




# CANTAREIRA ENERGIA

## LINHA DE TRANSMISSÃO 500 kV CIRCUITO DUPLO

### ESTREITO / FERNÃO DIAS

### PROJETO BÁSICO

### ESTRUTURAS

0A	FGS	RCM	PRRLS	27/08/14	EMISSÃO INICIAL				
REV.	FEITO	VERIF.	APROV.	DATA	DESCRIÇÃO				
PROJETO ESTRUTURAL:					CLIENTE:				
					 LEME 				
FEITO	VERIF.	V. PROJ.	APROV.	DATA	O.S.	Nº ENGETOWER	Nº CLIENTE	REV.	TOT. FOLHAS
FGS	RCM	RCM	PRRLS	27/08/14	1530	36.80-B1001		0A	1/85

## 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	19
5 HIPÓTESES DE CARGA	Pág.	20	a	84
6 DIRETRIZES PARA O DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL	Pág.	85		

## **1 OBJETIVO**

Definir a série de estruturas a ser utilizada na LT 500 kV C.D. Estreito / Fernão Dias, 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		Pára-raios		
		(4 cabos/fase)				
Tipo		ACAR	OPGW	OPGW	CAA	aço galvanizado EAR
Código		-	17.9	13.4	DOTTEREL	-
Bitola		1000 MCM	17.9 mm	13.4 mm	176.9 MCM	Ø3/8"
Formação		30/7 fios	12/12 fios	10 fios	12/7 fios	7 fios
Área total	cm <sup>2</sup>	5.0664	1.8500	1.0300	1.4193	0.5114
Diâmetro	cm	2.9240	1.7900	1.3400	1.5420	0.9520
Peso unitário	kgf/m	1.3970	1.0020	0.6820	0.6570	0.4060
Carga de ruptura	kgf	9254	16083	9477	7865	6990
Mód. de Elast. inicial	kgf/cm <sup>2</sup>	$0.5342 \times 10^6$	$1.2310 \times 10^6$	$1.3800 \times 10^6$	$0.9720 \times 10^6$	$1.8500 \times 10^6$
Mód. de Elast. final	kgf/cm <sup>2</sup>	$0.6536 \times 10^6$	$1.2310 \times 10^6$	$1.3800 \times 10^6$	$1.0600 \times 10^6$	$1.8500 \times 10^6$
Coef. Dilat. Térm. inicial	°C <sup>-1</sup>	$2.3000 \times 10^{-5}$	$1.4700 \times 10^{-5}$	$1.3200 \times 10^{-5}$	$1.4700 \times 10^{-5}$	$1.1500 \times 10^{-5}$
Coef. Dilat. Térm. final	°C <sup>-1</sup>	$2.3000 \times 10^{-5}$	$1.4700 \times 10^{-5}$	$1.3200 \times 10^{-5}$	$1.5400 \times 10^{-5}$	$1.1500 \times 10^{-5}$

### 2.2 CADEIAS DE ISOLADORES

TIPO	Nº DE ISOLADORES	ÁREA EXPOSTA (m <sup>2</sup> )	PESO (kgf)
SUSPENSÃO	22	1.047	180
ANCORAGEM DUPLA	2 x 23	2.190	450

### 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  $V_{R(50)} = 25.00$  m/s
- Período de Retorno  $T = 250$  anos
- Velocidade de Vento de Referência  $V_{R(250)} = 30.56$  m/s

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 =  $1.119$  kg/m<sup>3</sup>  
(temperatura = 10°C, altitude = 900m)
  - $g =$  aceleração da gravidade =  $9.81$  m/s<sup>2</sup>  
 $\Rightarrow q_0 = 53.3$  kgf/m<sup>2</sup>

2.3.3 Vento de Alta Intensidade

Será considerado vento com velocidade  $V_i$  igual a 47.22 m/s, 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 = 1.119 kg/m<sup>3</sup>  
(temperatura = 10°C, altitude = 900m)
  - $g$  = aceleração da gravidade = 9.81 m/s<sup>2</sup>  
 $\Rightarrow q_i = 127.2 \text{ kgf/m}^2$

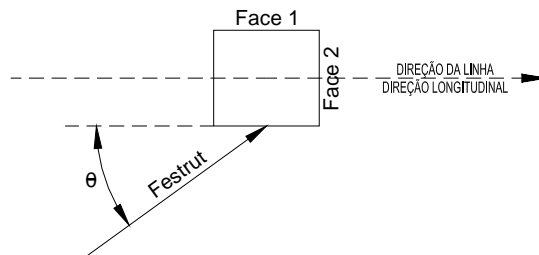
### 2.3.4 Ação do vento na estrutura

#### 2.3.4.1 Vento Máximo:

A carga de vento máximo atuante na estrutura será determinada de acordo com o prescrito na Publicação IEC 60826, utilizando-se a expressão abaixo:

$$F_{\text{estrut}} = q_0 G_T (1 + 0.2\text{sen}^2\theta) (S_{T1}C_{XT1}\text{sen}^2\theta + S_{T2}C_{XT2}\text{cos}^2\theta), \text{ onde:}$$

- $F_{\text{estrut}}$  carga de vento, atuante na direção do vento, em kgf
- $q_0$  = 53.3 kgf/m<sup>2</sup>
- $G_T$  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<sup>2</sup>
- $S_{T2}$  Área líquida da face 2 do painel em consideração, em m<sup>2</sup>
- $C_{XT1}$  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
- $\theta$  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:

$$F_{\text{estrut}} = 127.2 (1 + 0.2\text{sen}^2\theta) (S_{T1}C_{XT1}\text{sen}^2\theta + S_{T2}C_{XT2}\text{cos}^2\theta) \quad (\text{carga em kgf})$$

2.3.4.3 As cargas calculadas conforme indicado nos itens 2.3.4.1 e 2.3.4.2 atuam na direção do vento e devem ser aplicadas no centro de gravidade de cada um dos painéis em que a estrutura for dividida.

### 2.3.5 Ação do Vento nas Cadeias de Isoladores

#### 2.3.5.1 Vento Máximo:

$$F_i = q_0 G_i C_{xi} A_i, \text{ onde:}$$

- $F_i$  carga de vento, atuante na direção do vento, em kgf

$q_0$	= 53.3 kgf/m <sup>2</sup>
$G_i$	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 <sup>2</sup> ) 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
$q_i$	= 127.2 kgf/m <sup>2</sup>
$C_{Xi}$	Coeficiente de arrasto = 1.2
$A_i$	Área exposta ao vento (em m <sup>2</sup> ) 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
$q_0$	= 53.3 kgf/m <sup>2</sup>
$G_C$	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
$\Omega$	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
$q_i$	= 127.2 kgf/m <sup>2</sup>
$C_{XC}$	Coeficiente de arrasto = 1.0
$\varnothing$	Diâmetro (em m) do cabo
$L$	Vão médio (em m) da estrutura
$\Omega$	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 Condições básicas para cálculo das trações:

- Vão básico de referência: 550 m
- Condições de tracionamento dos cabos:

CABO	TRAÇÃO final EDS
CONDUTOR	23.0% CR
PÁRA-RAIOS OPGW 17.9 mm	10.5% CR
PÁRA-RAIOS OPGW 13.4 mm	12.1% CR
PÁRA-RAIOS DOTTEREL	14.1% CR
PÁRA-RAIOS Ø3/8" EAR	9.8% 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: 13.0 m

### 2.4.2 Pressão de vento atuante nos cabos condutores ( $q_C$ ):

- Flecha para temperatura mínima: 23.8 m
- Flecha para temperatura máxima: 27.3 m
- Distância vertical entre condutor inferior e c.g. das fases: 4.0 m
- $H_C = 13.0 + 27.3 + 4.0 - 2/3 \times 23.8 = 28.4$  m
- Altura adotada: 29.0 m
- $G_C$ : 2.22
- $G_L$ : 0.91
- $C_{XC}$ : 1.0
- $q_C = G_C G_L C_{XC} q_0$ : 107.68 kgf/m<sup>2</sup>

### 2.4.3 Pressão de vento atuante nos cabos pára-raios ( $q_{PR}$ ):

- Flecha para temperatura mínima: 21.6 m
- Distância vertical entre fase inferior e pára-raios: 17.6 m
- $H_{PR} = 13.0 + 27.3 + 17.6 - 2/3 \times 21.6 = 43.5$  m
- Altura adotada: 44.0 m
- $G_C$ : 2.39
- $G_L$ : 0.91
- $C_{XPR}$ : 1.0
- $q_{PR} = G_C G_L C_{XPR} q_0$ : 115.92 kgf/m<sup>2</sup>

### 2.4.4 Estados de Carga:

- 1 → EDS: 19°C, sem vento
- 2 → Temperatura mínima: -3°C
- 3 → Temperatura máxima: 70°C no condutor e 40°C no pára-raios
- 4 → Vento máximo 90° (transversal), temperatura = 10°C
- 5 → Vento máximo 75°, temperatura = 10°C
- 6 → Vento máximo 60°, temperatura = 10°C
- 7 → Vento máximo 45°, temperatura = 10°C
- 8 → Vento máximo 30°, temperatura = 10°C
- 9 → Vento máximo 15°, temperatura = 10°C
- 10 → Vento máximo 0°, temperatura = 10°C
- 11 → Vento reduzido 90° (60% de  $V_{R(250)}$ ), temperatura = 10°C

2.4.5 Trações nos Cabos:

ESTADOS DE CARGA	CONDUTOR	PÁRA-RAIOS			
		OPGW 17.9 mm	OPGW 13.4 mm	DOTTEREL	Ø3/8" EAR
1	2128	1689	1147	1109	685
2	2229	1748	1182	1150	704
3	1938	1637	1115	1073	668
4	4960	3606	2601	2891	1782
5	4713	3436	2476	2745	1692
6	4044	2977	2136	2345	1445
7	3175	2385	1689	1807	1113
8	2467	1909	1319	1339	824
9	2191	1728	1173	1142	703
10	2168	1712	1161	1125	693
11	2746	2095	1466	1528	941

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 1750 kgf.



### 3 SÉRIE DE ESTRUTURAS

#### 3.1 TIPOS ESTRUTURAIS

- Torre estaiada de suspensão leve tipo CEL;
- Torre autoportante de suspensão leve tipo CSL;
- Torre autoportante de suspensão reforçada tipo CSP;
- Torre autoportante de ancoragem meio de linha tipo CA1;
- Torre autoportante de ancoragem meio de linha tipo CA2;
- Torre autoportante de ancoragem meio de linha e ancoragem fim de linha tipo CAT;
- Torre autoportante de suspensão para transposição tipo CTR.

#### 3.2 APLICAÇÕES DAS ESTRUTURAS

CARACTERÍSTICA	CEL (Estaiada de Suspensão Leve)	
	Ângulo de deflexão	0°
Vão médio	575 m	505 m
Vão gravante	Condutor: 355 a 750 m Pára-raios: 355 a 800 m	
Alturas úteis	34.5 a 49.5 m (variação de 1.5 m)	

CARACTERÍSTICA	CSL (Autoportante de Suspensão Leve)	
	Ângulo de deflexão	0°
Vão médio	575 m	505 m
Vão gravante	Condutor: 355 a 800 m Pára-raios: 355 a 850 m	
Alturas úteis	16.5 a 49.5 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	CSP (Autoportante de Suspensão Reforçada)	
	Ângulo de deflexão	0°
Vão médio	700 m	510 m
Vão gravante	Condutor: 280 a 1000 m Pára-raios: 280 a 1050 m	
Alturas úteis	16.5 a 49.5 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	

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>CA1</b> (Autoportante de Ancoragem Meio de Linha)
Ângulo de deflexão	15°
Vão médio	400 m
Vão gravante	Condutor: -600 a 1200 m Pára-raios: -650 a 1300 m
Alturas úteis	16.5 a 46.5 m (variação de 1.5 m)
Extensões	6.0, 12.0, 18.0 e 24.0 m
Pés	4.5, 6.0, 7.5, 9.0 e 10.5 m

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>CA2</b> (Autoportante de Ancoragem Meio de Linha)
Ângulo de deflexão	30°
Vão médio	400 m
Vão gravante	Condutor: -600 a 1200 m Pára-raios: -650 a 1300 m
Alturas úteis	16.5 a 40.5 m (variação de 1.5 m)
Extensões	6.0, 12.0 e 18.0 m
Pés	4.5, 6.0, 7.5, 9.0 e 10.5 m

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>CAT</b> (Autoportante 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: -600 a 1200 m Pára-raios: -650 a 1300 m	
Alturas úteis	16.5 a 40.5 m (variação de 1.5 m)	
Extensões	6.0, 12.0 e 18.0 m	
Pés	4.5, 6.0, 7.5, 9.0 e 10.5 m	

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>CTR</b> (Autoportante de Suspensão para Transposição)	
Ângulo de deflexão	0°	2°
Vão médio	575 m	505 m
Vão gravante	Condutor: 395 a 800 m Pára-raios: 395 a 850 m	
Alturas úteis	16.5 a 43.5 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	

### 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	ANCORAGEM
CEL	H= 56.0 m; $G_i= 2.54$	-
CSL	H= 56.0 m; $G_i= 2.54$	-
CSP	H= 56.0 m; $G_i= 2.54$	-
CA1	H= 50.5 m; $G_i= 2.50$	H= 50.5 m; $G_i= 2.50$
CA2	H= 44.5 m; $G_i= 2.45$	H= 44.5 m; $G_i= 2.45$
CAT	H= 44.5 m; $G_i= 2.45$	H= 44.5 m; $G_i= 2.45$
CTR	H= 50.0 m; $G_i= 2.50$	-

##### 3.3.2.2 Pressão devida ao Vento Máximo ( $q_0 G_i C_{xi}$ , em kgf/m<sup>2</sup>)

ESTRUTURA	SUSPENSÃO	ANCORAGEM
CEL	162.46	-
CSL	162.46	-
CSP	162.46	-
CA1	159.90	159.90
CA2	156.70	156.70
CAT	156.70	156.70
CTR	159.90	-

#### 3.3.3 Cabos condutores e pára-raios

##### 3.3.3.1 Vão Médio e altura dos cabos

ESTRUTURA	VÃO MÉDIO	CONDUTOR	PÁRA-RAIOS
CEL	L=575m; $G_L=0.90$	$H_C=30m$ ; $G_C=2.24$	$H_{PR}=45m$ ; $G_C=2.40$
CSL	L=575m; $G_L=0.90$	$H_C=30m$ ; $G_C=2.24$	$H_{PR}=45m$ ; $G_C=2.40$
CSP	L=700m; $G_L=0.88$	$H_C=36m$ ; $G_C=2.31$	$H_{PR}=53m$ ; $G_C=2.47$
CA1	L=400m; $G_L=0.95$	$H_C=23m$ ; $G_C=2.14$	$H_{PR}=39m$ ; $G_C=2.34$
CA2	L=400m; $G_L=0.95$	$H_C=23m$ ; $G_C=2.14$	$H_{PR}=39m$ ; $G_C=2.34$
CAT	L=400m; $G_L=0.95$	$H_C=23m$ ; $G_C=2.14$	$H_{PR}=39m$ ; $G_C=2.34$
CTR	L=575m; $G_L=0.90$	$H_C=30m$ ; $G_C=2.24$	$H_{PR}=46m$ ; $G_C=2.41$

##### 3.3.3.2 Pressão devida ao Vento Máximo ( $q_0 G_c G_L C_{xc}$ , em kgf/m<sup>2</sup>)

ESTRUTURA	CONDUTOR	PÁRA-RAIOS
CEL	107.45	115.13
CSL	107.45	115.13
CSP	108.35	115.85
CA1	108.36	118.49
CA2	108.36	118.49
CAT	108.36	118.49
CTR	107.45	115.61

## 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 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 CEL, CSL e CTR: 15°
- estruturas CSP, CA1, CA2 e CAT: 20°

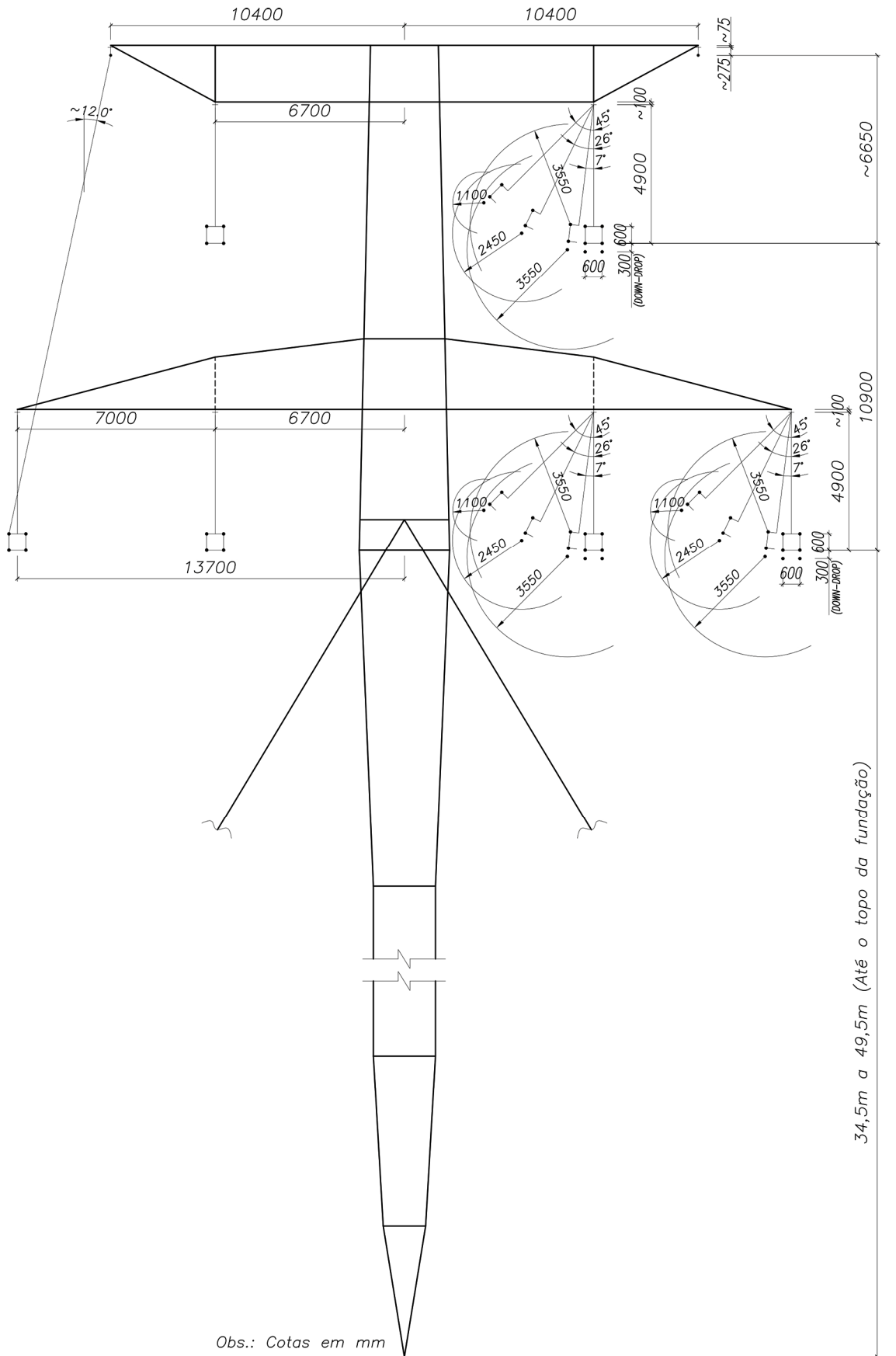
4.3 As mísulas dos condutores das estruturas de ancoragem tipos CA1, CA2 e CAT devem ser projetadas com detalhes para fixações da cadeia de passagem do jumper no ponto central da mísula e nas duas extremidades, junto às faces transversais da estrutura.

4.4 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.

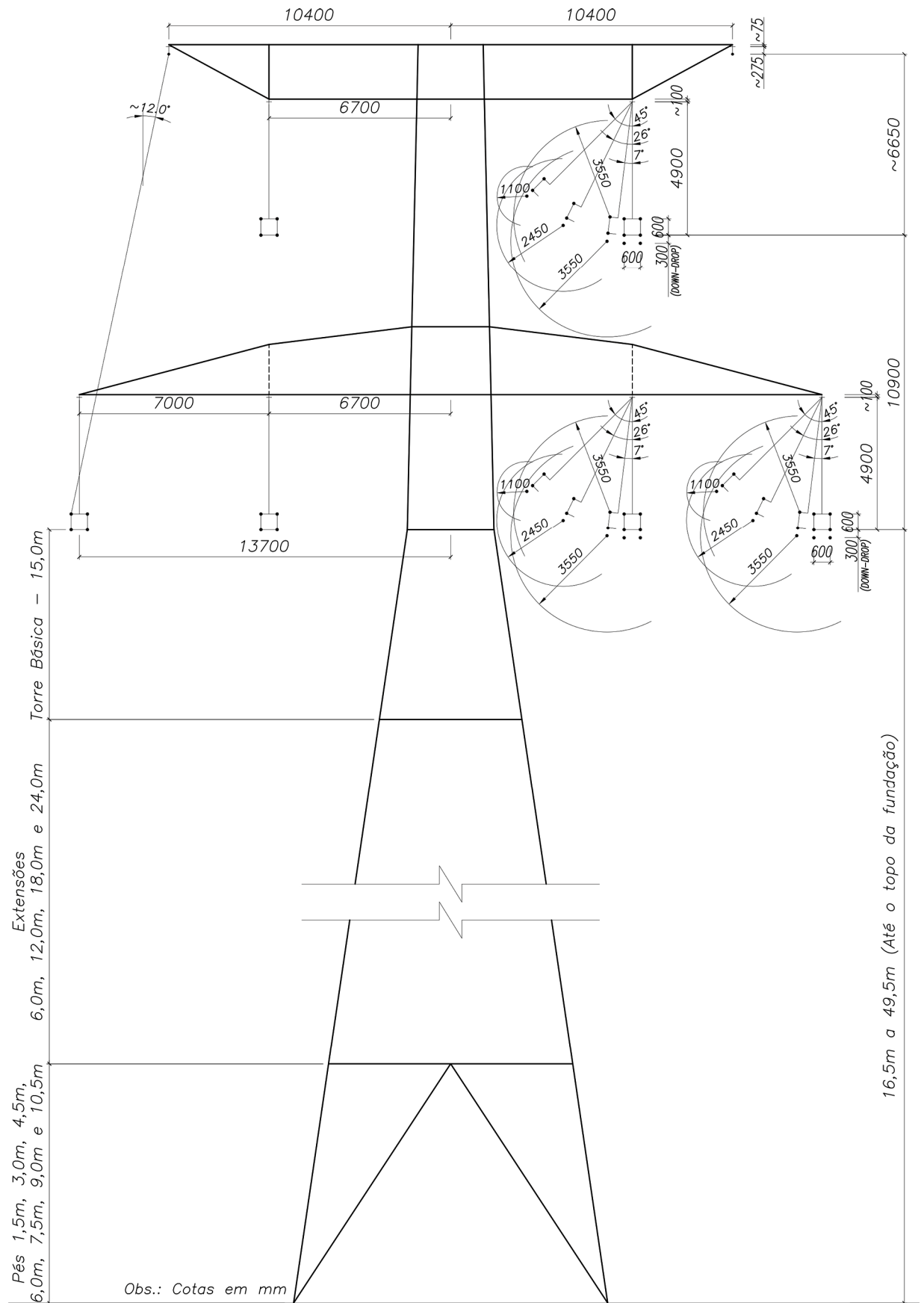
4.5 Todas as estruturas devem ser projetadas com furações adequadamente posicionadas de modo a permitir pontos auxiliares de fixação para a execução segura das operações de montagem, de lançamento e grampeamento de cabos e de manutenção.

4.6 As silhuetas típicas que compõem a série de estruturas são apresentadas a seguir:

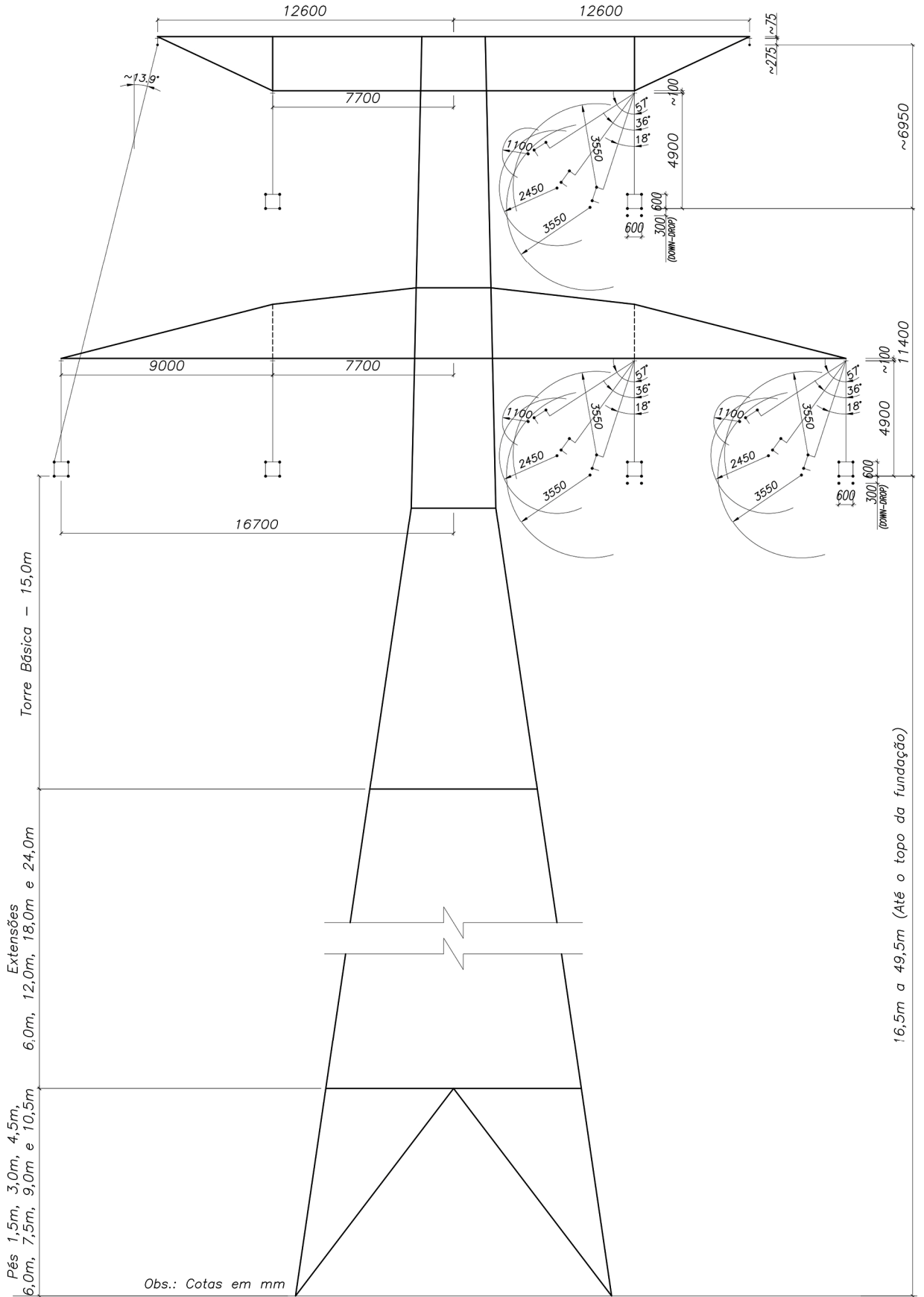
### 4.6.1 TORRE ESTAIADA DE SUSPENSÃO TIPO CEL



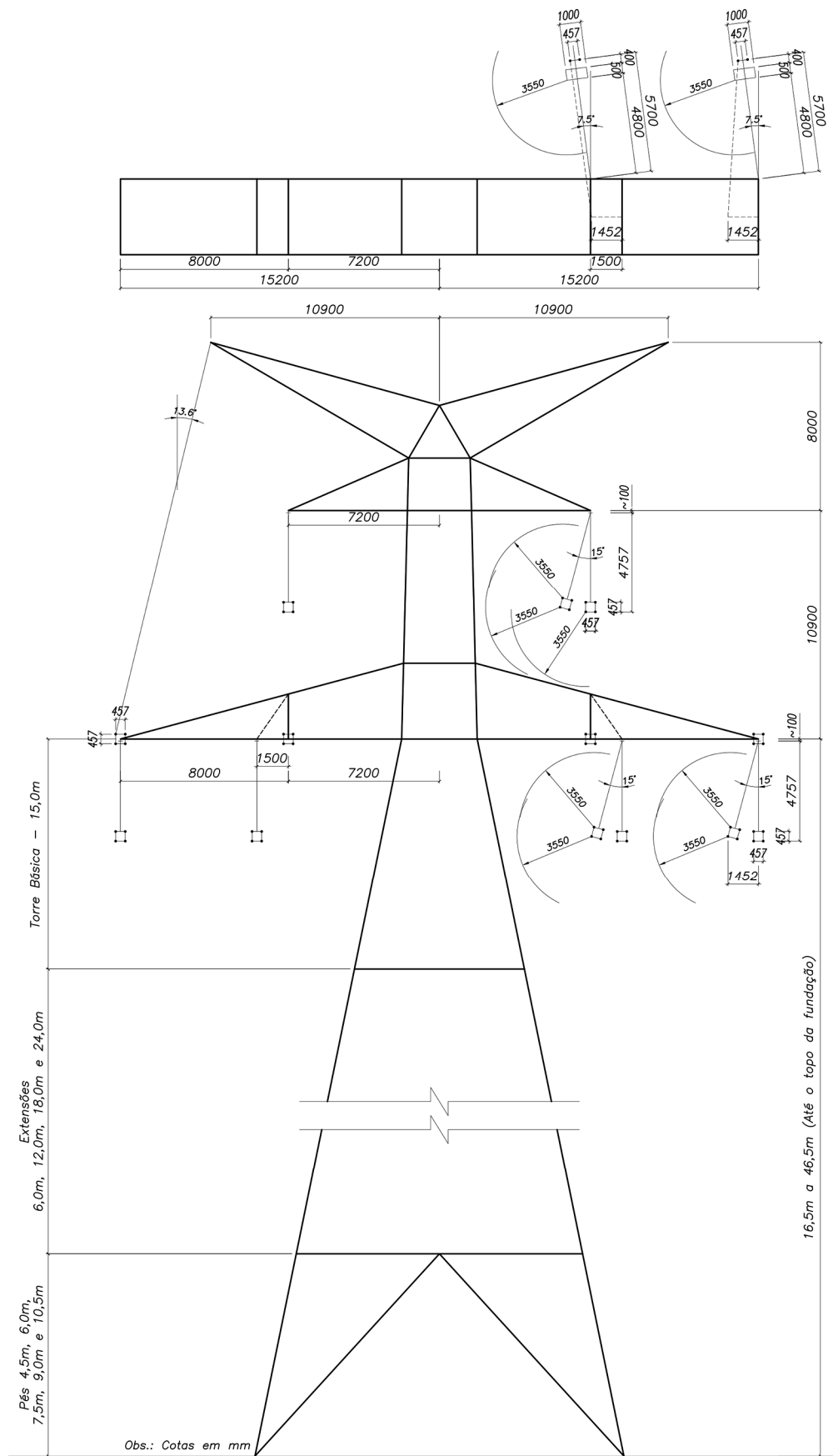
### 4.6.2 TORRE AUTOPORTANTE DE SUSPENSÃO TIPO CSL



### 4.6.3 TORRE AUTOPORTANTE DE SUSPENSÃO TIPO CSP

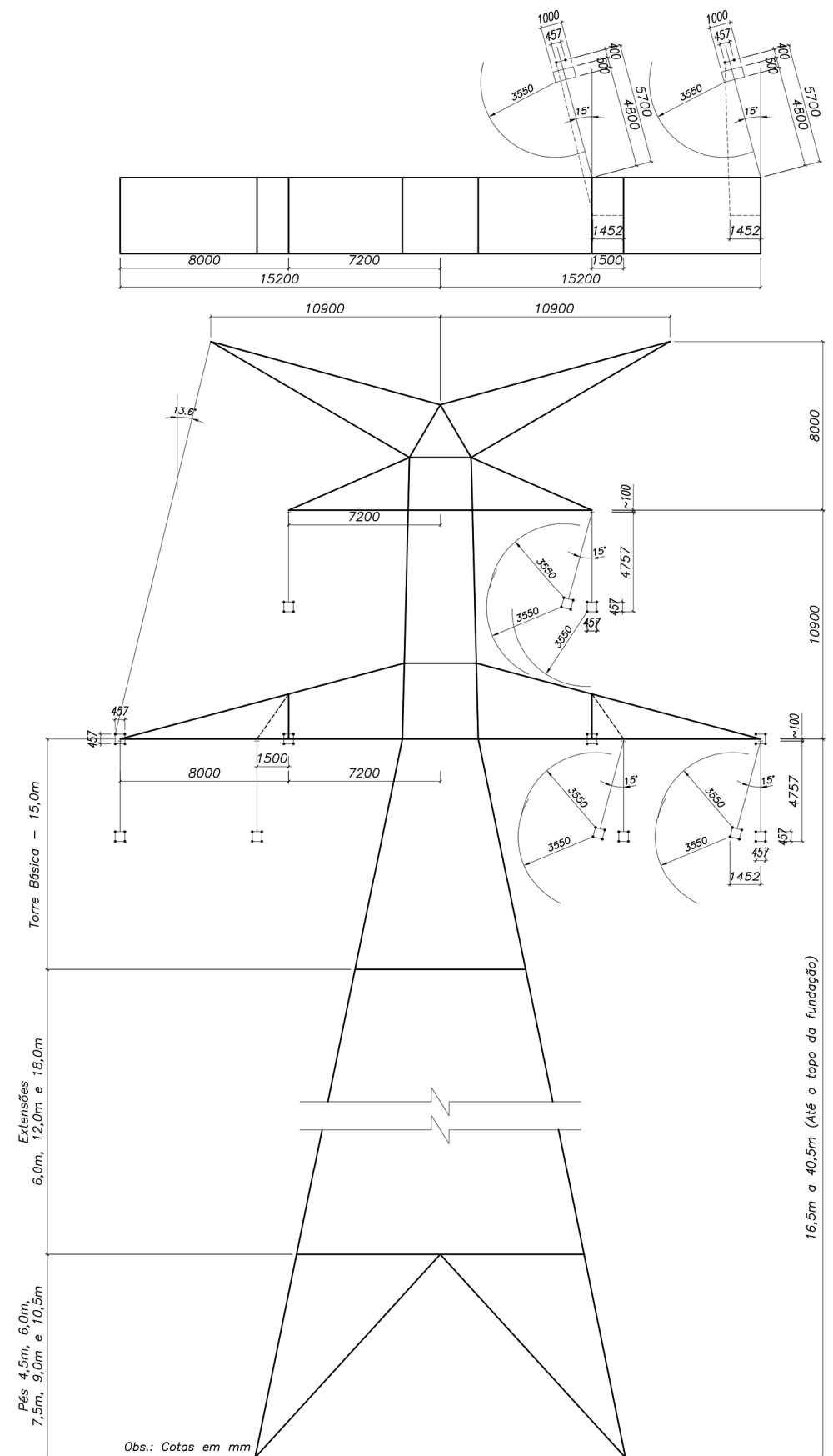


#### 4.6.4 TORRE AUTOPORTANTE DE ANCORAGEM MEIO DE LINHA TIPO CA1

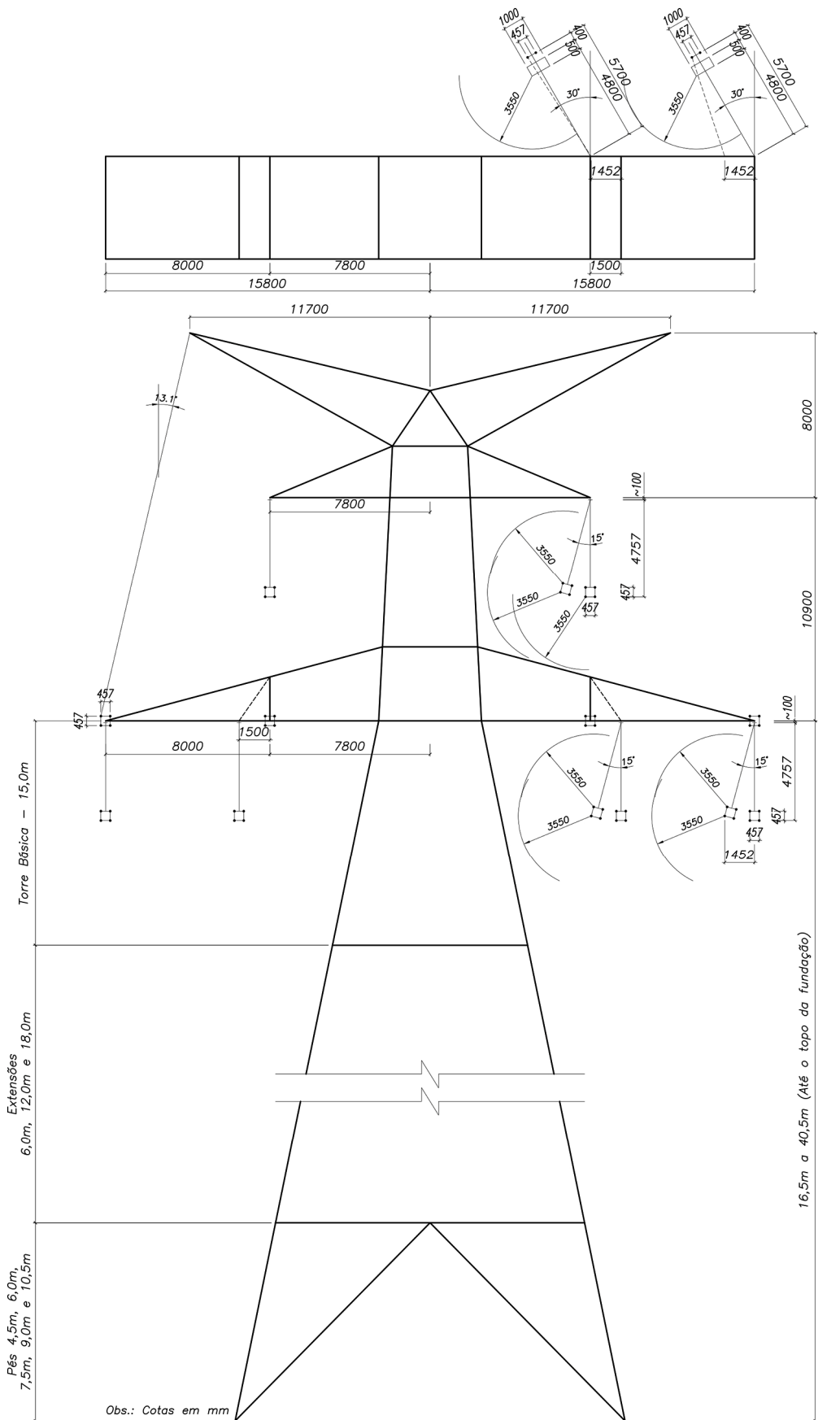




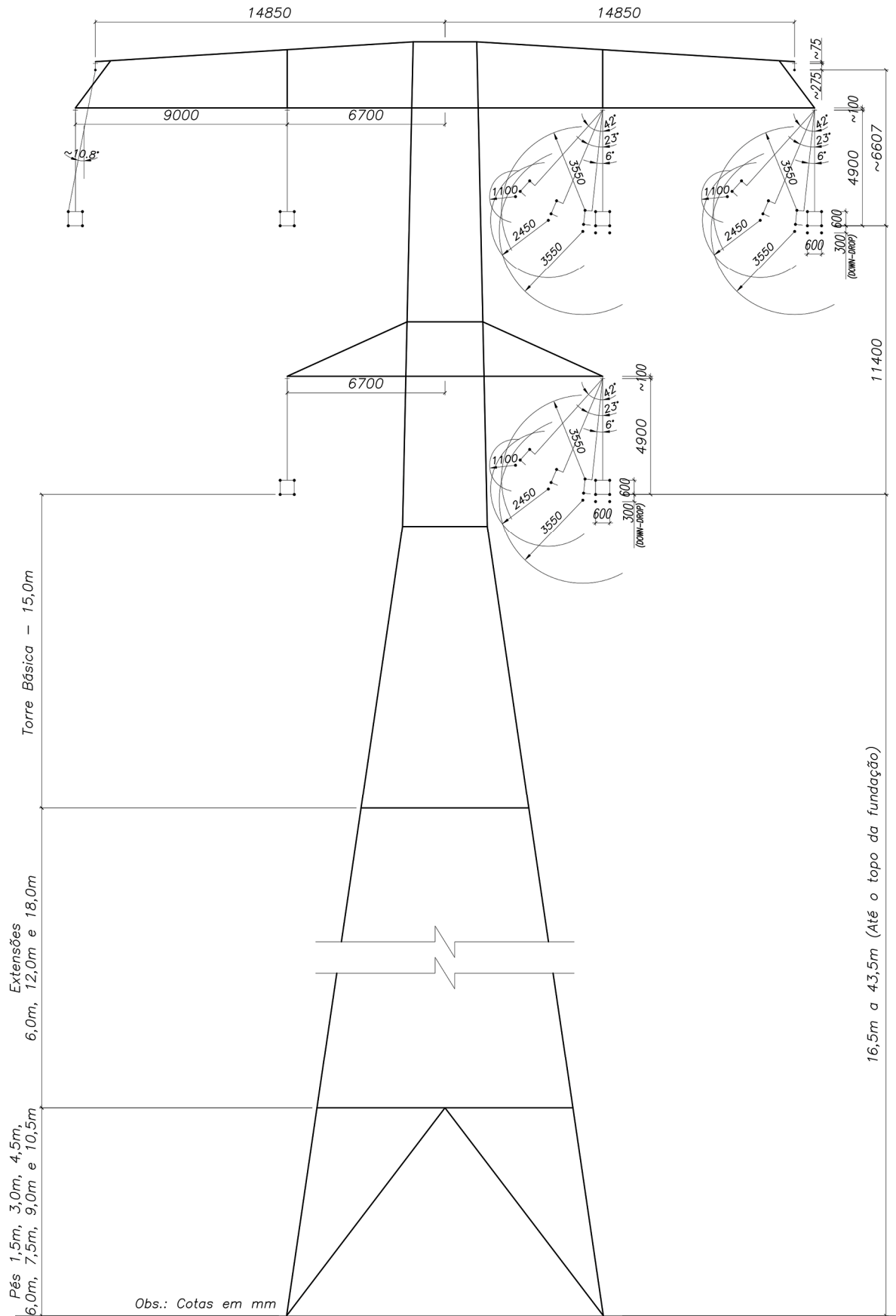
### 4.6.5 TORRE AUTOPORTANTE DE ANCORAGEM MEIO DE LINHA TIPO CA2



### 4.6.6 TORRE AUTOPORTANTE DE ANC. MEIO DE LINHA e ANC. FIM DE LINHA TIPO CAT



### 4.6.7 TORRE AUTOPORTANTE DE SUSPENSÃO PARA TRANSPOSIÇÃO TIPO CTR



## 5 HIPÓTESES DE CARGA

### 5.1 TORRE DE SUSPENSÃO ESTAIADA TIPO CEL

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).
1X	VENTO MÁXIMO TRANSVERSAL Como a hipótese 1, mas com vento reduzido (60% da velocidade do vento máximo) sobre a parte da estrutura abaixo das mísulas dos estais.
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).
2X	VENTO MÁXIMO LONGITUDINAL Como a hipótese 2, mas com vento reduzido (60% da velocidade do vento máximo) sobre a parte da estrutura abaixo das mísulas dos estais.
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).
3X	VENTO MÁXIMO ATUANDO A 45° Como a hipótese 3, mas com vento reduzido (60% da velocidade do vento máximo) sobre a parte da estrutura abaixo das mísulas dos estais.
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).
3-60X	VENTO MÁXIMO ATUANDO A 60° Como a hipótese 3-60, mas com vento reduzido (60% da velocidade do vento máximo) sobre a parte da estrutura abaixo das mísulas dos estais.
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).
3-75X	VENTO MÁXIMO ATUANDO A 75° Como a hipótese 3-75, mas com vento reduzido (60% da velocidade do vento máximo) sobre a parte da estrutura abaixo das mísulas dos estais.
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 20° em relação à horizontal 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).

