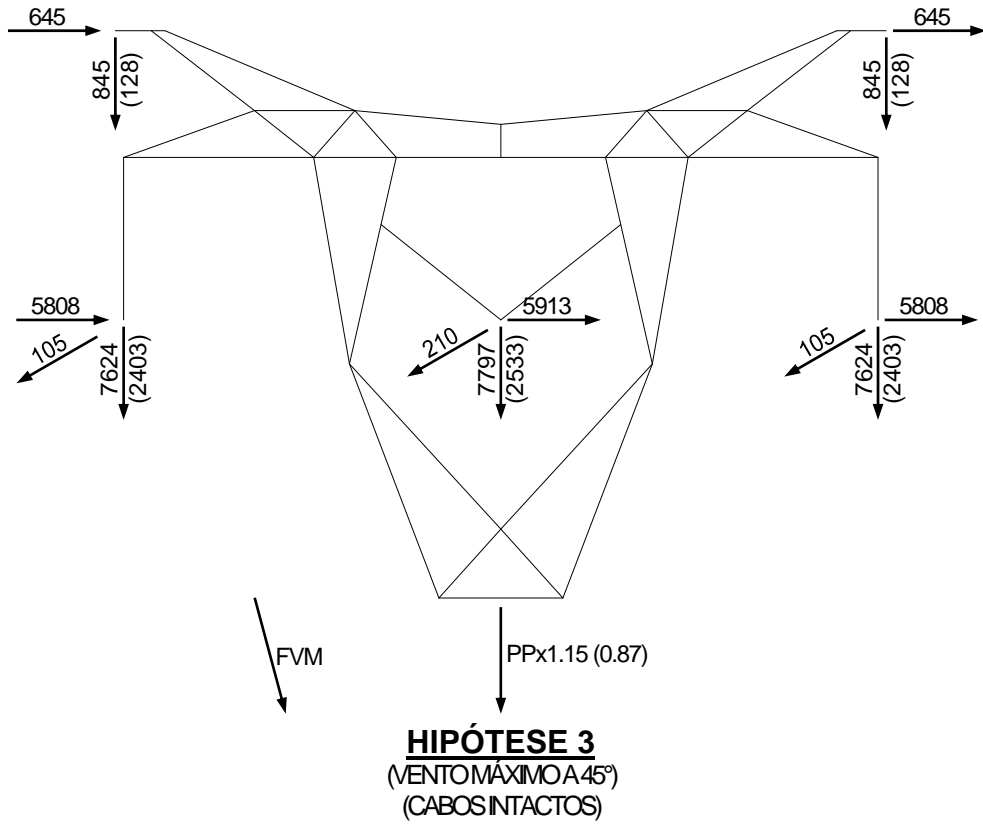


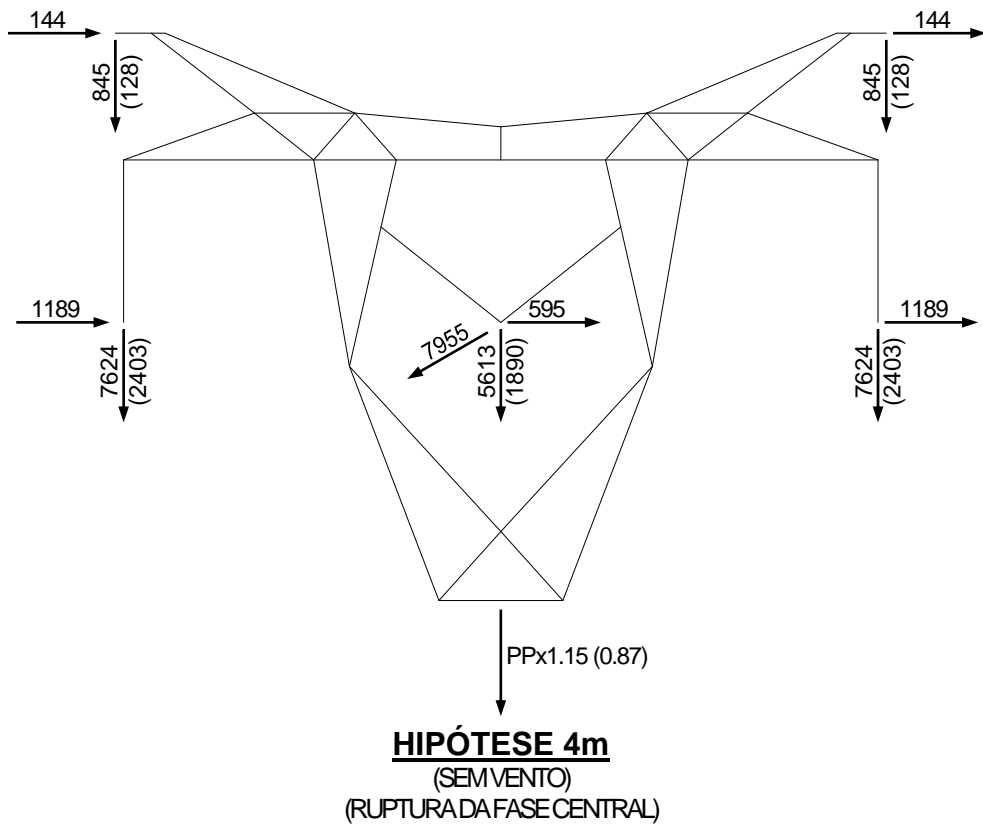
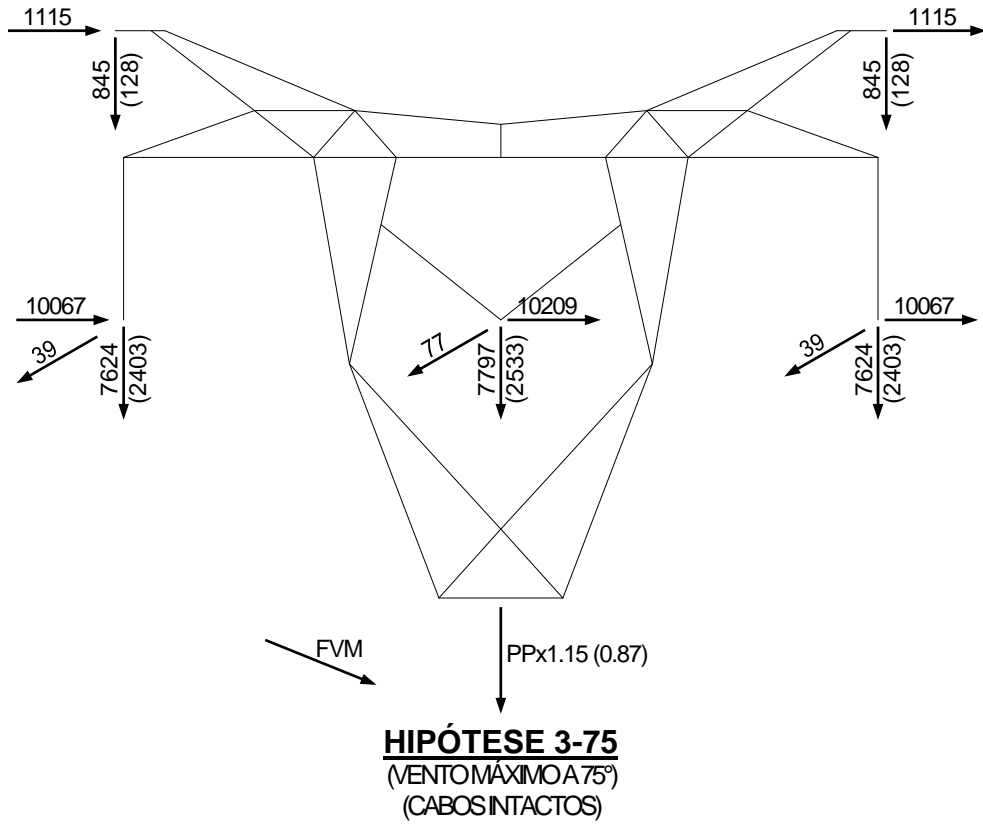
PPx1.5

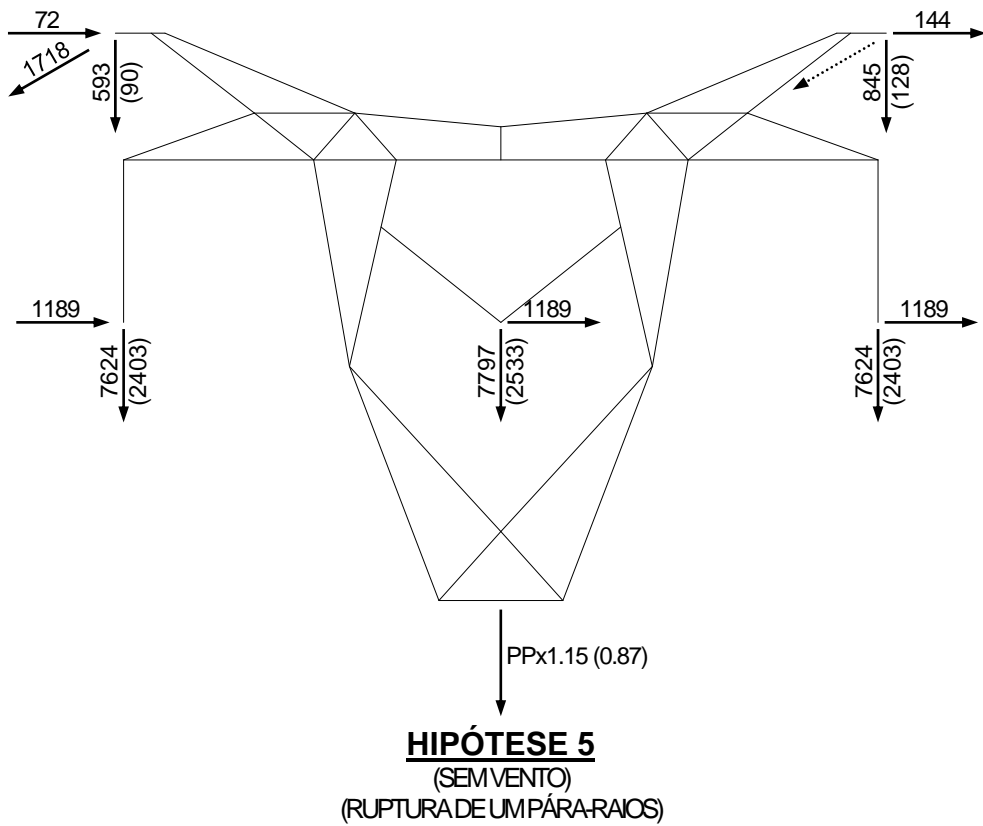
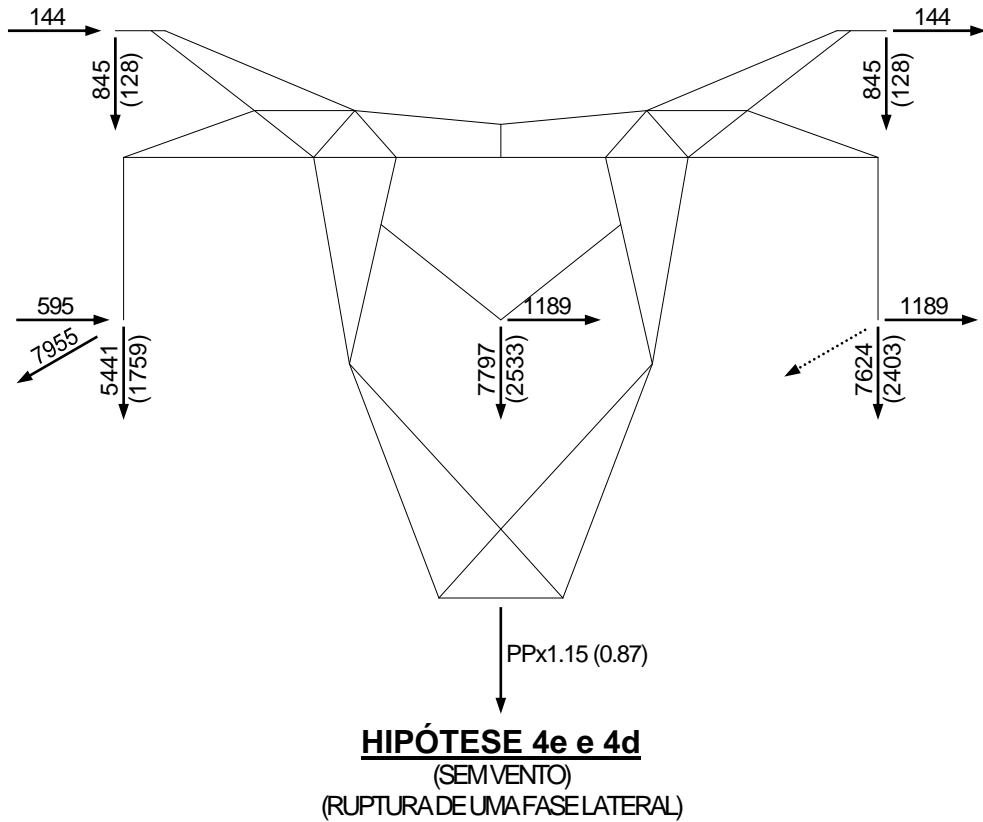
HIPÓTESE 11
(SEM VENTO)
(GRAMPEAMENTO)

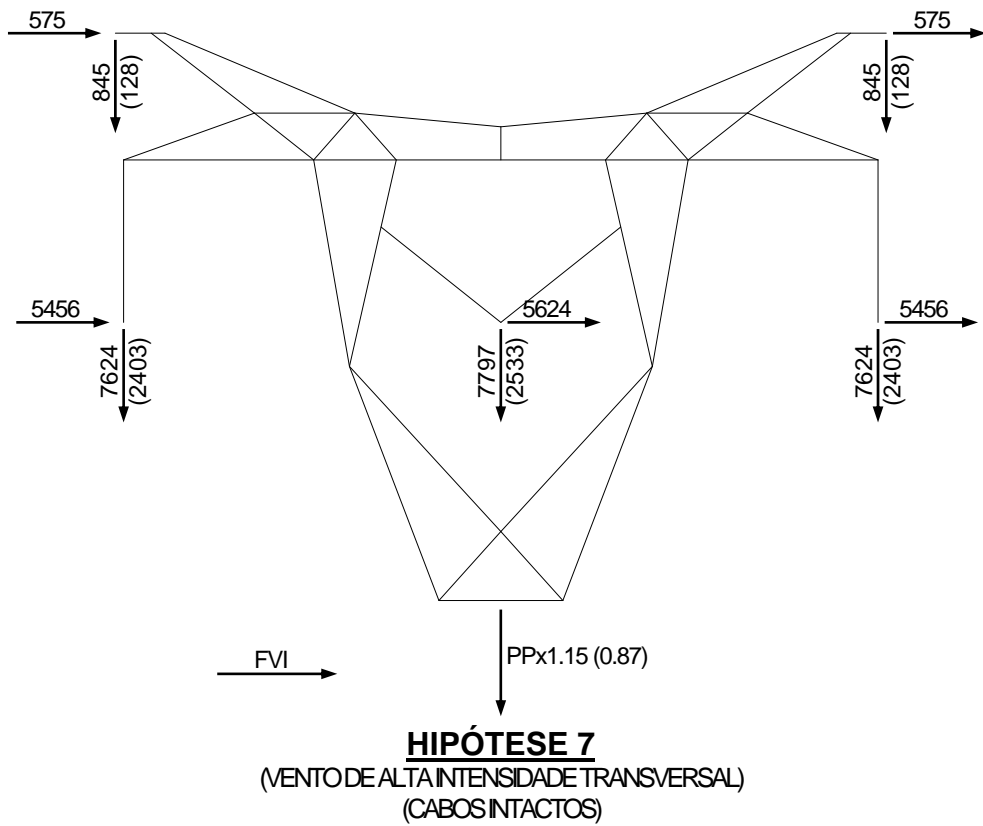
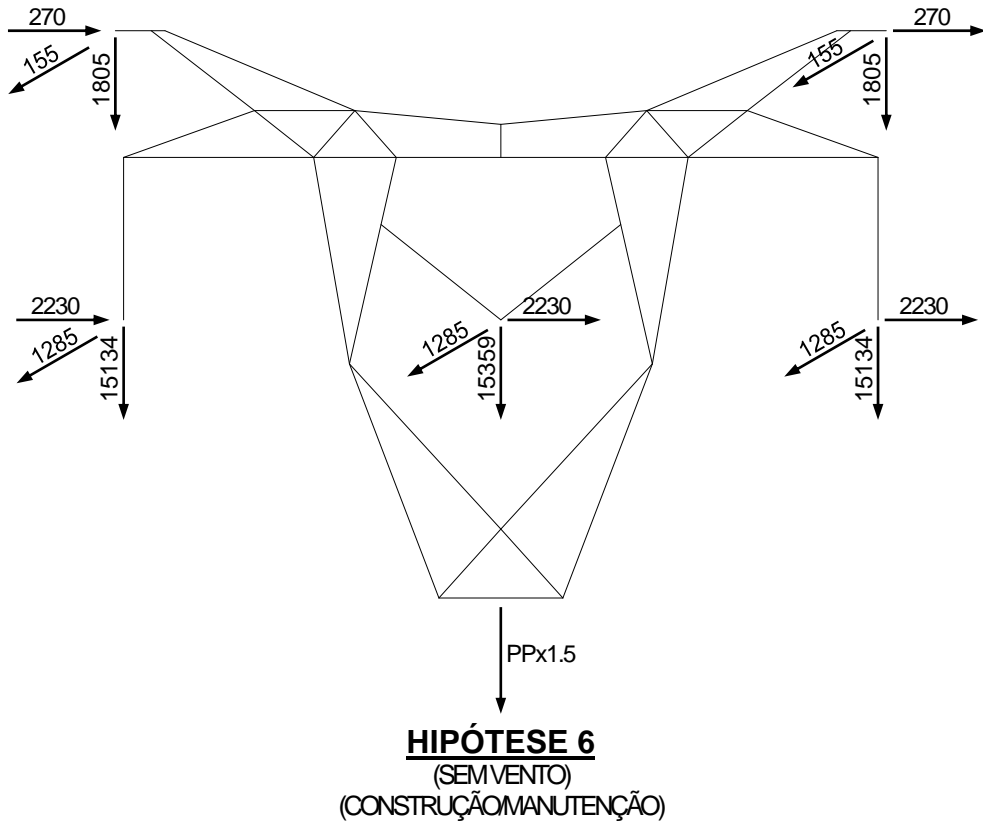
5.6.11.3 ESTRUTURA DE SUSPENSÃO TIPO V2SP

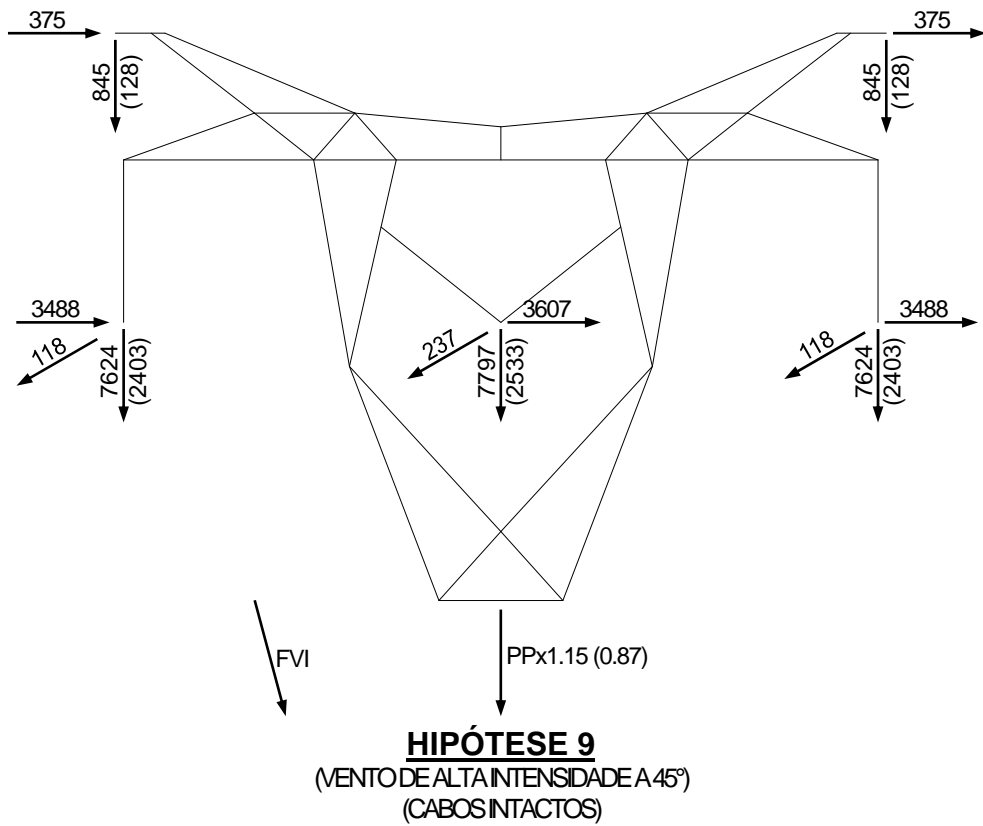
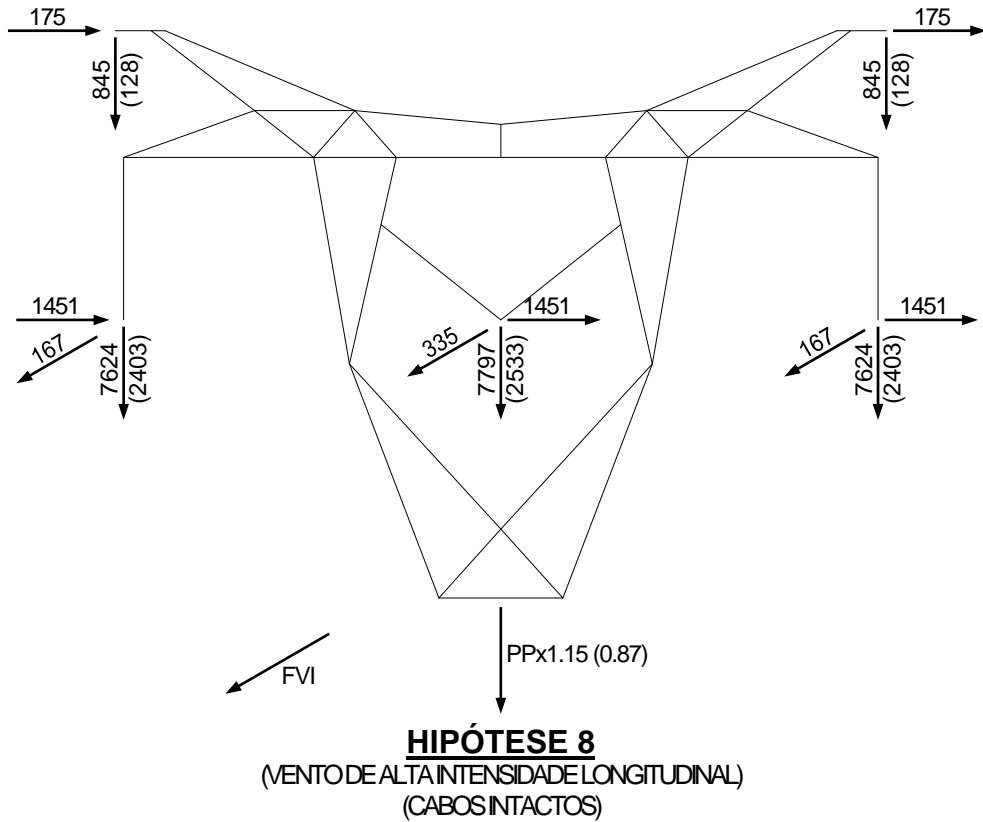


