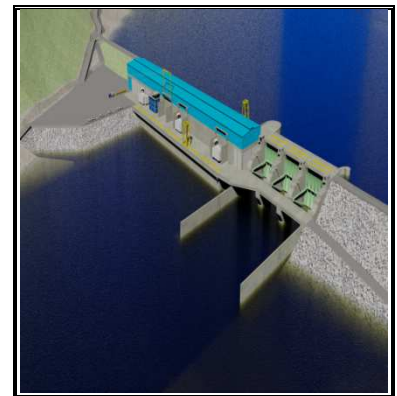
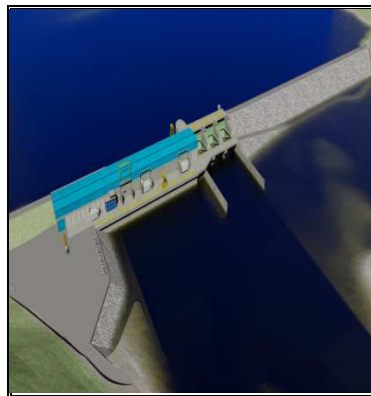


## USINA HIDRELÉTRICA DE SÃO MANOEL

### PROJETO BÁSICO LT UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA

SAMA.BL-RT-G60-0001-0



**PARA COMENTÁRIOS**

**PARA APROVAÇÃO**

Novembro / 2014



São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN  
CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL



LEME  
ENGENHARIA

USINA HIDRELÉTRICA DE SÃO MANOEL

PROJETO BÁSICO LT UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA

SAMA.BL-RT-G60-0001-0

### CONTROLE DE REVISÕES

0	JPPRS	PHSV	HWCS	ERR	17/12/14		
	Liberado/Aprovado						
0A	JPPRS	PHSV	HWCS	ERR	01/12/14		
	Para aprovação						
Versão	Elab.	Verif.	Visto	Aprov.	Data de Emissão	Resp.	Data
	Responsabilidade					Aceitação	



São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN

utc  
engenharia

CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

LEME  
ENGENHARIA

---

## **LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA**

PROJETO BÁSICO

SUMÁRIO

---



## **SUMÁRIO**

**CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO**

**CAPÍTULO 2 - RELAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS**

**CAPÍTULO 3 - ASPECTOS GEOGRÁFICOS E CLIMÁTICOS DA REGIÃO**

**CAPÍTULO 4 - DIRETRIZ PRELIMINAR DO TRAÇADO**

**CAPÍTULO 5 - VELOCIDADES DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDOS AO VENTO**

**CAPÍTULO 6 - ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO**

**CAPÍTULO 7 - CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS BÁSICAS**

**CAPÍTULO 8 - ARRANJOS DE CADEIAS DE ISOLADORES E FERRAGENS**

**CAPÍTULO 9 - REGULAÇÃO MECÂNICA DOS CABOS**

**CAPÍTULO 10 - ESTRUTURAS**

**CAPÍTULO 11 - FAIXA DE PASSAGEM E DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA**

**CAPÍTULO 12 - FUNDAÇÕES**

**CAPÍTULO 13 - SISTEMA DE ATERRAMENTO**

**CAPÍTULO 14 - VIBRAÇÕES EÓLICAS – SISTEMA DE AMORTECIMENTO**



São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN  
CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

utc  
engenharia

LEME  
ENGENHARIA

---

## **LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA**

PROJETO BÁSICO

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

---

## 1. INTRODUÇÃO

A UHE São Manoel, com potência habilitada de 700 MW, deverá ser conectada ao barramento de 500 kV da subestação Paranaíta, da Rede Básica, localizada no estado do Mato Grosso, por meio de uma linha de transmissão, em 500 kV, em circuito simples, com 3 x 954 MCM cabos condutores por fase e extensão aproximada de 40 km.

O presente relatório apresenta os dados relativos ao projeto básico da LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA, sendo elaborados em atendimento aos requisitos da ANEEL e servirão de base para a execução do projeto executivo desta LT.

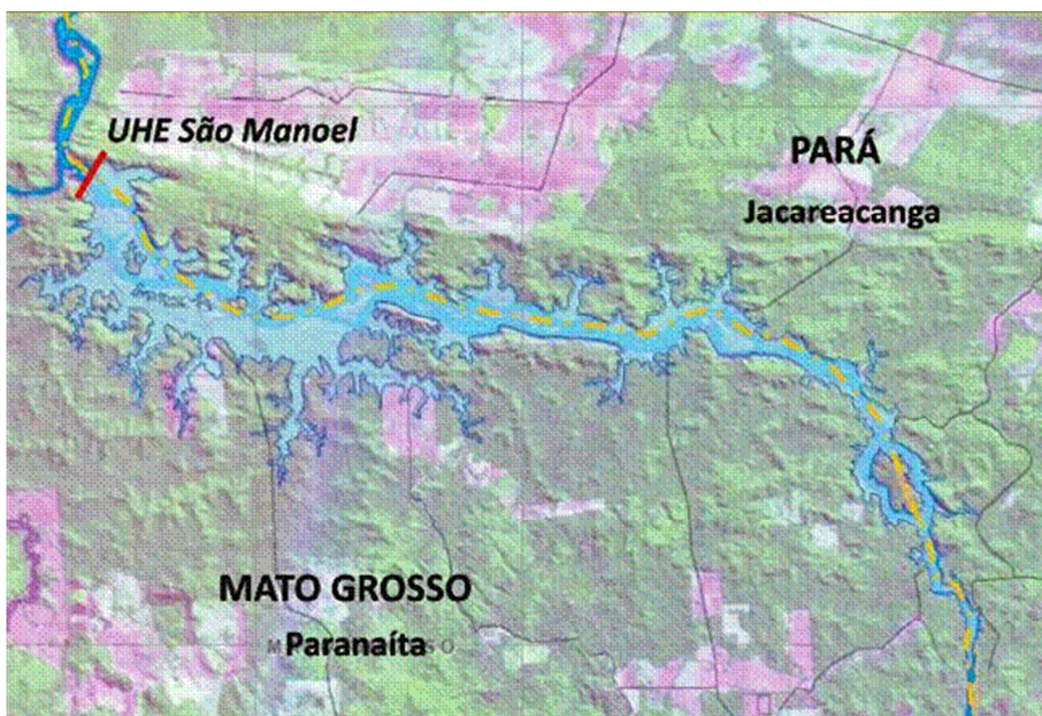


Figura 1 – Localização da UHE São Manoel

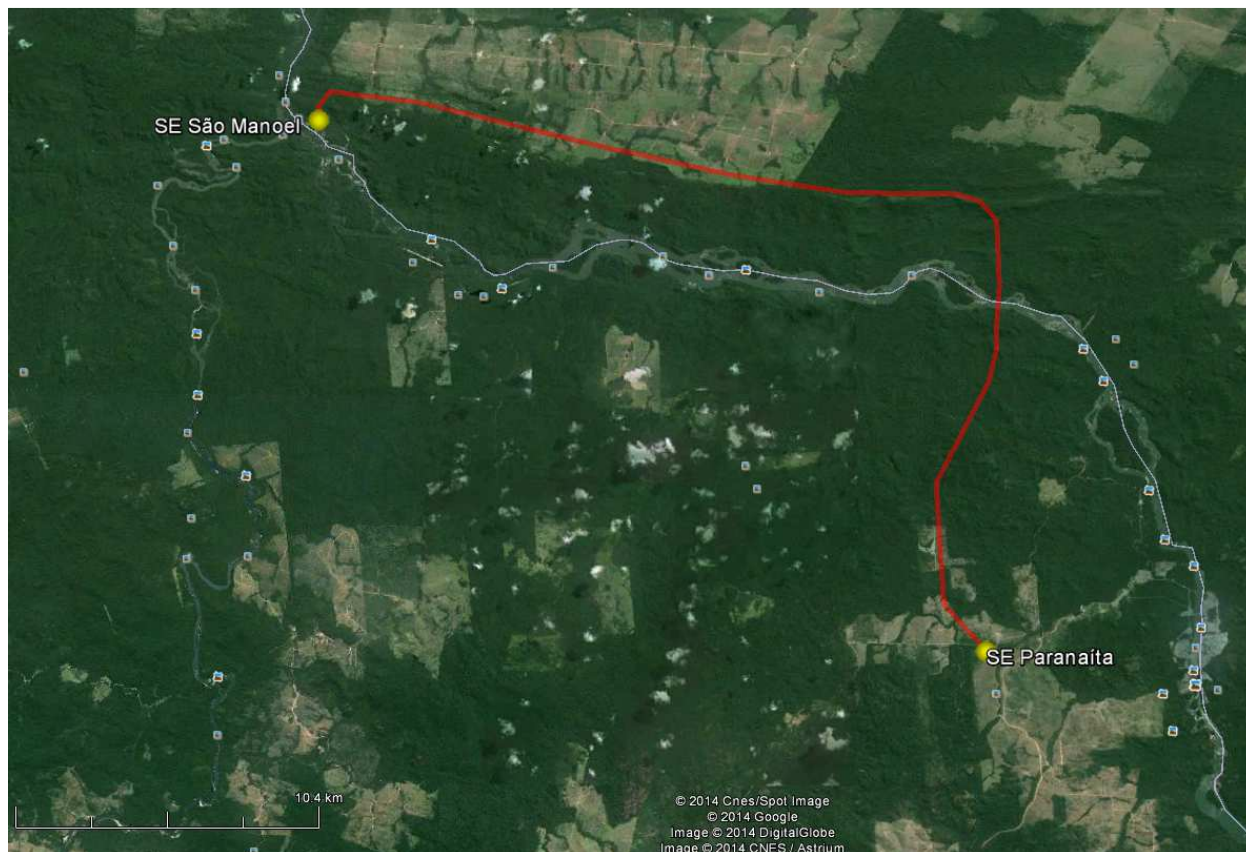


Figura 2 – Localização da LT 500 kV no estado do Mato Grosso (Google Earth)

## 2 REFERÊNCIA

[1] GER0278-TM-0017-R2 - TERMO TÉCNICO DE REFERENCIA PARA PROPOSTAS DA LINHA DE TRANSMISSÃO.



São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN  
CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

utc  
engenharia

LEME  
ENGENHARIA

---

## **LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA**

PROJETO BÁSICO

CAPÍTULO 2

RELAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS

---





## CONTEÚDO

1. INTRODUÇÃO
2. RELAÇÃO DE NORNAS
  - 2.1 Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)
  - 2.2 Normas da American Society for Testing and Materials (ASTM)
  - 2.3 Normas da International Electrotechnical Commission (IEC)
  - 2.4 Normas da American National Standards Institute (ANSI)
  - 2.5 Normas da National Electrical Manufacturers Association (NEMA)



## RELAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS

### 1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão apresentadas as normas técnicas aplicáveis ao projeto da LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA, devendo ser utilizada a última revisão das mesmas.

### 2. RELAÇÃO DE NORNAS

#### 2.1 Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)

NBR 5032 Isoladores de porcelana ou vidro para linhas aéreas e subestações de alta tensão

NBR 5049 Isoladores de porcelana ou vidro para linhas aéreas e subestações de alta tensão – ensaios

NBR 5118 Fios de alumínio nus de seção circular para fins elétricos.

NBR 5384 Resistividade dos metais e suas ligas.

NBR 5422 Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.

NBR 5426 Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos.

NBR 5427 Guia para utilização da NBR 5426.

NBR 5429 Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por variáveis

NBR 5430 Guia para utilização da NBR 5429

NBR 5601 Aços Inoxidáveis – classificação por composição química

NBR 5732 Cimento Portland comum.

NBR 5733 Cimento Portland de alta resistência inicial

NBR 5734 Peneiras para ensaio com telas de tecido metálico.

NBR 5738 Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos de concreto.

NBR 5739 Concreto – ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

NBR 5740 Análise química de cimento Portland – disposições gerais.

NBR 5741 Extração e preparação de amostras de cimentos.

NBR 5871 Arruela lisa de uso em parafuso sextavado estrutural – dimensões e material.

NBR 5875 Parafusos, porcas e acessórios.



NBR 5876	Roscas.
NBR 5908	Cordoalha de sete fios de aço zincado para cabos pára-raios
NBR 5909	Cordoalhas de fios de aço zincados para estais, tirantes, cabos mensagens e usos similares.
NBR 5996	Zinco primário.
NBR 6005	Arames de aço – ensaio de enrolamento
NBR 6109	Cantoneiras de abas iguais, de aço, laminadas – dimensões e tolerâncias.
NBR 6118	Projeto e execução de obras de concreto armado.
NBR 6122	Projeto e execução de fundações.
NBR 6159	Rosca métrica ISO – Dimensões básicas, diâmetros nominais e passos – Procedimento.
NBR 6160	Rosca métrica ISO – Tolerâncias – Procedimento.
NBR 6161	Rosca métrica ISO – Dimensões limites – Procedimento.
NBR 6236	Madeiras para carretéis para fios, cordoalhas e cabos.
NBR 6242	Verificação dimensional para fios e cabos elétricos.
NBR 6323	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente.
NBR 6334	Ensaio de Revestimento de zinco em Produtos de Aço ou Ferro Fundido – Método de Ensaio.
NBR 6351	Perfis U de abas inclinadas de aço laminado – Padronização.
NBR 6352	Cantoneiras de abas desiguais, de aço, laminadas a quente.
NBR 6484	Execução de sondagens de simples reconhecimento dos solos.
NBR 6491	Reconhecimento e amostragem para fins de caracterização de pedregulho e areia.
NBR 6535	Sinalização de linhas de transmissão com vista à segurança da inspeção aérea.
NBR 6547	Eletrotécnica e Eletrônica – ferragens de Linhas Aéreas - Terminologia
NBR 6597	Aço-carbono – determinação do carbono – método gravimétrico por combustão direta
NBR 6653	Fitas de aço para embalagem.
NBR 6756	Fios de aço zincados para alma de cabos de alumínio e alumínio liga.



- NBR 6810 Fios e cabos elétricos – tração à ruptura em componentes metálicos.
- NBR 6815 Fios e cabos elétricos – ensaios de determinação de resistividade em componentes metálicos.
- NBR 6915 Aço para forjamento em matriz
- NBR 6916 Ferro fundido nodular ou ferro fundido com grafita esferoidal
- NBR 6936 Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão
- NBR 6937 Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão – dispositivos de medição
- NBR 6944 Perfis laminados de aço – requisitos gerais.
- NBR 7007 Aços para perfis laminados para uso estrutural.
- NBR 7095 Ferragens eletrotécnicas para linhas de transmissão e subestações de alta tensão e extra-alta tensão.
- NBR 7103 Vergalhão de alumínio 1350 para fins elétricos.
- NBR 7107 Cupilha para concha de engate concha-bola
- NBR 7108 Vínculos de ferragens integrantes de isoladores de cadeia - dimensões
- NBR 7109 Isoladores de disco – dimensões e características
- NBR 7211 Agregado para concreto.
- NBR 7214 Areia normal para ensaio de cimento.
- NBR 7215 Cimento Portland – determinação de resistência à compressão.
- NBR 7216 Amostragem de agregados.
- NBR 7217 Agregados – determinação da composição granulométrica.
- NBR 7218 Agregados – determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis.
- NBR 7219 Agregados – determinação do teor de materiais pulverulentos
- NBR 7220 Agregados – determinação de impurezas orgânicas húmicas em agregado miúdo.
- NBR 7221 Agregados – ensaio de qualidade de agregado miúdo.
- NBR 7224 Cimento Portland e outros materiais em pó – determinação da área específica.
- NBR 7225 Materiais de pedra e agregados naturais.



- NBR 7270 Cabos de alumínio com alma de aço para linhas aéreas.
- NBR 7272 Condutor elétrico de alumínio – ruptura e característica dimensional.
- NBR 7276 Sinalização de advertência em linha aérea de transmissão de energia elétrica.
- NBR 7302 Condutores elétricos de alumínio – tensão-deformação em condutores de alumínio.
- NBR 7303 Condutores elétricos de alumínio – fluência em condutores de alumínio.
- NBR 7309 Armazenamento, transporte e movimentação dos elementos componentes dos carretéis de madeira para condutores elétricos.
- NBR 7310 Transporte, armazenamento e utilização de bobinas de condutores elétricos em madeira.
- NBR 7311 Carretéis de madeira para cordoalhas de sete fios de aço zincado características dimensionais e estruturais
- NBR 7312 Rolos de fios e cabos elétricos – características dimensionais padronização
- NBR 7397 Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – determinação da massa do revestimento por unidade de área.
- NBR 7398 Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da aderência do revestimento.
- NBR 7399 Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo.
- NBR 7400 Produto de aço ou ferro fundido – revestimento de zinco por imersão a quente – verificação da uniformidade do revestimento.
- NBR 7414 Zincagem por imersão a quente.
- NBR 7477 Determinação do coeficiente de conformação superficial de barras e fios de aço destinados a armaduras de concreto armado.
- NBR 7478 Método de ensaio de fadiga de barras de aço para concreto armado.
- NBR 7480 Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado.
- NBR 8120 Fio de aço-cobre, encruado para fins elétricos.
- NBR 8449 Dimensionamento de cabos pára-raios para linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- NBR 8664 Sinalização para identificação de linha aérea de transmissão de energia elétrica.
- NBR 8842 Suportes metálicos treliçados para linhas de transmissão – resistência ao carregamento.



- NBR 8850 Execução de suportes metálicos treliçados para linhas de transmissão.
- NBR 8851 Parafuso sextavado para uso estrutural – dimensões.
- NBR 8852 Porcas sextavadas – grau de produto C – dimensões.
- NBR 8853 Porca sextavada de segurança para estruturas metálicas de linhas de transmissão e subestações.
- NBR 9893 Cupilha para pinos ou parafusos de articulação
- NBR 9971 Elementos de fixação dos componentes das estruturas metálicas.
- NBR 10511 Isoladores de cadeia – resistência mecânica residual.
- NBR 10647 Desenho técnico.
- NBR 11137 Carretéis de madeira para o acondicionamento de fios e cabos elétricos - imensões e estruturas.
- NBR 12890 Balizador de sinalização noturna para linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.
- NBR 13133 Execução de levantamentos topográficos.

## 2.2 Normas da American Society for Testing and Materials (ASTM)

- A6/A6M Standard specification for general requirements for rolled structural steel bars, plates, shapes, and sheet piling.
- A36/A36M Standard specification for carbon structural steel.
- A47/A47M Standard specification for ferritic malleable iron castings
- A48 Standard specification for gray iron castings
- A53/A53M Standard specification for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc Coated, Welded and Seamless
- A90/A90M Standard test method for weight (mass) of coating on iron and steel articles with zinc or zinc-alloy coatings.
- A123/A123M Standard specification for zinc (hot-dip galvanized) coatings on iron and steel products.
- A143 Standard practice for safeguarding against embrittlement of hot-dip galvanized structural steel products and procedure for detecting embrittlement.
- A148/A148M Standard specification for steel castings, high strength, for structural purposes
- A153/A153M Standard specification for zinc coating (hot-dip) on iron and steel hardware.



- A239 Standard practice for locating the thinnest spot in a zinc (galvanized) coating on iron or steel articles
- A242/A242M Standard specification for high-strength low-alloy structural steel.
- A283/A283M Standard specification for low and intermediate tensile strength carbon steel plates.
- A307 Standard specification for carbon steel bolts and studs, 60000 psi tensile strength.
- A325M Standard specification for high-strength bolts for structural steel joints (metric).
- A354 Standard Specification for Quenched and Tempered Alloy Steel Bolts, Studs, and Other Externally Threaded Fasteners.
- A363 Standard specification for zinc-coated (galvanized) steel overhead ground wire strand
- A370 Standard test methods and definitions for mechanical testing of steel products.
- A384 Standard practice for safeguarding against warpage and distortion during hot-dip galvanizing of steel assemblies.
- A385 Standard practice for providing high-quality zinc coatings (hot-dip).
- A394 Standard specification for steel transmission tower bolts, zinc-coated and bare.
- A411 Standard specification for zinc-coated (galvanized) low-carbon steel armor wire.
- A449 Standard Specification for Quenched and Tempered Steel Bolts and Studs.
- A475 Standard specification for zinc-coated steel wire strand.
- A490 Standard specification for heat-treated steel structural bolts, 150 ksi minimum tensile strength.
- A529/A529M Standard specification for high-strength carbon-manganese steel of structural quality.
- A536 Standard specification for ductile iron castings.
- A563/A563M Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts.
- A570/A570M Standard specification of steel, sheet and strip, carbon, hot-rolled, structural quality.
- A572/A572M Standard specification for high-strength low-alloy columbium-vanadium structural steel.
- A588/A588M Standard specification for high-strength low-alloy structural steel with 50 ksi (345 MPa) minimum yield point to 4 in (100mm) thick.
- A606 Standard specification for steel, sheet and strip, high-strength, low-alloy, hot-rolled and cold-rolled, with improved atmospheric corrosion resistance.



- A607 Standard specification for steel, sheet and strip, high-strength, low-alloy columbium or vanadium, or both, hot-rolled and cold-rolled.
- A715 Standard specification for steel sheet and strip, high-strength, low-alloy, hot-rolled, and steel sheet, cold rolled, high-strength, low-alloy, with improved formability.
- B6 Standard specification for zinc.
- B26/B26M Standard specification for aluminum-alloy sand castings.
- B85 Standard specification for aluminum-alloy die castings.
- B193 Standard test method for resistivity of electrical conductor materials
- B209/B209M Standard specification for aluminum and aluminum-alloy sheet and plate.
- B210/B210M Standard specification for aluminum and aluminum-alloy drawn seamless tubes
- B211/B211M Standard specification for aluminum and aluminum-alloy bar, rod and wire.
- B221/B221M Standard specification for aluminum and aluminum-alloy extruded bars, rods, wire, profiles and tubes.
- B227 Standard specification for hard – draw copper – clad steel wire
- B230/B230M Standard specification for aluminum 1350-H19 wire for electrical purposes
- B232/B232M Standard specification for concentric-lay-stranded aluminum conductors, coated-steel reinforced (ACSR)
- B233 Standard specification for aluminum 1350 drawing stock for electrical purposes
- B263 Standard test method for determination of cross-sectional area of stranded conductors
- B354 Standard terminology relating to uninsulated metallic electrical conductor
- B487 Standard test method for measurement of metal and oxide coating thickness by microscopical examination of a cross section.
- B498/B498M Standard specification for zinc-coated (galvanized) steel core wire for aluminum conductors, steel reinforced (ACSR).
- B499 Standard test method for measurement of coating thicknesses by the magnetic method: nonmagnetic coatings on magnetic basis metals.
- B500/B500M Standard specification for metallic coated stranded steel core for aluminum conductors, steel reinforced (ACSR)
- B504 Standard test method for measurement of thickness of metallic coatings by the coulometric method.
- C150 Standard specification for Portland cement





- C151 Test method for autoclave expansion of Portland cement
- D116 Standard methods of testing vitrified ceramic materials for electrical applications
- D256 Standard test methods for determining the izod pendulum impact resistance of plastics.
- D3359 Standard test methods for measuring adhesion by tape test
- E8 Standard test methods for tension testing of metallic materials
- E155 Standard reference radiographs for inspection of aluminum and magnesium castings.
- E709 Standard guide for magnetic particle examination.
- F568 Standard specification for carbon and alloy steel externally threaded metric fasteners.

### **2.3 Normas da International Electrotechnical Commission (IEC)**

- 60120 Dimensions of ball and socket couplings of string insulator units
- 60305 Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000V – ceramic or glass insulator units for ac systems – characteristics of insulator units of the cap and pin type
- 60372 Locking devices for ball and socket couplings of string insulator units
- 60437 Radio interference test on high-voltage insulators
- 61854 Overhead lines – requirements and tests for spacers.
- 61897 Overhead lines – requirements and tests for stockbridge type aeolian vibration dampers.
- 60060-1 High voltage test techniques – general definitions and test requirements
- 60060-2 High voltage test techniques – measuring systems
- 60383-1 Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000V – Part 1 – ceramic or glass insulator units for a.c. systems – definitions, test methods and acceptance criteria
- 60383-2 Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000V – Part 2 – insulator strings and insulator sets for a.c. systems – definitions, test methods and acceptance criteria
- 60672-2 Specification for ceramic and glass insulating materials – part 2: methods of tests
- 60672-3 Specification for ceramic and glass insulating materials – part 3: specifications for individual materials



61854 Overhead lines Requirements and tests for spacers;

61897 Requirements and test for Stockbridge type aeolian vibration damper

TR 60575 Thermal-mechanical performance test and mechanical performance test on string insulator units

TR 60797 Residual strength of string insulator units of glass or ceramic material for overhead lines after mechanical damage of the dielectric

TR2 61211 Insulators of ceramic material or glass for overhead lines with a nominal voltage greater than 1000V – puncture testing

TR2 61467 Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000 kV – AC power arc tests on insulator sets

TR60826 Loading and strength of overhead transmission lines.

#### **2.4 Normas da American National Standards Institute (ANSI)**

C29-1 Test methods for electrical power insulators

C29-2 Wet process porcelain and toughened glass insulators (suspension type)

#### **2.5 Normas da National Electrical Manufacturers Association (NEMA)**

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

C119.4 Connectors to use between aluminum-to-aluminum or aluminum-to-copper bare overhead conductors.

CC1 Electric power connectors.



São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN  
CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

utc  
engenharia

LEME  
ENGENHARIA

---

## **LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA**

PROJETO BÁSICO

CAPÍTULO 3

ASPECTOS GEOGRÁFICOS E CLIMÁTICOS DA REGIÃO

---

## CONTEÚDO

1. OBJETIVO
2. ASPECTOS GEOGRÁFICOS
  - 2.1 Extensão e Posição
  - 2.2 Municípios Atravessados
  - 2.3 Saída na UHE São Manoel
  - 2.4 Chegada na SE Paranaíta
3. ASPECTOS FÍSICOS
  - 3.1 Localização da Diretriz Escolhida para o Traçado
  - 3.2 Características Gerais da Região
  - 3.3 Geologia
4. ASPECTOS DO MEIO BIÓTICO
  - 4.1 Vegetação
5. ASPECTOS CLIMÁTICOS
  - 5.1 Temperatura
  - 5.2 Umidade Relativa do Ar
  - 5.3 Pressão Atmosférica
  - 5.4 Massa Específica do Ar
  - 5.5 Densidade Relativa do Ar
  - 5.6 Descargas Atmosféricas
6. VELOCIDADE DO VENTO
  - 6.1 Ventos de Projeto para Cálculo Mecânico
  - 6.2 Ventos de Projeto para Cálculo Elétrico
7. REFERÊNCIAS

## ASPECTOS GEOGRÁFICOS E CLIMÁTICOS DA REGIÃO

### 1 OBJETIVO

Caracterização dos aspectos geográficos e climáticos da região a ser percorrida pela LT 500 KV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA.

### 2 ASPECTOS GEOGRÁFICOS

#### 2.1 Extensão e Posição

A Linha de Transmissão em estudo, com extensão aproximada de 40 km, terá a finalidade de conectar a UHE São Manoel à SE Paranaíta, situadas no Estado do Pará e Mato Grosso, respectivamente.

#### 2.2 Municípios Atravessados

Atravessará a zona rural saindo da UHE São Manoel (Pará) até alcançar a Subestação de Paranaíta (Mato Grosso).

#### 2.3 Saída na UHE São Manoel

A saída da LT na UHE São Manoel tem coordenadas aproximadas UTM E 494.520,89 e N 8.984.567,72, considerado o Km zero da LT 500 kv UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA.

#### 2.4 Chegada na SE Paranaíta

A chegada na SE Paranaíta será implantada no Estado do Mato Grosso, estando seu pórtico situado nas coordenadas aproximadas de E 517.231,59 e N 8.966.593,00. considerado o Km 40 da LT 500 kv UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA.

### 3 ASPECTOS FÍSICOS

#### 3.1 Localização da Diretriz Escolhida para o Traçado

A diretriz preliminar do traçado da LT 500 kv UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA foi definida buscando conciliar menor extensão e proximidade com acessos já abertos, tendo havido a preocupação de evitar áreas de cabeceiras de cursos d'água. Foram ainda analisadas interferências com UC (Unidade(s) de Conservação), TI (Terra(s) Indígena(s)), áreas urbanas, vegetação nativa, cursos d'água de grande caudal e APCB (Área(s) Prioritária(s) para Conservação da Biodiversidade).

#### 3.2 Características Gerais da Região

A região da LT 500 KV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA é constituída por áreas de terrenos ondulados com diversos fragmentos florestais.

#### 3.3 Geologia

A ocorrência de rochas cristalinas do embasamento com idades que vão desde o Arqueano, constituindo-se nas mais antigas encontradas na crosta terrestre, até rochas vulcânicas do Supergrupo Uatumã e intrusivas ácidas do tipo granitos, todas essas também muito antigas,



do Proterozóico médio. Do ponto de vista geológico-geotécnico tais tipos litológicos constituem-se em rochas de alta resistência, que quando se alteram formam solos argilosos a argilo-arenosos que, geralmente, apresentam boa coesão e, por tal motivo, boa resistência à instalação de processos erosivos.

## **4 ASPECTOS DO MEIO BIÓTICO**

### **4.1 Vegetação**

A região da futura linha de transmissão está inserida no bioma da Amazônia.

## **5 ASPECTOS CLIMÁTICOS**

### **5.1 Temperatura**

As temperaturas expressivas da região que serão utilizadas para o desenvolvimento do

projeto das LTs são as seguintes:

-Média anual (EDS).....	27°C
-Máxima média.....	32°C
-Mínima absoluta.....	9°C
-Média mínima (coincidente c/vento máximo).....	17°C

Os valores acima foram obtidos da referência (4).

### **5.2 Umidade Relativa do Ar**

A umidade relativa média anual da região é de 86% (4).

### **5.3 Pressão Atmosférica**

A pressão atmosférica na região é de 980 mbar (4).

### **5.4 Massa Específica do Ar**

A média anual da massa específica do ar é de 1,175 kg/m<sup>3</sup>.

### **5.5 Densidade Relativa do Ar**

Média anual de 0,95.

### **5.6 Descargas Atmosféricas**

Nível ceráunico de 90 dias de trovoada por ano.

## **6 VELOCIDADE DO VENTO**

Os ventos de projeto utilizados são os seguintes:

### **6.1 Ventos de Projeto para Cálculos Mecânicos**

- Vento extremo (250 anos, 10 min., 10m, terreno cat. B): 25,00 m/s (3);



- Vento de tormentas elétricas: 43,06 m/s (3).

## 6.2 Ventos de Projeto para Cálculos Elétricos

- Vento forte (50 anos, 30 seg., 10m, terreno cat. B): 27,78 m/s (3);

## 7 REFERÊNCIAS

- (1) - NBR 5422:Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica.
- (2) - Mapas climáticos do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), período de coleta de dados 1961 – 1990
- (3) - Capítulo 5 - Velocidades de Vento e Carregamentos.
- (4) - Anexo 1 - Elementos Climáticos para a LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA (Batávia Engenharia e Consultoria Ltda).



São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN

utc  
engenharia

CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

LEME  
ENGENHARIA

---

## **LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA**

PROJETO BÁSICO

CAPÍTULO 3

ANEXO 1

ELEMENTOS CLIMÁTICOS PARA A LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE  
PARANAÍTA

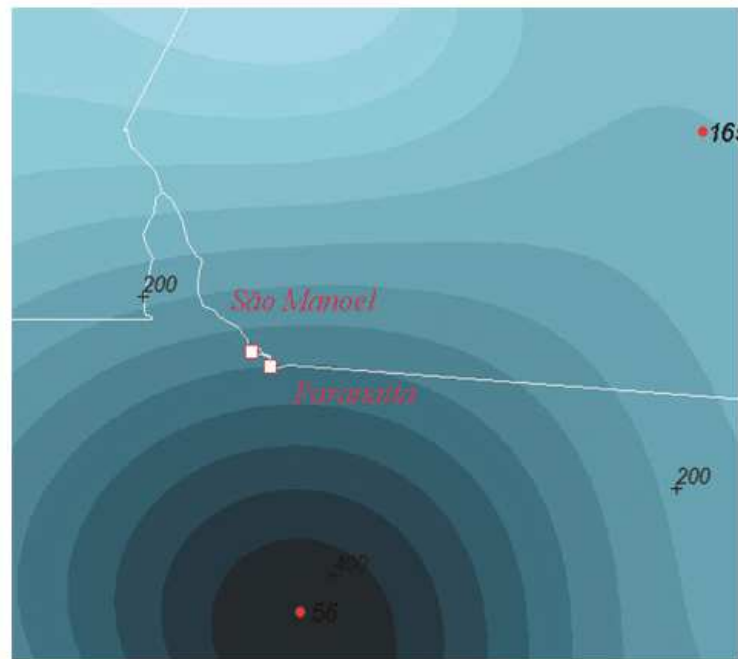
---



## **Relatório Técnico**

### ***Elementos Ambientais para a LT 500 kV São Manoel - Paranaíta***

**BATÁVIA**  
Engenharia



*Preparado por Amauri A Menezes em 11/2014*

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

1	Objetivo	27
2	Conceituação Preliminar	28
3	Dados termométricos	29
4	Densidade Relativa do Ar e Fatores de Correção Atmosféricos	30
4.1	Valor médio da DRA e dos FCAs	30
4.2	Os desvios padrão da DRA e dos FCAs	32
5	Representação gráfica e mapeamento das variáveis	34
5.1	Densidades relativas do ar e “nível de tempo - ruim”	35
5.2	Fatores de Correção Atmosféricos	35
5.3	Umidades relativa e absoluta	36
5.3.1	Cálculo dos pontos de orvalho e de gelo	36
5.3.2	Cálculo das pressões de vapor	37
5.3.3	Cálculo das umidades absolutas	37
6	Conclusões e recomendações	37
7	Comentários finais	39
8	Referências	40
Anexo 1	Dados para determinação espacial da DRA e dos FCAs	41
Anexo 2	Características das estações do INMET	52
Anexo 3	Distribuição espacial das estações	53
Anexo 4	Mapa das pressões atmosféricas	53
Anexo 5	Mapas das temperaturas ambientes	54
Anexo 6	Mapas das densidades relativas do ar e de “tempo - ruim”	58
Anexo 7	Mapas dos fatores de correção atmosféricos	59
Anexo 8	Mapas das umidades do ar	62

## 1 Objetivo

Este relatório quantifica as variabilidades espacial e temporal de fenômenos meteorológicos que têm interferências substanciais com a LT São Manoel - Paranaíta, 500 kV. As variáveis aqui objetivadas ao longo das LTs citadas são as seguintes:

Variáveis Ambientais	nomenclatura & unidades
altitude média	alt - metros
temperatura média	$t_{med}$ - °C
temperatura mínima média anual	$t_{min\ anual}$ - °C
temperatura mínima média no inverno	$t_{min\ inv}$ - °C
temperatura mínima absoluta	$t_{min\ abs}$ - °C
temperatura máxima média anual	$t_{max\ anual}$ - °C
temperatura máxima média no verão	$t_{max\ ver}$ - °C
temperatura máxima absoluta	$t_{max\ abs}$ - °C
pressão atmosférica	$p_{atm}$ - mbares
densidade relativa do ar (50 e 90 %)	$DRA_{50\%}$ e $DRA_{90\%}$ - ( pu)
fator de correção atmosférico, 60 Hz, (50 e 99 %)	$FCA_{60Hz-50\%}$ e $FCA_{60Hz-99\%}$ - ( pu)
fator de correção atmosférico, surtos de manobra (50 e 90 %)	$FCA_{man50\%}$ e $FCA_{man90\%}$ - ( pu)
fator de correção atmosférico, impulsos atmosféricos (50 e 90 %)	$FCA_{atm50\%}$ e $FCA_{atm90\%}$ - ( pu)
umidade relativa média do ar (anual)	$u_{rel}$ - (%)
umidade absoluta média do ar (anual)	$u_{abs}$ - (g/m <sup>3</sup> )
tempo ruim (para níveis de RI) - anual	TR - (%)
densidade de descargas atmosféricas	(descargas/km <sup>2</sup> /ano)
índice ceráunico	(dias de tempestades/ano)

*Linhas de transmissão aéreas constituem-se em empreendimentos com dimensões territoriais consideráveis e, não raro, atravessam áreas com diferentes condições geograficamente bem diferenciadas, resultando numa multiplicidade de elementos climáticos sobre elas atuantes.*

*Portanto, torna-se relevante, para a execução de um projeto realista e coerente com seus próprios desafios, que haja a disponibilidade de métodos de inferências capazes de avaliar a evolução espacial das grandezas ambientais ao longo da rota da LT em estudo. A coleta de tais variáveis deve ser convenientemente feita em estações meteorológicas na mesma região e, obrigatoriamente, as suas variabilidades temporais devem ser quantificadas.*

*Como certo número de variáveis ambientais aqui enfocadas é dependente da altitude, o estudo em curso considera também a altitude na região, como forma de dimensionar algumas variações espaciais do clima, através de modelos matemáticos de correlação linear múltipla. A densidade relativa do ar (DRA) e os fatores de correção atmosféricos (FCAs<sup>1</sup>) não são variáveis meteorológicas, no rigor do conceito, mas encontram-se aqui incluídas por serem diretamente derivados da temperatura do ar, da pressão atmosférica e, para os FCAs, também da umidade absoluta do ar.*

## **2 Conceituação Preliminar**

*A base de dados usada neste relatório origina-se de duas fontes diversas: do INMET [1] (Instituto nacional de Meteorologia - Ministério da Agricultura) e do DEPV [2, 7] (antiga Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Voo - Ministério da Aeronáutica). Tais fontes desempenham importantes e complementares papéis no modelo analítico aqui adotado para inferência estatística das variáveis ambientais, como exigido pelos procedimentos de projetos de LTs aéreas ora em curso no país.*

*Especificamente, pode-se dizer que os dados do INMET (mensais e anuais, em 205 estações) cuidam das determinações médias e das suas evoluções espaciais sobre o território brasileiro, enquanto que os dados do DEPV (horários, em 20 estações) definem as flutuações dos respectivos desvios-padrão. Detalhes da elaboração desse modelo dual são fornecidos ao longo do trabalho e aplicam-se às variáveis aqui objetivadas.*

---

<sup>1</sup> ou ainda RIS (Relative Insulation Strength)

### 3 Dados termométricos

Os dados de temperatura utilizados no estudo foram medidos em estações climatológicas operadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)<sup>2</sup> e instaladas no estado de implantação do empreendimento.

Nessas estações, as temperaturas máximas e mínimas são medidas diariamente e as temperaturas correntes às 12, 18 e 24 horas, referidas ao horário de Greenwich (Greenwich Meridian Time - GMT). No procedimento de operação das estações do INMET, as temperaturas extremas diárias ficam perfeitamente caracterizadas.

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

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

$T_{med}$  - temperatura média diária

$T_{máx}$  - temperatura máxima diária

$T_{mín}$  - temperatura mínima diária

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

As estatísticas dos valores de temperatura, medidos diariamente no período de 1961 a 1990, podem ser consultadas em [1]. Além dos valores médios anuais, buscou-se caracterizar as médias das temperaturas extremas, extraindo-se do banco de dados os valores mínimos ou máximos ocorridos ao longo do ano, independentemente do mês em que foram anotados, e garantindo assim mapas que refletissem valores extremos que fossem os mais conservadores. Portanto, neste estudo, extremos médios de temperatura encontram-se também avaliados apropriadamente nos respectivos meses em que ocorrem.

A seguinte nomenclatura deve ser seguida:

média das temperaturas máximas	(°C)	- anual	(média dos 12 meses)
média das temperaturas máximas	(°C)	- de verão	(média no verão)
média das temperaturas mínimas	(°C)	- anual	(média dos 12 meses)
média das temperaturas mínimas	(°C)	- de inverno	(média no inverno)

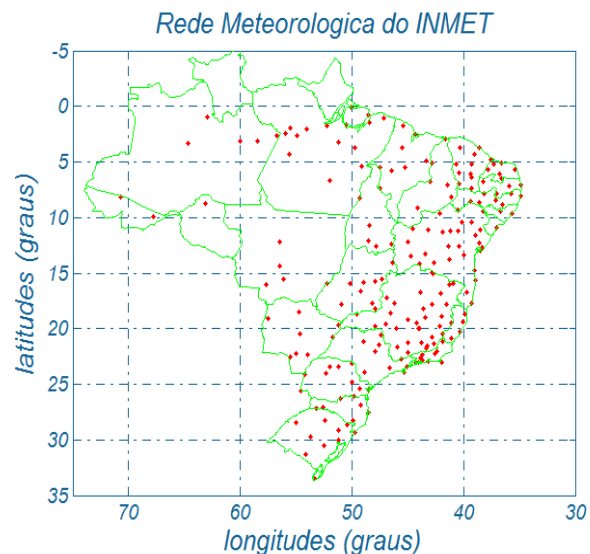


Figura 3.1 - Distribuição espacial das estações meteorológicas do INMET

<sup>2</sup> INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, Ministério da Agricultura.