**7X VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL**

Como a hipótese 7, mas com vento atuando somente sobre estrutura.

**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).

**8X VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL**

Como a hipótese 8, mas com vento atuando somente sobre a estrutura.

**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).

**9X VENTO DE ALTA INTENSIDADE ATUANDO A 45°**

Como a hipótese 9, mas com vento atuando somente sobre a estrutura.

**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).

**9-60X VENTO DE ALTA INTENSIDADE ATUANDO A 45°**

Como a hipótese 9-60, mas com vento atuando somente sobre a estrutura.

**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).

**9-75X VENTO DE ALTA INTENSIDADE ATUANDO A 45°**

Como a hipótese 9-75, mas com vento atuando somente sobre a estrutura.

**10 CONTENÇÃO CASCATA**

Cargas longitudinais correspondentes a 60% (pára-raios) e 35% (fases) 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 2 homens e ferramentas em cada pára-raios e de 3 homens e ferramentas em cada fase e sustentação de cabo com ângulo máximo de 15° em relação à vertical.

**5.2 TORRES DE SUSPENSÃO AUTOPORTANTES TIPOS CSL, CSP e CTR**

HIP.	DESCRIÇÃO
1	<p><b>VENTO MÁXIMO TRANSVERSAL</b> 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><b>VENTO MÁXIMO LONGITUDINAL</b> 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><b>VENTO MÁXIMO ATUANDO A 45°</b> 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	<p><b>VENTO MÁXIMO ATUANDO A 60°</b> 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).</p>
3-75	<p><b>VENTO MÁXIMO ATUANDO A 75°</b> 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).</p>
4	<p><b>RUPTURA DE 1 FASE QUALQUER</b> Carga longitudinal correspondente a 70% (CSL e CTR) e a 85% (CSP) 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).</p>
5	<p><b>RUPTURA DE 1 PÁRA-RAIOS QUALQUER</b> Carga longitudinal correspondente a 125% (CSL e CTR) e a 150% (CSP) 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).</p>
6	<p><b>CONSTRUÇÃO/MANUTENÇÃO</b> 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</p>

- proveniente de cabo ancorado ao solo, com ângulo de 20° em relação à horizontal 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 60% (CSL e CTR) e a 75% (CSP) das trações EDS e cargas longitudinais nas fases correspondentes 35% (CSL e CTR) e a 40% (CSP) 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 2 homens e ferramentas em cada pára-raios e de 3 homens e ferramentas em cada fase e sustentação de cabo com ângulo máximo de 15° em relação à vertical.

### 5.3 TORRES AUTOPORTANTES DE ANCORAGEM MEIO DE LINHA TIPOS CA1, CA2 e CAT

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 20° em relação à horizontal 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 TORRE AUTOPORTANTE DE ANCORAGEM FIM DE LINHA TIPO CAT

HIP.	DESCRIÇÃO
1T	<p><b>VENTO MÁXIMO TRANSVERSAL</b> 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>
2T	<p><b>VENTO MÁXIMO LONGITUDINAL</b> 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>
3T	<p><b>VENTO MÁXIMO ATUANDO A 45°</b> 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>
4T	<p><b>RUPTURA DE 1 FASE QUALQUER</b> 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).</p>
5T	<p><b>RUPTURA DE 1 PÁRA-RAIOS QUALQUER</b> 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).</p>
6T	<p><b>CONSTRUÇÃO/MANUTENÇÃO</b> 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 20° em relação à horizontal e tração de 125% da tração EDS.</p>
7T	<p><b>VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL</b> 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).</p>
8T	<p><b>VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL</b> 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).</p>
9T	<p><b>VENTO DE ALTA INTENSIDADE ATUANDO A 45°</b> 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).</p>

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
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 e 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, 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 Todas as hipóteses de carga devem ser verificadas considerando-se um ou dois circuitos montados.

5.6.7 As cargas entre parêntesis referem-se às cargas verticais reduzidas (estrutura com vão gravante mínimo) e PP indica o peso próprio da estrutura.

5.6.8 Considerar a seguinte distribuição de cargas por face nas estruturas de ancoragem meio de linha (CA1, CA2 e CAT):

- Cargas transversais e verticais:
  - 70% na face anterior e 30% na face posterior
- Cargas longitudinais:
  - 100% na face anterior

5.6.9 Considerar a seguinte distribuição de cargas por face na estrutura de ancoragem fim de linha (CAT):

- Cargas verticais:
  - Hipótese 1Ta: 100% lado LT
  - Demais hipóteses: 70% lado LT e 30% lado SE
- Cargas longitudinais: 100% lado LT
- Cargas transversais:

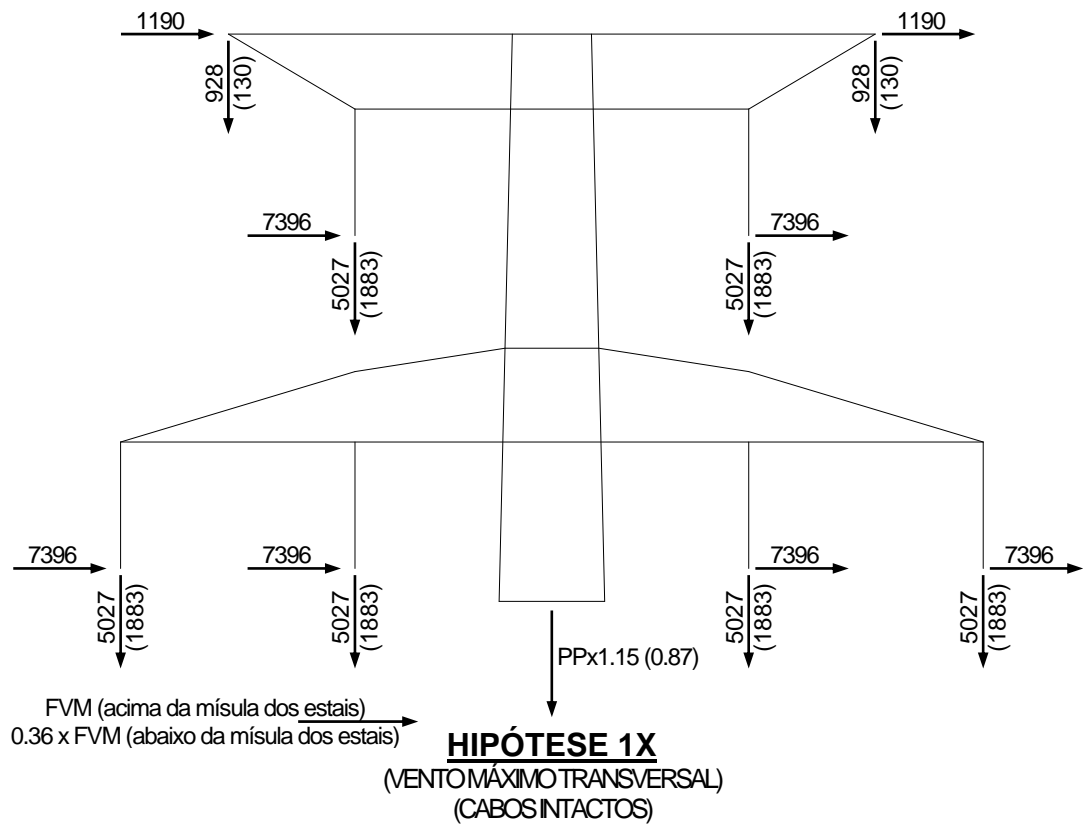
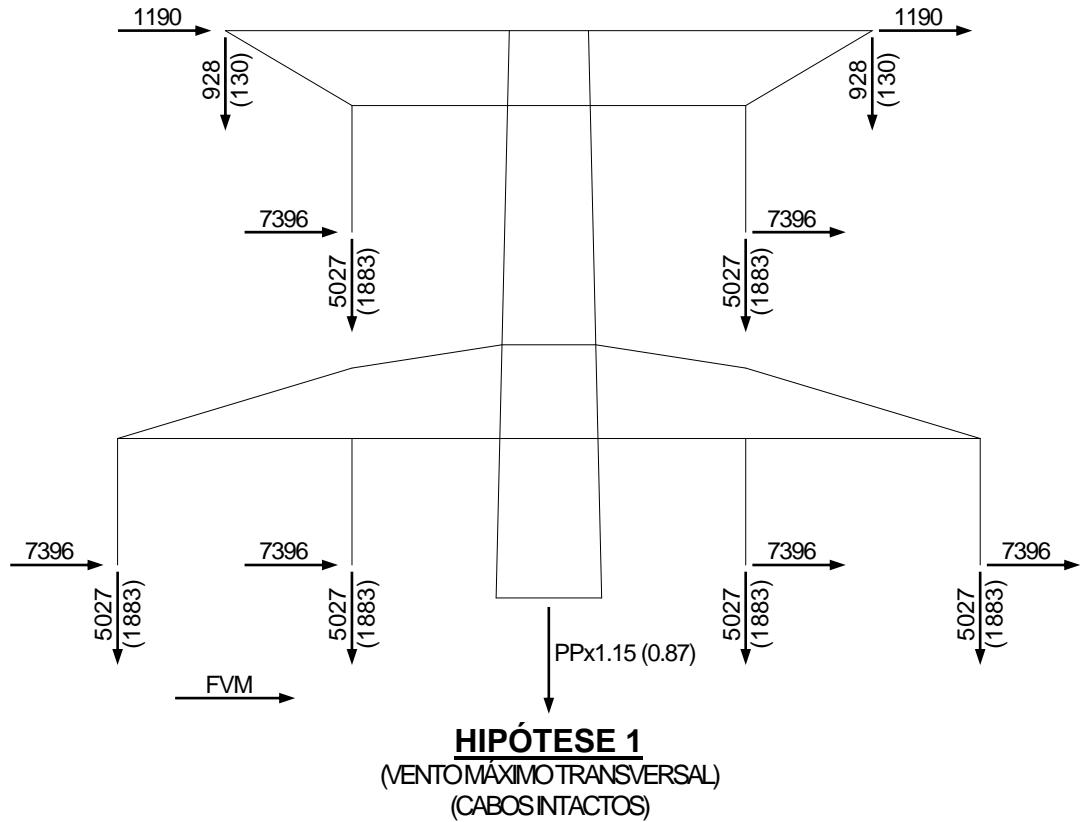
HIPÓTESE	lado LT (%)	lado SE (%)
1Ta	100	0
1Tb	61	39
2T	48	52
3T	49	51
4T e 5T	51	49
6T	51	49
7T	55	45
8T	51	49
9T	53	47

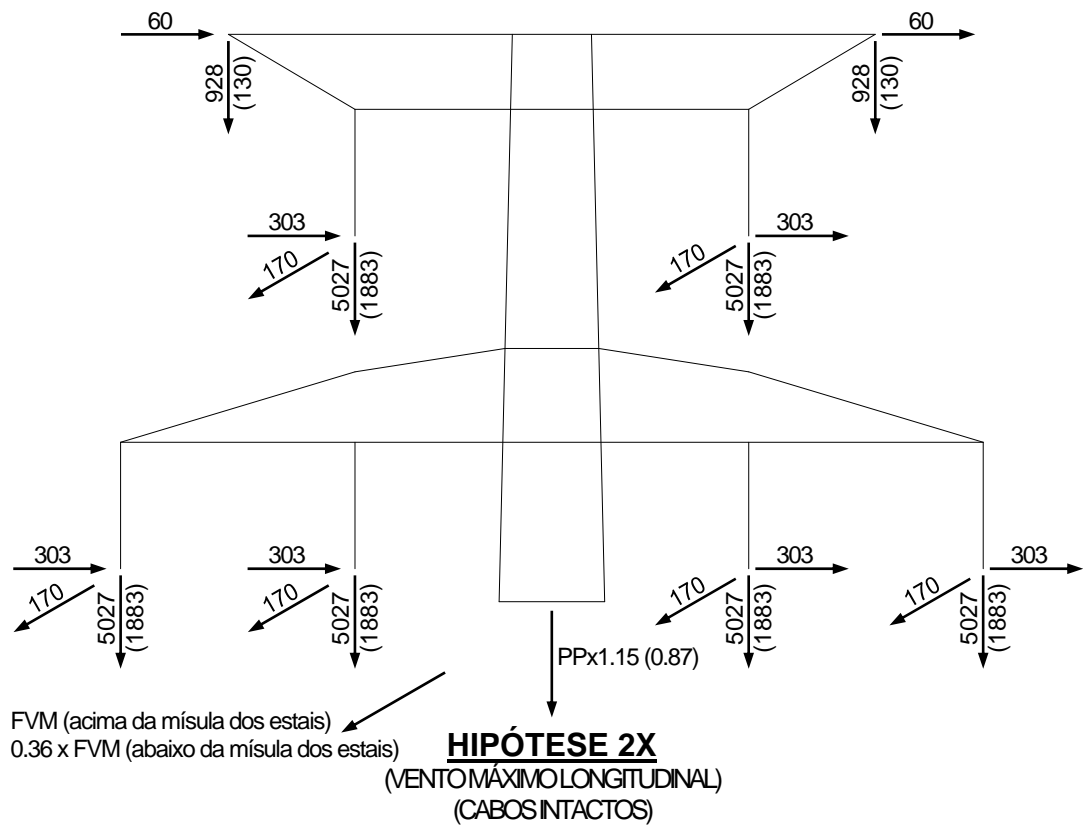
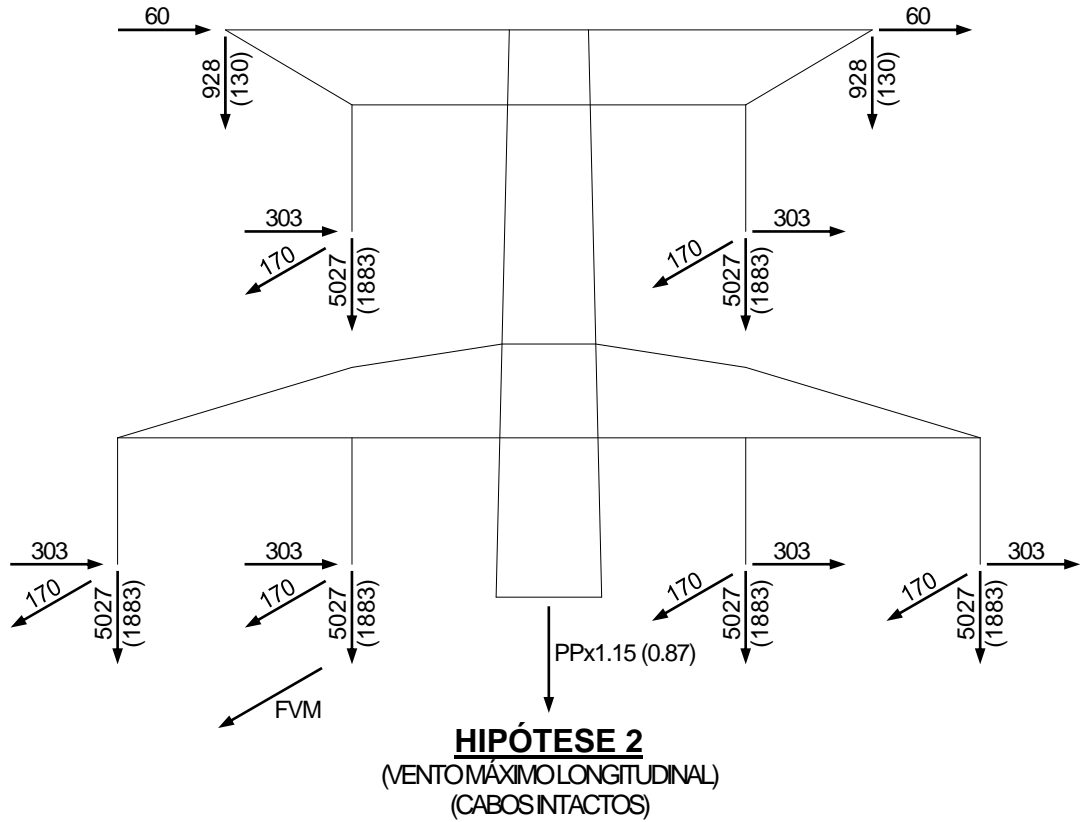
5.6.10 As árvores de carga apresentadas são representações esquemáticas das hipóteses de carga e algumas delas deverão ser desdobradas para a análise estrutural das torres. Os seguintes desdobramentos de hipóteses deverão ser obrigatoriamente considerados:

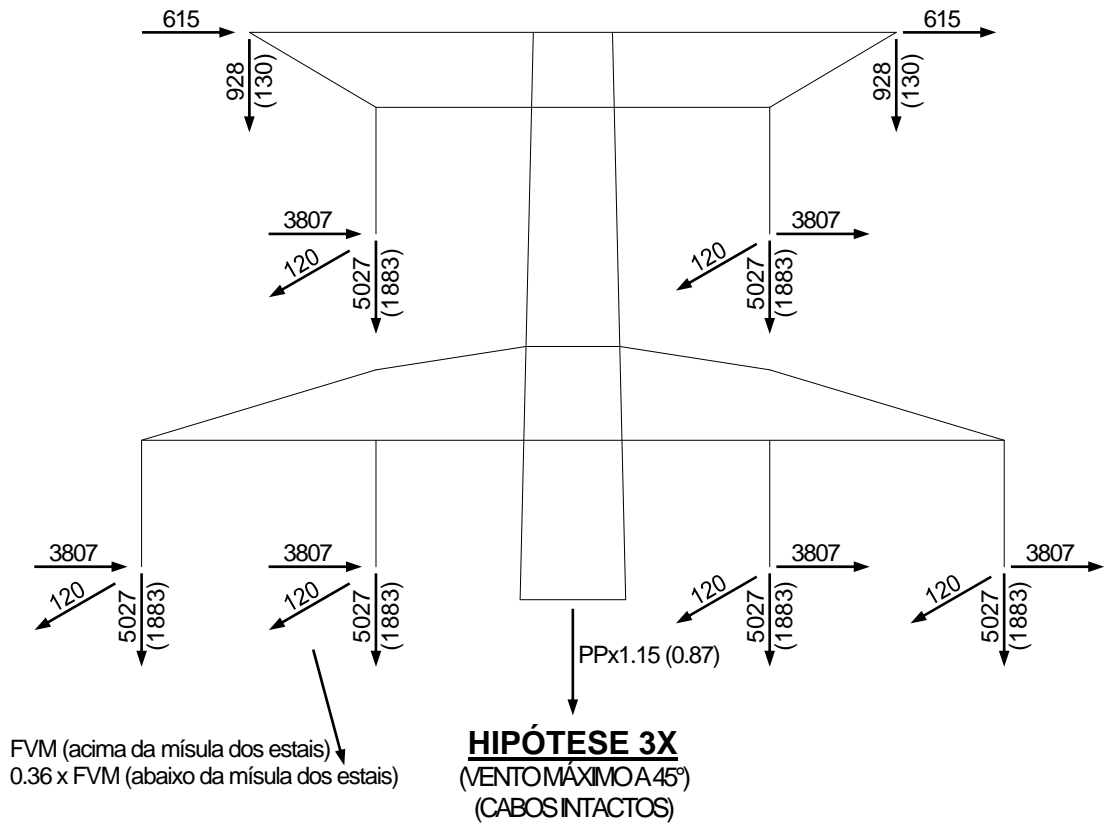
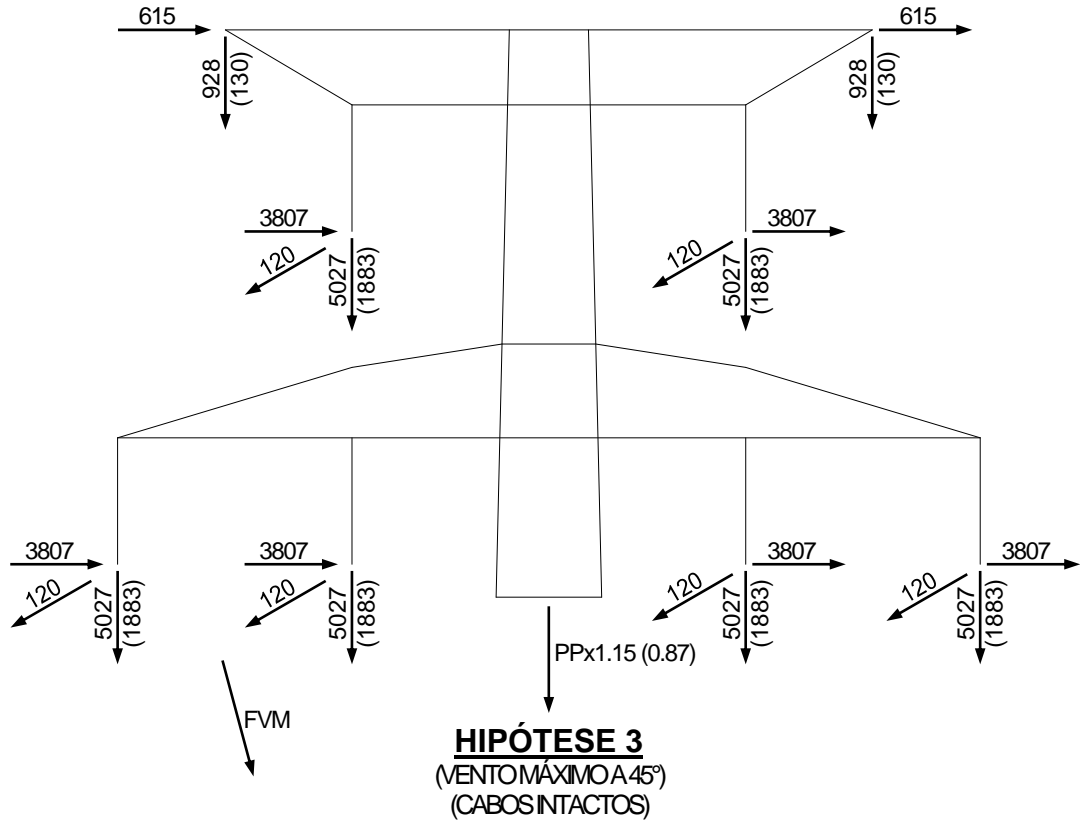
- Hipóteses 4 e 4T (ruptura de uma fase em qualquer circuito):
  - Ruptura da fase superior;
  - Ruptura da fase inferior interna;
  - Ruptura da fase inferior externa.
- Hipóteses 5 e 5T (ruptura de um pára-raios):
  - Ruptura do pára-raios da esquerda;
  - Ruptura do pára-raios da direita.

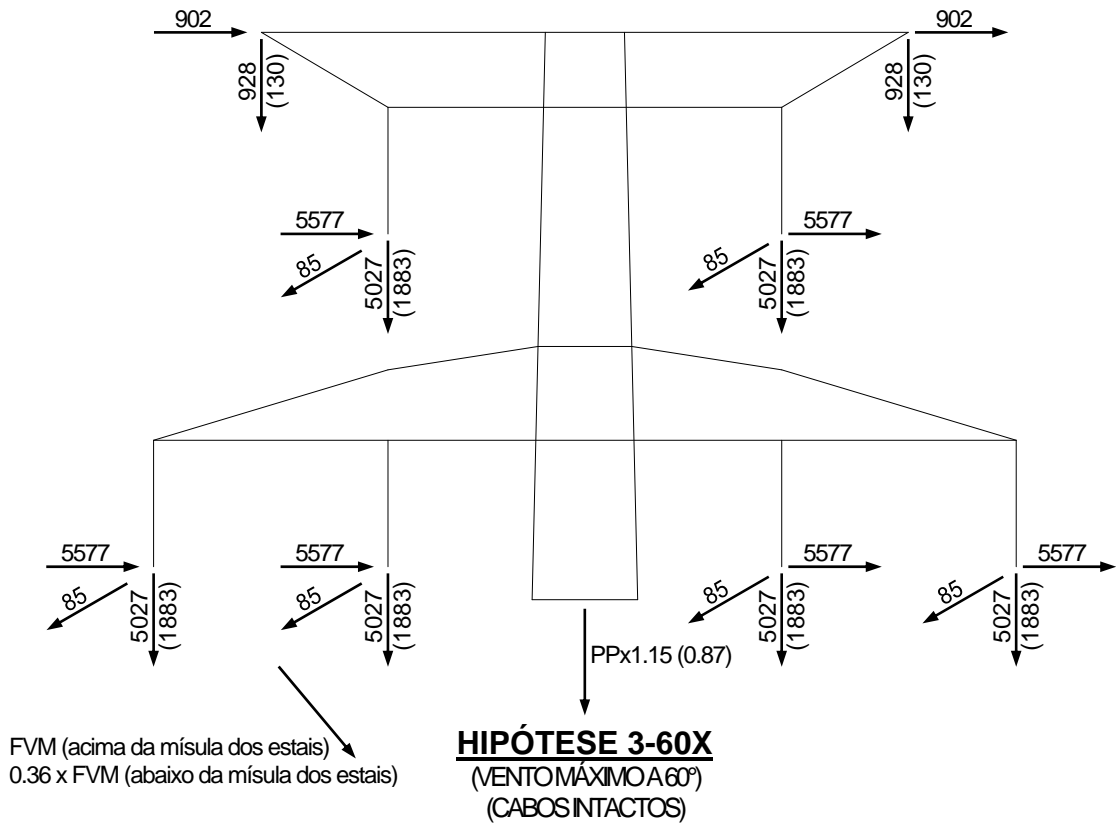
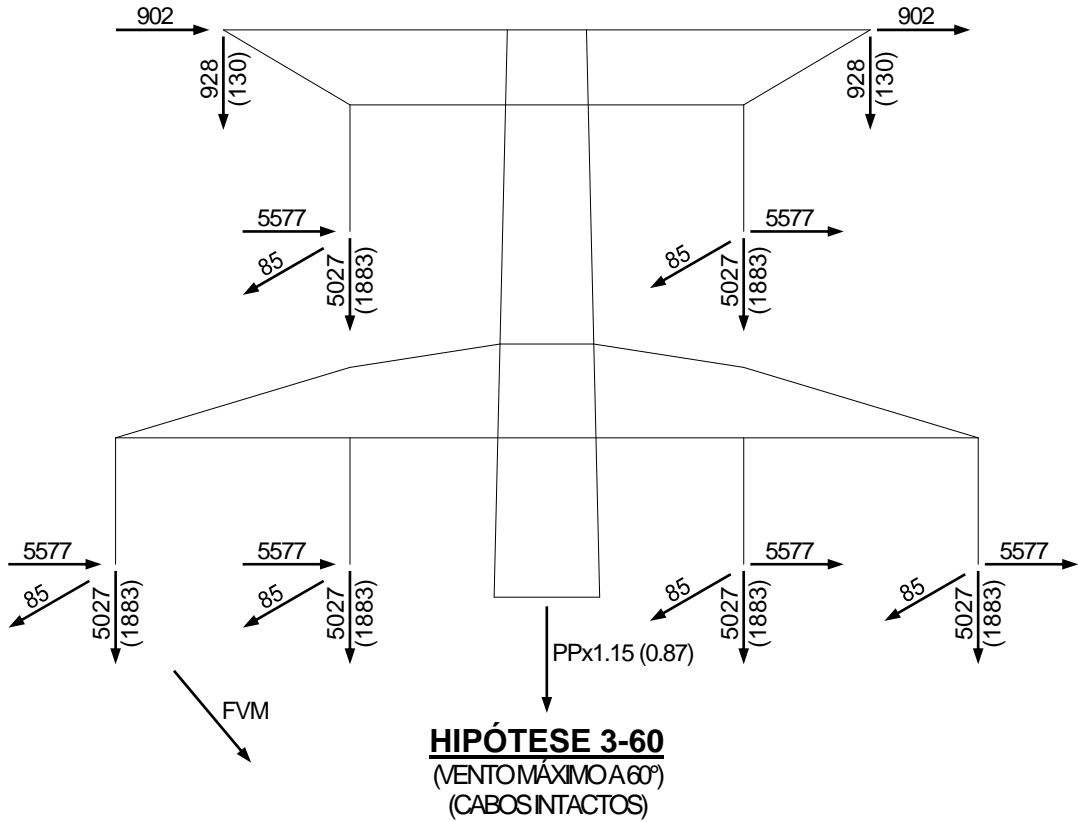
5.6.11 A seguir são apresentadas as árvores de carga para cada tipo estrutural:

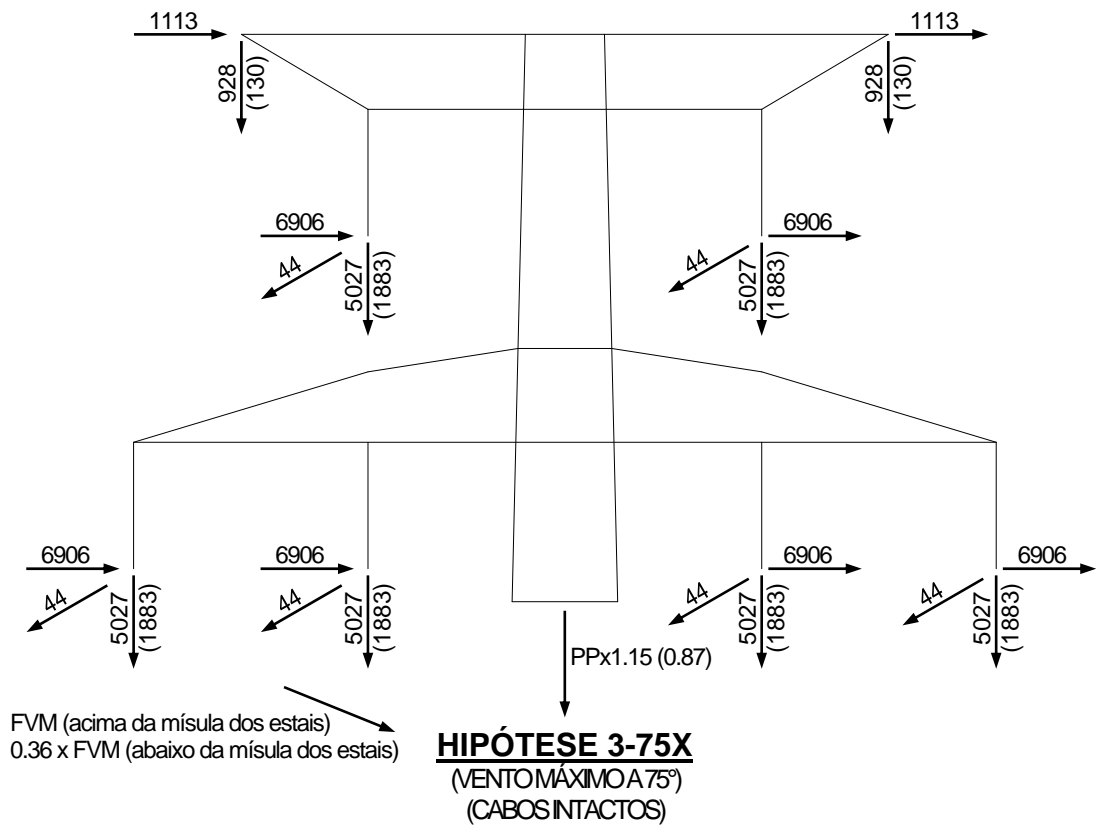
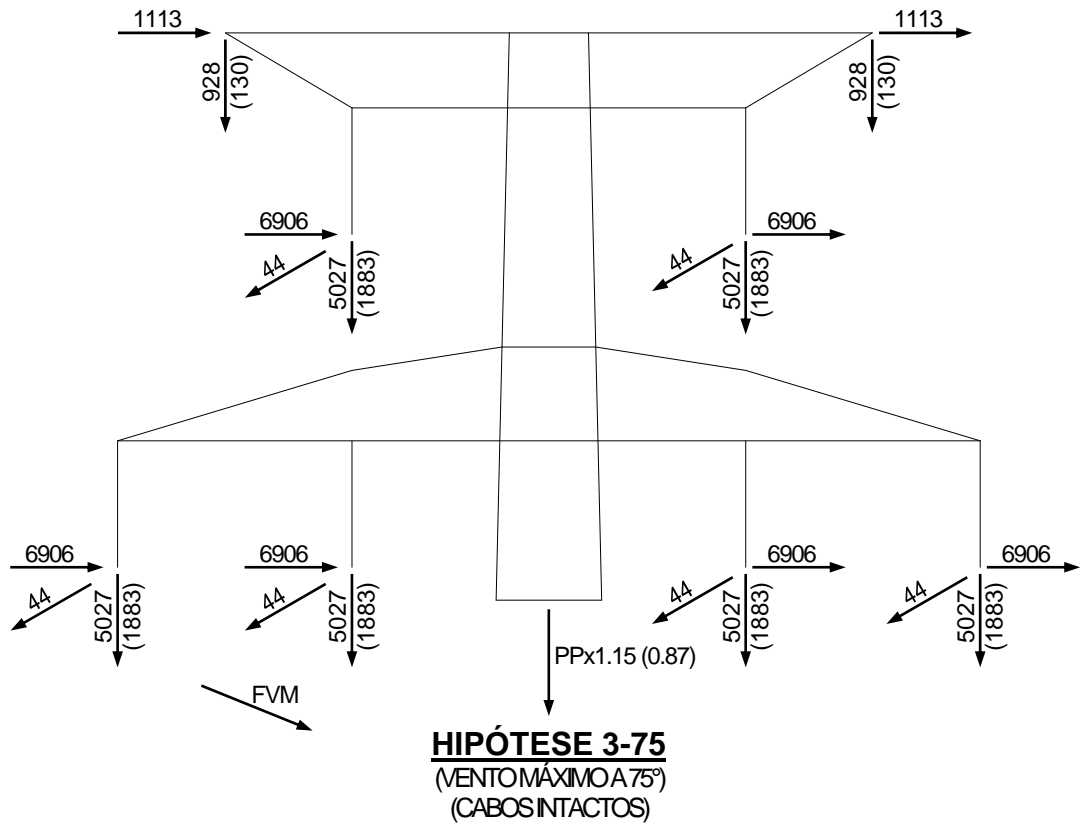
### 5.6.11.1 TORRE DE SUSPENSÃO TIPO CEL



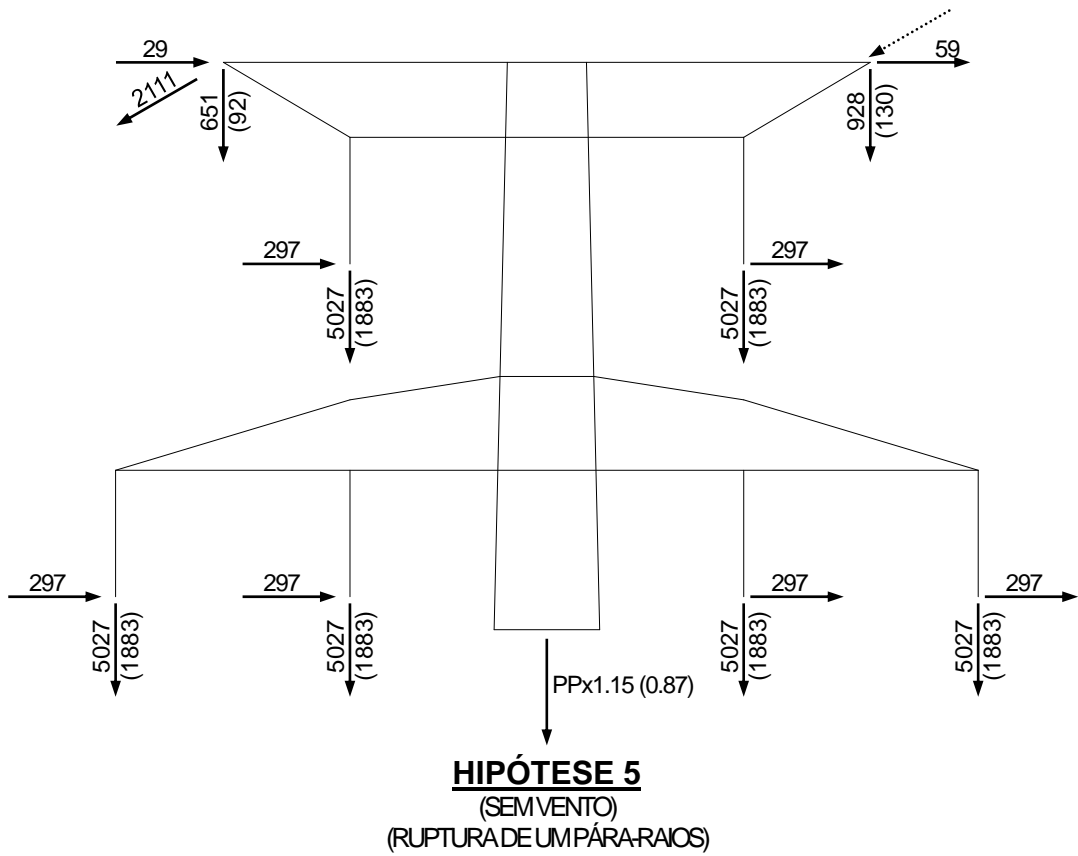
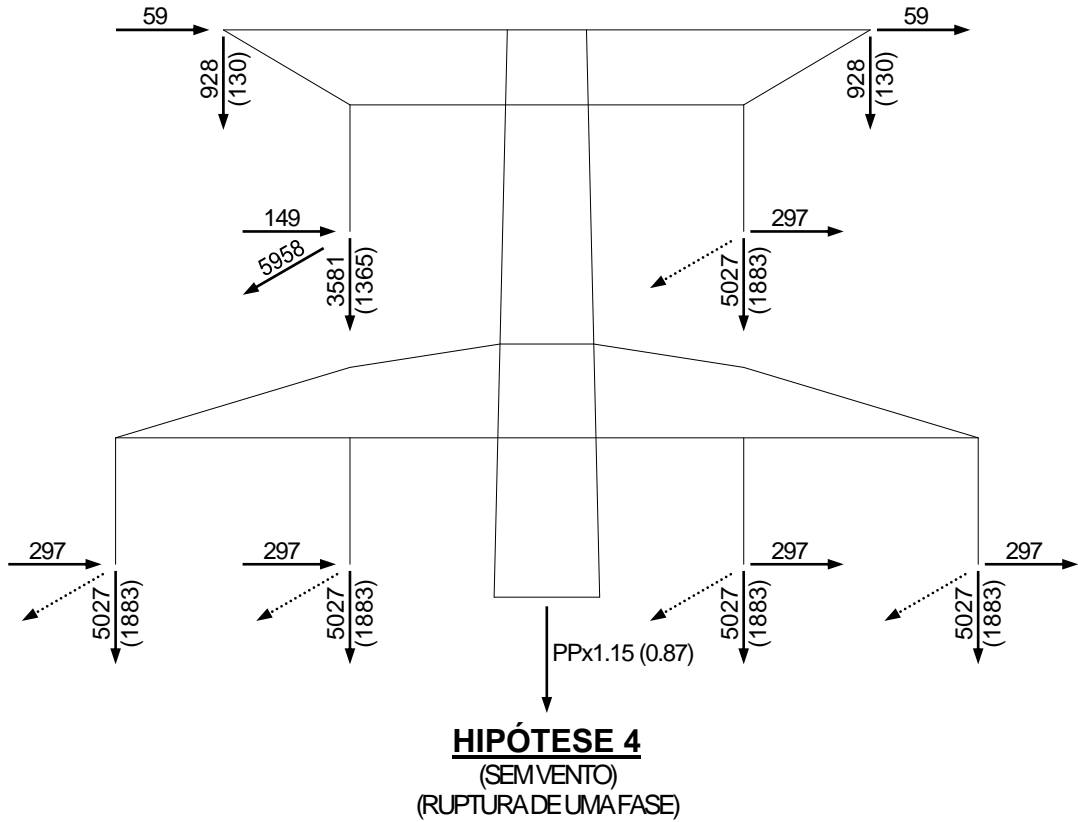