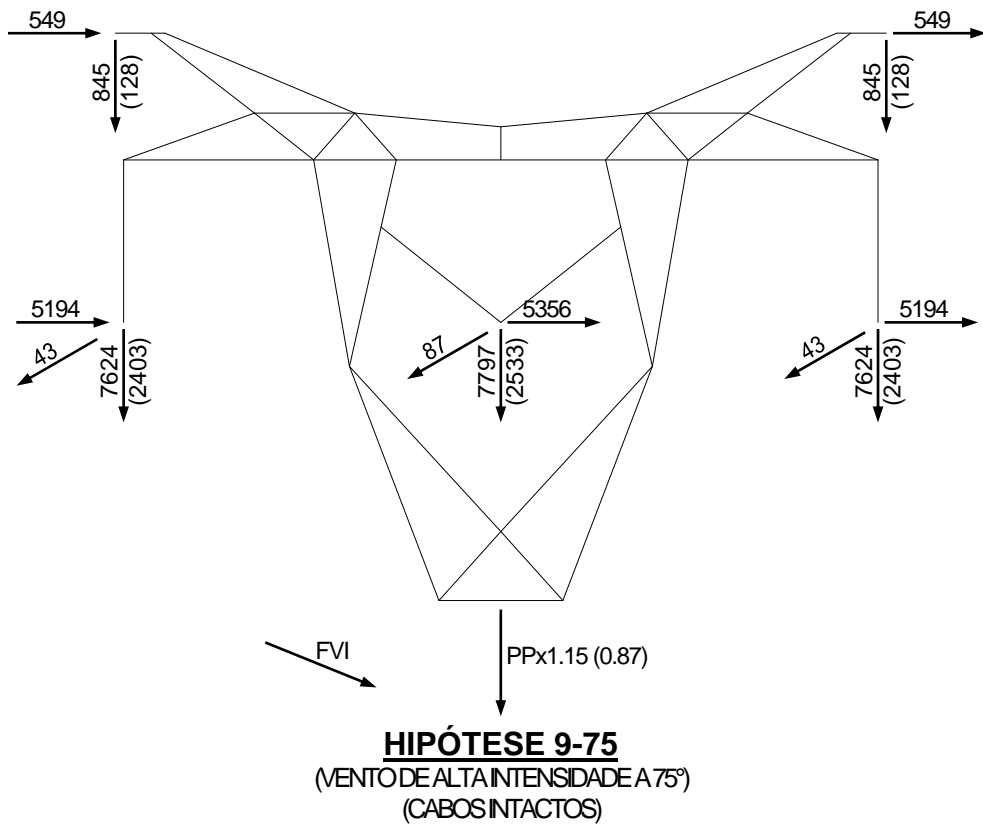
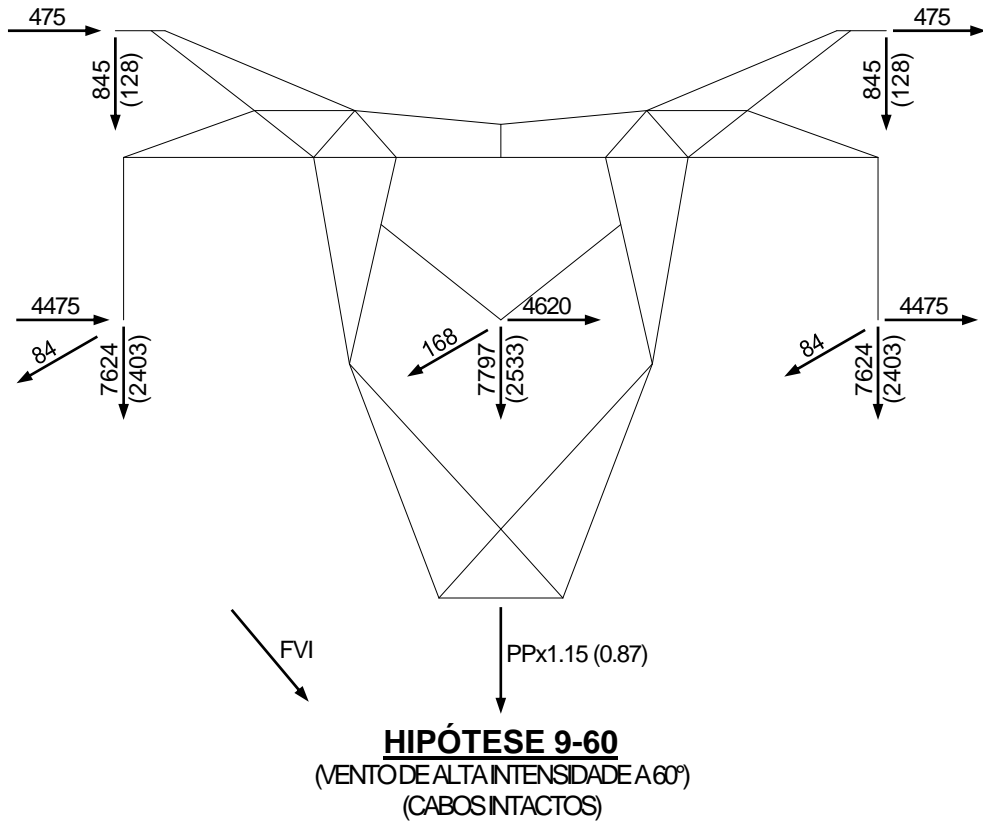


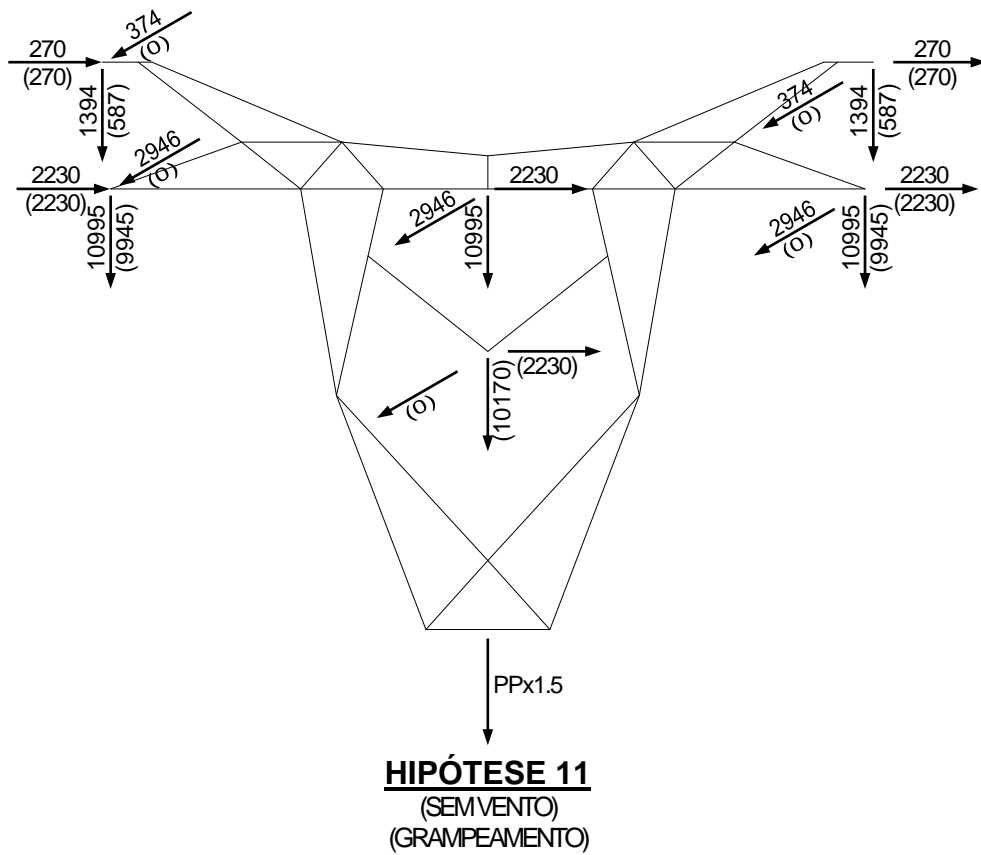
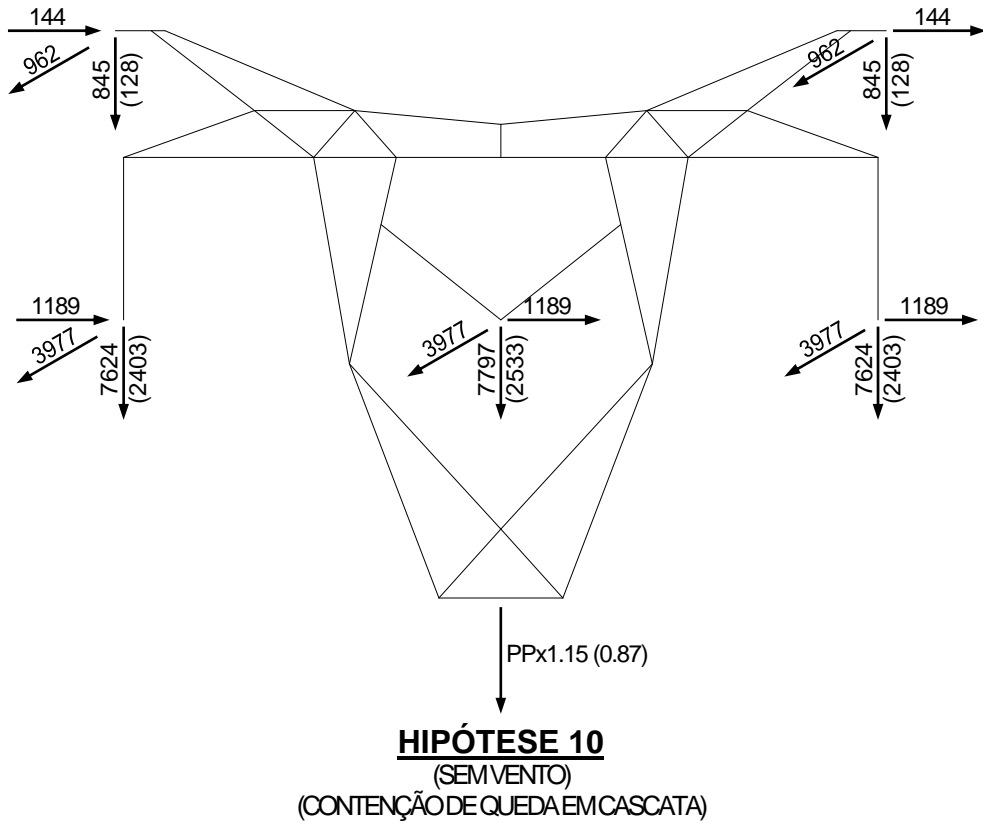




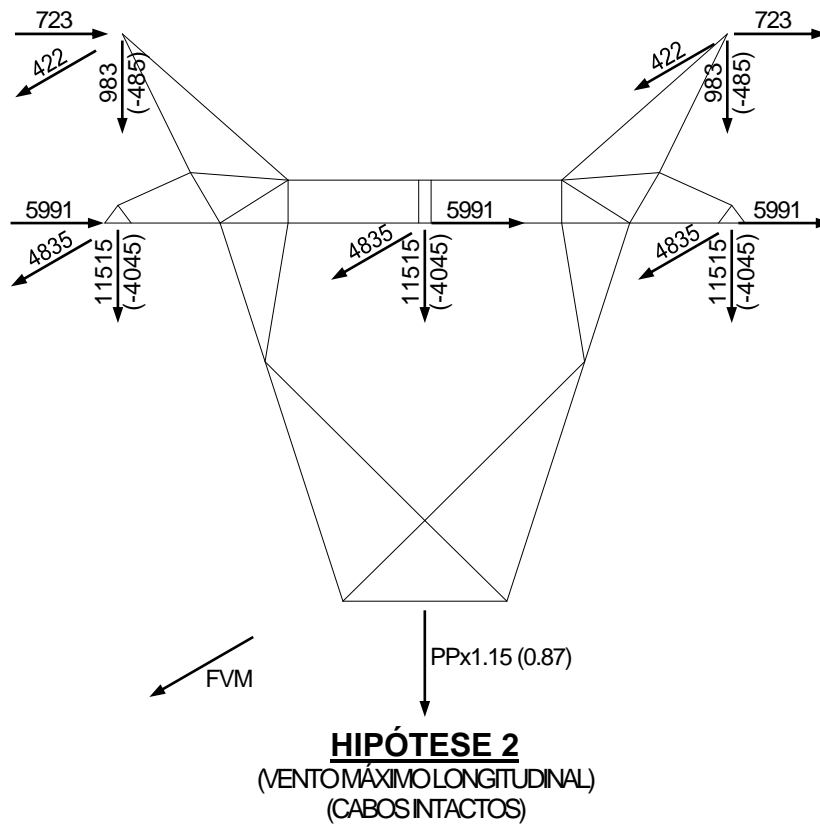
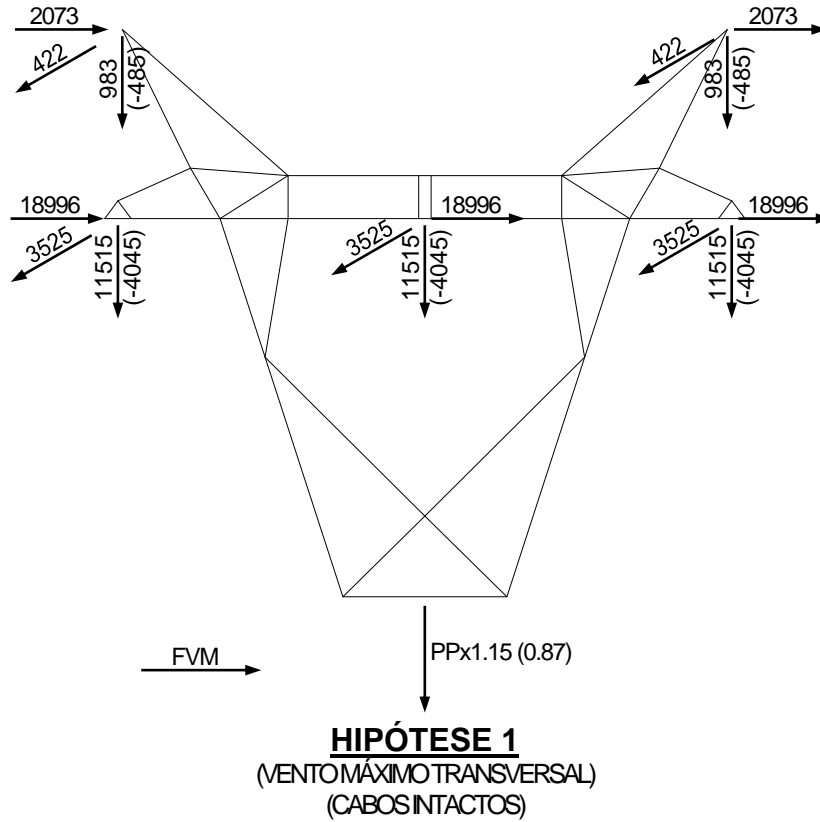


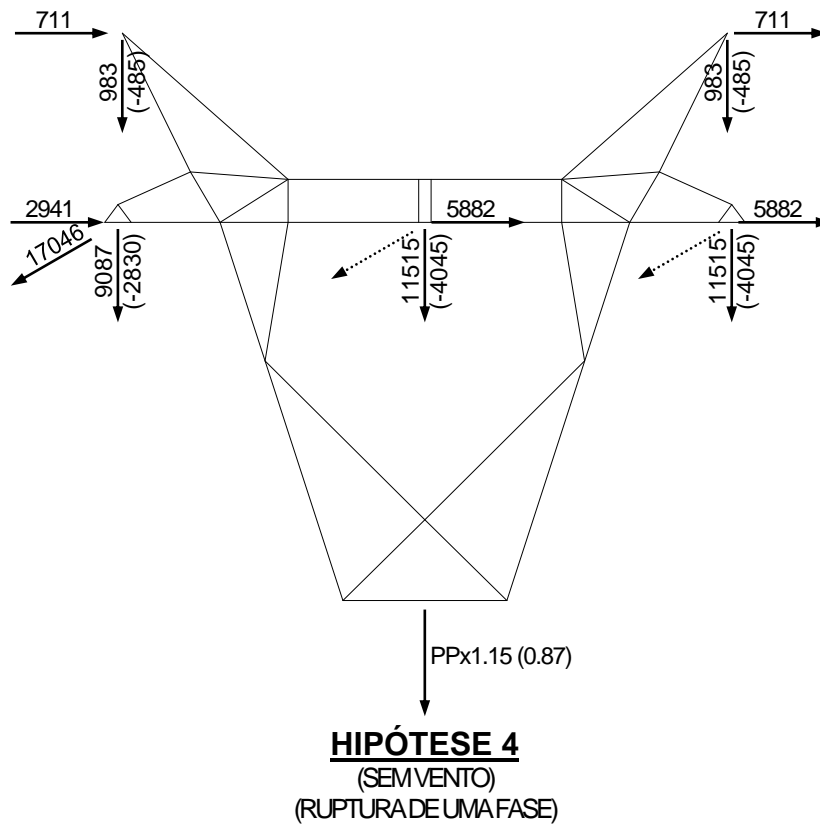
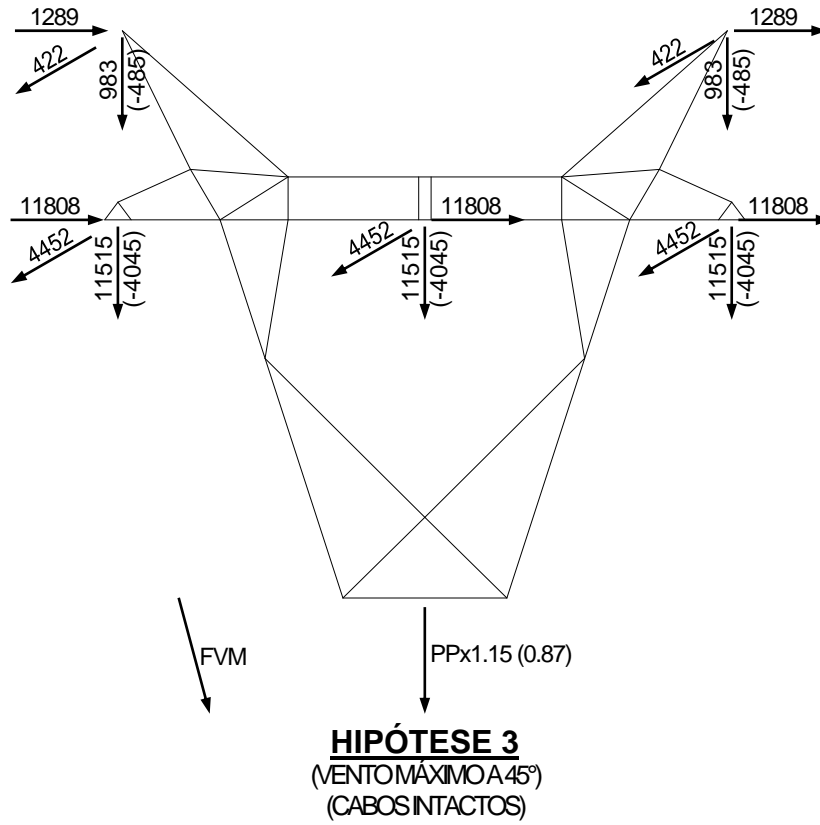