#### 4 Densidade Relativa do Ar e Fatores de Correção Atmosféricos

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

##### 4.1 Valor médio da DRA e dos FCAs

O valor médio dessas variáveis será feito por meio dos dados médios anuais medidos na rede do INMET (temperatura, pressão atmosférica para a DRA, acrescidos da umidade absoluta, para os valores dos FCAs). DRAs e FCAs têm distribuições normais para qualquer efeito prático [7] e seus valores médios podem ser calculados com as médias das variáveis indiretas ( $t_{med}$ ,  $p_{med}$  e  $u_{abs}$ ). Para dirimir qualquer dúvida quanto a essa afirmativa, as Tabelas 4.1.1 e 4.1.2 apresentam os respectivos resultados, quando se usa um banco de dados horário em 10 anos, e quando se faz o cálculo com médias anuais. O banco de dados usado como referência é o do DEPV<sup>3</sup>, tal como apresentado em [7].

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

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

<sup>3</sup> Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Voo, do Ministério da Aeronáutica.

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

tensão a 60 Hz (gape de 3 m)			surtos de manobra (gape de 3 m)		
sigla	FCA50% (pu) como em [7]	FCA50% (pu) médias anuais	sigla	FCA50% (pu) como em [7]	FCA50% (pu) médias anuais
BE	1.062	1.061	BE	1.041	1.040
BH	0.960	0.959	BH	0.962	0.963
BR	0.925	0.922	BR	0.932	0.932
CG	0.992	0.994	CG	0.987	0.988
CT	0.939	0.936	CT	0.948	0.949
CV	1.050	1.050	CV	1.034	1.033
FL	1.033	1.034	FL	1.023	1.023
FZ	1.053	1.053	FZ	1.035	1.034
GL	1.045	1.045	GL	1.030	1.029
KP	0.965	0.964	KP	0.967	0.969
MN	1.059	1.059	MN	1.039	1.038
MO	1.044	1.044	MO	1.028	1.027
NT	1.049	1.049	NT	1.032	1.031
PA	1.022	1.023	PA	1.015	1.016
RF	1.053	1.053	RF	1.035	1.034
RJ	1.042	1.043	RJ	1.028	1.028
SL	1.059	1.058	SL	1.039	1.038
SP	0.956	0.953	SP	0.960	0.961
SV	1.053	1.053	SV	1.035	1.034
VT	1.049	1.049	VT	1.033	1.032

As diferenças verificadas nos três casos indicam que as médias podem ser aproximadas usando-se valores médios das variáveis indiretas ( $t_{med}$ ,  $p_{med}$  e  $u_{abs}$ ), em vez de se adotar ou exigir um cálculo bem mais requintado e trabalhoso, tal como é o de bancos de dados horários durante 10 anos, com todas as variáveis lidas simultaneamente. A simplificação é bastante apreciável, pois nem sempre, ou quase nunca, tais bancos encontram-se disponíveis. Portanto, os dados do INMET, que tem uma bem mais expressiva quantidade de estações (205, em todo o Brasil, por ocasião da elaboração de [1]) são capazes de fornecer valores médios para DRA e FCAs. Observe a Figura 4.2.1 onde a rede do DEPV encontra-se grafada com a sua restrita densidade. Entretanto, o valor médio isolado dessas variáveis (valor 50 %) não é suficientemente seguro para a aplicação em LTs. É preciso associá-los a valores mais conservadores que levem em conta as incertezas espaciais típicas que estão amiúde vinculados a linhas de transmissão que atravessam variados micro e macro climas.

## 4.2 Os desvios padrão da DRA e dos FCAs

Os mais recentes Editais da ANEEL, no que se refere à DRA, exigem um valor ao longo da LT que seja garantido 90% do tempo, de forma a minimizar as influências do efeito Corona e suas manifestações (RI, RA, perdas). Portanto, os valores médios devem ser corrigidos pela conhecida fórmula genérica  $Var_{90\%} = \mu - 1.28 \sigma$ , onde  $Var$  é uma variável que se encontre estatisticamente em questão e  $(\mu, \sigma)$  seus valores médios e desvios padrão respectivos.

Como as variabilidades temporais da DRA e dos FCAs, medida por  $\sigma$ , não podem ser caracterizadas pelo banco de dados do INMET [1], é preciso que se recorra ao relevante trabalho desenvolvido em [7]. A Figura 4.2.1 apresenta a dispersão pouco densa da rede do DEPV, mas que é atualmente a única fonte para se processar um modelo de transferência espacial para os coeficientes de variação aqui objetivados. Complementando, a Tabela 4.2.1 apresenta os coeficientes de variação<sup>4</sup> da DRA e dos  $FCA_{60Hz}$  e  $FCA_{man}$ .

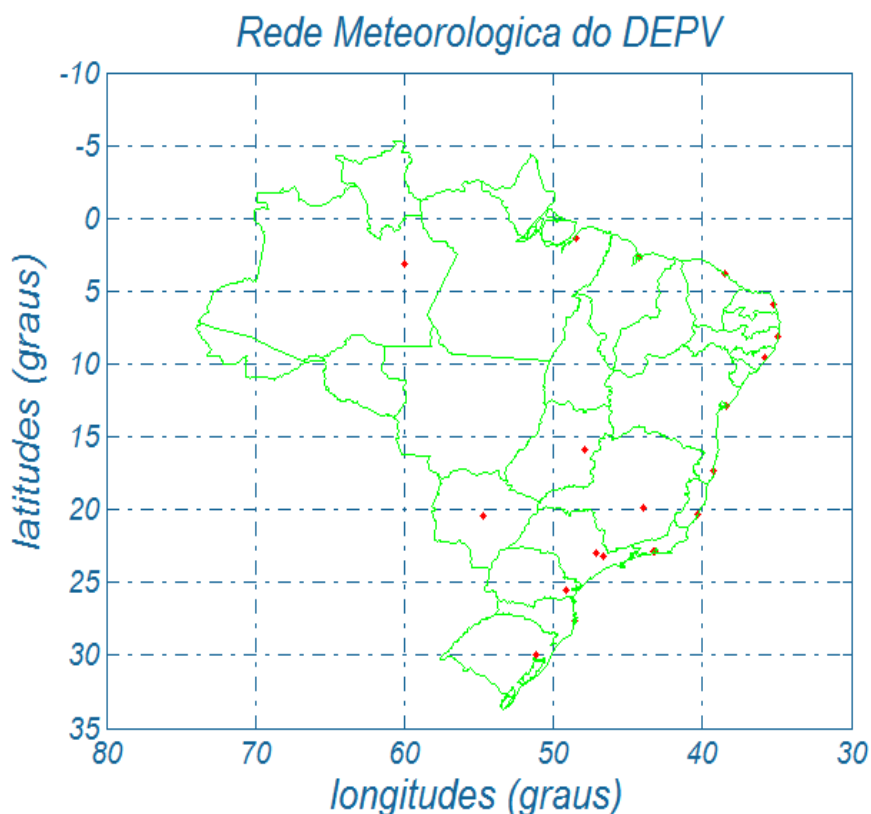


Figura 4.2.1 - Rede do DEPV, com as 20 estações usadas na modelagem de [7]

<sup>4</sup> coeficiente de variação =  $CV\% = 100 (\sigma/\mu)$



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

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

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

$$\begin{aligned}
 CV_{DRA} &= 0.7160 + 41.32 \text{ latitude}/1000 + 0.3268 \text{ altitude}/1000 \\
 CV_{FCA60Hz} &= 0.6050 + 39.28 \text{ latitude}/1000 + 1.5640 \text{ altitude}/1000 \\
 CV_{FCAman} &= 0.7790 + 15.61 \text{ latitude}/1000 + 0.8388 \text{ altitude}/1000
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 CV_{DRA} &\text{ coeficiente de variação da distribuição da DRA (\%)} \\
 CV_{FCA60Hz} &\text{ coeficiente de variação dos valores de FCAs para } 60 \text{ Hz}^5 \text{ (\%)} \\
 CV_{FCAman} &\text{ coeficiente de variação dos FCAs para surtos de manobra}^6 \text{ (\%)}
 \end{aligned}$$

<sup>5</sup> Essa mesma equação será mantida para tensões CC. Tais CVs são suficientemente baixos para garantir a validade dessa analogia, acrescido à semelhança entre as modelagens matemáticas das tensões em 60 Hz e contínua. Veja também o item 5.2.

<sup>6</sup> Essa mesma equação será mantida para os surtos atmosféricos, pelos mesmos motivos acima.

## 5 Representação gráfica e mapeamento das variáveis

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

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

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

A Tabela 5.1 indica os coeficientes definidos por correlação linear múltipla e os valores dos respectivos erros médios quadráticos (emq) atestam a qualidade da aderência entre valores reais e modelados.

Tabela 5.1 - Coeficientes das equações de regressão linear múltipla

variável	coeficiente $a_0$	coeficiente $a_1$	coeficiente $a_2$	emq
temp média	2.817E+01	-2.480E-01	-3.813E+00	1.335E+00
temp min anual	2.393E+01	-2.411E-01	-4.692E+00	1.176E+00
temp min inverno	2.319E+01	-3.824E-01	-5.217E+00	1.504E+00
temp min abs	1.959E+01	-6.624E-01	-6.417E+00	3.268E+00
temp max anual	3.361E+01	-2.386E-01	-2.936E+00	1.875E+00
temp max verão	3.495E+01	-1.423E-01	-3.660E+00	1.861E+00
temp max abs	4.090E+01	-3.000E-02	-2.028E+00	2.050E+00
pressão	1.013E+03	1.404E-01	-1.250E+02	1.761E+01
umidade absoluta	2.046E+01	-1.934E-01	-4.523E+00	1.266E+00
umidade relativa	7.533E+01	1.372E-01	-5.806E+00	7.085E+00
DRA <sub>50</sub> %	9.704E-01	9.057E-04	-9.624E-02	6.253E-03
DRA <sub>90</sub> %	9.613E-01	3.838E-04	-9.817E-02	6.146E-03
FCA <sub>60-50</sub> %	1.063E+00	-9.426E-04	-1.109E-01	1.070E-02
FCA <sub>60-99</sub> %	1.046E+00	-1.830E-03	-1.414E-01	1.059E-02
FCA <sub>man 50%</sub>	1.040E+00	-6.011E-04	-9.100E-02	8.015E-03
FCA <sub>man 90%</sub>	1.029E+00	-7.923E-04	-9.979E-02	7.865E-03
FCA <sub>atm 50%</sub>	1.068E+00	-1.123E-03	-1.309E-01	1.387E-02
FCA <sub>atm 90%</sub>	1.057E+00	-1.305E-03	-1.392E-01	1.376E-02
tempo - ruim (RI)	2.393E+01	-2.411E-01	-4.692E+00	1.176E+00

## 5.1 Densidades relativas do ar e “nível de tempo - ruim”

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

---

### (a) Corona visual

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

---

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

$$DRA_{90\%} = DRA_{\text{médio}} - 1,28 \sigma_{DRA}$$

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

Ainda diretamente vinculado ao efeito Corona e suas manifestações, o Anexo 6 apresenta uma quantificação para o percentual de “tempo - ruim”, a ser aplicado na determinação dos níveis de rádio interferência ao longo de “todo o tempo”, tal como requer a metodologia de [8, Red Book]. Os resultados fundamentam-se na precipitação pluviométrica anual registrada nas estações do INMET e que serve de medição para variabilidade espacial do tempo ruim sobre o território brasileiro. Para a inferência do % de tempo ruim, foi adotada uma média anual de 1,5 mm/h quando da precipitação pluviométrica média anual registrada nas estações do INMET. Tal consideração de 1.5 mm/h é certamente subjetiva, mas é mais realista do que se adotarem os padrões climáticos constantes de [8] como típicos do Brasil.

## 5.2 Fatores de Correção Atmosféricos

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

$$FCA = k_1 \cdot k_2$$

$$k_1 = \delta^m$$

- fator de correção para a densidade relativa do ar, veja Figura 1.2 do Anexo 1

$$k_2 = k^w$$

- fator de correção para a umidade absoluta do ar, veja Figura 1.3 do Anexo 1

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

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

As formulações para os FCAs acima valem para distâncias em ar de 1 a 5 m, com dispersão em torno da média de 1,3% para 60 Hz e 1,7% para impulsos. Para os casos de distâncias superiores a 5 m, os valores de FCA tendem para o valor de 1,0, indicando que para gapes mais longos, o FCA não mais depende das condições atmosféricas. Como os casos mais severos são aqueles em que o  $FCA < 1,0$ , nenhuma correção será aqui recomendada, pois os resultados encontram-se a favor da segurança.

### 5.3 Umidades absolutas

A umidade absoluta, que é relevante para as determinações dos FCAs, pode ser modelada através da equação que segue:

#### 5.3.1 Cálculo dos pontos de orvalho e de gelo

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

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

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

$RH$  é a umidade relativa (%),  
 $T_d$  e  $T_i$  são os pontos de orvalho e de gelo (°K), respectivamente,  
 $T$  temperatura de bulbo seco do ambiente (°K).

### 5.3.2 Cálculo das pressões de vapor

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

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

### 5.3.3 Cálculo das umidades absolutas

E finalmente, as umidades absolutas em  $g/m^3$  ( $u_{abs}$ ) ou são calculadas como segue, onde  $e$  assume os valores de  $e_d$  ou de  $e_i$ :

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

## 6 Conclusões e recomendações

Os mapas constantes deste relatório oferecem ao projetista de LTs recursos ora disponíveis para uma escolha paramétrica tecnicamente justificável no que se refere aos elementos climáticos aqui avaliados estatisticamente. De uma forma geral, os parâmetros recomendados são conservadores e visam garantir um desempenho superior ao mínimo exigido. Com uma importância de destaque, encontra-se a densidade relativa do ar, caracterizada pelo seu valor médio e  $DRA_{90\%}$ , que é o valor excedido 90% do tempo, garantindo o que é exigido nos editais da ANEEL. Somente com os mapeamentos exclusivos das médias e dos desvios da DRA, não se torna imediata a identificação do local onde as condições do DRA são as mais adversas, pois a média mínima não coincide, necessariamente, com o máximo desvio padrão da DRA. Assim sendo, para facilidade de interpretação e escolha, foram traçadas as isolinhas do Anexo 6 que apresenta os valores de  $DRA_{médio}$  e de  $DRA_{90\%}$ , através da relação  $DRA_{90\%} = DRA_{médio} - 1,28$  desvios-padrão. Os mesmos conceitos se aplicam aos fatores de correção atmosféricos aqui sugeridos ( $FCA_{60\text{ Hz}}^{99\%}$ ,  $FCA_{man}^{90\%}$  e  $FCA_{atm}^{90\%}$ ), muito embora a sua utilização ainda não esteja regulamentada e nem mesmo exigida, embora correspondam à prática segura de escolha paramétrica.

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

A Tabela seguinte apresenta um resumo das leituras nas Figuras dos Anexos 3 a 7:

Tabela 6.1 - Resumo das recomendações numéricas para os elementos climáticos objeto deste estudo.

<i>Parâmetros climáticos</i>	<i>São Manoel Paranaíta</i>
<i>altitude média - (m)</i>	250
<i>temperatura média – (°C)</i>	27
<i>temperatura mínima média anual – (°C)</i>	19
<i>temperatura mínima média no inverno – (°C)</i>	17
<i>temperatura mínima absoluta – (°C)</i>	9
<i>temperatura máxima média anual – (°C)</i>	32
<i>temperatura máxima média no verão – (°C)</i>	36
<i>temperatura máxima absoluta – (°C)</i>	39
<i>pressão atmosférica – (mbar)</i>	980
<i>DRA 50% / 90% – ( pu)</i>	0.95/0.94
<i>FCA<sub>60 Hz</sub> 50% / 99% – ( pu)</i>	1.04/1.02
<i>FCA<sub>manobra</sub> 50% / 90% – ( pu)</i>	1.02/1.01
<i>FCA<sub>atmosférico</sub> 50% / 90% – ( pu)</i>	1.04/1.03
<i>umidade relativa (U<sub>rel</sub>) – (%)</i>	86
<i>umidade absoluta (U<sub>abs</sub>) - (g/m<sup>3</sup>)</i>	20
<i>tempo ruim, para cálculo de RI - (%)</i>	12
<i>densidade de descargas atmosféricas (descargas/km<sup>2</sup>/ano) - veja nota 7</i>	19
<i>Índice Cerâmico (dias de tempestades/ano) - veja nota 7</i>	90

*Notas:*

- 1 *As temperaturas mínimas (média anual e no inverno) são usadas indistintamente pelos vários consultores, dependendo da segurança.*
- 2 *O mesmo se aplica para as temperaturas máximas (média anual e no verão)*
- 3 *O  $DRA_{90\%}$  deve ser usado em atendimento à exigência da ANEEL*
- 4 *O  $FCA_{60Hz,99\%}$  deve ser usado*
- 5 *Quanto aos demais valores de FCAs para surtos de manobra e impulsos atmosféricos, não há exigências por parte da ANEEL quanto à utilização dos valores 50% ou 90%. O valor 90% é evidentemente mais rigoroso.*
- 6 *É aconselhável que valores quaisquer de FCAs superiores a 1.0 pu sejam usados com cuidado extra. As queimadas e desmatamentos que ocorrem freqüentemente neste país tendem a baixar a umidade absoluta ambiental e, em consequência direta, provocam redução dos FCAs.*
- 7 *Os valores das densidades de descargas e dos índices cerâmicos indicados nas tabelas são, respectivamente as médias ( $\mu$ ) e desvios-padrão ( $\sigma$ ) dessas variáveis ao longo das LTs. Normalmente, os parâmetros escolhidos deverão estar entre  $\mu$  e  $\mu+2\sigma$ , dependendo da importância da LT.*

## 7 Comentários finais

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

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

*Tal observação tem influência expressiva sobre os resultados de cálculo, na medida em que valores acima de  $15 \text{ g/m}^3$  são frequentemente encontrados no Brasil<sup>7</sup>.*

---

<sup>7</sup> veja os valores típicos em [2 e 8].

## 8 Referências

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



## Anexo 1 Dados para determinação espacial da DRA e dos FCAs

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

Tabela 1.1 - Resultados do processamento e dados provenientes do DEPV

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

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

local	$d = 1 m$		$d = 3 m$		$d = 5 m$	
	$\bar{x}$ (pu)	$cv$ (%)	$\bar{x}$ (pu)	$cv$ (%)	$\bar{x}$ (pu)	$cv$ (%)
<b>BE</b>	1,091	0,96	1,062	0,68	1,041	0,45
<b>BH</b>	0,956	2,74	0,960	2,70	0,973	1,83
<b>BR</b>	0,922	3,37	0,925	3,66	0,947	2,77
<b>CG</b>	0,993	3,66	0,992	3,08	0,994	2,08
<b>CT</b>	0,936	2,69	0,939	2,90	0,959	2,03
<b>CV</b>	1,074	1,60	1,050	1,08	1,033	0,72
<b>FL</b>	1,047	2,72	1,033	1,85	1,022	1,24
<b>FZ</b>	1,079	1,43	1,053	0,98	1,035	0,65
<b>GL</b>	1,066	2,01	1,045	1,34	1,030	0,89
<b>KP</b>	0,961	3,13	0,965	3,06	0,976	2,10
<b>MN</b>	1,087	1,07	1,059	0,75	1,039	0,50
<b>MO</b>	1,065	1,59	1,044	1,04	1,029	0,69
<b>NT</b>	1,072	1,37	1,049	0,92	1,032	0,61
<b>PA</b>	1,031	2,79	1,022	1,95	1,015	1,31
<b>RF</b>	1,079	1,15	1,053	0,81	1,035	0,53
<b>RJ</b>	1,062	2,13	1,042	1,42	1,028	0,94
<b>SL</b>	1,087	0,99	1,059	0,71	1,039	0,47
<b>SP</b>	0,951	2,65	0,956	2,70	0,970	1,86
<b>SV</b>	1,078	1,42	1,053	0,97	1,035	0,65
<b>VT</b>	1,072	1,79	1,049	1,20	1,032	0,80

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

local	$d = 1 m$		$d = 3 m$		$d = 5 m$	
	$\bar{x}$ (pu)	cv (%)	$\bar{x}$ (pu)	cv (%)	$\bar{x}$ (pu)	cv (%)
<b>BE</b>	1,075	1,51	1,041	0,53	1,025	0,32
<b>BH</b>	0,936	1,75	0,962	1,89	0,976	1,18
<b>BR</b>	0,902	1,99	0,932	2,88	0,957	1,82
<b>CG</b>	0,968	2,54	0,987	2,15	0,992	1,34
<b>CT</b>	0,925	1,46	0,948	1,99	0,967	1,25
<b>CV</b>	1,056	1,74	1,034	0,76	1,021	0,47
<b>FL</b>	1,036	2,07	1,023	1,2	1,014	0,74
<b>FZ</b>	1,058	1,85	1,035	0,75	1,021	0,46
<b>GL</b>	1,049	1,93	1,030	0,92	1,018	0,56
<b>KP</b>	0,946	2,01	0,967	2,17	0,979	1,36
<b>MN</b>	1,067	1,61	1,039	0,59	1,023	0,36
<b>MO</b>	1,041	1,65	1,028	0,78	1,017	0,48
<b>NT</b>	1,049	1,58	1,032	0,69	1,019	0,42
<b>PA</b>	1,025	1,92	1,015	1,27	1,009	0,78
<b>RF</b>	1,059	1,48	1,035	0,59	1,021	0,36
<b>RJ</b>	1,045	1,95	1,028	0,98	1,017	0,6
<b>SL</b>	1,067	1,57	1,039	0,57	1,023	0,34
<b>SP</b>	0,936	1,57	0,960	1,89	0,975	1,18
<b>SV</b>	1,059	1,66	1,035	0,69	1,021	0,42
<b>VT</b>	1,055	1,83	1,033	0,83	1,020	0,51

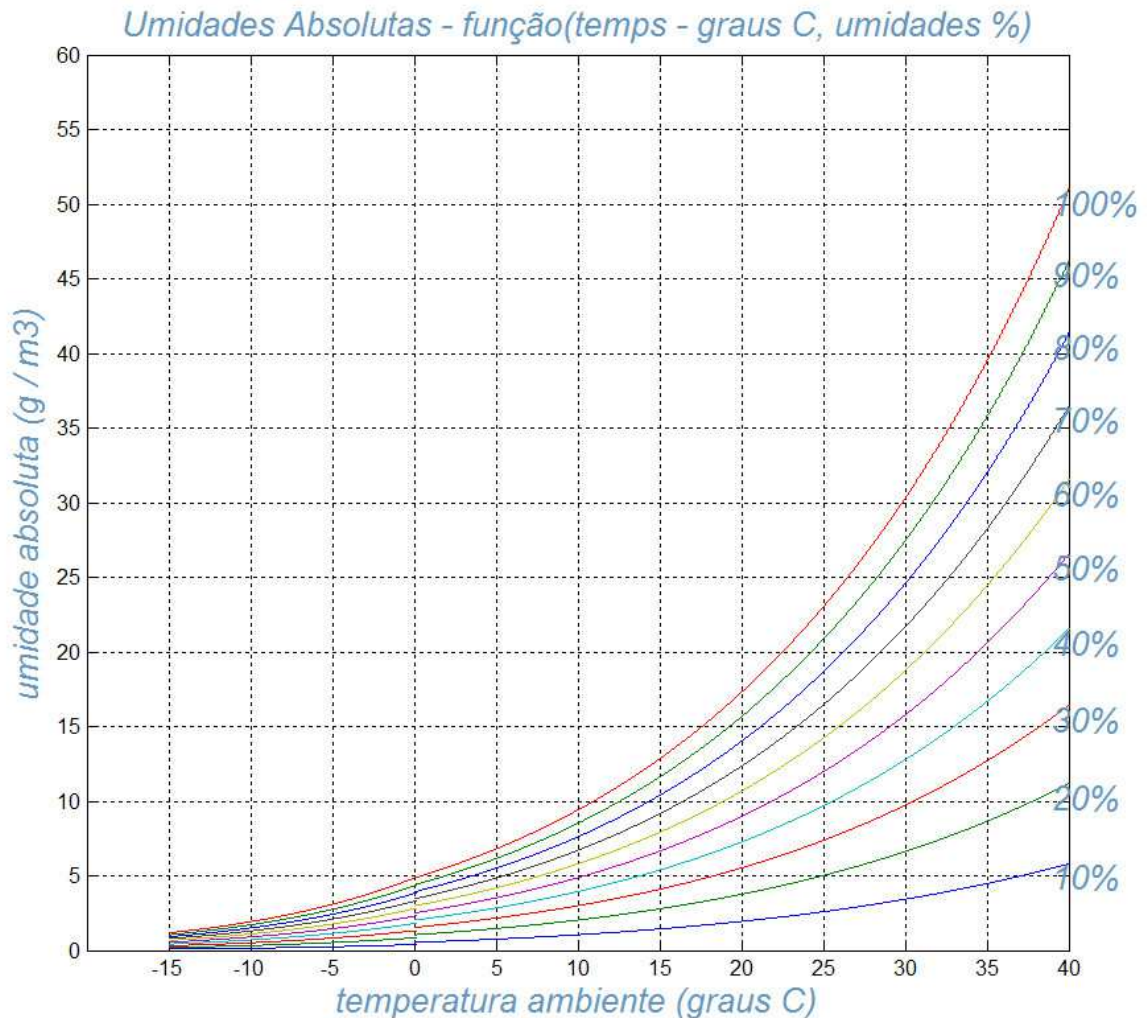


Figura 1.1 - Umidade absoluta do ar em função das leituras dos termômetros de bulbo seco e da umidade absoluta

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

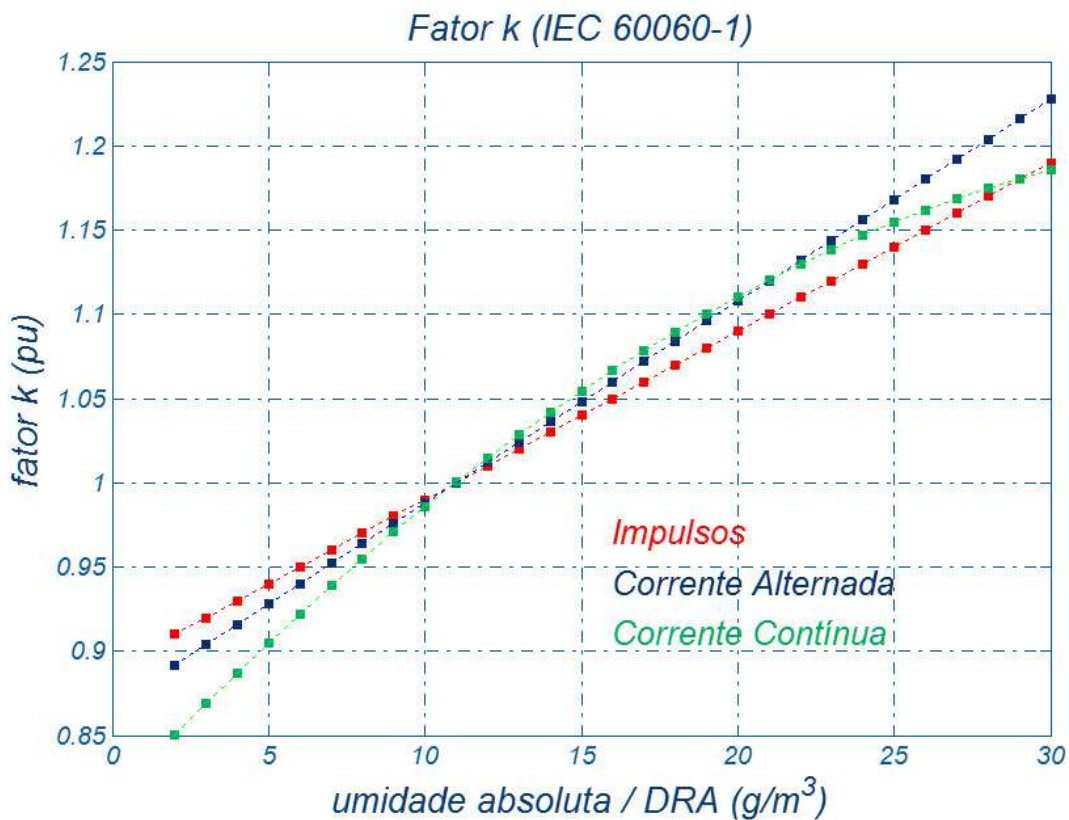


Figura 1.2 - Determinação do fator k em função de  $h / \delta (g / m^3)$  e do tipo de tensão (60 Hz, impulso ou CC)

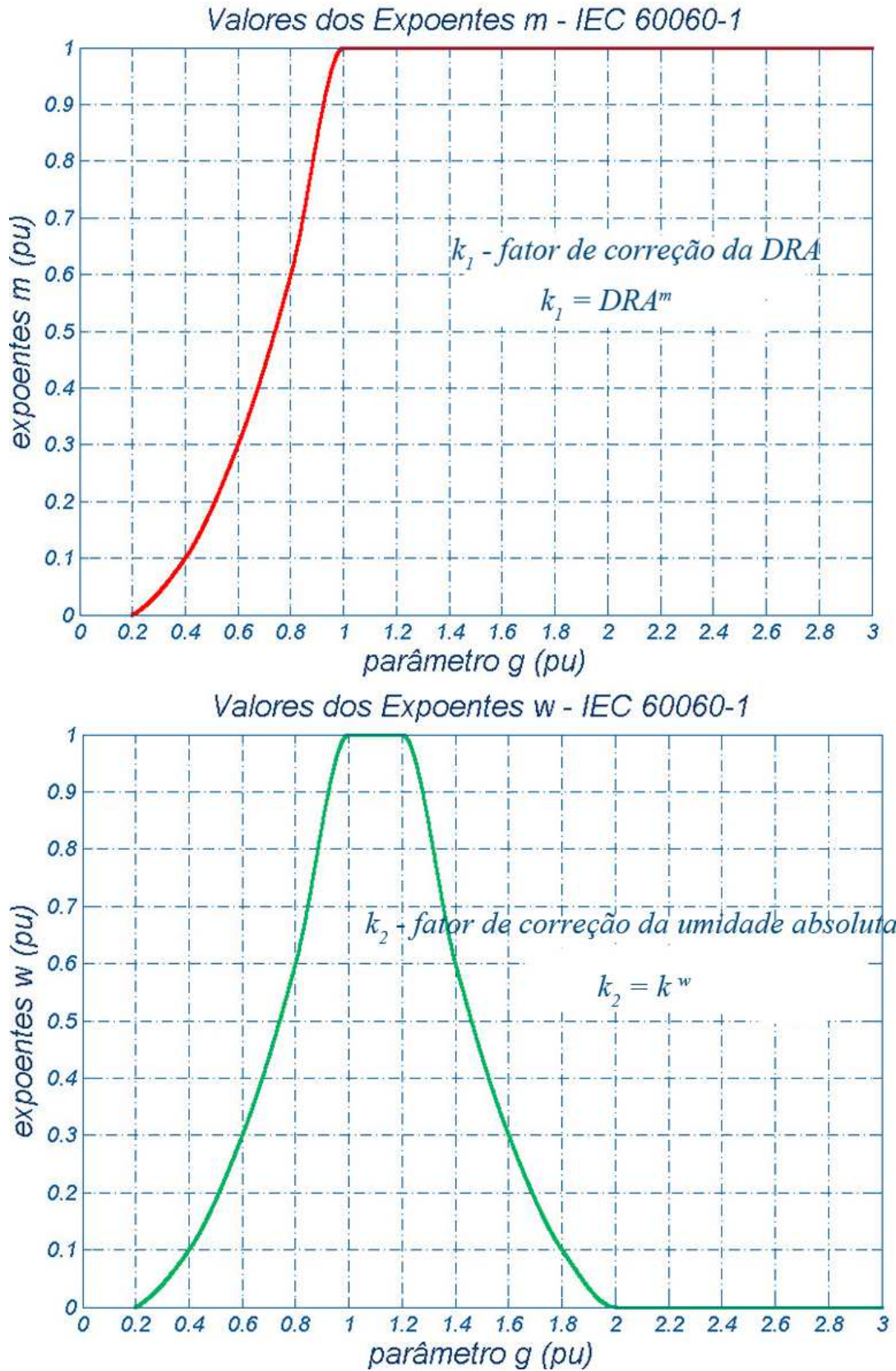


Figura 1.3 - Valores dos expoentes  $m$  para a DRA e  $w$  para a correção da umidade absoluta do ar, em função do parâmetro  $g$

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

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

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

$\delta$  - densidade relativa do ar (pu), ou DRA

$k$  - coeficiente obtido da Figura 1.2, acima

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

- tensões de frequência industrial

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

- sobretensões de frente lenta ou de manobra

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

$$K_g \text{ (fator de gape)} = 1,3^8$$

- sobretensões de frente rápida ou atmosféricas, polaridade positiva:

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

Os dados indicados nas Tabelas 1.1 a 1.3 foram determinados com base nas Figuras 1.1 a 1.3 e a metodologia adotada encontra-se detalhadamente descrita em [7 e 8]. Cabe aqui ressaltar que [1, 2, 3, 4 e 8] desempenharam um papel fundamental no equacionamento da DRA e dos FCAs para aplicação sistemática ao longo de linhas de transmissão, haja vista que as normas IEC que cuidam do assunto [3 e 6] foram originalmente desenvolvidas para aplicação em laboratórios de alta tensão.

Os trabalhos citados introduziram simplificações cabíveis que tornaram possível estender os conceitos normativos com fins laboratoriais para aplicações em linhas de transmissão, quando uma visão mais espacial sempre se faz necessária. Ainda com relação aos valores constantes das Tabelas 1.1 a 1.3, algumas considerações de simplificação tornam-se cabíveis, quando se leva em conta que a aplicação primordial, neste estudo, concentra-se em linhas de transmissão aéreas.

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

---

<sup>8</sup> detalhes em [6 e 8]

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

cidade	longitude (graus)	latitude (graus)	altitude (m)	$FCA_{60\text{ Hz}}^{\text{médio}}$ 1 m	$FCA_{60\text{ Hz}}^{\text{médio}}$ 3 m	$FCA_{60\text{ Hz}}^{\text{médio}}$ 5 m	$FCA_{60\text{ Hz}}^{\text{médio}}$ médio	erro (±%)
BE	48,48	1,38	16	1,091	1,062	1,041	1,065	2,35
BH	43,95	19,85	787	0,956	0,960	0,973	0,963	0,88
BR	47,92	15,87	1060	0,922	0,925	0,947	0,931	1,34
CG	54,67	20,47	558	0,993	0,992	0,994	0,993	0,05
CT	49,18	25,52	909	0,936	0,939	0,959	0,945	1,22
CV	39,25	17,28	3	1,074	1,050	1,033	1,052	1,95
FL	48,55	27,67	7	1,047	1,033	1,022	1,034	1,21
FZ	38,53	3,78	24	1,079	1,053	1,035	1,056	2,08
GL	43,25	22,83	9	1,066	1,045	1,030	1,047	1,72
KP	47,13	23,00	661	0,961	0,965	0,976	0,967	0,78
MN	59,98	3,15	83	1,087	1,059	1,039	1,062	2,26
MO	35,78	9,51	116	1,065	1,044	1,029	1,046	1,72
NT	35,25	5,92	49	1,072	1,049	1,032	1,051	1,90
PA	11,18	30,00	20	1,031	1,022	1,015	1,023	0,78
RF	34,92	8,13	10	1,079	1,053	1,035	1,056	2,08
RJ	43,15	22,92	5	1,062	1,042	1,028	1,044	1,63
SL	44,25	2,72	53	1,087	1,059	1,039	1,062	2,26
SP	46,65	23,17	805	0,951	0,956	0,970	0,959	0,99
SV	38,35	12,90	6	1,078	1,053	1,035	1,055	2,04
VT	40,30	20,30	60	1,072	1,049	1,032	1,051	1,90



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

cidade	longitude (graus)	latitude (graus)	altitude (m)	$FCA_{60\text{Hz}}^{99\%}$ (1 m)	$FCA_{60\text{Hz}}^{99\%}$ (3 m)	$FCA_{60\text{Hz}}^{99\%}$ (5 m)	$FCA_{60\text{Hz}}^{99\%}$ médio	erro (±%)
BE	48,48	1,38	16	1,067	1,045	1,030	1,05	1,74
BH	43,95	19,85	787	0,895	0,900	0,932	0,91	2,01
BR	47,92	15,87	1060	0,850	0,846	0,886	0,86	2,11
CG	54,67	20,47	558	0,908	0,921	0,946	0,92	2,03
CT	49,18	25,52	909	0,877	0,876	0,914	0,89	2,04
CV	39,25	17,28	3	1,034	1,024	1,016	1,02	0,89
FL	48,55	27,67	7	0,981	0,988	0,992	0,99	0,60
FZ	38,53	3,78	24	1,043	1,029	1,019	1,03	1,15
GL	43,25	22,83	9	1,016	1,012	1,009	1,01	0,37
KP	47,13	23,00	661	0,891	0,896	0,928	0,91	2,06
MN	59,98	3,15	83	1,060	1,040	1,027	1,04	1,58
MO	35,78	9,51	116	1,026	1,019	1,012	1,02	0,64
NT	35,25	5,92	49	1,038	1,027	1,017	1,03	1,00
PA	11,18	30,00	20	0,964	0,976	0,984	0,97	1,03
RF	34,92	8,13	10	1,050	1,033	1,022	1,04	1,35
RJ	43,15	22,92	5	1,009	1,008	1,005	1,01	0,19
SL	44,25	2,72	53	1,062	1,041	1,028	1,04	1,64
SP	46,65	23,17	805	0,892	0,896	0,928	0,91	1,97
SV	38,35	12,90	6	1,042	1,029	1,019	1,03	1,12
VT	40,30	20,30	60	1,027	1,020	1,013	1,02	0,71

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

cidade	longitude (graus)	latitude (graus)	altitude (m)	$FCA_{imp}^{médio}$ (1 m)	$FCA_{imp}^{médio}$ (3 m)	$FCA_{imp}^{médio}$ (5 m)	$FCA_{imp}^{médio}$ médio	erro (±%)
BE	48,48	1,38	16	1,075	1,041	1,025	1,047	2,39
BH	43,95	19,85	787	0,936	0,962	0,976	0,958	2,09
BR	47,92	15,87	1060	0,902	0,932	0,957	0,930	2,96
CG	54,67	20,47	558	0,968	0,987	0,992	0,982	1,22
CT	49,18	25,52	909	0,925	0,948	0,967	0,947	2,22
CV	39,25	17,28	3	1,056	1,034	1,021	1,037	1,69
FL	48,55	27,67	7	1,036	1,023	1,014	1,024	1,07
FZ	38,53	3,78	24	1,058	1,035	1,021	1,038	1,78
GL	43,25	22,83	9	1,049	1,030	1,018	1,032	1,50
KP	47,13	23,00	661	0,946	0,967	0,979	0,964	1,71
MN	59,98	3,15	83	1,067	1,039	1,023	1,043	2,11
MO	35,78	9,51	116	1,041	1,028	1,017	1,029	1,17
NT	35,25	5,92	49	1,049	1,032	1,019	1,033	1,45
PA	11,18	30,00	20	1,025	1,015	1,009	1,016	0,79
RF	34,92	8,13	10	1,059	1,035	1,021	1,038	1,83
RJ	43,15	22,92	5	1,045	1,028	1,017	1,030	1,36
SL	44,25	2,72	53	1,067	1,039	1,023	1,043	2,11
SP	46,65	23,17	805	0,936	0,960	0,975	0,957	2,04
SV	38,35	12,90	6	1,059	1,035	1,021	1,038	1,83
VT	40,30	20,30	60	1,055	1,033	1,020	1,036	1,69

**Tabela 1.7 - Valores médios de  $FCA_{imp}^{90\%}$  para  $d = 1, 3$  e  $5$  m e os erros referidos a  $3$  m**

cidade	longitude (graus)	latitude (graus)	altitude (m)	$FCA_{imp}^{90\%}$ (1 m)	$FCA_{imp}^{90\%}$ (3 m)	$FCA_{imp}^{90\%}$ (5 m)	$FCA_{imp}^{90\%}$ médio	erro ( $\pm\%$ )
BE	48,48	1,38	16	1,0542	1,0339	1,0228	1,0370	1,51
BH	43,95	19,85	787	0,9150	0,9387	0,9475	0,9337	1,74
BR	47,92	15,87	1060	0,8790	0,8976	0,8899	0,8889	0,61
CG	54,67	20,47	558	0,9365	0,9598	0,9551	0,9505	0,98
CT	49,18	25,52	909	0,9077	0,9239	0,9352	0,9222	1,49
CV	39,25	17,28	3	1,0325	1,0239	1,0164	1,0243	0,78
FL	48,55	27,67	7	1,0086	1,0073	1,0026	1,0062	0,29
FZ	38,53	3,78	24	1,0329	1,0251	1,0166	1,0249	0,80
GL	43,25	22,83	9	1,0231	1,0179	1,0114	1,0175	0,57
KP	47,13	23,00	661	0,9217	0,9401	0,9412	0,9343	1,05
MN	59,98	3,15	83	1,0450	1,0312	1,0203	1,0321	1,20
MO	35,78	9,51	116	1,0190	1,0177	1,0122	1,0163	0,33
NT	35,25	5,92	49	1,0278	1,0229	1,0153	1,0220	0,61
PA	11,18	30,00	20	0,9998	0,9985	0,9963	0,9982	0,17
RF	34,92	8,13	10	1,0389	1,0272	1,0183	1,0281	1,00
RJ	43,15	22,92	5	1,0189	1,0151	1,0095	1,0145	0,47
SL	44,25	2,72	53	1,0456	1,0314	1,0205	1,0325	1,21
SP	46,65	23,17	805	0,9172	0,9368	0,9465	0,9335	1,57
SV	38,35	12,90	6	1,0365	1,0259	1,0173	1,0265	0,94
VT	40,30	20,30	60	1,0303	1,0220	1,0146	1,0223	0,77

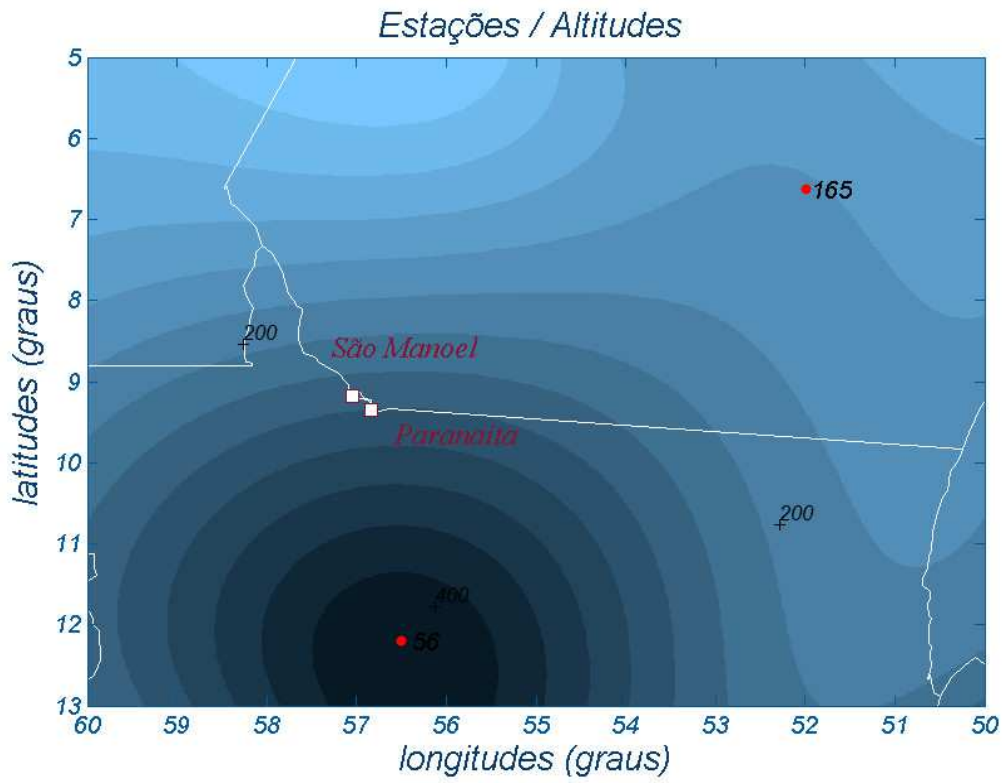
Em conseqüência, é possível que se faça uso dos valores de FCA no entorno de  $3$  m, com erros médios de  $1,56\%$ ,  $1,31\%$  e  $1,75\%$  respectivamente para  $FCA_{60Hz}^{médio}$ ,  $FCA_{60Hz}^{99\%}$  e  $FCA_{imp}^{médio}$ , e aplicáveis na faixa de  $1$  a  $5$  m de comprimento de gaps em ar sem comprometimento da precisão.