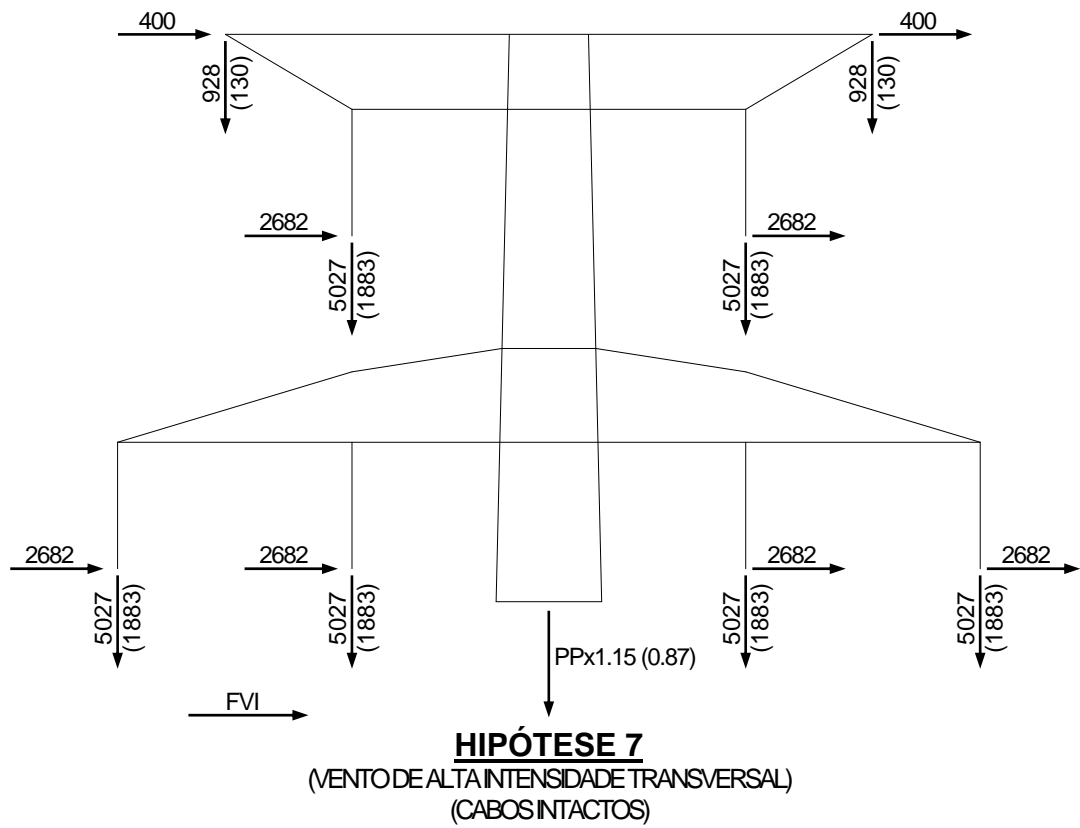
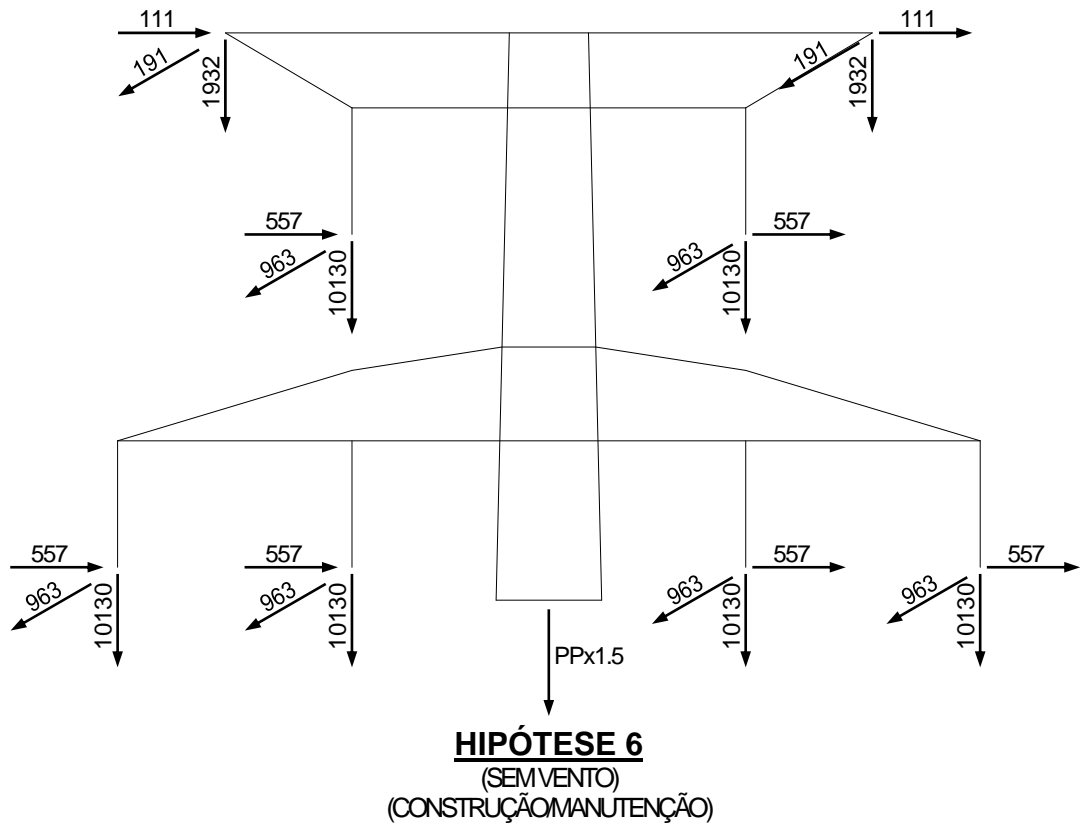


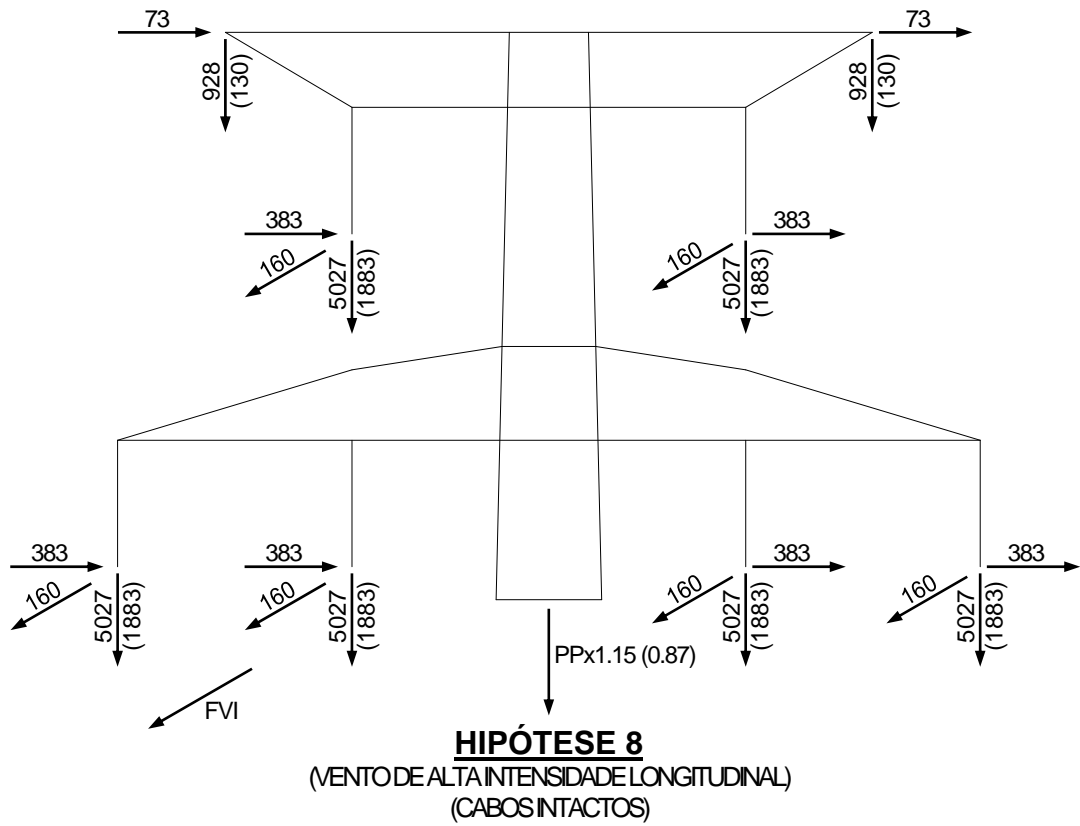
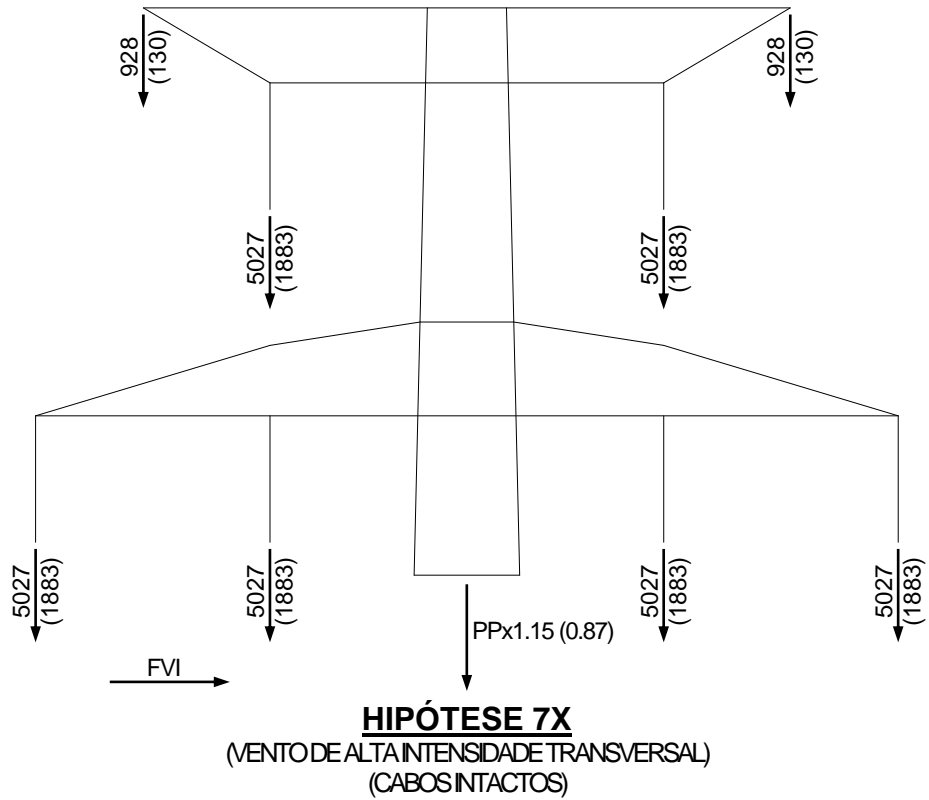


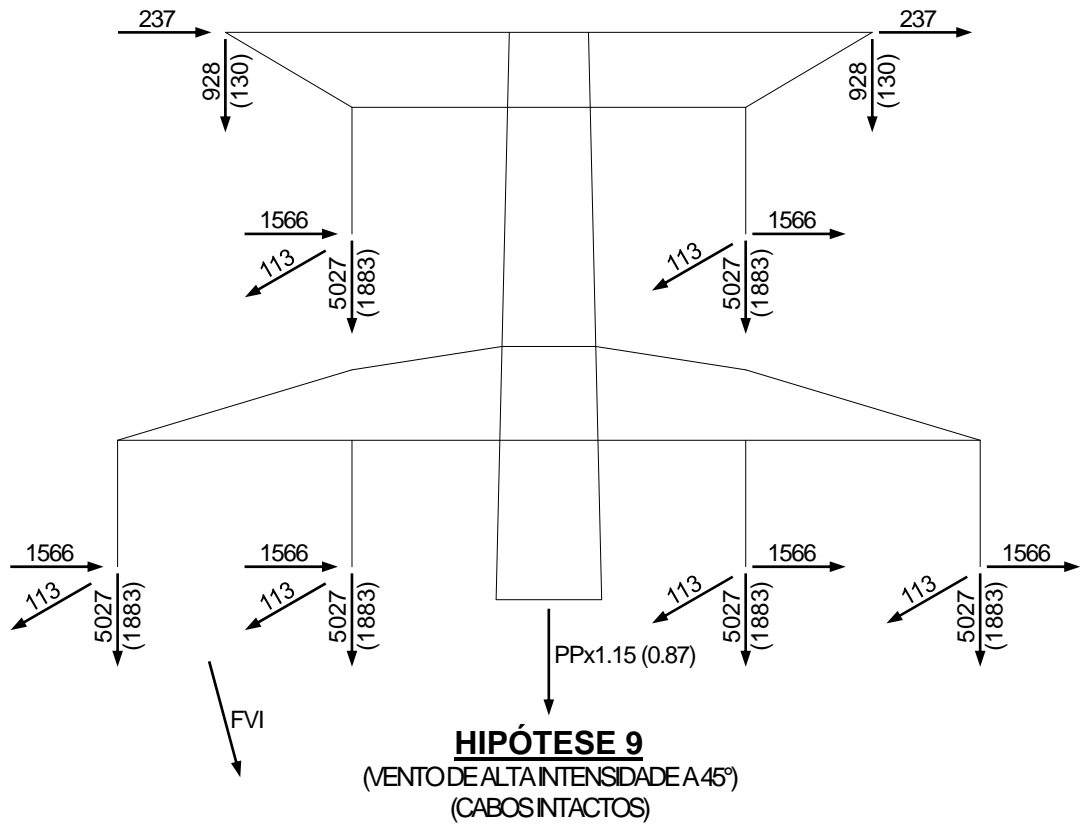
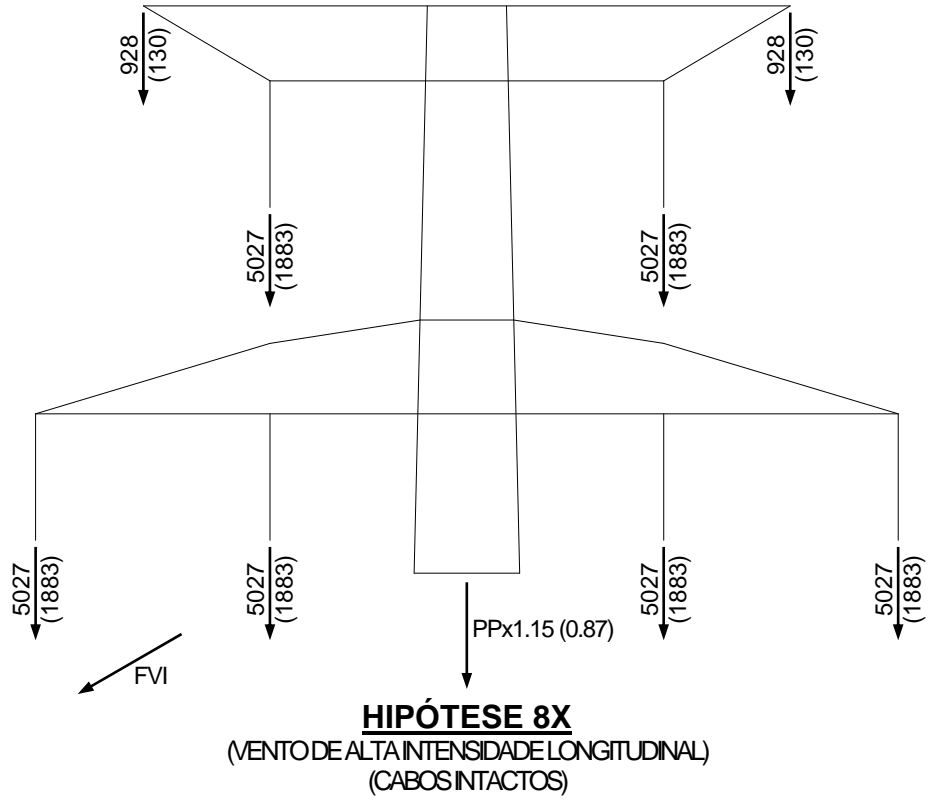


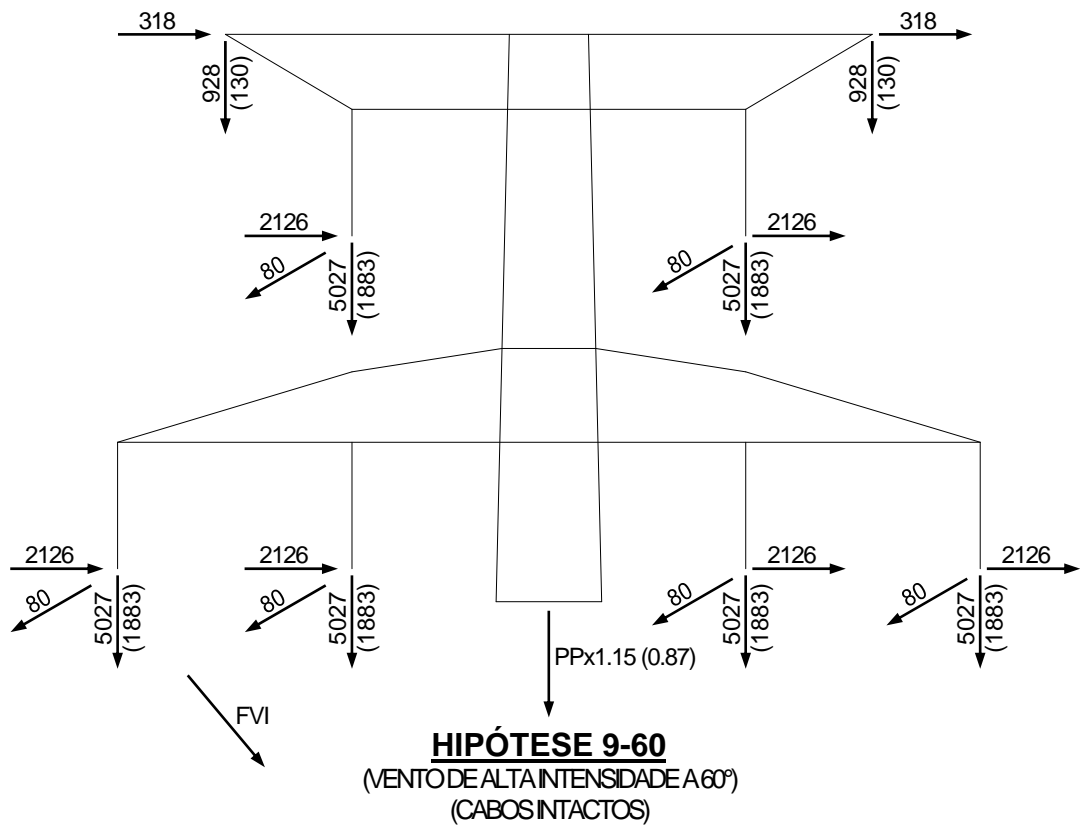
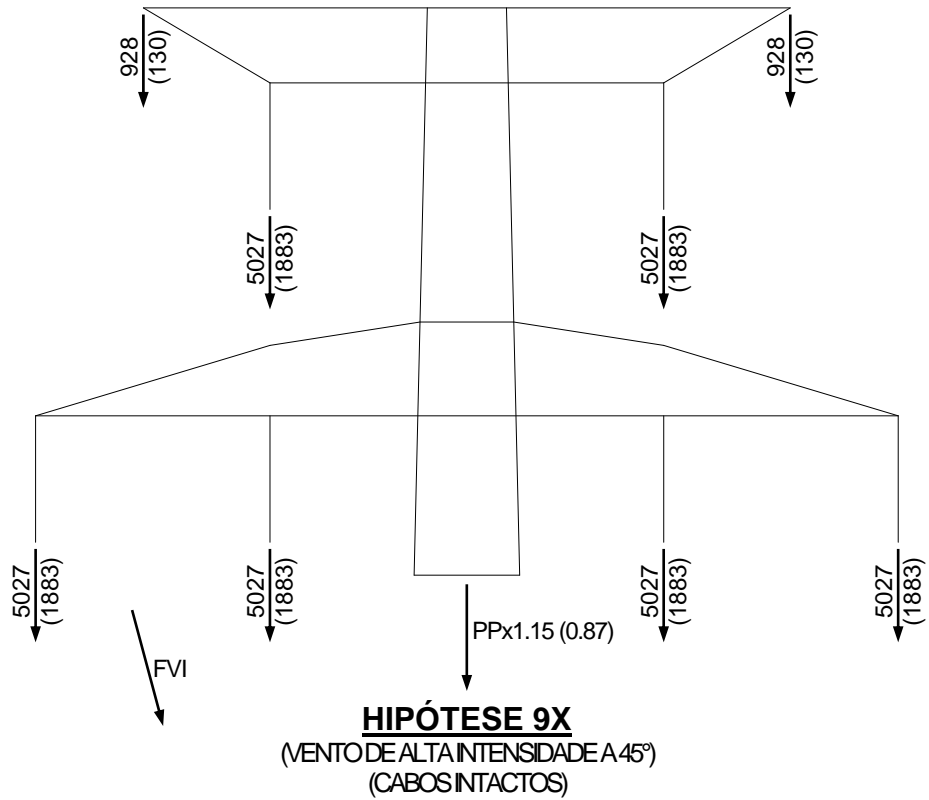


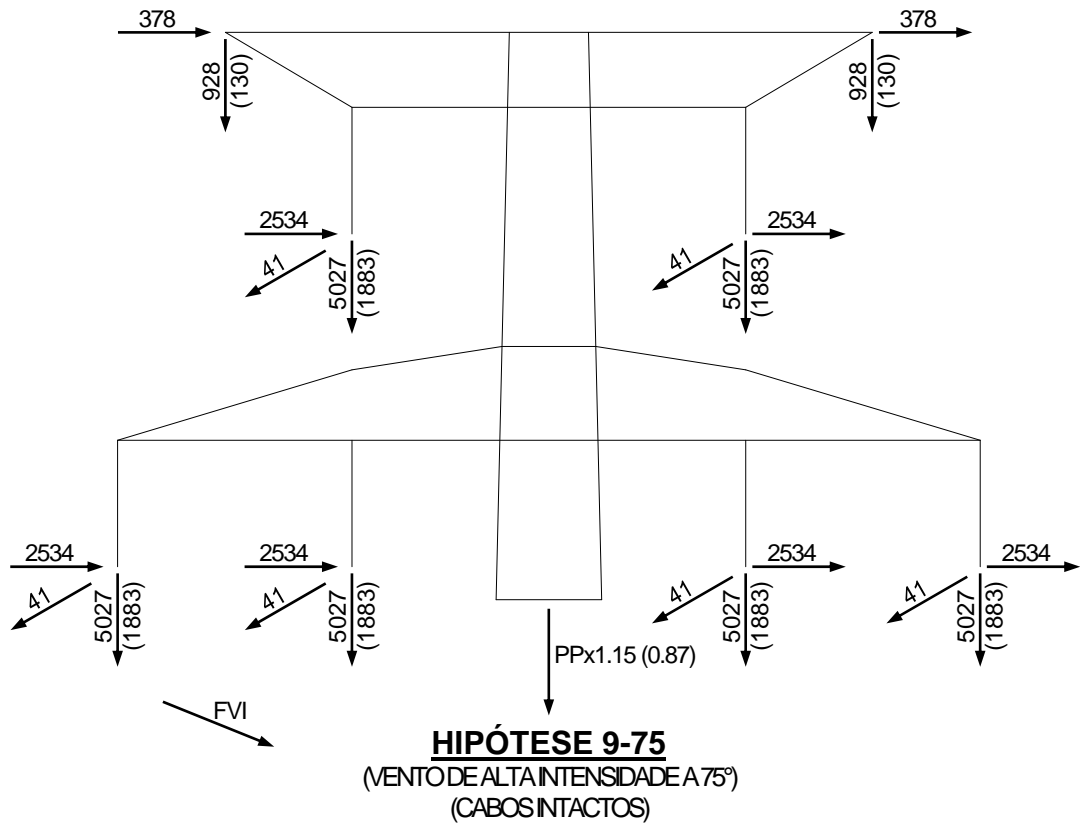
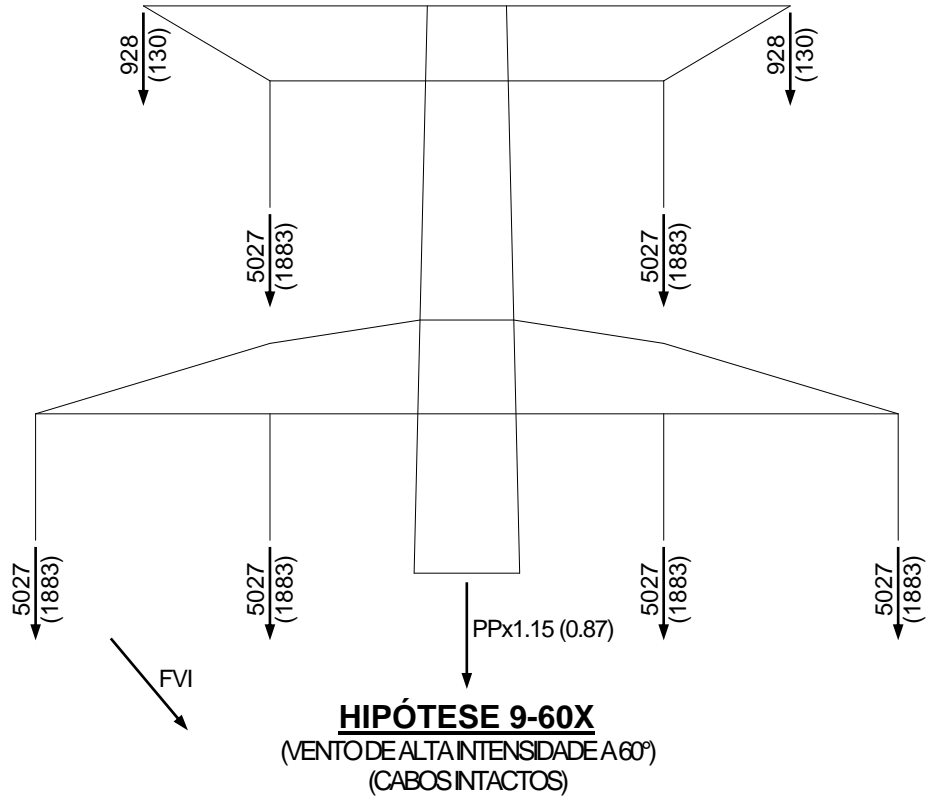


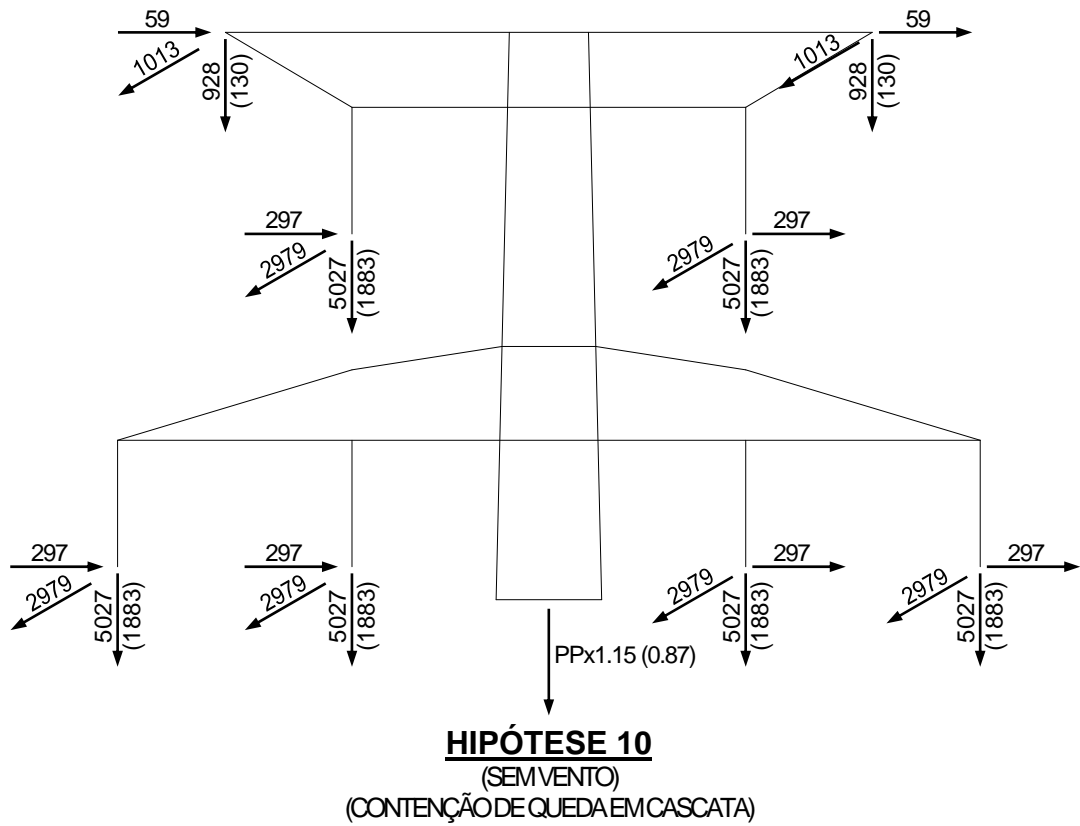
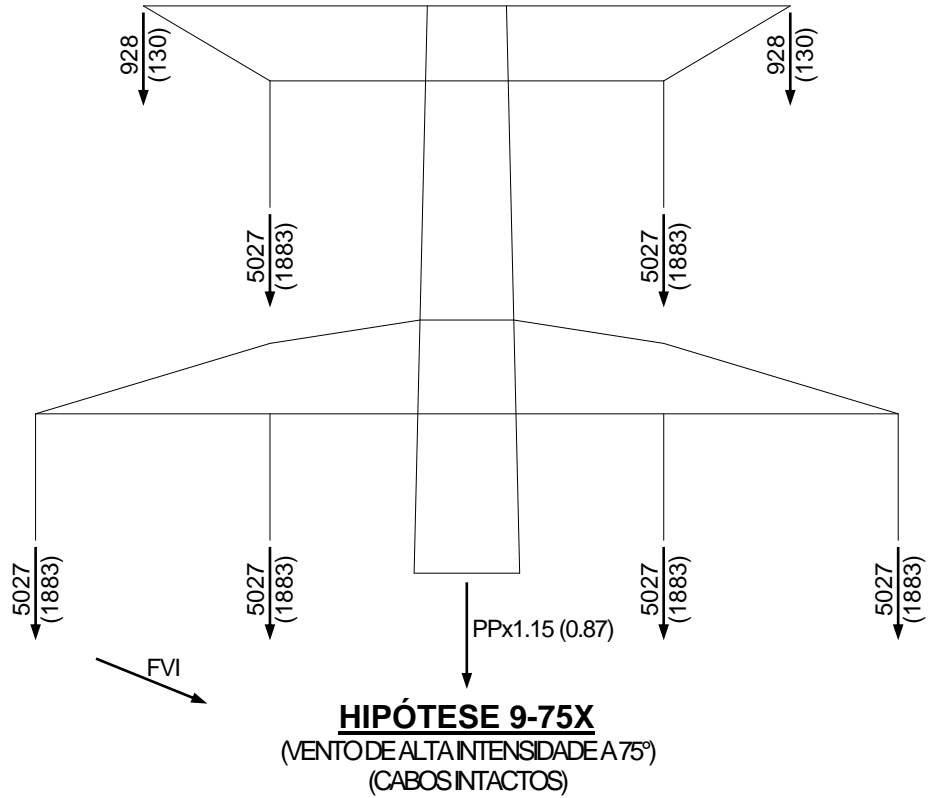


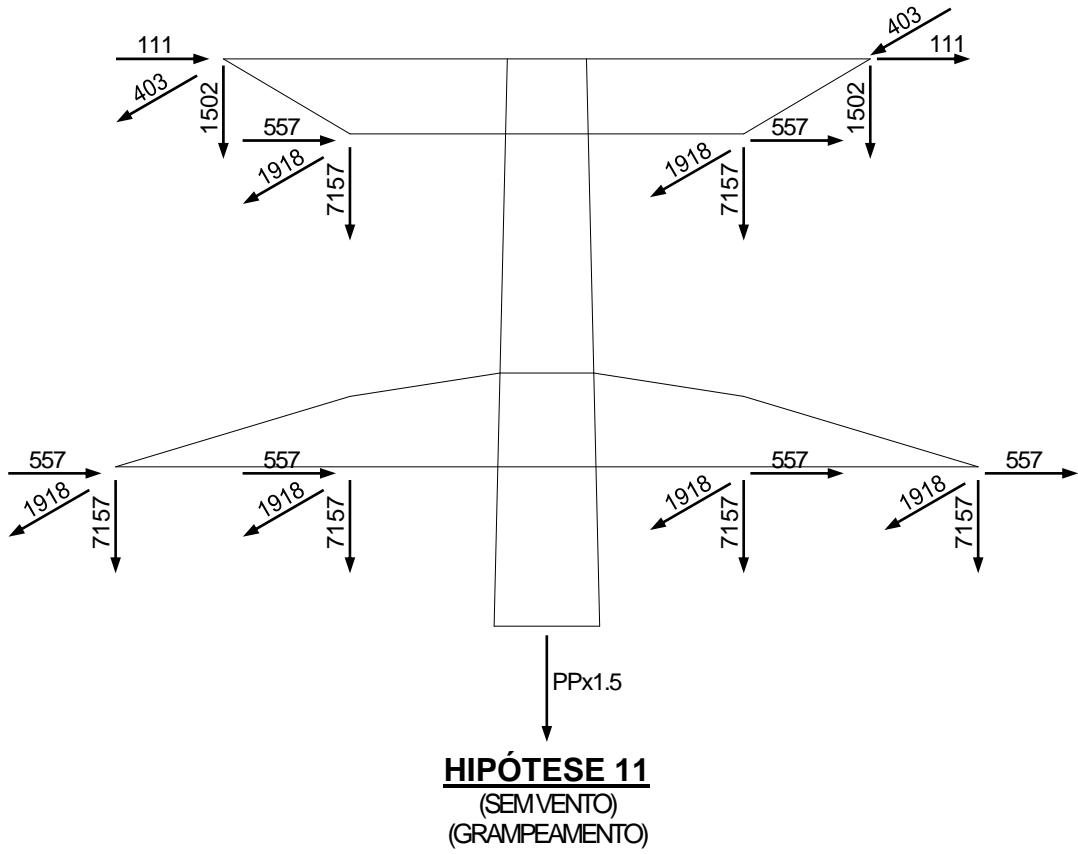






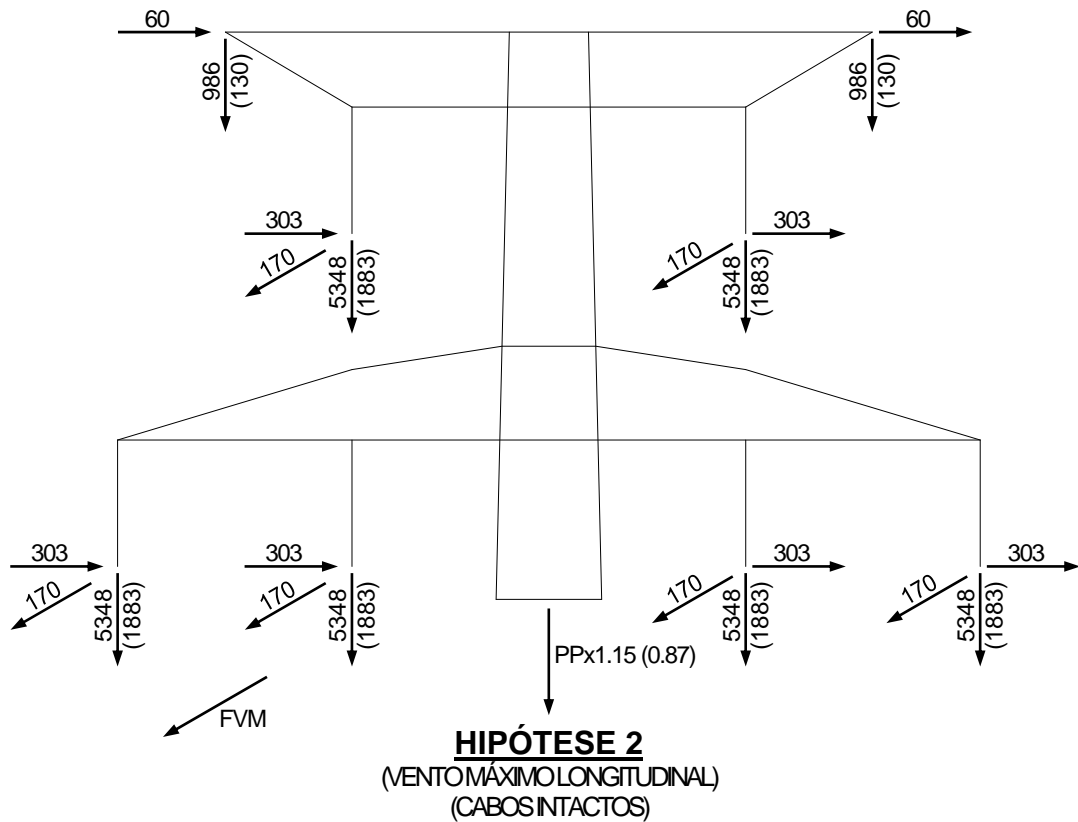
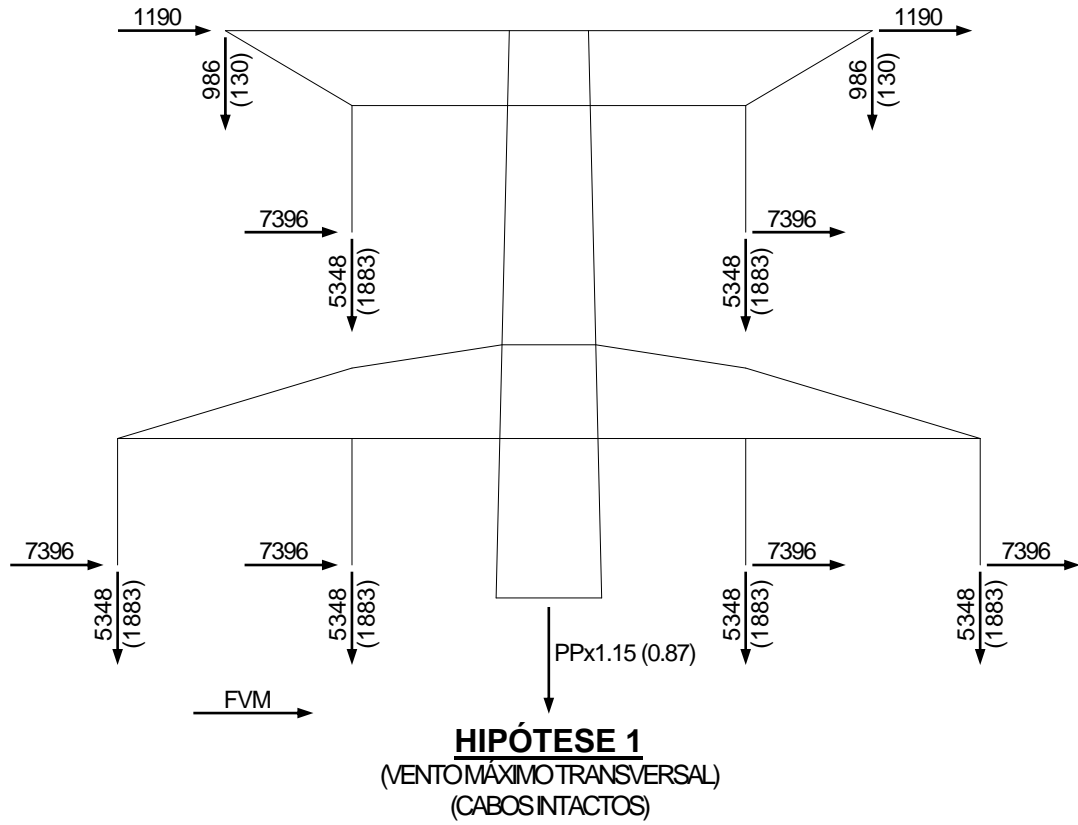