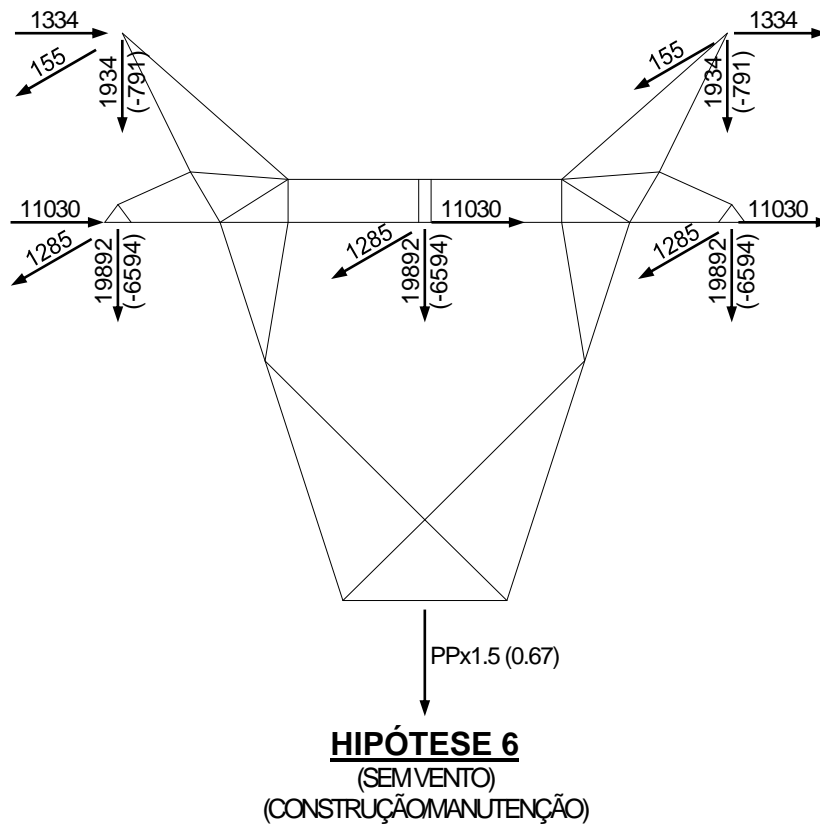
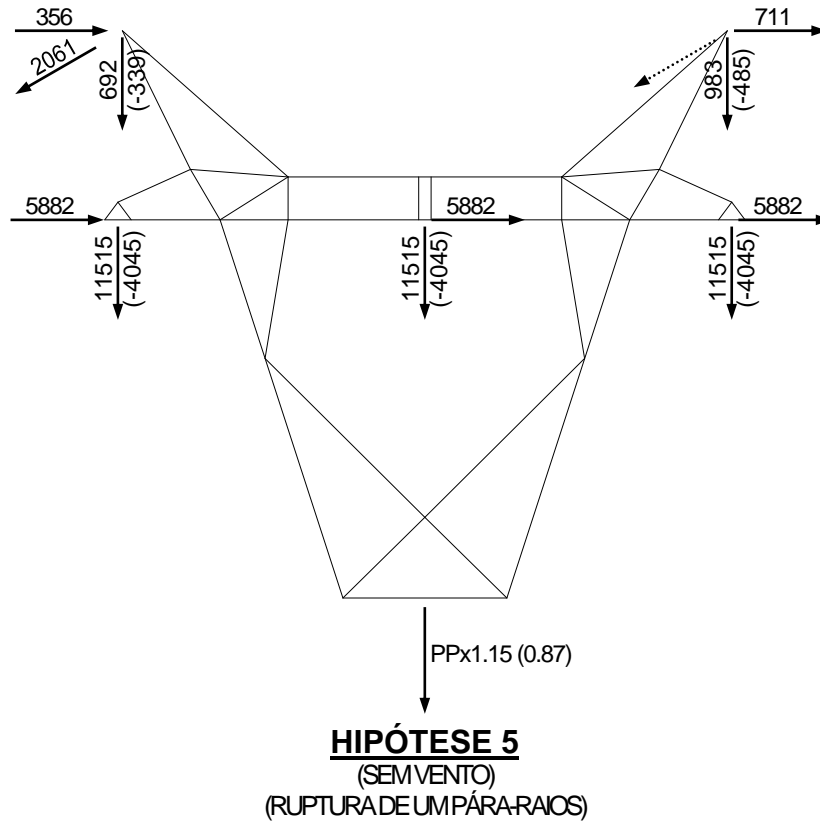


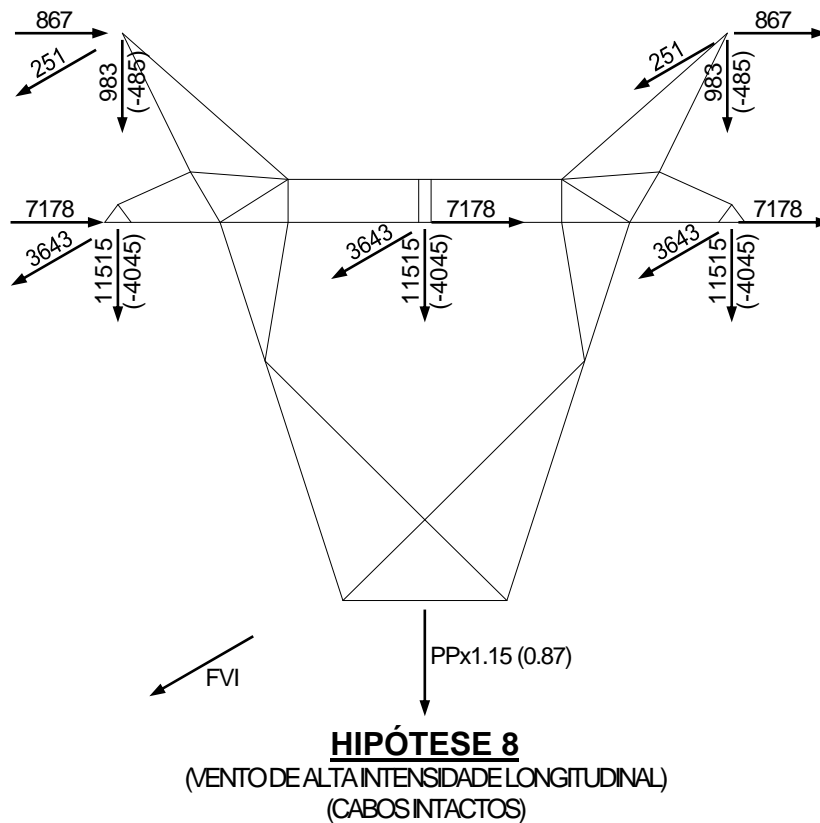
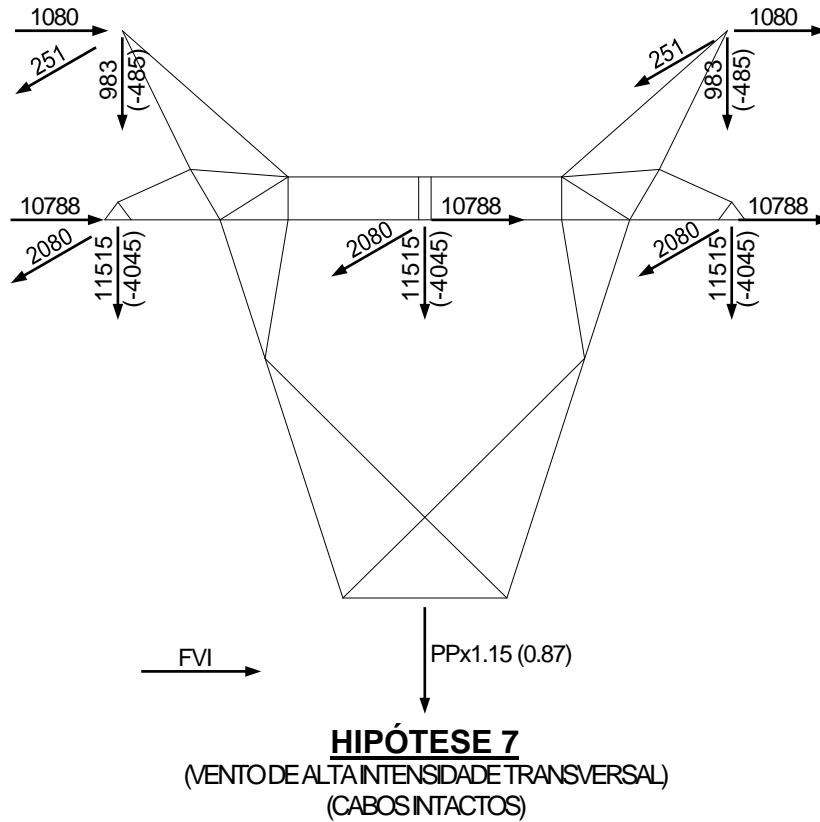


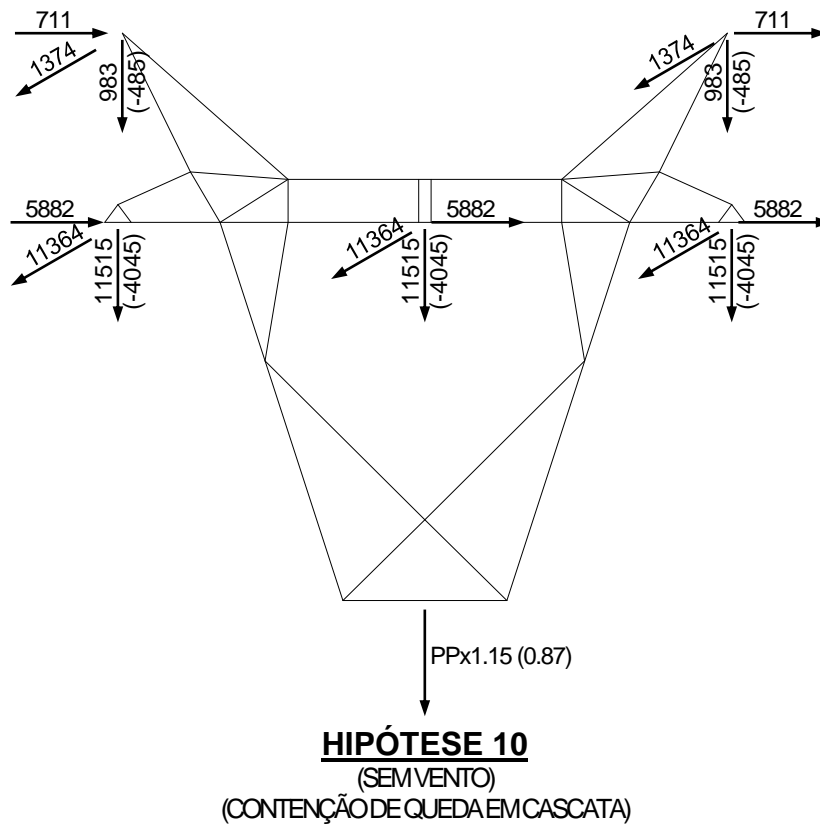
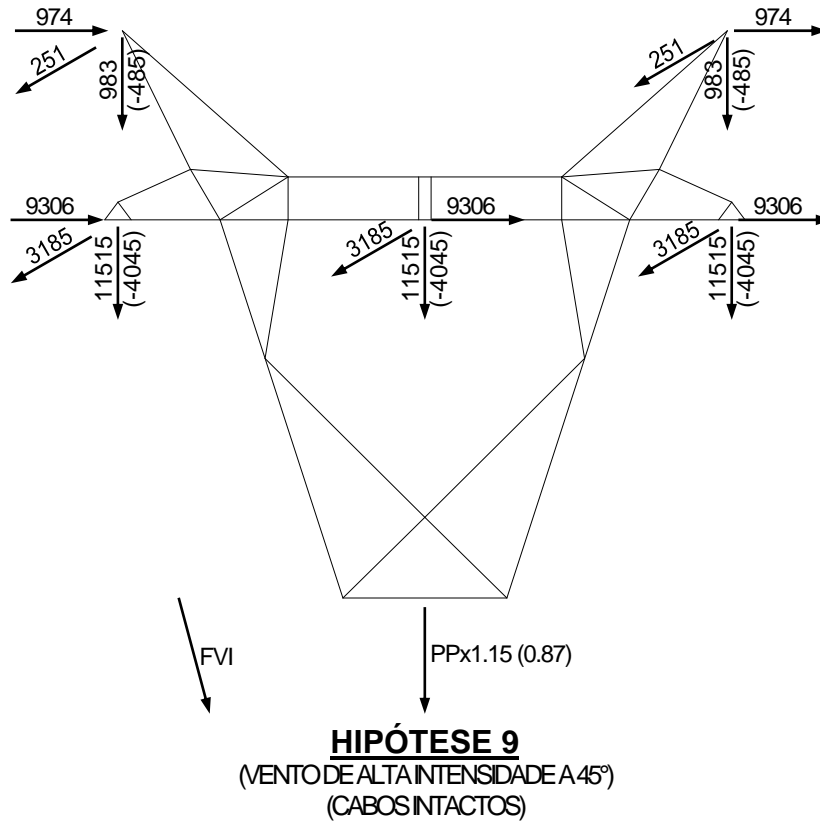
5.6.11.4 ESTRUTURA DE ANCORAGEM MEIO DE LINHA MÉDIA TIPO V2AA



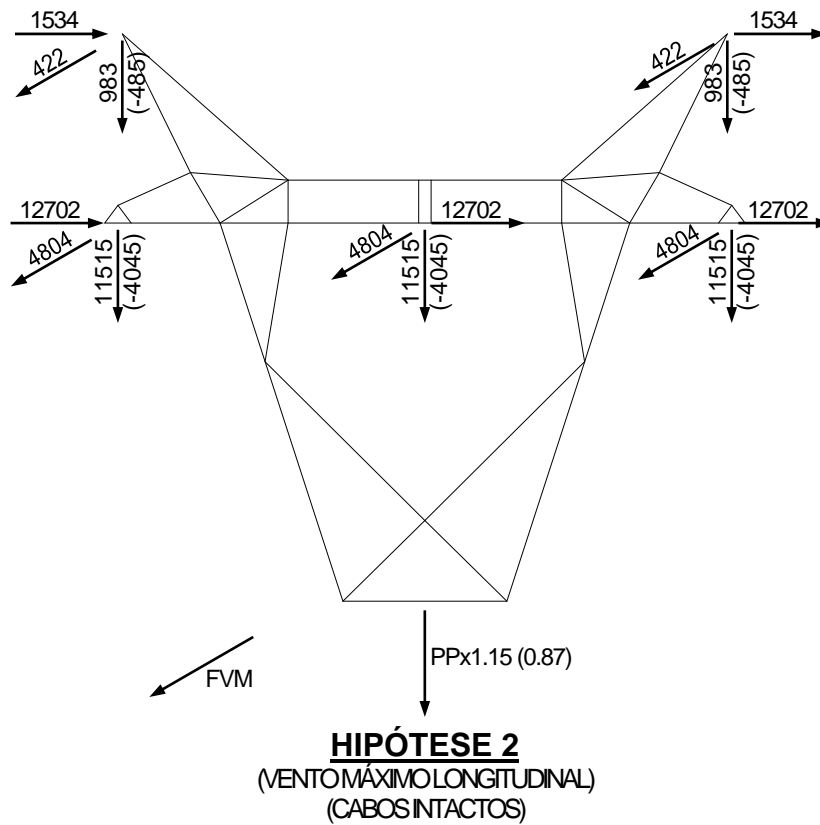
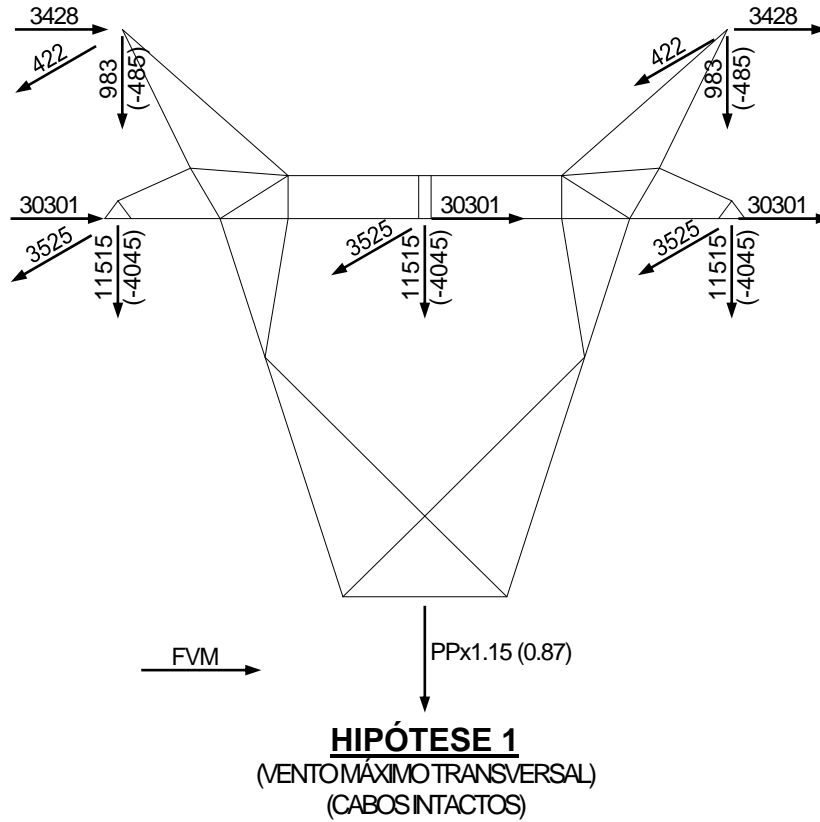


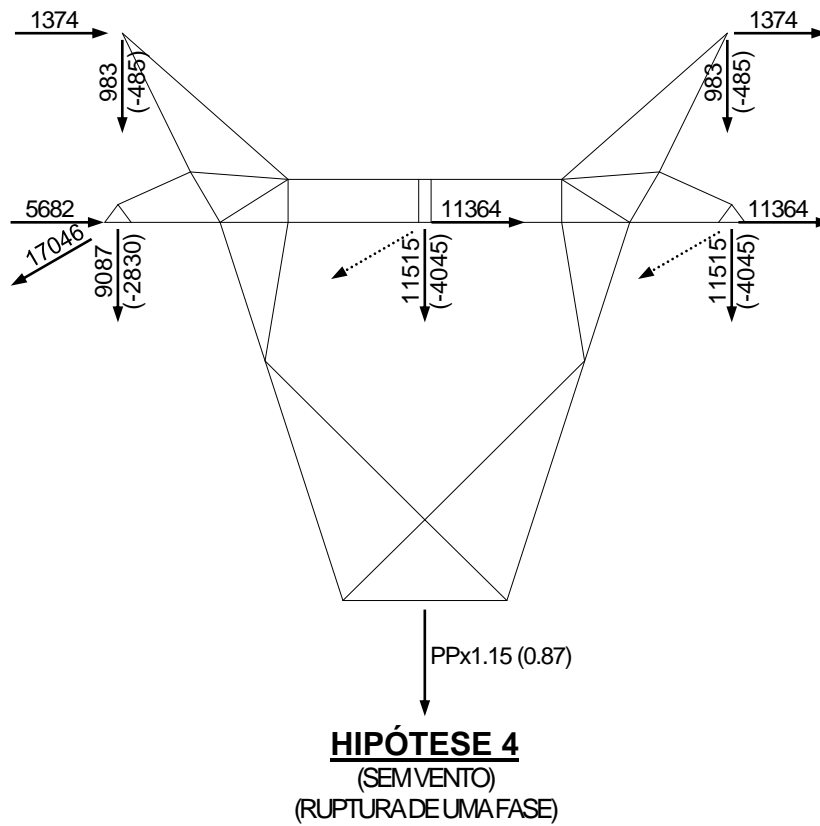
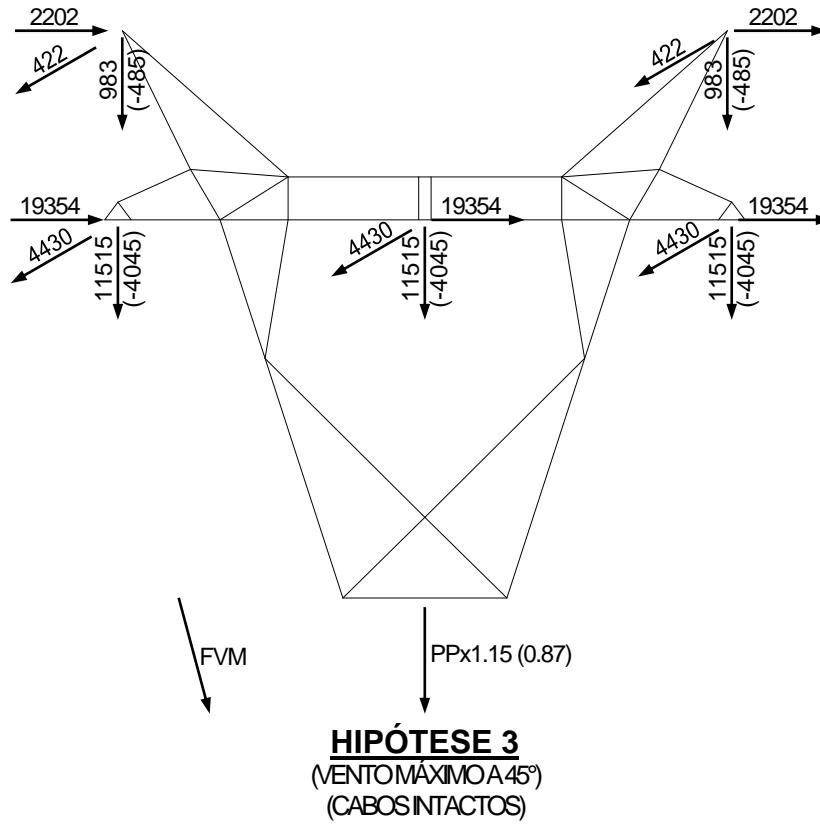