## Anexo 2 Características das estações do INMET

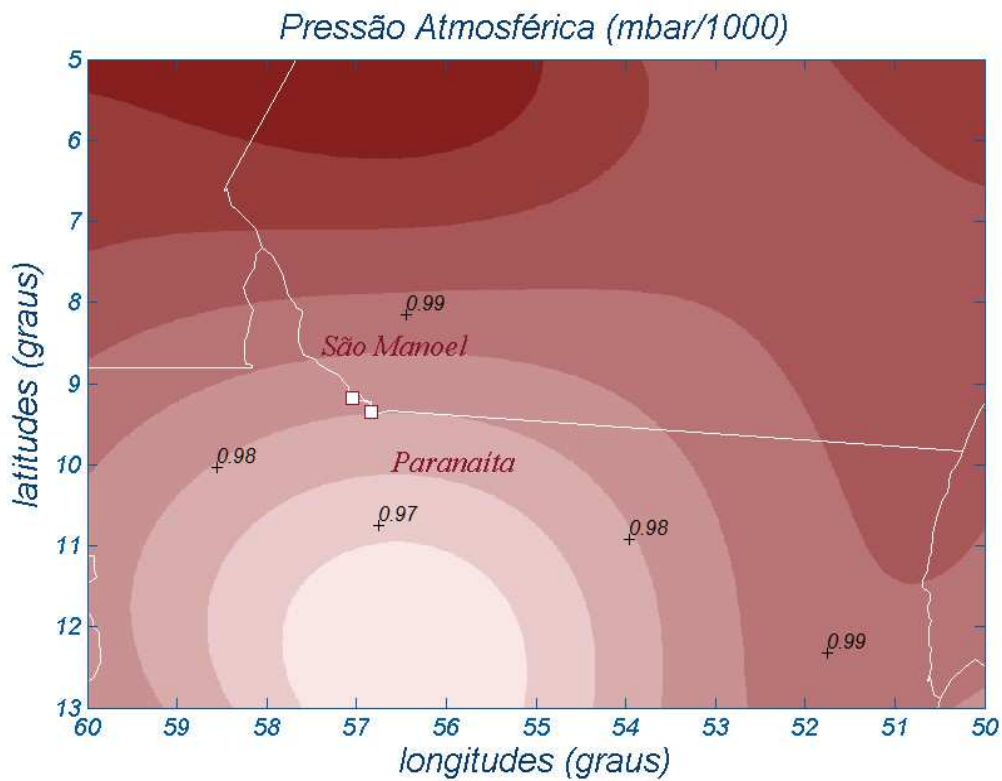
Tabela 2 - Características das estações meteorológicas

<i>número no mapa</i>	<i>cidade</i>	<i>longitude (graus)</i>	<i>latitude (graus)</i>	<i>altitude (km)</i>
56	Cidade Vera	56.50	12.20	415
165	S Félix do Xingu	51.98	6.63	150

Anexo 3 Distribuição espacial das estações e altitudes

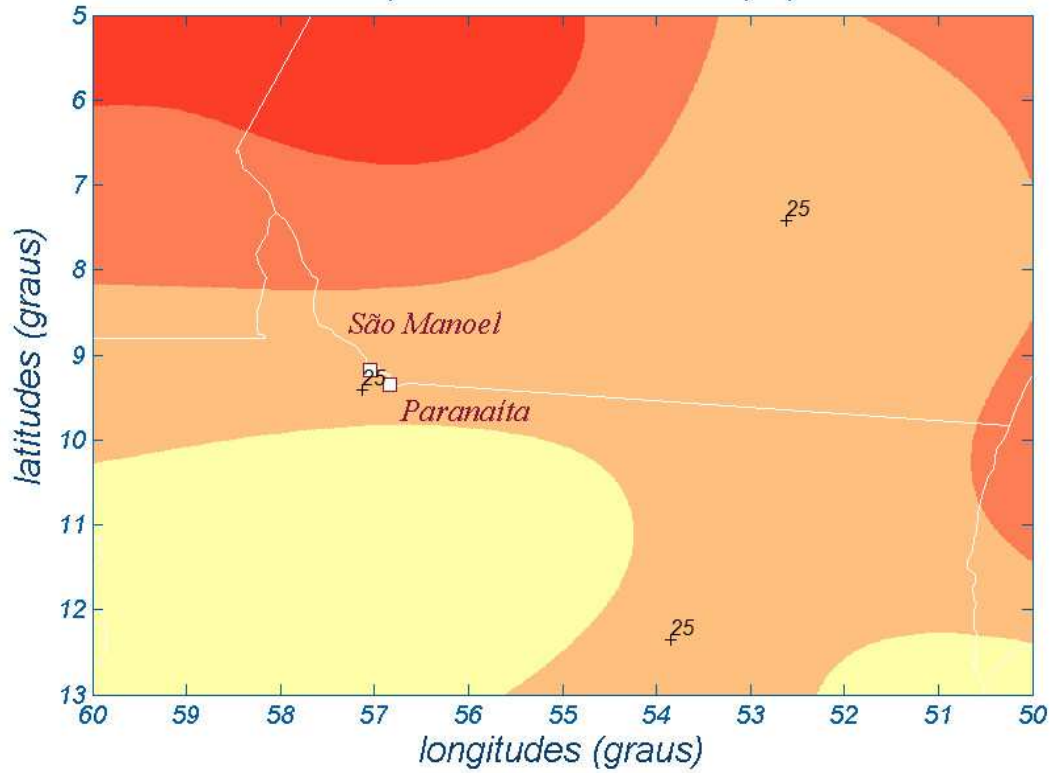


Anexo 4 Mapa das pressões atmosféricas

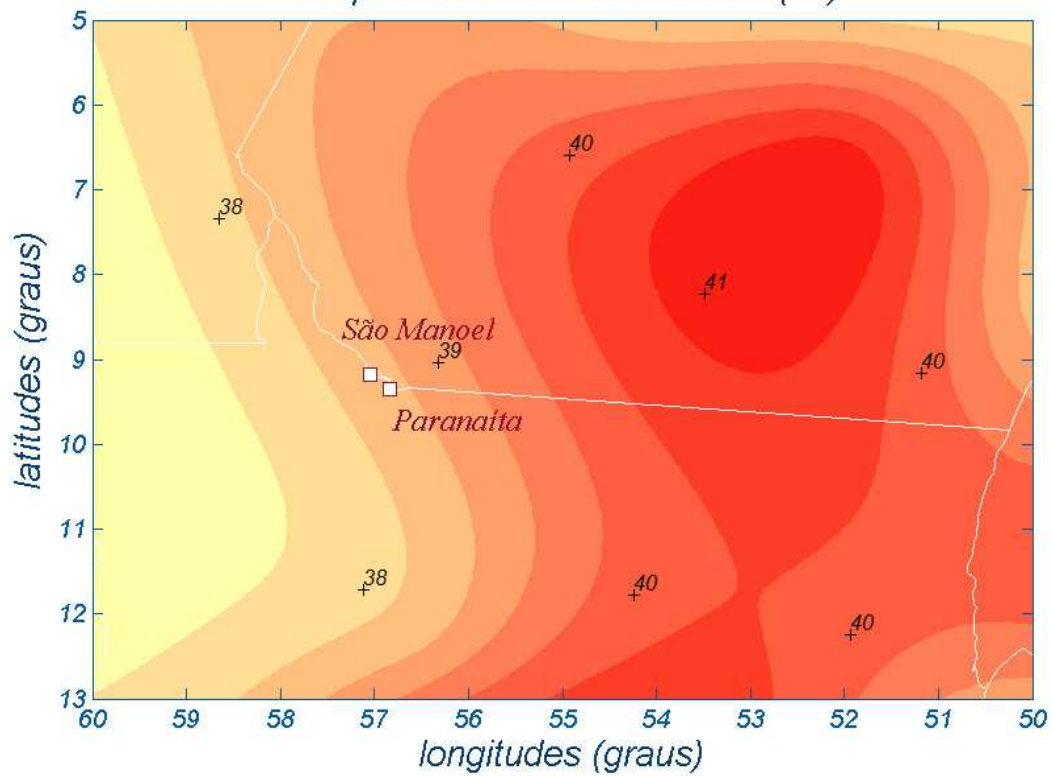


Anexo 5 Mapas das temperaturas ambientes

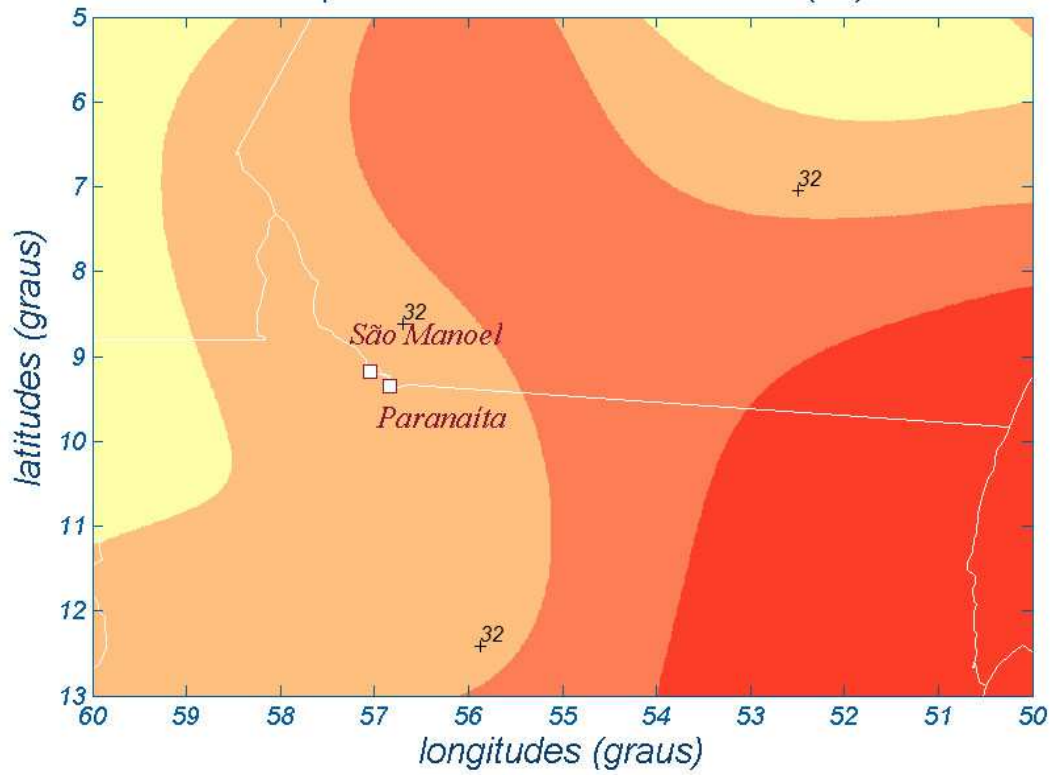
Temperatura Média Anual (°C)



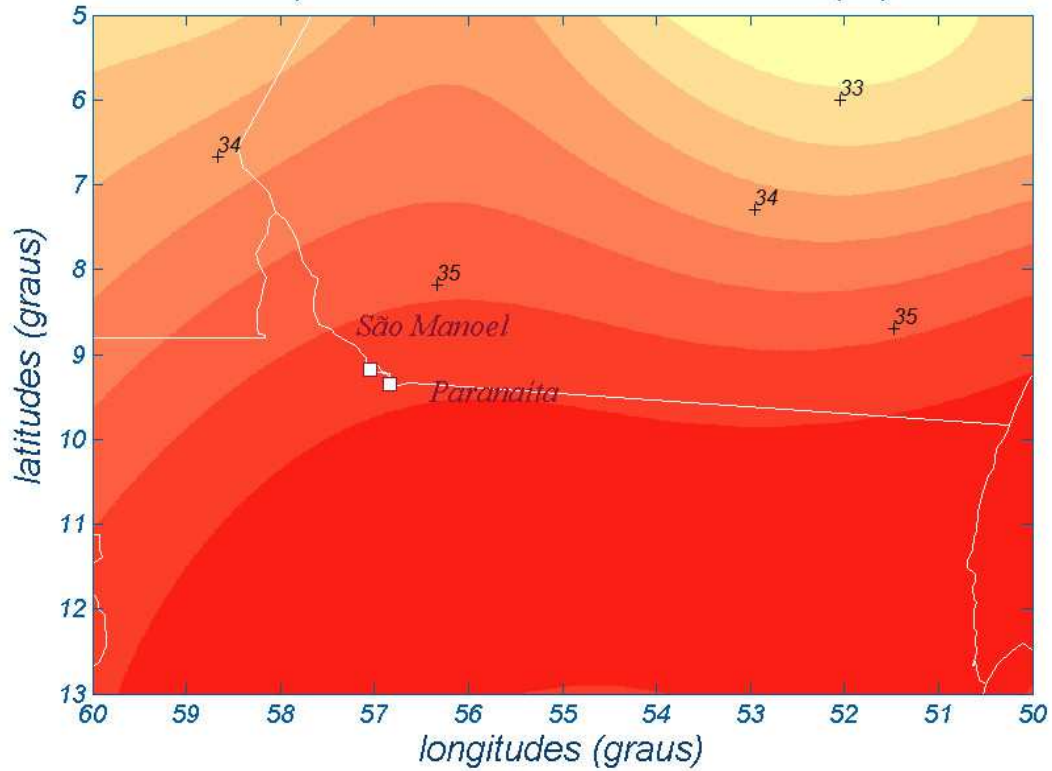
Temperatura Máxima Absoluta (°C)

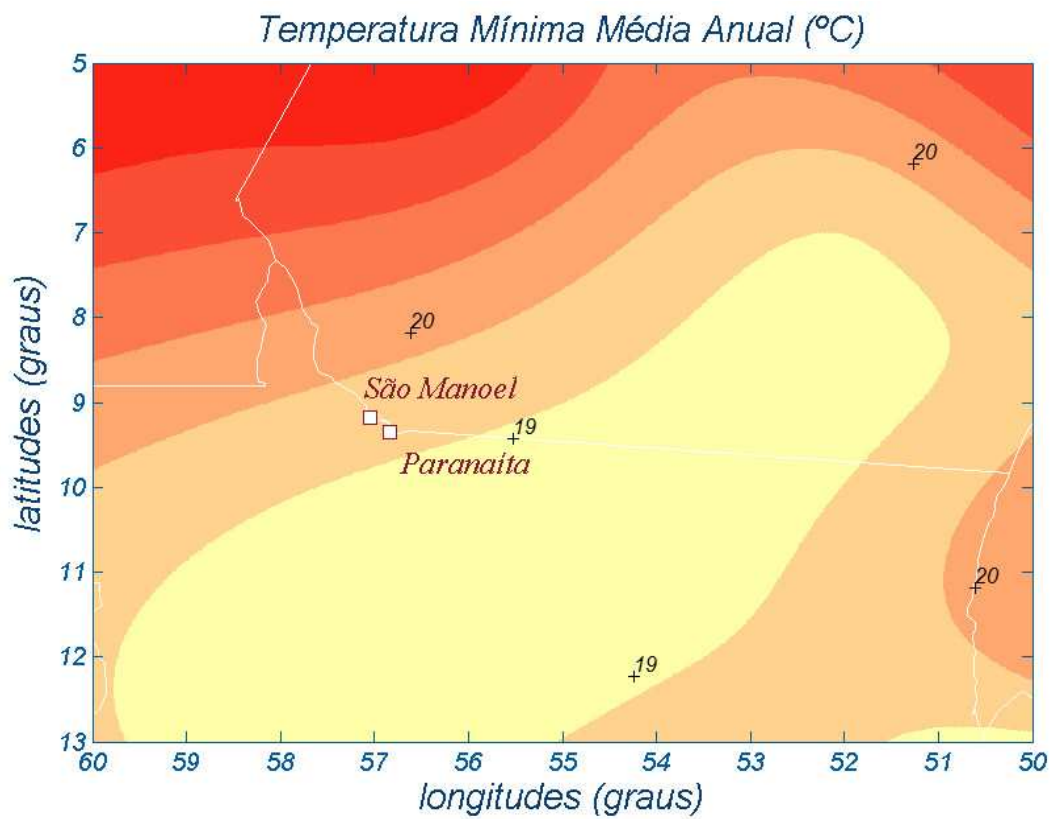
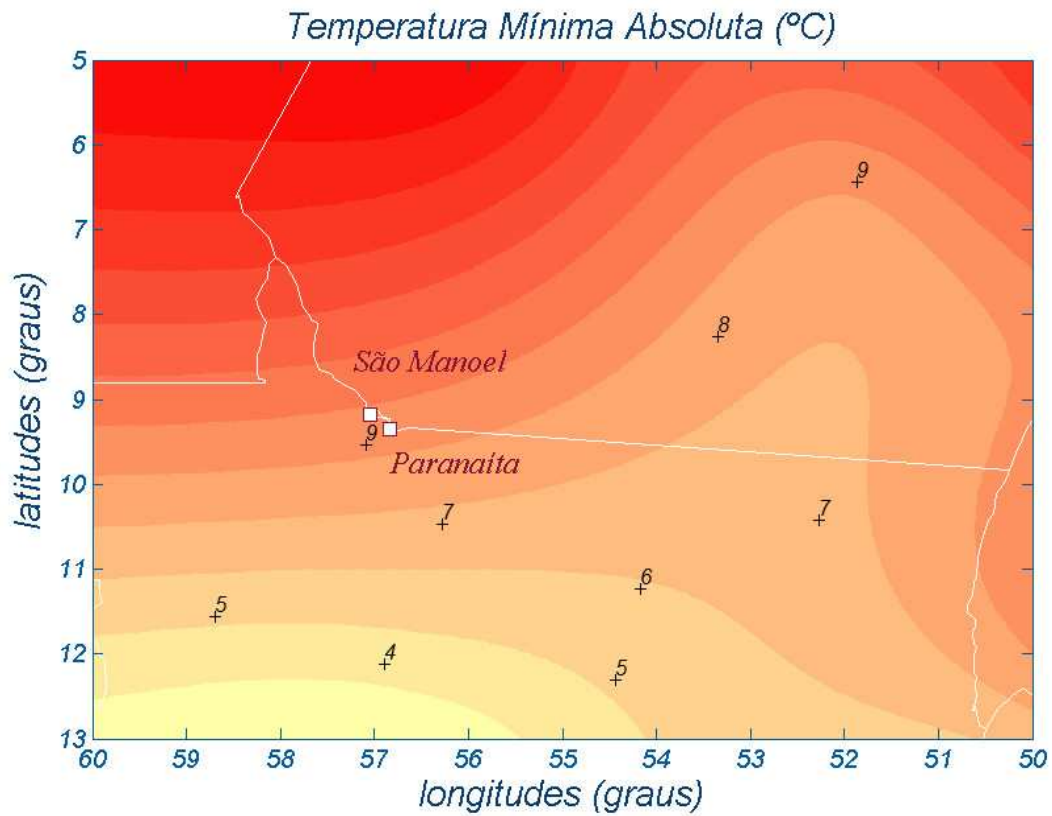


Temperatura Máxima Média Anual (°C)

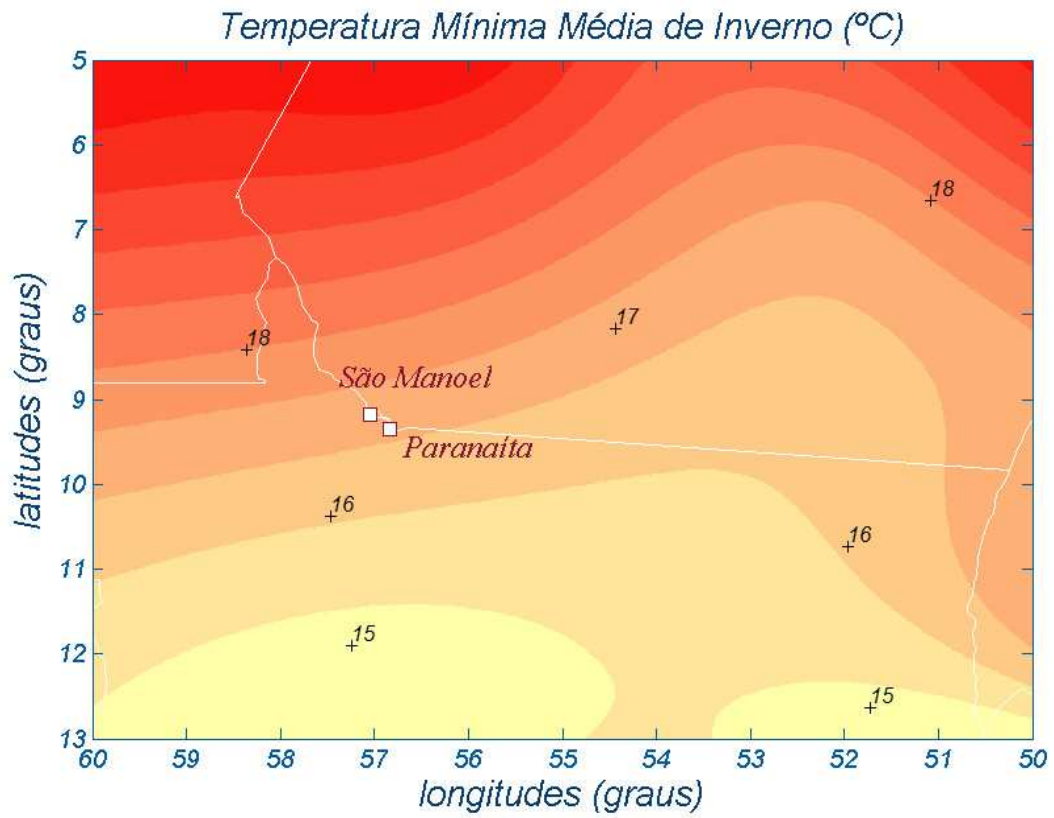


Temperatura Máxima Média de Verão (°C)

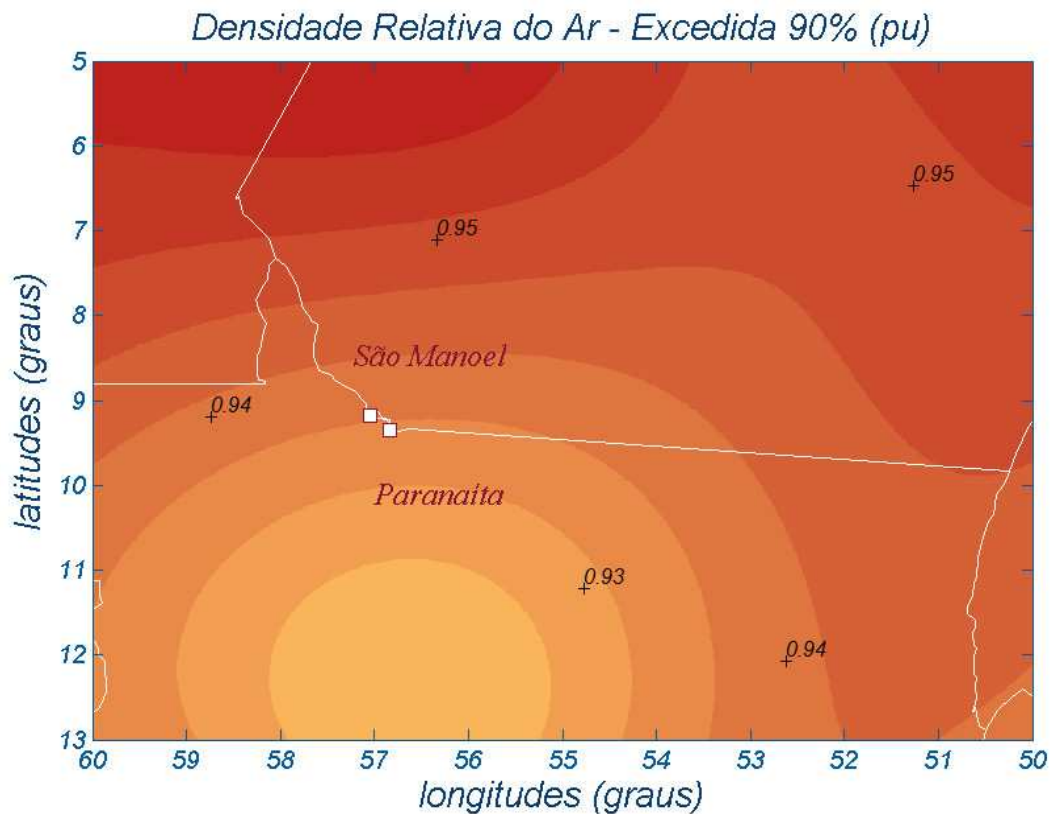
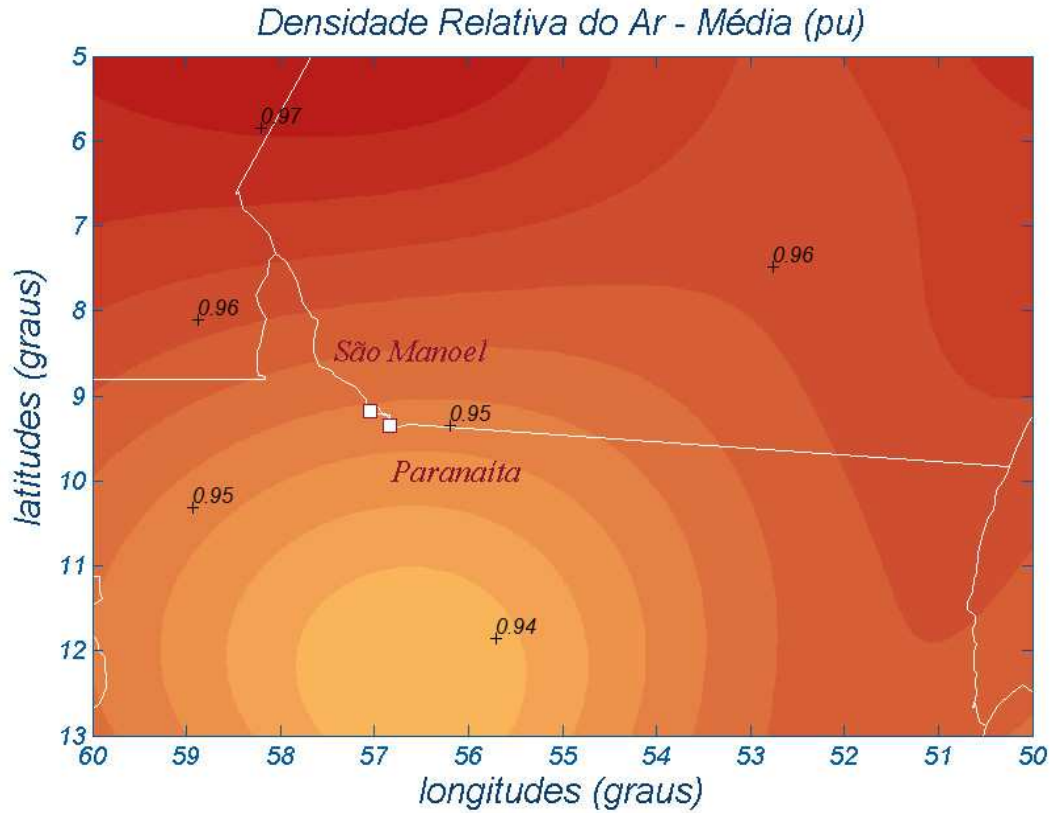






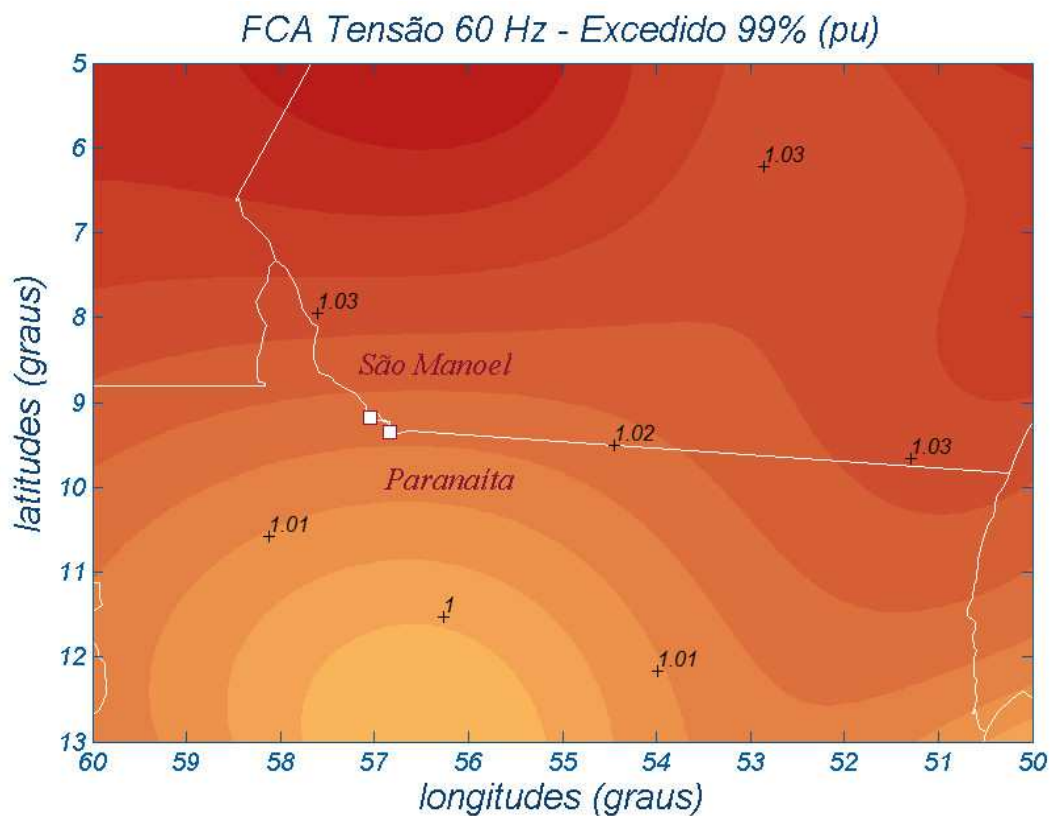
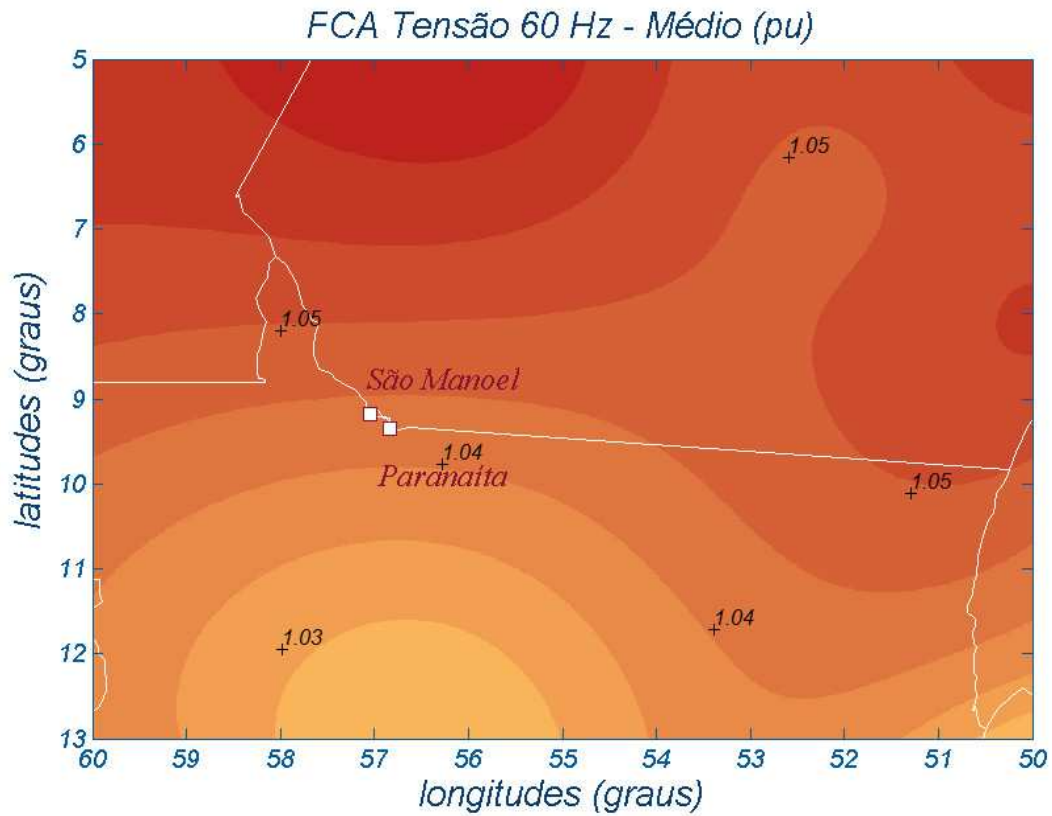


Anexo 6 Mapas das densidades relativas do ar e de “tempo - ruim”

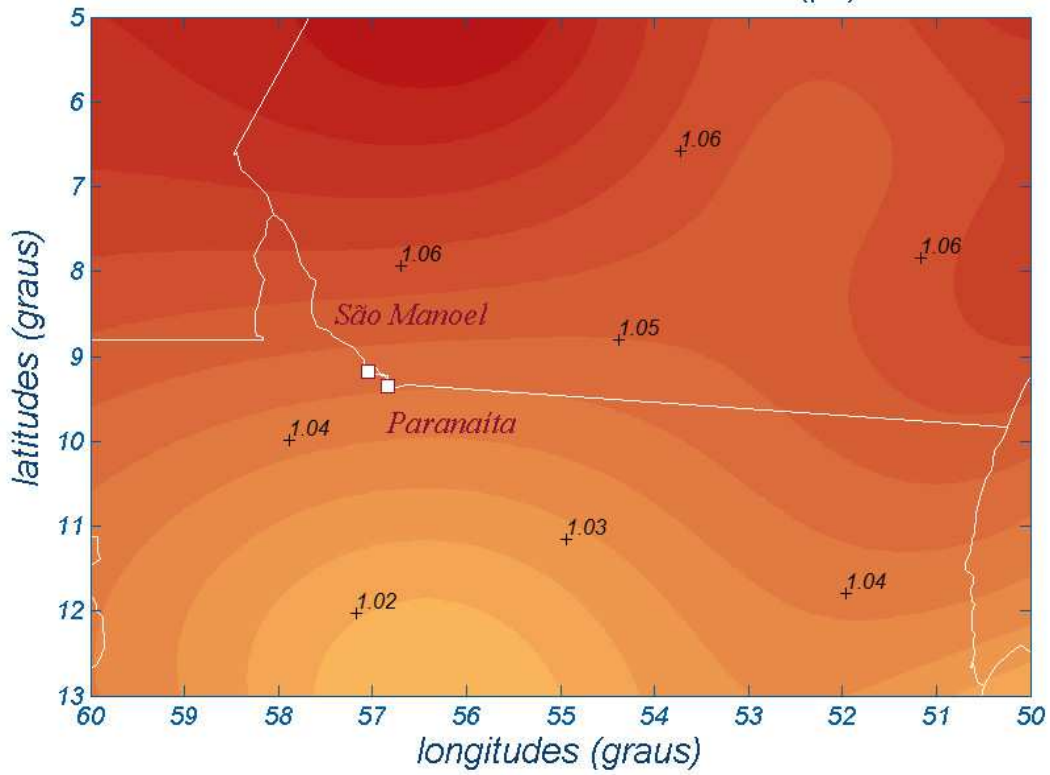


Anexo 7

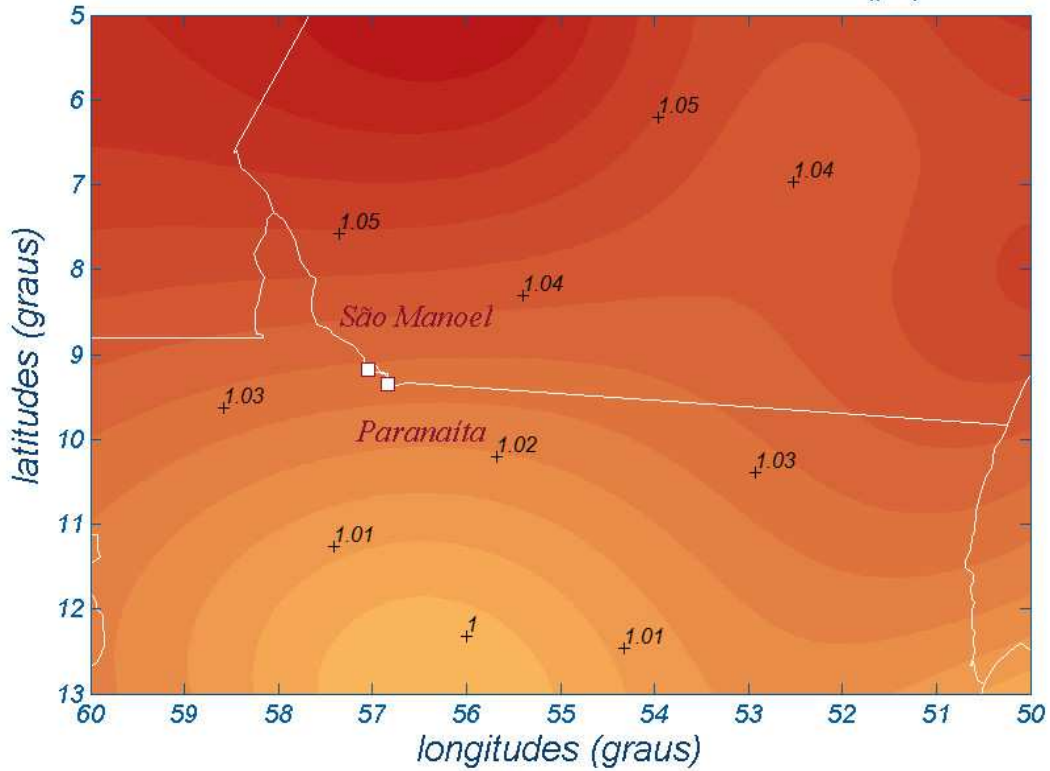
Mapas dos fatores de correção atmosféricos