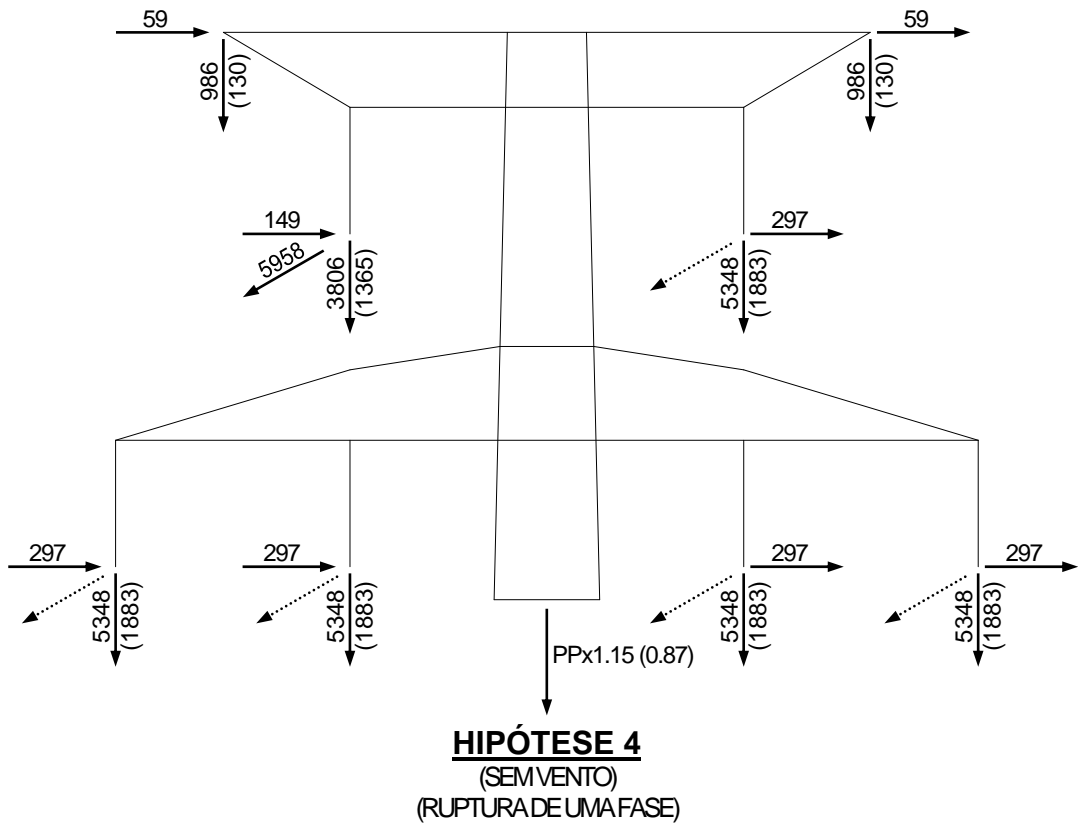
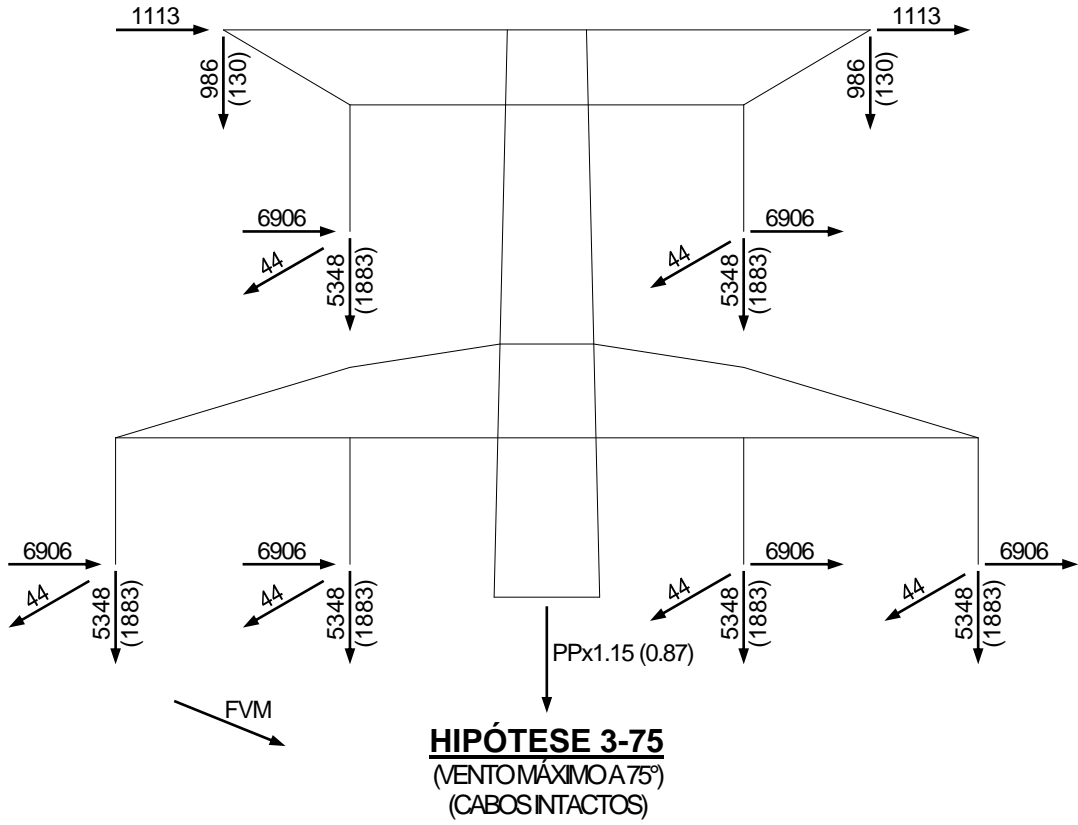


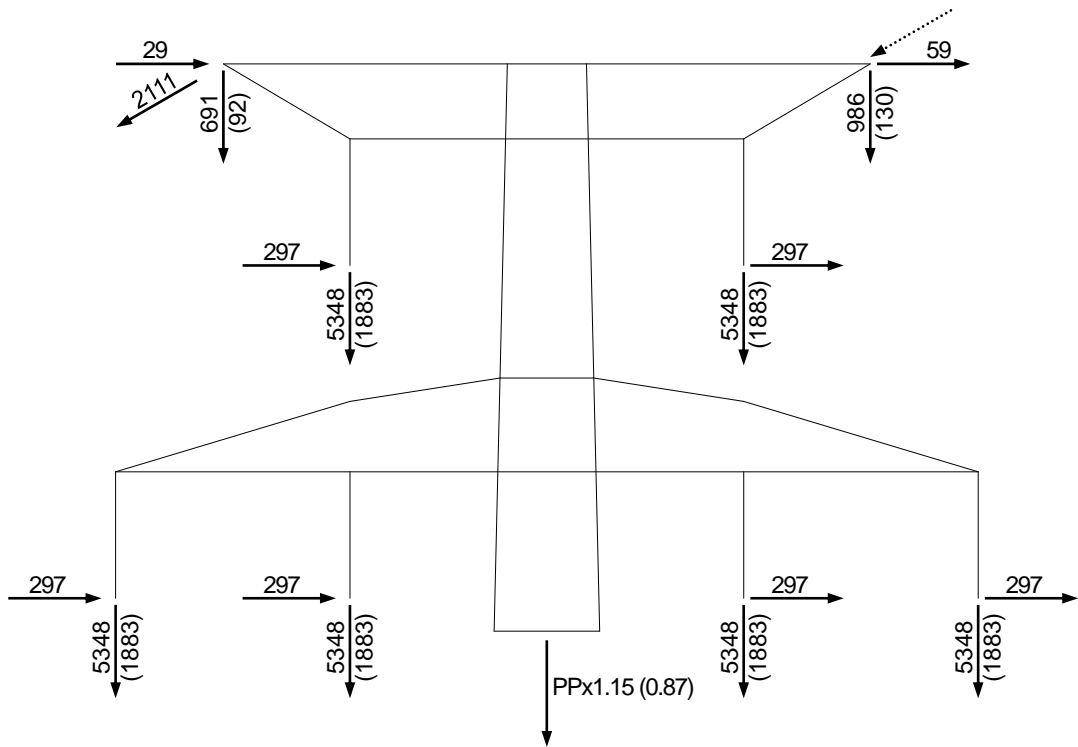


### 5.6.11.2 TORRE DE SUSPENSÃO TIPO CSL

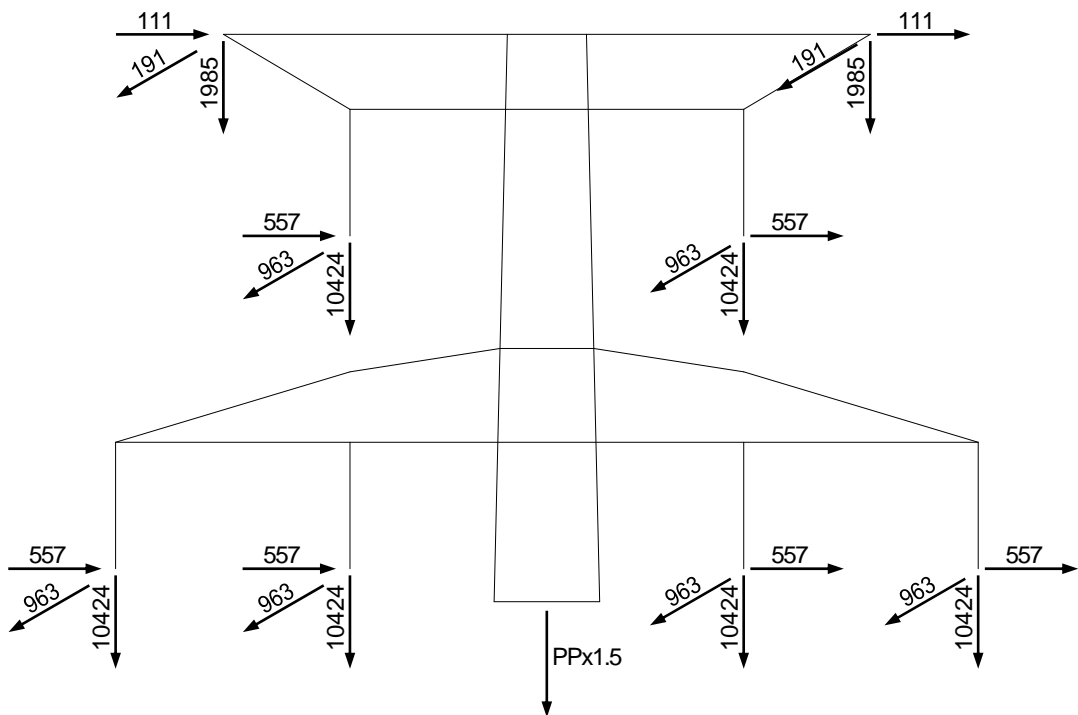




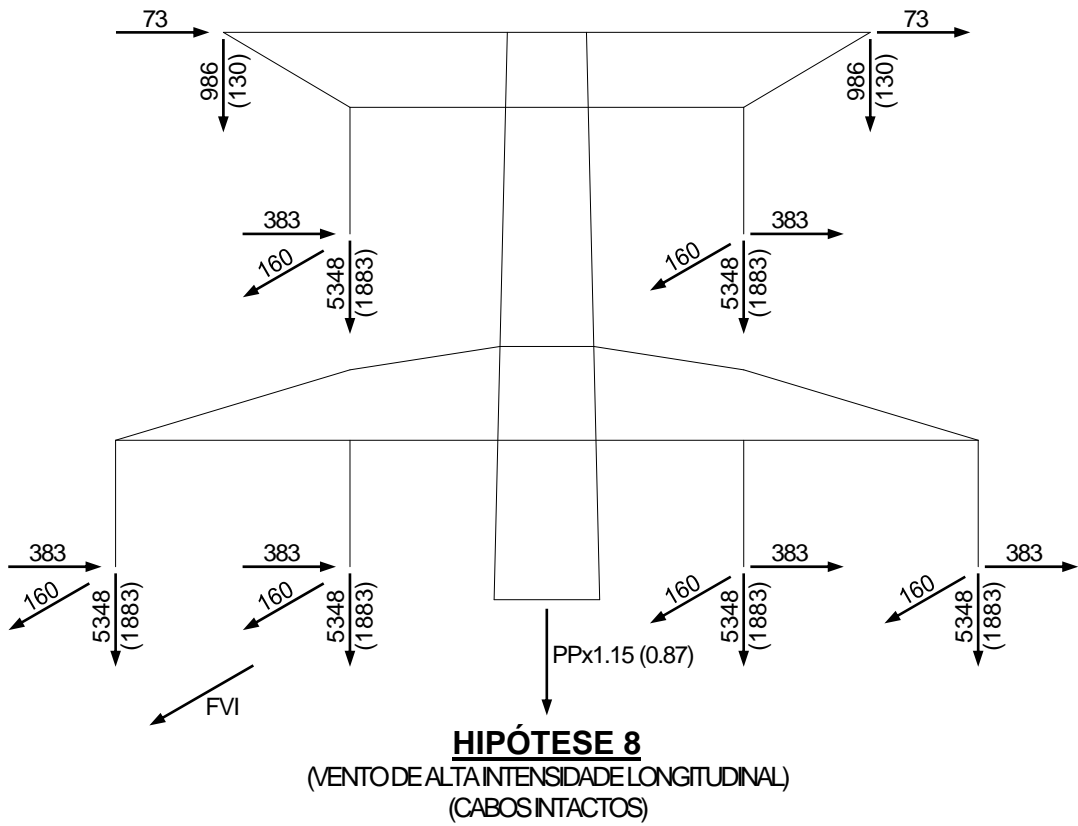
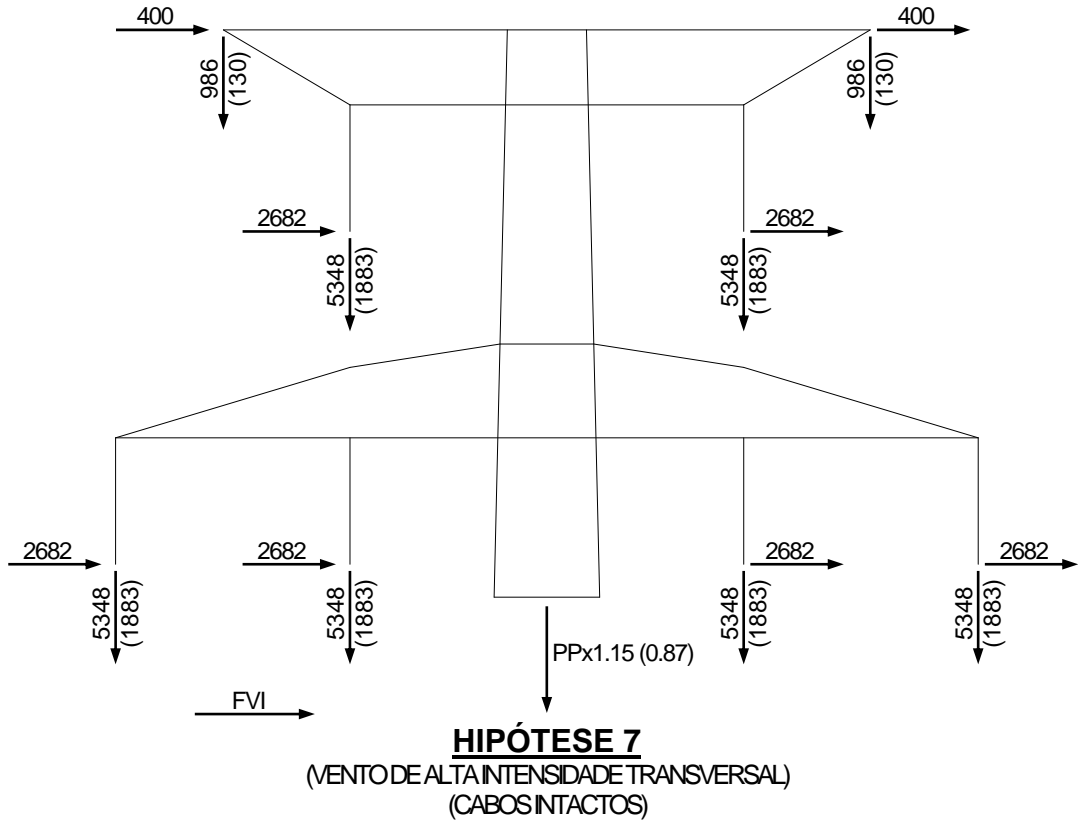


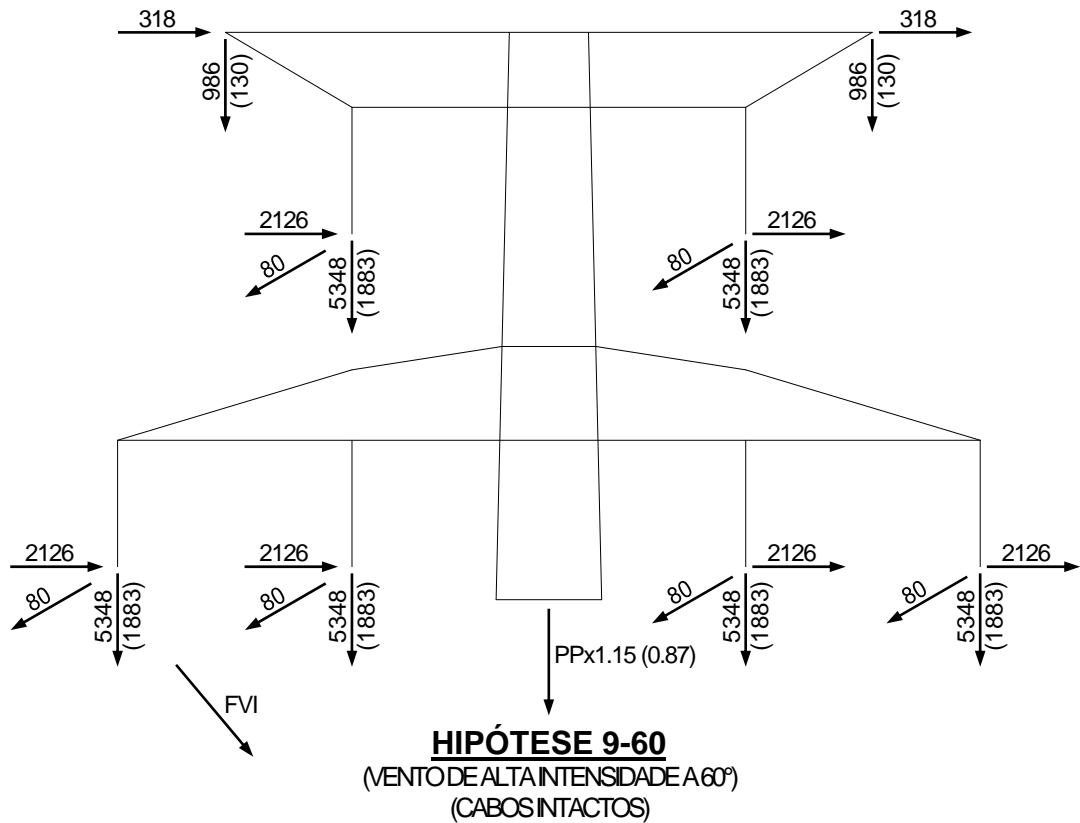
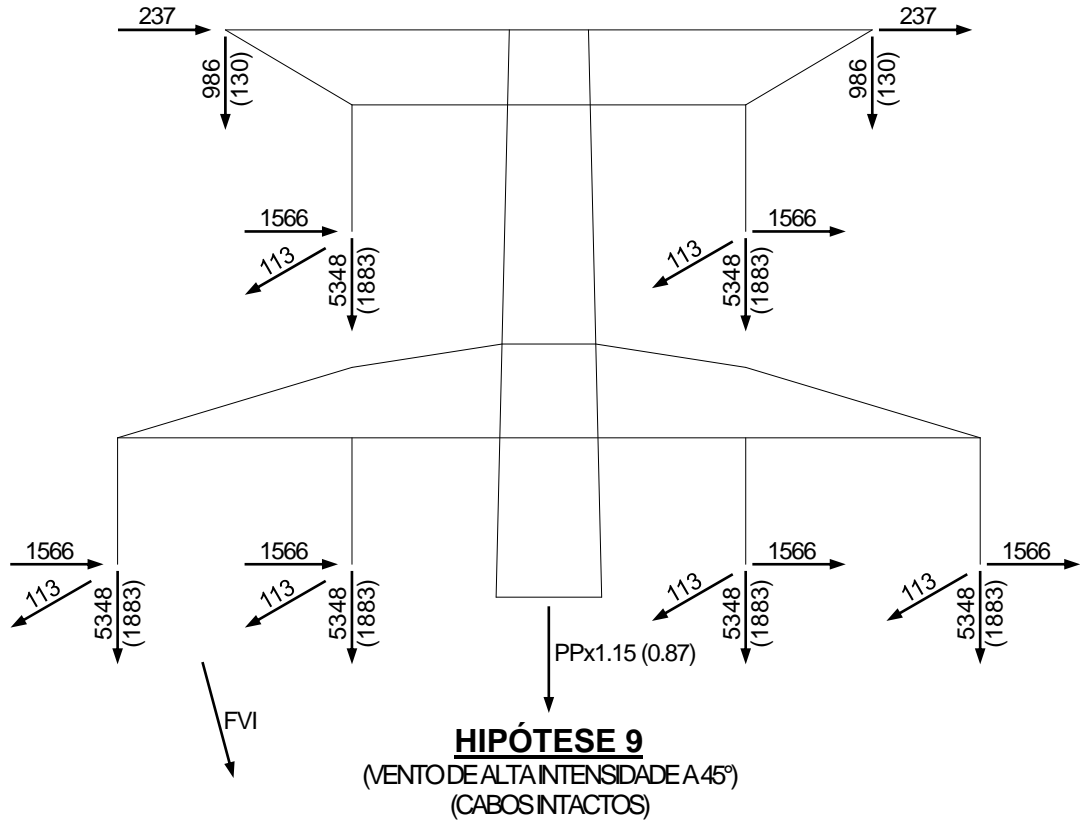


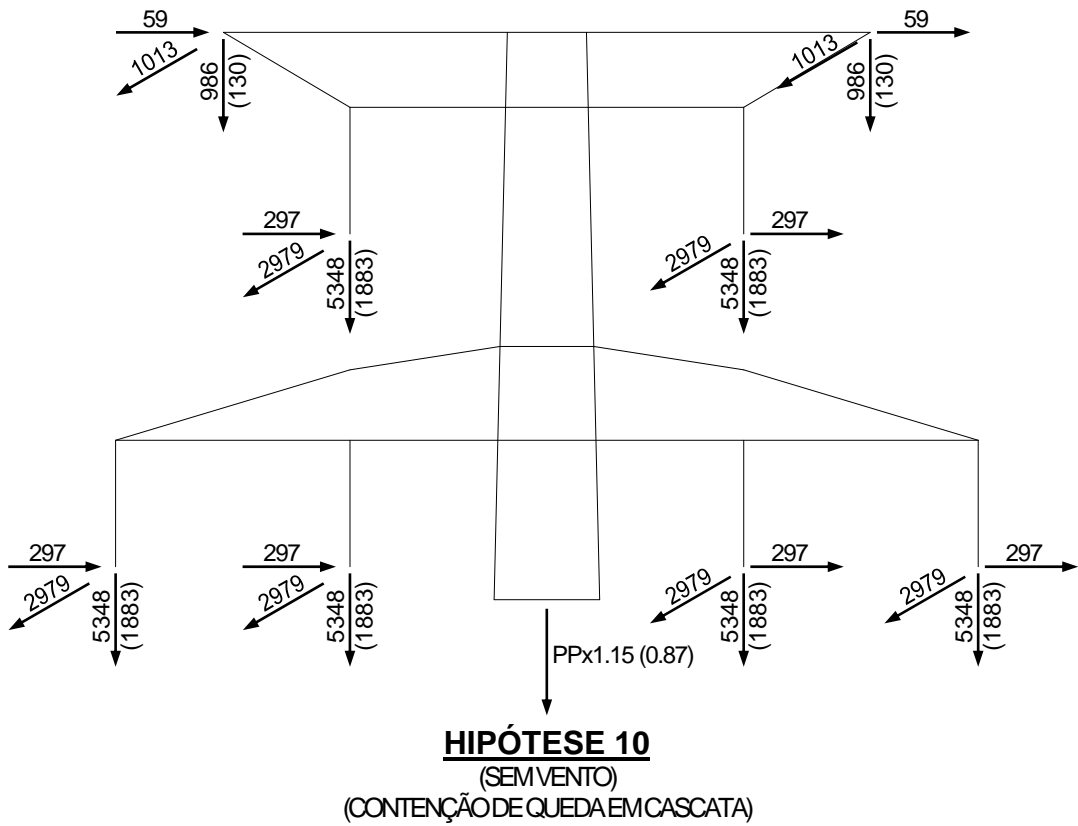
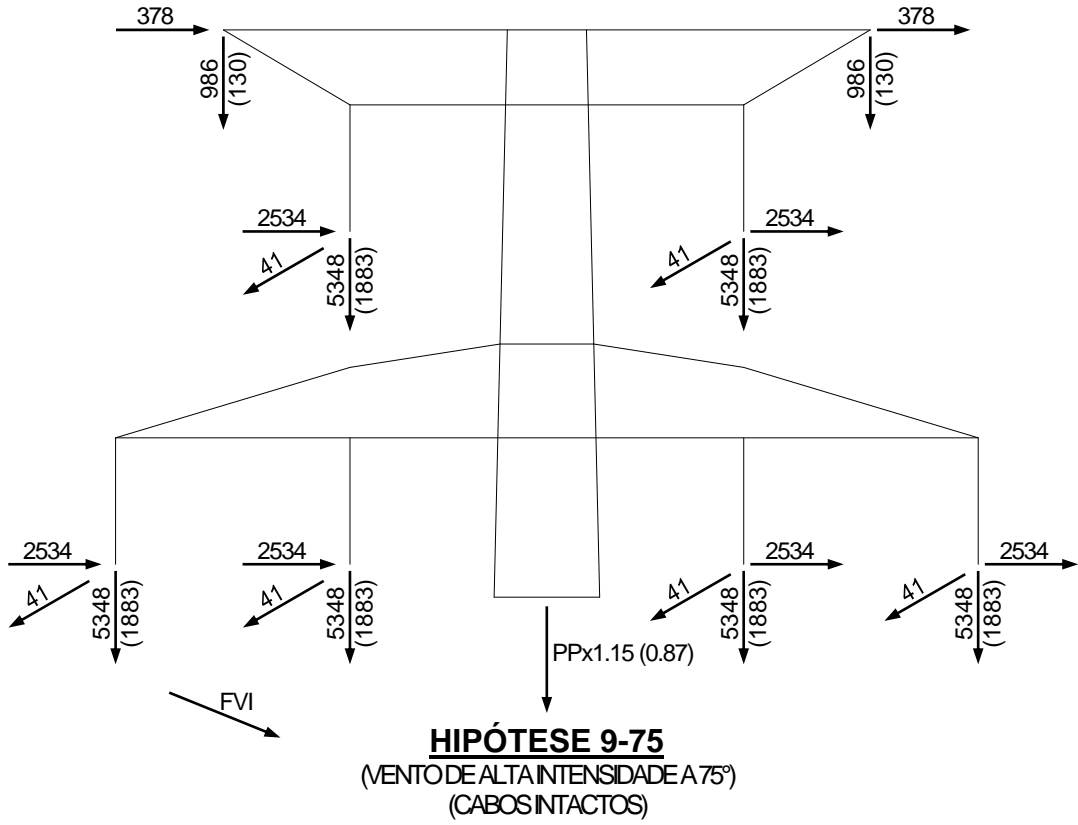
**HIPÓTESE 5**  
(SEM VENTO)  
(RUPTURA DE UM PÁRA-RAIOS)

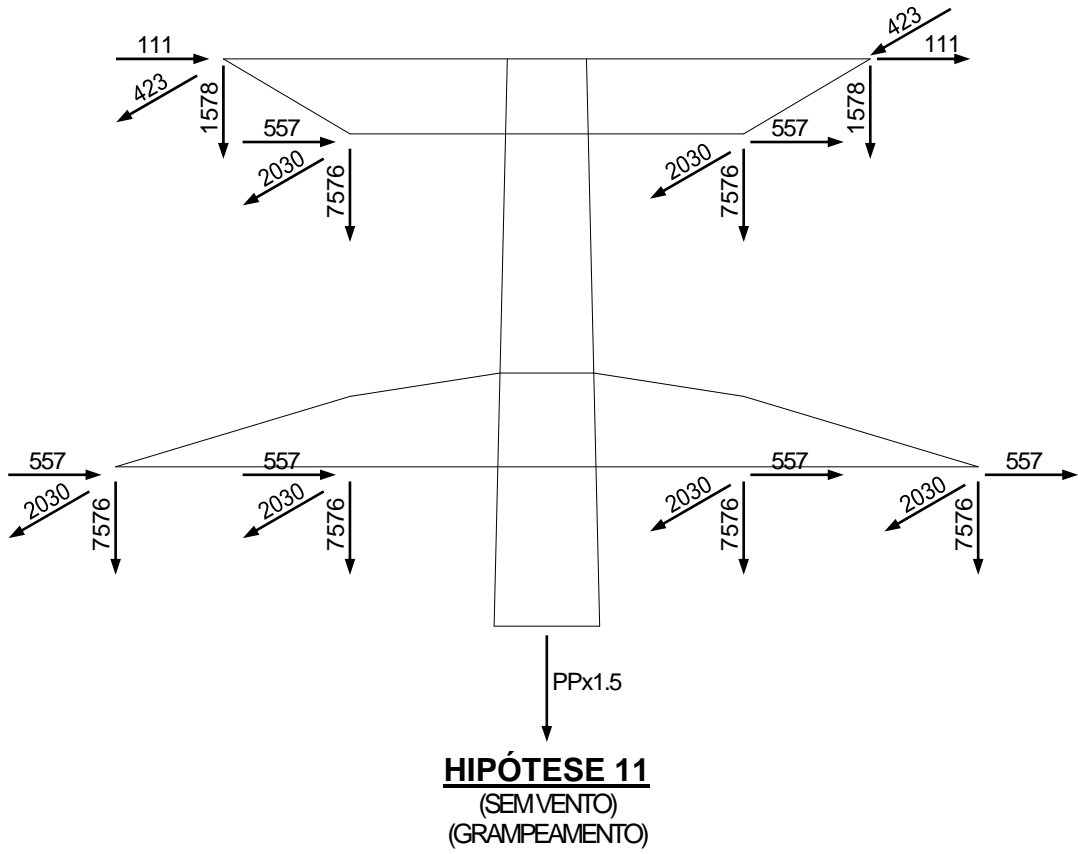


**HIPÓTESE 6**  
(SEM VENTO)  
(CONSTRUÇÃO/MANUTENÇÃO)



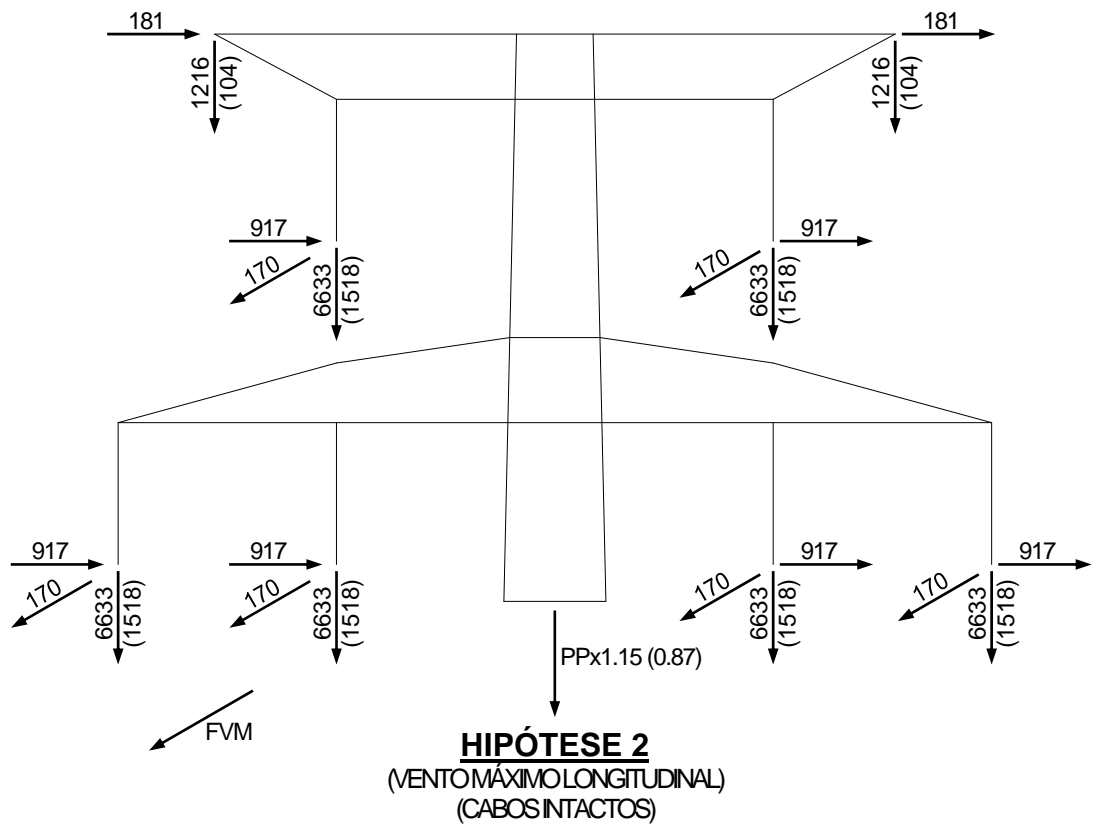
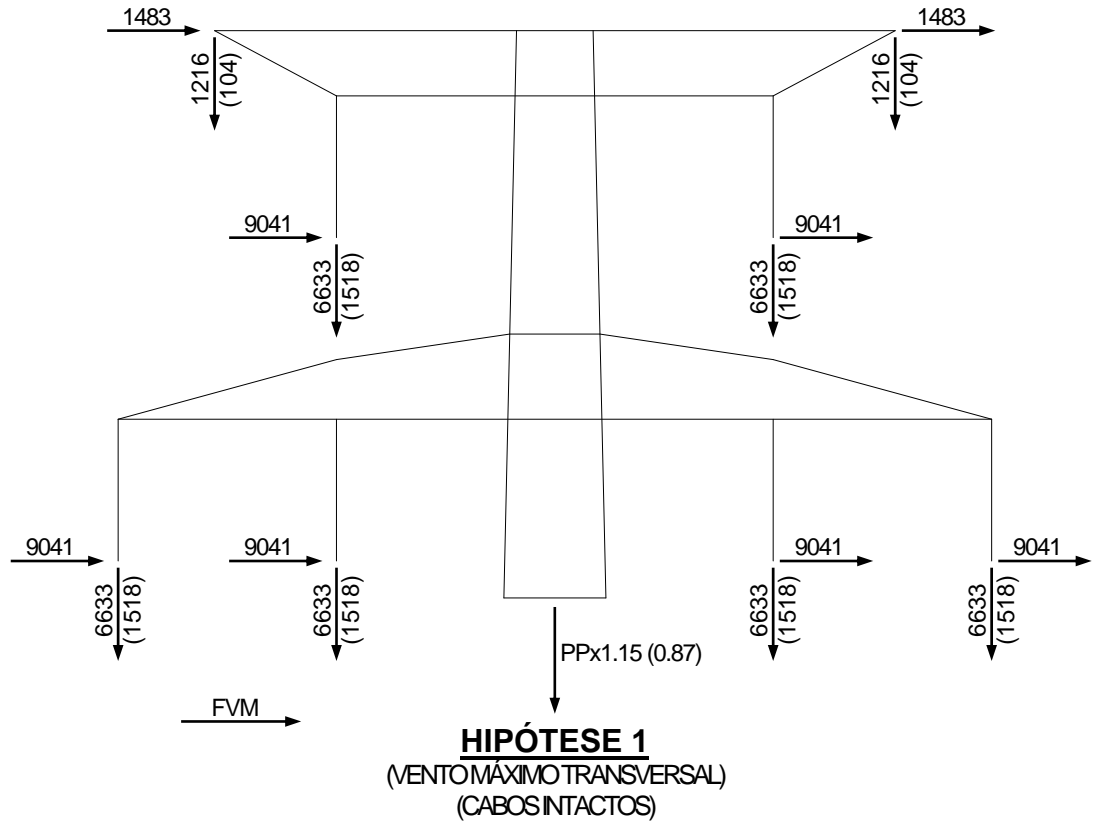




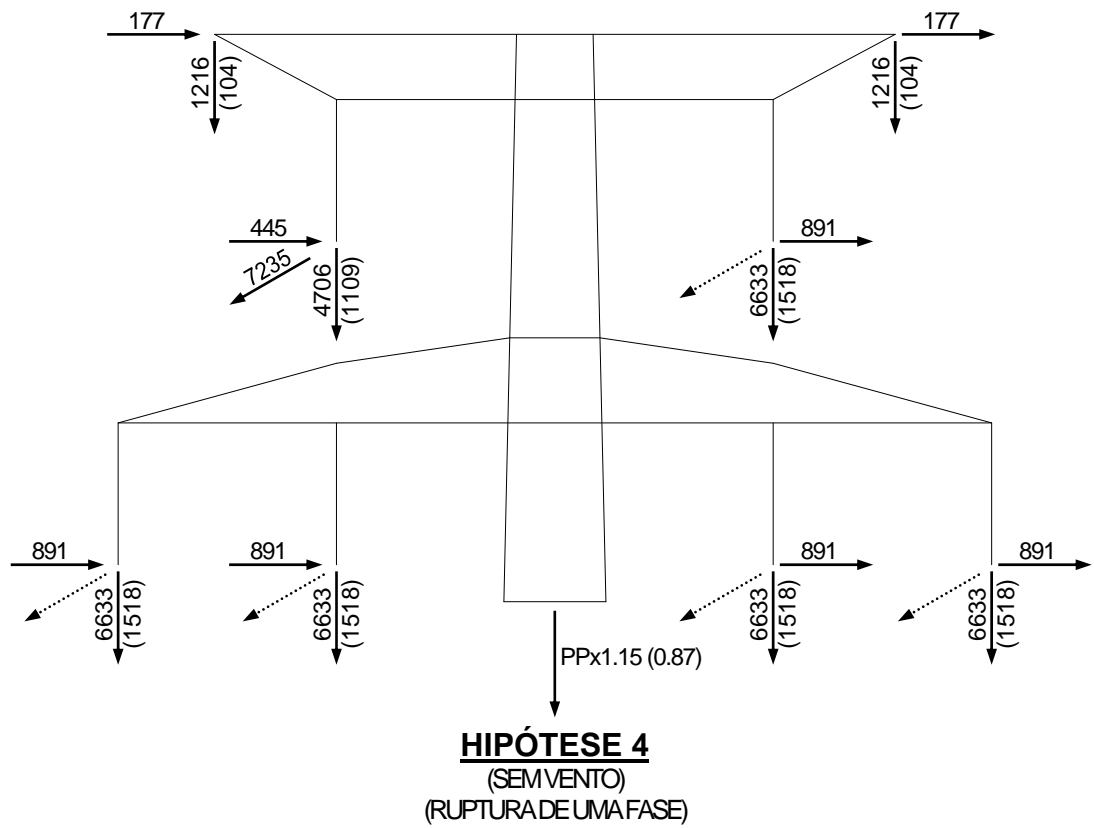
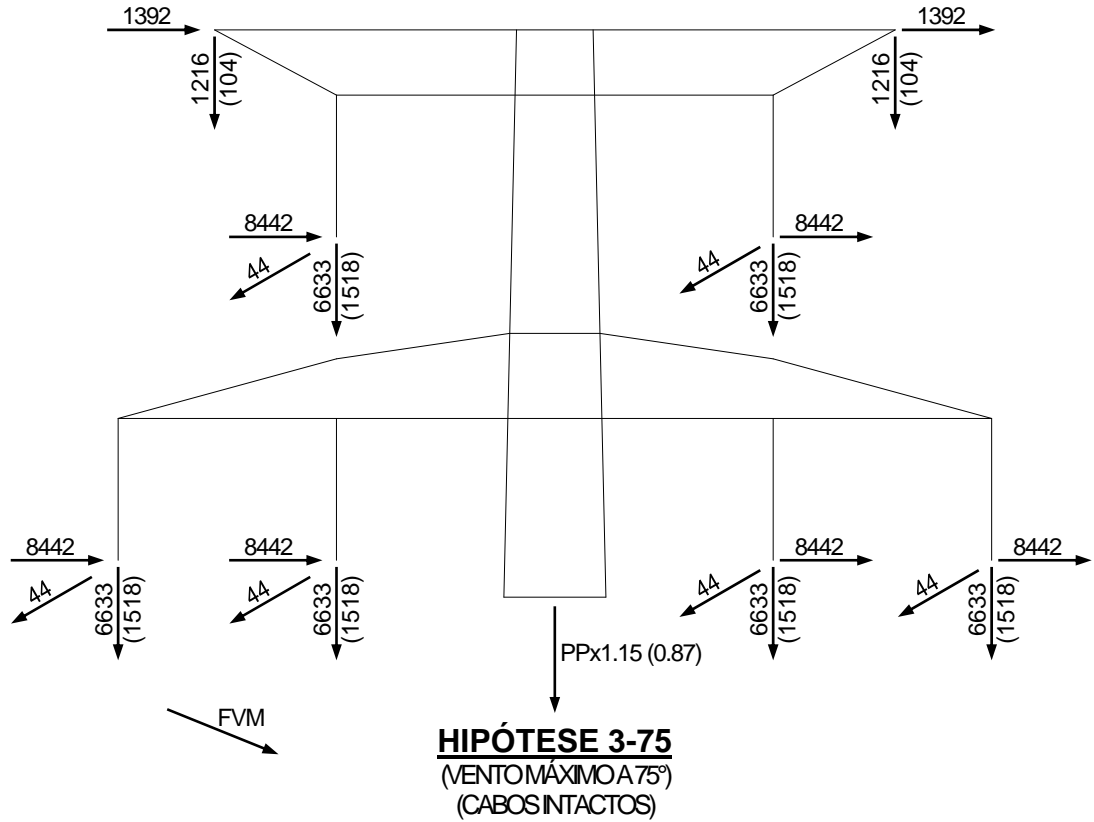