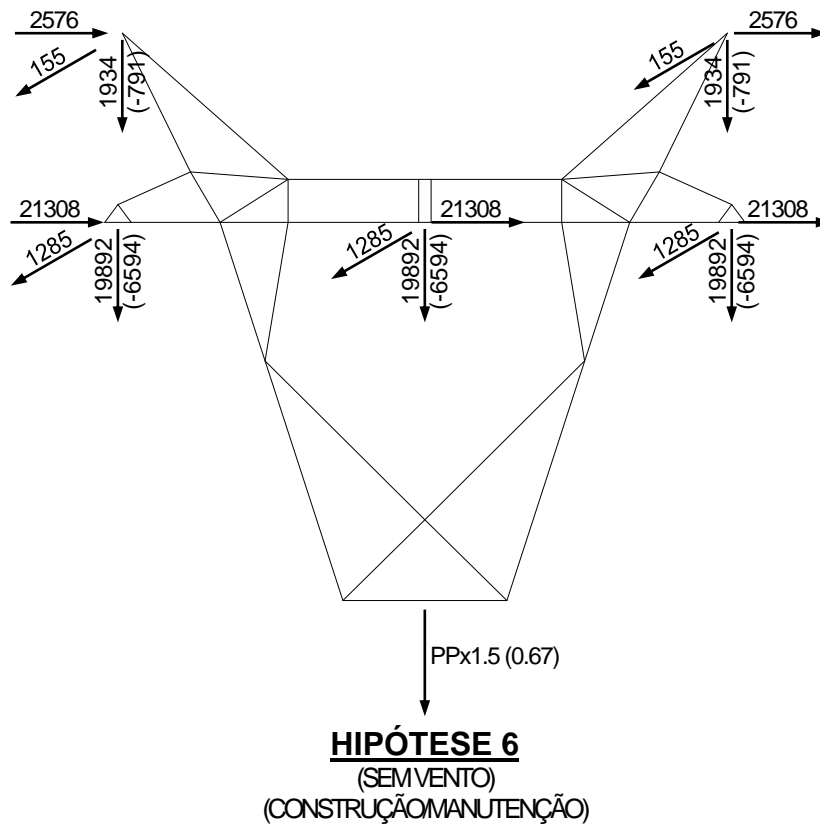
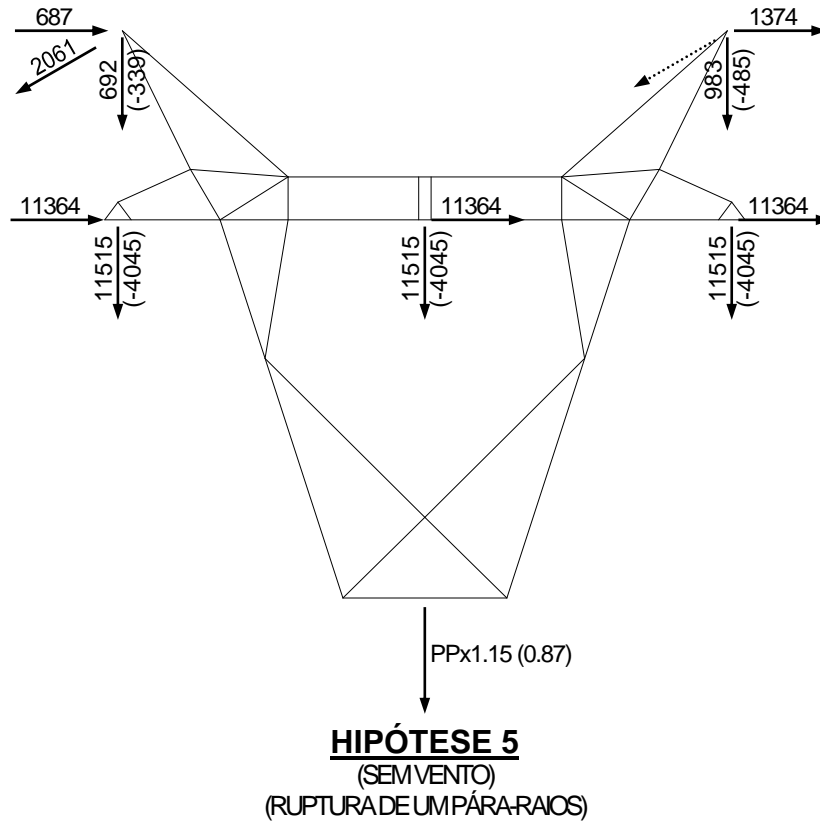


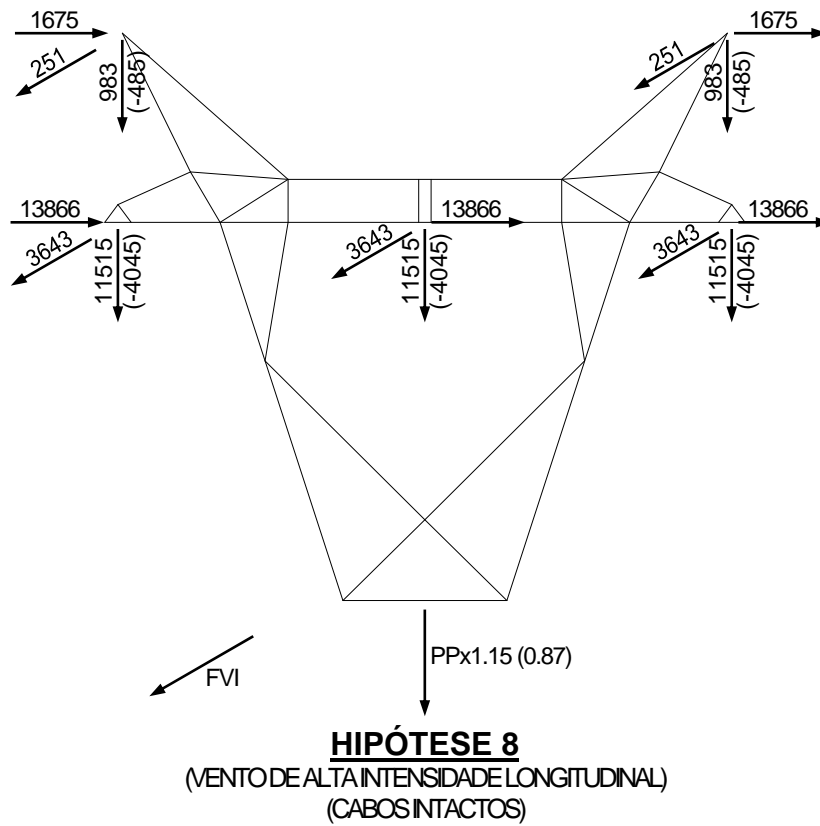
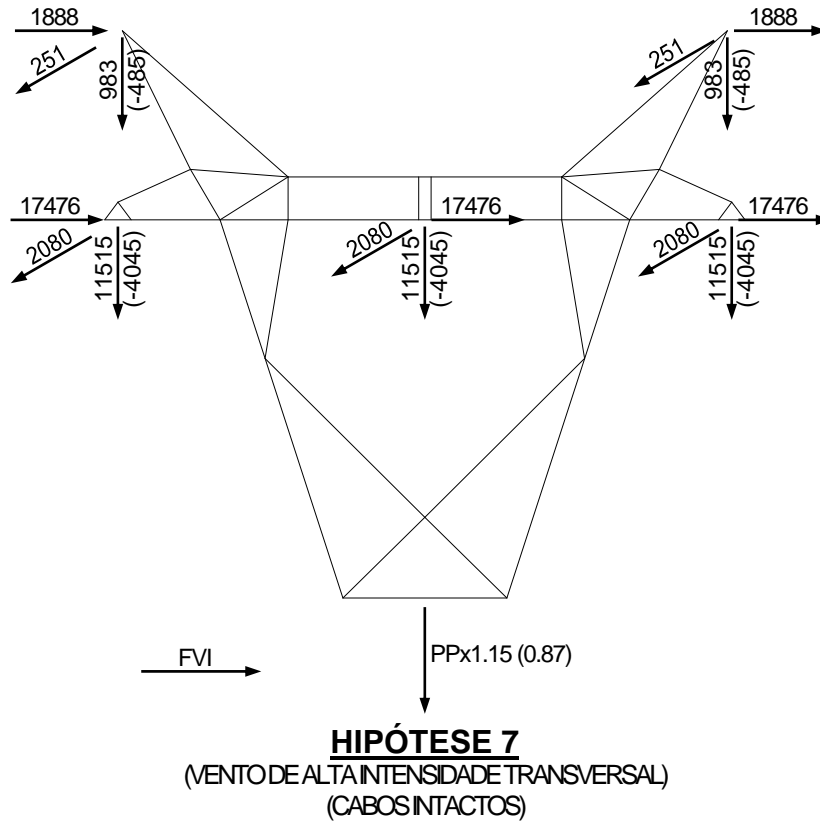


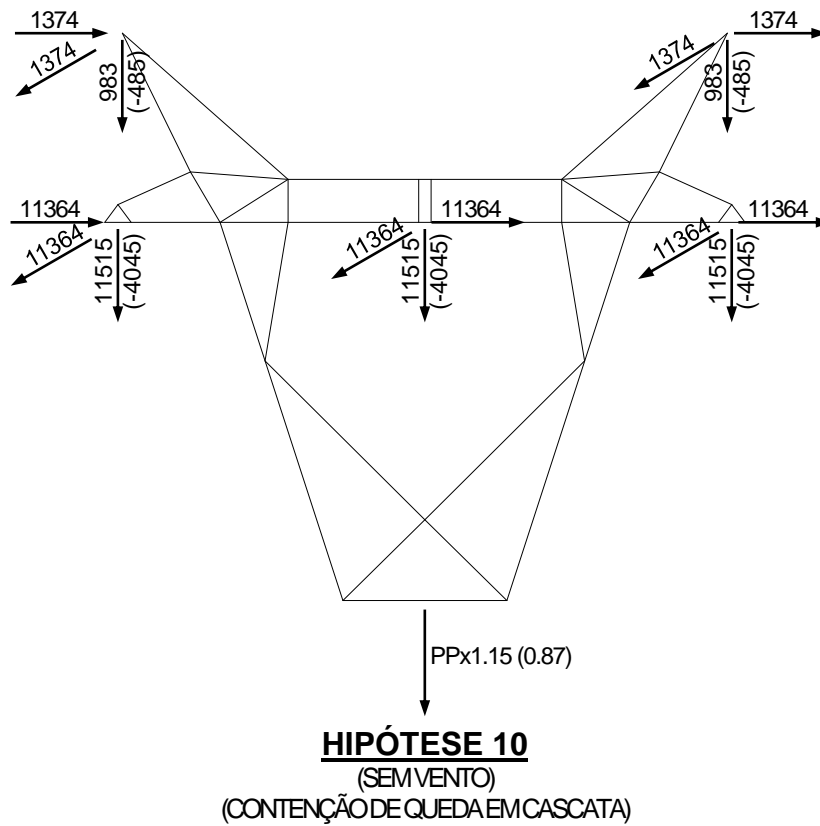
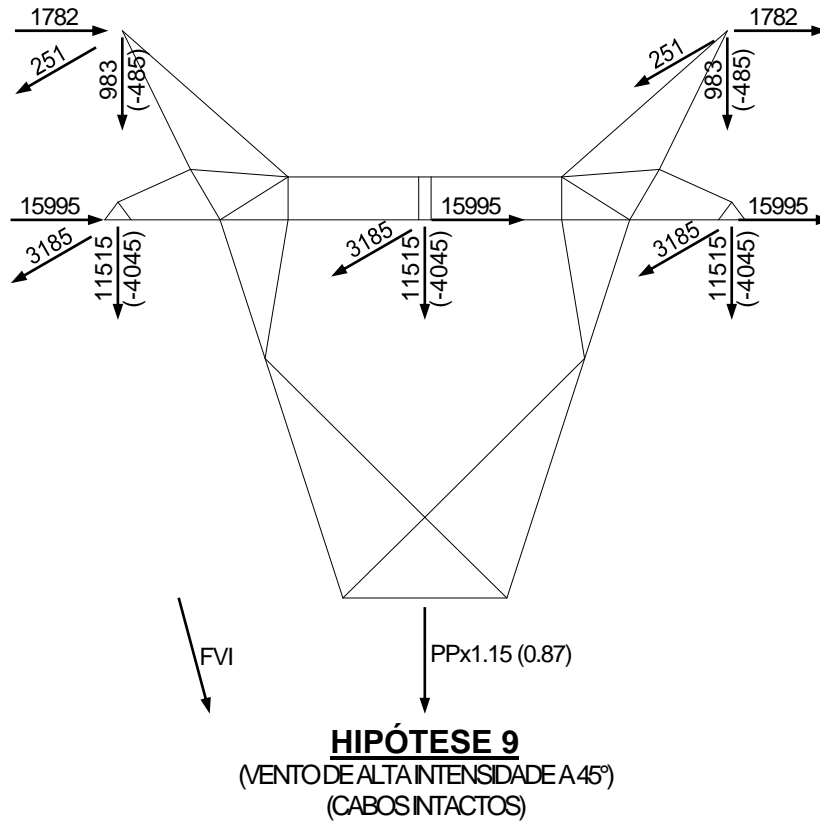
5.6.11.5 ESTRUTURA DE ANCORAGEM MEIO DE LINHA TIPO V2AT



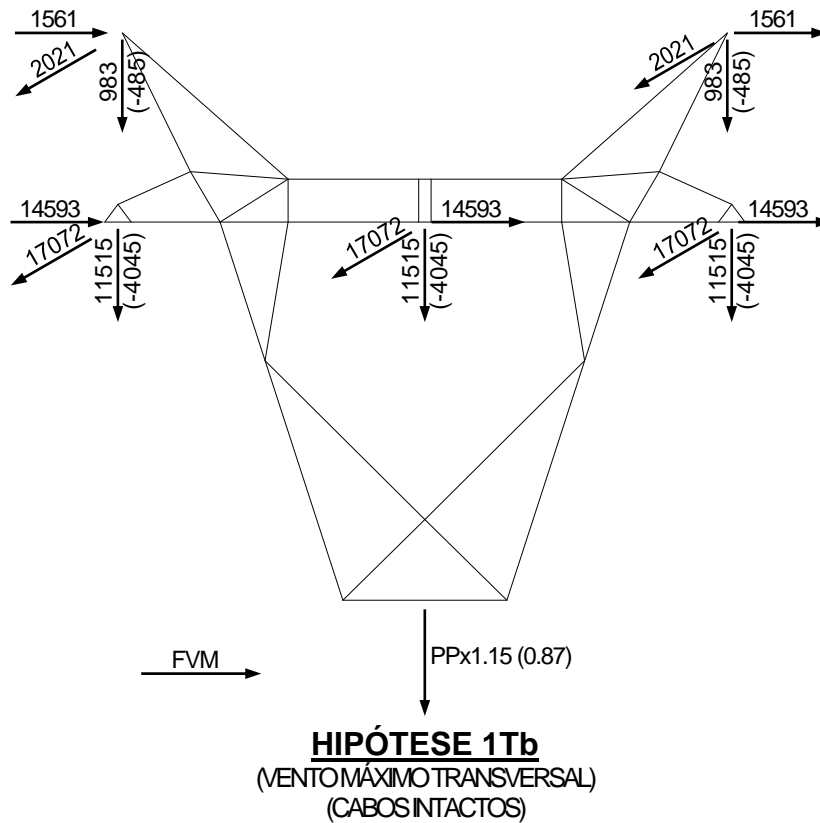
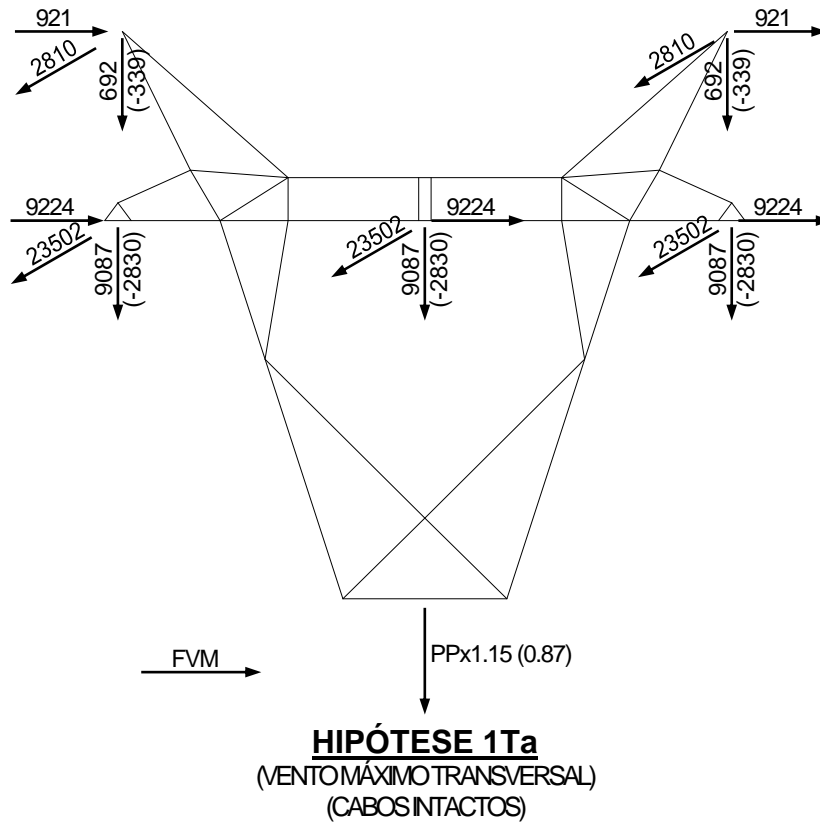


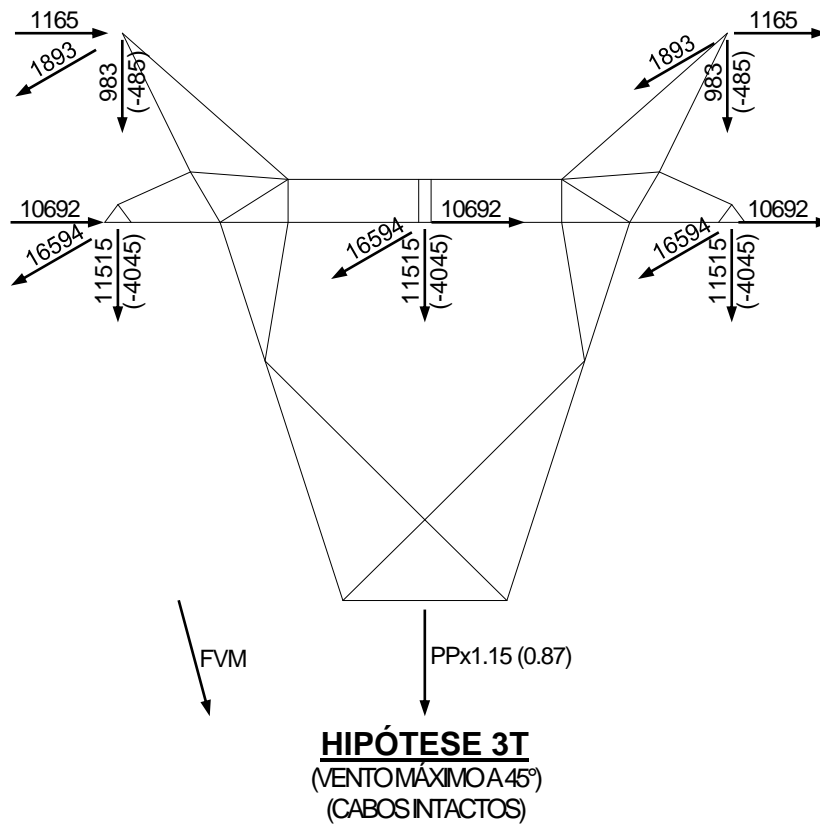
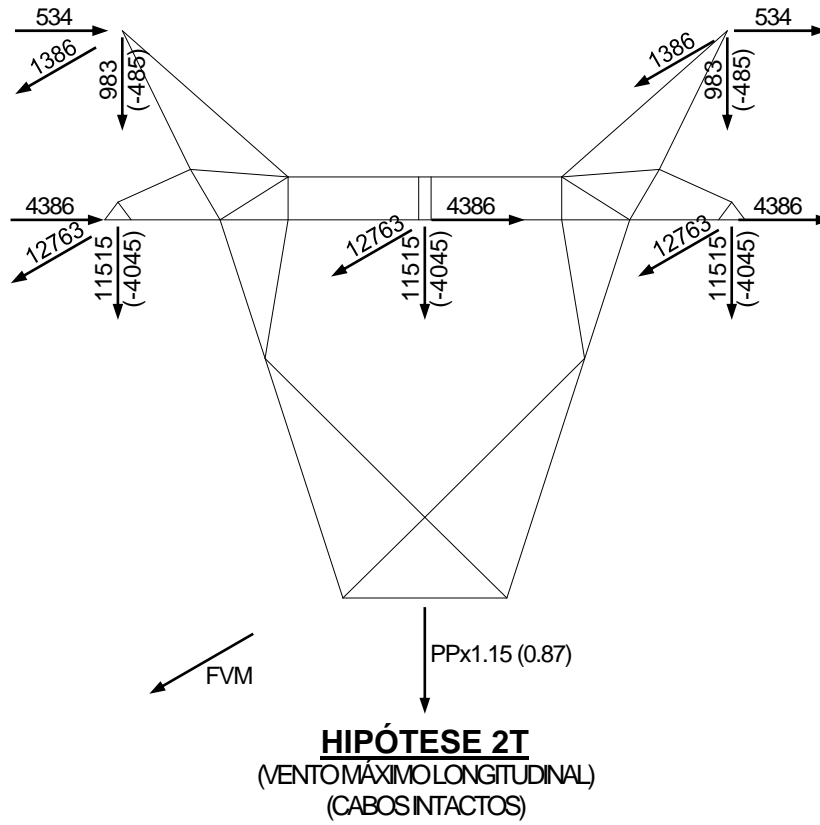