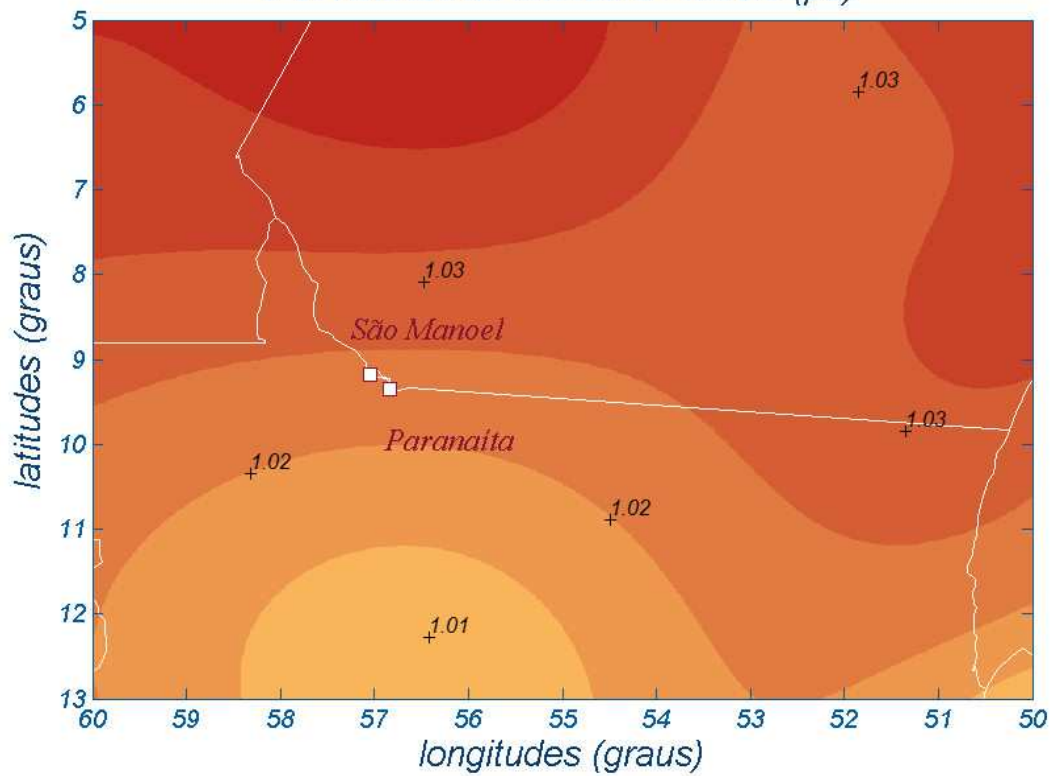
FCA Surtos Atmosféricos - Médio (pu)



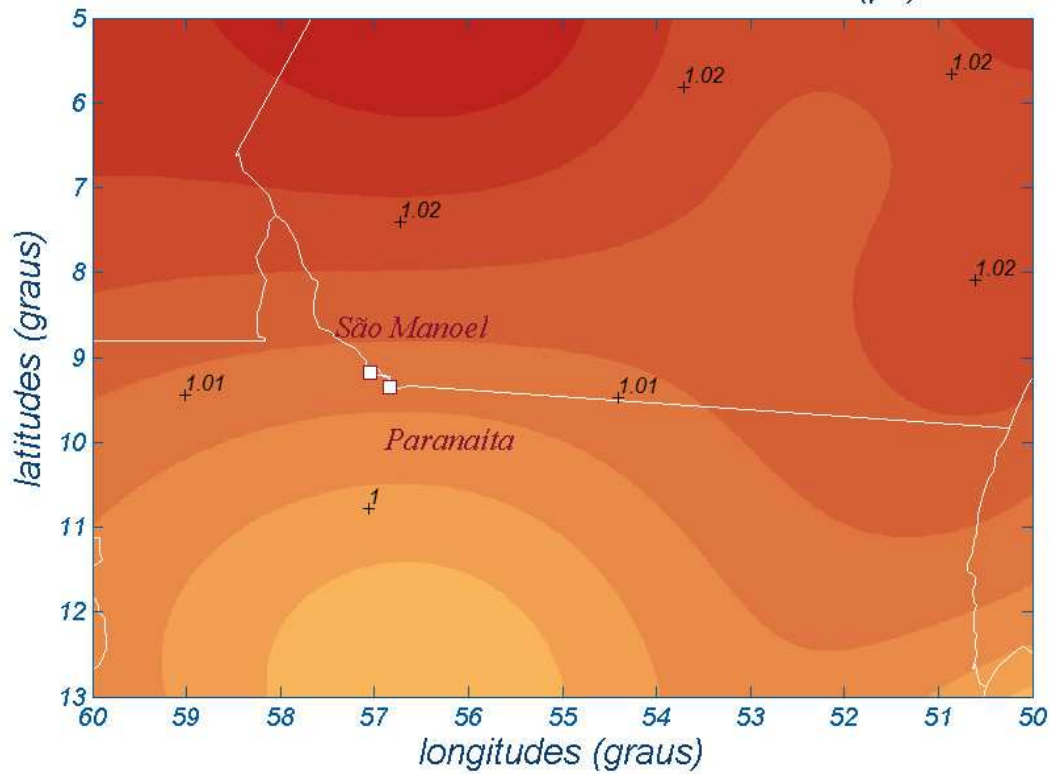
FCA Surtos Atmosféricos - Excedido 90% (pu)



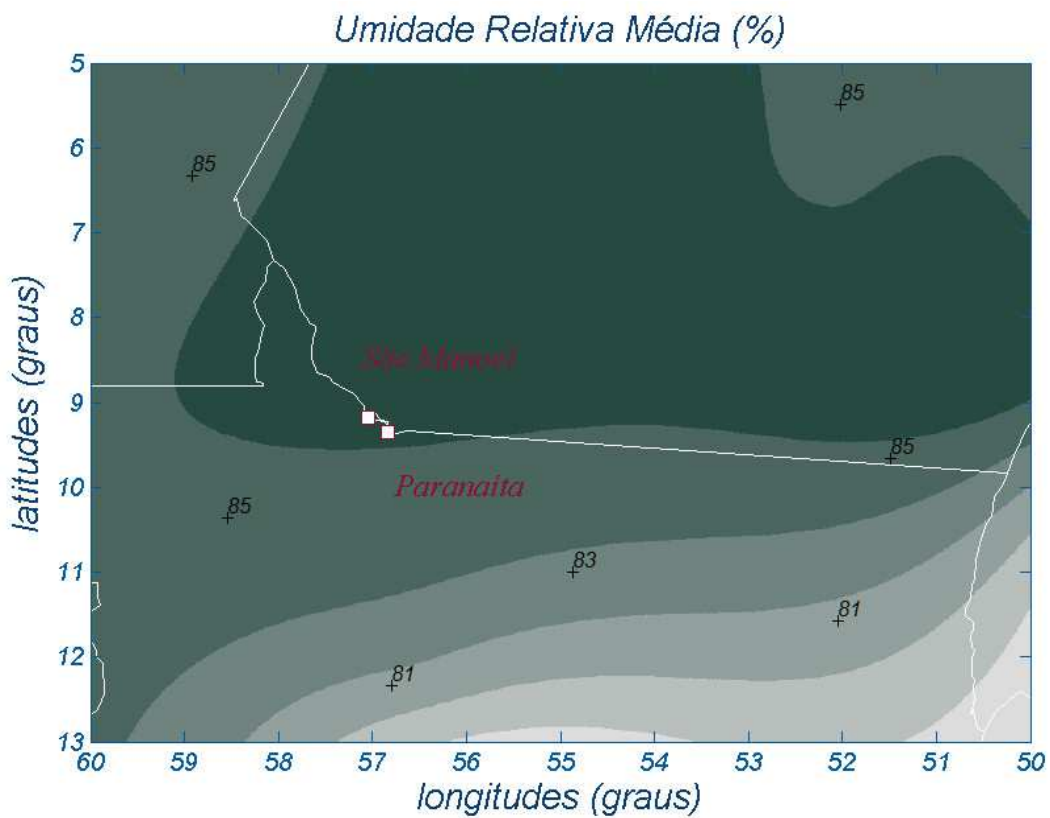
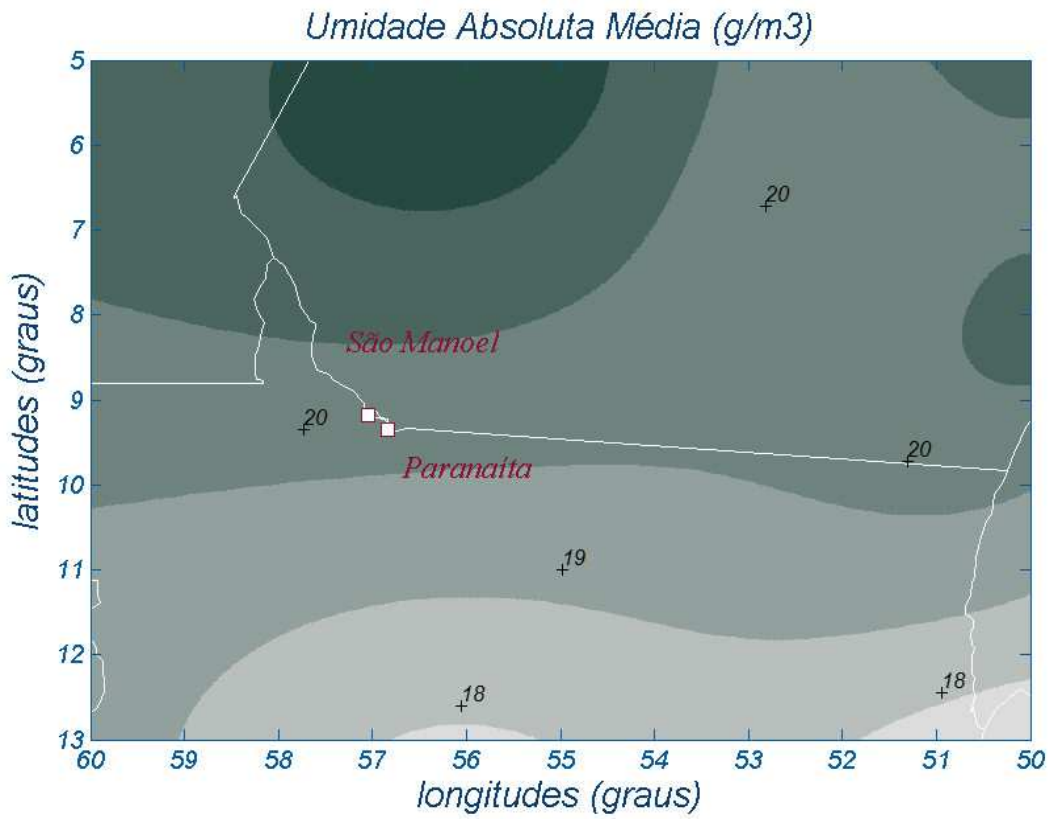
FCA Surtos de Manobra - Médio (pu)



FCA Surtos de Manobra - Excedido 90% (pu)



Anexo 8 Mapas das umidades do ar





São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN  
CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

utc  
engenharia

LEME  
ENGENHARIA

---

## **LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA**

PROJETO BÁSICO

CAPÍTULO 4

DIRETRIZ PRELIMINAR DO TRAÇADO

---



## CONTEÚDO

1. INTRODUÇÃO
2. SAÍDA E CHEGADA DAS LTS
  - 2.1 Saída da LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA na UHE
  - 2.2 Chegada da LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA na SE Paranaíta
3. DIRETRIZ PRELIMINAR DO TRAÇADO
4. FAIXA DE SERVIDÃO DAS LTS

ANEXO 1 – DIRETRIZ DO TRAÇADO SELECIONADO





## DIRETRIZ PRELIMINAR DO TRAÇADO

### 1. INTRODUÇÃO

A diretriz preliminar do traçado da LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA foi concebida a partir de estudos realizados em imagens de satélite e mapas. A diretriz do traçado desta LT foi definida objetivando o menor percurso, o apoio em áreas de topografia plano-ondulada e o aproveitamento dos acessos existentes, visando mitigar os impactos ambientais decorrentes da implantação da futura LT. A diretriz preliminar para a LT 500 kV encontra-se em plantas anexas a este capítulo, sendo que a definição final do traçado será feita quando da sua implantação no campo. A extensão para a diretriz preliminar selecionada é de aproximadamente 40 km para a referida LT.

### 2. SAÍDA E CHEGADA DAS LTS

#### 2.1 Saída da LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA na UHE

A saída da LT na UHE tem coordenadas aproximadas UTM E 494.520,89 e N 8.984.567,72, considerado o Km zero da LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA.

#### 2.2 Chegada da LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA na SE Paranaíta

A chegada na SE Paranaíta será implantada no município de Paranaíta, estando seu pórtico situado nas coordenadas aproximadas de E 517.231,59 e N 8.966.593,00 considerado o Km 40 da LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA.

### 3. DIRETRIZ PRELIMINAR DO TRAÇADO

A diretriz do traçado selecionado para a LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA está indicada no mapa do Anexo 1.

### 4. FAIXA DE SERVIDÃO DAS LTS

A largura da faixa de servidão será de 75 m, para toda a extensão da UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA, considerando 37,5 m para cada lado do eixo da LT. A definição da largura de faixa de servidão da UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA é apresentada no capítulo 13 deste documento.



São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN  
CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

utc  
engenharia

LEME  
ENGENHARIA

---

## **LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA**

PROJETO BÁSICO

CAPÍTULO 4

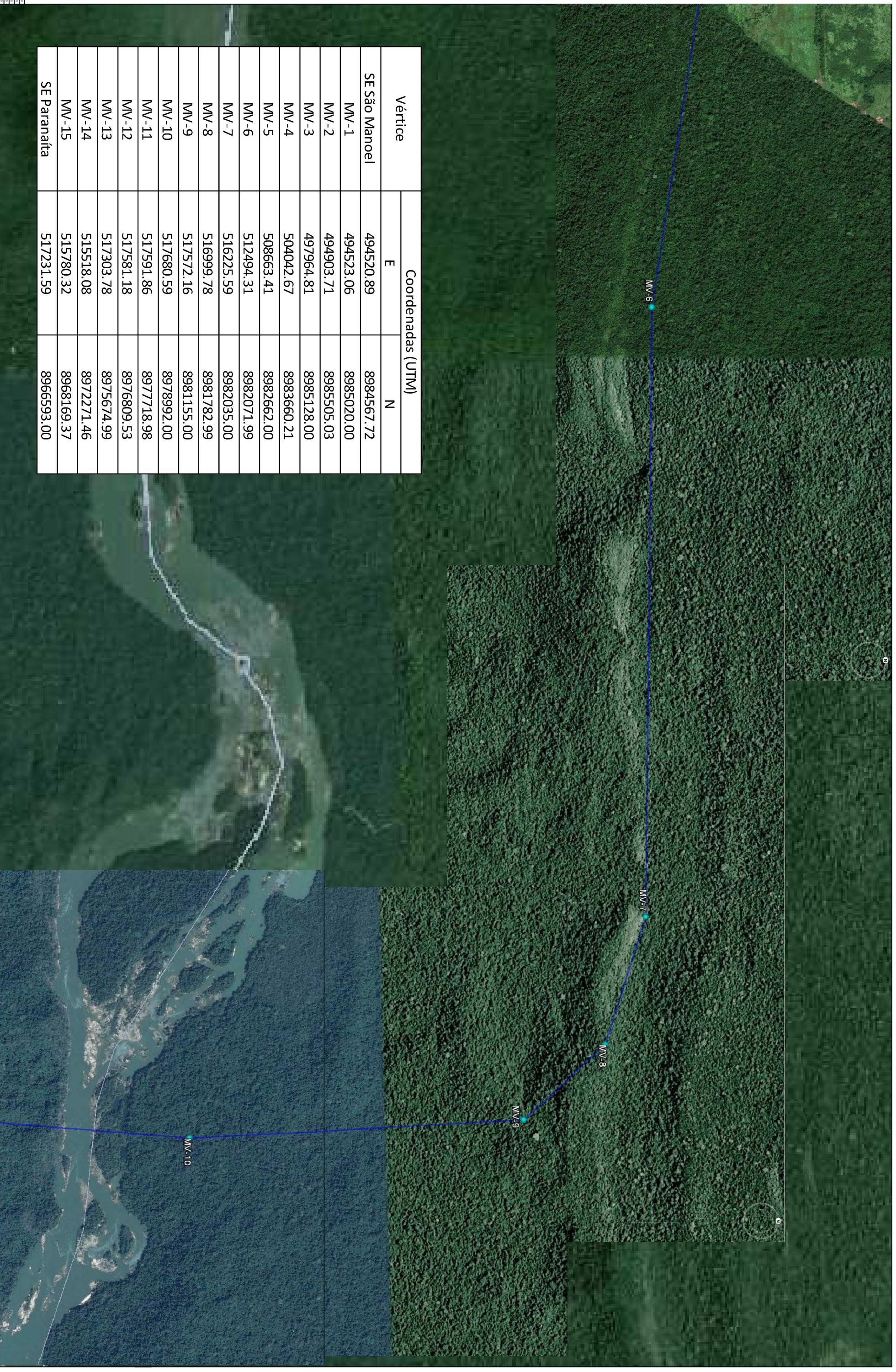
ANEXO 1

DIRETRIZ PRELIMINAR DO TRAÇADO

---







Vértice	Coordenadas (UTM)	
	E	N
SE São Manoel	494520.89	8984567.72
MV-1	494523.06	8985020.00
MV-2	494903.71	8985505.03
MV-3	497964.81	8985128.00
MV-4	504042.67	8983660.21
MV-5	508663.41	8982662.00
MV-6	512494.31	8982071.99
MV-7	516225.59	8982035.00
MV-8	516999.78	8981782.99
MV-9	517572.16	8981155.00
MV-10	517680.59	8978992.00
MV-11	517591.86	8977718.98
MV-12	517581.18	8976809.53
MV-13	517303.78	8975674.99
MV-14	515518.08	8972271.46
MV-15	515780.32	8968169.37
SE Paranaíta	517231.59	8966593.00

Notas :  
1 - Sistema de coordenadas SIRGAS 2000

0	09/10/14	CHAMAS	JPPRS	HVCS
		Emissão Final		
	DATA	ELAB.	VISTO	APROV.
REVISÃO				

**TRACTEBEL Engineering**  
GDF S.A. SCS

LEME  
PROJETO EXECUTIVO

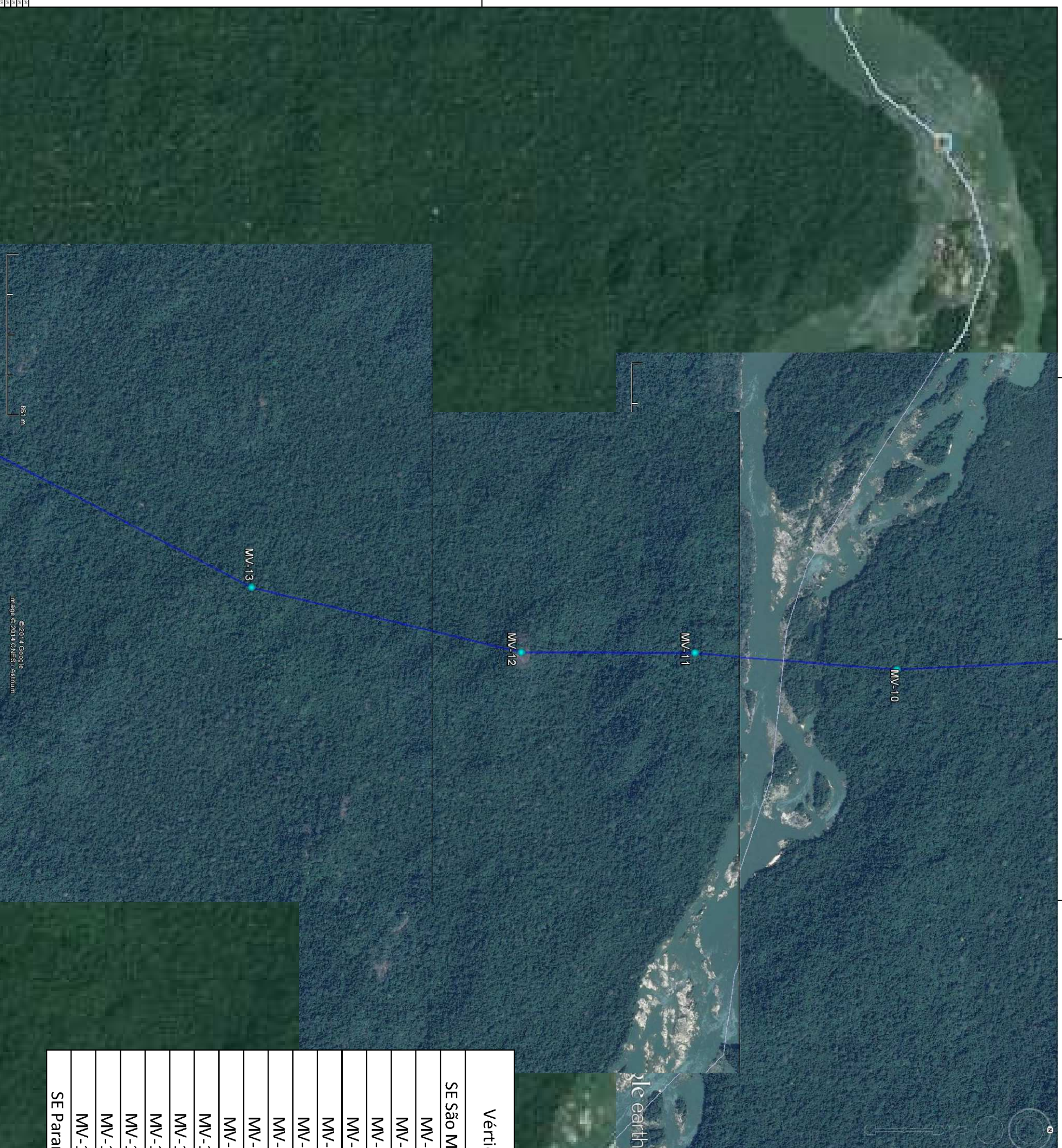
ELAB.	VERIF.	APROV.
CHAMAS	JPPRS	HVCS
RESP.TEC.	N.º ORDE	DATA
EN	1404/11/10	09/10/2014

**CONSTRAN**  
Grupo Energia  
Constri

LT 500KV UHE SÃO MANOEL - PARANAÍTA

PLANTA DO TRACADO

PRZC: 0006  
SVC: 00



Vértice	Coordenadas (UTM)	
	E	N
SE São Manoel	494520.89	8984567.72
MV-1	494523.06	8985020.00
MV-2	494903.71	8985505.03
MV-3	497964.81	8985128.00
MV-4	504042.67	8983660.21
MV-5	508663.41	8982662.00
MV-6	512494.31	8982071.99
MV-7	516225.59	8982035.00
MV-8	516999.78	8981782.99
MV-9	517572.16	8981155.00
MV-10	517680.59	8978992.00
MV-11	517591.86	8977718.98
MV-12	517581.18	8976809.53
MV-13	517303.78	8975674.99
MV-14	515518.08	8972271.46
MV-15	515780.32	8968169.37
SE Paranaitá	517231.59	8966593.00

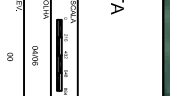
Notas:  
1 - Sistema de coordenadas SIRGAS 2000

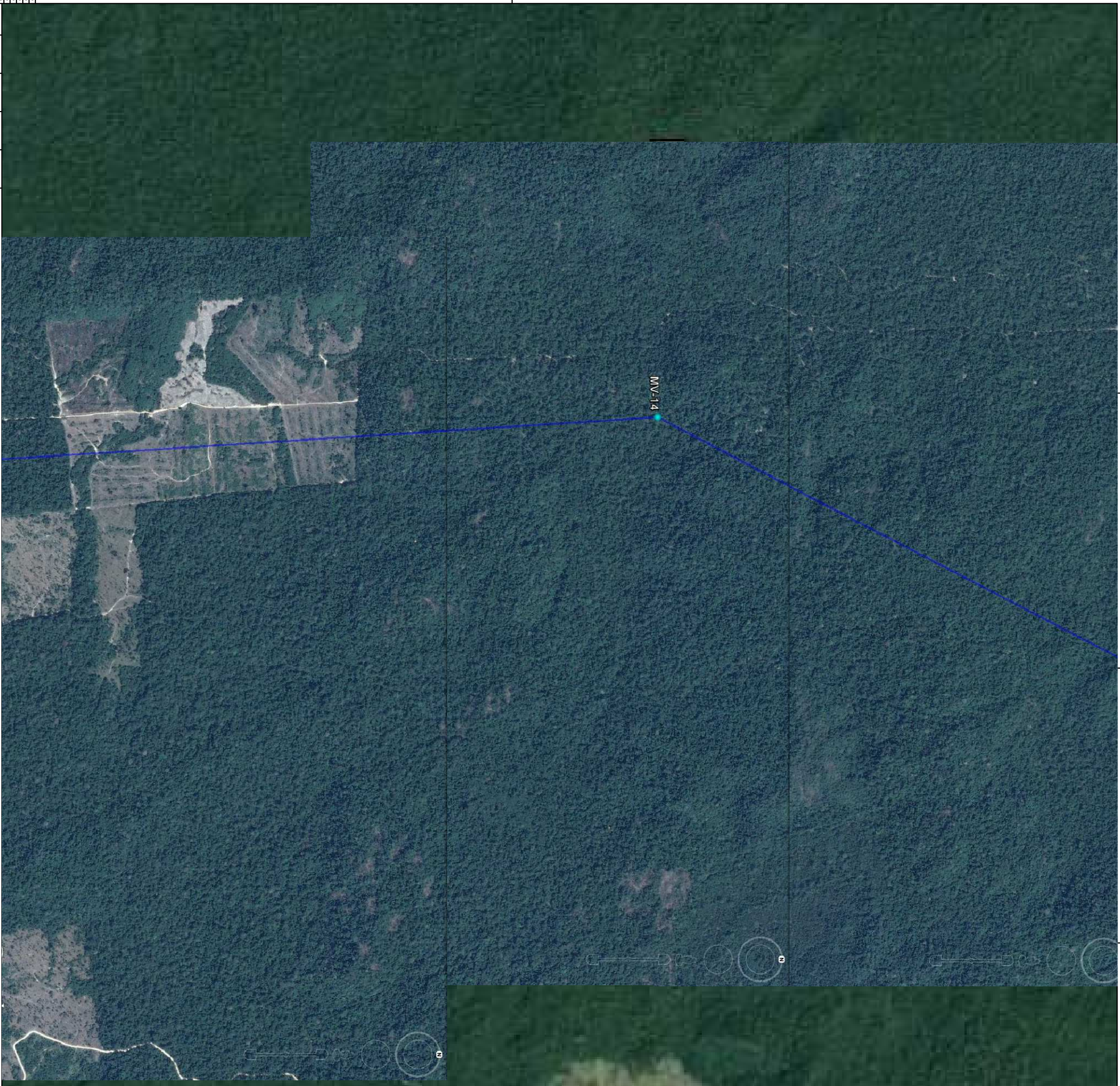
0	06/10/14	CHAMAS	JPPRS	HVCS
		Emissão Inicial		
	DATA	ELAB.	VERIF.	APROV.
		REVISÃO		

<b>TRACTEBEL Engineering</b> 	
LEME	PROJETO EXECUTIVO
ELAB.	VERIF.
CHAMAS	JPPRS
RESP.TEC.	DATA
ENR	06/10/2014



LT 500KV UHE SÃO MANOEL - PARANAÍTA	
PRDZ:	PLANTA DO TRACADO
PRDZ:	PRDZ:
PRDZ:	PRDZ:





Vértice	Coordenadas (UTM)	
	E	N
SE São Manoel	494520.89	8984567.72
MV-1	494523.06	8985020.00
MV-2	494903.71	8985505.03
MV-3	497964.81	8985128.00
MV-4	504042.67	8983660.21
MV-5	508663.41	8982662.00
MV-6	512494.31	8982071.99
MV-7	516225.59	8982035.00
MV-8	516999.78	8981782.99
MV-9	517572.16	8981155.00
MV-10	517680.59	8978992.00
MV-11	517591.86	8977718.98
MV-12	517581.18	8976809.53
MV-13	517303.78	8975674.99
MV-14	515518.08	8972271.46
MV-15	515780.32	8968169.37
SE Paranaíta	517231.59	8966593.00

Notas:  
1 - Sistema de coordenadas SIRGAS 2000

0	06/01/14	CHAMAS	JPPRS	HVCS
0	DATA	ELAB.	VERIF.	APROV.
REVISÃO				

**TRACTEBEL Engineering**  
GDF S.A. SCS

LEME  
PROJETO EXECUTIVO

ELAB.	VERIF.	APROV.
CHAMAS	JPPRS	HVCS
RESP.TEC.	N.º ORDEM	DATA
ENR	1620471180	06/10/2014

**CONSTRAN**  
Grupo Energia  
Constri

LT 500kV UHE SÃO MANOEL - PARANAÍTA

PLANTA DO TRAÇADO

PRDZ: 0008

00







São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN  
CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

utc  
engenharia

LEME  
ENGENHARIA

---

## **LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA**

PROJETO BÁSICO

CAPÍTULO 5

VELOCIDADES DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDO AO VENTO

---

## CONTEÚDO

### 1 INTRODUÇÃO

- 1.1 Critérios Gerais de Projeto para uma LT Nova
- 1.2 Metodologia de Análise Estrutural
- 1.3 Determinação da Velocidade de Referência para Projeto e da Ação do Vento nos Diversos Componentes

### 2 VELOCIDADES E PRESSÕES DE VENTO DE PROJETO

- 2.1 Vento Extremo
- 2.2 Vento de Tormentas Elétricas
- 2.3 Vento de Verificações Elétricas
- 2.4 Pressões de Vento Finais

### 3 CÁLCULO DOS CARREGAMENTOS

### 4 VENTOS PARA CÁLCULO DO BALANÇO DAS CADEIAS E DETERMINAÇÃO DA FAIXA DE SERVIDÃO

### 5 SUMÁRIO FINAL

### ANEXO 1 - ISÓTACAS MÁXIMAS PARA A LT 500 KV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA.



## VELOCIDADES DE VENTO E CARREGAMENTOS DEVIDO AO VENTO

### 1 INTRODUÇÃO

Será feito inicialmente um sumário da metodologia proposta pela publicação IEC-60826 (Design Criteria of Overhead Transmission Lines) [1] e pelo Grupo de Trabalho WG-22.06 (Line Reliability and Security) da CIGRÉ para o cálculo probabilístico de Linhas de Transmissão.

Em função dos dados disponíveis ou não, far-se-á a aplicação do método ao caso específico da LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA em circuito simples. Com relação aos dados meteorológicos necessários, existem dados suficientes de medições de vento disponíveis, conforme mostrado em [3], para a região onde se localizará a linha de transmissão em pauta.

#### 1.1 CRITÉRIOS GERAIS DE PROJETO PARA UMA LT NOVA

- a) Selecionar o nível de confiabilidade desejado, em termos de período de retorno ou do nível de risco aceitável.
- b) Calcular as variáveis climáticas (vento), correspondentes ao período de retorno selecionado.

$$x = \bar{x} - C_2 \sigma / \bar{C}_1 + \sigma / C_1 [ - \text{Ln}( - \text{Ln}( 1-1/T ) ) ]$$

admitindo para a variável x ( vento ) uma Distribuição de Gumbel.

A fórmula genérica desta distribuição é a seguinte:

$$F(x) = e^{-e^{-C_1 / \sigma (x - \bar{x} + \bar{C}_2 / C_1 \sigma)}}$$

Para um período de observação teoricamente igual a infinito, tem-se:

$$F(x) = e^{-e^{-\Pi / \sqrt{6} (x - \bar{x} + \bar{C}_2,45\sigma) / \sigma}}$$

onde C1 e C2 são constantes de acordo com o número de anos de observação.

- c) Cálculo das cargas climáticas (cargas de vento) nos componentes (torres). Estas são denominadas cargas - limite.
- d) Calcular as cargas correspondentes aos limites de segurança estrutural (security).
- e) Calcular as cargas relacionadas à segurança pessoal (safety), durante a construção e a manutenção.
- f) Determinar a coordenação de resistências desejadas dos componentes.
- g) Selecionar os fatores de correção apropriados, se aplicáveis, ao projeto dos componentes (torres), tais como: fator de uso, fatores de resistência devidos ao número de componentes (torres), coordenação de resistências, controle de qualidade e resistência característica.
- h) Projetar os componentes (torres) para as condições de carregamento e resistências definidas acima.



## 1.2 METODOLOGIA DE ANÁLISE ESTRUTURAL

O projeto estrutural é elaborado com base na metodologia dos estados limites, verificando-se a seguinte inequação:

$$\gamma_u \cdot Q_t \leq \phi_R \cdot R_c, \text{ sendo } \phi_R = \phi_S \cdot \phi_N \cdot \phi_Q \cdot \phi_C$$

$\phi_S$  = Fator relacionado à coordenação de resistência;

$\phi_N$  = Fator relacionado ao número N de componentes (torres) sujeitos à carga crítica;

$\phi_Q$  = Fator relacionado ao nível de qualidade do componente durante a fabricação e a montagem;

$\phi_C$  = Fator relacionado à razão entre o limite de exclusão real de  $R_c$  e o valor suposto de  $\theta = 10\%$  (Esta hipótese leva a projetos mais seguros e conservativos);

$Q_t$  = Carga correspondente ao período de retorno T, selecionado para calibração ou pela experiência;

$\gamma_u$  = Fator de ponderação de carga;

$R_c$  = Resistência nominal ou característica; corresponde ao limite de dano para todas as cargas relacionadas às condições de confiabilidade e segurança pessoal (safety) e ao limite de falha para todas as cargas relacionadas à segurança estrutural (security).

## 1.3 DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DE REFERÊNCIA PARA PROJETO E DA AÇÃO DO VENTO NOS DIVERSOS COMPONENTES

a) Definições básicas

- Velocidade de Vento Meteorológica V.  
Velocidade do vento durante um período de 10 min, a uma altura de 10m do solo, em terreno aberto (rugosidade B).
- Velocidade de vento máxima anual  $V_m$ .  
É o valor máximo de V medido em um ano.

b) Determinação da velocidade de vento máximo VM

$V_M$  é determinado a partir da velocidade média  $V_m$ , das velocidades máximas anuais  $V_m$  e do desvio padrão  $\sigma_{V_m}$ , a partir da distribuição estatística dessas velocidades.

A relação  $V_M/\overline{V_m}$  depende do desvio padrão das velocidades anuais  $\sigma_{V_m}$  e do nível de confiabilidade desejado.



**c) Determinação da velocidade de referência para projeto  $V_R$**

A velocidade de referência  $V_R$ , a ser adotada para o projeto, é função de  $V_M$  e do fator de rugosidade  $K_R$ .

$$V_R = K_R \cdot V_M$$

**d) Ação Unitária do Vento**

$$a = q_0 C_x G,$$

sendo  $q_0$  a pressão dinâmica de referência igual  $q_0 = 1/2 \mu \cdot \tau \cdot V_R^2$  sendo:

$\mu$  = massa volumétrica do ar (igual 1,175, à temperatura de 17°C);

$C_x$  = Coeficiente de arrasto (ou de pressão), depende da forma do elemento em consideração (cilíndrica, plana etc);

$G$  = Fator combinado de vento que leva em consideração a turbulência deste último;

$\tau$  =  $\square$  Fator de correção da densidade do ar.

## 2 VELOCIDADES E PRESSÕES DE VENTO DE PROJETO

A determinação das velocidades de vento para o projeto foi feita através do estudo detalhado indicado em [3]. Das análises estatísticas feitas, e ainda com base nas figuras do Anexo III (isótasas e cortes respectivos) [3], as velocidades de vento da Tabela 1 podem ser recomendadas; todas as velocidades sendo referidas a 10m de altura de medição, em terrenos do tipo B.

Tabela 1 - Velocidades de Projeto para Carregamento Estrutural, Ângulos de Balanço e Coordenação de Isolamento

Período de Retorno (anos)	Tempo de Média	Velocidades de Vento (km/h)	Velocidades de Vento (m/s)
250	10 minutos	90	25,00
250	3 segundos	155	43,06
50	10 minutos	75	20,83
50	30 segundos	100	27,78
30	30 segundos	95	26,39
2	30 segundos	60	16,67



Para a determinação das velocidades de vento acima adotaram-se posturas cuidadosas e conservadoras, consistentes com a importância da LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA, dentro do sistema interligado nacional. Dessa forma, tais velocidades são as mais elevadas a serem esperadas na região em apreço. Entretanto, face às incertezas inerentes aos procedimentos estatísticos, a utilização de velocidades moderadamente superiores pode ficar ao critério do projetista, inclusive porque os períodos de retorno ou são os mínimos exigidos pela ANEEL, ou correspondem a práticas específicas ainda não consensadas.

Segundo a prática das empresas, normalmente, para o cálculo das cargas devidas aos ventos sobre cabos, estruturas e isoladores, a IEC60826 ou a NBR-5422 têm sido usadas extensivamente no Brasil. Há que se levar em conta, no entanto, que os fatores de rajada aqui verificados são mais elevados do que aqueles que a IEC sugere como representativos para uma determinação geral. Tal fato já foi alertado por vários trabalhos do CEPEL e foi discutido amplamente no XVII SNPTEE, na apresentação de um de seus Informes Técnicos.

## 2.1 VENTO EXTREMO

Utilizando-se os dados do estudo [3], obtém-se para a velocidade de referência (VR250) o valor de 25,00 m/s (90 Km/h) a 10 metros do solo. A pressão dinâmica de referência correspondente será a seguinte:

$$q_0 = 1/2 \mu \cdot V_R^2 = 1/2 * 1,175 * (25)^2 = 367,19 \text{ N/m}^2 = 37,5 \text{ kgf/m}^2.$$

Com este valor serão determinadas os carregamentos mecânicos nos diversos elementos para o cálculo das estruturas.

## 2.2 VENTO DE ALTA INTENSIDADE

Para a LT em questão o valor da velocidade de vento de alta intensidade corresponde ao vento com tempo de integração de 3 segundos e período de retorno T= 250 anos, constante com a altura, atuando integralmente sobre a estrutura e sobre 25% do vão médio. Conforme indicado em [3] o vento para período de retorno T = 250 anos, 3 segundos é igual a 43,06 m/s (155 km/h). A pressão de vento atuante correspondente será a seguinte:

$$q_i = 0,5 * 1,175 * (43,06)^2 = 1089,32 \text{ N/m}^2 = 111,09 \text{ Kgf/m}^2$$

## 2.3 VENTO DE VERIFICAÇÕES ELÉTRICAS

Para o caso das verificações elétricas, o critério será o de se utilizar as velocidades de vento obtidas conforme Tabela 1 com correção dos valores de adequação à altura dos condutores.