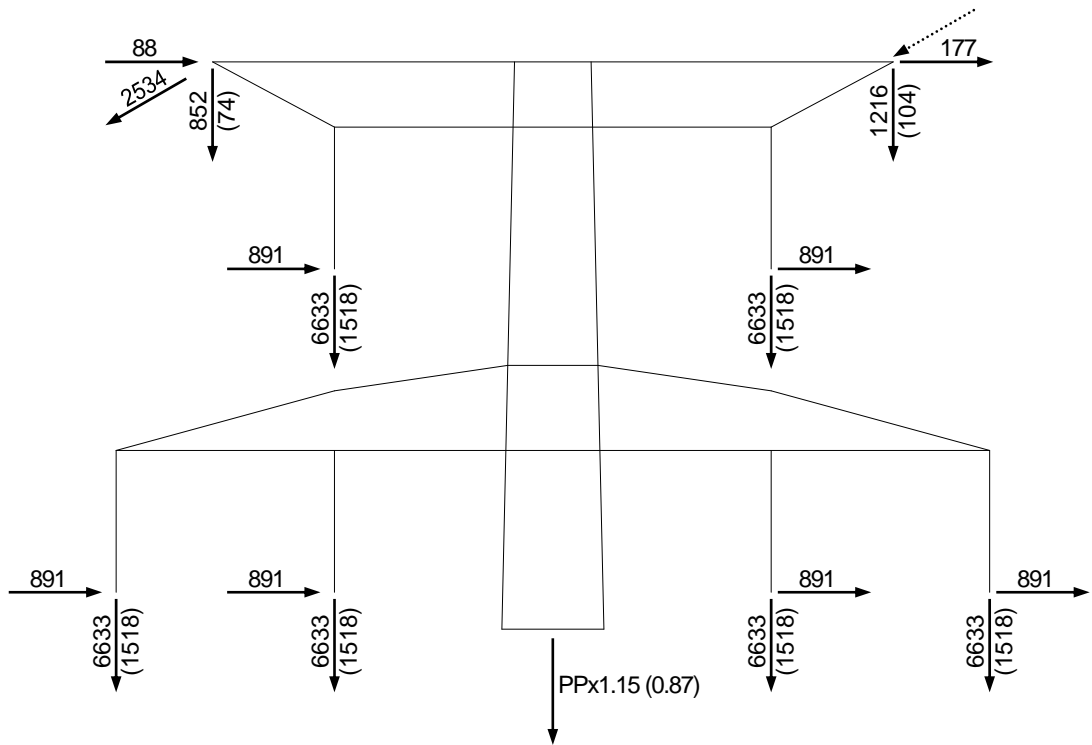


### 5.6.11.3 TORRE DE SUSPENSÃO TIPO CSP

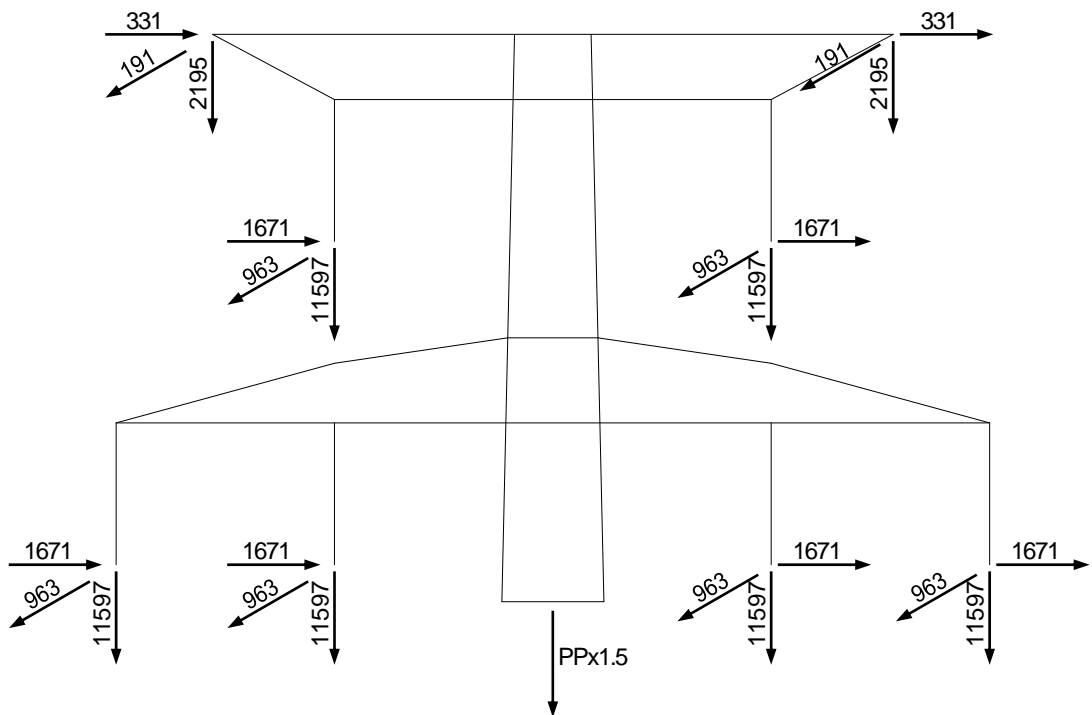




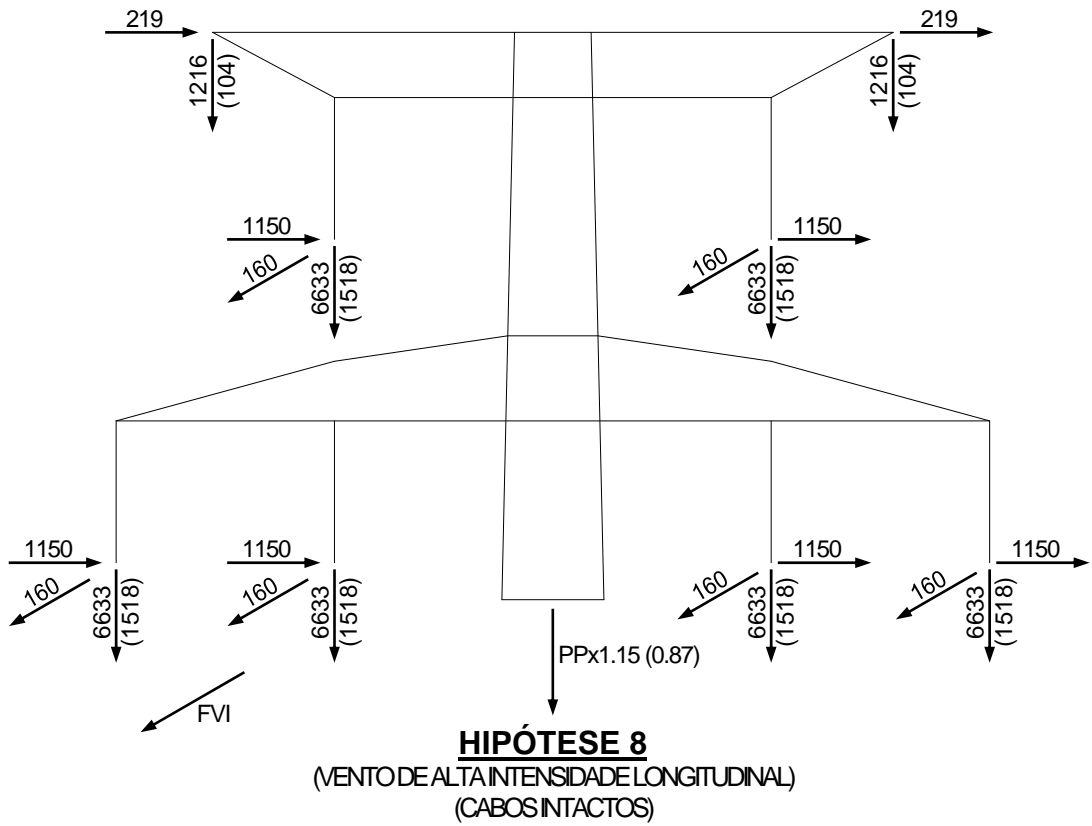
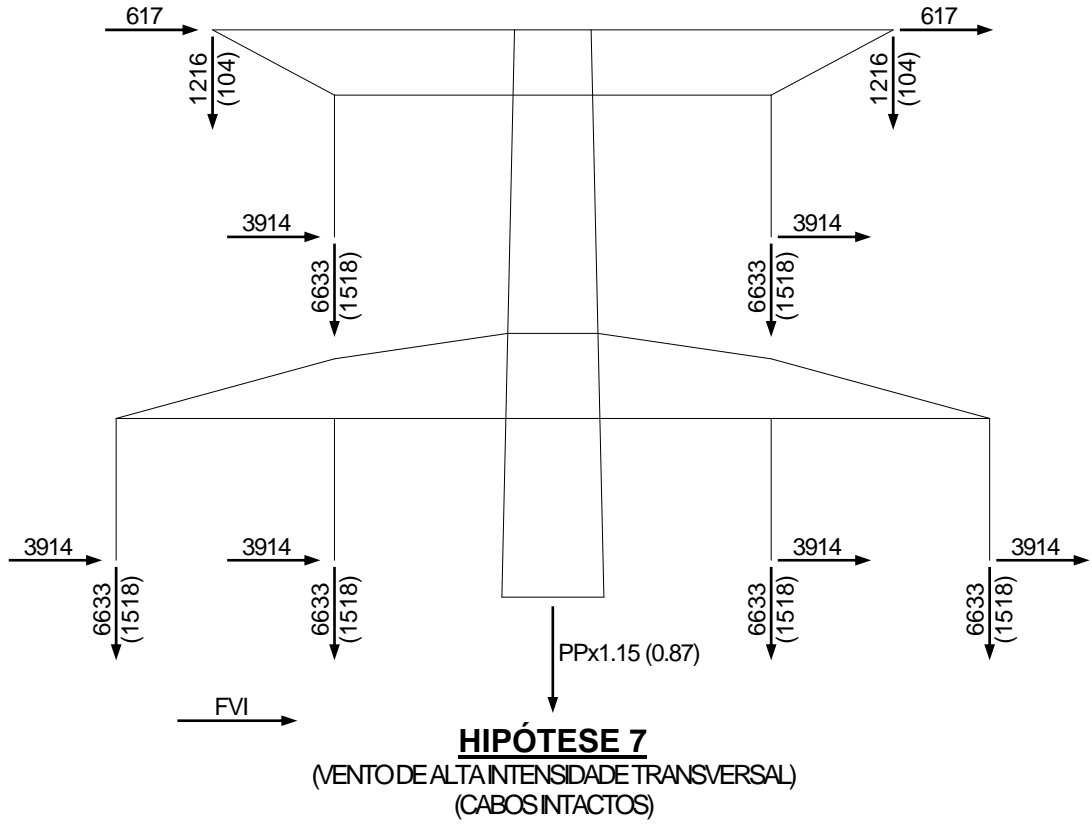




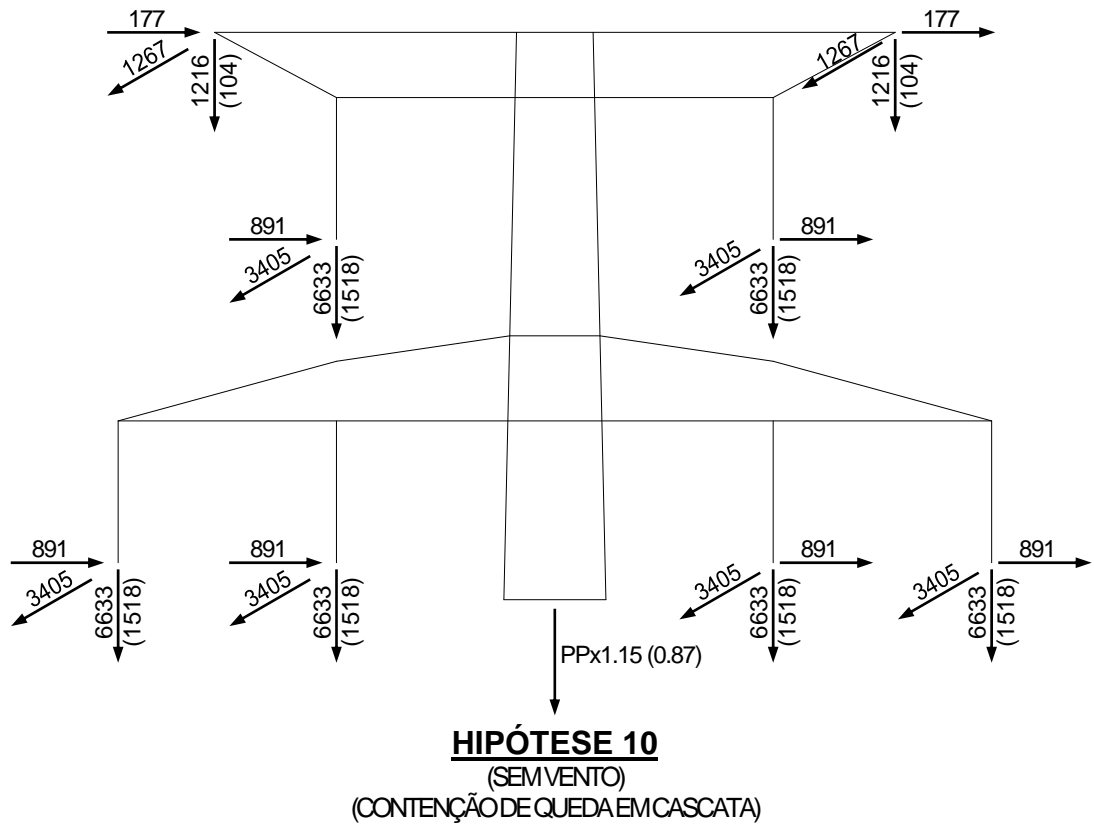
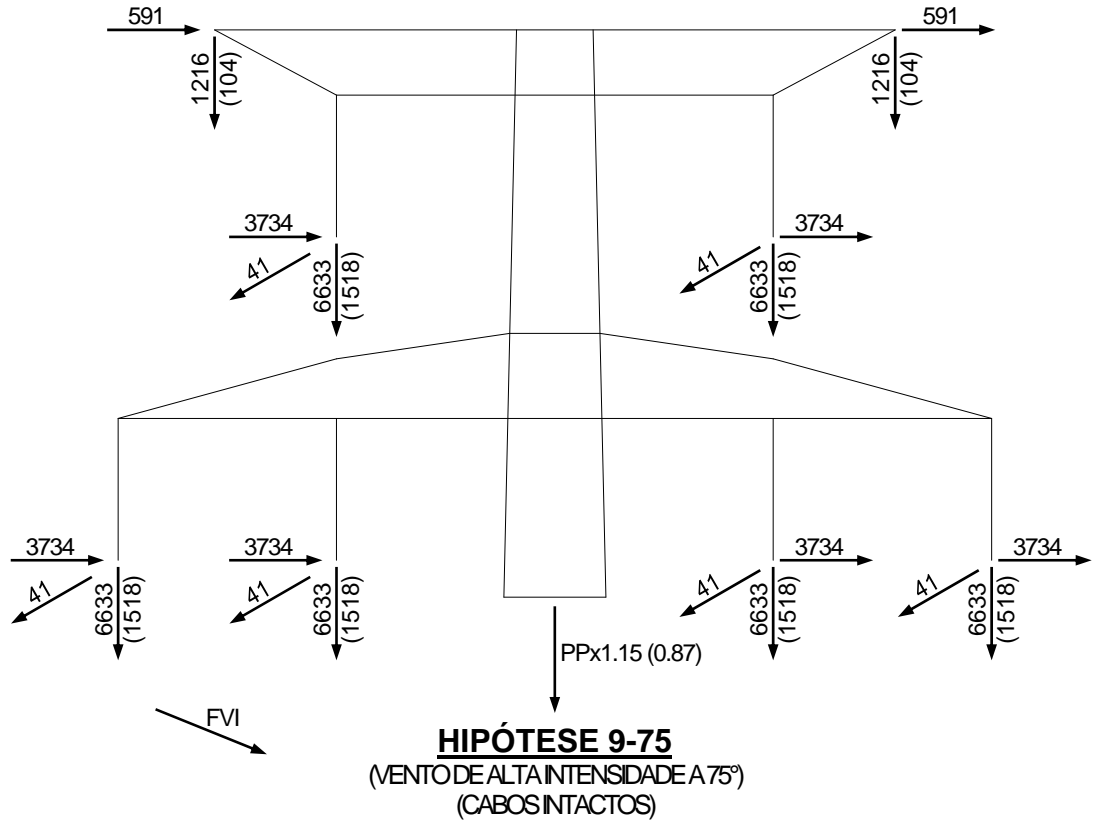
**HIPÓTESE 5**  
(SEM VENTO)  
(RUPTURA DE UM PÁRA-RAIOS)

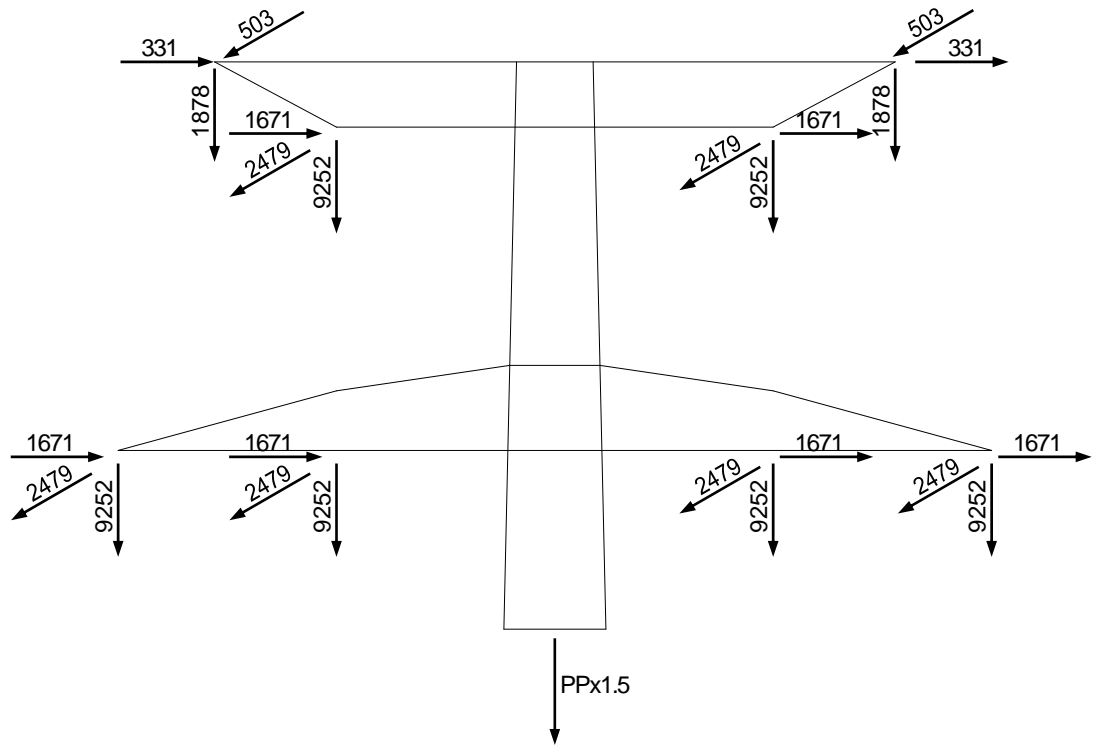


**HIPÓTESE 6**  
(SEM VENTO)  
(CONSTRUÇÃO/MANUTENÇÃO)





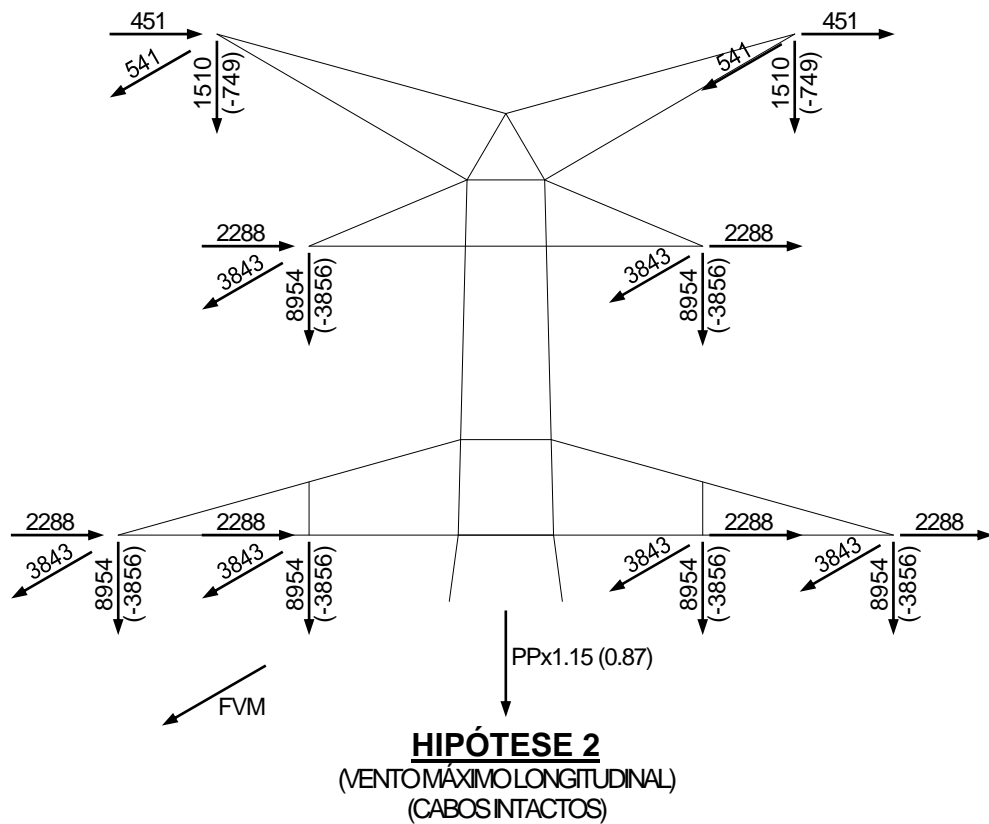
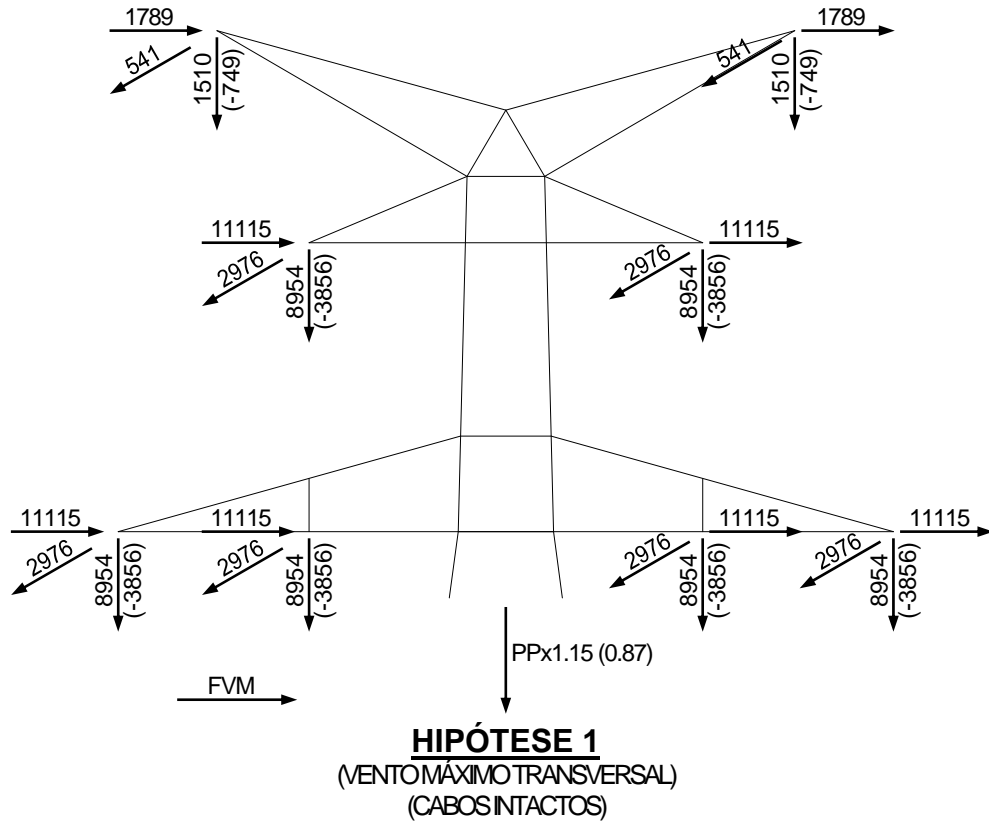


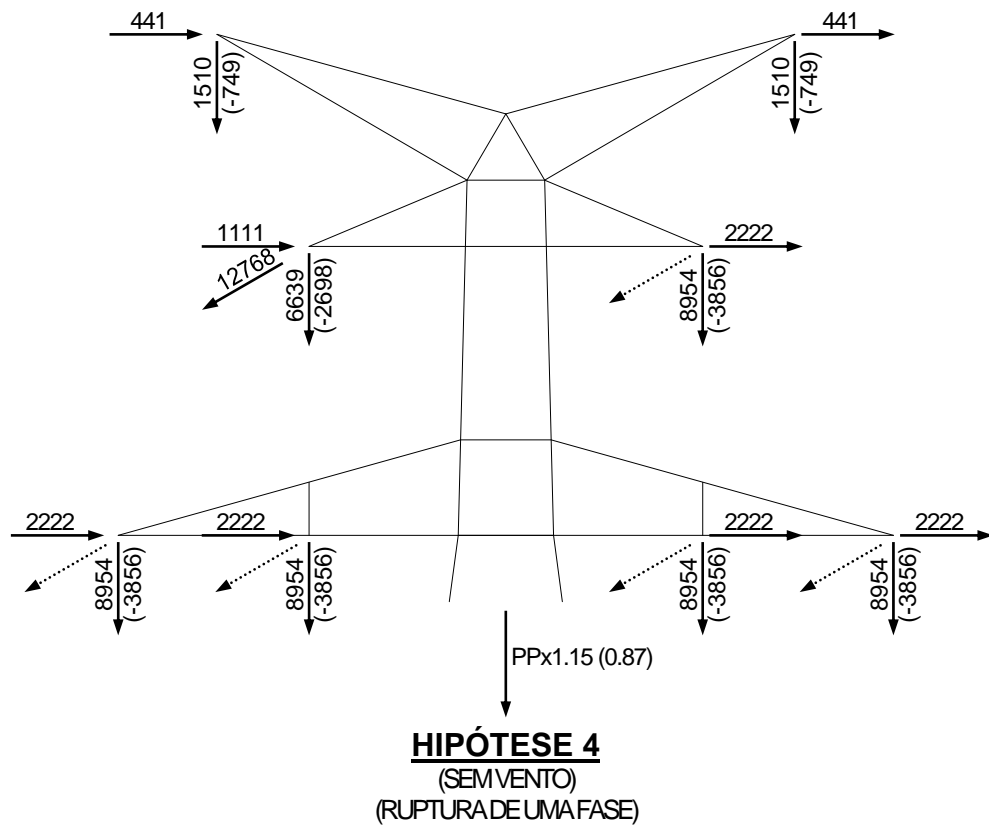
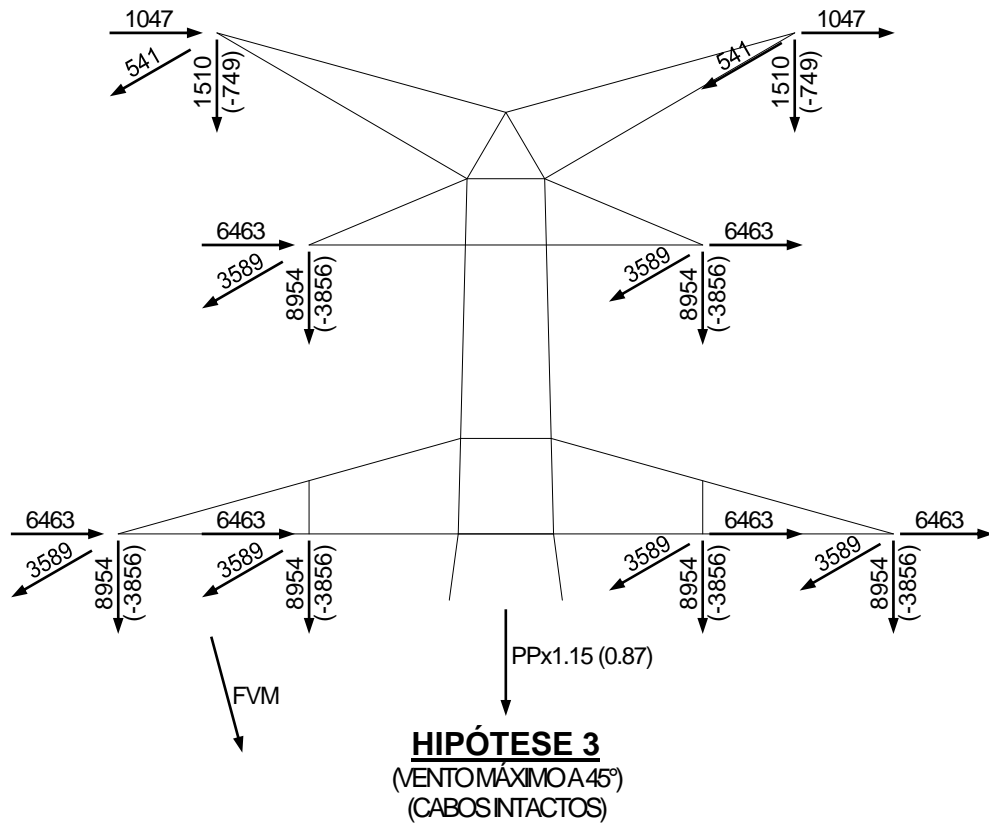


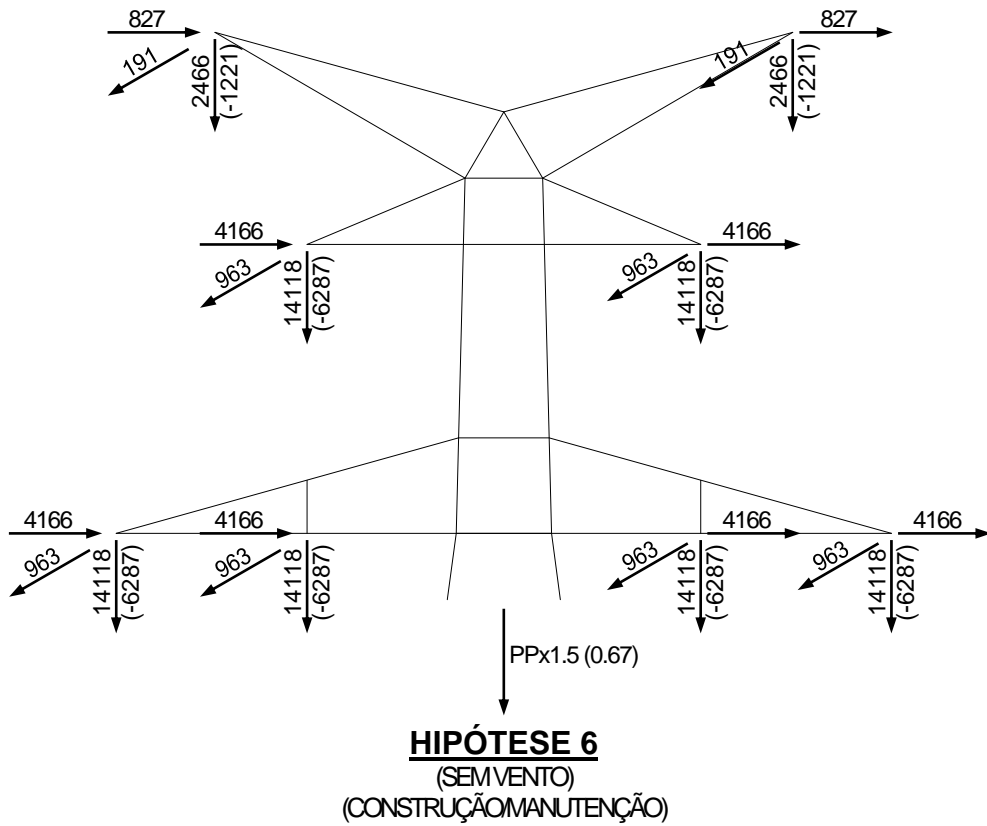
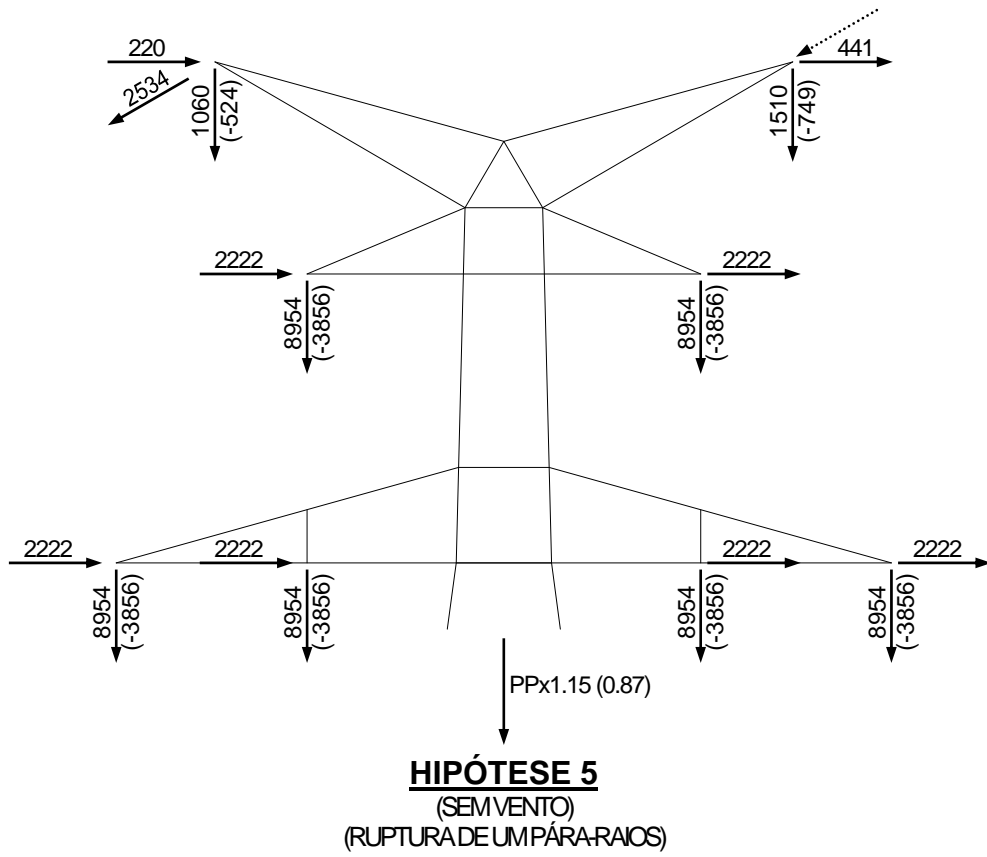
**HIPÓTESE 11**  
 (SEM VENTO)  
 (GRAMPEAMENTO)

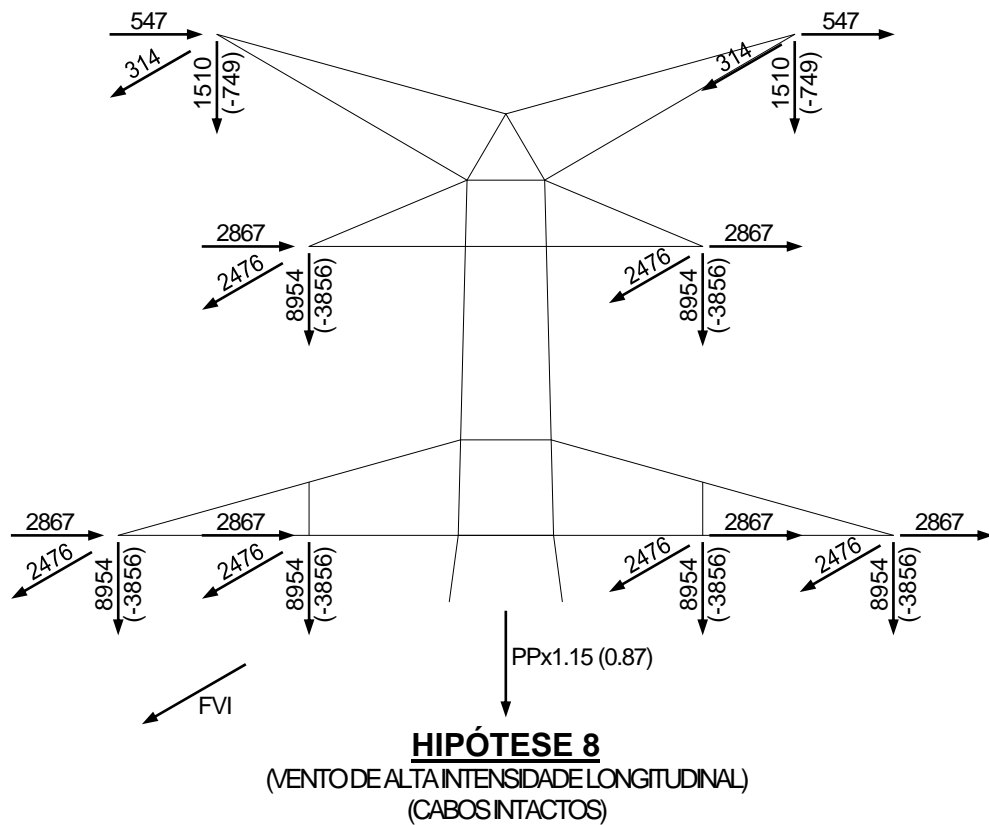
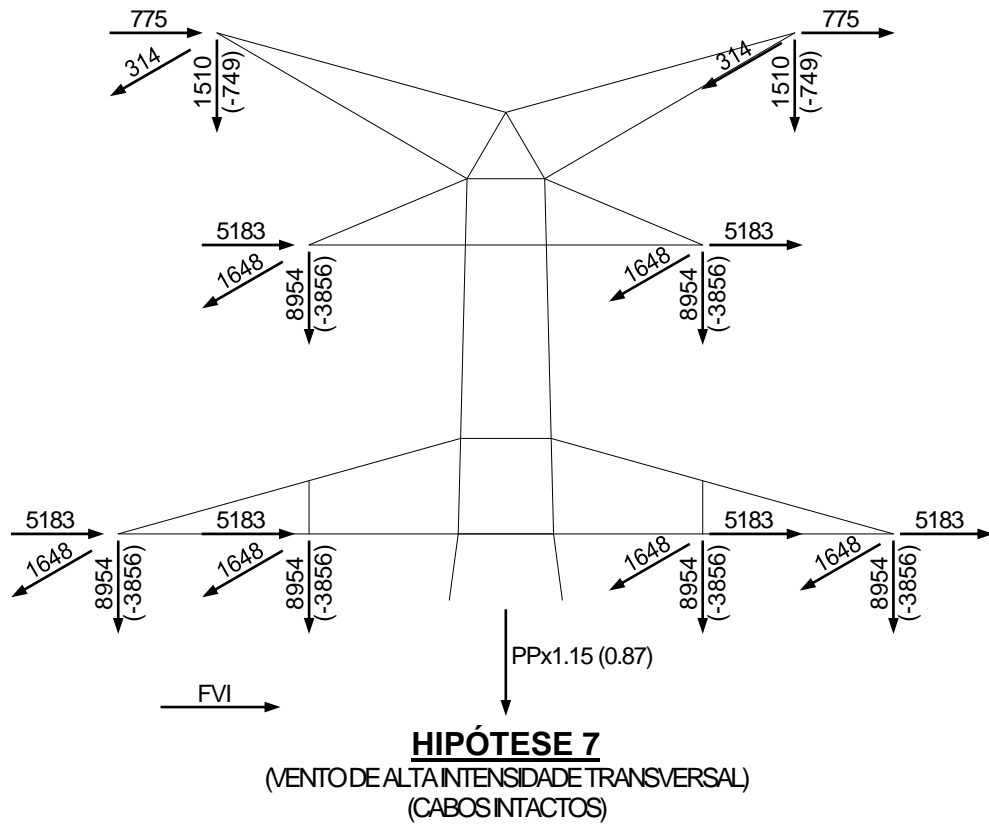