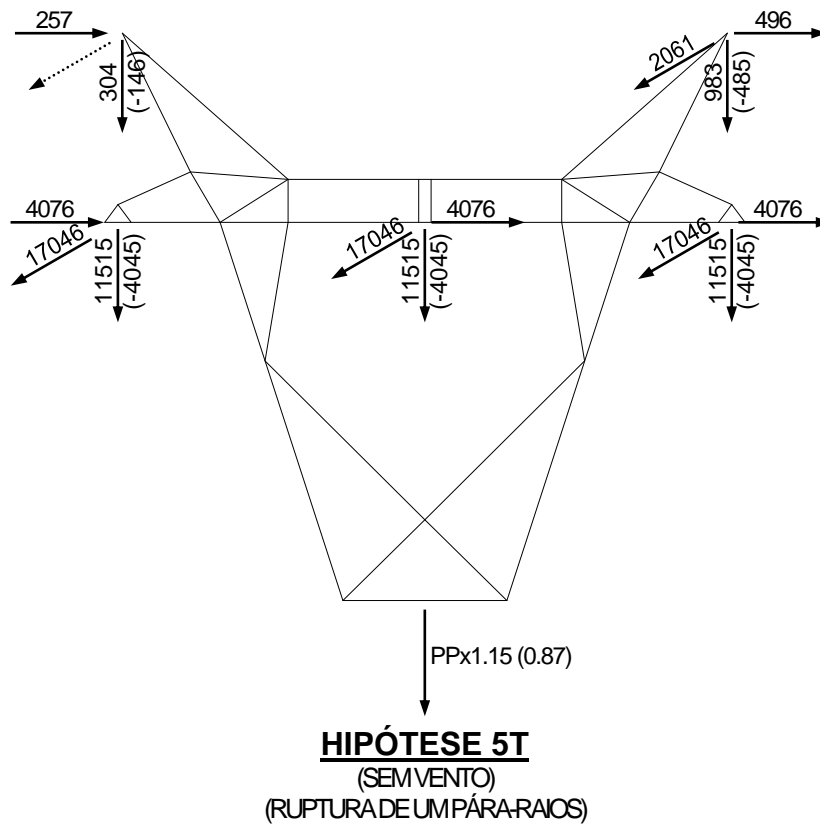
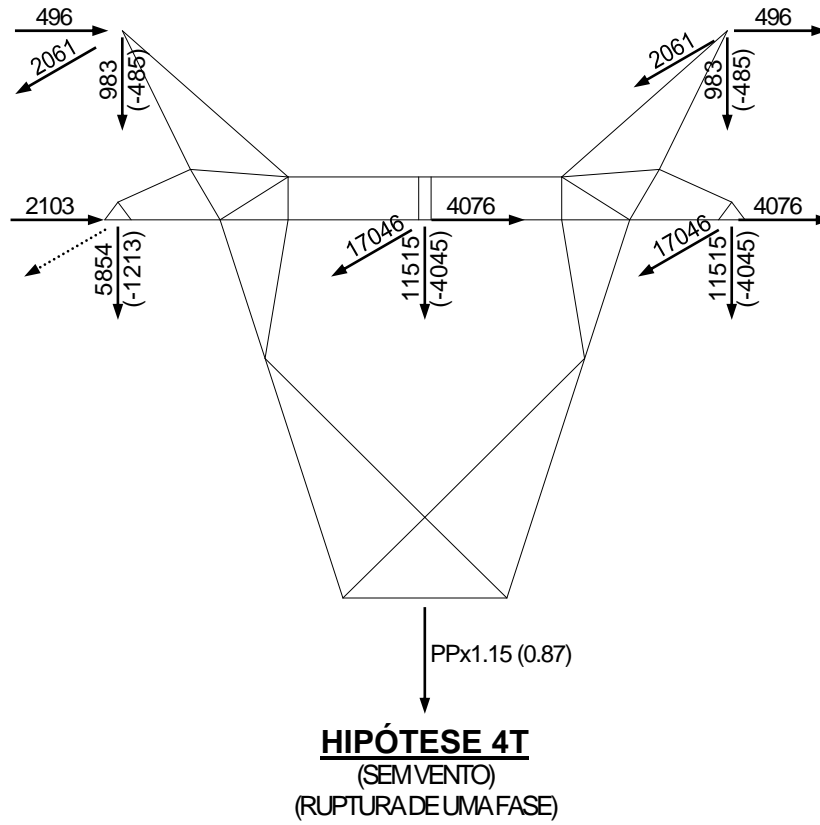


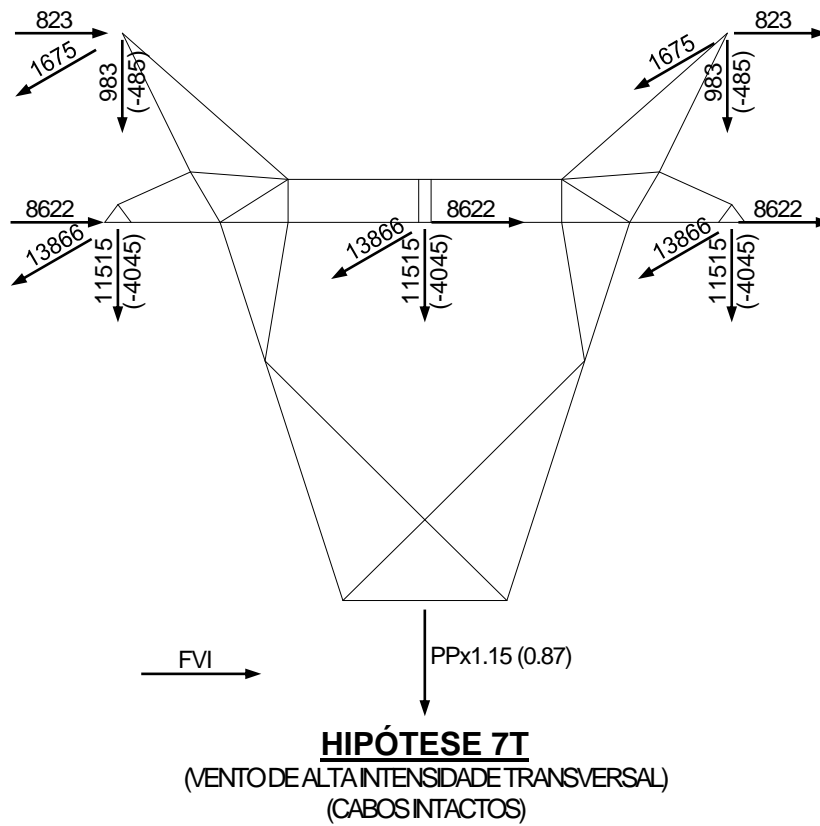
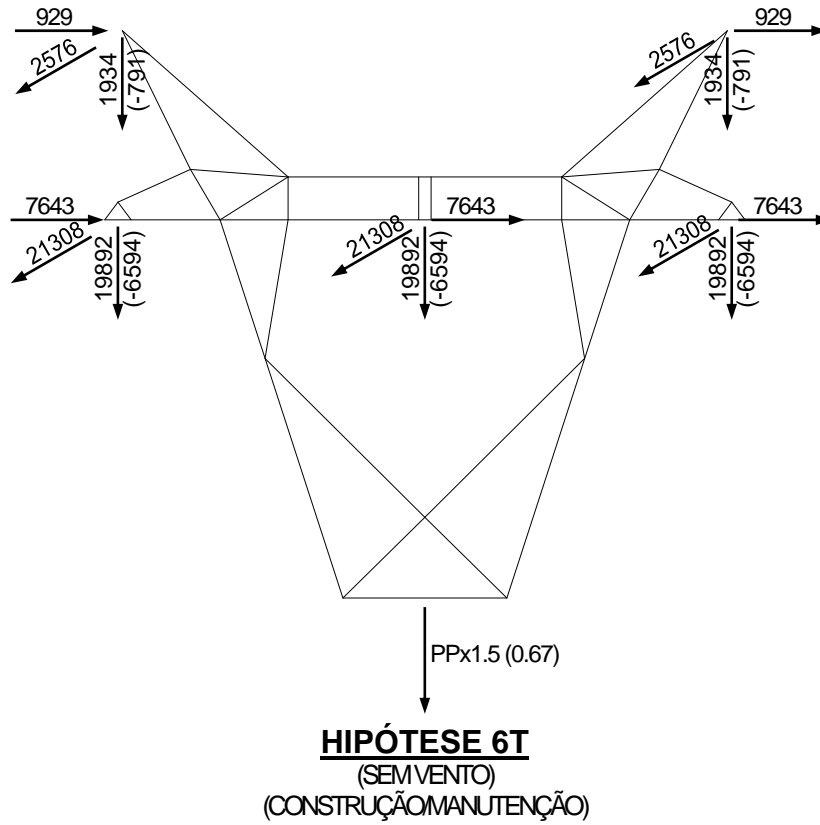


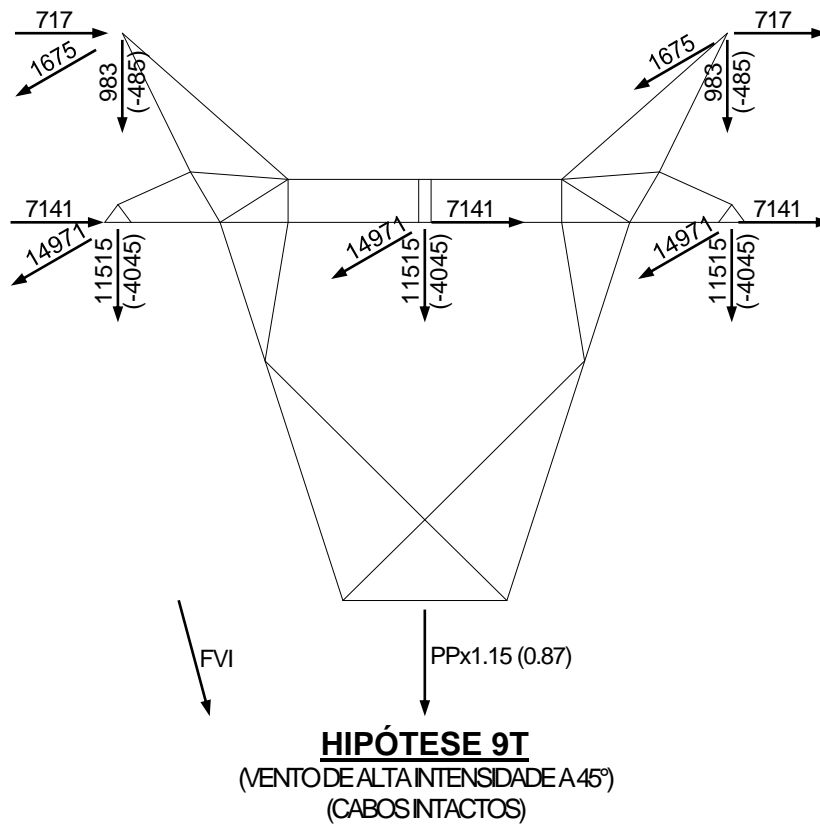
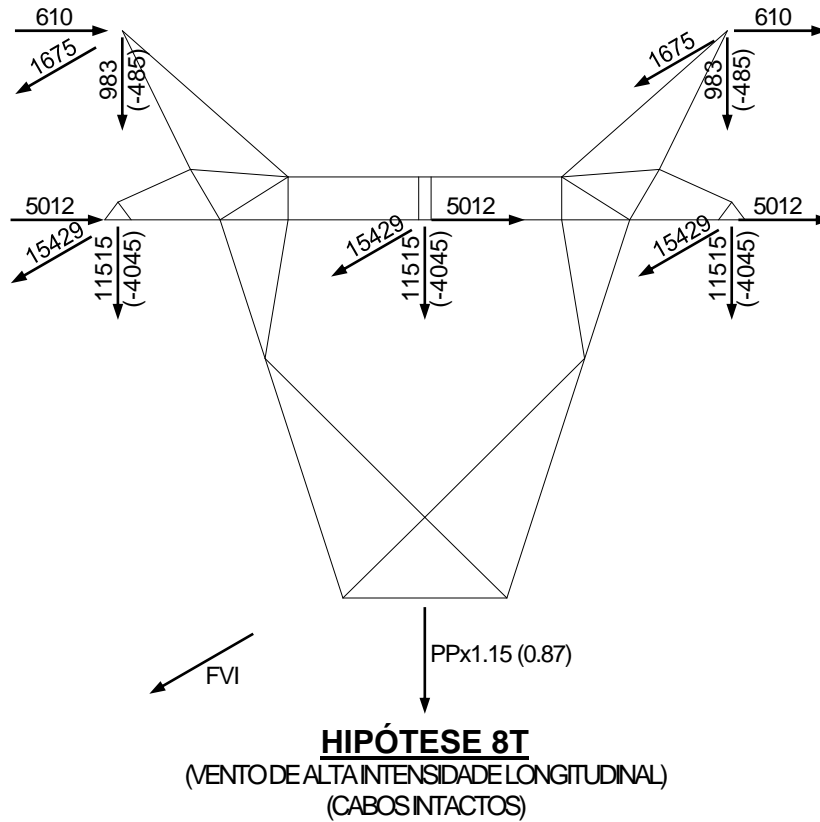
5.6.11.6 ESTRUTURA DE ANCORAGEM FIM DE LINHA TIPO V2AT



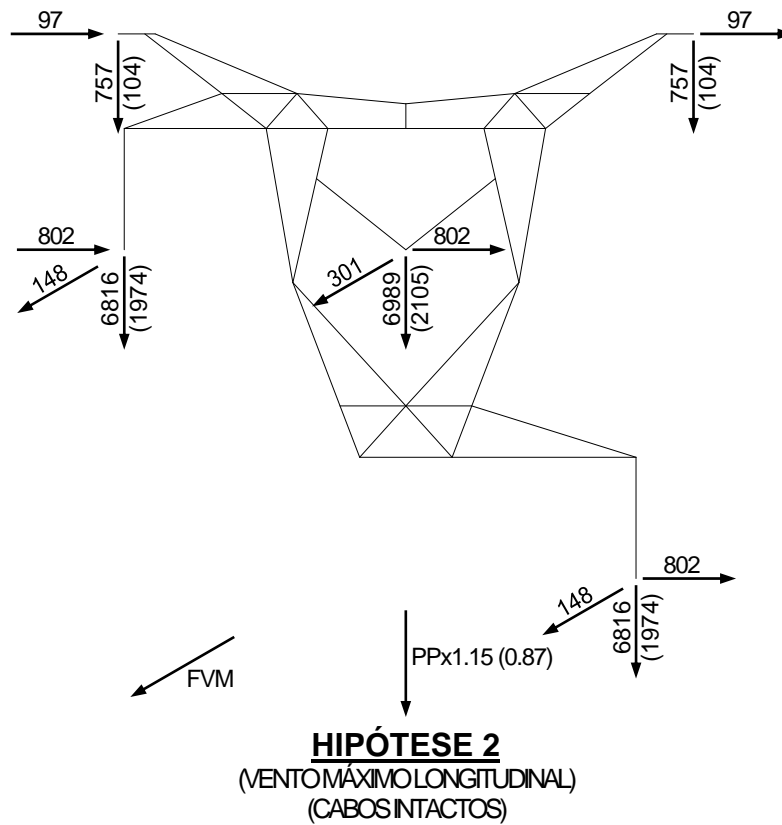
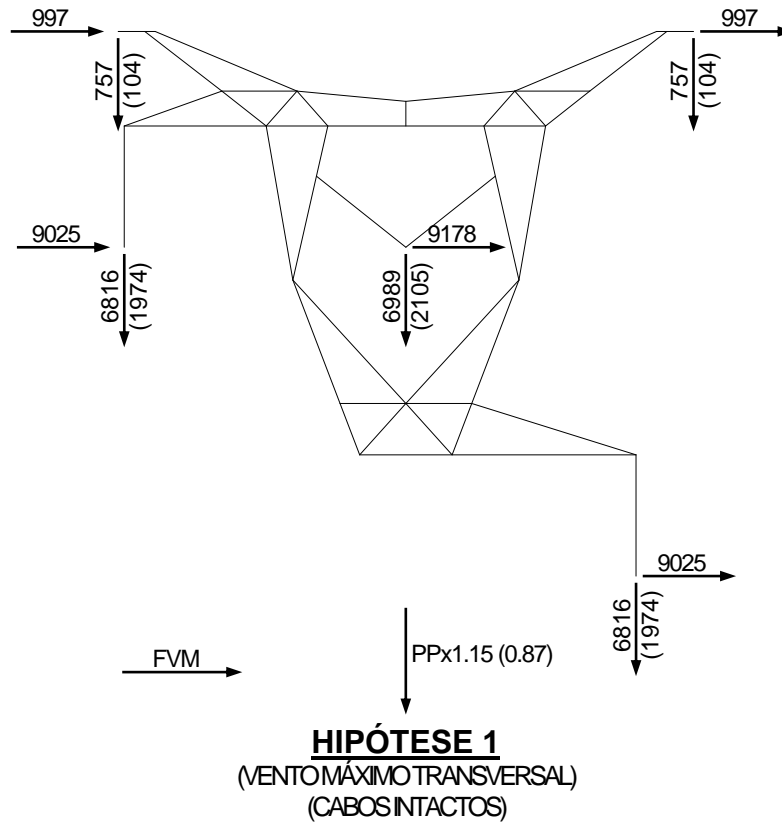


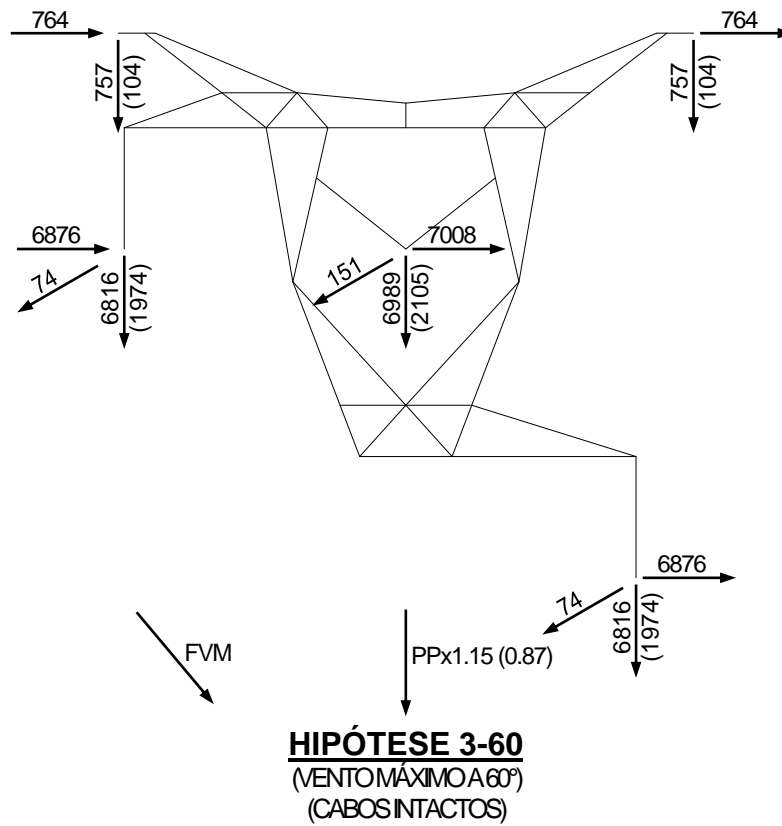
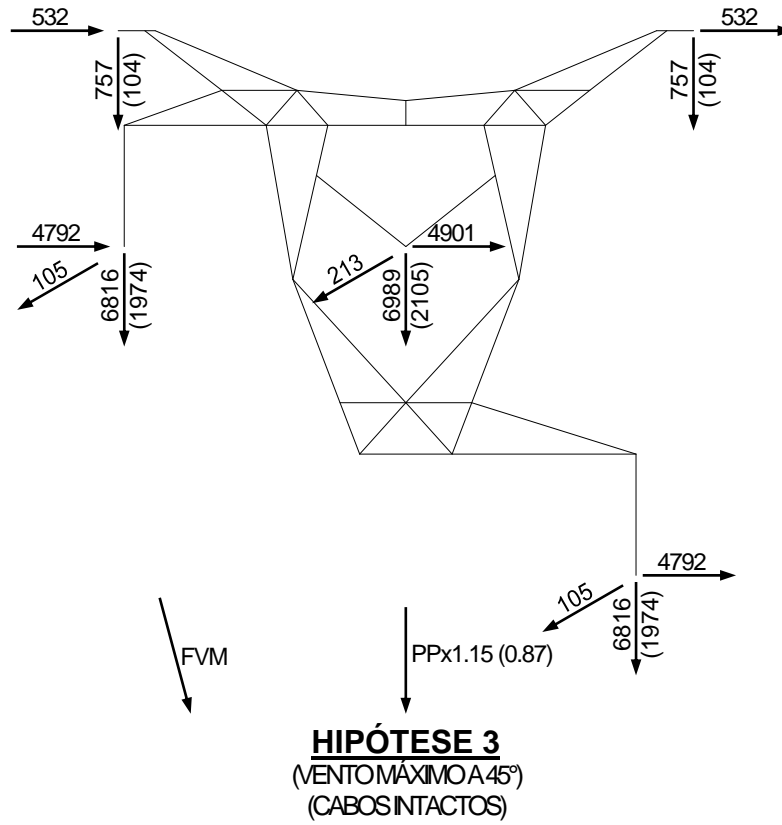


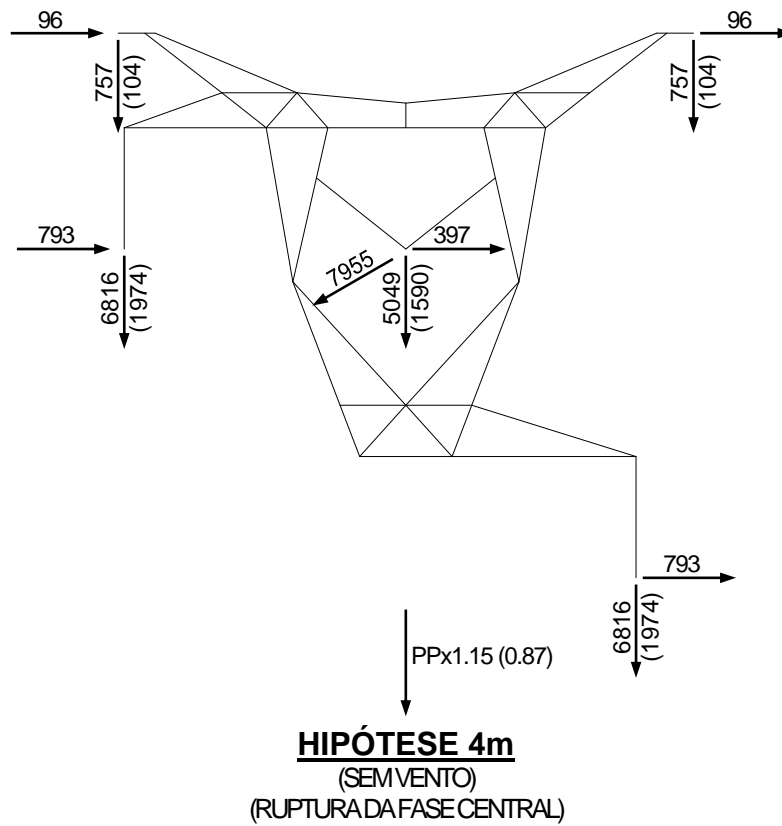
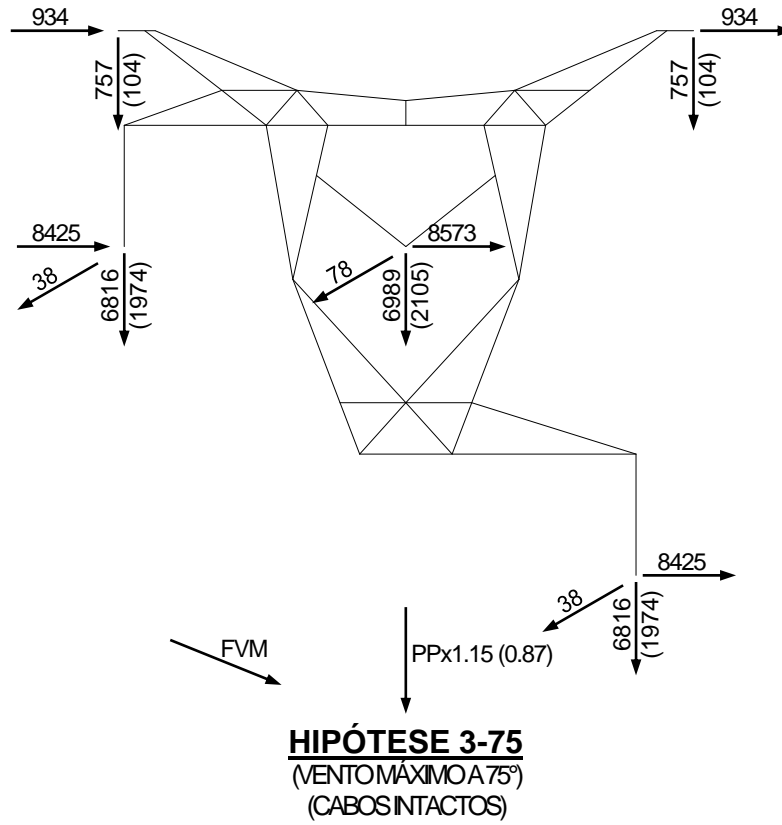