## 2.4 PRESSÕES DE VENTO FINAIS

A pressão dinâmica de referência, a 10 m de altura e 10 minutos, se determina como sendo

a) Condutores

Vão básico = 490 m

- Flecha para temperatura mínima do condutor: 18,64 m
- Flecha para temperatura máxima do condutor: 22,50 m
- Espaçamento mínimo vertical cabo: 12,00 m



$$H_c = 12,0 + 22,50 - 2/3 * 18,64 = 22,07 \text{ m}$$

Sendo adotada a altura de 22,0 m

$$G_L = 0,92$$

$$G_C = 2,11$$

$$q_c = 2,11 * 0,92 * 367,19 = 712,8 \text{ N/m}^2 \text{ (72,7 kgf/m}^2\text{)}$$

Será Adotado 73,0 kgf/m<sup>2</sup>.

b) Pára-raios

Vão básico = 490 m

- Flecha para temperatura mínima do pára-raios: 17,93 m
- Flecha para temperatura máxima do pára-raios: 18,74 m
- Distância vertical entre a fase inferior e o pára-raios: 9,00 m

$$H_c = 12,0 + 22,50 + 9,00 - 2/3 * 17,93 = 31,6 \text{ m}$$

Sendo adotada a altura de 32,0 m

$$G_L = 0,92$$

$$G_{PR} = 2,25$$

$$q_{pr} = 2,25 * 0,92 * 367,19 = 760,1 \text{ N/m}^2 \text{ (77,5 kgf/m}^2\text{)}$$

Será Adotado 78,0 kgf/m<sup>2</sup>.

c) Isoladores

Vão básico = 490 m

$$G_{xi} = 1,20$$

$$G_t = 1,96$$

$$q_i = 367,19 * 1,2 * 1,96 * (H/10)^{0,16} = 863,63 (H/10)^{0,16} \text{ N/m}^2 \\ = 88,07 (H/10)^{0,16} \text{ kgf/m}^2$$

d) Estrutura

$$q = 1,96 * 367,19 * (H/10)^{0,16} \text{ N/m}^2 = 719,69 (H/10)^{0,16} \text{ N/m}^2 \\ = 73,39 (H/10)^{0,16} \text{ kgf/m}^2$$

### 3 CÁLCULO DOS CARREGAMENTOS

O cálculo dos carregamentos, com base nas velocidades e pressões de vento aqui indicadas, é feito conforme [1] e acha-se elaborado no Capítulo 10 – ESTRUTURAS.

#### 4 VENTOS PARA CÁLCULO DO BALANÇO DAS CADEIAS E DETERMINAÇÃO DA FAIXA DE SERVIDÃO

Com a utilização dos mesmos dados fornecidas por [3] e do processamento efetuado nos itens anteriores, chega-se ao seguintes valores de velocidades de vento:

- Velocidade de vento máximo, 10 minutos, 10 m do solo, com período de retorno 50 anos, para fins de determinação dos ângulos de balanço máximo das cadeias (sobretensões à frequência industrial): 20,83m/s;
- Velocidade de vento máximo, 30 segundos, 10 m do solo, com período de retorno 50 anos, para fins de determinação dos ângulos de balanço máximo das cadeias (sobretensões à frequência industrial): 27,78 m/s;
- Velocidade de vento reduzido, 10 minutos, 10 m do solo, com período de retorno 50 anos, para fins de determinação dos ângulos de balanço máximo das cadeias (sobretensões de manobra, cf [1]:  $0,6 \cdot 20,83 = 12,50$  m/s;
- Velocidade de vento máximo, 30 segundos, 10 m do solo, com período de retorno 30 anos, para fins de determinação dos ângulos de balanço máximo das cadeias (sobretensões à frequência industrial) para determinação da largura da faixa de servidão, conforme [3]: 26,39 m/s;

#### 5 SUMÁRIO FINAL

Diante do exposto, LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA será projetada com nível de confiabilidade correspondente a um período de retorno de 250 anos, adotando-se para vento extremo (vento de 10 minutos a 10 metros do solo), neste nível de confiabilidade, velocidade de referência de 25,00 m/s, a pressão dinâmica de referência, igual  $367,19 \text{ N/m}^2 = 37,5 \text{ kgf/m}^2$ . As pressões de vento atuantes em cada elemento decorrentes dos valores acima são apresentadas na tabela 3 abaixo.

Para vento de tormentas elétricas será adotada velocidade de alta intensidade correspondente a 43,06 m/s e pressão final constante em todos os elementos de  $1089,32 \text{ N/m}^2 = 111,09 \text{ Kgf/m}^2$ .

As tabelas 2 e 3 mostram, respectivamente, os resumos das velocidades de vento e das pressões de vento a serem adotadas no projeto da LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA.

Tabela 2: Resumo das Velocidades de Vento

Período de Retorno T(anos)	Tempo de Média	Velocidade de vento	
		m/s	km/h
30	30 seg	26,39	95,0
50	10 min	20,83	75,0
50	30 seg	27,78	100,0
250	10 min	25,0	90,0
Alta intensidade	3 segundos	43,06	155,0



**Tabela 3: Resumo das Pressões de Vento**

ELEMENTO	PARÂMETRO	PRESSÃO VENTO ATUANTE
CONDUTOR	Pressão de vento ( $q_0 \cdot G_c \cdot G_L$ )	712,8 N/m <sup>2</sup> (73,0 kgf/m <sup>2</sup> )
PÁRA-RAIOS	Pressão de vento ( $q_0 \cdot G_c \cdot G_L$ )	760,1 N/m <sup>2</sup> (78,0 kgf/m <sup>2</sup> )
ISOLADOR	Pressão de vento ( $q_0 \cdot G_i \cdot G_{xi}$ )	88,07 (H/10) <sup>0,16</sup> kgf/m <sup>2</sup>
ESTRUTURA	Pressão de vento ( $q_0 \cdot G_t$ )	73,39 (H/10) <sup>0,16</sup> kgf/m <sup>2</sup>

**REFERÊNCIAS:**

- [1] IEC-60826 Ed. 3.0 (Maio/2003): Design Criteria of Overhead Transmission Lines.
- [2] NBR-5422: Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão.
- [3] Anexo 1 - Isótacas Máximas para a LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA (Batávia Engenharia e Consultoria Ltda).



São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN

utc  
engenharia

CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

LEME  
ENGENHARIA

---

## **LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA**

### PROJETO BÁSICO

#### CAPÍTULO 5

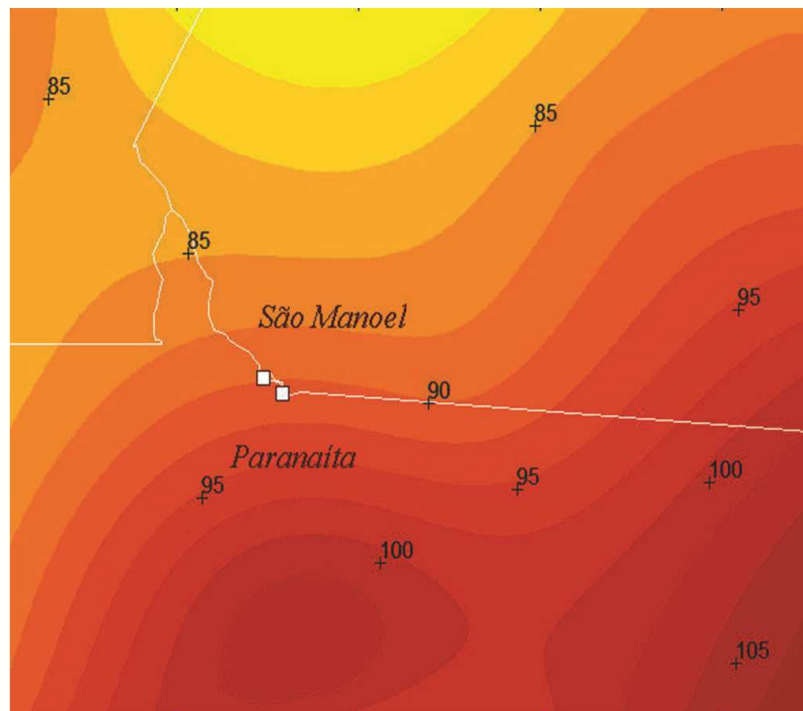
#### ANEXO 1

### ISÓTACAS MÁXIMAS PARA A LT 500 KV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA

---

## **Relatório Técnico**

### *Isótacas Máximas para a LT 500 kV São Manoel - Paranaíta*



*Preparado por Amauri A Menezes em 11/2014*

*Este Relatório Técnico apresenta o memorial descritivo para a determinação das isótacas máximas previstas para a LT acima citada. A reprodução parcial ou total deste documento só deve ser feita com a permissão da BATÁVIA Engenharia*

1	Objetivo .....	85
2	Introdução .....	85
3	Características das estações .....	86
3.1	Critérios de regionalização .....	86
3.2	Rugosidade dos terrenos .....	87
4	Os mapeamentos .....	88
5	Ventos básicos de projeto .....	88
Anexo I	Critérios a serem atendidos .....	91
A.I.1	Critérios para projeto mecânico (sic) .....	91
Anexo II	Distribuição de Gumbel e velocidades máximas de vento .....	92
Anexo III	Os ajustes da distribuição de Gumbel às amostras .....	93
Anexo IV	Os mapeamentos de isótagas da região .....	94
Anexo V	O problema da turbulência dos ventos no Brasil .....	102
Anexo VI	Regionalização dos CVs das séries históricas .....	103
	Critérios de regionalização dos coeficientes de variação .....	103
AVI.1	Para as séries de 10 minutos .....	103
AVI.2	Para as séries de 3 segundos .....	104
AVI.3	Para as séries de 30 segundos .....	104

## 1 Objetivo

Este relatório apresenta os cálculos das velocidades elevadas de vento a serem esperadas para a região de implantação da *LT São Manoel - Paranaíta, 500 kV*. O objetivo deste relatório é o de prover os setores de projeto com velocidades de vento máximas prospectivas e seguras que atendam às exigências técnicas constantes dos mais recentes Editais da ANEEL, relativo ao sistema de transmissão aéreo nacional.

## 2 Introdução

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

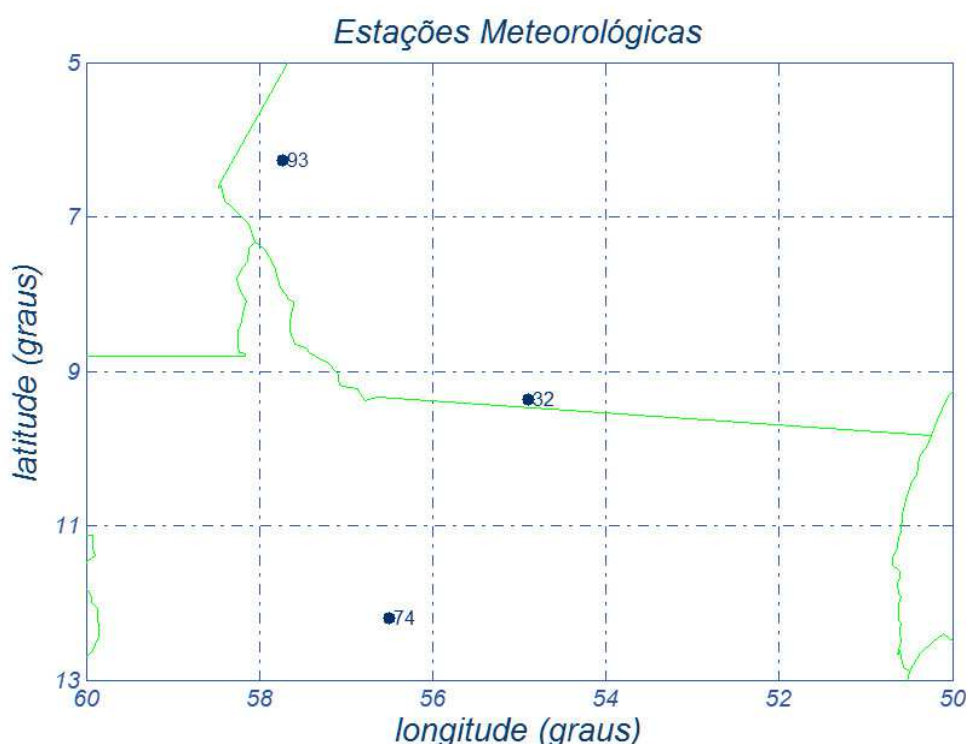


Figura 2.1 - Região de implantação do sistema elétrico de transmissão em foco

*De particular importância reveste-se a escolha das estações meteorológicas que constituirão o fundamento do cálculo. A região em questão não é particularmente nem densa e nem esparsa no que tange a anemometria.*

*Os cálculos que se seguem fundamentam, portanto, seu escopo nas estações mais próximas do empreendimento mencionado, a fim de subsidiar as determinações paramétricas necessárias à consecução do estudo. O item seguinte apresenta alguns detalhes sobre os dados aqui usados e sobre os tratamentos estatísticos a que foram submetidos.*

### *3 Características das estações*

*Para dar maior confiabilidade nos resultados, foram utilizadas as estações mais próximas do empreendimento em questão, pois é senso comum que os resultados de uma rede mais completa são mais sólidos do que aqueles relacionados com esquemas muito dispersos e escassos.*

*A distribuição espacial das estações encontra-se caracterizada na Figura 2.1, apresentada anteriormente, enquanto as suas características geográficas e paramétricas relevantes constam das Tabelas 3.1.1 e 3.1.2.*

#### *3.1 Critérios de regionalização*

*O processo de determinação de médias regionais para os CVs (coeficientes de variação)<sup>1</sup> e os FRs (fatores de rajada)<sup>2</sup> seguem prática comum em meteorologia, já que parâmetros médios são mais representativos e mais confiáveis do que os de estações tomadas isoladamente, com variados tempos de coleta.*

*Há diversos critérios para se proceder a uma homogeneização regional de parâmetros climáticos, tal como adotar-se a média dos valores paramétricos determinados nas estações mais próximas, ou média ponderada, em função dos anos de coleta, de tal sorte que estações com mais tempo de coleta tenham uma influência majorada no fenômeno espacial em questão. Pode-se recorrer, ainda, a um valor médio acrescido de um determinado número de desvios-padrão, dependendo do grau de confiabilidade que se deseja conferir ao estudo.*

---

<sup>1</sup> CV = (média) / (desvio padrão)

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

Este estudo adota os critérios de regionalização dos CVs descritos no Anexo VI. Além disso, as velocidades médias do vento com tempo de média de 10 minutos encontram-se corrigidas, como justificado e sugerido<sup>3</sup> em [6 e 7].

Tabela 3.1.1 - Características gerais das estações anemométricas

# no mapa	nome	órgão coletor
32	Cachimbo	DEPV
74	Gleba Celeste	INMET
93	Jacareacanga	DEPV

Tabela 3.1.2 - Características paramétricas das estações anemométricas

nome	latitude (graus)	longitude (graus)	anos	$V_{\text{médio}}$ 10 min (km/h)	CV 10 min (%)	$V_{\text{médio}}$ 3 seg (km/h)	CV 3 seg (%)	FR3s (pu)	FR30s (pu)
Cachimbo	9.37	54.90	17	46.80	19	79.56	19.00	1.70	1.35
Gleba Celeste	12.20	56.50	7	54.00	16	91.80	16.00	1.70	1.35
Jacareacanga	6.27	57.73	17	33.00	19	56.10	19.00	1.70	1.35

nomenclatura:

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

### 3.2 Rugosidade dos terrenos

Quanto à rugosidade do terreno no entorno das estações consideradas nesse estudo, admitiu-se que as velocidades medidas nas estações estão associadas a terrenos com grau de rugosidade B, tal como classificado pelas Normas IEC 60826 e NBR 5422, significando terrenos planos com poucos obstáculos. A

<sup>3</sup> para compensar o excesso de turbulência verificado nos ventos que ocorrem no Brasil

*escolha se deve ao fato de que as estações meteorológicas normalmente se encontram em regiões de rugosidade B, por imposições naturais das redes meteorológicas que, grosso modo, requerem localizações em terrenos desprovidos de obstáculos para evitar distorções nas medições.*

#### *4 Os mapeamentos*

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

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

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

#### *5 Ventos básicos de projeto*

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



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

<i>período de retorno (anos) / tempo de média</i>	<i>São Manoel Paranaíta (km/h)</i>	<i><math>q^{\circ}</math> (kg/m<sup>2</sup>)</i>
<i>250 / 10 minutos</i>	<i>90</i>	<i>37.4</i>
<i>250 / 3 segundos</i>	<i>155</i>	<i>111.0</i>
<i>50 / 10 minutos</i>	<i>75</i>	<i>26.0</i>
<i>30 / 30 segundos</i>	<i>95</i>	<i>41.7</i>
<i>50 / 30 segundos</i>	<i>100</i>	<i>46.2</i>
<i>2 / 30 segundos</i>	<i>60</i>	<i>16.6</i>

As pressões acima estão referidas à temperatura coincidente de 19 °C, altitude de 250 m, 10 m de altura e massa específica de 1.175 kg/m<sup>3</sup>.

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

Nota 2 Algumas estações constantes da Tabela 3.1.2 (no caso, somente a estação de Cachimbo) apresentam velocidades médias de 10 minutos muito mais baixas do que as praticadas no projeto de Linhas Aéreas de Transmissão. Para evitar que tais estações deem um ilusório viés de leniência na definição das velocidades de prospectivas de vento, o traçado das isótacas considera um valor mínimo aceitável de 43 km/h em tais estações, as demais velocidades médias sendo corrigidas proporcionalmente.

Nota 3 As velocidades indicadas na tabela acima são o resultado de uma avaliação espacial das figuras do Anexo IV, feitas como médias mentais das leituras dos mapas. Nos mapas de isolinhas, as velocidades múltiplas de 5 são indicadas pelos seus valores modais, enquanto que os demais “dégradés” servem como ferramentas de interpolação. O traçado das isótacas usa um modelo clássico para a determinação de isolinhas, modelo esse que parte do

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

Nota 4 *As velocidades em cada estação, indicadas nos mapas respectivos, evitam que eventuais extrapolações do modelo matemático das distâncias sejam escolhidas como “velocidades de projeto”. Como qualquer estudo estatístico que envolve avaliações espaciais, há sempre um subjetivismo nas operações de arredondamentos e de interpolações, o que impede que haja sempre uma unanimidade nas escolhas.*

#### *Bibliografia*

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

## *Anexo I Critérios a serem atendidos*

### *A.I.1 Critérios para projeto mecânico (como consta no EDITAL)*

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

*Os parâmetros explicitados a seguir devem ser obtidos a partir de dados fornecidos por estações anemométricas selecionadas adequadamente para caracterizar a região atravessada pela linha de transmissão:*

- (a) Média e coeficiente de variação (em porcentagem) das séries de velocidades máximas anuais de vento a 10 m de altura, com tempos de integração da média de 3 (três) segundos (rajada) 10 (dez) minutos (vento médio).*
- (b) Velocidade máxima anual de vento a 10 m de altura, com período de retorno correspondente ao vento extremo, como definido no item 2.2.4.1, e tempos de integração para o cálculo da média de 3 (três) segundos e 10 (dez) minutos. Se o número de anos da série de dados de velocidade for pequeno, na estimativa da velocidade máxima anual deve ser adotado, no mínimo, um coeficiente de variação compatível com as séries mais longas de dados de velocidades de ventos medidas na região.*
- (c) Coeficiente de rajada para a velocidade do vento a 10 m de altura, referenciado ao tempo de integração da média de 10 (dez) minutos.*
- (d) Categoria do terreno adotada para o local das medições.*

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

## Anexo II Distribuição de Gumbel<sup>4</sup> e velocidades máximas de vento

A distribuição de valores máximos de Gumbel culminou por se constituir numa unanimidade para explicar os eventos de velocidades máximas anuais de vento no setor elétrico mundial, o brasileiro aí incluído. Os esforços atuais convergem no sentido de otimizar a aplicação da distribuição de Gumbel com base em dados coletados no próprio país e colocá-los em consonância com os protocolos normativos de outros países, tal como é o caso da IEC 60826 e da NBR - 5422. De uma forma genérica, a referida distribuição pode ser definida por [2]:

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

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

Os citados coeficientes são calculados pelas equações:

$$Z_i = - \ln [ - \ln(1 - i/(n + 1))] \qquad \textit{i variando de 1 até n}$$

$C_2$	valor médio de $Z_i$
$C_1$	desvio-padrão de $Z_i$

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

---

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

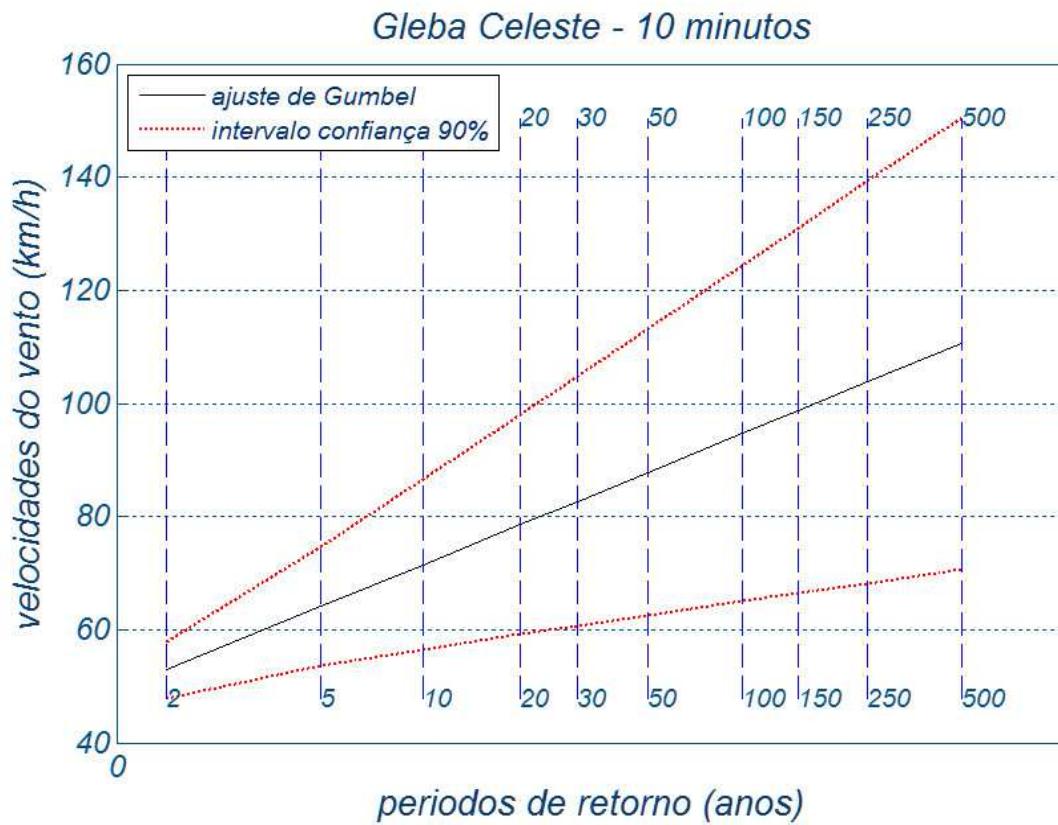
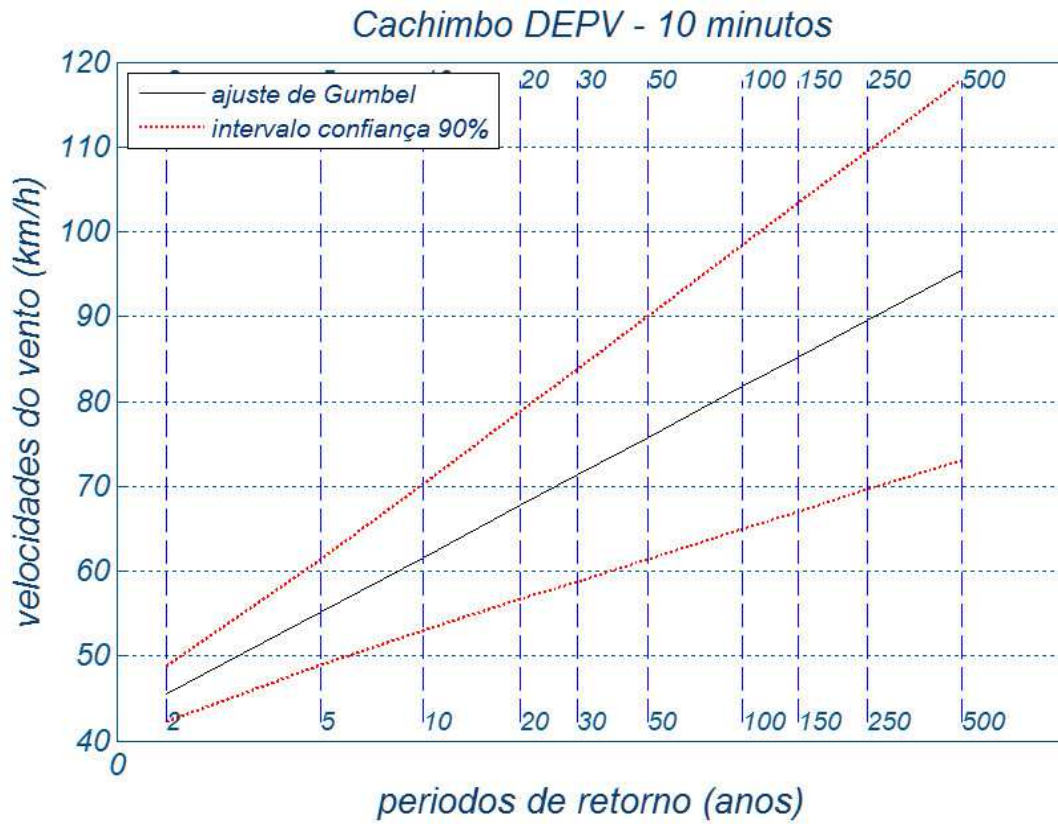
Tabela A1 - Valores dos coeficientes  $C_1$  e  $C_2$

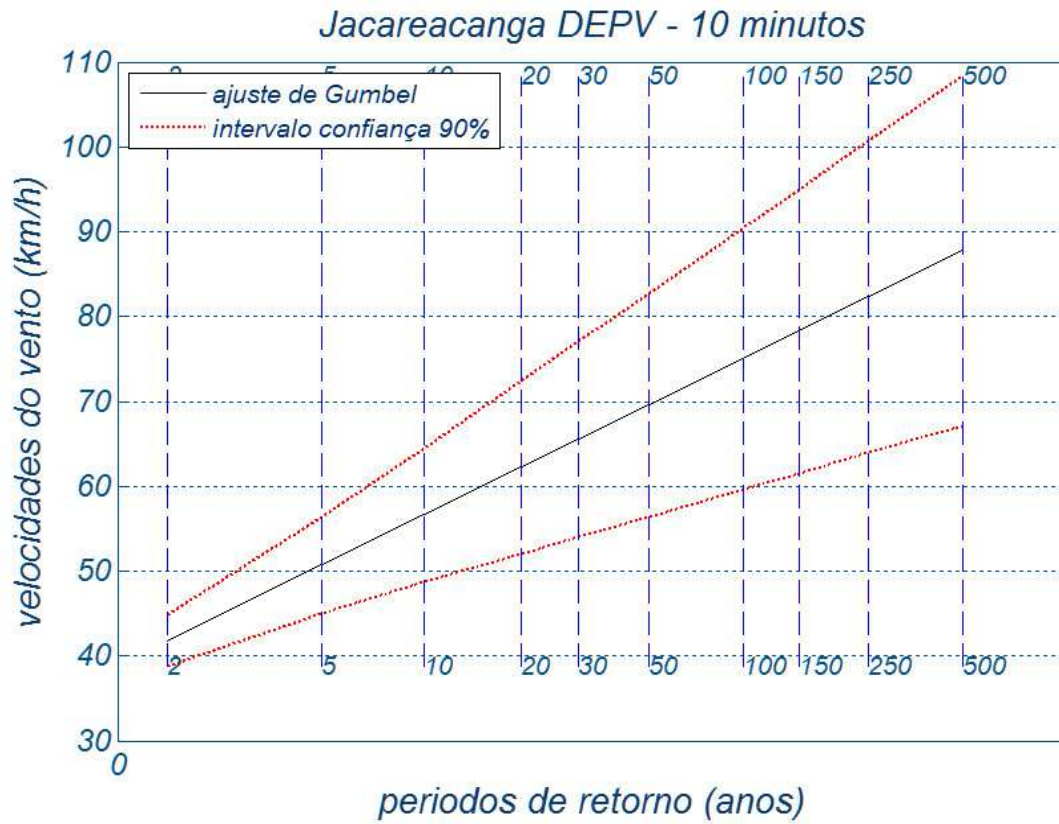
$n$	$C_1$			$n$	$C_2$		
2	0.49838	17	1.03970	2	0.40434	17	0.51768
3	0.64348	18	1.04810	3	0.42859	18	0.51980
4	0.73147	19	1.05570	4	0.44580	19	0.52175
5	0.79278	20	1.06280	5	0.45879	20	0.52355
6	0.83877	21	1.06940	6	0.46903	21	0.52522
7	0.87493	22	1.07550	7	0.47735	22	0.52678
8	0.90432	23	1.08120	8	0.48428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

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

### Anexo III Os ajustes da distribuição de Gumbel às amostras

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

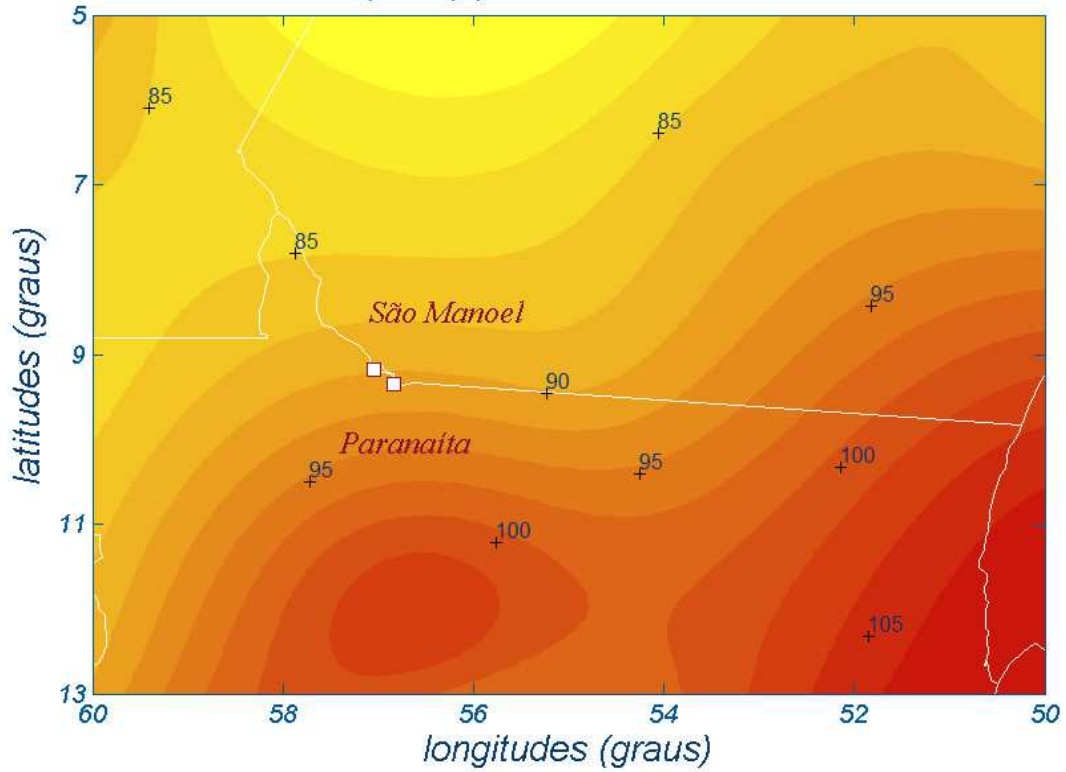




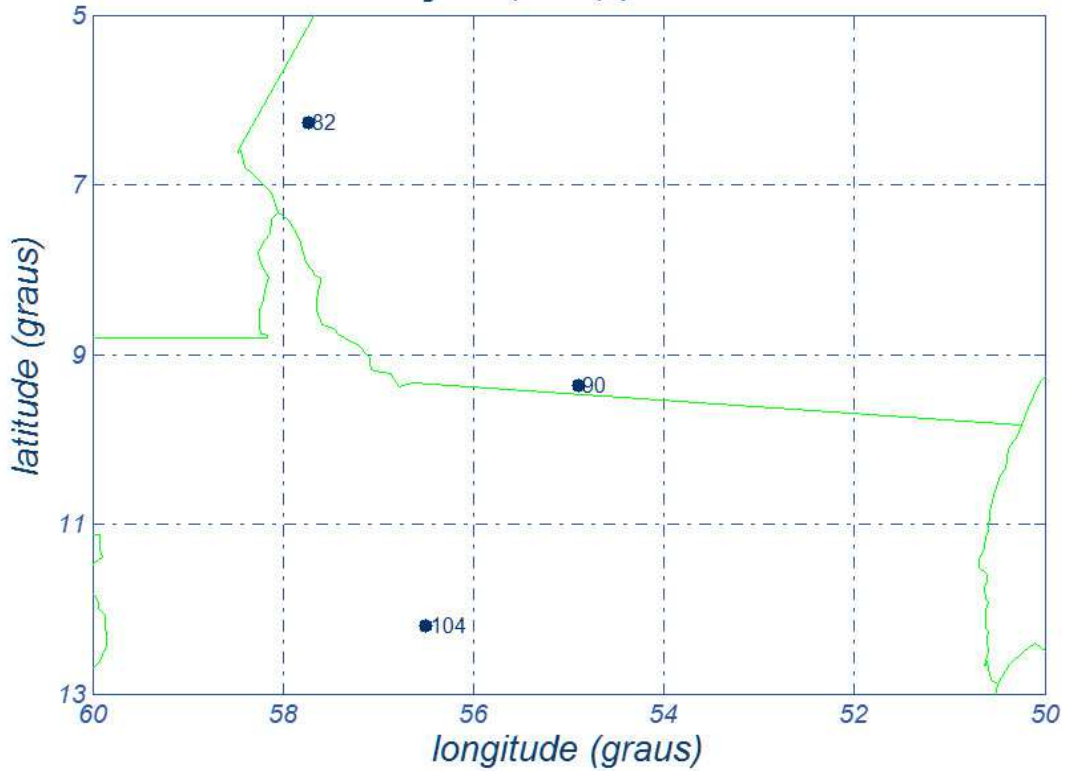
#### Anexo IV Os mapeamentos de isótopas da região

Seguem os mapas de isótopas, períodos de retorno, tempos de média e também mapas com as velocidades de vento nas estações, a 10 m de altura, terreno B.