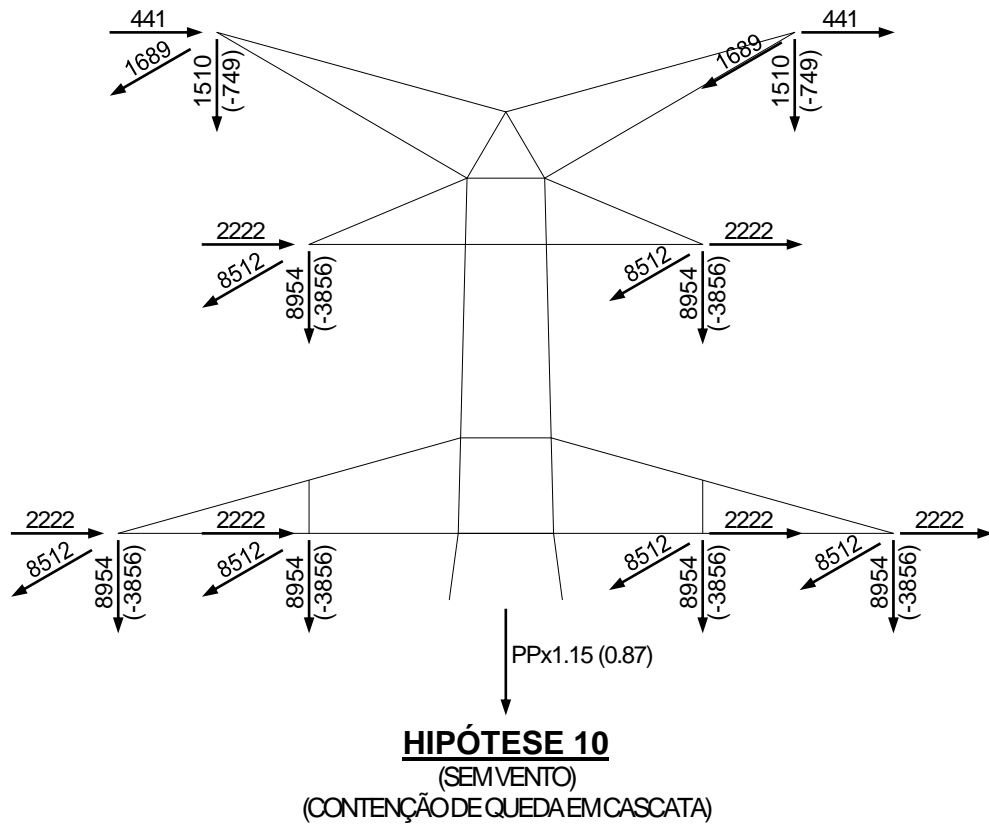
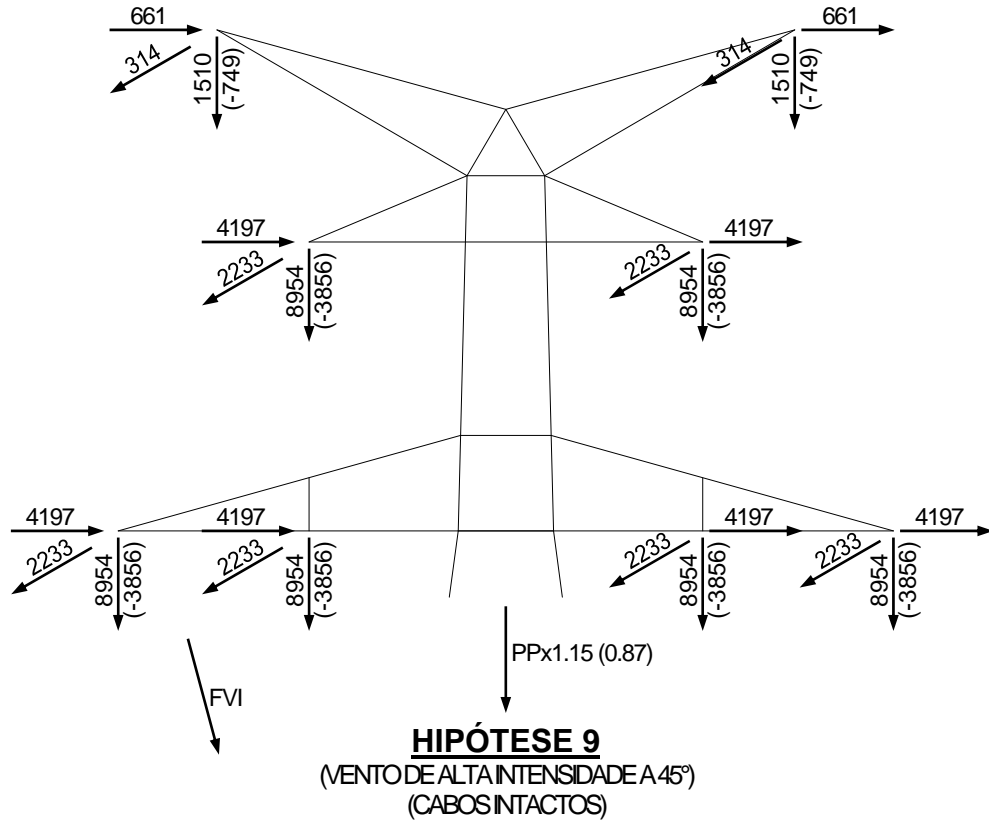
### 5.6.11.4 TORRE DE ANCORAGEM MEIO DE LINHA TIPO CA1



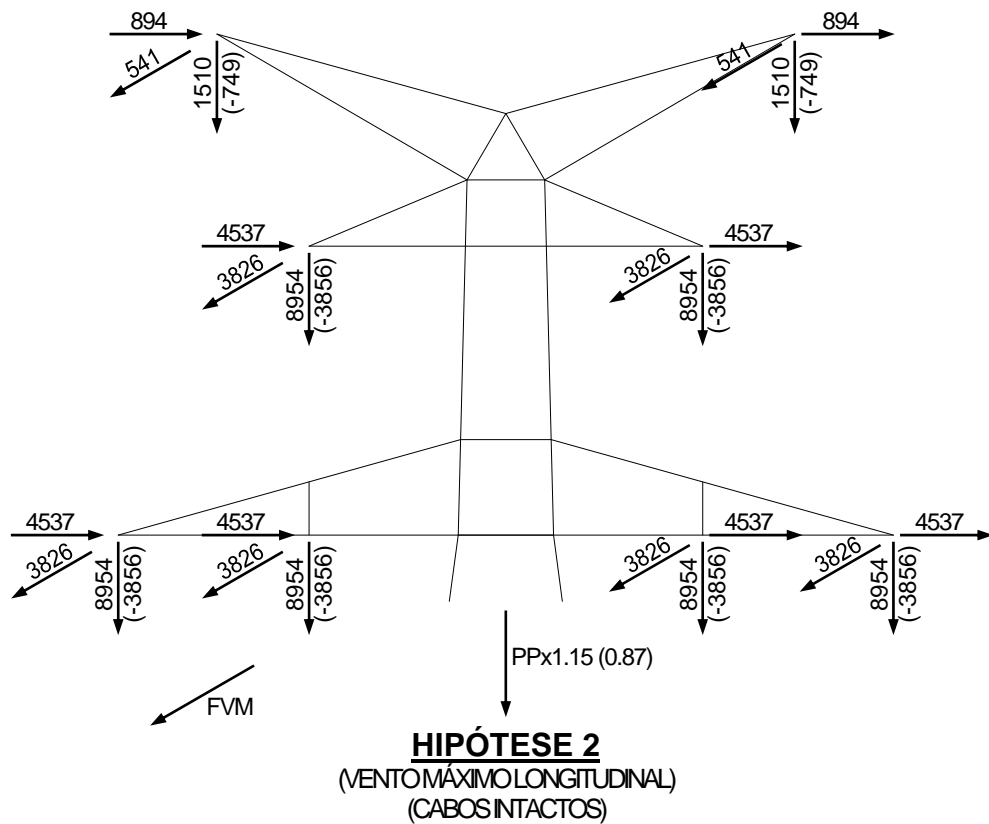
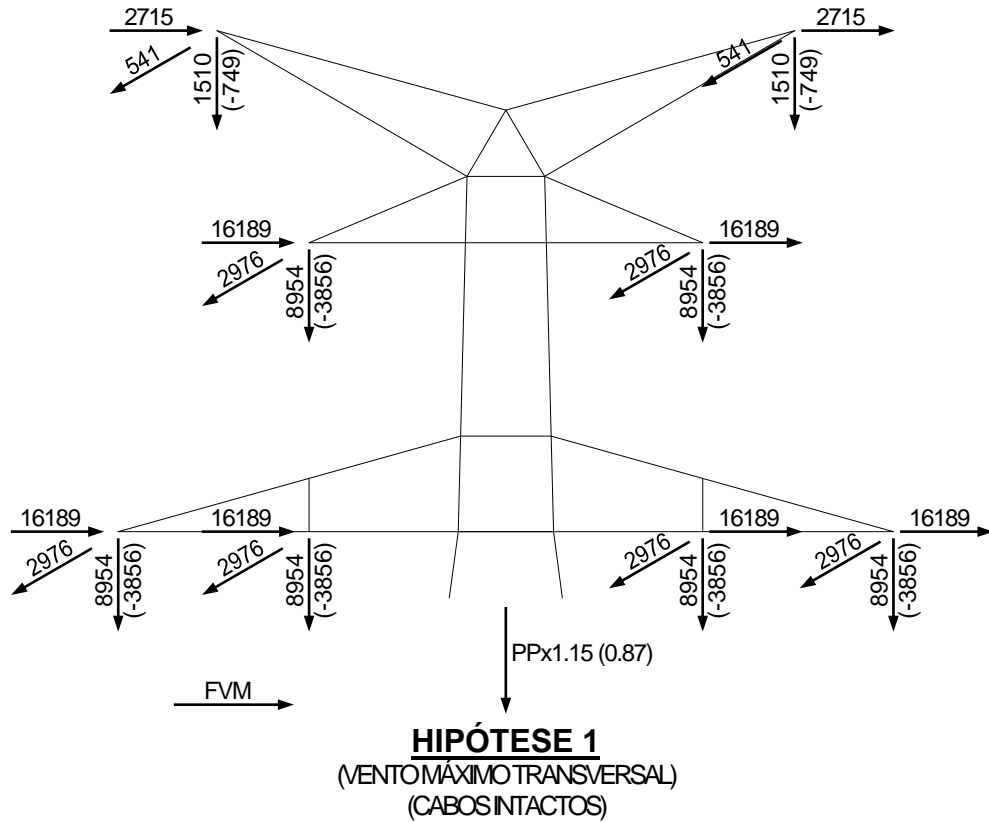


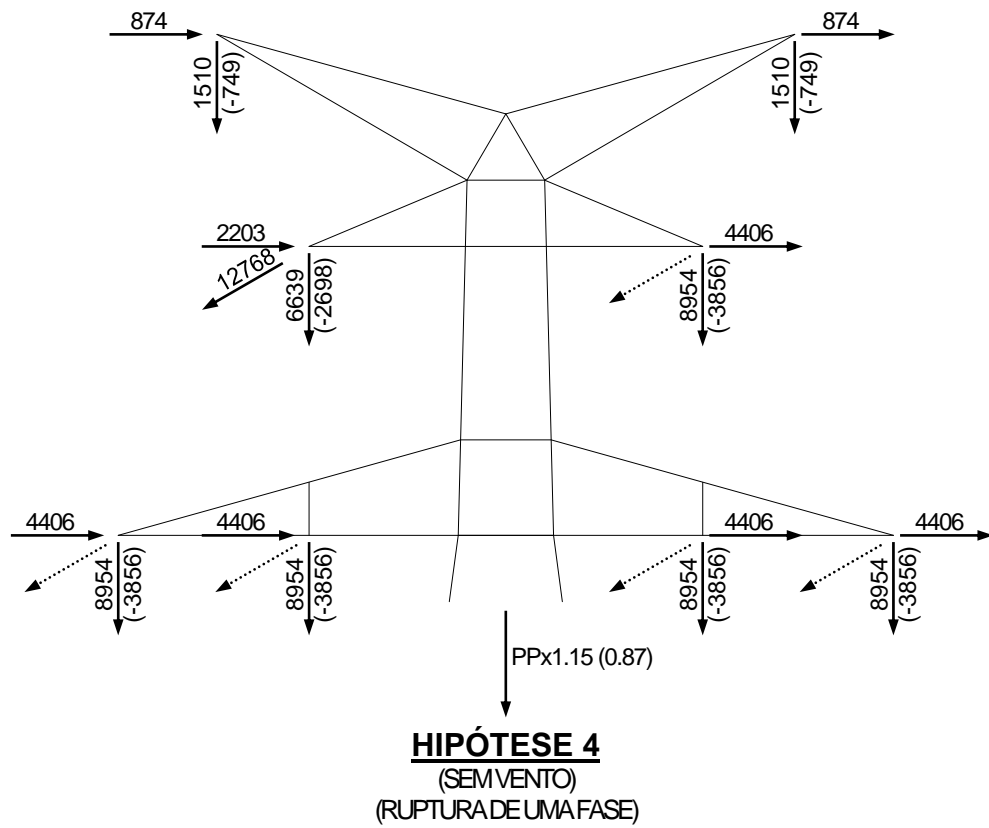
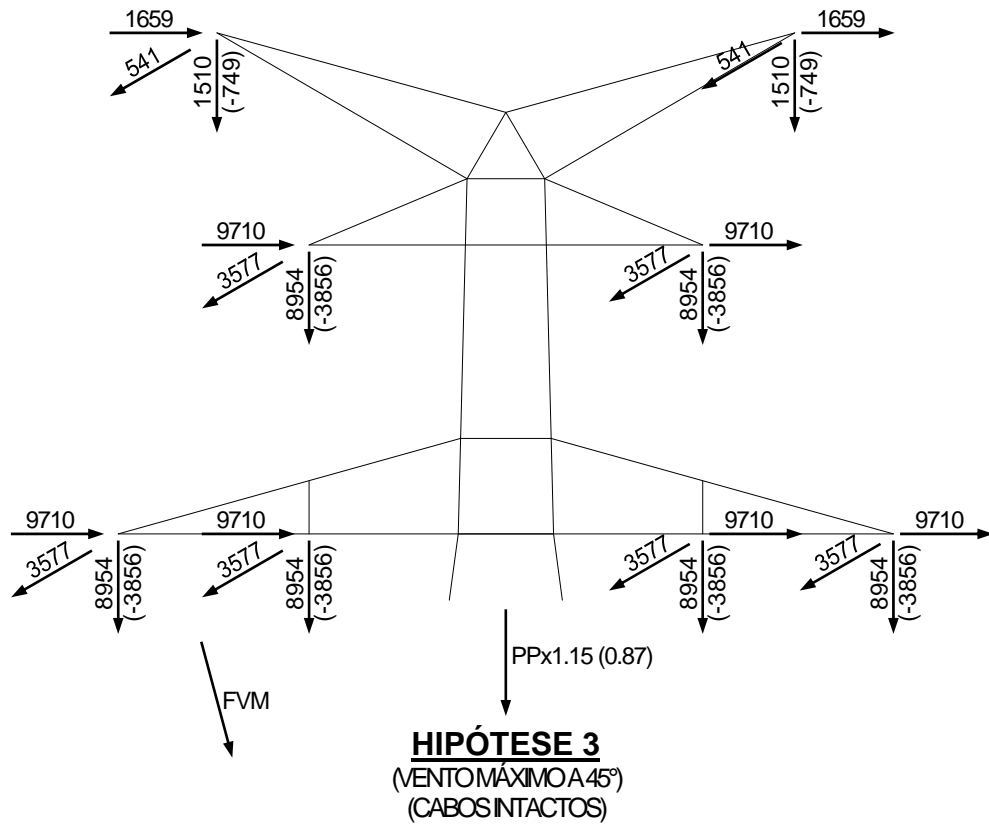


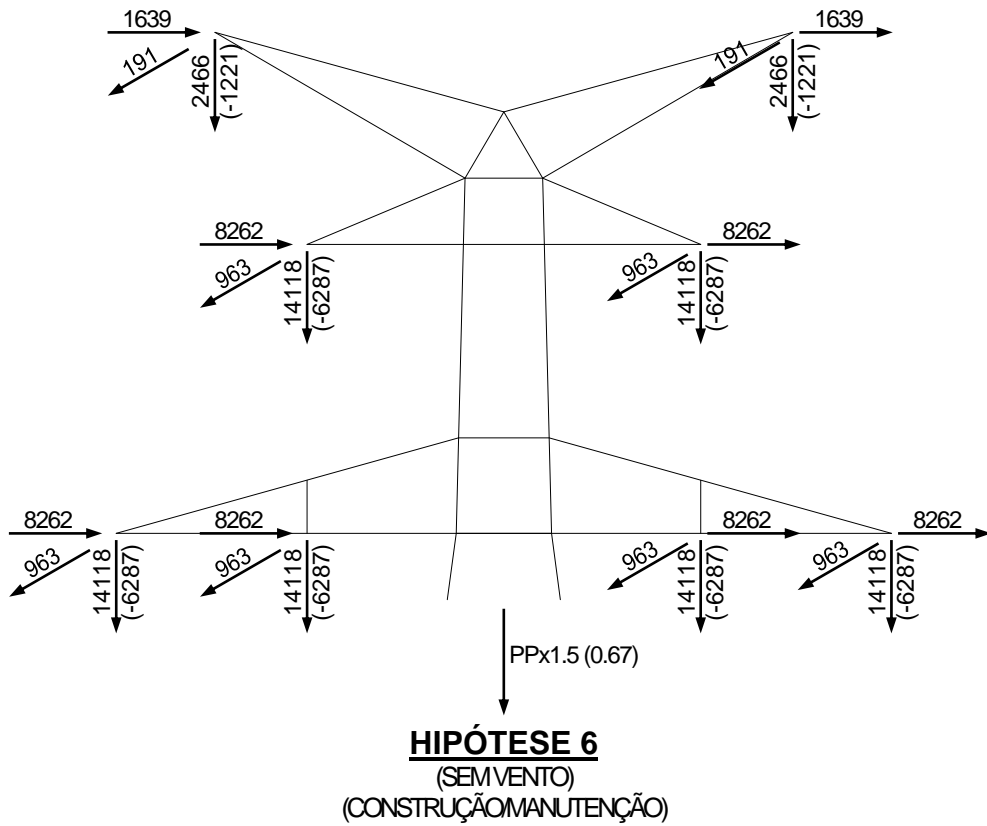
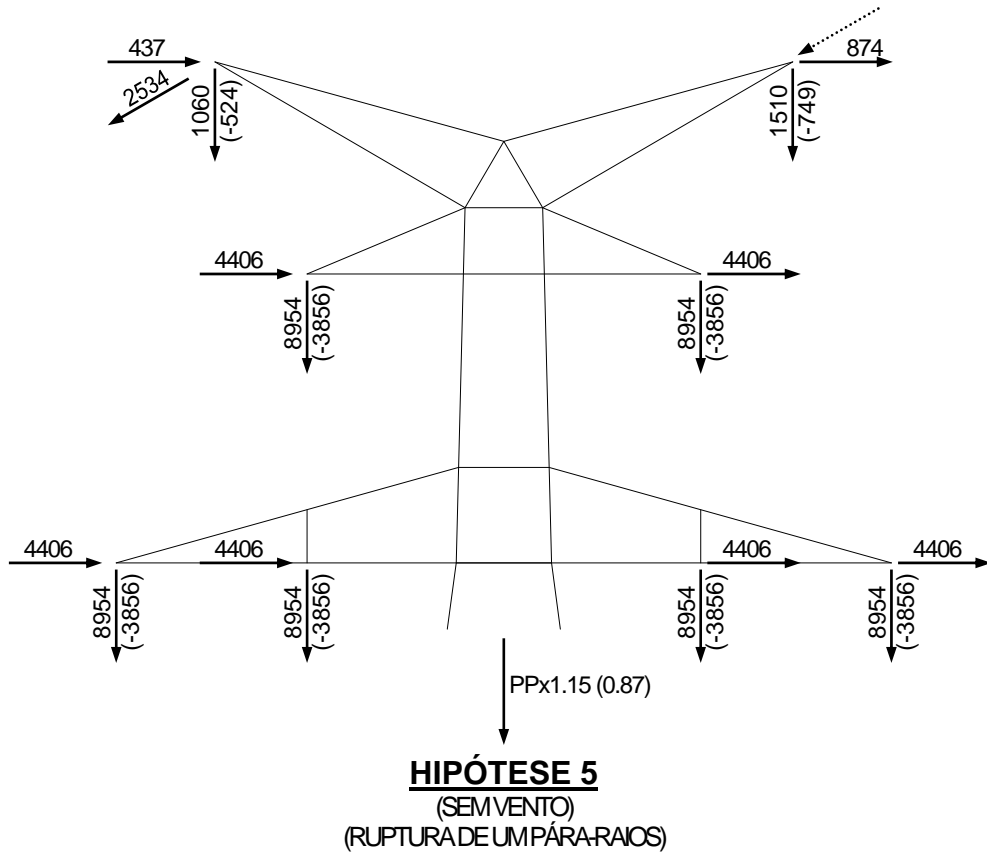




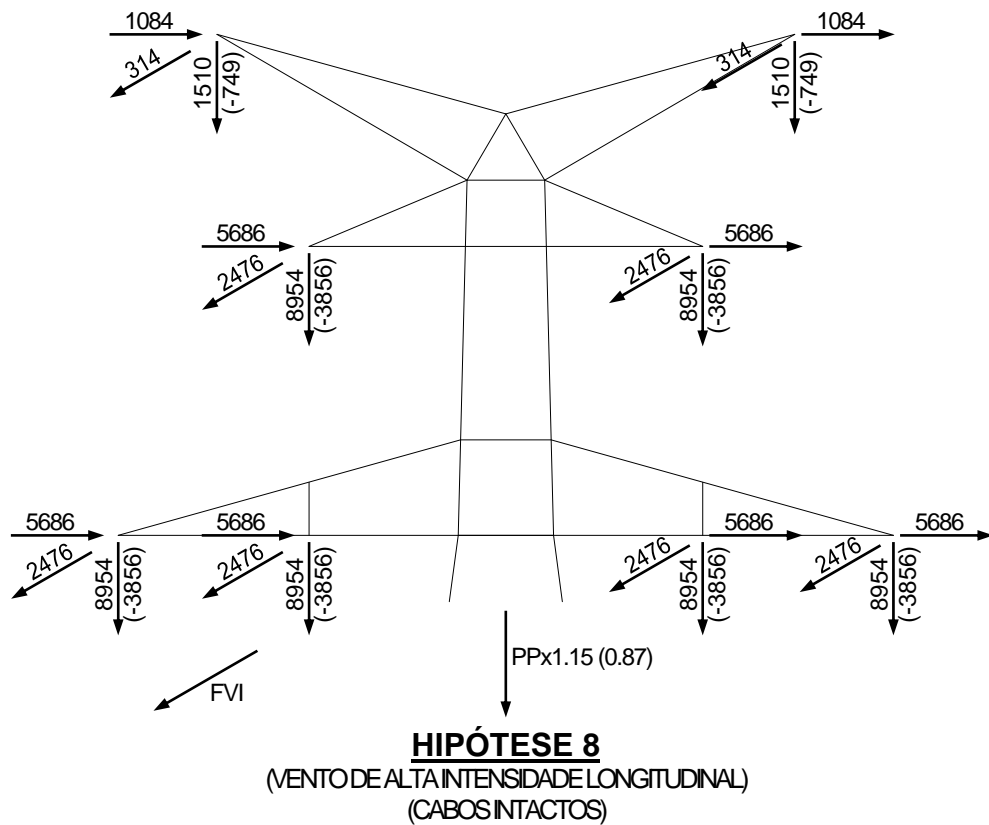
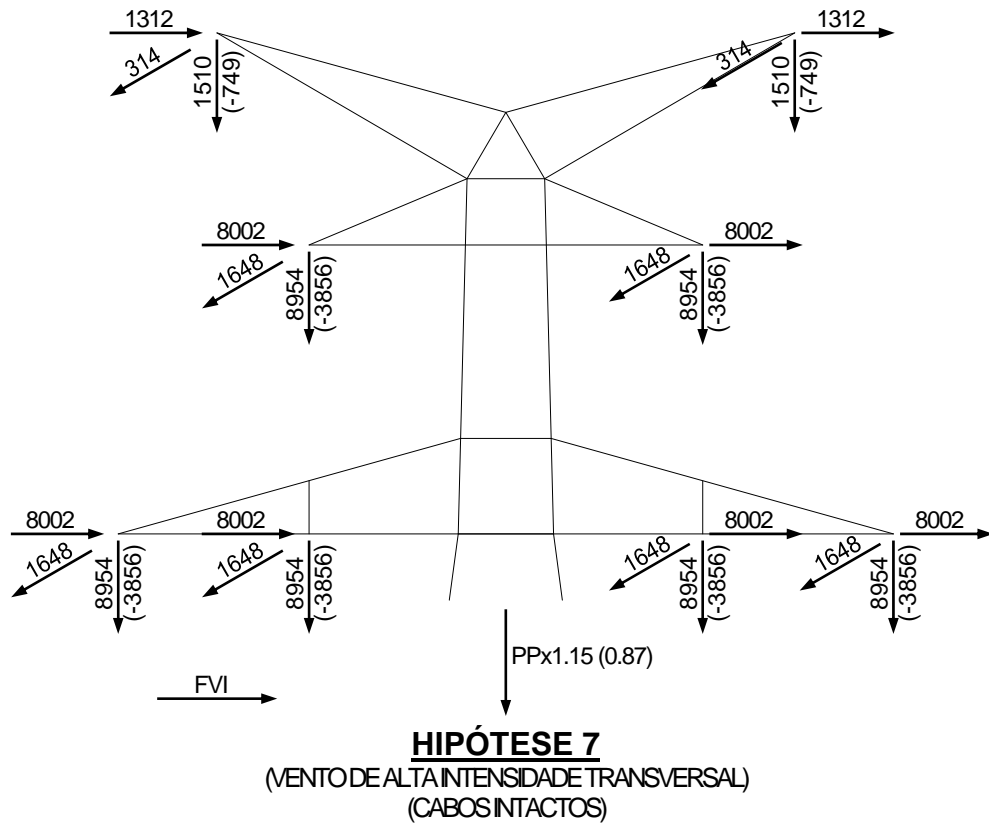
5.6.11.5 TORRE DE ANCORAGEM MEIO DE LINHA TIPO CA2

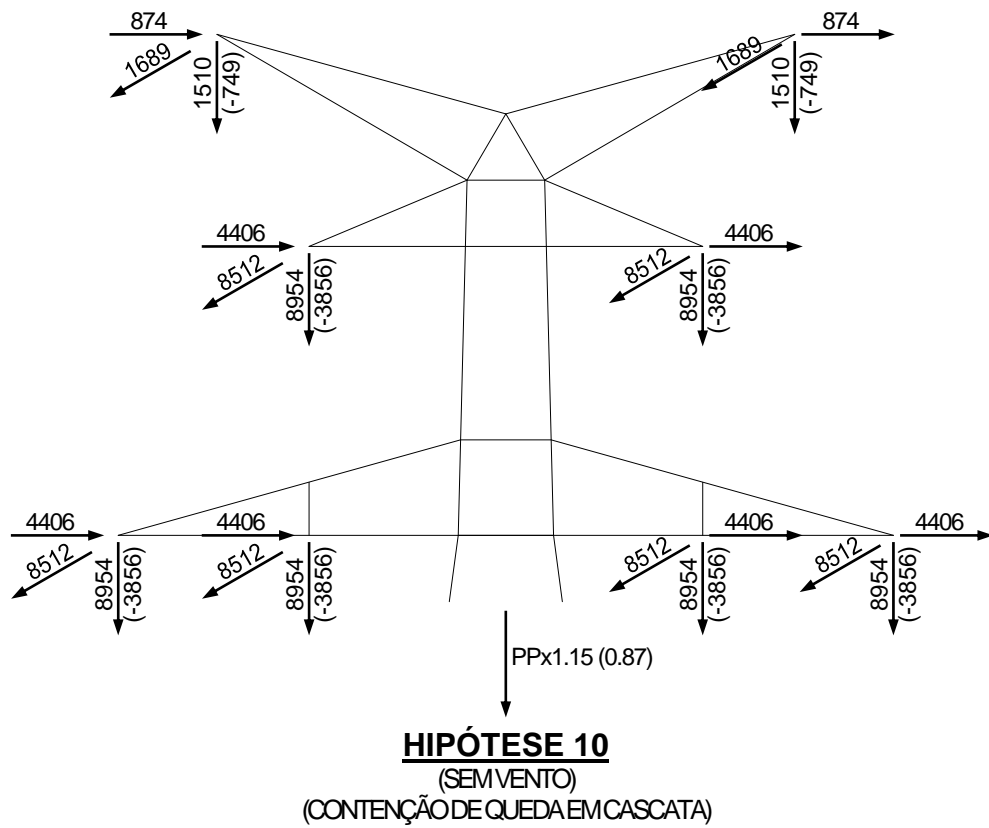
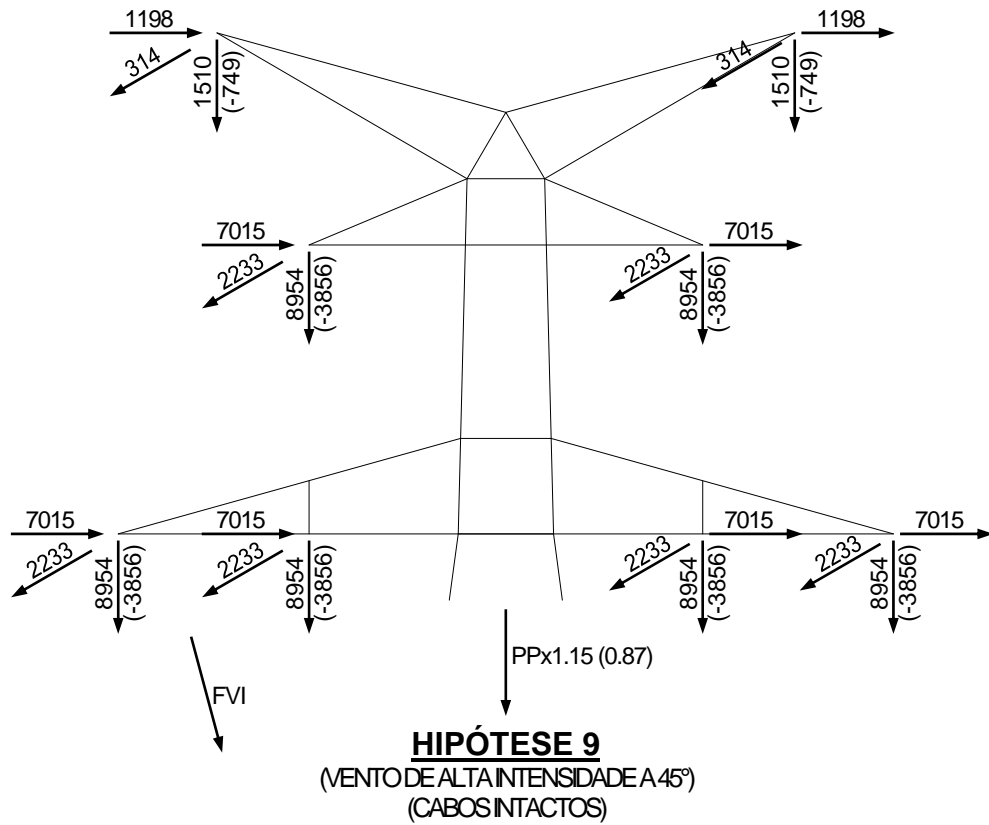




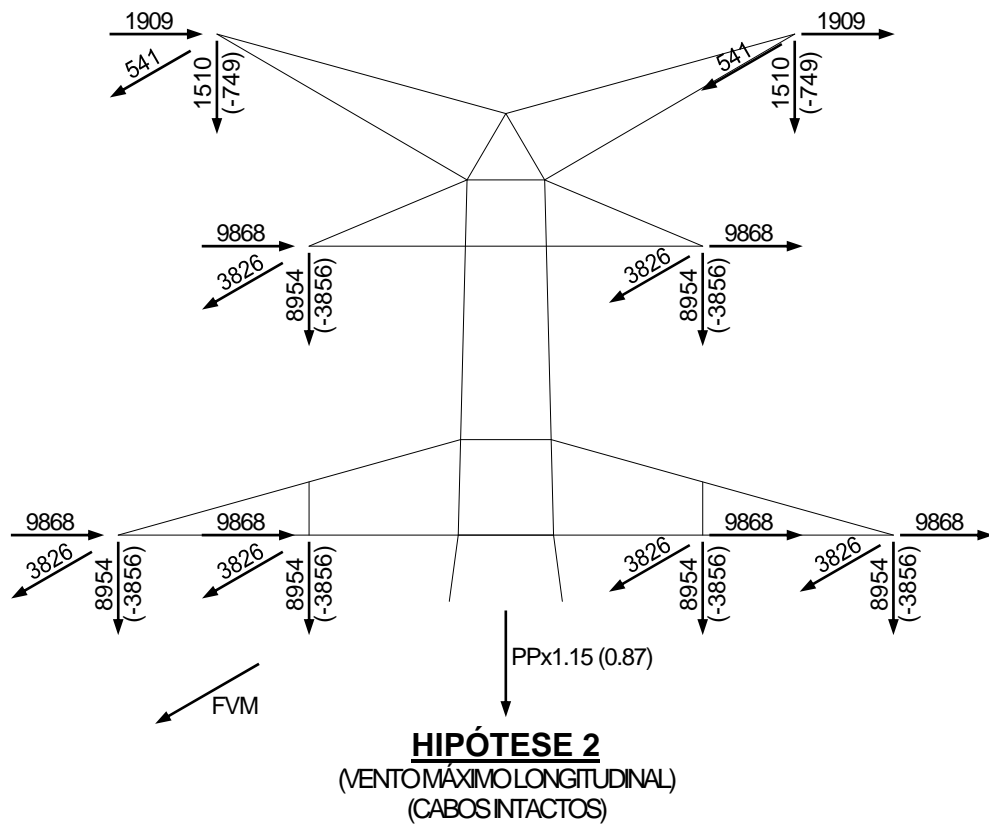
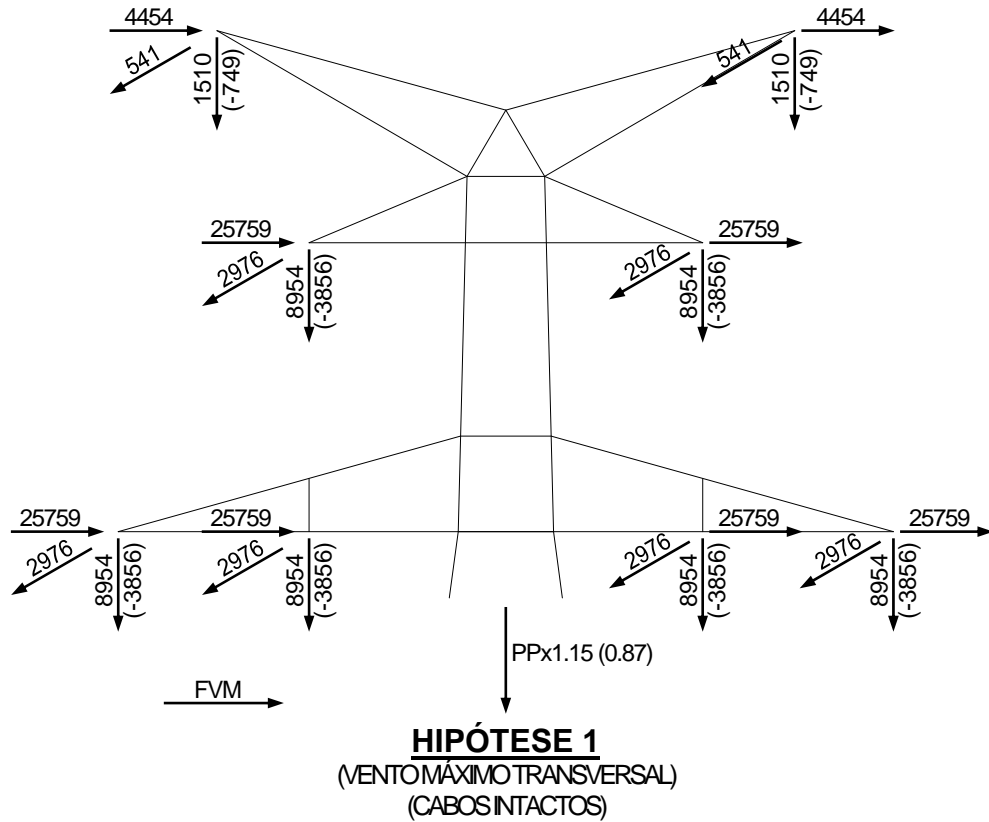