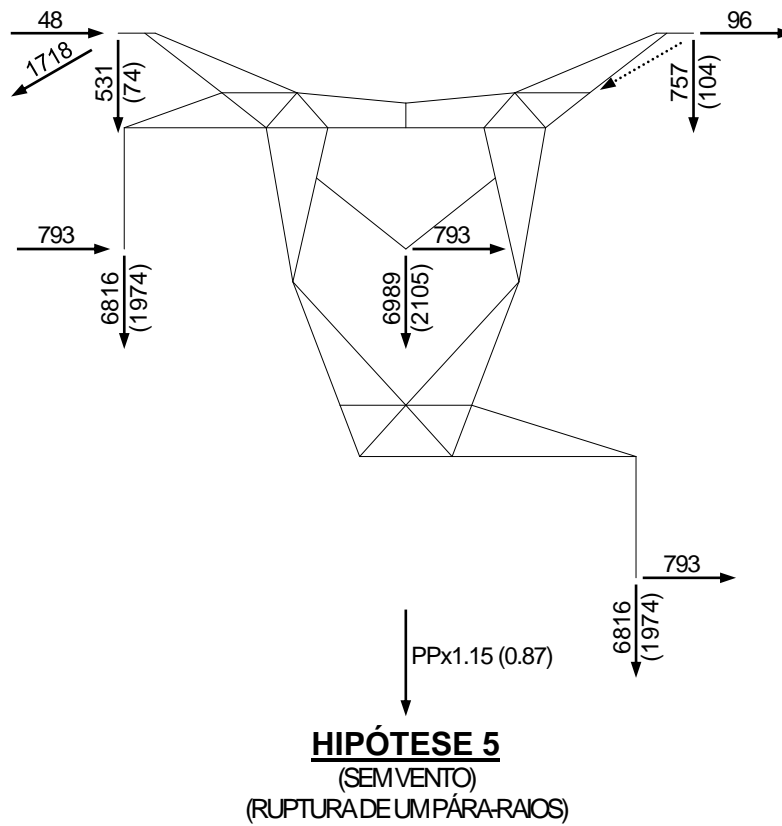
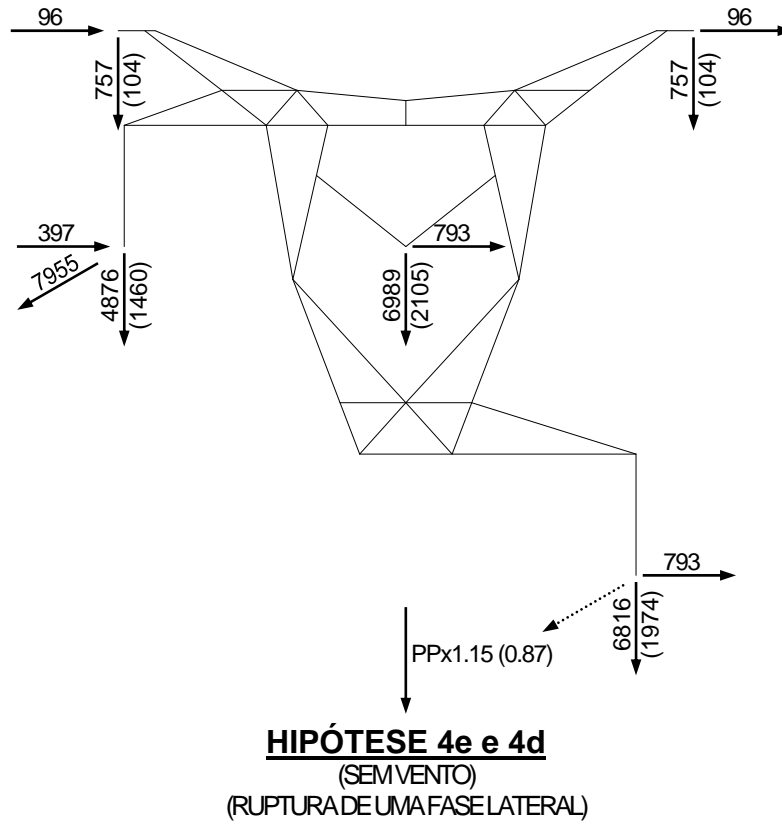


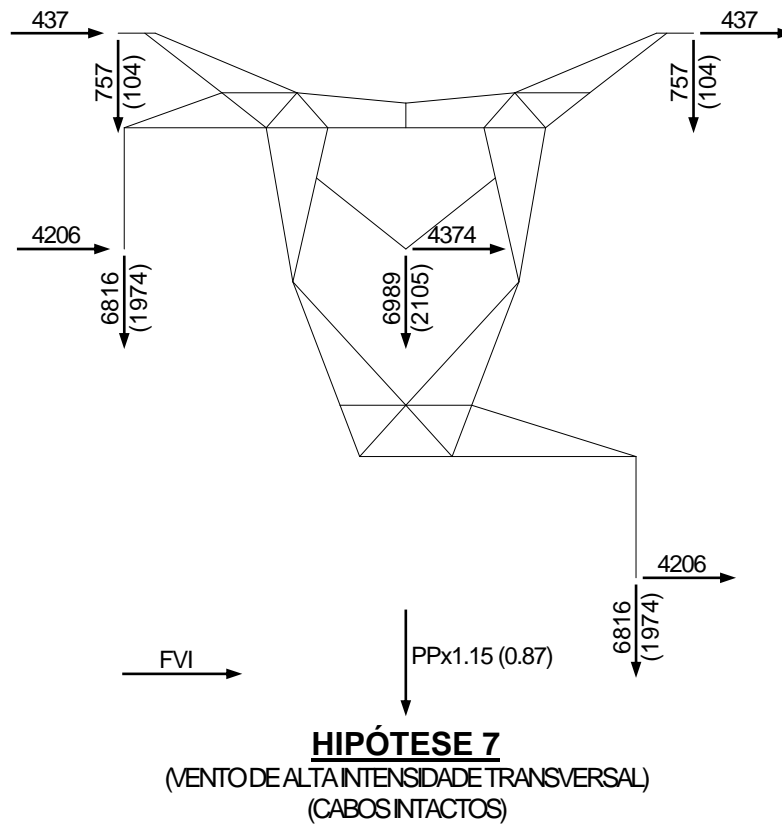
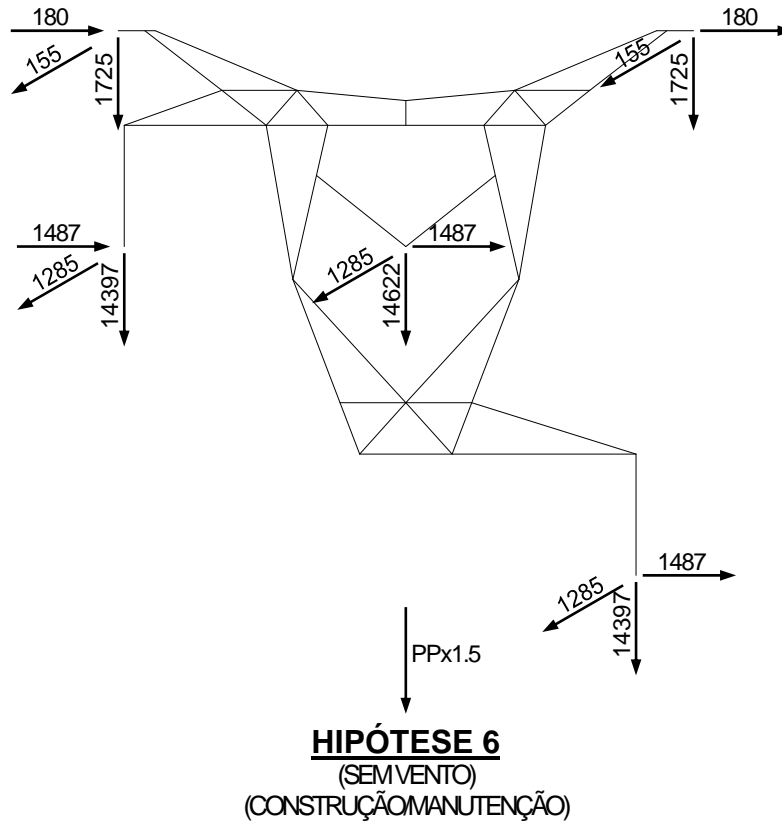
5.6.11.7 ESTRUTURA DE SUSPENSÃO PARA TRANSPOSIÇÃO TIPO V2TR

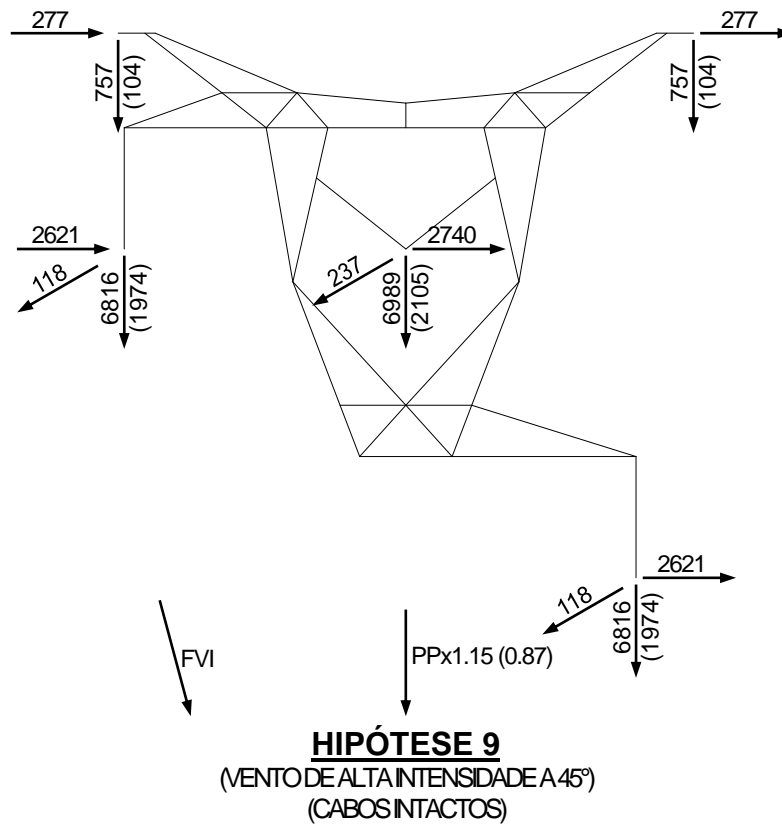
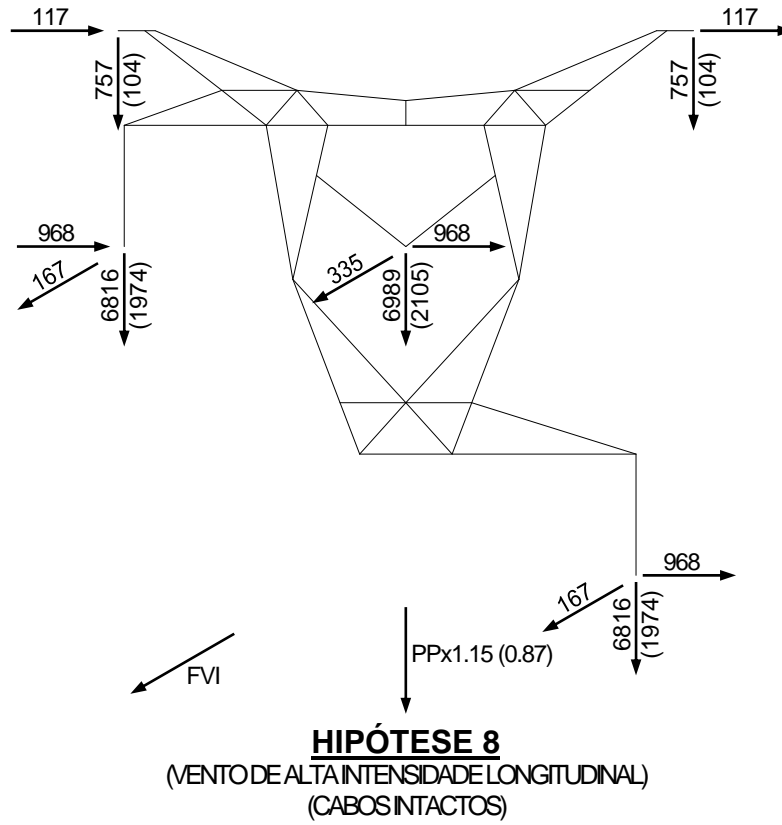


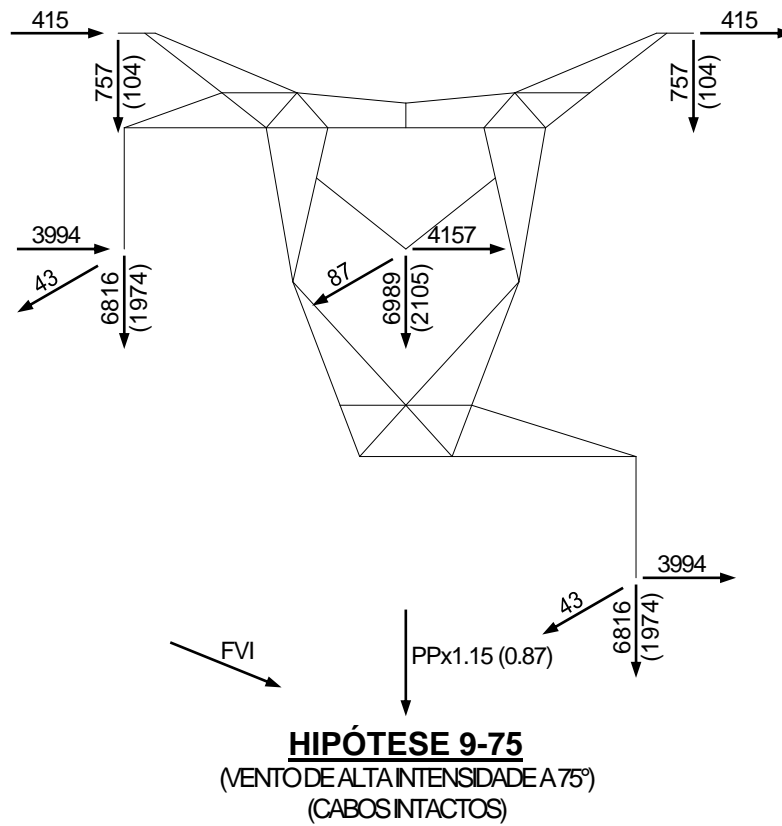
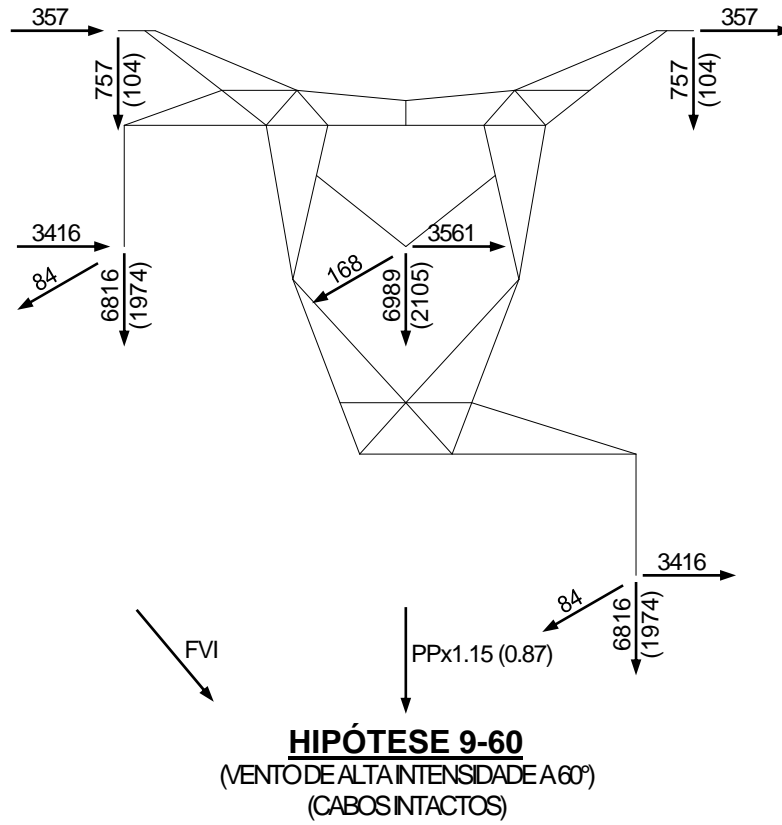


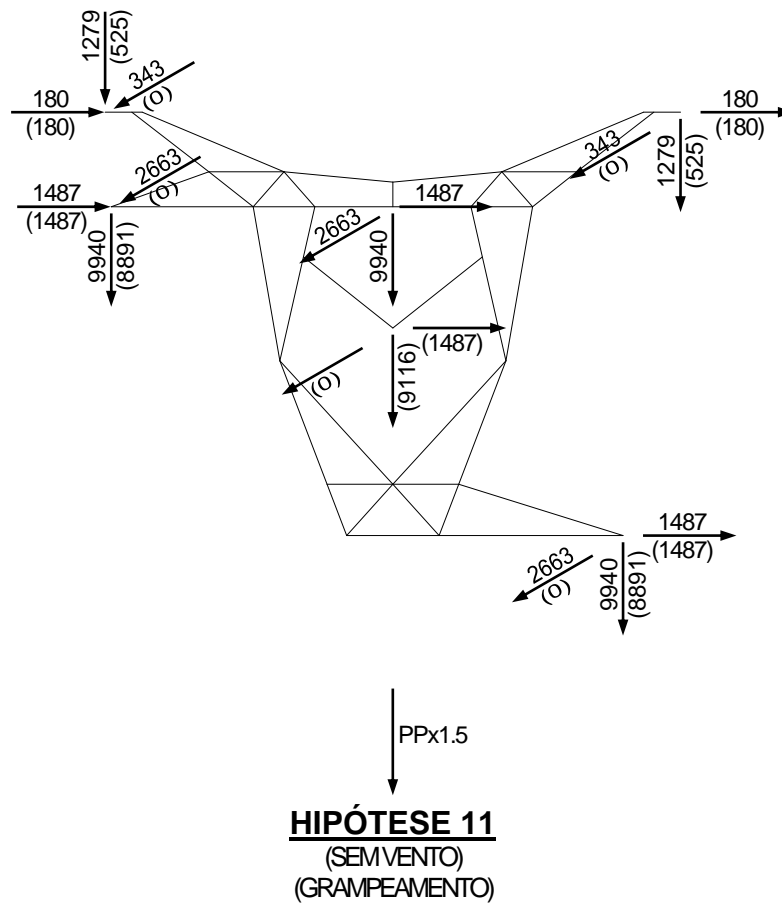
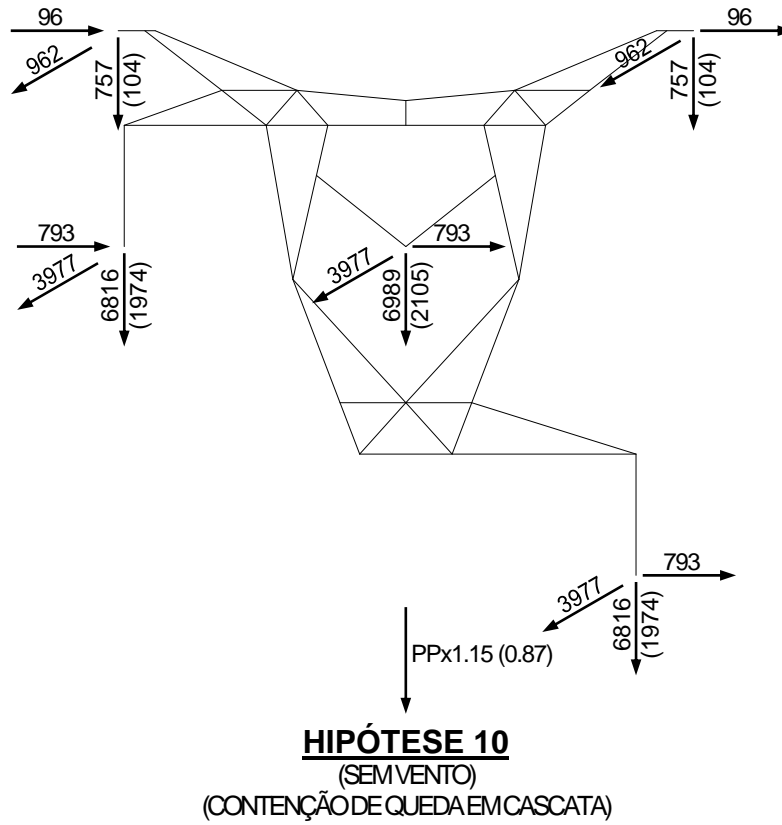












6 DIRETRIZES PARA O DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

6.1 O dimensionamento estrutural deverá ser realizado aplicando-se a metodologia dos estados limites últimos, verificando-se a seguinte inequação:

$S_d \leq \phi_R R_K$, onde:

S_d Solicitações de cálculo (tração, compressão, flexão, cisalhamento e esmagamento) atuantes nos diferentes elementos da estrutura, obtidas através da análise estrutural, considerando-se as hipóteses de carga especificadas.