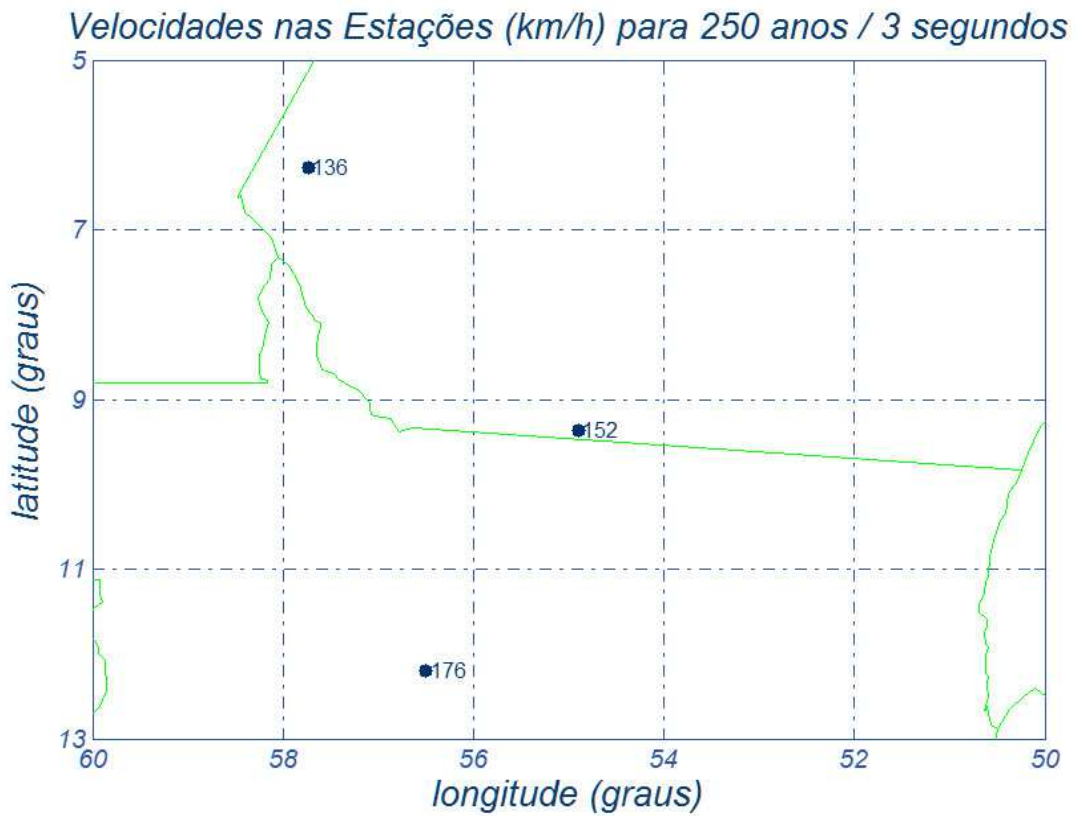
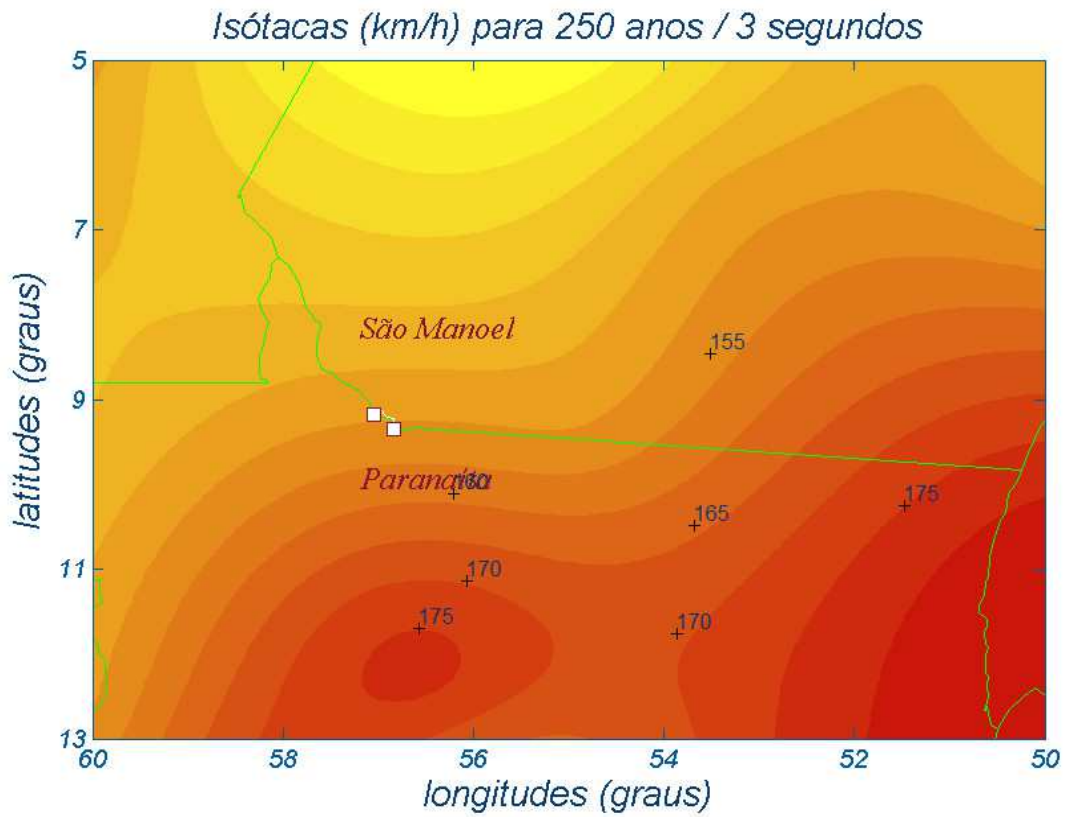
Isótagas (km/h) para 250 anos / 10 minutos

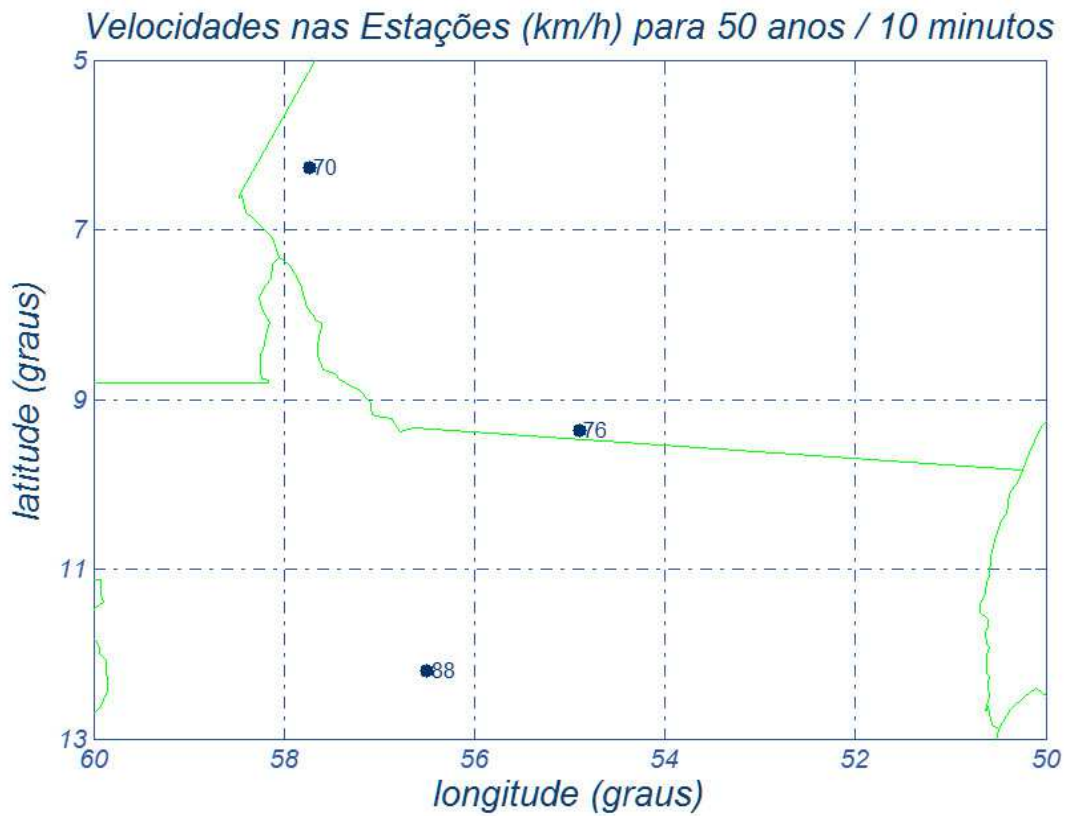
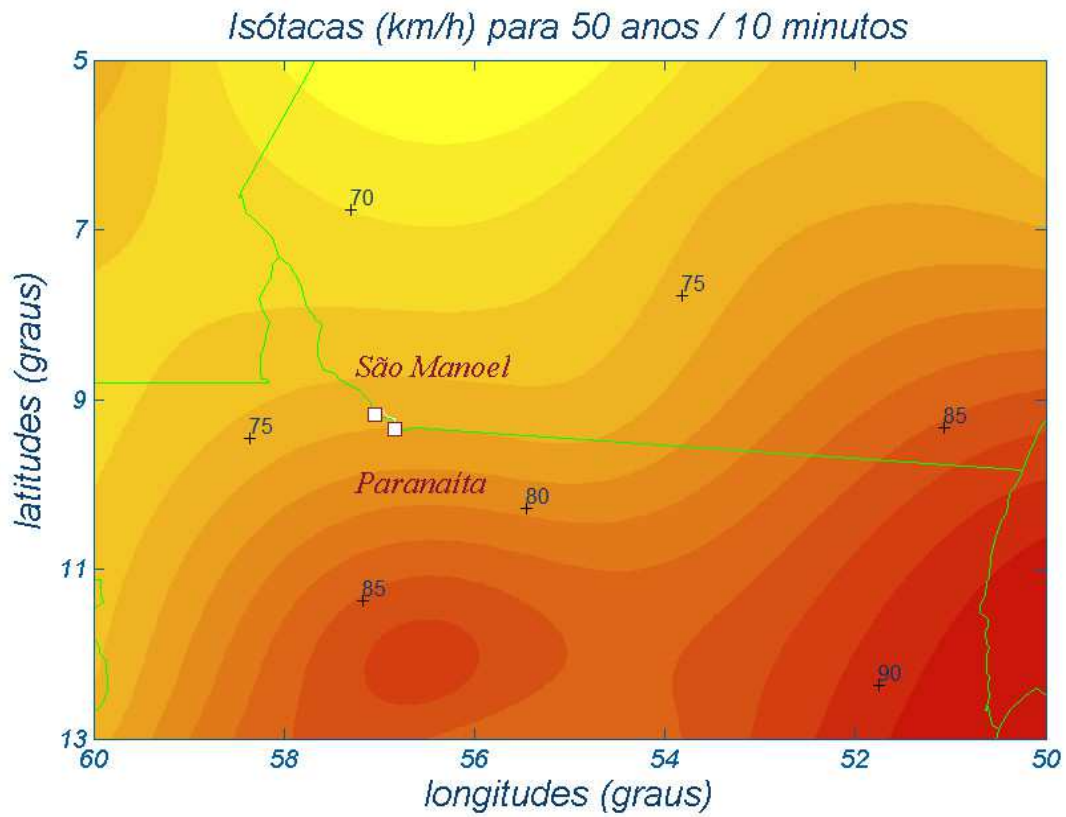


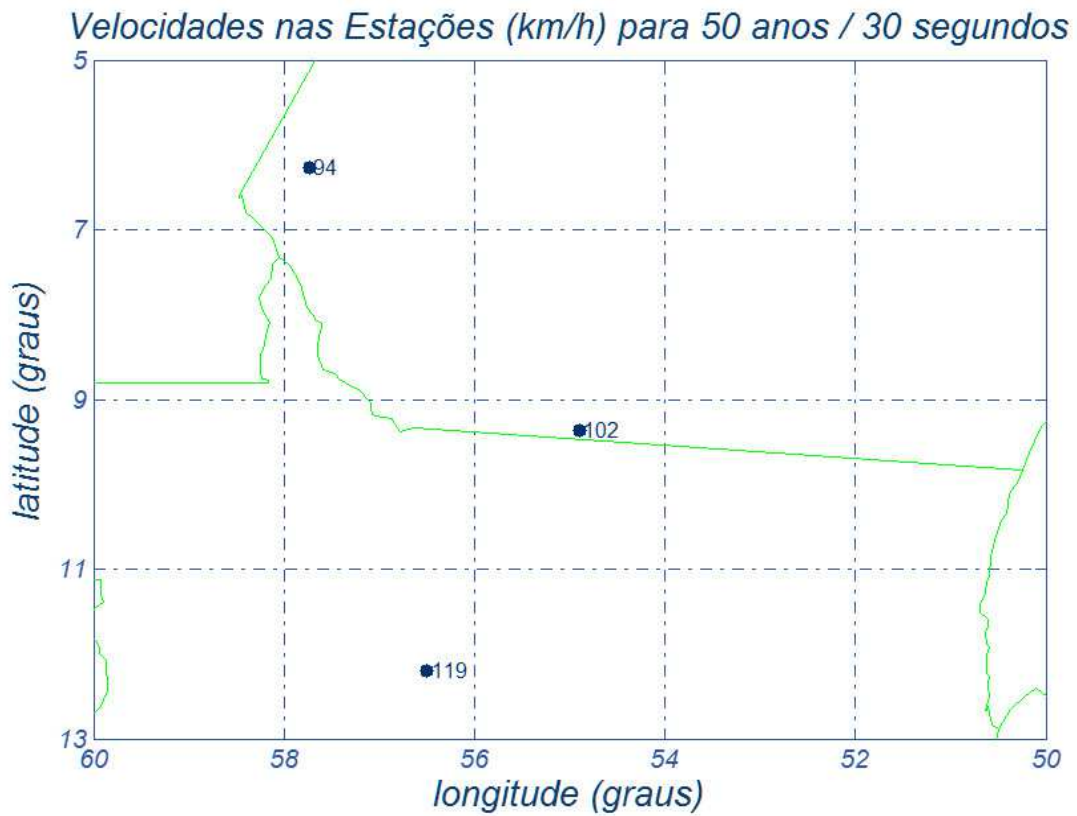
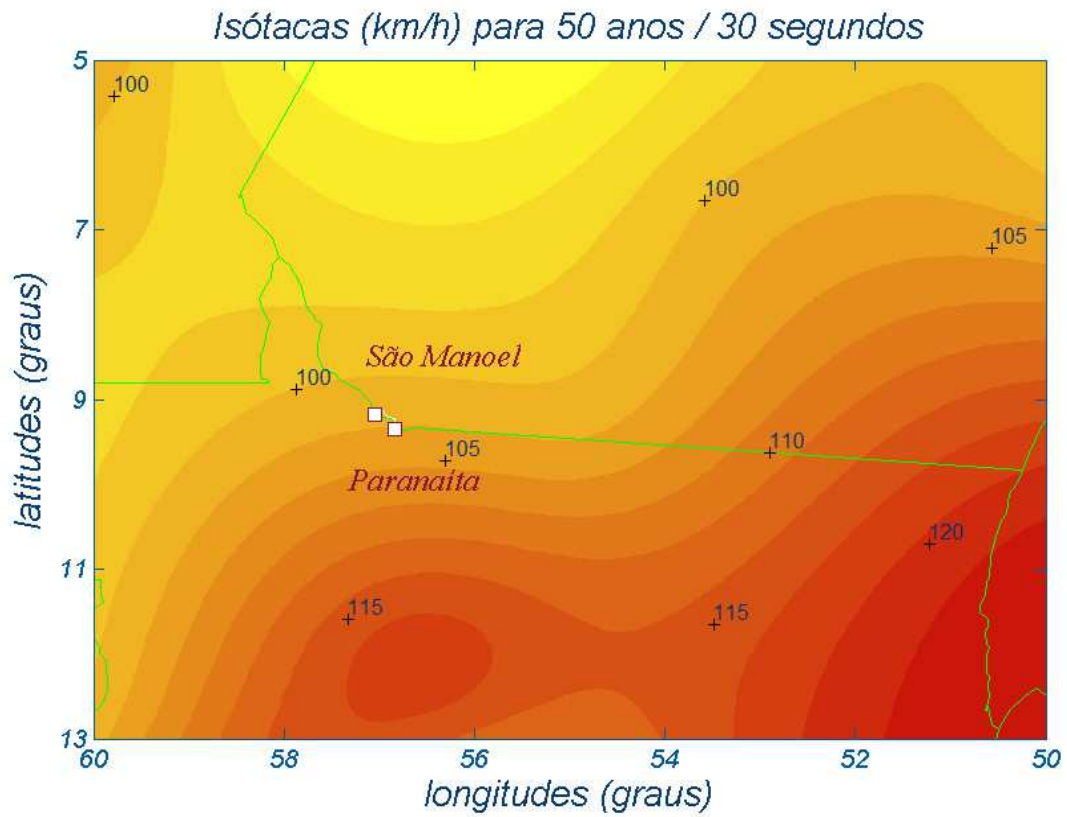
Velocidades nas Estações (km/h) para 250 anos / 10 minutos



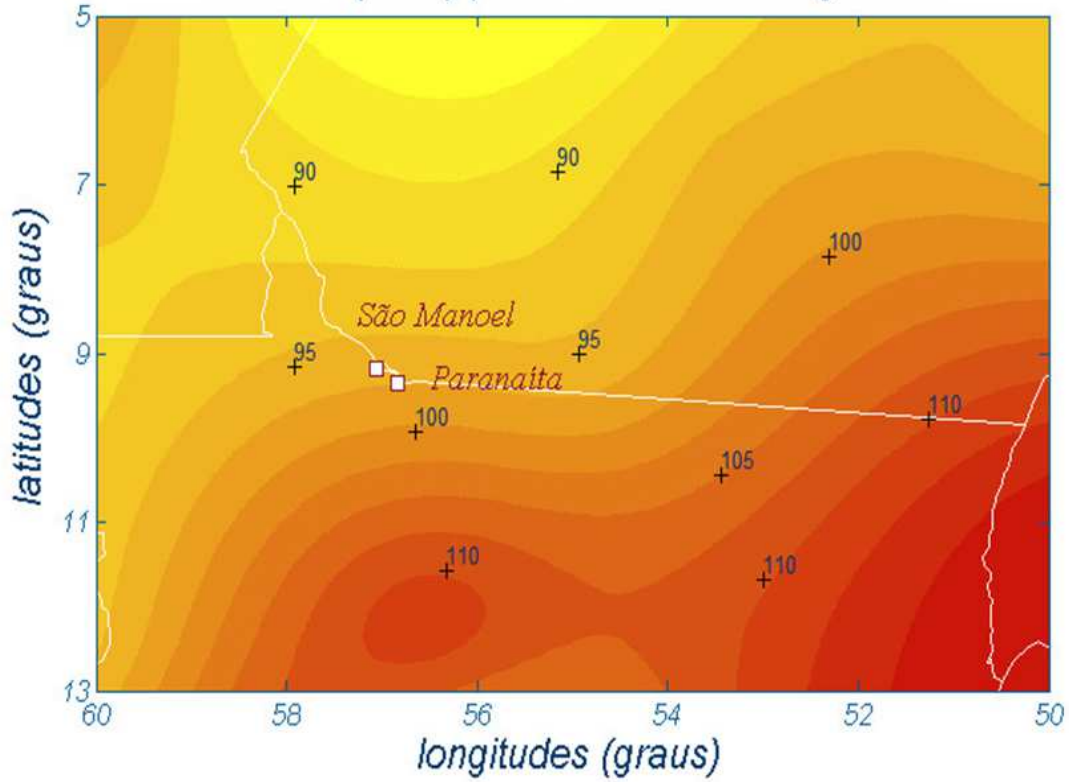




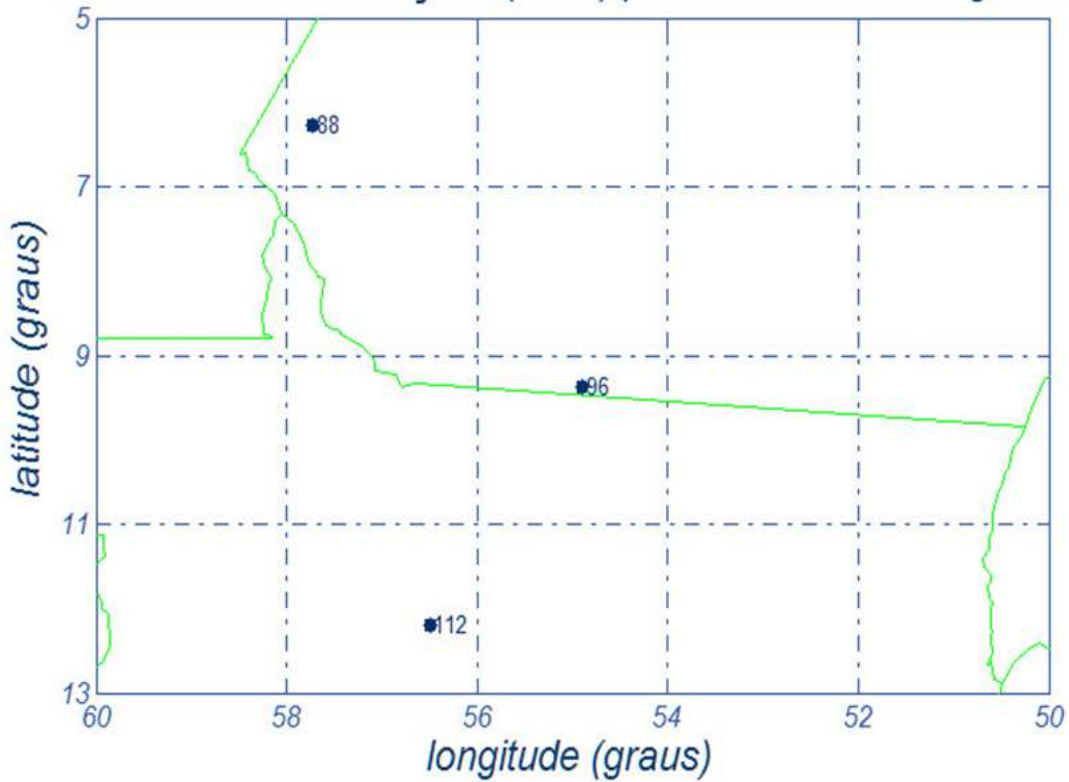


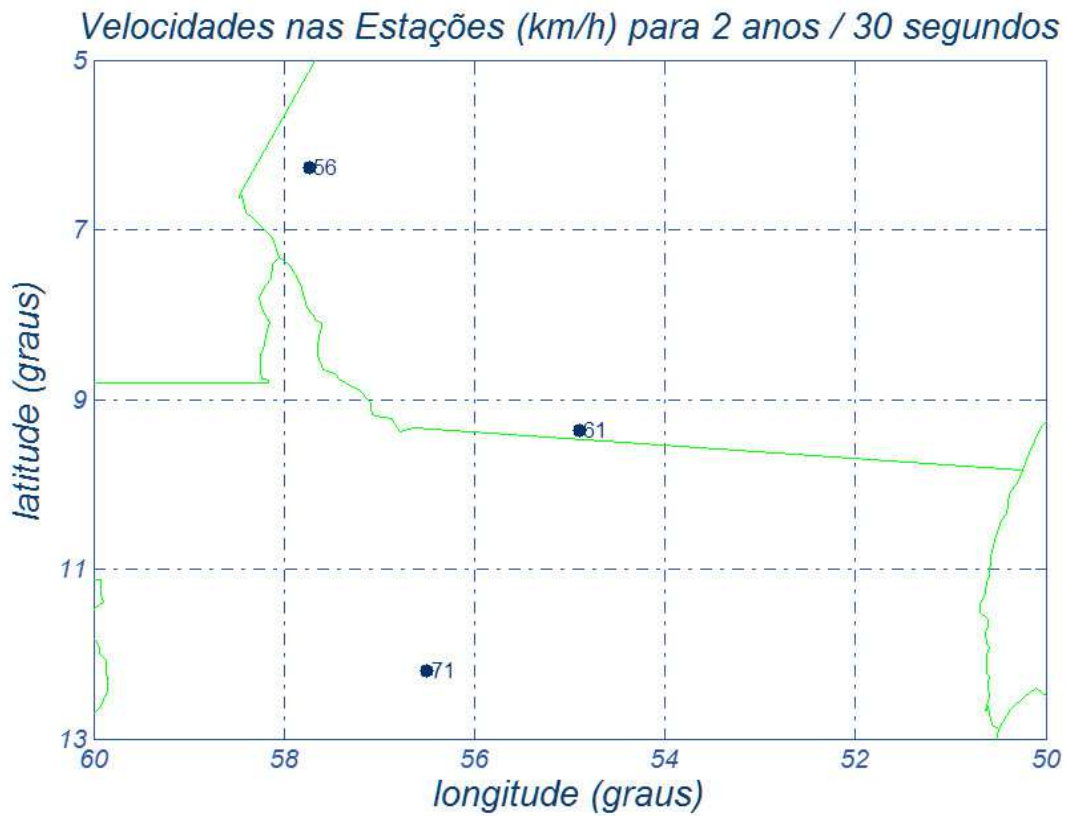
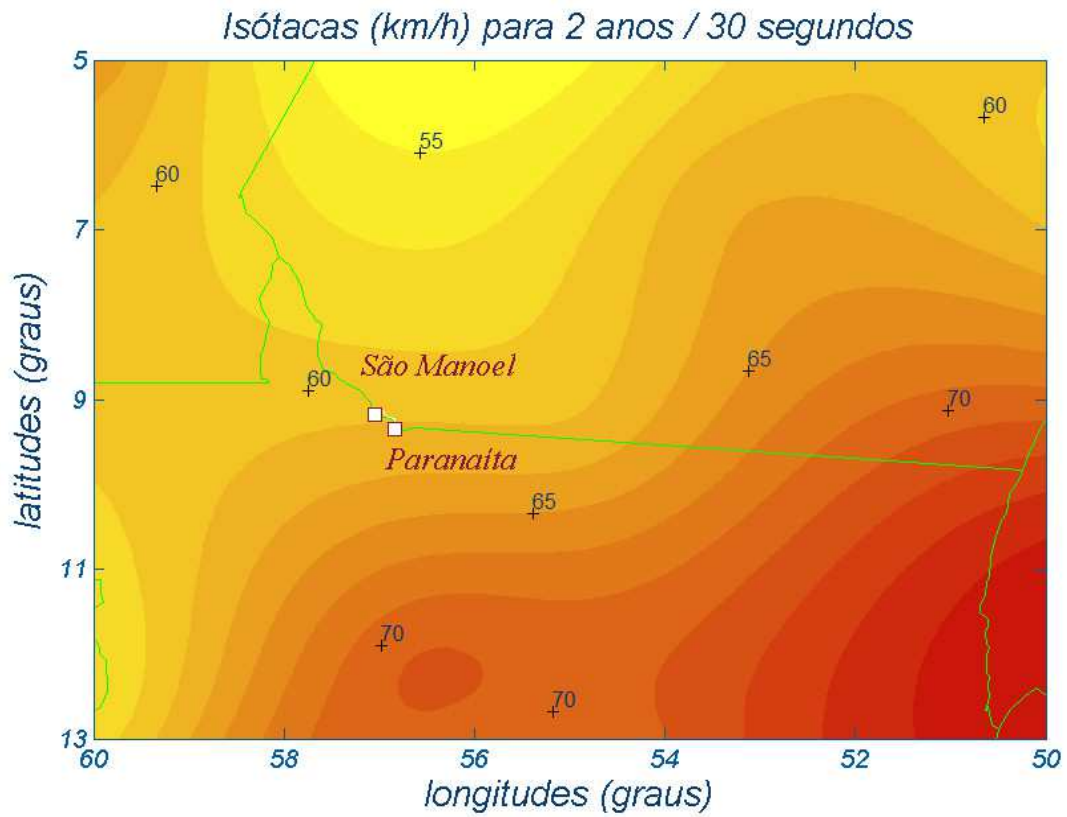


Isótagas (km/h) para 30 anos / 30 segundos



Velocidades nas Estações (km/h) para 30 anos / 30 segundos





## Anexo V O problema da turbulência dos ventos no Brasil

*As preocupações relativas aos esforços resultantes da ação do vento sobre componentes de linhas aéreas de transmissão vêm se avolumando no Brasil, como em outros países. As ocorrências de quedas de estruturas tomam a sua devida importância num sistema de fornecimento de energia elétrica cada vez mais interligado e mais dependente de uma uniformidade de parâmetros de projeto capazes de estabelecer uma base uniforme e comparativa.*

*Pelas suas características aleatórias, a ação do vento em LTs aéreas é sempre polêmica e sujeita a enfoques nacionais que possam introduzir alternativas sobre fenômenos típicos de cada região. Isto implica um esforço de procura de medições e modelagens próprias por parte da engenharia nacional, tal como vem se verificando no Brasil. De uma forma geral, a norma brasileira que rege o assunto em muito se serve da experiência continental adquirida ao longo de décadas e também do acervo publicado em normas internacionais (IEC, por exemplo).*

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

*Com base nos elementos já colocados, o CEPTEL e a BATÁVIA apresentaram um artigo técnico no XVII SNPTEE (Uberlândia) [6], no sentido de alertar que as velocidades de vento de elevada intensidade, e características próprias do território brasileiro, implicam uma necessidade de repensar (ou mesmo majorar) os resultados preconizados pela IEC, quando se segue sem alterações, os atuais cálculos de cargas mecânicas devidas ao vento. Posteriormente, o mesmo assunto foi aprofundado e apresentado na bienal do CIGRÉ - Paris de 2006. É bastante realístico admitir que dados locais analisados segundo a ótica de qualquer procedimento estatístico, não raro, conduzem a valores numéricos ou a decisões práticas que diferem do que é publicado para uso generalizado, nos casos em que não se dispõe de coleta específica de dados. Esse polêmico e estimulante assunto pode ser avaliado nos seus detalhes de forma e de mérito em [7].*

*De forma resumida, os estudos supracitados concluíram pela necessidade de majorar as velocidades médias de 10 minutos em 8% (região sul), 12% (regiões*

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

## *Anexo VI Regionalização dos CVs das séries históricas*

### *Critérios de regionalização dos coeficientes de variação*

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

#### *AVI.1 Para as séries de 10 minutos*

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

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

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

### *AVI.2 Para as séries de 3 segundos*

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

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

*Assim é que há uma relação média entre os valores médios de 3 segundos e os de 10 minutos, ~1,70 para as regiões NORTE e NORDESTE, e ~1,60 para as regiões SUDESTE, CENTRO-OESTE e SUL, valores esses obtidos por média ponderada pelos anos de coleta.*

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

### *AVI.3 Para as séries de 30 segundos*

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

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





São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN

CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

utc  
engenharia

LEME  
ENGENHARIA

---

## **LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA**

### **PROJETO BÁSICO**

#### **CAPÍTULO 6**

#### **ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO**

---



## CONTEÚDO

- 1. OBJETIVO**
- 2. INFORMAÇÕES E DADOS BÁSICOS ADOTADOS**
- 3. DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE ISOLADORES**
- 4. ÂNGULOS DE BALANÇO E DISTÂNCIAS CRÍTICAS**
  - 4.1** Generalidades
  - 4.2** Estrutura de suspensão autoportante delta tipo A58
    - 4.2.1** Ângulos de Balanço e Distâncias Críticas
      - 4.2.1.1** Ângulos de balanço
      - 4.2.1.2** Distâncias críticas
      - 4.2.1.3** Quadro resumo dos resultados
    - 4.3** Estrutura de suspensão autoportante delta, tipo B57
      - 4.3.1** Ângulos de Balanço e Distâncias Críticas
        - 4.3.1.1** Ângulos de balanço
        - 4.3.1.2** Distâncias críticas
        - 4.3.1.3** Quadro resumo dos resultados
      - 4.4** Estruturas de ancoragem autoportante delta, tipos D5A e E5A
- 5. RESUMO DOS NÍVEIS DE ISOLAMENTO E DISTÂNCIAS CRÍTICAS**
  - 5.1** Níveis de isolamento
  - 5.2** Ângulos de balanço e distancias elétricas
- 6. DESEMPENHO SOB SURTOS DE MANOBRA**
- 7. DISTÂNCIAS CRÍTICAS PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA**
- 8. REFERENCIAS**



São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN  
CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

utc  
engenharia

LEME  
ENGENHARIA

**ANEXO 1 ESTUDO DO DESEMPENHO SOB DESCARGAS ATMOSFÉRICAS**

**ANEXO 2 ESTUDO DO DESEMPENHO SOB SURTOS DE MANOBRA**



## 1. OBJETIVO

Este documento tem como objetivo o estudo da coordenação dos isolamentos a serem considerados para a execução do projeto básico da linha de transmissão em 500 kV que irá interligar a SE da UHE São Manoel à SE Paranaíta.

## 2. INFORMAÇÕES E DADOS BÁSICOS ADOTADOS

A linha de transmissão em 500 kV interligará a UHE São Manoel, situada no Estado do Mato Grosso com a subestação Paranaíta situada no Estado do Pará. Serão aqui estudadas suas características elétricas e estruturais mais importantes, buscando uma otimização de seu custo. A LT terá comprimento estimado de 40 quilômetros e feixe triplo de condutores CAA 954 kCmil - RAIL por fase em circuito simples.

Este condutor apresenta os seguintes dados básicos:

- Diâmetro:  $d = 29,61$  mm;
- Carga de ruptura: UTS = 11764 kgf;
- Peso unitário: 1,6002 kgf/m;
- Resistência elétrica CA a 25°C = 0,0618 Ohm/km.
- EDS: 2353 kgf a 27°C

Serão utilizadas na linha as seguintes estruturas metálicas de circuito simples:

- uma estrutura autoportante de suspensão leve, tipo delta, para deflexões na linha até 2°, denominada A58 (ver figura 1);
- uma estrutura autoportante de suspensão reforçada, para deflexões na linha até 8°, denominada B57(ver figura 2);
- uma estrutura de ancoragem autoportante intermediária e ângulo até 30°, denominada D5A;
- uma estrutura de ancoragem autoportante terminal e grandes ângulos até 60°, denominada E5A.

A estrutura típica, mais freqüente, A58, será utilizada como base em alguns cálculos, mas a outra de suspensão tipo B57 será também aqui detalhada em termos de isolamento para posterior cálculo estrutural.

## 3. DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE ISOLADORES

De acordo com a IEC-60815, a rota da linha pode ser considerada como região de poluição leve, caso em que se poderia aplicar o índice distancia de escoamento específica de 12 mm/kV, referido à tensão entre fases. No entanto, tomou-se o valor de 14,0 mm/kV, referido à tensão entre fases, que corresponde ao valor de 24,2 mm/kV referido à tensão fase-terra, tendo em vista os valores mínimos geralmente solicitados nos Editais da ANEEL e a prática para LTs na região.



Com o nível de distância de escoamento específico indicado acima, serão adotadas na linha as duas alternativas de isolamento com isoladores de 146x254 mm e distância de escoamento específica de 320 mm ou de 170x280 mm com distância de escoamento específica de 380 mm. Para tanto, o número N mínimo para isoladores de 146x254mm, será:

$$N = \frac{550 * 14,0}{320} = 24,0$$

Para os isoladores de 170x280 mm, o número N mínimo será:

$$N = \frac{550 * 14}{380} = 20,2$$

Tendo em vista as dimensões das estruturas, cujos projetos são já existentes, serão adotados nas cadeias de suspensão simples para a estrutura A58, 25 isoladores 146 x 254 mm e 22 isoladores 170 x 280 mm para a estrutura tipo B57, número este suficiente para a obtenção de um adequado desempenho sob descargas atmosféricas. As cadeias de ancoragem serão duplas e terão 23 isoladores 170 x 280 mm em cada penca.

#### 4. ÂNGULOS DE BALANÇO E DISTÂNCIAS CRÍTICAS

##### 4.1 Generalidades

A linha de transmissão contará com as estruturas de suspensão e ancoragem já mencionadas no item 2 acima e cujos projetos são existentes. Serão determinadas distâncias elétricas e ângulos de balanço que verifiquem o atendimento de tais estruturas. O estudo de isolamento, aqui elaborado, detalhará e mostrará os cálculos dos ângulos de balanço e das distâncias elétricas para as estruturas de suspensão tipos A58 e B57. Mostrar-se-ão sumariamente as condições a serem atendidas para as demais estruturas de ancoragem.

Para sobretensões à frequência industrial, será determinada a distância crítica para a sobretensão operativa máxima normal e com balanço máximo, correspondente ao vento nominal máximo com período de retorno 50 anos [7.7]. Para o cálculo do balanço das cadeias, conforme [7.3], se adotará o período de integração de 30 segundos.

O critério solicitado será de, no máximo, 1 falha para cada 30 anos, o que equivale a um risco de  $3,3 * 10^{-2}$  p.u. para sobretensões de frequência industrial. O projeto da torre proposto adota um período de retorno de vento de 50 anos, para efeito do cálculo dos ângulos de balanço e um espaçamento adicional com suportabilidade para a tensão máxima operativa  $V_{max} + 3 * \sigma$ . O risco de falha resultante será de  $1,35 * 10^{-3} * 1/50 = 2,7 * 10^{-5}$ .

Para sobretensões devidas a surtos de manobra, adotar-se-á o vento reduzido equivalente a um período de retorno de 2 anos.



Finalmente, para sobretensões atmosféricas, adotar-se-á a condição sem vento, sendo os eventuais balanços das cadeias apenas aqueles correspondentes ao ângulo de deflexão da linha.

## 4.2 Estrutura de suspensão autoportante delta tipo A58

### 4.2.1 Ângulos de Balanço e Distâncias Críticas

#### 4.2.1.1 Ângulos de balanço

##### a) Para frequência industrial (FI)

Para a torre A58 calcular-se-á o ângulo de balanço dinâmico ou balanço devido ao vento pelo Método de Hornisgrinde [7.1]. Também o método simplificado utilizado em [7.3] oferece resultados muito próximos, pois se trata de uma metodologia deduzida a partir do Método de Hornisgrinde indicado em [7.1].

Os valores das velocidades de vento máximo para período de retorno de 50 anos foram obtidos de medições na região da linha, sendo trabalhados conforme a metodologia indicada em [7.2], com os dados mostrados no Capítulo 5 (Velocidade de vento e carregamentos devidos ao vento).

- Vento médio de 50 anos, 10 minutos a 10 m do solo = 20,83 m/s (75 km/h), conforme [7.8];
- Vento médio de 50 anos, 30 segundos a 10 m do solo = 27,78 m/s (100 km/h), conforme [7.8]
- Vento médio de 50 anos 30 segundos a 22 m do solo =  $27,78 \cdot (22/10)^{0,16} \cong 27,78 \cdot 1,1345 = 31,52$  m/s
- Pressão de vento =  $1,225 \cdot \frac{1}{2} \cdot 31,52^2 = 608,5$  Pa = 62 kgf/m<sup>2</sup>

No caso, tem-se o condutor CAA 954 kCmil RAIL e será considerada uma relação típica vão de peso/vão de vento  $V/H = 0,40$  (pessimista) O ângulo dinâmico, devido ao vento, será:  $\beta = \text{tg}^{-1}(K \cdot \text{tg} \beta_R)$ , onde:

$$\text{tg} \beta_R = \frac{q_0 \cdot d}{p \cdot (V/H)} \quad \text{sendo:}$$

$q_0$  = pressão dinâmica de referência (N/m<sup>2</sup>) = 608,5

$d$  = diâmetro do condutor (m) = 0,02961

$p$  = peso unitário do condutor (N/m) = 15,696

$V/H$  = Vão de peso/Vão de vento = 0,40

$$\operatorname{tg} \beta_R = \frac{608,5 * 0,02961}{15,696 * 0,4} = 2,8698$$

A partir da Figura 7 de [7.3], tem-se  $K = 0,32$  e se calcula o seguinte ângulo dinâmico de balanço  $\beta = \operatorname{tg}^{-1}(0,32 * 2,8698) = \operatorname{tg}^{-1}(0,918336) = 42,6^\circ$ .

Calculando-se a tração no cabo RAIL para a pressão de vento de  $62 \text{ kgf/m}^2$  a  $17^\circ\text{C}$ , obtém-se para um vão básico de 450 metros,  $T = 3507 \text{ kgf}$ .

O ângulo de balanço correspondente a uma deflexão média de  $2,0^\circ$  na linha será dado por:

$$\vartheta_e = \arctan(2 * 3 * T * \operatorname{sen}(\alpha/2) / (w * 3 * V + P_c/2)) = \arctan [6 * 3507 * \operatorname{sen}(1^\circ) / (180 * 4,800 + 100,0)] = \operatorname{arctg}(367,23/964) = \arctan(0,3809) = 20,85^\circ$$

A tração máxima calculada para o condutor é  $T = 3507 \text{ kgf}$ , o peso da cadeia é tomado igual a  $200 \text{ kgf}$ , o vão médio considerado é de  $450 \text{ m}$  e o vão gravante de  $180 \text{ m}$ , valores esses típicos para a relação  $V/H = 0,40$  na região da LT.

$$\text{Então: } \theta = \operatorname{tg}^{-1}(\operatorname{tg} 42,6^\circ + \operatorname{tg} 20,85^\circ) = \operatorname{tg}^{-1}(0,91954 + 0,3808) = \operatorname{tg}^{-1}(1,30034) = 52,4^\circ$$

Portanto, para frequência industrial (FI), o ângulo de balanço é de  $52,4^\circ$  na estrutura tipo A58. Como esta estrutura é existente e permite um ângulo de até  $59^\circ$ , não há impossibilidade de uso da mesma. Será adotado então o ângulo de  $59^\circ$  para balanço para a frequência industrial (FI) nesta estrutura.

## **b) Para descargas atmosféricas(DA)**

De forma similar ao caso da frequência industrial, o ângulo de balanço pode ser calculado, para descargas atmosféricas (DA) na referida estrutura. A tração nos condutores utilizada nos cálculos do ângulo de balanço para a condição de descargas atmosféricas é a tração tangencial de EDS Teds, que é igual a  $2353 \text{ kgf}$  a  $27^\circ\text{C}$ , sem pressão de vento. Neste caso será considerado apenas o ângulo de desvio de linha de  $2^\circ$ , típico da estrutura A58.



Então:

$$\vartheta_e = \arctan(2 \cdot 3 \cdot T \cdot \sin(\alpha/2) / (w \cdot 3 \cdot V + P_c/2))$$

$$\vartheta_e = \arctan [6 \cdot 2350 \cdot \sin(1^\circ) / (180 \cdot 4,800 + 100,0)] = \arctg(246,1/964) = \arctan (0,25529)$$

$$\vartheta_e = 14,3^\circ.$$

Portanto, para descargas atmosféricas o ângulo de balanço é de 14,3° na estrutura tipo A58.

Como esta estrutura existente e permite um ângulo de até 24°, não há impossibilidade de uso da mesma. Será então dotado o ângulo de 24° para balanço para descargas atmosféricas (DA).

### c) Para surtos de manobra (SM)

Os valores das velocidades de vento máximo para período de retorno de 50 anos foram obtidos de medições na região da linha, sendo trabalhados conforme a metodologia indicada em [7.2], com os dados mostrados no Capítulo 5 (Velocidade de vento e carregamentos devidos ao vento).

- Vento médio de 50 anos, 10 minutos a 10 m do solo = 20,83 m/s (75 km/h), conforme [7.8];
- Vento médio de 50 anos, 30 segundos a 10 m do solo = 27,78 m/s (100 km/h), conforme [7.8]
- Vento médio de 50 anos 30 segundos a 22 m do solo =  $27,78 \cdot (22/10)^{0,16} \cong 27,78 \cdot 1,1345 = 31,52$  m/s
- Vento de 60%, 50 anos 30 segundos a 22 m do solo =  $31,52 \cdot 0,60 \cdot (22/10)^{0,16} \cong 18,92 \cdot 1,1345 = 21,45$  m/s
- Pressão de vento reduzido =  $1,225 \cdot \frac{1}{2} \cdot 21,45^2 = 281,8$  Nm<sup>2</sup> = 28,72 kgf/m<sup>2</sup>

No caso, tem-se o condutor CAA 954 kCmil RAIL e será considerada uma relação típica vão de peso/vão de vento  $V/H = 0,40$  (pessimista) O ângulo dinâmico, devido ao vento, será:

$\beta = \text{tg}^{-1}(K \cdot \text{tg} \beta_R)$ , onde:

$$\text{tg} \beta_R = \frac{q_0 \cdot d}{p \cdot (V/H)}$$

Sendo:

$$q_0 = \text{pressão dinâmica de referência (N/m}^2) = 396,72$$

$$d = \text{diâmetro do condutor (m)} = 0,02961$$

$$p = \text{peso unitário do condutor (N/m)} = 15,696$$

$$V/H = \text{Vão de peso/Vão de vento} = 0,40$$



$$\operatorname{tg} \beta_R = \frac{281,8 * 0,02961}{15,696 * 0,4} = 1,3290$$

A partir da Figura 7 de [7.3], tem-se  $K = 0,30$  e se calcula o seguinte ângulo dinâmico de balanço  $\beta = \operatorname{tg}^{-1}(0,30 * 1,3290) = \operatorname{tg}^{-1}(0,3987) = 21,7^\circ$

A tração tangencial para surtos de manobra =  $T_{sm} = 2685 \text{ kgf}$  a  $27^\circ\text{C}$ , com pressão de vento de 36% da pressão de vento máximo será de  $28,72 \text{ kgf/m}^2$ .

O ângulo de balanço correspondente a uma deflexão média de  $2,0^\circ$  na linha será dado por:

$$\vartheta_e = \arctan(2 * 3 * T * \operatorname{sen}(\alpha/2) / (w * 3 * V + P_c/2) = \arctan [6 * 2685 * \operatorname{sen}(1^\circ) / (180 * 4,800 + 100,0)] = \arctg(281,16/964) = \arctan(0,291659) = 16,3^\circ.$$

$$\text{Então: } \theta = \operatorname{tg}^{-1}(\operatorname{tg} 21,7^\circ + \operatorname{tg} 16,3^\circ) = \operatorname{tg}^{-1}(0,397948 + 0,292420) = \operatorname{tg}^{-1}(0,690368) = 34,6^\circ$$

Portanto, para surtos de manobra (SM), o ângulo de balanço é de  $34,6^\circ$  na estrutura tipo A58.