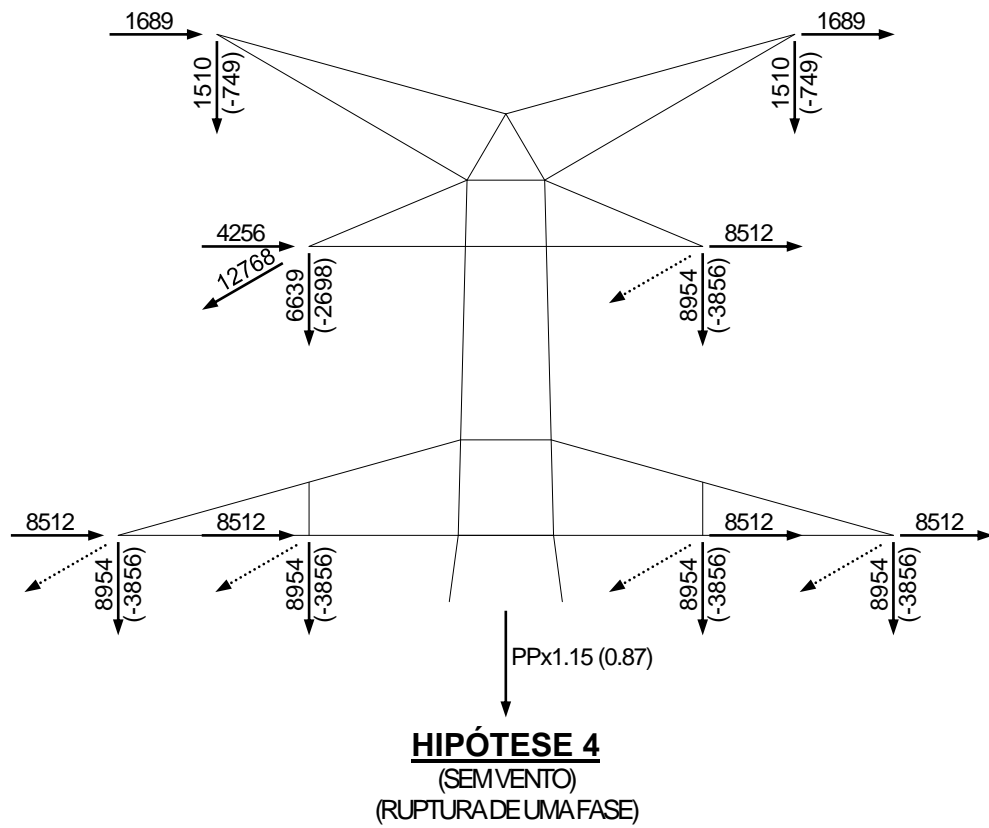
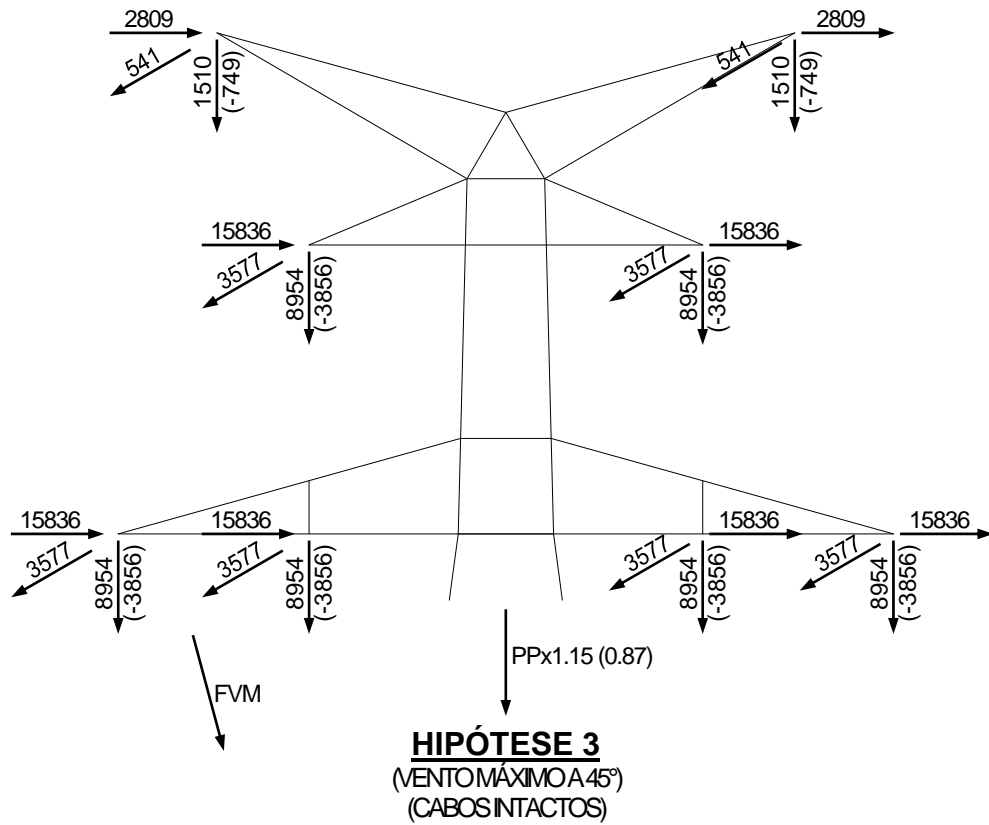


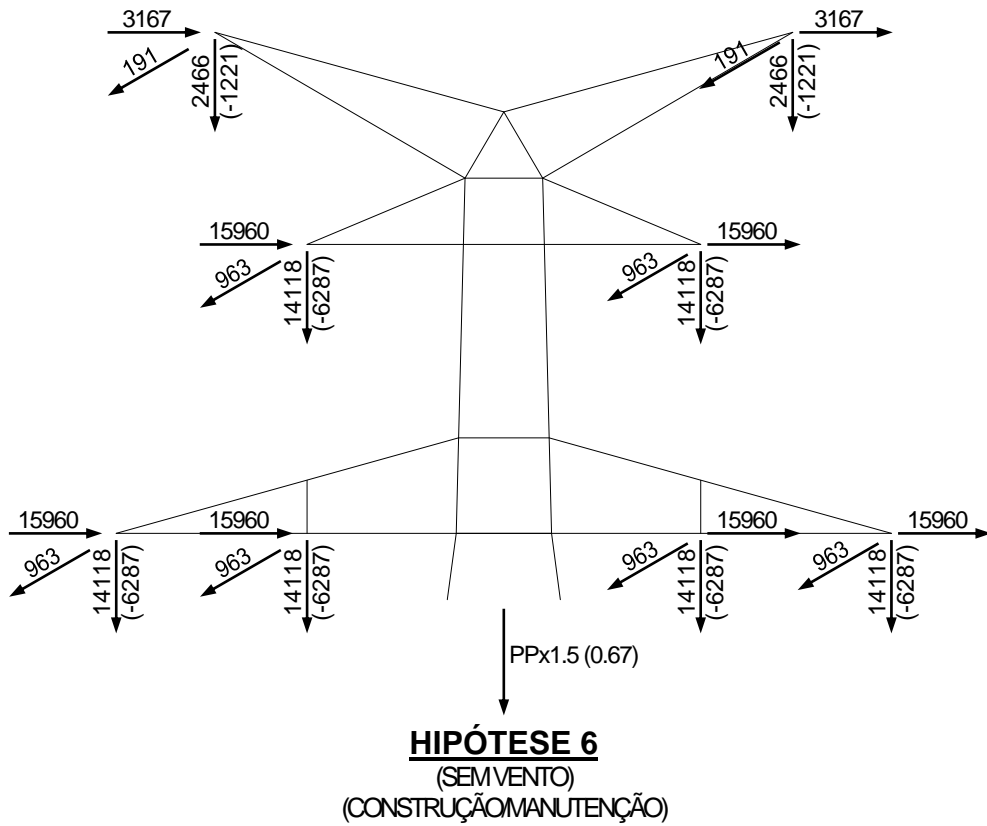
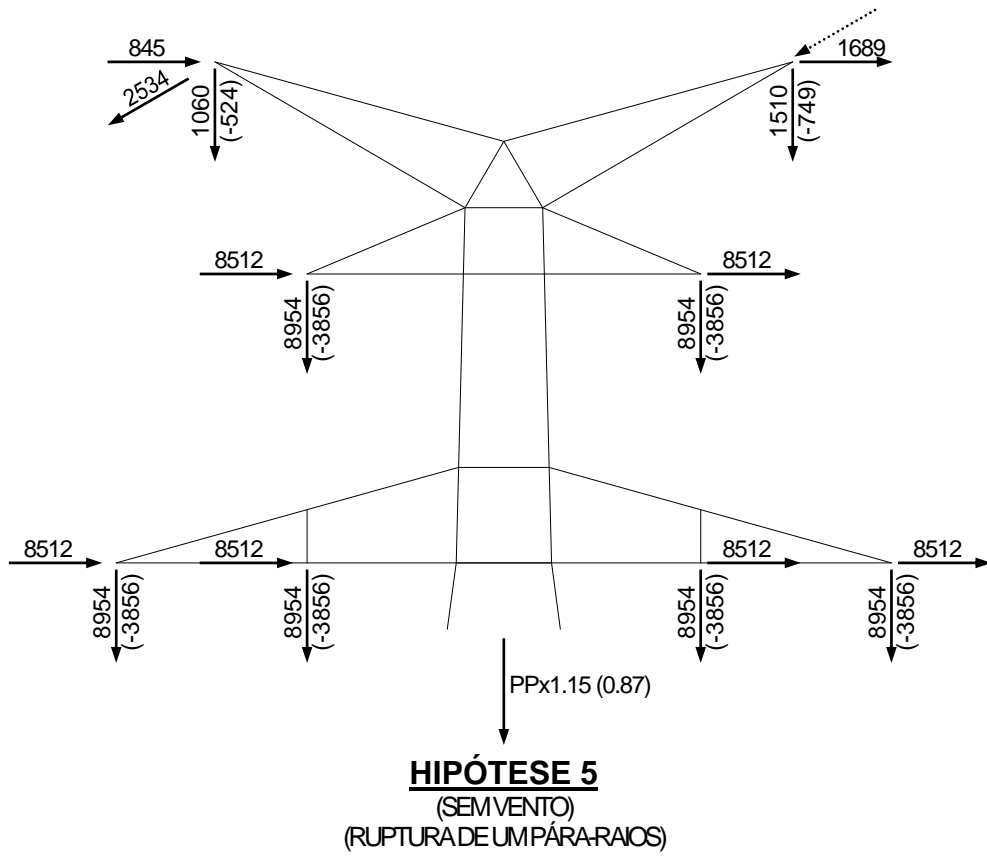


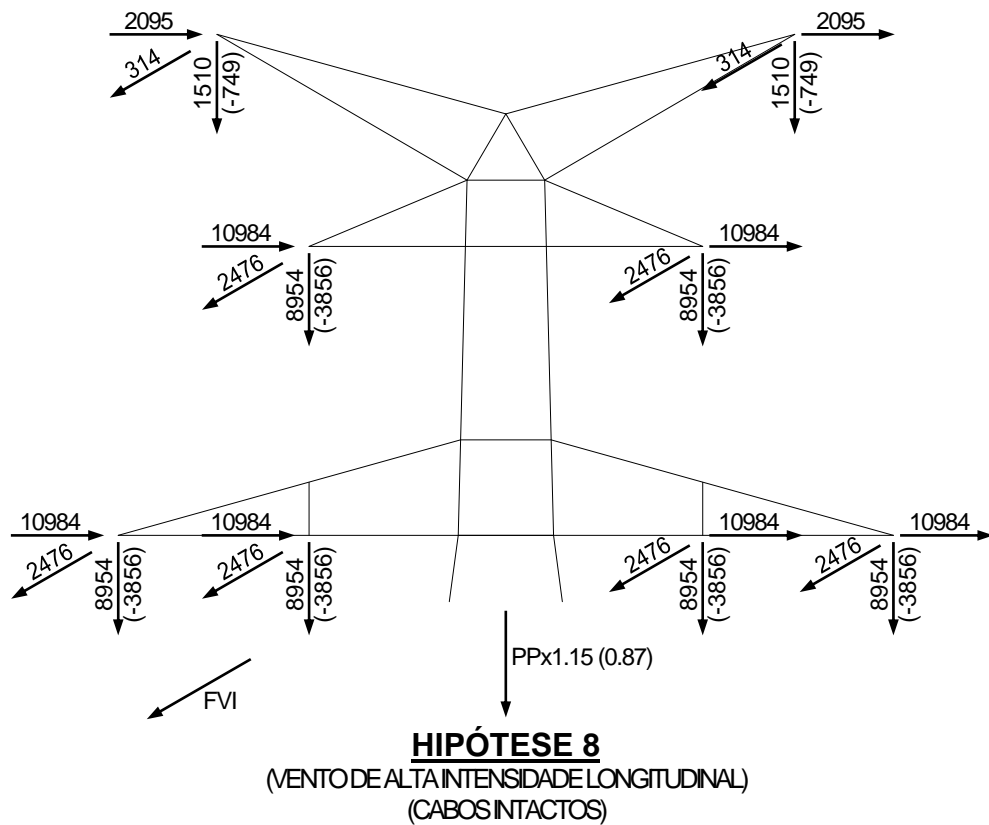
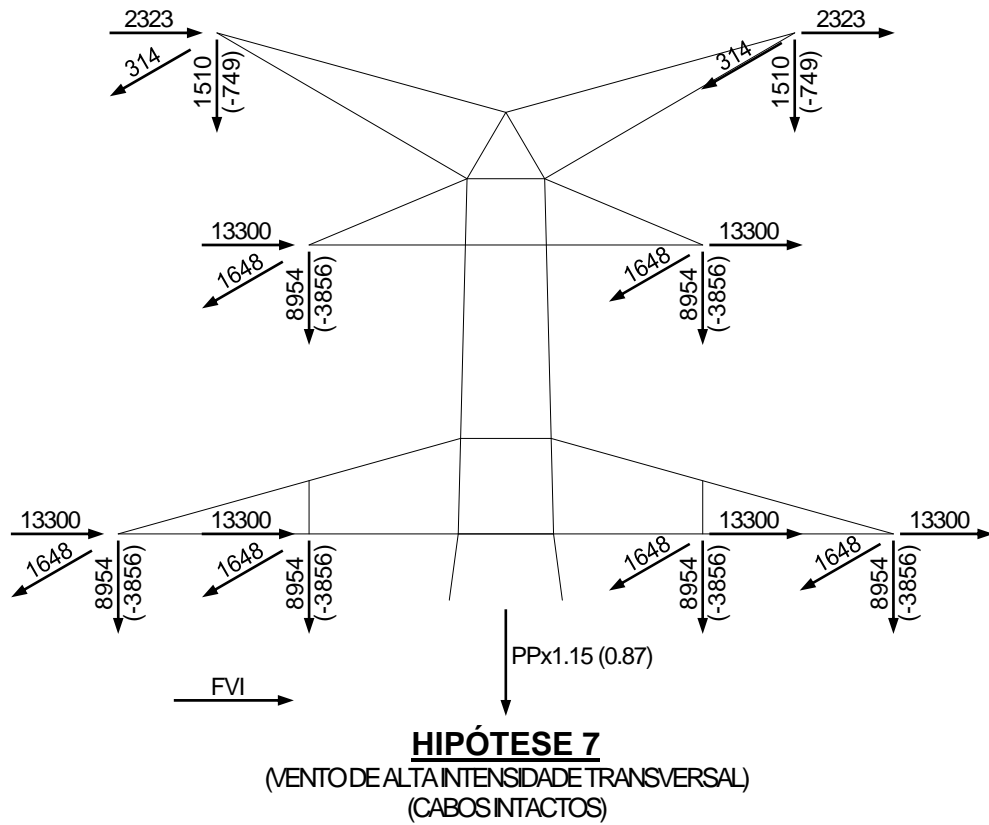


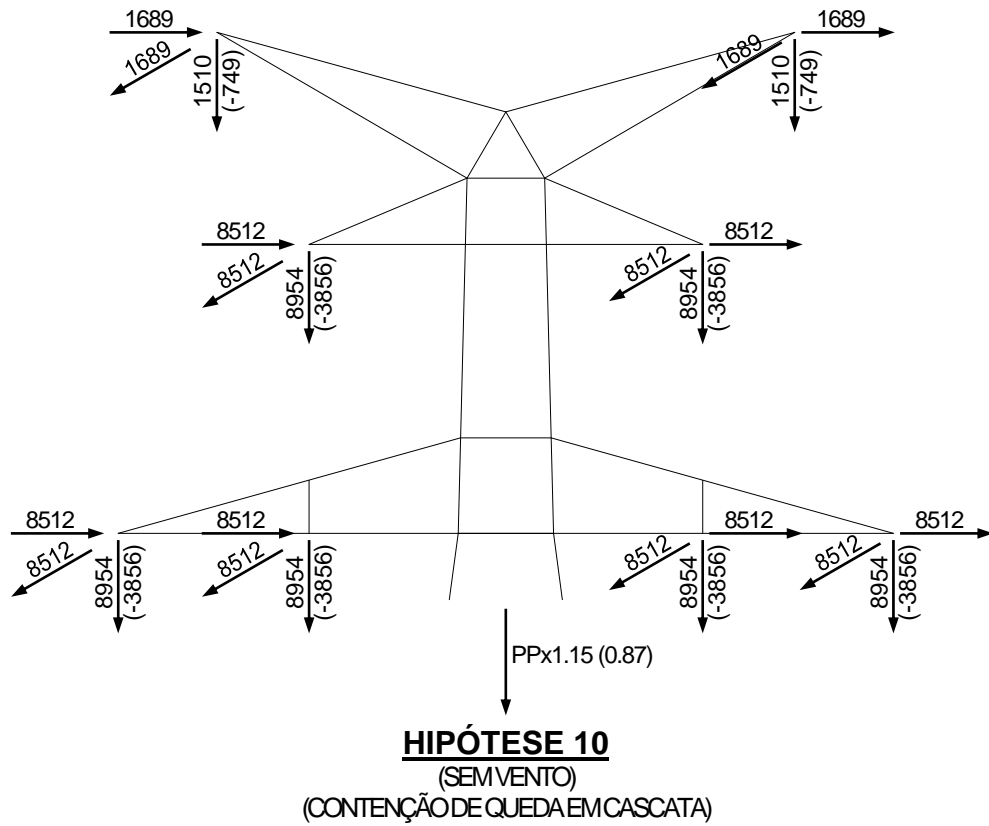
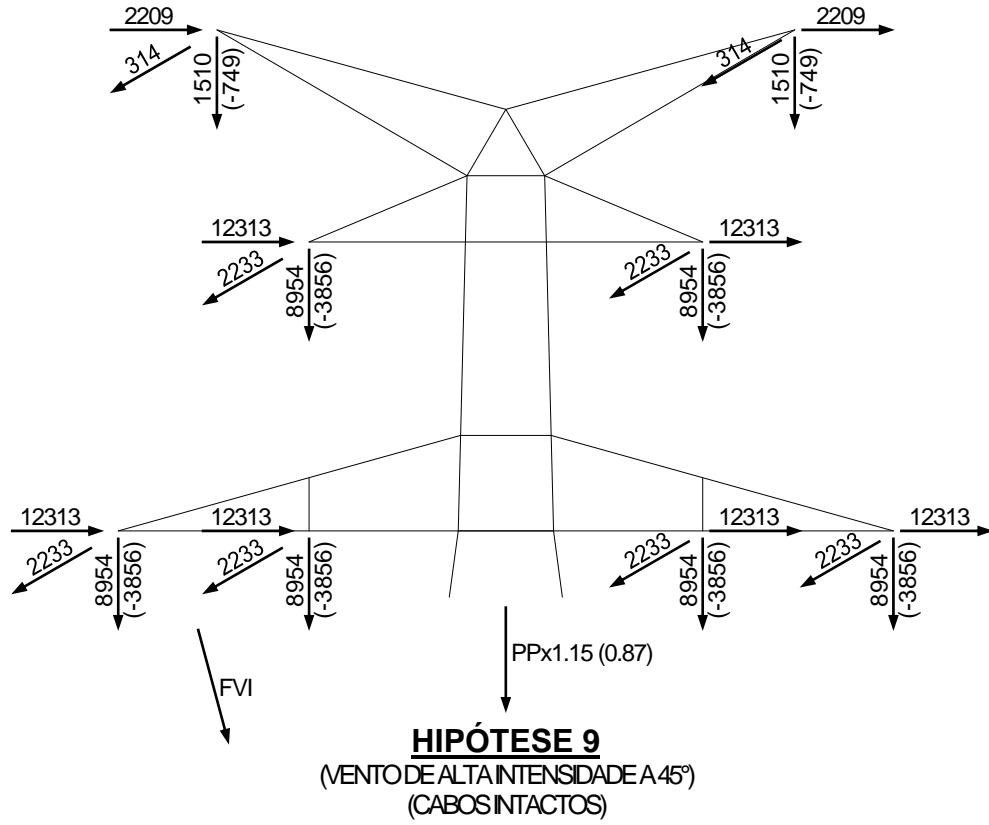
### 5.6.11.6 TORRE DE ANCORAGEM MEIO DE LINHA TIPO CAT



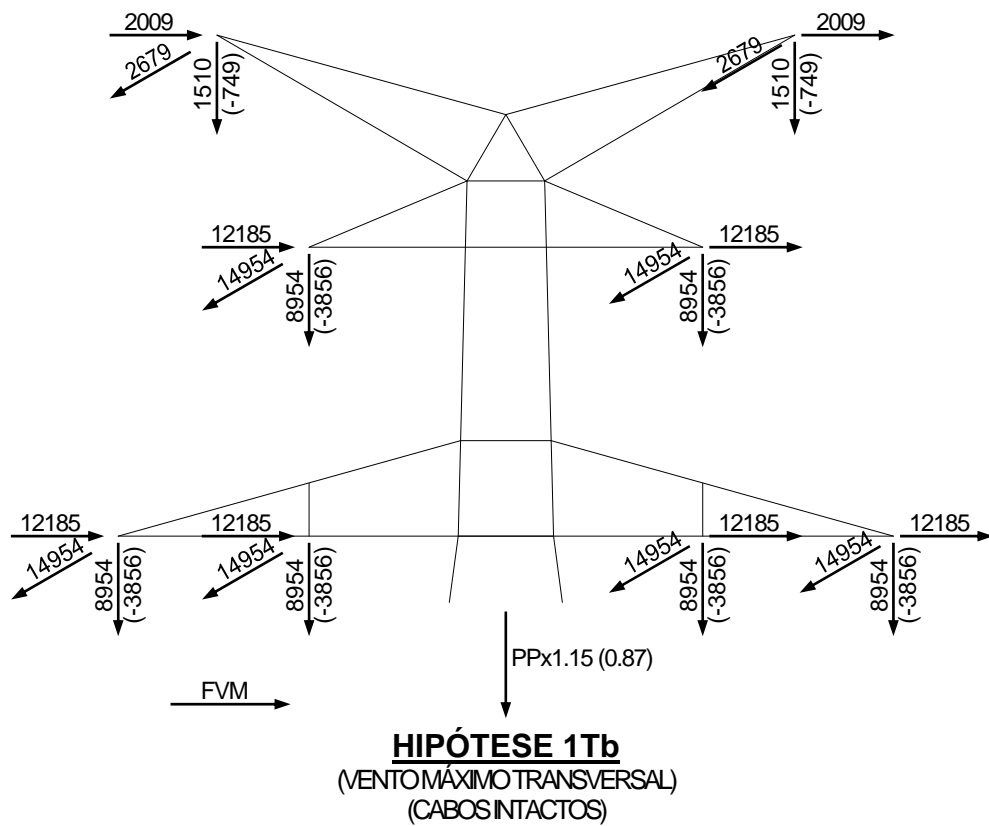
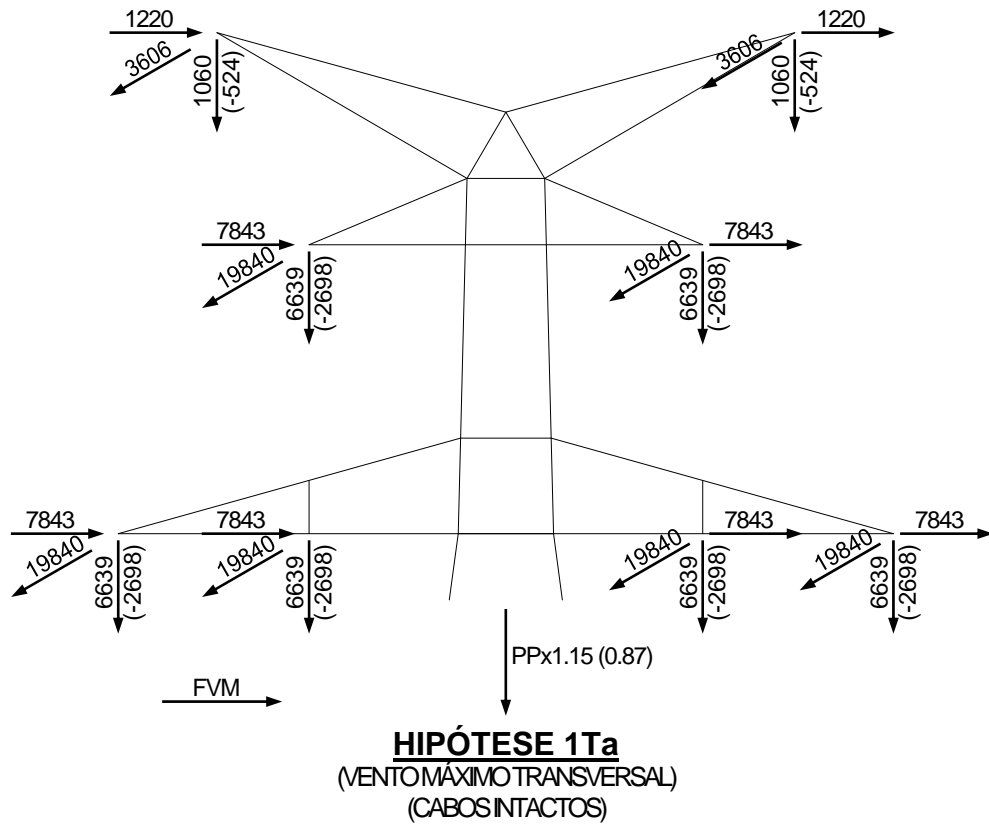




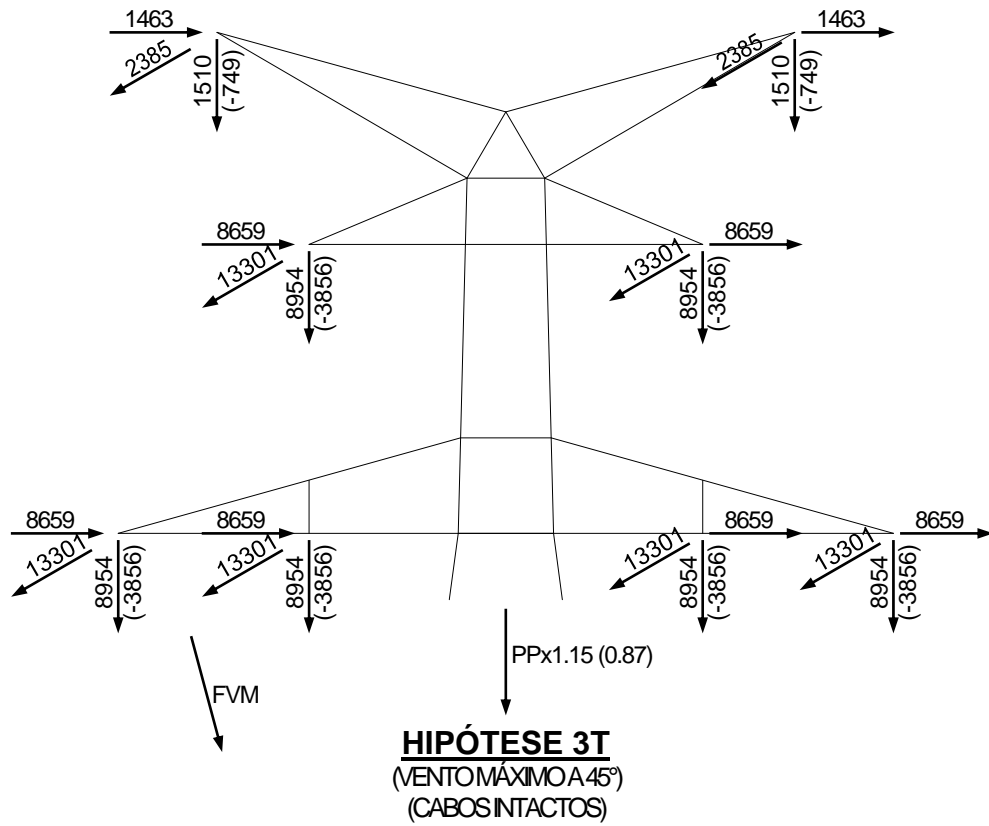
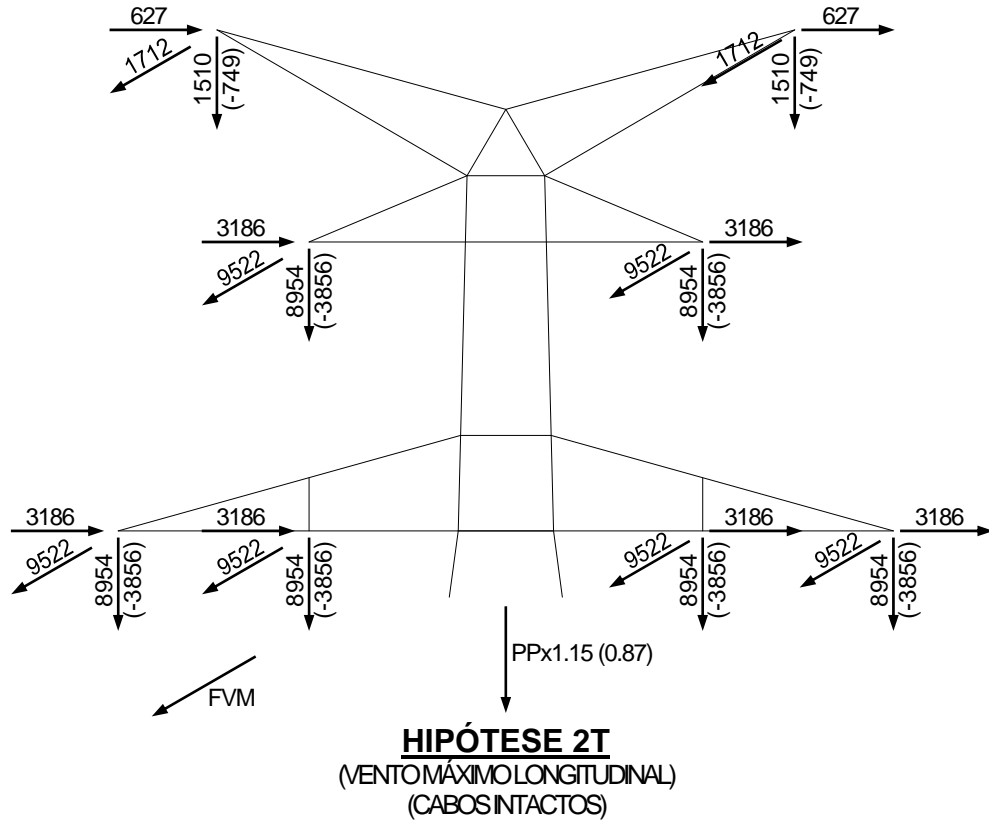


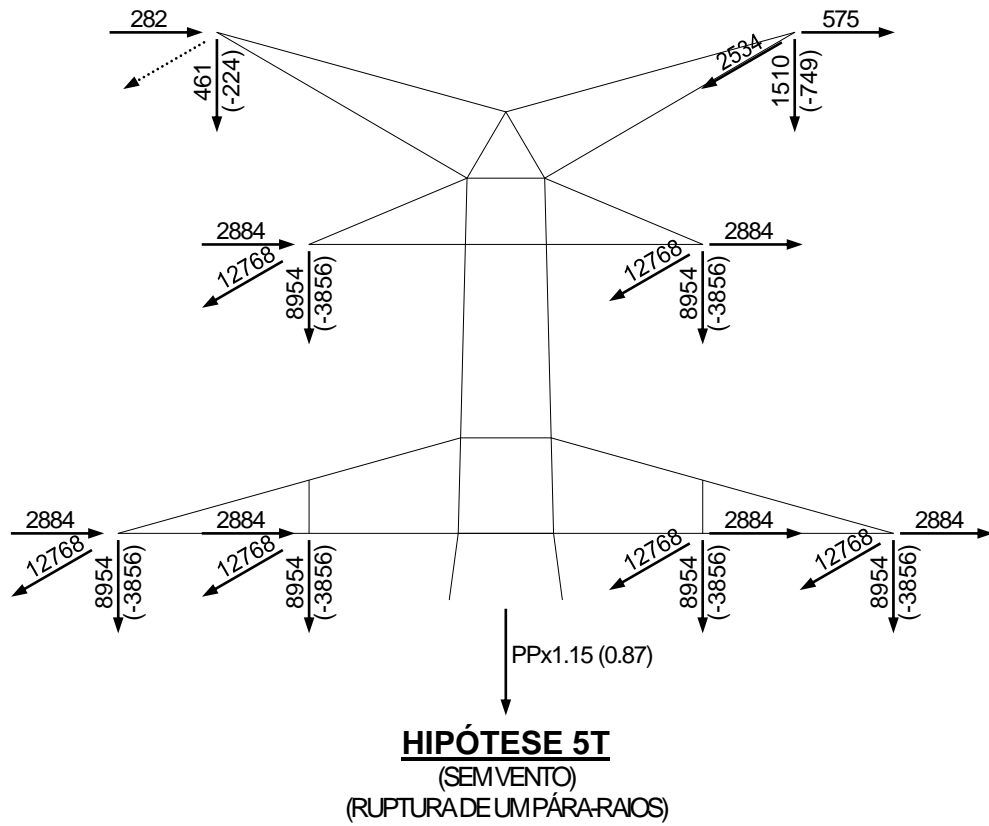
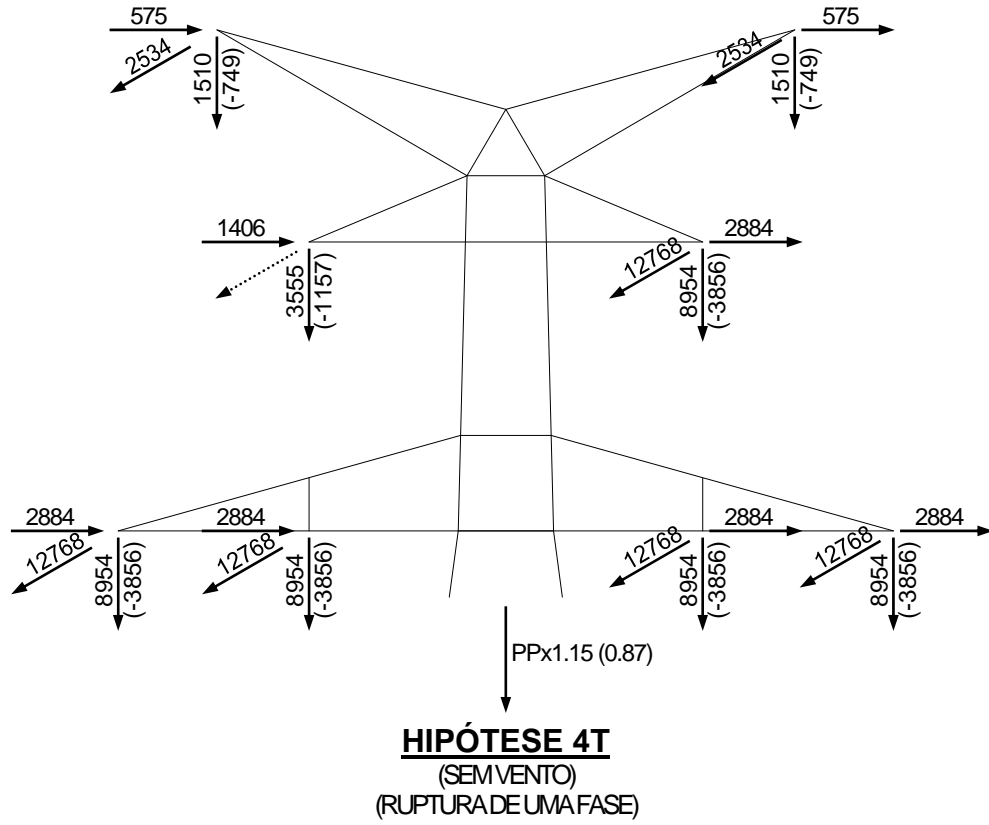


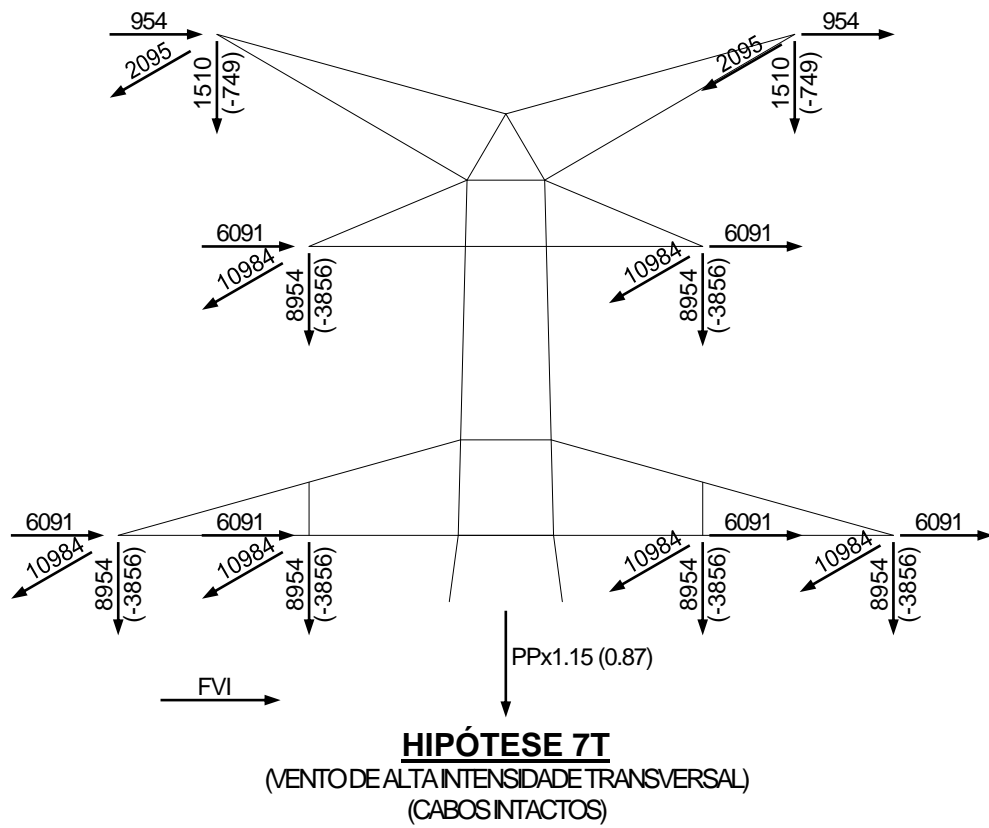
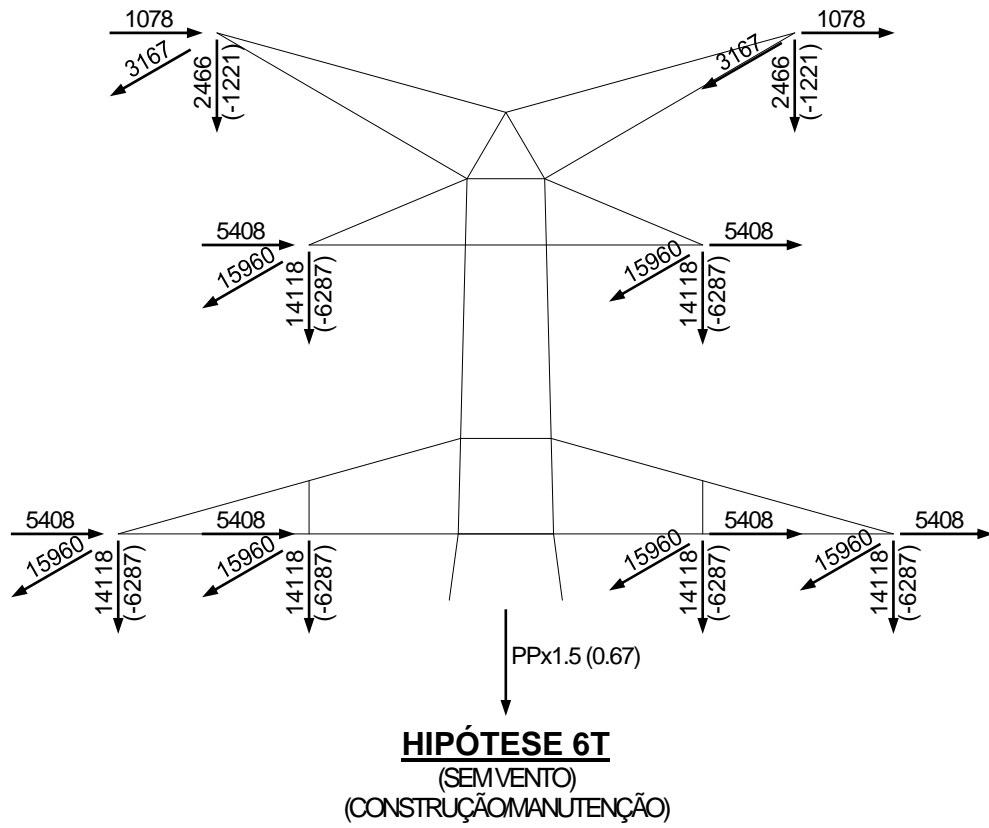
5.6.11.7 TORRE DE ANCORAGEM FIM DE LINHA TIPO CAT