ϕ_R Coeficiente de resistência, que minora a resistência limite dos elementos.

R_K Resistência limite da estrutura, obtida em função da tensão característica de escoamento, ruptura, cisalhamento, esmagamento ou flambagem dos elementos estruturais, conforme Manual 10-15 "ASCE - American Society of Civil Engineers - Design of Latticed Steel Transmission Structures" e NBR 8850 - "Execução de Suportes Metálicos Treliçados para Linhas de Transmissão".

6.2 Para o dimensionamento estrutural deverão ser previstos ensaios de carregamento de protótipo para as torres tipos V2CRL, V2SL e V2SP. Portanto, os seguintes valores deverão ser utilizados para o coeficiente de resistência (ϕ_R):

- Estruturas V2CRL, V2SL e V2SP: $\phi_R = 0.93$

- Estrutura V2TR: $\phi_R = 0.90$

- Estruturas V2AA e V2AT: $\phi_R = 0.85$

6.3 Para as estruturas estaiadas será obrigatória a verificação estrutural considerando-se os efeitos de segunda ordem decorrentes dos deslocamentos da estrutura (análise não-linear geométrica).

6.4 Para o dimensionamento dos estais deverá ser considerado um fator adicional de minoração da resistência limite de 0.75.

6.5 Para o dimensionamento dos cabos de sustentação das fases e do cabo de interligação dos mastros deverá ser considerado um fator adicional de minoração da resistência limite de 0.65.

6.6 A pré-tensão nos estais, usualmente na faixa de 8% a 12% da respectiva carga de ruptura, deverá ser levada em conta na análise estrutural das torres estaiadas.

6.7 Todas as estruturas estaiadas devem ser projetadas com furações adequadamente posicionadas e dimensionadas de modo a permitir o içamento de uma torre horizontalmente montada, completa ou parcialmente, a partir do solo até sua posição vertical definitiva. Os desenhos de detalhamento correspondentes deverão esclarecer completamente todas as condições a serem observadas para o içamento da estrutura a partir de tais furações.

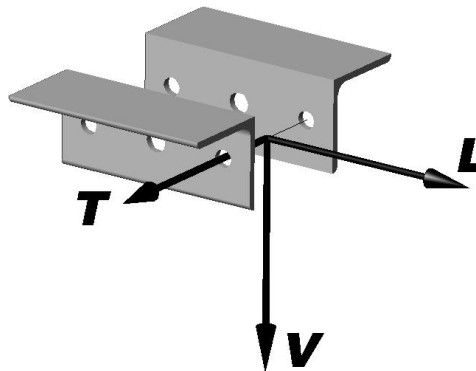
6.8 As barras horizontais da estrutura situadas próximo às fixações das cadeias de isoladores deverão suportar uma carga vertical de 400 kg, aplicada em seu ponto médio, sem deformação permanente.

6.9 Todas as barras da estrutura inclinadas a menos de 45° com a horizontal deverão suportar uma carga vertical de 100 kg, aplicada em seu ponto médio, sem deformação permanente.




6.10 Todas as barras de contraventamento da estrutura, inclusive barras com esforço calculado, deverão suportar uma carga de compressão mínima de acordo com o item 3.16 do ASCE 10-15.

6.11 As mísulas dos condutores das estruturas de ancoragem tipos V2AA e V2AT deverão ser projetadas com detalhes para fixações da cadeia de passagem do jumper no ponto central da mísula e nas duas extremidades, junto às faces transversais da estrutura.

- 6.12 Todas as estruturas, exceto as que possuam cabo cross-ropes, devem ser projetadas com pontos (furos) auxiliares de fixação que permitam a execução segura das operações de montagem, de lançamento e grampeamento de cabos e de manutenção. A carga máxima admitida em cada um desses pontos (furos) auxiliares deve ser explicitamente indicada nos respectivos desenhos de montagem das estruturas.
- 6.13 Nas estruturas de suspensão, exceto as que possuam cabo cross-ropes, os furos auxiliares utilizados para sustentação dos cabos durante as operações de grampeamento deverão ser capazes de suportar a aplicação das cargas da Hipótese 11 da forma localmente mais desbalanceada, conforme se explica adiante:
- As cargas referentes às fases deverão ser aplicadas em 2 dos 4 furos auxiliares para montagem/manutenção localizados nas respectivas peças de ataque, conforme esquema adiante:



- Os 4 furos externos na peça acima são os furos auxiliares e os 2 furos centrais são os furos permanentes para fixação das fases.
- 6.14 Em torres de suspensão submetidas a teste de carga, exceto as que possuam cabo cross-ropes, a Hipótese 11 deverá ser obrigatoriamente testada.
- 6.15 Para dimensionamento das fundações e dos stubs deverá ser considerado um fator de sobrecarga adicional de 1.10.
- 6.16 Para dimensionamento dos stubs deverá ser considerado concreto com f_{ck} (resistência característica a 28 dias) igual a 180 kgf/cm².

00	18/04/17	Emissão inicial	FGS	RCM	PRRLS
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
					
EQUATORIAL TRANSMISSORA 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 Programa de Testes</p>					
Nº ENGETOWER 20.10-T4001	Nº DOCUMENTO RE-EQT4-L402-PB-EST-0020			FOLHA 1 de 13	REVISÃO 00

ÍNDICE

1 OBJETIVO	Pág.	3	
2 FORMAÇÃO DA ESTRUTURA A SER ENSAIADA	Pág.	3	
3 HIPÓTESES DE CARGA	Pág.	3	
4 SEQUÊNCIA DE APLICAÇÃO DAS HIPÓTESES DE CARGA	Pág.	3	
5 ETAPAS DE CARREGAMENTO	Pág.	3	
6 MEDIÇÃO DE DEFLEXÕES	Pág.	4	
7 MEDIÇÃO DE CARGAS	Pág.	4	
8 CALIBRAÇÃO DOS DINAMÔMETROS ELETRÔNICOS	Pág.	4	
9 AMOSTRAS PARA ENSAIO MECÂNICO	Pág.	4	
10 INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES	Pág.	4	
11 CARGAS NA ESTRUTURA	Pág.	5	a 11
12 CARGAS MÁXIMAS SOBRE FUNDAÇÕES DOS MASTROS	Pág.	12	
13 CARGAS PREVISTAS NOS ESTAIS	Pág.	13	

1 OBJETIVO

Este programa de testes tem por objetivo traçar diretrizes para o ensaio de carregamento de protótipo da torre tipo V2CRL, tendo como referência os seguintes documentos:

- Cálculo Estrutural ENGETOWER nº 20.10-C4001;
- Desenho de Silhueta ENGETOWER nº 20.10-D4000/1.

2 FORMAÇÃO DA ESTRUTURA A SER ENSAIADA

A torre tipo V2CRL a ser ensaiada terá altura total de 54.884m (correspondente à altura nominal de 43.5m) e deverá ser instalada sobre base rígida, sendo constituída pelos seguintes componentes:

- Tronco Superior;
- Tronco Inferior;
- 3 Extensões 6.0m.

3 HIPÓTESES DE CARGA

Serão testadas as seguintes hipóteses de carga no ensaio de carregamento do protótipo:

HIPÓTESE	DESCRIÇÃO
3-75	Vento máximo a 75°, cabos intactos
4e	Ruptura da fase lateral esquerda, sem vento
4m	Ruptura da fase central, sem vento
5e	Ruptura do pára-raios esquerdo, sem vento
6Fm	Construção / Manutenção, 2 PR's lançados, lançamento da fase central e demais fases lançadas, sem vento
9	Vento de alta intensidade a 45°, cabos intactos

4 SEQUÊNCIA DE APLICAÇÃO DAS HIPÓTESES DE CARGA

Deverá ser adotada a seguinte sequência de aplicação das hipóteses de carga para realização do ensaio:

- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| TESTE Nº 1 - HIPÓTESE 5e | TESTE Nº 4 - HIPÓTESE 6Fm |
| TESTE Nº 2 - HIPÓTESE 4m | TESTE Nº 5 - HIPÓTESE 3-75 |
| TESTE Nº 3 - HIPÓTESE 4e | TESTE Nº 6 - HIPÓTESE 9 |

5 ETAPAS DE CARREGAMENTO

A estrutura deverá ser submetida a 5 (cinco) etapas de carregamento para cada hipótese selecionada, correspondentes a 50%, 75%, 90%, 95% e 100% das cargas máximas.

Para as etapas de 50%, 75%, 90% e 95% do carregamento, as cargas deverão ser mantidas durante um período mínimo de 1 (um) minuto, ou pelo período necessário para a leitura das cargas e deflexões. Para a etapa de 100% do carregamento, as cargas deverão ser mantidas por um período mínimo de 5 (cinco) minutos.

6 MEDIÇÃO DE DEFLEXÕES

As deflexões transversais, verticais e longitudinais da torre deverão ser medidas no topo e no ponto médio de cada mastro. As medições deverão ser feitas antes, durante e depois da aplicação dos incrementos de carga e após o descarregamento da estrutura, utilizando-se aparelhos óticos adequados.

Antes do início do ensaio deverá ser realizada uma inspeção de pré-montagem, para verificação da verticalidade da estrutura e determinação da deflexão residual de montagem.

7 MEDIÇÃO DE CARGAS

As cargas deverão ser medidas através de dinamômetros eletrônicos (load cells), previamente calibrados e instalados nos pontos de conexão dos cabos com a estrutura. A leitura dessas cargas será feita através de indicadores eletrônicos localizados na cabine de controle.

Deverá ser feito o monitoramento dos esforços em todos os estais.

8 CALIBRAÇÃO DOS DINAMÔMETROS ELETRÔNICOS

A calibração dos dinamômetros eletrônicos deverá ser realizada antes do início dos testes através de procedimento específico e baseada em padrão rastreável. Evidências de rastreabilidade e calibração do padrão devem ser apresentadas. Registros de calibração devem ser realizados e avaliados antes do teste considerando eventual necessidade de ajuste ou substituição de equipamento de medição.

9 AMOSTRAS PARA ENSAIO MECÂNICO

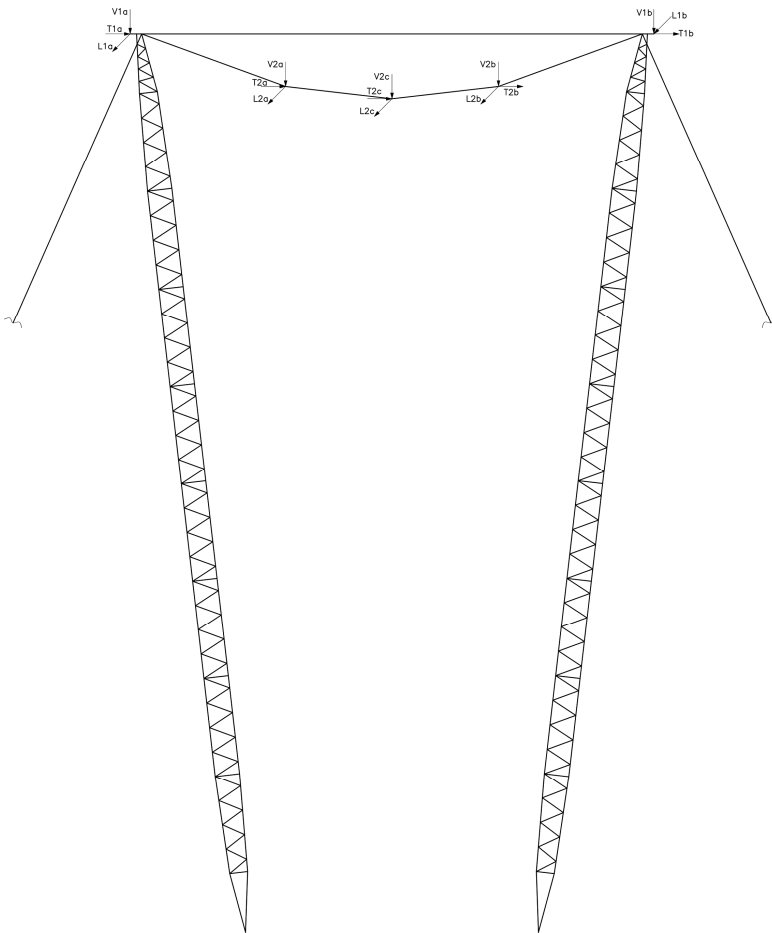
Após a conclusão do ensaio e de sua aprovação deverão ser selecionadas 8 (oito) barras da estrutura, preferencialmente com esbeltez efetiva inferior a C_c , conforme definido na norma ASCE 10-15. Corpos de prova de cada uma dessas barras serão submetidos a ensaios mecânicos, para obtenção das tensões reais de escoamento e de ruptura, e também a ensaios dimensionais.

10 INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

- Os elementos de fixação das cadeias aos cabos de sustentação das fases utilizados no ensaio de carga deverão ser idênticos aos que serão efetivamente fornecidos com as estruturas e as cargas devidas aos cabos deverão ser aplicadas nesses elementos.
- Os estais, cabo de interligação dos mastros, cabo de sustentação das fases e respectivos acessórios para fixação à estrutura deverão ser idênticos aos que serão efetivamente fornecidos com as estruturas.
- Os estais deverão ser instalados com uma carga de pré-tensão igual a (7000 ± 700) kgf, equivalente a $\approx 12\%$ de sua carga mínima de ruptura.
- A torre do teste deverá ser galvanizada.

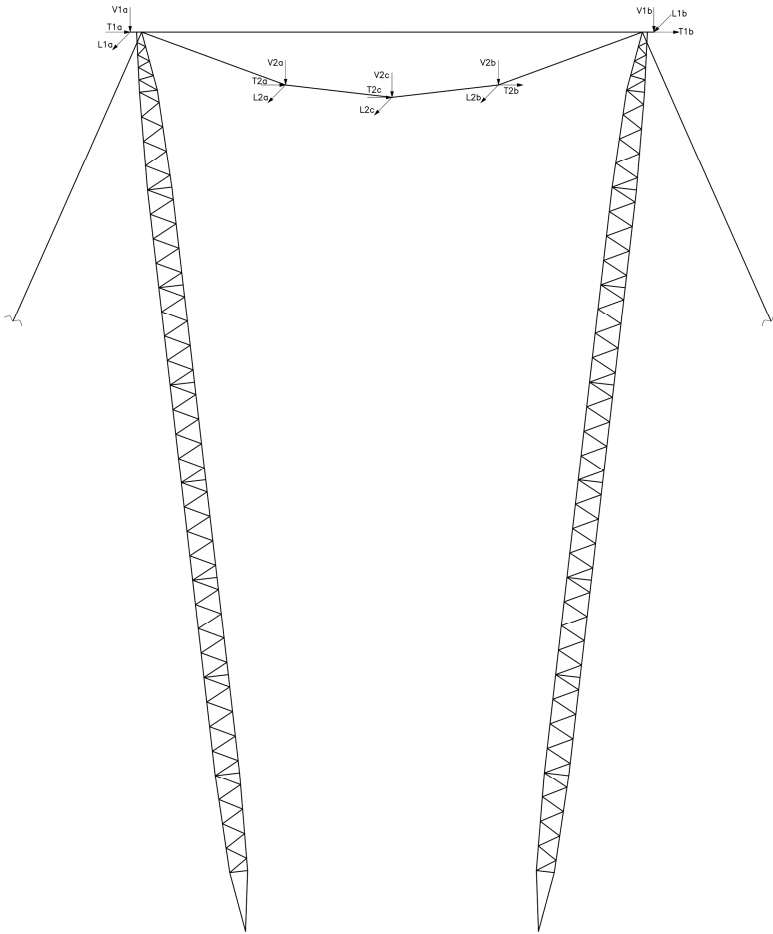
11.1 CARGAS TOTAIS POR HIPÓTESE

11.1.1 TESTE N° 1 - HIPÓTESE 5e



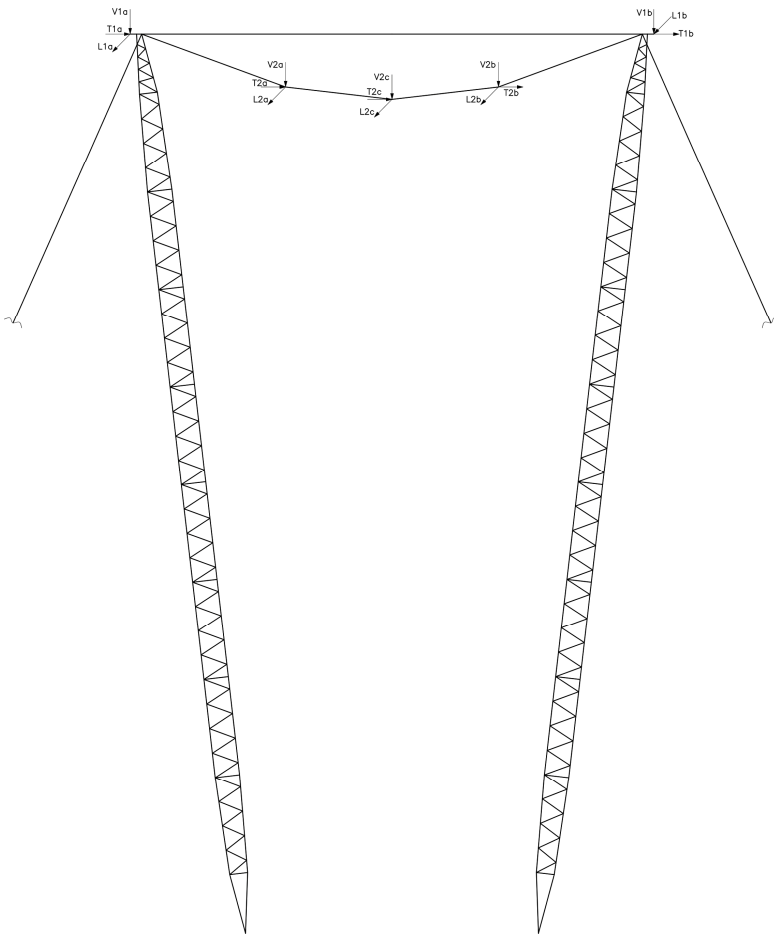
HIPÓTESE 5e - Cargas (kgf)			
Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	469	-	469
V1b	668	-	668
V2a	6006	-	6006
V2b	6006	-	6006
V2c	6006	-	6006
Cargas Transversais			
T1a	24	-	24
T1b	48	-	48
T2a	397	-	397
T2b	397	-	397
T2c	397	-	397
Cargas Longitudinais			
L1a	1718	-	1718
L1b	-	-	-
L2a	-	-	-
L2b	-	-	-
L2c	-	-	-

11.1.2 TESTE N° 2 - HIPÓTESE 4e



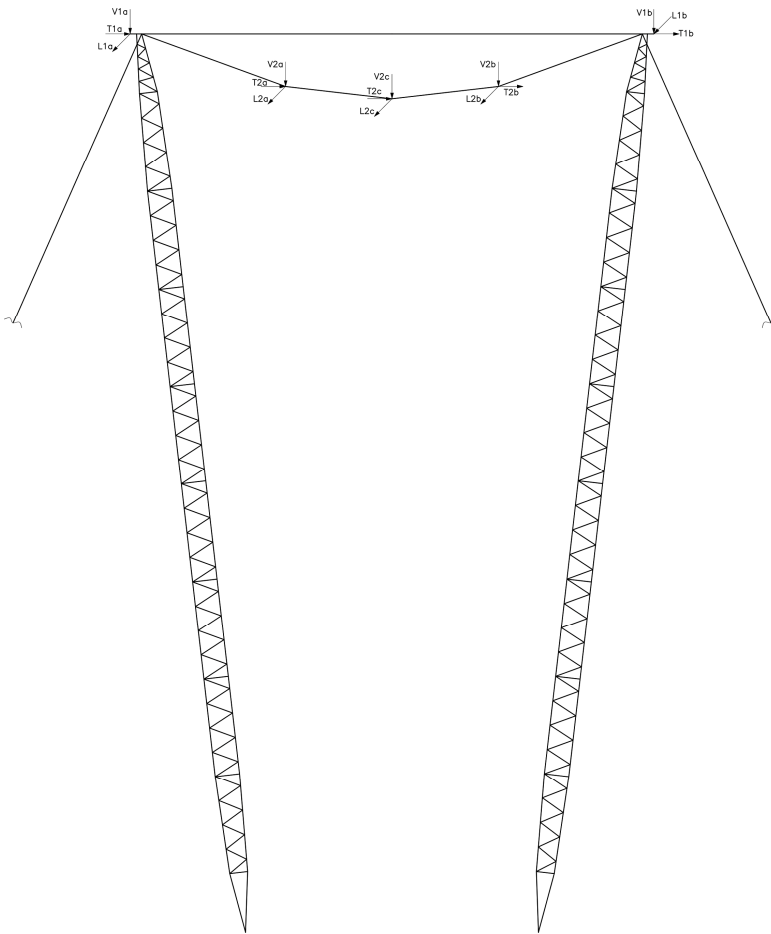
HIPÓTESE 4e - Cargas (kgf)			
Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	668	-	668
V1b	668	-	668
V2a	4310	-	4310
V2b	6006	-	6006
V2c	6006	-	6006
Cargas Transversais			
T1a	48	-	48
T1b	48	-	48
T2a	198	-	198
T2b	397	-	397
T2c	397	-	397
Cargas Longitudinais			
L1a	-	-	-
L1b	-	-	-
L2a	7955	-	7955
L2b	-	-	-
L2c	-	-	-