Como esta estrutura é existente e permite um ângulo de até  $41^\circ$ , não há impossibilidade de uso da mesma. Será adotado então o ângulo de  $41^\circ$  para balanço para surtos de manobra (SM) nesta estrutura.

#### 4.2.1.2 Distâncias críticas

##### a) Para frequência industrial (FI)

Sendo que a altitude média da linha é de  $250 \text{ m}$  e o fator de clima FC (RIS) =  $0,95$ , conforme [7.7], tem-se seguinte tensão máxima a  $3 \cdot$  da média:

$$V = \frac{500 * 1,1}{\sqrt{3} * (1 - 3 * 0,02) * 0,95} = \frac{318}{(1 - 3 * 0,02) * 0,95} = 357 \text{ kV}$$

Para essa tensão crítica, conforme [7.1], a distância crítica para frequência industrial (FI) será da ordem  $0,98 \text{ m}$ . Segundo [7.4], chega-se a uma distância crítica de  $0,90 \text{ m}$  para o corpo da torre ou viga e  $0,96$  para a janela da torre. Para a estrutura tipo A58 foi considerada a distância mínima para frequência industrial de  $1,0 \text{ metro}$ , portanto esta será a distância adotada, que é coerente com a definida neste estudo.



## b) Para surtos de manobra (SM)

Foram adotados os valores fase-terra de 2,30 p.u. para energização e religamento, sendo esta condição adotada no cálculo dos espaçamentos mínimos necessários. Para fase-fase foi adotado o valor de 3,0 pu. Quanto ao cálculo do Risco de Falha (PFO), efetuado no Anexo 2, utilizou-se dados de estudos conforme [7.9].

As distâncias elétricas críticas foram obtidas através da Fórmula de Paris, tendo sido também conferidas de acordo com [7.4].

A tensão de referência fase-terra será a tensão base  $V_b$  dada por:

$$V_b = \frac{500 * \sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cong 410 \text{ kV}$$

A tensão base  $V_b$  fase-fase será:

$$V_b = \sqrt{2} * 500 = 707 \text{ kV}$$

Com o nível de sobretensão convencional adotado se chegará ao valor de tensão máxima  $V_m$  calculado a seguir, ou seja, a tensão convencional de surto de manobra a ser adotada no projeto.

$V_m = 2,3 * 410 \approx 945 \text{ kV}$ , que deverá ser igual ou inferior à tensão suportável.

A tensão crítica correspondente  $V_{50\%}$  nas condições meteorológicas reais será:

$$V_{50\%} = 945 / 0,95 \approx 995 \text{ kV}$$

Para o cálculo das distâncias elétricas de segurança, deve-se determinar a tensão crítica para as condições meteorológicas padrão, devendo-se dividir a tensão crítica  $V_{50\%}$  nas condições reais pelo Fator de Clima (RIS) para a condição de altitude adotada (250 m). Neste caso específico foi considerado o valor de 0,95 dado por [7.7].

A tensão crítica de 995 kV deverá ser utilizada no cálculo dos espaçamentos de ar ("gap") mínimos necessários, como a seguir:

### a) Condutor – Mastro ou mísula

$$V = k * 500 * d^{0,6}$$

$$995 = 1,35 * 500 * d^{0,6}$$

$$d^{0,6} = 1,474$$

$$d_m = 1,91 \text{ m}$$

Valor sugerido = 2,0 m

Valor na estrutura tipo A58 = valor adotado = 2,1 m

**b) Condutor – Janela**

$$V = k * 500 * d^{0,6}$$

$$995 = 1,20 * 500 * d^{0,6}$$

$$d_j^{0,6} = 1,658$$

$$d_j = 2,32 \text{ m}$$

$$\text{Valor sugerido} = 2,5 \text{ m}$$

$$\text{Valor na estrutura tipo A58} = \text{valor adotado} = 3,74 \text{ m}$$

**c) Condutor – condutor (Distância entre fases)**

Considerando o máximo surto entre fases como tendo o mesmo valor de 3,0 p.u. chega-se a  $V_{\text{max f-f}} = 3,0 * 707 / 0,95 = 2235 \text{ kV}$ , ou seja, aplicando-se a Fórmula de Paris:

$$2235 = 1,40 * 500 * d^{0,6}$$

$$d^{0,6} = 3,19$$

$$d_{\text{FF}} = 6,91 \text{ m}$$

$$\text{Valor sugerido} = 7,0 \text{ m}$$

$$\text{Valor na estrutura tipo A58} = \text{valor adotado} = 11,0 \text{ m}$$

**c) Para descarga atmosférica (DA)**

Para o caso do desempenho da linha no que concerne a descargas atmosféricas, considera-se pois a condição sem vento, de forma que o único ângulo de balanço é aquele devido à deflexão da linha, que se considerará igual a 2º para a estrutura tipo A58.

Para essa condição se tomará uma distância elétrica 3,65 m, equivalente ao comprimento elétrico da cadeia com 25 isoladores de  $0,146 * 25 = 3,65 \text{ m}$ . Este valor será considerado tanto para as cadeias externas em I, com o balanço devido à deflexão da LT, quanto para a cadeia central em V que não possui balanço. À distância elétrica acima, conforme Tabela 5.2 de [4], corresponde uma sobretensão suportável de impulso atmosférico (BIL) da ordem de 1700 kV. No caso da estrutura tipo A58, o valor da distância é de 3,74 metros, adequado, portanto.



#### 4.2.1.3 Quadro resumo dos resultados

A tabela a seguir resume o cálculo dos ângulos de balanço para os três casos de frequência Industrial, surtos de manobra e descarga atmosférica para a estrutura tipo A58.

LT 500 KV UHE SÃO MANOEL – PARANAÍTA			
ÂNGULOS DE BALANÇO E DISTÂNCIAS MÍNIMAS ADOTADAS PARA ESTRUTURA DE SUSPENSÃO TIPO A58 ( $\alpha$ até 2°)			
Condição	Ângulo de balanço	Fases externas I	Fase central V
Freq. industrial (FI)	59°	1,0 m	1,0 m
Surtos manobra (SM)	41°	2,1 m	2,1 m
Desc. atmosférica (DA)	24	3,74 m	3,74 m

De acordo com o cálculo de desempenho sob descargas atmosféricas, deve-se considerar uma resistência de aterramento média da ordem de 30  $\Omega$ , devido às condições de resistividade do solo.

Na atividade cerâmica na região da linha a índice cerâmico adotado será de 90 conforme [7.7].

O índice de desempenho adotado para a linha de 500 kV será 1 desligamento/100 km /ano, como pode ser visto no Anexo 1.

### 4.3 Estrutura de suspensão autoportante delta tipo B57

#### 4.3.2 Ângulos de Balanço e Distâncias Críticas

##### 4.3.1.1 Ângulos de balanço

##### a) Para frequência industrial(FI)

Para a torre B57 calcular-se-á o ângulo de balanço dinâmico ou balanço devido ao vento pelo Método de Hornisgrinde [7.1]. Também o método simplificado utilizado em [7.3] oferece resultados muito próximos, pois se trata de uma metodologia deduzida a partir do Método de Hornisgrinde indicado em [7.1].

Os valores das velocidades de vento máximo para período de retorno de 50 anos foram obtidos de medições na região da linha, sendo trabalhados conforme a metodologia indicada em [7.2], com os dados mostrados no Capítulo 5(Velocidade de vento e carregamentos devidos ao vento).

- Vento médio de 50 anos, 10 minutos a 10 m do solo = 20,83 m/s (75 km/h), conforme [7.8];
- Vento médio de 50 anos, 30 segundos a 10 m do solo = 27,78 m/s (100 km/h), conforme [7.8]



- Vento médio de 50 anos 30 segundos a 22 m do solo =  $27,78 \cdot (22/10)^{0,16} \cong 27,78 \cdot 1,1345 = 31,52$  m/s
- Pressão de vento =  $1,225 \cdot \frac{1}{2} \cdot 31,52^2 = 608,5$  Pa = 62 kgf/m<sup>2</sup>

No caso, tem-se o condutor CAA 954 kCmil RAIL e será considerada para a estrutura B57 uma relação típica vão de peso/vão de vento  $V/H = 0,75$ . O ângulo dinâmico, devido ao vento, será:  $\beta = \text{tg}^{-1}(K \cdot \text{tg} \beta_R)$ , onde:

$$\text{tg} \beta_R = \frac{q_0 \cdot d}{p \cdot (V/H)} \quad \text{sendo:}$$

$q_0$  = pressão dinâmica de referência (N/m<sup>2</sup>) = 608,5

$d$  = diâmetro do condutor (m) = 0,02961

$p$  = peso unitário do condutor (N/m) = 15,696

$V/H$  = Vão de peso/Vão de vento = 0,75

$$\text{tg} \beta_R = \frac{608,5 \cdot 0,02961}{15,696 \cdot 0,75} = 1,53055$$

A partir da Figura 7 de [7.3], tem-se  $K = 0,30$  e se calcula o seguinte ângulo dinâmico de balanço  $\beta = \text{tg}^{-1}(0,30 \cdot 1,53055) = \text{tg}^{-1}(0,459165) = 24,7^\circ$ .

Calculando-se a tração no cabo RAIL para a pressão de vento de 62 kgf/m<sup>2</sup> a 17°C, obtém-se para um vão básico de 420 metros,  $T = 3498$  kgf.

O ângulo de balanço correspondente a uma deflexão média de 8° na linha será dado por:

$$\vartheta_e = \arctan(2 \cdot 3 \cdot T \cdot \text{sen}(\alpha/2) / (w \cdot 3 \cdot V + P_c/2)) = \arctan [6 \cdot 3498 \cdot \text{sen}(4^\circ) / (315 \cdot 4,800 + 100,0)] = \text{arctg}(1464/1612) = \arctan(0,908188) = 42,3^\circ.$$

A tração máxima calculada para o condutor é  $T = 3498$  kgf, o peso da cadeia é tomado igual a 200 kgf, o vão médio considerado é de 420 m e o vão gravante de 315 m, valores esses típicos para a relação  $V/H = 0,75$  para a estrutura na região da LT.

$$\text{Então: } \theta = \text{tg}^{-1}(\text{tg} 24,7^\circ + \text{tg} 42,3^\circ) = \text{tg}^{-1}(0,459165 + 0,909929) = \text{tg}^{-1}(1,36915) = 53,8^\circ$$



Portanto, para frequência industrial (FI), o ângulo de balanço é de 53,8° na estrutura tipo B57. Como esta estrutura é existente e permite um ângulo de até 67°, não há impossibilidade de uso da mesma. Será adotado então o ângulo de 67° para balanço para a frequência industrial (FI) nesta estrutura.

### b) Para descargas atmosféricas(DA)

De forma similar ao cálculo para frequência industrial, o ângulo de balanço para descargas atmosféricas (DA) na referida estrutura pode ser calculado. A tração nos condutores utilizada nos cálculos do ângulo de balanço para a condição de descargas atmosféricas é a tração tangencial de EDS Teds, que é igual a 2353 kgf a 27°C, sem pressão de vento. Neste caso será considerado apenas o ângulo de desvio de linha de 8° para a estrutura B57.

Então:

$$\vartheta_e = \arctan(2 \cdot 3 \cdot T \cdot \sin(\alpha/2) / (w \cdot 3 \cdot V + P_c/2))$$

$$\vartheta_e = \arctan [6 \cdot 2350 \cdot \sin(4^\circ) / (357 \cdot 4,800 + 100,0)] = \arctg(983,6/1813,6) = \arctan(0,54234)$$

$$\vartheta_e = 28,5^\circ$$

Portanto, para descargas atmosféricas o ângulo de balanço é de 28,5° na estrutura tipo B57. Como esta estrutura existente e permite um ângulo de até 29°, não há impossibilidade de uso da mesma. Será então adotado o ângulo de 29° para balanço para descargas atmosféricas (DA).

### c) Para surtos de manobra (SM)

Os valores das velocidades de vento máximo para período de retorno de 50 anos foram obtidos de medições na região da linha, sendo trabalhados conforme a metodologia indicada em [7.2], com os dados mostrados no Capítulo 5 (Velocidade de vento e carregamentos devidos ao vento).

- Vento médio de 50 anos, 10 minutos a 10 m do solo = 20,83 m/s (75 km/h), conforme [7.8];
- Vento médio de 50 anos, 30 segundos a 10 m do solo = 27,78 m/s (100 km/h), conforme [7.8]
- Vento médio de 50 anos 30 segundos a 22 m do solo =  $27,78 \cdot (22/10)^{0,16} \cong 27,78 \cdot 1,1345 = 31,52$  m/s
- Vento de 60%, 50 anos 30 segundos a 22 m do solo =  $31,52 \cdot 0,60 \cdot (22/10)^{0,16} \cong 18,92 \cdot 1,1345 = 21,45$  m/s
- Pressão de vento reduzido =  $1,225 \cdot \frac{1}{2} \cdot 21,45^2 = 281,8$  Nm<sup>2</sup> = 28,72 kgf/m<sup>2</sup>



No caso, tem-se o condutor CAA 954 kCmil RAIL e será considerada uma relação típica vão de peso/vão de vento  $V/H = 0,75$  para este tipo de estrutura. O ângulo dinâmico, devido ao vento, será:  $\beta = \text{tg}^{-1}(K \cdot \text{tg} \beta_R)$ , onde:

$$\text{tg} \beta_R = \frac{q_0 \cdot d}{p \cdot (V/H)}$$

Sendo:

$q_0$  = pressão dinâmica de referência ( $\text{N/m}^2$ ) = 281,8

$d$  = diâmetro do condutor (m) = 0,02961

$p$  = peso unitário do condutor ( $\text{N/m}$ ) = 15,696

$V/H$  = Vão de peso/Vão de vento = 0,75

$$\text{tg} \beta_R = \frac{281,8 \cdot 0,02961}{15,696 \cdot 0,75} = 0,70880$$

A partir da Figura 7 de [7.3], tem-se  $K = 0,33$  e se calcula o seguinte ângulo dinâmico de balanço  $\beta = \text{tg}^{-1}(0,33 \cdot 0,70880) = \text{tg}^{-1}(0,23390) = 13,2^\circ$ .

A tração tangencial para surtos de manobra =  $T_{sm} = 2685$  kgf a  $27^\circ\text{C}$ , com pressão de vento de 36% da pressão de vento máximo será de  $28,72$  kgf/m<sup>2</sup>.

O ângulo de balanço correspondente a uma deflexão média de  $8,0^\circ$  na linha será dado por:

$$\vartheta_e = \arctan(2 \cdot 3 \cdot T \cdot \text{sen}(\alpha/2) / (w \cdot 3 \cdot V + P_c/2)) = \arctan [6 \cdot 2685 \cdot \text{sen}(4^\circ) / (315 \cdot 4,800 + 100,0)] = \arctg(1123,8/1612) = \arctan(0,697146) = 34,9^\circ$$

$$\text{Então: } \theta = \text{tg}^{-1}(\text{tg} 13,2^\circ + \text{tg} 34,9^\circ) = \text{tg}^{-1}(0,234547 + 0,697609) = \text{tg}^{-1}(0,932156) = 43^\circ$$

Portanto, para surtos de manobra (SM), o ângulo de balanço é de  $43^\circ$  na estrutura tipo A58.

Como esta estrutura é existente e permite um ângulo de até  $48^\circ$ , não há impossibilidade de uso da mesma. Será adotado então o ângulo de  $48^\circ$  para balanço para surtos de manobra (SM) nesta estrutura.



#### 4.3.1.2 Distâncias críticas

##### a) Para frequência industrial (FI)

Sendo que a altitude média da linha é de 250 m e o fator de clima FC (RIS) = 0,95, conforme [7.7], tem-se seguinte tensão máxima a 3· da média:

$$V = \frac{500 * 1,1}{\sqrt{3} * (1 - 3 * 0,02) * 0,95} = \frac{318}{(1 - 3 * 0,02) * 0,95} = 357kV$$

Para essa tensão crítica, conforme [7.1], a distância crítica para frequência industrial (FI) será da ordem 0,98 m. Segundo [7.4], chega-se a uma distância crítica de 0,90 m para o corpo da torre ou viga e 0,96 para a janela da torre. Para a estrutura tipo B57 foi considerada a distância mínima para frequência industrial de 1,0 metros, portanto esta será a distância adotada, que é coerente com a definida neste estudo.

##### b) Para surtos de manobra (SM)

Foram adotados os valores fase-terra de 2,30 p.u. para energização e religamento, sendo esta condição adotada no cálculo dos espaçamentos mínimos necessários. Para fase-fase foi adotado o valor de 3,0 pu. Quanto ao cálculo do Risco de Falha (PFO), efetuado no Anexo 2, utilizou-se dados de estudos conforme [7.9].

As distâncias elétricas críticas foram obtidas através da Fórmula de Paris, tendo sido também conferidas de acordo com [7.4].

A tensão de referência fase-terra será a tensão base  $V_b$  dada por:

$$V_b = \frac{500 * \sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cong 410kV$$

A tensão base  $V_b$  fase-fase será:

$$V_b = \sqrt{2} * 500 = 707kV$$

Com o nível de sobretensão convencional adotado se chegará ao valor de tensão máxima  $V_m$  calculado a seguir, ou seja, a tensão convencional de surto de manobra a ser adotada no projeto.

$V_m = 2,3 * 410 \approx 945$  kV, que deverá ser igual ou inferior à tensão suportável.

A tensão crítica correspondente  $V_{50\%}$  nas condições meteorológicas reais será:

$$V_{50\%} = 945/0,95 \approx 995$$
 kV



Para o cálculo das distâncias elétricas de segurança, deve-se determinar a tensão crítica para as condições meteorológicas padrão, devendo-se dividir a tensão crítica  $V_{50\%}$  nas condições reais pelo Fator de Clima (RIS) para a condição de altitude adotada (250 m). Neste caso específico foi considerado o valor de 0,95 dado por [7.7].

A tensão crítica de 995 kV deverá ser utilizada no cálculo dos espaçamentos de ar ("gap") mínimos necessários, como a seguir:

a) Condutor – Mastro ou mísula

$$V = k * 500 * d^{0,6}$$

$$995 = 1,35 * 500 * d^{0,6}$$

$$d^{0,6} = 1,474$$

$$d_m = 1,91 \text{ m}$$

Valor sugerido = 2,0 m

Valor na estrutura tipo B57 = valor adotado = 2,1 m

b) Condutor – Janela

$$V = k * 500 * d^{0,6}$$

$$995 = 1,20 * 500 * d^{0,6}$$

$$d_j^{0,6} = 1,658$$

$$d_j = 2,32 \text{ m}$$

Valor sugerido = 2,5 m

Valor na estrutura tipo B57 = valor adotado = 3,74 m

c) Condutor – condutor (Distância entre fases)

Considerando o máximo surto entre fases como tendo o mesmo valor de 3,0 p.u. chega-se a  $V_{\max} \text{ f-f} = 3,0 * 707 / 0,95 = 2235 \text{ kV}$ , ou seja, aplicando-se a Fórmula de Paris:

$$2235 = 1,40 * 500 * d^{0,6}$$

$$d^{0,6} = 3,19$$

$$d_{\text{FF}} = 6,91 \text{ m}$$

Valor sugerido = 7,0 m

Valor na estrutura tipo B57 = valor adotado = 11,5 m

**c) Para descarga atmosférica (DA)**

Para o caso do desempenho da linha no que concerne a descargas atmosféricas, considera-se pois a condição sem vento, de forma que o único ângulo de balanço é aquele devido à deflexão da linha, que se considerará igual a  $8^\circ$  para a estrutura tipo B57.

Para essa condição se tomará uma distância elétrica 3,74 m, equivalente ao comprimento elétrico da cadeia com 22 isoladores de  $0,170 * 22 = 3,74 \text{ m}$ . Este valor será considerado tanto para as cadeias externas em I, com o balanço devido à deflexão da LT, quanto para a cadeia central em V que não possui balanço.



À distância elétrica acima, conforme Tabela 5.2 de [7.4], corresponde uma sobretensão suportável de impulso atmosférico (BIL) da ordem de 1700 kV.

No caso da estrutura tipo B57, o valor da distância é de 3,74 metros, adequado, portanto.

#### 4.3.1.3 Quadro resumo dos resultados

A tabela a seguir resume o cálculo dos ângulos de balanço para os três casos de frequência Industrial, surtos de manobra e descarga atmosférica para a estrutura tipo B57.

LT 500 KV UHE SÃO MANOEL – PARANAÍTA ÂNGULOS DE BALANÇO E DISTÂNCIAS MÍNIMAS ADOTADAS PARA ESTRUTURA DE SUSPENSÃO TIPO B57 ( $\alpha$ até 8°)			
Condição	Ângulo de balanço	Fases externas I	Fase central V
Freq. industrial (FI)	67°	1,0 m	1,0 m
Surtos manobra (SM)	48°	2,1 m	2,1 m
Desc. atmosférica (DA)	29°	3,74 m	3,74 m

De acordo com o cálculo de desempenho sob descargas atmosféricas, deve-se considerar uma resistência de aterramento média da ordem de 20  $\Omega$ , devido às condições de resistividade do solo.

Na atividade cerâmica na região da linha a índice cerâmico adotado será de 90 conforme [7.7].

O índice de desempenho adotado para a linha de 500 kV será 1 desligamento/100 km /ano, é igual ao calculado para a estrutura tipo A58 podendo ser visto no Anexo 1.

#### 4.4 Estruturas de ancoragem autoportantes delta tipos D5A e E5A

Para a estrutura de ancoragem intermediária e ângulo até 30°, denominada D5A, bem como para a estrutura de ancoragem ou fim de linha, denominada E5A, teremos:

- ângulo de balanço do condutor de passagem:  $\theta = 20^\circ$
- distância de segurança para a torre:  $d_{ft} = 3,74$  m

#### 5. RESUMO DOS NÍVEIS DE ISOLAMENTO E DAS DISTÂNCIAS CRÍTICAS

Para o projeto das estruturas o seguinte resumo de níveis de isolamento, ângulos de balanço e distâncias críticas são a seguir indicados.

## 5.1 Níveis de isolamento

Os níveis de isolamento das cadeias, dimensionadas para a linha podem ser resumidos como a seguir:

- Tensão suportável de impulso atmosférico (BIL): 1850 kV
- Tensão suportável à frequência industrial (a seco): 1260 kV
- Tensão suportável à frequência industrial (sob chuva): 950 kV
- Tensão suportável a impulso de manobra (Condições atmosféricas padrão): 995 kV
- Tensão suportável a impulso de manobra (Condições atmosféricas reais): 1050 kV

## 5.2 Ângulos de balanço e distâncias elétricas

### a) Estruturas de suspensão

As tabelas a seguir resumem os resultados dos cálculos de ângulos de balanço e distâncias críticas para as estruturas tipo A58 e B57, ambas de suspensão, aplicáveis ao feixe de condutores 3xCAA 954 kCmil (Rail). No item seguinte estão os dados referentes as estruturas de ancoragem.

LT 500 KV UHE SÃO MANOEL – PARANAÍTA ÂNGULOS DE BALANÇO E DISTÂNCIAS MÍNIMAS ADOTADAS PARA ESTRUTURA DE SUSPENSÃO TIPO A58 ( $\alpha$ até 2°)			
Condição	Ângulo de balanço	Fases externas I	Fase central V
Freq. industrial (FI)	59°	1,0 m	1,0 m
Surtos manobra (SM)	41°	2,1 m	2,1 m
Desc. atmosférica (DA)	24	3,74 m	3,74 m
LT 500 KV UHE SÃO MANOEL – PARANAÍTA ÂNGULOS DE BALANÇO E DISTÂNCIAS MÍNIMAS ADOTADAS PARA ESTRUTURA DE SUSPENSÃO TIPO B57 ( $\alpha$ até 8°)			
Condição	Ângulo de balanço	Fases externas I	Fase central V
Freq. industrial (FI)	67°	1,0 m	1,0 m
Surtos manobra (SM)	48°	2,1 m	2,1 m
Desc. atmosférica (DA)	29°	3,74 m	3,74 m

### b) Estruturas de ancoragem intermediária e fim de linha

Para a estrutura de ancoragem intermediária e ângulo até 30°, denominada D5A, bem como para a estrutura de ancoragem ou fim de linha, denominada E5A, serão:

- ângulo de balanço do condutor de passagem:  $\theta = 20^\circ$



- distância de segurança para a torre:  $d_{ft} = 3,74$  m

## 6. DESEMPENHO SOB SURTOS DE MANOBRA

Cálculo preliminar do Risco de Falha mostra que, no nível de tensão 500 kV, os surtos de manobra não são dimensionantes. Para a linha objeto deste estudo, tendo em vista as grandes dimensões da torre típica a ser adotada, o Risco de Falha se aproxima em termos práticos de 0 (zero), conforme se depreende do cálculo efetuado e apresentado no Anexo 2.

## 7. DISTÂNCIAS CRÍTICAS PARA MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA

Para trabalho em linha viva, são admitidas como premissa algumas condições limitantes de forma a reduzir praticamente a zero os riscos a que possam estar submetidos os trabalhadores durante as delicadas operações a serem realizadas. Os principais condicionantes que se estabelecem são os dois, seguintes:

- a) Os trabalhos em linha viva só podem ser realizados em condições de tempo bom, sem ventos apreciáveis e sem trovoadas. Assim sendo, as distâncias de segurança necessárias são aquelas para os condutores ou feixes em repouso, ou seja, sem balanço de cadeia devido ao vento.
- b) Para os trabalhos em linha viva, são bloqueados os circuitos de religamento, de forma a não haver surtos de manobra para essa condição.

As distâncias mínimas de segurança estabelecidas no projeto das estruturas devem ser aplicadas tanto para o trabalho ao potencial (bare hand) quanto para o trabalho com bastão (hot stick). Para o nível de tensão de 500 kV, a distância mínima condutor-estrutura para manutenção, estabelecida pelo antigo Grupo Coordenador de Operação Integrada (GCOI), é de 3,40 m. Esta distância é confirmada por estudos atuais do Cigré. No entanto, foi adotada a distância de 3,74 m.

Para o trabalho em linha viva, devem adicionalmente ser analisadas as distâncias críticas em cada torre, de forma a se instalarem as ferramentas e bastões de trabalho e se poder trabalhar em condições de total segurança. Quando necessário, são utilizados bastões isolantes para se afastar os condutores das partes aterradas, permitindo-se assim obter maior segurança.

## 8.0 REFERÊNCIAS

- [7.1] EHV Reference Book 345kV and Above - EPRI 1982
- [7.2] IEC-60826: Loading and Strength of Overhead Transmission Lines
- [7.3] NBR-5422: Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão
- [7.4] EN – 50341-1: Overhead Lines Exceeding AC 45 kV
- [7.5] F. Kiessling et al: Overhead Power Lines – Springer - 2003
- [7.6] IEC-60383: Insulators for overhead lines with nominal voltage above 1 kV.
- [7.7] Isótacas máximas para a LT 500 KV UHE São Manoel-Paranaíta –Anexo 1-Projeto básico.Capítulo de Velocidades de Vento.
- [7.8] Programa computacional “Flash” para Cálculo do Desempenho de LT’s sob Descargas Atmosféricas
- [7.9] Empreendimento Linha de Transmissão em 500 kV UHE São Manoel-Paranaíta. Estudo de Religamento Monopolar, Energização, Religamento Tripolar e Rejeição de Carga.



Figura 1: Estrutura Autoportante de Suspensão Tipo A58

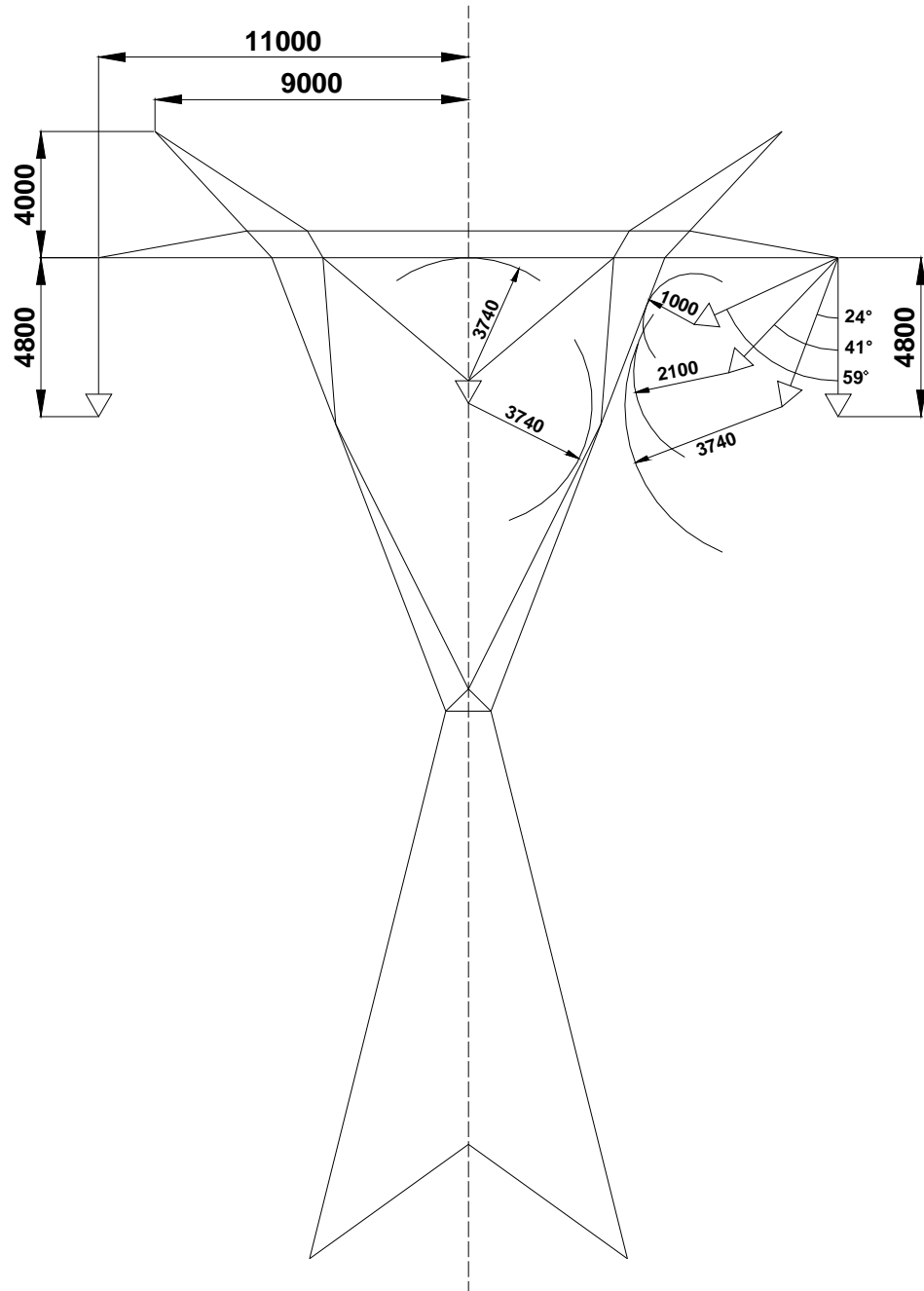
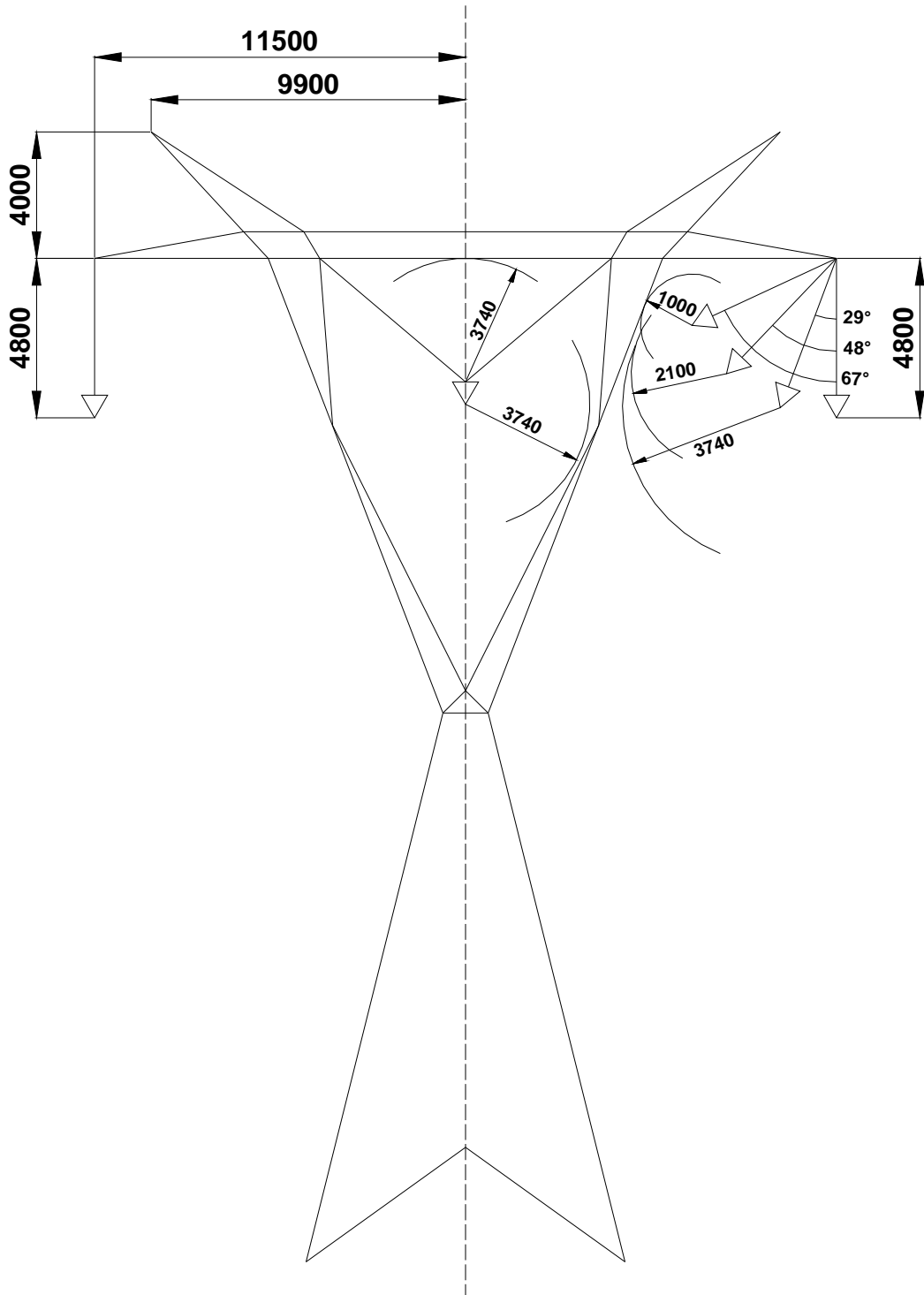




Figura 2: Estrutura Autoportante de Suspensão Tipo B57





---

**LT 500 KV UHE SÃO MANOEL - PARANAÍTA**

**PROJETO BÁSICO**

CAPÍTULO 6

ANEXO 1

ESTUDO DE DESEMPENHO SOB DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

---



## 1. Objetivo

Será calculado e analisado o desempenho da LT 500 kV UHE São Manoel-SE Paraníta, tomando como base uma distribuição de resistências de aterramento com média igual a  $20 \Omega$  e a estrutura mais comum que é a A58. Esse valor foi processado através do programa "Flash", desenvolvido no âmbito do IEEE, para cálculo do desempenho de linhas sob descargas atmosféricas.

## 2. Dados Básicos

### 2.1 Densidade de Descarga e Nível Cerâmico

Foi adotado o dado indicado em [7.7] que aponta um nível cerâmico máximo de 90 dias de trovoada por ano, como mais representativo e conservativo da atividade de descargas atmosféricas na região.

### 2.2 Outros dados

Máximo adotado = 1 desligamento / 100km / ano

Nível cerâmico adotado = 90

Resistência de aterramento média adotada =  $20 \Omega$

Condutor = CAA 3x954 MCM (Rail)

Serão elaborados os cálculos de desempenho considerando-se as cadeias de isoladores com disposição IVI, com 25 unidades de isoladores 0,146 mm x 0,254 mm por penca.

## 3. Resultados

Apesar da atividade cerâmica relativamente intensa da região atravessada pela linha, foi possível posicionarem-se os cabos pára-raios de forma a evitar totalmente as falhas de blindagem. Além do mais, com o projeto de aterramento a ser utilizado será possível reduzir-se o número de falhas por descarga inversa a um valor suficientemente baixo, de forma a se prover a linha com um baixo índice total de falhas por descargas atmosféricas. Com resistência de aterramento média de  $20 \Omega$  se obterá um índice de desligamentos de 0,95 falhas/100 km/ano, próximo, mas abaixo do valor normalmente solicitado.

## 4. Processamento do Cálculo do Desempenho sob Descargas Atmosféricas da LT

### 4.1 Dados de entrada do Programa "Flash"

Number of Phases = 3

Number of Shield Wires = 2

Conductor = 3x CAA 954 kCmil (Rail)

Wind Span = 500 m

Conductor Diameter =: 29,61 mm

Conductor Sag = 21,65 m

Shield Wire Diameter = 9,54 mm

Shield Wire Sag = 19,50 m

Ceramic Level = 90 thunderstorm days per year



Phase and Shield Wire Coordinates						
Conductor	X (m)	Y (m)	Ins. Dist(m)	Phase(kV)	Phase(°)	AC/DC
A (Phase)	-11,00	29,00	3,65	500	0	AC
B (Phase)	0	30,00	3,65	500	120	AC
C (Phase)	11,00	29,00	3,65	500	240	AC
D (SW)	-9,00	37,80	-	-	-	-
E (SW)	9,00	37,80	-	-	-	-

Footing Resistance Distribution	
%	R(Ohm)
10	2,0
10	4,5
10	9,5
10	14,0
10	18,0
10	23,0
10	28,0
10	33,0
10	35,0
10	40,0
Σ	207,0
μ	21,0

Foi efetuado o cálculo do desempenho sob descargas atmosféricas com a distribuição de resistências de aterramento com média de 20 Ohm.

O desempenho da LT se mostrou satisfatório, com o índice de desligamentos sendo de 0,95 desligamentos/100 km/ano, situado ainda abaixo do máximo adotado e correspondente ao nível usual exigido em editais da ANEEL.

A resistência de aterramento média apresentou valor da ordem de 20 Ohm. Não foram apontadas falhas de blindagem. A saída do programa "Flash" a seguir indica os resultados.

## 5. RESULTADOS DE SAÍDA 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 = .8

THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 1 IS 19.79 DEGREES

THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 1 IS 6.5 DEGREES

THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 2 IS 15.86 DEGREES

THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 2 IS -44.91 DEGREES

THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 3 IS 19.79 DEGREES

THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 3 IS 6.5 DEGREES

----- B A C K F L A S H   C A L C U L A T I O N -----

Footing RESISTANCE = 40.0 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 34.8037 Ohms.

Cond. Critical 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)	(kA)
1	0.3486	2993	21.90	2135	13.50	
136.66						
2	0.4343	2993	19.41	2135	11.72	
154.12						
3	0.3486	2993	21.90	2135	13.50	
136.66						

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current (kA)
1	38.9	122.55
2	16.7	134.36
3	44.4	124.31

-----

---  
Footing RESISTANCE = 35.0 Ohms.

Tower WAVE IMPEDANCE = 37.16795 Ohms.

Cond. Critical 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)	(kA)
1	0.3486	2993	20.35	2135	12.67	
147.05						



São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN

utc  
engenharia

CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

LEME  
ENGENHARIA

2	0.4343	2993	18.10	2135	11.00
165.32					
3	0.3486	2993	20.35	2135	12.67
147.05					

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current(kA)
1	38.9	131.86
2	16.7	144.12
3	44.4	133.76

-----  
---

Footing RESISTANCE = 33.0 Ohms.  
Tower WAVE IMPEDANCE = 38.62573 Ohms.

Cond. Critical Current 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)	(kA)
1	0.3486	2993	19.39	2135	12.14	
154.32						
2	0.4343	2993	17.28	2135	10.54	
173.11						
3	0.3486	2993	19.39	2135	12.14	
154.32						

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current(kA)
1	38.9	138.38
2	16.7	150.91
3	44.4	140.38

Footing RESISTANCE = 28.0 Ohms.  
Tower WAVE IMPEDANCE = 41.0111 Ohms.