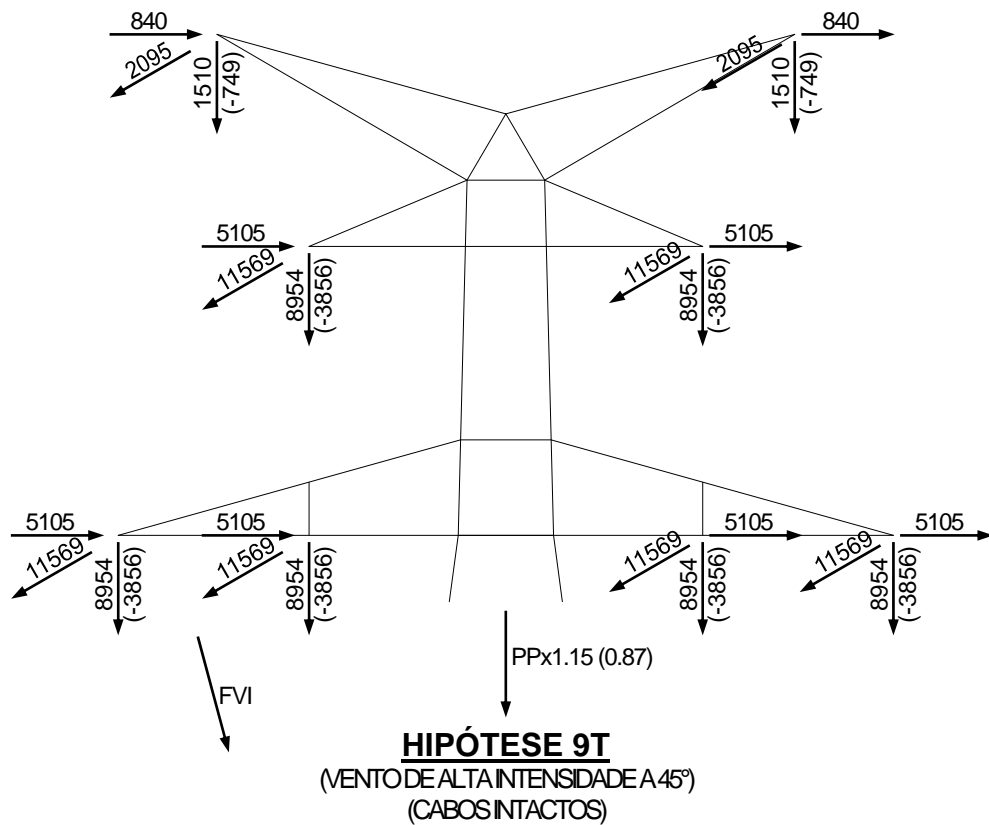
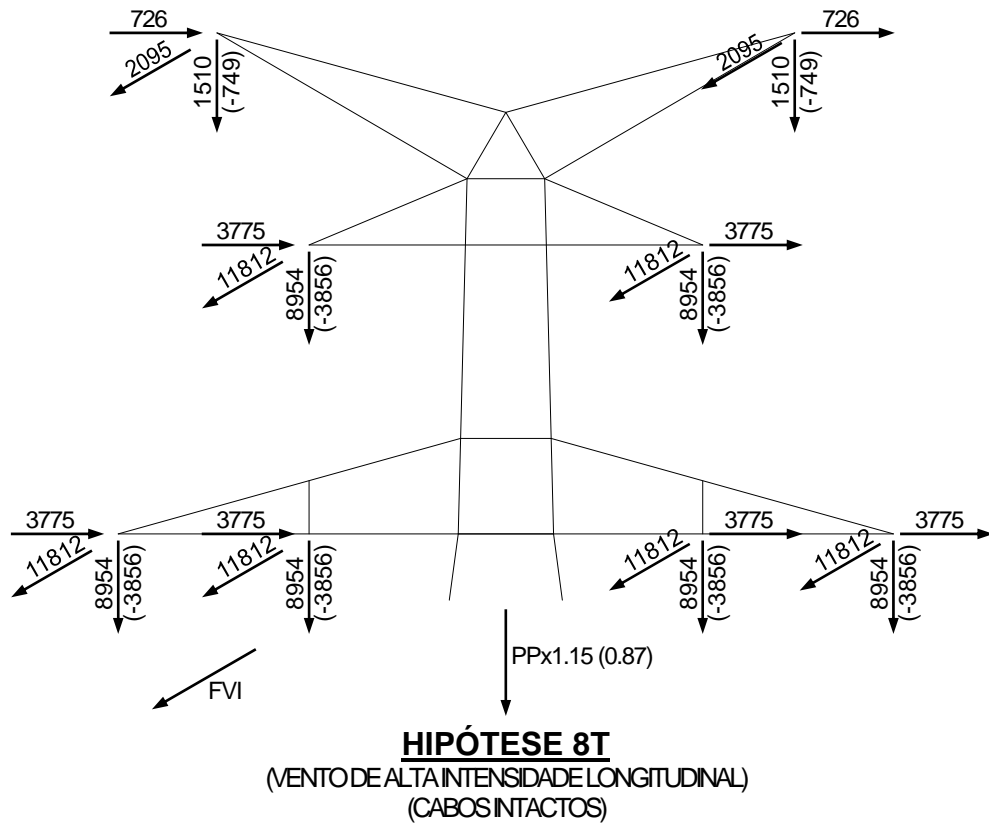




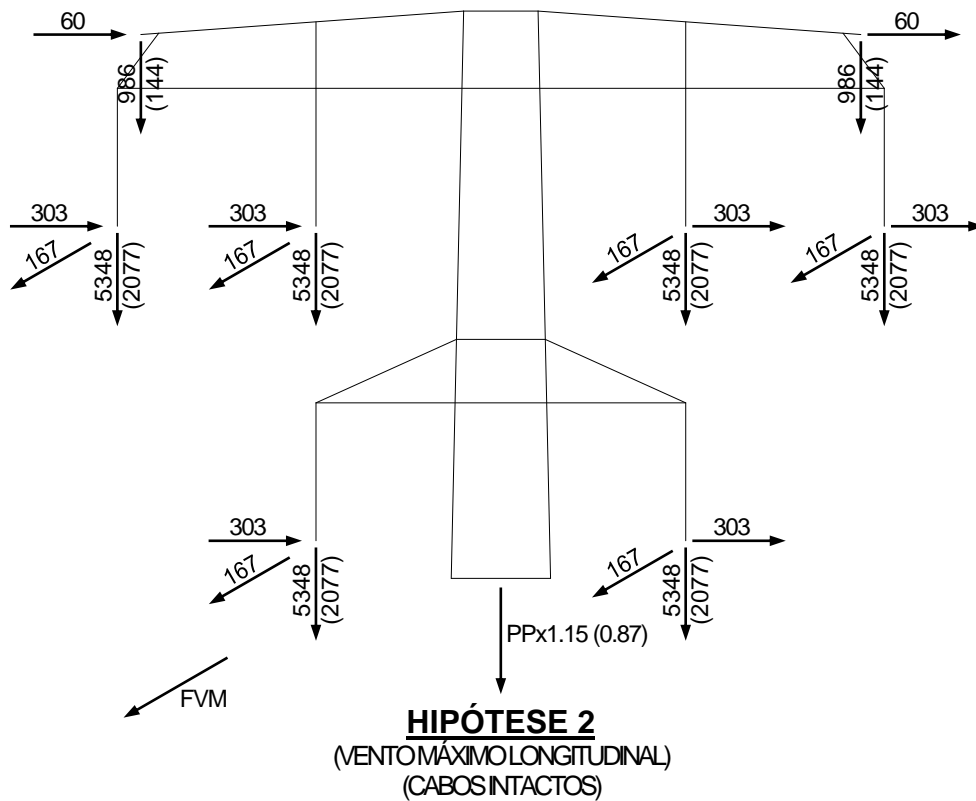
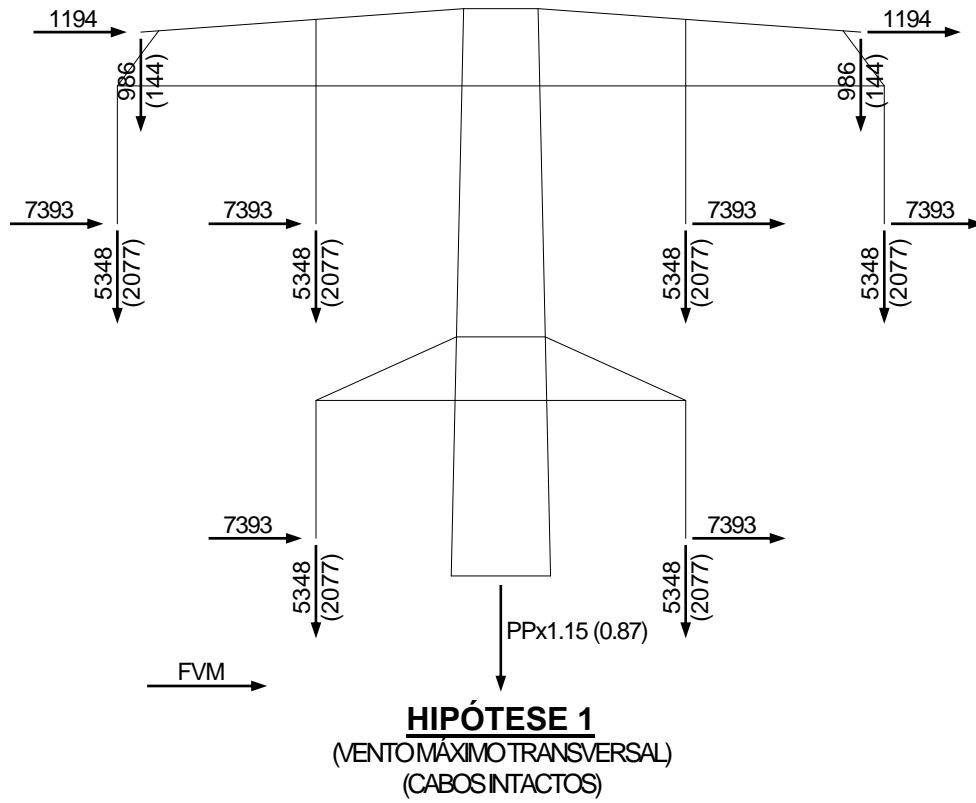


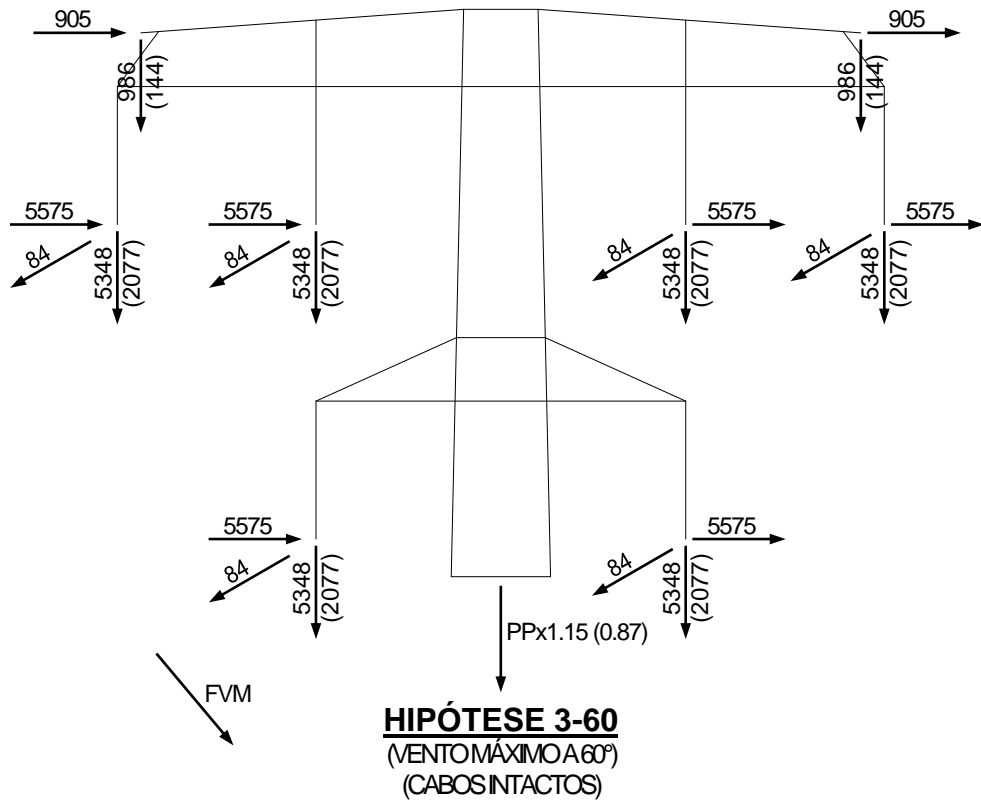
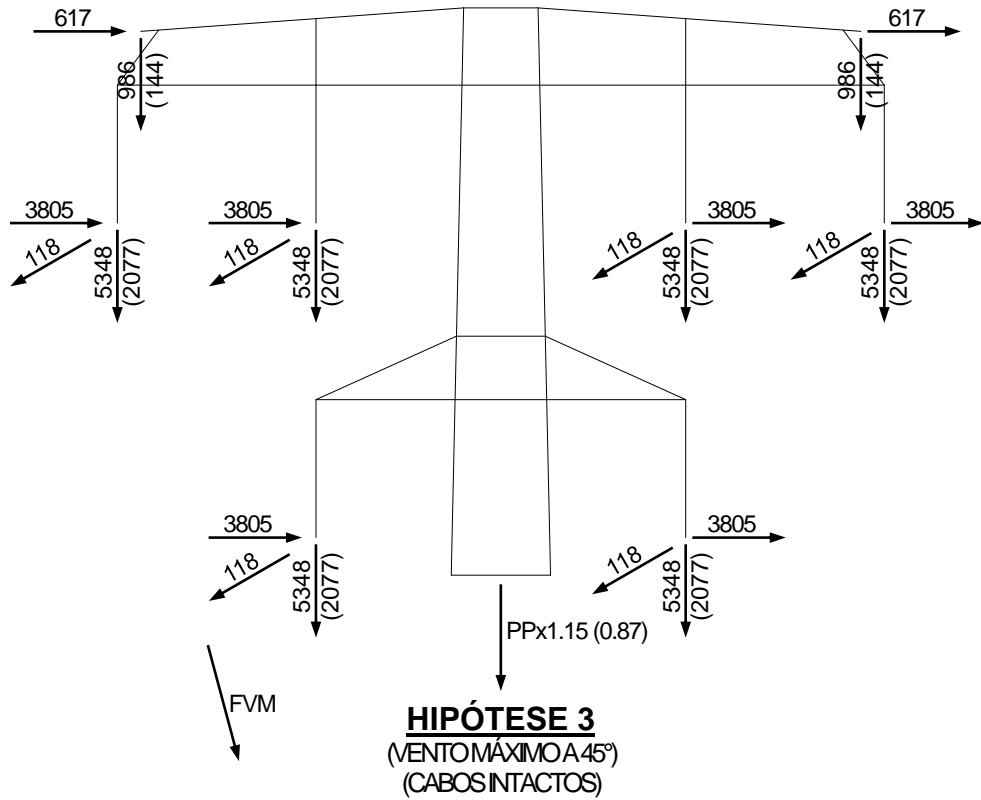


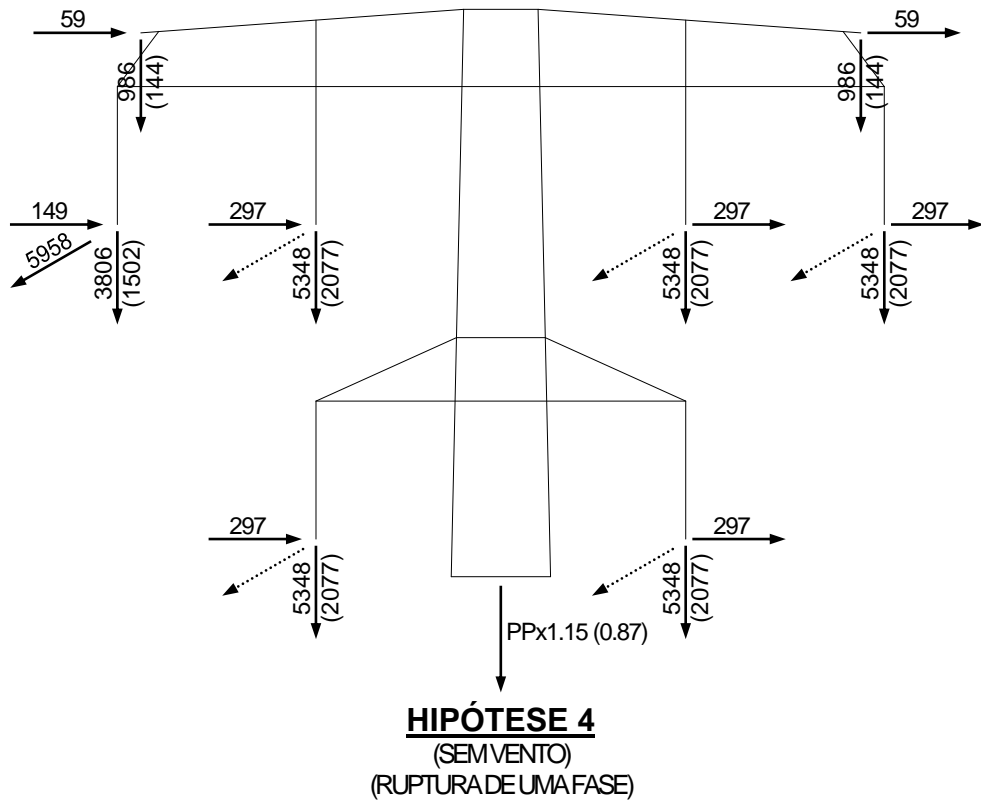
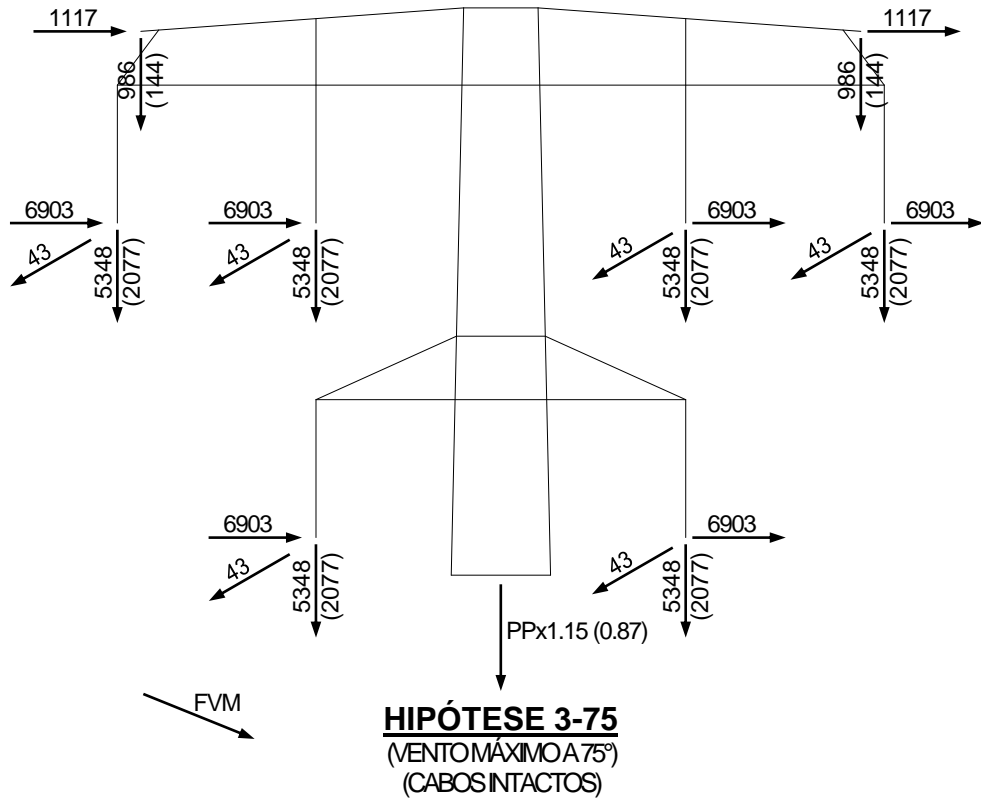


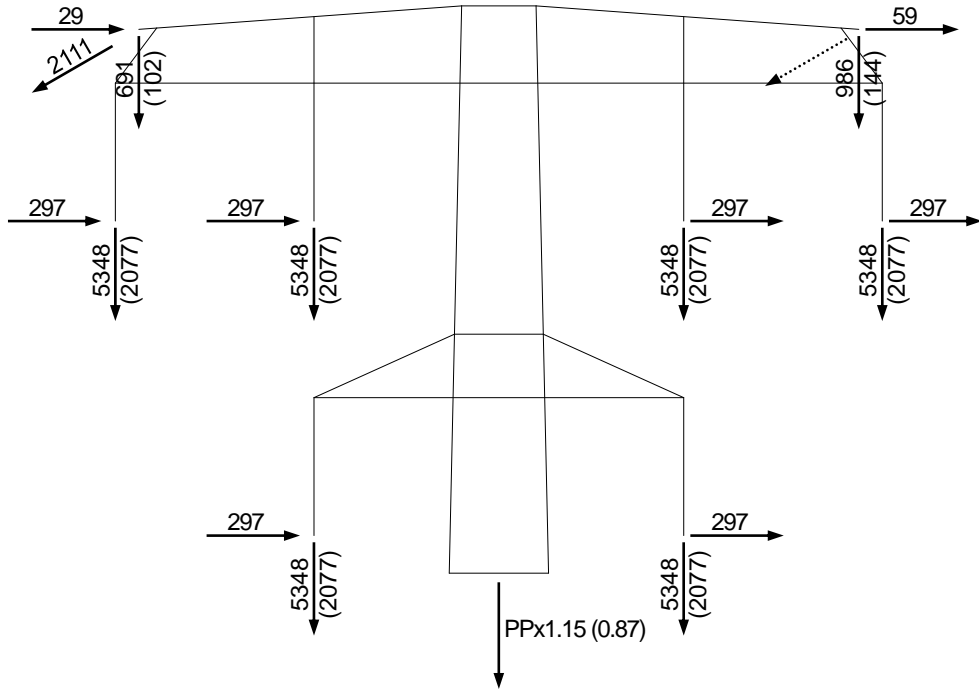


### 5.6.11.8 TORRE DE SUSPENSÃO PARA TRANSPOSIÇÃO TIPO CTR

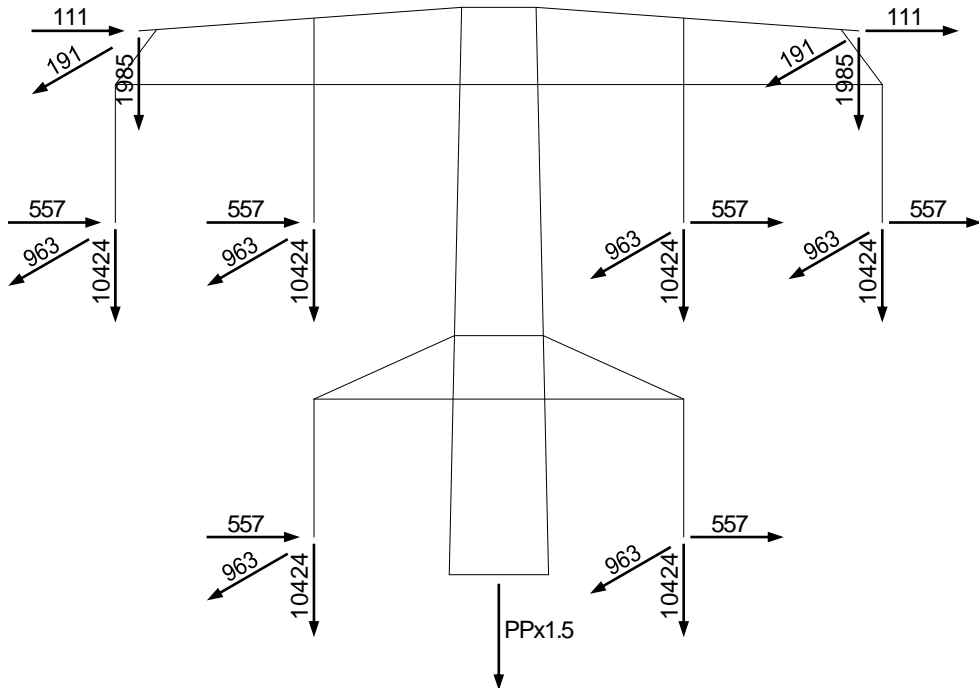






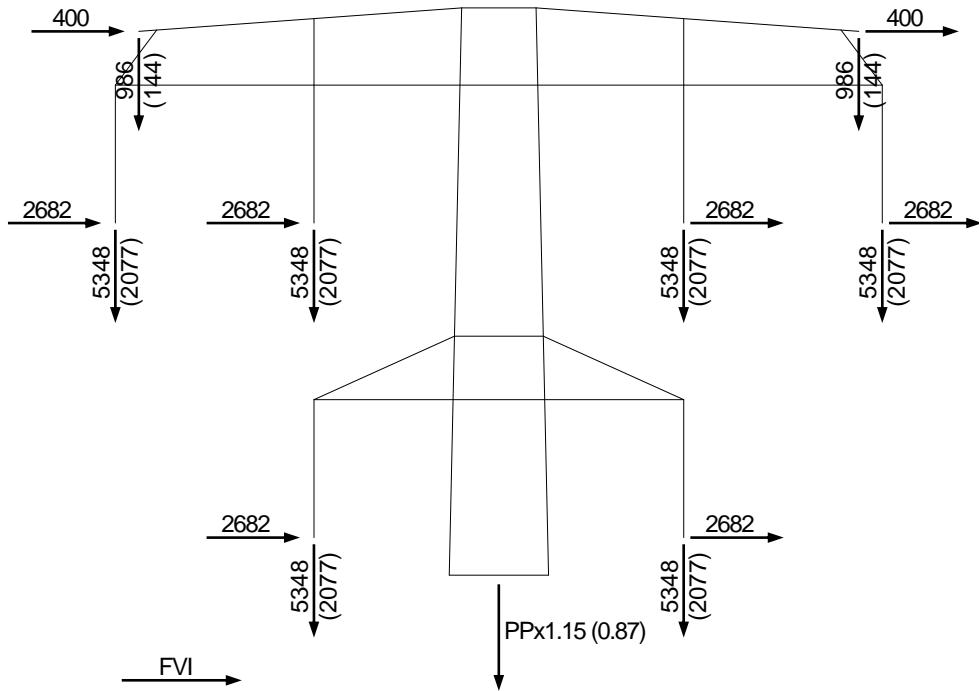


**HIPÓTESE 5**  
(SEM VENTO)  
(RUPTURA DE UM PÁRA-RAIOS)

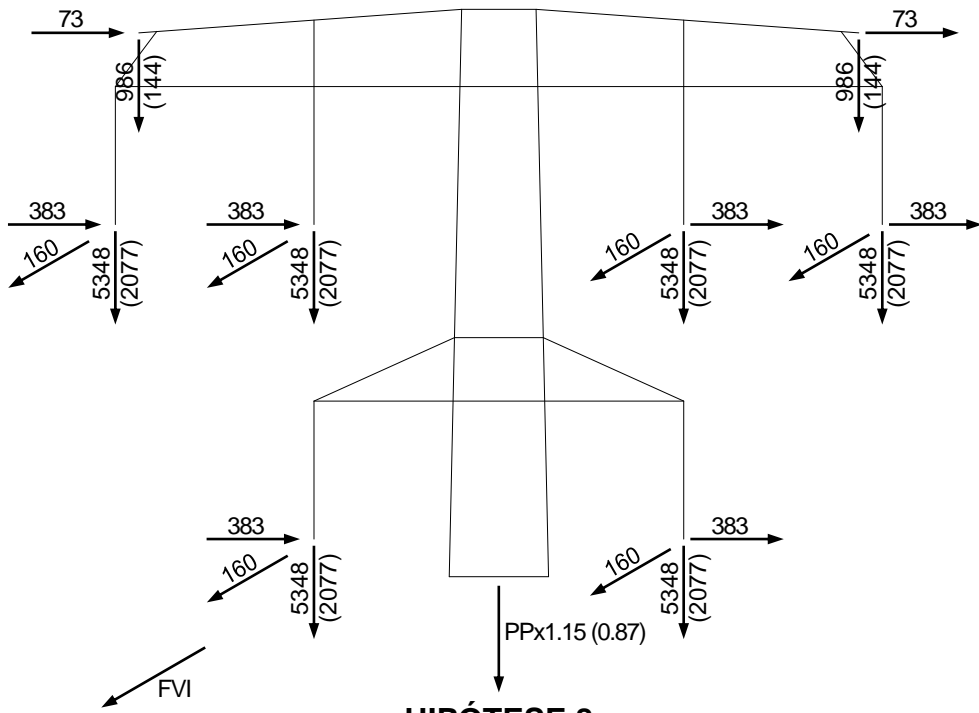


**HIPÓTESE 6**  
(SEM VENTO)  
(CONSTRUÇÃO/MANUTENÇÃO)

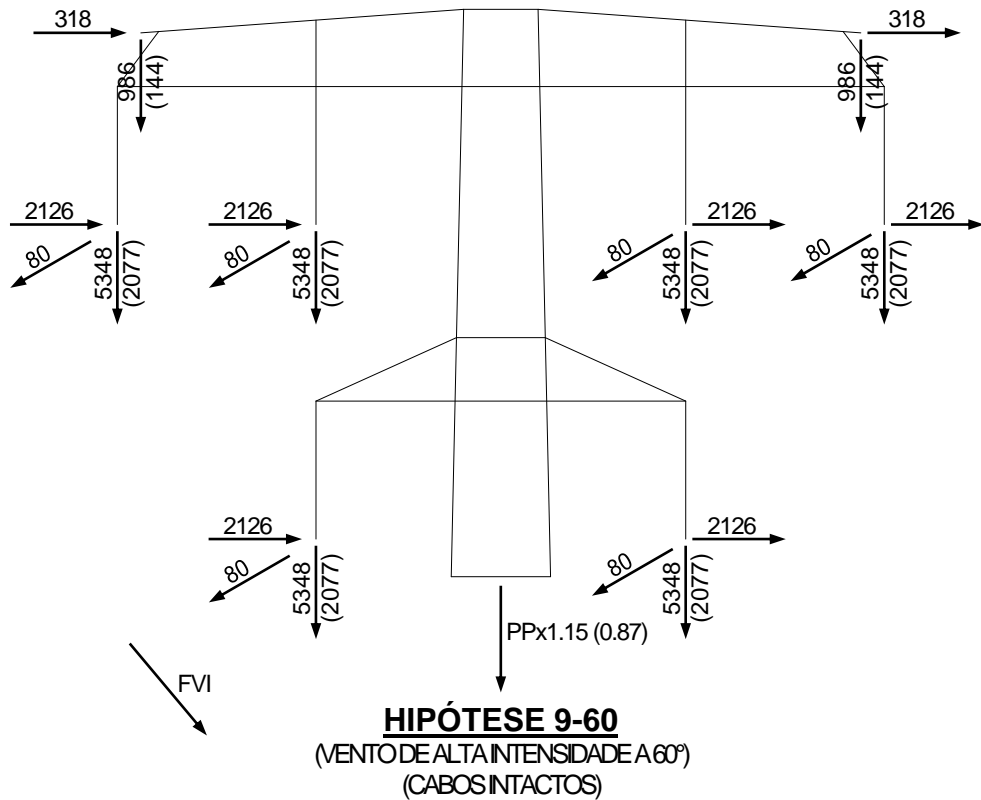
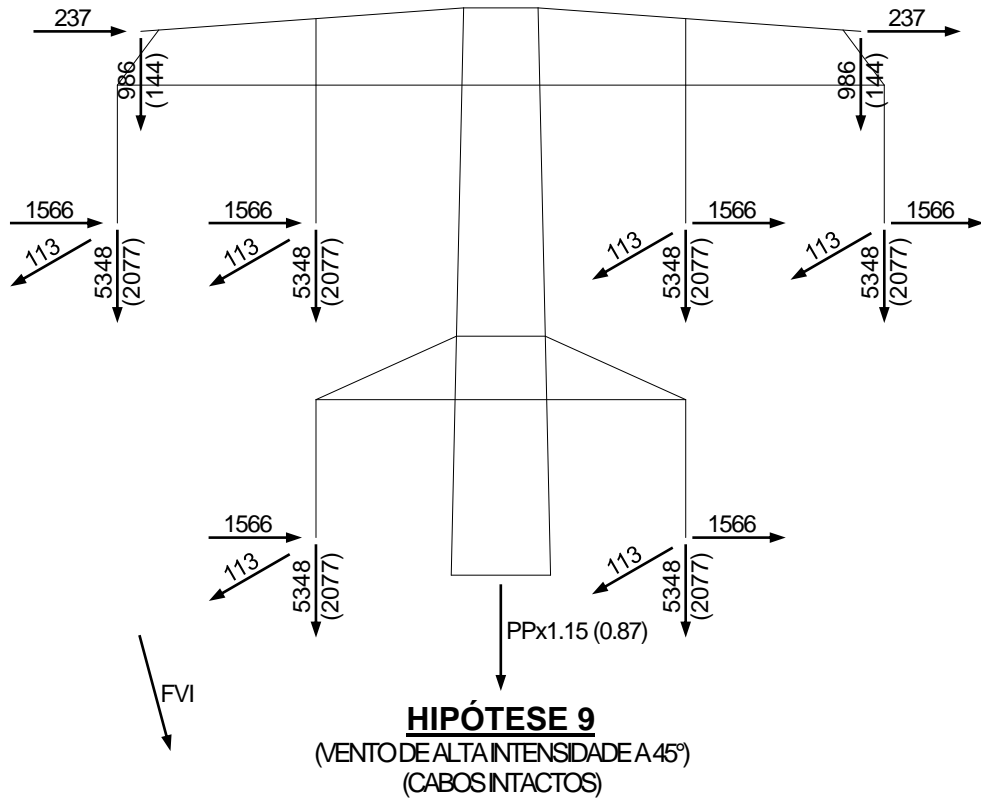


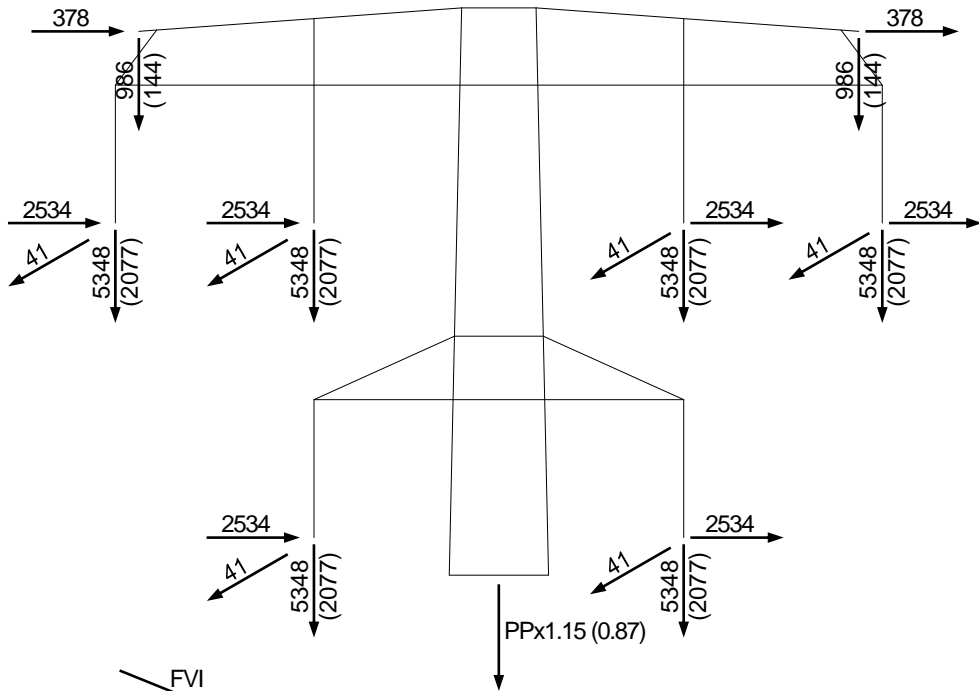


**HIPÓTESE 7**  
(VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL)  
(CABOS INTACTOS)

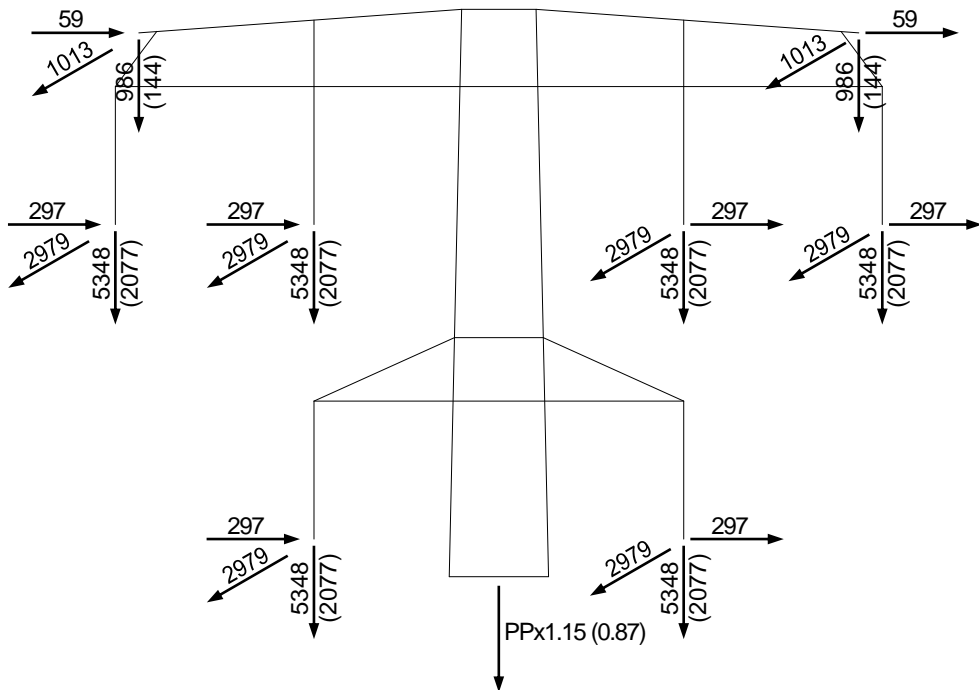


**HIPÓTESE 8**  
(VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL)  
(CABOS INTACTOS)

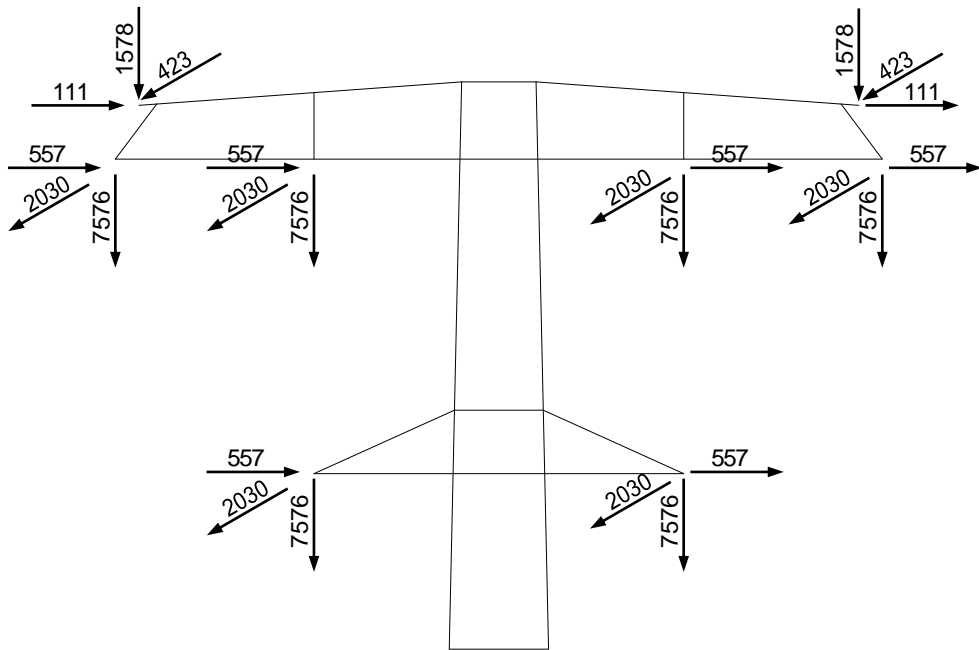




**HIPÓTESE 9-75**  
 (VENTO DE ALTA INTENSIDADE A 75°)  
 (CABOS INTACTOS)



**HIPÓTESE 10**  
 (SEM VENTO)  
 (CONTENÇÃO DE QUEDA EM CASCATA)



PPx1.5

**HIPÓTESE 11**  
(SEM VENTO)  
(GRAMPEAMENTO)

## 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:

$S_d \leq \varnothing_R R_K$ , 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.
- $\varnothing_R$  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 10-97 "ASCE - American Society of Civil Engineers - Design of Latticed Steel Transmission Structures" e NBR 8850 - "Execução de Suportes Metálicos Trelaçados para Linhas de Transmissão".

6.2 Para o dimensionamento estrutural deverão ser previstos ensaios de carregamento de protótipo apenas para as torres tipos CEL, CSP e CA1. Portanto, os seguintes valores deverão ser utilizados para o coeficiente de minoração de resistências ( $\varnothing_R$ ):

- Torres CEL, CSP, CA1:  $\varnothing_R = 0.93$
- Torre CSL e CTR:  $\varnothing_R = 0.90$
- Torres CA2 e CAT:  $\varnothing_R = 0.85$

6.3 Para o dimensionamento dos estais deverá ser considerado um fator adicional de minoração da resistência limite de 0.75.

6.4 Para a estrutura estaiada será obrigatório a verificação estrutural considerando-se os efeitos de segunda ordem decorrentes dos deslocamentos da estrutura (análise não-linear geométrica).

6.5 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.

6.6 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.

6.7 Todas as estruturas 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.

6.8 Para dimensionamento das fundações e dos stubs deverá ser considerado um fator de sobrecarga adicional de 1.10.

6.9 Para dimensionamento dos stubs deverá ser considerado concreto com  $f_{ck}$  (resistência característica a 28 dias) igual a 180 kgf/cm<sup>2</sup>.