11.1.3 TESTE N° 3 - HIPÓTESE 4m



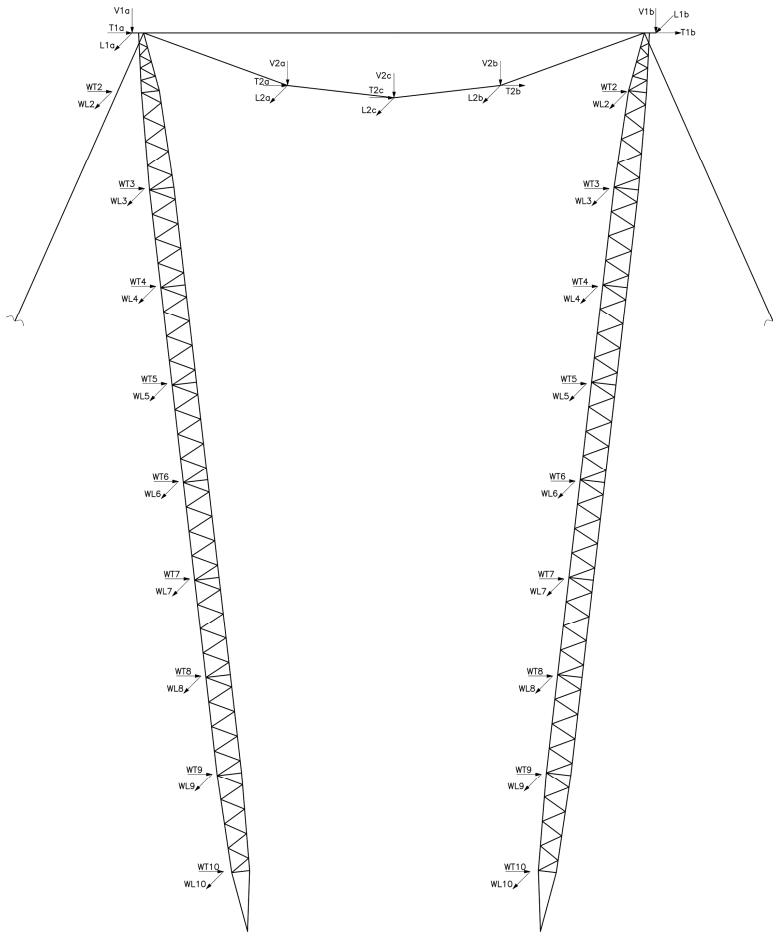
HIPÓTESE 4m - Cargas (kgf)			
Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	668	-	668
V1b	668	-	668
V2a	6006	-	6006
V2b	6006	-	6006
V2c	4310	-	4310
Cargas Transversais			
T1a	48	-	48
T1b	48	-	48
T2a	397	-	397
T2b	397	-	397
T2c	198	-	198
Cargas Longitudinais			
L1a	-	-	-
L1b	-	-	-
L2a	-	-	-
L2b	-	-	-
L2c	7955	-	7955

11.1.4 TESTE N° 4 - HIPÓTESE 6Fm



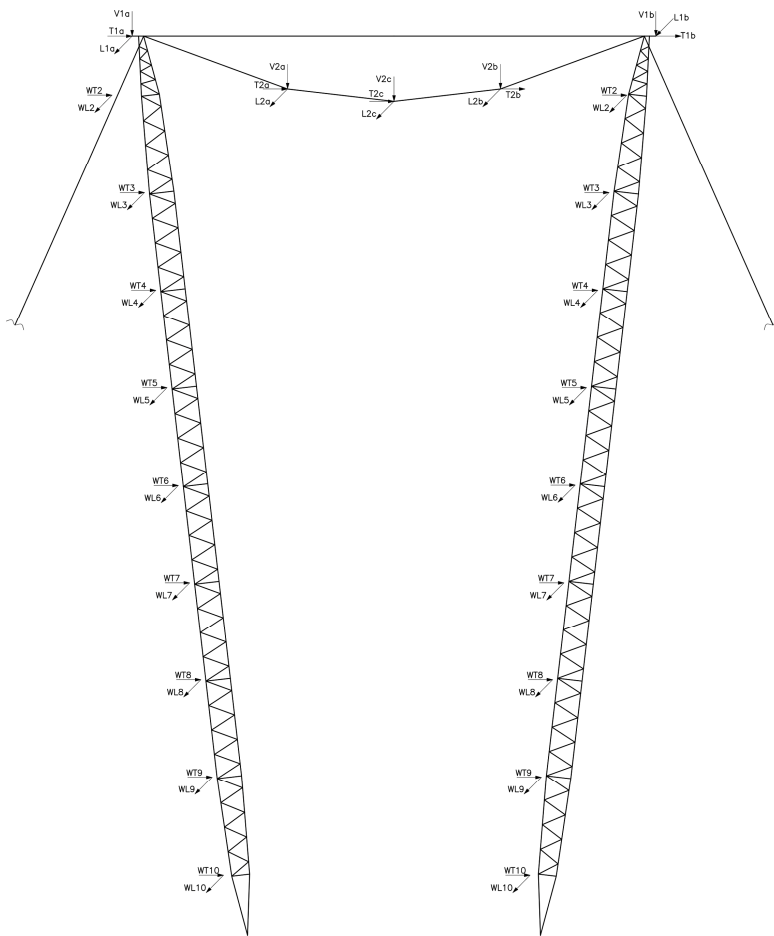
HIPÓTESE 6Fm - Cargas (kgf)			
Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	1260	-	1260
V1b	1260	-	1260
V2a	10473	-	10473
V2b	10473	-	10473
V2c	13661	-	13661
Cargas Transversais			
T1a	69	-	69
T1b	69	-	69
T2a	570	-	570
T2b	570	-	570
T2c	744	-	744
Cargas Longitudinais			
L1a	119	-	119
L1b	119	-	119
L2a	985	-	985
L2b	985	-	985
L2c	1285	-	1285

11.1.5 TESTE Nº 5 - HIPÓTESE 3-75



HIPÓTESE 3-75 - Cargas (kgf)			
Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	668	-	668
V1b	668	-	668
V2a	6006	-	6006
V2b	6006	-	6006
V2c	6006	-	6006
Cargas Transversais			
T1a	779	490/2	1024
T1b	779	490/2	1024
T2a	7068	-	7068
T2b	7068	-	7068
T2c	7068	-	7068
WT2	-	374	374
WT3	-	573	573
WT4	-	600	600
WT5	-	586	586
WT6	-	572	572
WT7	-	553	553
WT8	-	529	529
WT9	-	469	469
WT10	-	276	276
Cargas Longitudinais			
L1a	-	138/2	69
L1b	-	138/2	69
L2a	37	3/2	39
L2b	37	3/2	39
L2c	37	1	38
WL2	-	100	100
WL3	-	153	153
WL4	-	161	161
WL5	-	157	157
WL6	-	153	153
WL7	-	148	148
WL8	-	142	142
WL9	-	126	126
WL10	-	74	74

11.1.6 TESTE Nº 6 - HIPÓTESE 9



HIPÓTESE 9 - Cargas (kgf)			
Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	668	-	668
V1b	668	-	668
V2a	6006	-	6006
V2b	6006	-	6006
V2c	6006	-	6006
Cargas Transversais			
T1a	201	466/2	434
T1b	201	466/2	434
T2a	1971	-	1971
T2b	1971	-	1971
T2c	1971	-	1971
WT2	-	369	369
WT3	-	558	558
WT4	-	597	597
WT5	-	597	597
WT6	-	597	597
WT7	-	597	597
WT8	-	597	597
WT9	-	559	559
WT10	-	354	354
Cargas Longitudinais			
L1a	-	514/2	257
L1b	-	514/2	257
L2a	118	29/2	133
L2b	118	29/2	133
L2c	118	12	130
WL2	-	369	369
WL3	-	558	558
WL4	-	597	597
WL5	-	597	597
WL6	-	597	597
WL7	-	597	597
WL8	-	597	597
WL9	-	559	559
WL10	-	354	354

12 CARGAS MÁXIMAS SOBRE FUNDAÇÕES DOS MASTROS

EQT4/EQT6 - LT 500 kV C.S. - TORRE TIPO V2CRL

AS CARGAS A SEGUIR APRESENTADAS NAO INCLUEM QUALQUER FATOR ADICIONAL DE SOBRECARGA ESPECIFICO PARA FUNDACOES

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=	-1026	VM=	-82362	LM=	-131
Hip.= 9	TM=	2812	VM=	-38327	LM=	2392
Hip.= 3-75	TM=	1120	VM=	-80166	LM=	538
Hip.= 6Fm	TM=	924	VM=	-78224	LM=	-121
Hip.= 9	TM=	1826	VM=	-60620	LM=	2324
Hip.= 4m	TM=	-491	VM=	-51368	LM=	-177

RESUMO DAS CARGAS ULTIMAS MAXIMAS SOBRE FUNDACOES - SISTEMA RETANGULAR

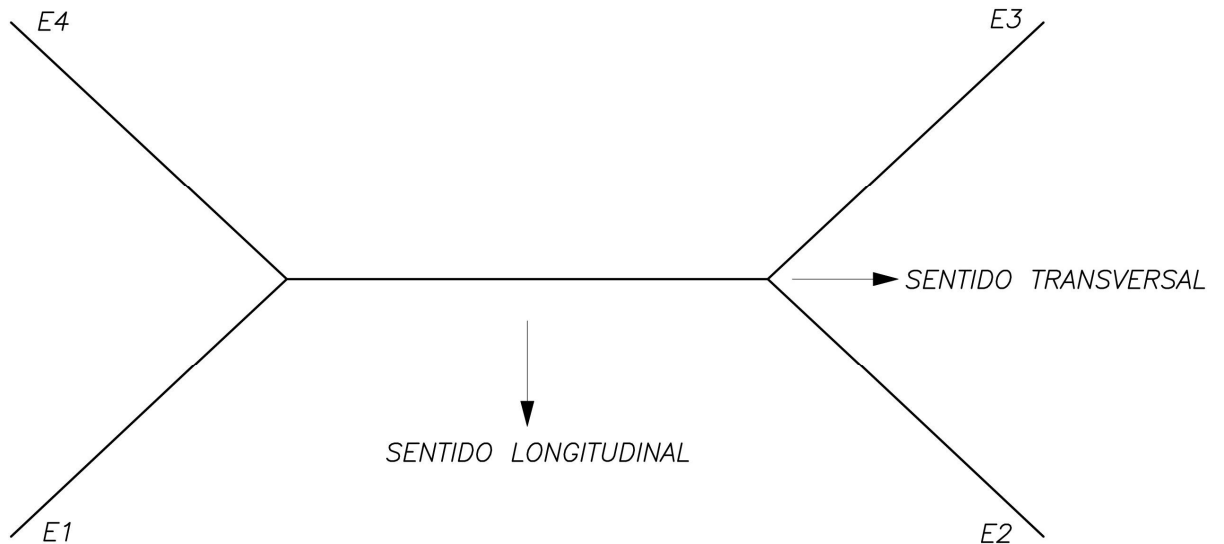
NOTAS :

- 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).

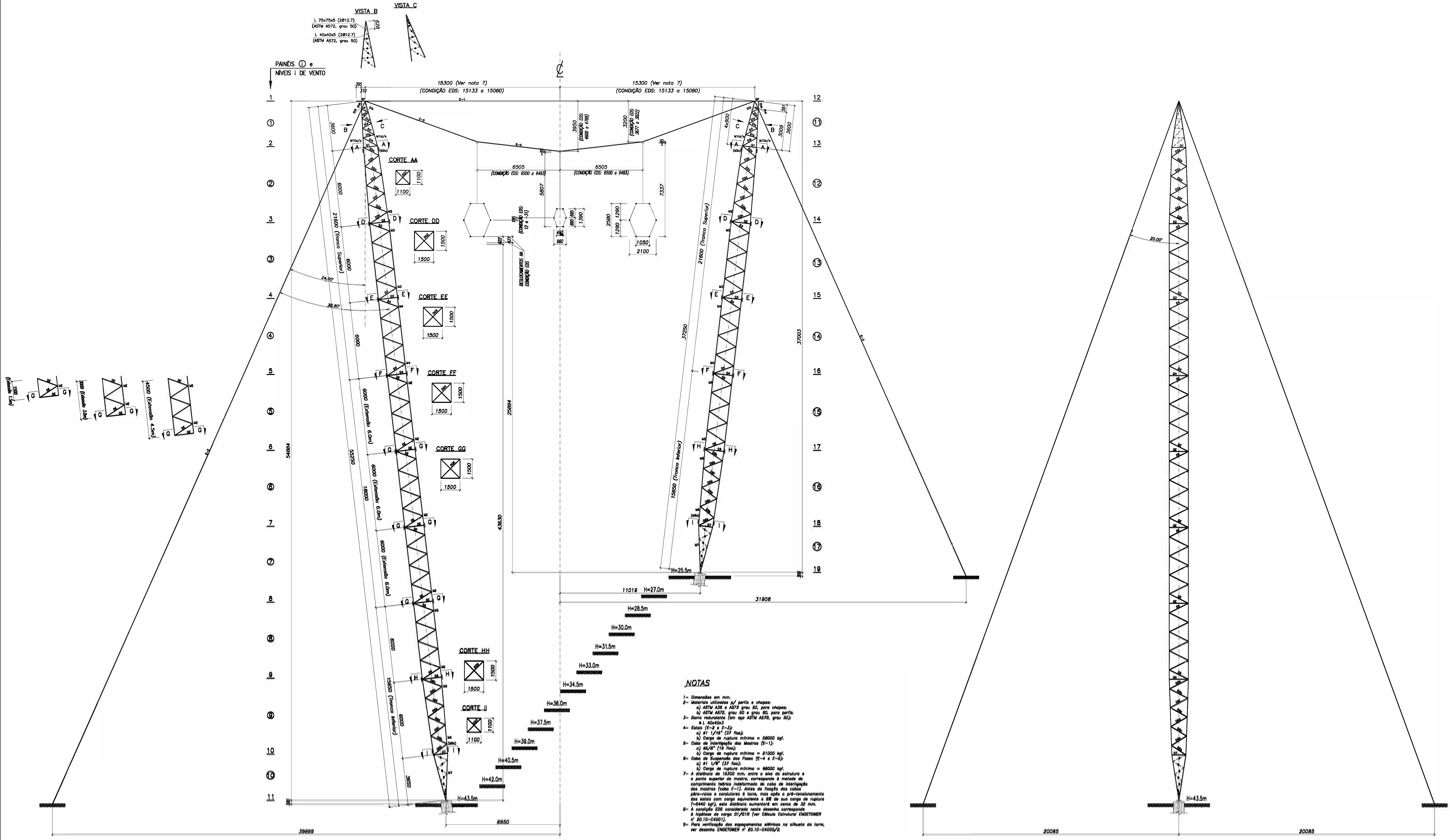
CARGAS COM VERTICAL DE COMPRESSAO

Hip.= 6Fm	T =	8440	V =	-81817	L =	-131
Hip.= 3-75	T =	10334	V =	-79635	L =	538
Hip.= 9	T =	-1594	V =	-38073	L =	2392
Hip.= 9	T =	8793	V =	-60218	L =	2324
Hip.= 6Fm	T =	-8066	V =	-77705	L =	-121
Hip.= 4m	T =	5413	V =	-51027	L =	-177

13 CARGAS PREVISTAS NOS ESTAIS



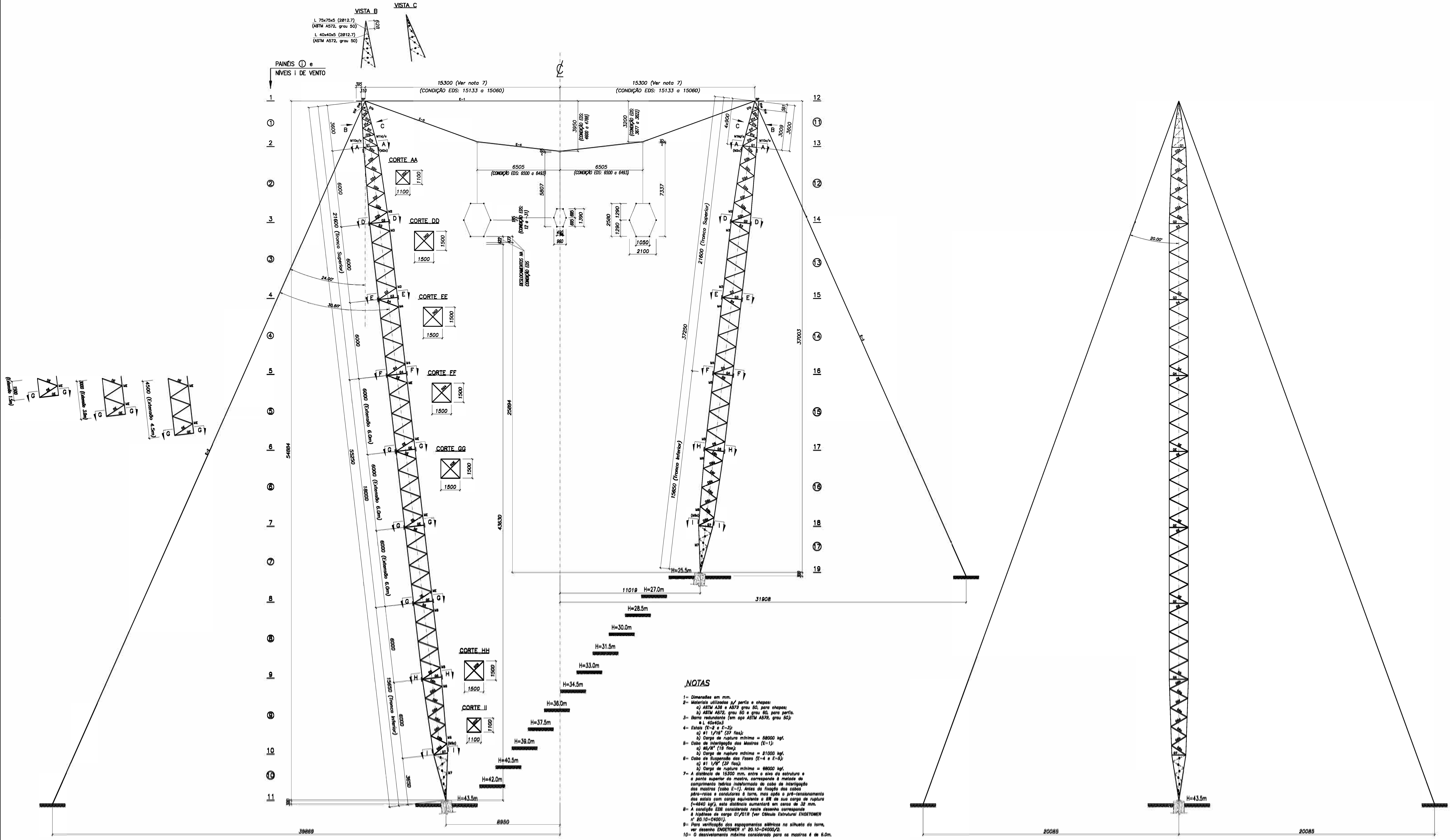
ESTAI \ HIPÓTESE	E1	E2	E3	E4
5e	17413	18709	18882	22780
4m	14499	13574	26201	27486
4e	11751	15885	23368	29879
6Fm	30211	28241	33854	35987
3-75	34298	5898	8288	36832
9	20741	8900	18134	30138



NOTAS

- 1- Dimensões em mm.
- 2- Materiais utilizados *h/ perfil e chapas*:
 a) ASTM A36 e A572 grau 50, para chapas;
 b) ASTM A572 grau 50 e grau 55, para perfis.
 3- Barra retorcida (em aço ASTM A572, grau 50) e 1/2" (12,7 mm).
- 4- Estais (E-1 e E-2):
 a) #1 1/4" (31,8 mm);
 b) Carga de ruptura mínima = 88000 kgf.
 5- Cabo de interligação nos Meios (E-1):
 a) #5/8" (15,9 mm);
 b) Carga de ruptura mínima = 21000 kgf.
 6- Cabo de Suspensão dos Passos (E-4 e E-5):
 a) #1 1/2" (37,8 mm);
 b) Carga de ruptura mínima = 88000 kgf.
 7- A distância de 15300 mm, entre o topo da estrutura e o ponto superior do mastro, corresponde à metade do comprimento teórico informado no cabo de interligação dos meios (Cabo E-1). Antes da tração dos cabos pára-raios e condutores à terra, mas após o pré-tensionamento dos cabos com carga equivalente a 50% da sua carga de ruptura (2840 kgf), esta distância aumentará em cerca de 12 mm.
 8- A avaliação EIS considerada neste desenho corresponde à hipótese de carga D1/D1K (ver Cálculo Estrutural ENDOTOWER nº 25.10-04000/1).
 9- Para verificação dos espaçamentos mínimos na silhueta da torre, ver desenho ENDOTOWER nº 25.10-04000/2.

PROJETO ESTRUTURAL		CLIENTE	
engetower		AG ANDRADE GUTIERREZ EQUATORIAL TRANSMISSÃO	
FEZ	18.04.17	FEZ	18.04.17
VERIFICADO	RCM 18.04.17	VERIFICADO	RCM 18.04.17
APROVADO		APROVADO	
18.04.17		18.04.17	
1662		1662	
1:100		1:100	
20.10-D4000/1		RE-EQT4-L402-PB-EST-0021 00	



PRIMEIRO ESTRUTURAL		CLIENTE	
engetower		AG ANDRADE GUTIERREZ TRANSMISSÃO	
FBS 18.04.17		TÍTULO	
RCM 18.04.17		LEILÃO ANEEL 013/2015 2ª ETAPA - LOTE 14A	
VERIFICADO		LINHA DE TRANSMISSÃO 500 KV CIRCUITO SIMPLES	
VISTA PROJETO		JANAGBA 3 / PRESIDENTE JUSCELINO 01	
PRRLS 18.04.17		TORRE TIPO V2CRL	
1862		DESENHO DE SILHUETA	
1:100		NÚMERO QUOTE	
20.10-D4000/1		RE-EQT4-L402-PB-EST-0021 01	