Cond. Critical Current 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)	(kA)
1	0.3486	2993	17.81	2135	11.22	
167.98						
2	0.4343	2993	15.94	2135	9.74	
187.65						
3	0.3486	2993	17.81	2135	11.22	
167.98						

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current(kA)
1	38.9	150.63
2	16.7	163.58
3	44.4	152.80

Footing RESISTANCE = 23.0 Ohms.  
Tower WAVE IMPEDANCE = 44.16159 Ohms.



Cond. Critical Current	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)	(kA)
1 190.39	0.3486	2993	15.71	2135	9.91	
2 211.25	0.4343	2993	14.16	2135	8.60	
3 190.39	0.3486	2993	15.71	2135	9.91	

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current(kA)
1	38.9	170.72
2	22.2	184.73
3	38.9	170.72

-----  
---

Footing RESISTANCE = 18.0 Ohms.  
Tower WAVE IMPEDANCE = 47.08893 Ohms.

Cond. Critical Current 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)	(kA)
1	0.3486	2993	13.75	2135	8.57	
217.58						
2	0.4343	2993	12.49	2135	7.44	
239.46						
3	0.3486	2993	13.75	2135	8.57	
217.58						

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current(kA)
1	38.9	195.10
2	22.2	209.39
3	38.9	195.10

Footing RESISTANCE = 14.0 Ohms.  
Tower WAVE IMPEDANCE = 50.26659 Ohms.

Cond. Critical Current 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)	(kA)
1	0.3486	2993	11.60	2135	6.96	
257.85						
2	0.4343	2993	10.67	2135	6.04	
280.42						
3	0.3486	2993	11.60	2135	6.96	
257.85						

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current(kA)
1	38.9	231.22
2	22.2	245.21
3	38.9	231.22

Footing RESISTANCE = 9.5 Ohms.  
Tower WAVE IMPEDANCE = 53.5857 Ohms.



Cond. Critical Current	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)	(kA)
1 320.32	0.3486	2993	9.34	2135	5.07	
2 342.05	0.4343	2993	8.75	2135	4.40	
3 320.32	0.3486	2993	9.34	2135	5.07	

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current(kA)
1	38.9	287.23
2	22.2	299.09
3	38.9	287.23

-----  
---

Footing RESISTANCE = 4.5 Ohms.  
Tower WAVE IMPEDANCE = 57.1401 Ohms.

Cond. Critical Current 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)	(kA)
1	0.3486	2993	6.89	2135	2.79	
433.88						
2	0.4343	2993	6.67	2135	2.42	
448.55						
3	0.3486	2993	6.89	2135	2.79	
433.88						

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current(kA)
1	33.3	384.94
2	27.8	395.66
3	38.9	389.05

Footing RESISTANCE = 2.0 Ohms.  
Tower WAVE IMPEDANCE = 59.38709 Ohms.

Cond. Critical Current 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)	(kA)
1	0.3486	2993	5.34	2135	1.18	
560.43						
2	0.4343	2993	5.34	2135	1.03	
559.51						
3	0.3486	2993	5.34	2135	1.18	
560.43						

The PROBABILITY of BACKFLASHOVER by each PHASE is:

Cond. No.	Probability (%)	Average Critical Current(kA)
1	33.3	497.22
2	33.3	496.40
3	33.3	497.22

----- F I N A L R E S U L T S -----

\*\*\*\*\*  
\*\*\*





THE BACKFLASHOVER RATE = .9459999 FLASHOVERS/100 KM-YEARS  
= 1.52 FLASHOVERS/100 MI-YEARS

THE SHIELDING FAILURE  
FLASHOVER RATE = 0 FLASHOVERS/100 KM-YEARS  
= 0 FLASHOVERS/100 MI-YEARS

TOTAL FLASHOVER RATE = .9459999 FLASHOVERS/100 KM-YEARS  
= 1.52 FLASHOVERS/100 MI-YEARS

.....



São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN  
CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

utc  
engenharia

LEME  
ENGENHARIA

---

## **LT 500 kV UHE SÃO MANOEL - PARANAÍTA**

### **PROJETO BÁSICO**

#### **CAPÍTULO 6**

#### **ANEXO 2**

#### **ESTUDO DE DESEMPENHO SOB SURTOS DE MANOBRA**

---

## 1. OBJETIVO

Os surtos ou sobretensões de manobra geralmente podem governar o isolamento externo de uma linha de transmissão de Extra Alta Tensão, conseqüentemente de suas torres, no caso de a rota da linha atravessar regiões de baixa atividade cerâmica e/ou com baixas resistências de aterramento. No entanto, mesmo nesse caso, pode ocorrer que as sobretensões atmosféricas sejam dimensionantes se as sobretensões de manobra forem limitadas pelo uso de resistores de pre-inserção nos disjuntores ou de pára-raios de surto (surge arresters) adequados. Para o caso de linhas de 500 kV, raramente os surtos de manobra têm sido dimensionantes em linhas no Brasil, em vista dos elevados níveis cerâmicos reinantes, fazendo com que as descargas atmosféricas predominem.

No caso específico da LT 500 kV UHE São Manoel-Paranaíta, foi estudada a coordenação de isolamento para os três tipos de sobretensões e determinada a envoltória de isolamento, considerando-se no dimensionamento das torres o caso mais crítico.

Será calculado o desempenho previsto da LT 500 kV UHE São Manoel-Paranaíta, com relação à ocorrência de sobretensões oriundas de surtos de manobra, de energização e de religamento, que são os dois tipos mais intensos e comuns. Os valores das sobretensões, tanto fase – terra como fase – fase adotados, foram extraídos dos estudos de sobretensões na LT 500 kV conforme [7.9].

Quanto ao desempenho desejável para a LT, no que concerne a surtos de manobra, para sobretensões fase–terra e fase–fase, tomar-se-á como base a aceitação dos Riscos de Falha (PFO), conforme requerido em editais da ANEEL para linhas similares.

## 2. DADOS E CRITÉRIOS ADOTADOS

O cálculo do Risco de Falha ou PFO é função das principais variáveis que se acham sumariamente descritas nos itens a seguir. Trata-se de um cálculo essencialmente estatístico, se bem que algumas variáveis sejam tratadas de forma determinística, por dificuldades de se determinar uma função estatística que as represente.

### 2.1 Distribuição de Sobretensões

Considerando a tensão operativa máxima de referência  $V_{\phi\phi} = 550$  kV, os valores de referência utilizados nos estudos similares de sobretensões fase – terra são:

a) Para sobretensões fase – terra:

$$V_{ref} \phi t = V_{\phi\phi} \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} = 550 * \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \approx 450kV$$

b) Para sobretensões entre fases:

$$V_{ref} \phi\phi = V_{\phi\phi} * \sqrt{2} = 550 * \sqrt{2} \approx 780kV$$



## 2.2 Sobretensões de energização/religamento

Como tensão máxima, considerando-se o valor de 2,30 pu adotado conforme [7.9], tem-se a correspondente tensão  $V_{max} = 945 \text{ kV}$ , nas condições reais. Nas condições padrão tem-se  $V_{max} = 945/0,95 \approx 995 \text{ kV}$ . A suportabilidade do isolamento é de tal ordem neste caso, que a intersecção das curvas de sobretensões e de suportabilidades levará a um Risco de Falha igual a zero, conforme mostrado no item 3.3.

## 2.3 Distribuição de Tensões Críticas e de Suportabilidades

Não se dispondo ainda da locação de estruturas na linha, pode-se estimar as relações típicas vão gravante/vão médio para a estrutura típica A58 e, com isso, calcular-se o ângulo de balanço médio ou com probabilidade pequena de ser excedido. Para o tipo de silhueta de estrutura típica adotada no Projeto Básico, determinam-se as distâncias elétricas para as superfícies da estrutura.

A partir daí se determinam a tensão crítica e a tensão suportável para cada superfície, bem como a distribuição estatística (admitida como normal conforme [7.1] ) para cada superfície. Em seguida se determina o Risco de Falha (ou PFO) para uma estrutura. Como passo final, se determina o Risco de Falha para o número de torres em consideração (geralmente 50 torres).

## 2.4 Utilização do Fator de Clima (RIS)

Levando em consideração os efeitos de variação do clima em relação às condições climáticas padrão, pode-se determinar uma distribuição estatística desse fator. Na prática, no entanto, a consideração do fator de clima médio leva a resultados muito próximos dos que se obteriam com a utilização da distribuição estatística, sendo da mesma ordem de grandeza, e é mais usual. Para o caso em questão, o fator de clima médio é da ordem de 1,00. No entanto, por questões de maior segurança, optou-se pela adoção do fator de clima médio igual a 0,95, conforme [7.7] válido para a maior altitude da linha (250m).

## 2.5 Ângulos de Balanço para a distribuição de Vento

Para o caso de distâncias elétricas para surtos de manobra, conforme recomendações internacionais e prática das empresas é utilizada a prescrição da referencia [7.2] no que concerne à velocidade de vento a ser utilizada.

Toma-se o chamado vento reduzido, com período de retorno igual a 2 anos. Esse vento deve ser convertido para um período de integração de 1 minuto, ou, conforme prática brasileira, ao período de integração de 30 segundos [7.3]. Este período é mais conservativo que o sugerido em [7.1].

Observe-se que se deveria adotar a distribuição estatística de ângulos de balanço, sendo o uso de um ângulo de balanço fixo uma hipótese muito conservativa, pois se supõe que esse vento atinja simultânea e transversalmente todas as torres em todos os casos. É como se esse vento reduzido estivesse presente permanentemente. Trata-se de um método semi-estatístico, onde se analisam estatisticamente as outras variáveis que influem no cálculo do Risco de Falha, mas se fixa o ângulo de balanço devido a um vento relativamente moderado, mas mesmo assim com baixa probabilidade de ocorrência.



## 2.6 Número de Estruturas a Ser Considerado

Considerando que as tormentas que produzem ventos mais intensos geralmente não ultrapassam a largura de frente de 20 km, o número normal de estruturas a serem consideradas será de 50, consideradas assim atingidas simultaneamente pelo mesmo vento. Calculou-se o Risco de Falha ou PFO também para 100 estruturas, que neste caso abrangerá toda a extensão estimada de 40 quilômetros da linha.

## 3. RESULTADOS OBTIDOS

### 3.1 Critérios gerais

O cálculo do desempenho efetuado levou em consideração as distâncias elétricas calculadas para 50 ou 100 estruturas consecutivas do tipo suspensão da linha. Esta aproximação caracteriza o pior caso, pois as outras estruturas da série apresentam maiores distâncias elétricas e, portanto, maiores tensões críticas para as suas superfícies.

Determinou-se inicialmente o risco de falha (PFO) para a estrutura típica, utilizando a fórmula estatística para o cálculo de probabilidades:

$$PFO_{Ttip} = 1 - (1 - P_1) * (1 - P_2) * (1 - P_3) * \dots \text{ etc,}$$

onde  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  ... etc são as probabilidades de falha para cada superfície. Isto é, uma vez que se tenha o Risco de Falha para cada uma das superfícies da estrutura, calcula-se o Risco de Falha de uma estrutura, com a aplicação da fórmula acima.

A seguir, foi calculado o Risco de Falha ou PFO para n estruturas, tomando a estrutura A58 como básica e utilizando-se a fórmula:

$$PFO = 1 - (1 - PFO_{Ttip})^n .$$

A legenda para os riscos de falha ou PFO (Probability of Flashover) e outras variáveis indicadas nas tabelas seguintes são:

- $PFO_{mis-sup}$  = Risco de falha para a viga da estrutura típica
- $PFO_{jan}$  = Risco de falha da janela central da estrutura típica
- $PFO_{Ttip}$  = Risco de falha para 1 estrutura típica
- $PFOLT_{50est}$  = Risco de falha 50 estruturas
- $PFOLT_{100est}$  = Risco de falha 100 estruturas
- $V_{sup}$  = Tensão suportável ( $V_{50\%} - 3 \cdot$ )
- $V_{supmin}(kV)$  = Tensão suportável mínima das faces da estrutura



### 3.2 Isolamento fase – terra: Energização ou religamento

A máxima sobretensão de manobra de energização ou religamento, nas condições padrão, conforme a metodologia mostrada em [7.1] é da ordem de 1120 kV. O risco de falha para 100 estruturas será menor que  $10^{-7}$ .

### 3.3 Isolamento fase – fase: Energização ou religamento

Devido à utilização de estruturas tipo delta autoportantes, como as do caso presente, com relativamente grandes espaçamentos entre fases, os Riscos de Falha determinados para esse caso, com quaisquer metodologias, levarão a valores extremamente baixos.

Tomando-se o espaçamento entre fases de 10 m, abaixo dos 11,0 m do existente na torre típica A58, por exemplo, tem-se a seguinte tensão crítica para o mesmo:

$$V_{50\%} = 500 * k * d^{0,6} \quad 500 * 1,4 * 10^{0,6} \approx 2780 \text{ kV}$$

Tomando-se conservativamente a máxima sobretensão de manobra entre fases tem-se conforme [7.1] que o máximo surto entre fases terá um valor igual a 40% acima da sobretensão fase-terra, chegando-se a  $V_{\max} \Phi\Phi = 1,4 * 1120 \approx 1570 \text{ kV}$ .

Vê-se que a máxima sobretensão entre fases está bem abaixo da mínima suportabilidade, e as curvas das distribuições de sobretensões e de suportabilidades não se interceptarão. Assim sendo, o Risco de Falha poderá ser considerado como nulo, ou, na pior das hipóteses, menor que  $10^{-10}$ .

## 4. CONCLUSÕES

As margens de segurança entre as suportabilidades mínimas e sobretensões máximas, no método convencional de coordenação de isolamento e os riscos de falha obtidos mostram que o desempenho da linha no que tange a surtos de manobra será excelente.

Os valores mostrados na tabela a seguir mostram que há uma expressiva margem de segurança entre as sobretensões máximas e as suportabilidades mínimas do isolamento.

Índices de desempenho sob surtos de manobra				
Manobra	Risco de Falha			
	Fase – Terra		Fase-Fase	
	Requerido	Obtido	Requerido	Presumível
Energização	$10^{-3}$	$<10^{-6}$	$10^{-4}$	$<10^{-7}$
Religamento	$10^{-2}$	$<10^{-6}$	$10^{-3}$	$<10^{-7}$



São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN  
CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

utc  
engenharia

LEME  
ENGENHARIA

---

## LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – PARANAÍTA

### PROJETO BÁSICO

#### CAPÍTULO 7

#### CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS BÁSICAS

---



## CONTEÚDO

1. DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS CABOS CONDUTORES
  - 1.1 Critérios básicos
2. LIMITE TÉRMICO, CAPACIDADE DE CORRENTE E FLECHA MÁXIMA
3. POTÊNCIA NATURAL (SIL)
4. PARÂMETROS PRINCIPAIS DE DESEMPENHO ELÉTRICO
5. CÁLCULO DAS IMPEDÂNCIAS DA LT
6. PERDAS JOULE MÁXIMAS
  - 6.1 Perdas nos Cabos Condutores
  - 6.2 Perdas nos Cabos Para-raios
7. NECESSIDADE DE TRANSPOSIÇÃO
8. DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS CABOS CONDUTORES E PÁRA-RAIOS
  - 8.1 Dimensionamento dos Cabos Condutores
  - 8.2 Dimensionamento dos Cabos Para-raios
9. GEOMETRIA DA LT E CARACTERÍSTICAS DOS CABOS
  - 9.1 Características do Cabo Condutor Rail
  - 9.2 Características dos Cabos Para-raios
  - 9.3 Número de Condutores e Arranjo Geométrico dos Condutores
  - 9.4 Desenho da Cabeça de Torre com Indicação das Distâncias
10. COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO
  - 10.1 Relatório dos Estudos de Sobretensões de Origem Atmosférica e Cálculo do desempenho Respectivo
  - 10.2 Desempenho à tensão máxima operativa
  - 10.3 Desempenho a sobretensões de manobra

ANEXO 1: PERDAS NOS CABOS PARA-RAIOS

ANEXO 2: DIMENSIONAMENTO DOS CABOS PARA-RAIOS

ANEXO 3: DESEQUILÍBRIO DE TENSÃO

ANEXO 4: ARQUIVOS DE RESULTADOS DO ATP  
(CÁLCULO DOS PARÂMETROS DE SEQUÊNCIA)





## CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS BÁSICAS

### 1. DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS CABOS CONDUTORES

#### 1.1 Critérios básicos

A seleção dos condutores para uma linha de transmissão, em particular para a LT 500 kV São Manoel - Paranaíta, se baseia, de forma geral, nos seguintes critérios:

- Capacidade de corrente exigida para condições permanentes e de curta duração;
- Potência natural (*Surge Impedance Loading* ou abreviadamente, SIL) mínima, necessária em alguns casos por questões do sistema elétrico mas não diretamente aplicável ao presente caso;
- Otimização da alternativa de condutores de forma a contemplar a solução com menor custo atual (Valor presente mínimo), abrangendo investimentos iniciais, perdas e custos de manutenção ao longo de um certo período ou número de anos de análise.

Estudos e considerações preliminares de otimização, aplicáveis ao caso presente, mostram que, para a gama de potências prováveis estimadas para a LT 500 kV UHE São Manoel - Paranaíta, durante a sua vida e para os custos usuais de perdas, a solução mais econômica recomendada é o feixe triplo 3 x CAA 954 MCM (Rail). Foi determinada a alternativa de solução estrutural mais adequada, sendo a torre tipo "A58", com distâncias entre subcondutores de 457 mm, a mais vantajosa.

A seguir se mostrará que o feixe de condutores 3 x CAA 954 MCM (Rail) selecionado atende os outros critérios necessários para a LT em pauta.

As torres a serem utilizadas na LT serão as seguintes, conforme detalhado no estudo de coordenação de isolamento:

- Torres de Suspensão: A58 e B57
- Torres de Ancoragem e Fim de Linha: D5A e E5A

### 2. LIMITE TÉRMICO, CAPACIDADE DE CORRENTE E FLECHA MÁXIMA

O limite térmico é um importante parâmetro a ser determinado para a LT 500 kV São Manoel - Paranaíta, pois permitirá a seleção de sua temperatura de locação, já que representa o limite ou teto superior que a linha poderá transmitir, inclusive para atendimento emergencial da transmissão. Foi estabelecido que a capacidade de transmissão da LT é de 737 MVA (que corresponde à potência instalada na UHE São Manoel, que é de 700 MW, e considerando um fator de potência indutivo de 0,95). Dessa forma a corrente máxima da LT deverá ser de 851 A por fase (ou 284 A por subcondutor).

Para o caso presente, tomar-se-ão como base as seguintes correntes a serem conduzidas pela linha, em condições normais ou de emergência:



- 851 A, corrente de operação normal (correspondente à potência instalada na UHE São Manoel e considerando um fator de potência indutivo de 0,95);
- 1132 A, corrente de operação em emergência (valor determinado através da multiplicação da corrente de operação normal por um fator de 1,33, conforme instruções da resolução normativa 191/2005 da ANEEL).

A determinação da temperatura de locação se baseia nas duas premissas básicas a seguir, quais sejam:

- a) Não haverá perda de resistência mecânica dos condutores e, conseqüentemente, da vida útil da linha em questão.
- b) A temperatura de locação não ocasionará distâncias de segurança inferiores às mínimas admissíveis para a segurança de pessoas, animais ou outras instalações situadas abaixo do nível dos condutores.

Como se verá a seguir, o limite térmico da LT será superior à potência natural da linha, conforme mostra a Tabela 1.

Considera-se, para a determinação do limite térmico, uma combinação de parâmetros meteorológicos, que são para o caso em questão:

- Temperatura ambiente: Adotou-se o valor de 35° C (temperatura máxima média da região).
- Velocidade de vento: tomada no caso igual a 0,6 m/s;
- Coeficiente de emissividade do condutor, tomado como sendo igual a 0,6;
- Coeficiente de absorção do condutor, tomado neste caso como igual a 0,7;
- Radiação solar: considerado tempo limpo, com sol máximo e radiação solar muito elevada, no valor de 1052 W/m<sup>2</sup> (valor corrigido com a latitude e altitude média na rota da LT);
- Temperatura máxima do condutor: Consideradas as correntes e as respectivas potências máximas a serem transmitidas, determinam-se as temperaturas correspondentes para locação normal e para conferência da condição de emergência;
- Altitude média: Considerado, conservativamente, o valor de 250 m.
- Latitude média:  $\approx -9,5^\circ$  (S);
- Longitude média:  $\approx -56,5^\circ$  (W).

Utilizando-se a equação de equilíbrio térmico da linha com aplicação das condições acima e com as necessidades de transmissão aplicáveis ao caso presente, determina-se a Tabela 1 a seguir.

**Tabela 1: Cálculo das correntes em Função das Temperaturas para a LT 500 kV - condutor 3 x CAA954 MCM – Rail -Ampère)**

Condição	Corrente (A)	$\Theta_c$ (°C)	$\Theta_a$ (°C)
Normal	<b>851 (3x284)</b>	<b>50,5</b>	<b>55</b>
Emergência	<b>1132(3X377)</b>	<b>52,7</b>	<b>60</b>

Com as correntes de longa duração e de curta duração indicadas, recomenda-se adotar a temperatura do condutor de 55°C para condição normal e de 60°C para condição de curta duração. Com isso, será possível transmitir permanentemente até 1159 MVA para uma operação



da LT a uma temperatura de até 55° C (1338 A por fase), valor bastante superior às necessidades do sistema.

Tem-se o seguinte sumário representativo:

Condutor : 3 x CAA 954 MCM (Rail)  
Tração de ruptura: 11764 kgf  
Peso: 1,602 kgf/m  
Temperatura da condição EDS: 27 °C  
Valor da tensão de maior duração (EDS): 2350 kgf  
Vão de 490 m  
Flecha na condição EDS a 27°C: 20,48 m  
Flecha a 50°C: 21,46 m

### 3. POTÊNCIA NATURAL (SIL)

O valor da potência natural de uma linha, conhecida como SIL ("Surge Impedance Loading") é dada por:

$$SIL = \frac{V_L^2}{\sqrt{\frac{L}{C}}}$$

VL = Tensão de linha em kV.

L = Indutância da LT.

C = Capacitância da LT.

Utilizando os valores apresentados na Tabela 5, obtém-se um SIL de:

SIL= 922,5 MW para a LT

### 4. PARÂMETROS PRINCIPAIS DE DESEMPENHO ELÉTRICO

Para a transmissão de 700 MW, os principais parâmetros de desempenho referidos à tensão nominal de 500 kV, para a LT 500 kV São Manoel - Paranaíta, considerada teoricamente como radial, acham-se indicados na Tabela 2.

O desempenho elétrico para determinar as perdas elétricas e a regulação de linha foi verificado através de programa computacional de fluxo de potência em regime permanente. Os parâmetros calculados e indicados na Tabela 2 se referem à tensão nominal de 500 kV, à exceção do gradiente máximo, da Rádio-Interferência (RI) e do Ruído-Audível (RA), que estão referidos à tensão máxima operativa de 550 kV.

Os valores apresentados de Rádio Interferência (RI) e Ruído Audível (RA) estão calculados no Capítulo 13.



**Tabela 2: Parâmetros de desempenho elétrico da LT 500 kV São Manoel - Paranaíta**

Faixa(m)	Pr(MW)	Cos $\phi$	Ig(A)	Ir(A)
75	700	0,95	830	851
Dsubc	Vr(kV)	MVAR	Vg(kV)	Pg(MW)
457 mm	500	230,1	507,42	701,99
Altitude	Reg(%)	E <sub>0</sub> (kVef/cm)	Perd(%)	Perd(MW)
250 m	1,62	20,3	0,27	1,99
L(km)	RA(dB)	RI(dB)	E(kV/cm)	SIL(MW)
40	34	41	18,2	922,5

Simbologia dos parâmetros da Tabela 2:

- Pr e Pg: Potências nos terminais receptor e gerador, respectivamente;
- Vr e Vg: Tensões nos terminais receptor e gerador, respectivamente;
- Ir e Ig: Correntes nos terminais receptor e gerador, respectivamente;
- Perd(MW) e Perd(%): Perdas de potência ativa, em MW e em %, na LT;
- MVARperd: Perdas de potência reativa na linha (Indutiva, se positivo);
- RI: Rádio Interferência no limite da faixa;
- RA: Ruído Audível no limite da faixa;
- E(kV/cm): Média dos gradientes superficiais máximos dos condutores;
- E<sub>0</sub>(kVef/cm): Gradiente de corona crítico;
- SIL: Potência Natural das linha;
- s: Espaçamento entre subcondutores.
- Cos $\phi$ : Fator de potência no terminal receptor

Os valores de gradiente de potencial na superfície dos condutores indicado na Tabela 3 foram calculados utilizando o método de simulação de cargas [5] [6] e se referem a uma tensão máxima da LT de 550 kV.

**Tabela 3: Valores do Gradiente de Potencial (kV/cm) LT 500 kV São Manoel - Paranaíta Condutor 3 x CAA 954 MCM (Rail)**

Emed	E <sub>max</sub>	E <sub>medmax</sub>	Fases
<b>15,80</b>	<b>17,80</b>	<b>17,50</b>	<b>Fase A</b>
<b>17,09</b>	<b>18,95</b>	<b>18,91</b>	<b>Fase B</b>
<b>15,81</b>	<b>17,82</b>	<b>17,51</b>	<b>Fase C</b>



O gradiente de corona crítico pode ser obtido diretamente pela equação:

$$E_{0p} = 30 * m * \delta \left[ 1 + \frac{0,426}{\sqrt{\delta \cdot d}} \right]$$

$$E_0 = E_{0p} / \sqrt{2}$$

Onde:

**E<sub>0p</sub>** valor de pico do gradiente superficial, em kVpico/cm

**E<sub>0</sub>** valor eficaz do gradiente superficial, em kVef/cm

**m** é o fator de rugosidade tomado igual a 0,8 e **d** o diâmetro do condutor em cm (**d** = 2,959 cm)

**δ** é a densidade relativa do ar, com valor calculado de 0,96 através da equação abaixo:

$$\delta = \frac{0,392}{273 + t} \times \frac{760}{10^{\frac{h}{18400(1+0,00367t)}}} = 0,9559$$

**t** é a temperatura em °C e **h** é altura em relação ao nível do mar em m (*para os cálculos foram utilizados t = 30° C e h = 250 m*).

Para a LT 500 kV UHE São Manoel - Paranaíta, **E<sub>0</sub> resulta no valor 20,3 kVef/cm**.

O valor máximo de gradiente de potencial na superfície dos condutores, conforme Tabela 3, é de 18,95 kV/cm, ou seja, 93% do gradiente crítico, conclui-se, então, que os gradientes de potencial na superfície dos condutores estarão abaixo do valor crítico para o qual as perdas por corona são significativas. Deve-se observar que todas as ferragens da cadeia e acessórios, sujeitos aos potenciais de fase, deverão ser igualmente projetados de forma a serem isentos de corona durante a operação da linha.

## 5. CÁLCULO DAS IMPEDÂNCIAS DA LT

Os parâmetros da linha de transmissão foram calculados com auxílio do programa computacional ATP (*Alternative Transients Program*) que considera os dados dos cabos condutores e para-raios e a disposição dos mesmos na estrutura típica. Foi adotada a modelagem de parâmetros concentrados (modelo π), apropriada para o estudo de fluxo de potência. O cálculo das impedâncias foi feito tendo em conta os valores da Tabela 4 a seguir:



**Tabela 4: Parâmetros de Cálculo Elétrico**

PARÂMETRO	LT 500 kV UHE São Manoel - Paranaíta
Tensão	500 kV
Cabo condutor	3 x CAA 954 MCM – Rail
Feixe	Triplo
Cabos para-raios	3/8" EAR, CAA Dotterel OPGW 14,7 mm
Estrutura Típica	A58 autoportante
Resistividade média do solo da região	1000 $\cdot \cdot$ m
Temperatura do condutor	50°C
Distância horizontal entre fases	11,0 m
Distância vertical condutor superior/para-raios	8,1 m
Distância condutor-solo	12,00 m
Flecha do condutor a 50°C – vão de 490 m	21,46 m

Os valores unitários de sequências positiva e zero, para a temperatura de 50°C são mostrados na Tabela 5.

**Tabela 5 : Sumário Parâmetros Elétricos Distribuídos ( $\theta = 50^\circ\text{C}$ )**

Impedância	Tipo de Parâmetros		
	R( $\Omega/\text{km}$ )	XL( $\Omega/\text{km}$ )	YC( $\mu\text{S.km}$ )
<b>Z1unit</b>	0,0236	0,3479	4,7479
<b>Z0unit</b>	0,3049	1,0149	3,0473

Os circuitos de impedância ( $\Pi$  equivalente por sequência) para a linha como um todo são mostrados na Tabela 6.

**Tabela 6: Circuitos de impedância para a  
LT 500 kV UHE São Manoel - Paranaíta  
Comprimento 40,0 km  $\theta = 50^\circ\text{C}$**

Equiv. LT	R( $\Omega$ )	XL( $\Omega$ )	YC( $\mu\text{S}$ )
"II"nomZ1	0,9440	13,9173	94,9587
"II"nomZ0	12,1967	40,5971	60,9467
"II"equiv. Z1	0,9438	13,9159	94,9644

## 6. PERDAS JOULE MÁXIMAS

### 6.1 Perdas nos Cabos Condutores

A locação da linha será feita para a temperatura de 55°C, o que permitirá a condução de uma corrente de até 1338 A por fase. Tendo em vista a potência habilitada da Usina UHE São Manoel ser de 700 MW, a LT irá operar em regime permanente com uma corrente máxima de 851 por fase (correspondente à potência habilitada da Usina UHE São Manoel com um fator de potência de 0,95).

A título de informação se indica a seguir o valor das perdas na LT na condição de operação normal e para a capacidade máxima da LT:

#### 6.1.1 Condição de operação normal (851 A)

Perdas ôhmicas: 1,99 MW (0,27% da potência transmitida).

#### 6.1.1 Capacidade máxima da LT (1338 A)

Perdas ôhmicas: 5,02 MW (0,43% da potência transmitida).

### 6.2 Perdas nos Cabos Para-raios

O valor total das perdas nos cabos para-raios resultou em 79,7 kW (4,0% das perdas nos condutores) para a condição de operação normal e em 197,1 kW (3,9 % das perdas nos condutores) para a máxima capacidade operativa da LT. Para maiores detalhes, ver Anexo 1 - Perdas nos Cabos Para-raios.

## 7. NECESSIDADE DE TRANSPOSIÇÃO

Os valores de desequilíbrio de tensão na LT serão inferiores ao limite máximo admissível de 1,5 %, conforme estabelecido na Ref. [5]. Sendo assim, não se faz necessária a transposição da LT. Ver resultados dos cálculos de desequilíbrios no Anexo 3.

## 8. DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS CABOS CONDUTORES E PARA-RAIOS

### 8.1 Dimensionamento dos Cabos Condutores

Os condutores foram definidos através de estudo de otimização e dos valores estabelecidos para a corrente máxima e para a resistência ôhmica a 50°C, tendo sido fixada em 55°C a máxima temperatura do projeto. Os cabos condutores selecionados são 3 x CAA 954 MCM/fase, com formação de 45/7 (Rail). A potência natural foi determinada como sendo 922,5 MW para a LT 500 kV UHE São Manoel - Paranaíta.



## 8.2 Dimensionamento dos Cabos Para-raios

Na determinação do comportamento térmico dos cabos para-raios da LT 500 kV UHE São Manoel - Paranaíta foram utilizados os seguintes dados básicos:

### SE UHE São Manoel

Nível de curto-circuito fase-terra (kA) para dimensionamento dos cabos para-raios: 40

Resistência da malha de aterramento ( $\cdot$ ): 1,0

Nível de curto-circuito (kA) para dimensionamento de equipamentos na SE: 50

Nível de curto-circuito (kA) real calculado na SE: 12

*\* Como pode ser visto, para o dimensionamento do cabo para-raios foi considerado conservadoramente o valor de curto circuito de 40kA, uma vez que, o curto real calculado foi de 12kA conforme documento nº SAMA.BL-RT-G66-0002-A0A.*

### SE Paranaíta

Nível de curto-circuito fase-terra (kA) para dimensionamento dos cabos para-raios: 40

Resistência da malha de aterramento ( $\cdot$ ): 1,0

Nível de curto-circuito (kA) para dimensionamento de equipamentos na SE: 50

Nível de curto-circuito (kA) real calculado na SE: 17

*\* Como pode ser visto, para o dimensionamento do cabo para-raios, foi considerado conservadoramente o valor de curto-circuito de 40kA, uma vez que, o curto real calculado foi de 17kA conforme documento nº SAMA.BL-RT-G66-0002-A0A.*

### LT

Torre típica: A58

Comprimento da LT (km): 40

Resistência média dos pés-de-torre de projeto ( $\cdot$ ): 20

Número de cabos por fase: 3

Condutor fase: CAA RAIL

Cabos para-raios convencionais Dotterel ou 3/8" EAR

Distâncias entre cabos de uma mesma fase: 457 mm

Número de circuitos: 1

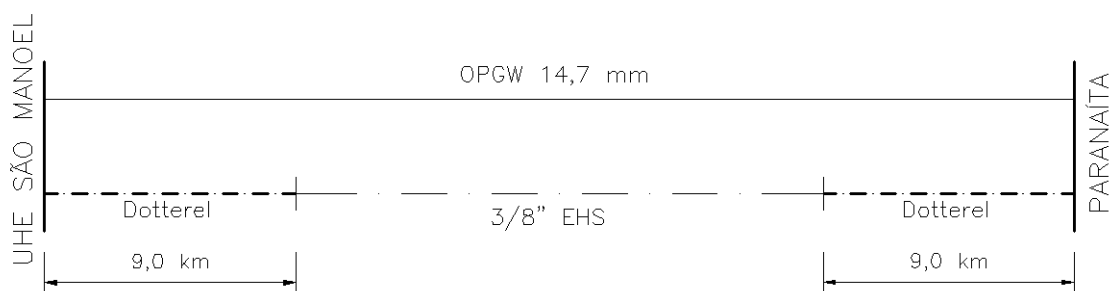
O valor da corrente de curto-circuito fase-terra, a ser considerado será de 40 kA, em cada subestação, sendo este o valor a ser adotado no dimensionamento dos cabos para-raios.

A temperatura máxima que o OPGW 14,7 mm poderá atingir será de 200°C (conforme dados Fujikura). Para os cabos para-raios convencionais, as temperaturas máximas admissíveis são de 400°C para o cabo de aço 3/8" EAR e 200°C para o cabo CAA 176,9 MCM Dotterel (segundo NBR 8449/1984). Tendo em vista um tempo de eliminação de faltas de 0,25 segundos, considerando uma transformação adiabática, as máximas correntes admissíveis pelos cabos para-raios são apresentadas a seguir:

- Cabo de aço 3/8" EAR: 7,7 kA
- Cabo CAA 176,9 MCM (Dotterel): 24,7 kA
- Cabo OPGW 14,7mm: 18 kA



Efetuada-se o estudo da distribuição da corrente de curto-circuito fase-terra ao longo da linha, conforme detalhado no Anexo 2, verifica-se que, junto aos primeiros vãos das SEs terminais da LT 500 kV UHE São Manoel - Paranaíta, circula uma parcela elevada da corrente total nos cabos para-raios, atenuando-se rapidamente esta circulação à medida que o curto se distancia da subestação. A Figura 2 ilustra a configuração de cabos especificada. O Anexo 2- Dimensionamento dos Cabos Para-Raios apresenta o detalhamento dos cálculos.



**Figura 2: Esquema dos Cabos Para-Raios: LT 500 kV UHE São Manoel - Paranaíta**

## 9. GEOMETRIA DE CADA CIRCUITO DA LT E CARACTERÍSTICAS DOS CABOS

### 9.1 Características do Cabo Condutor Rail

As características dos cabos condutores e para-raios definidos acima encontram-se nas Tabelas 7, 8, 9 e 10, a seguir:

**Tabela 7: Condutor Rail - Dados Técnicos**

Descrição	Tipo e nome código	CAA RAIL 954 MCM
Seção nominal do alumínio	mm <sup>2</sup>	483,32
Seção nominal do aço	mm <sup>2</sup>	33,48
Área Total	mm <sup>2</sup>	516,80
Fios	Quantidade e diâmetro	Alumínio: 45x3,698 mm Aço: 7/2,466 mm
Resistência CC a 20°C máxima	Ω/km	0,0733
Carga de ruptura	kgf	11764
Diâmetro nominal total do cabo	mm	29,59
Encordoamento da camada externa		À DIREITA
Peso	kgf/m	1,6002



## 9.2 Características dos Cabos Para-raios

**Tabela 8: Cabo Para-Raios Ø 3/8" EAR - Dados Técnicos**

Descrição	Unidade	Dados
Tipo de cabo	Encordoado	EAR
Diâmetro Nominal do Fio	mm	3,05
Número de fios	fios	7
Diâmetro Nominal do Cabo	mm	9,52(3/8")
Peso Mínimo da Camada de Zinco	g/m <sup>2</sup>	260
Carga Mínima de Ruptura	kgf	6990
Peso Aproximado	kgf/m	0,406
Classe de Galvanização	-	A
Alongamento em 600 mm	%	4

**Tabela 9: Cabo Para-raios Dotterel – Dados Técnicos**

Descrição (Tipo e nome código)	CAA 176,9 MCM Dotterel
Seção nominal do alumínio (mm <sup>2</sup> )	89,64
Seção nominal do aço (mm <sup>2</sup> )	52,29
Área Total (mm <sup>2</sup> )	141,93
Fios (Quantidade e diâmetro)	Alumínio: 12/3,084 mm Aço: 7/3,084 mm
Resistência elétrica a 20° C máxima em CC (Ω/km)	0,3221
Carga de ruptura (kgf)	7865
Diâmetro nominal total do cabo (mm)	15,42
Encordoamento da camada externa	À DIREITA
Peso (kgf/m)	0,657

**Tabela 10: Cabo Para-raios OPGW-14,7 mm 24FO – Dados Técnicos**

Descrição (Tipo e nome código)	OPGW -14,7
Seção nominal (mm <sup>2</sup> )	121,16 mm <sup>2</sup>
Capacidade de curto-circuito (kA <sup>2</sup> /s)	81
Especificação do cabo	NBR14074/IEEE1138
Resistência elétrica a 20° C máxima em CC (Ω/km)	0,511
Carga de ruptura (kgf)	10373
Diâmetro nominal total do cabo (mm)	14,7
Peso (kgf/m)	0,70

## 9.3 Número de Condutores e Arranjo Geométrico dos Condutores

- Número de condutores por fase: 3



- Arranjo: Circuito Simples com disposição horizontal das fases.

#### 9.4 Desenho da Cabeça de Torre com Indicação das Distâncias

- Torre Típica: Tipo Autoportante de Suspensão Leve (2°), denominada A58.

### 10. COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO

#### 10.1 Relatório dos Estudos de Sobretensões de Origem Atmosférica e Cálculo do Desempenho

Ver Capítulo 6 - Estudo de Coordenação de Isolamento do Projeto Básico da LT 500 kV UHE São Manoel - Paranaíta.

De acordo com estes estudos os resultados principais são os seguintes:

- Tipo e número de isoladores nas cadeias: Cadeias de suspensão Simples (Torre A58), contendo 25 unidades de isoladores concha - bola 146 mm x 254 mm; Cadeia de Suspensão Simples para torre reforçada (Torre B57), contendo 22 isoladores 170 mm x 280 mm – 160kN; cadeias de ancoragem dupla, contendo 23 isoladores 170 mm x 280 mm – 160kN.
- Desempenho a descargas atmosféricas (Valor estatístico válido para um período mínimo de 10 anos).

Para nível cerâmico de 90 dias de trovoadas por ano e resistência de aterramento média de 20 Ω.

- Número de falhas por 100km por ano para as linhas com 25 isoladores:  
Índice da ordem de 1 falhas / 100km / ano

#### 10.2 Desempenho à tensão máxima operativa

O projeto prevê o máximo de uma falha para cada 30 anos. O risco de falha resultante para sobretensões operativas será de  $2,7 \times 10^{-5}$ .

#### 10.3 Desempenho a sobretensões de manobra

Na Tabela 11 acham-se os índices de desempenho requeridos e os obtidos em simulações. Os surtos de manobra fase - terra quase nunca são dimensionantes no nível de tensão de 500 kV; quanto aos surtos fase-fase, os mesmos são ainda menos significativos em linhas convencionais. Mesmo assim, foram consideradas distribuições muito conservativas para surtos de manobra de energização e religamento, com base em [7]; calcularam-se para a série de torres ofertadas os Risco de Falha (PFO) fase-terra e fase-fase resultantes. Obtiveram-se índices baixos.

Pode-se garantir um desempenho tal que, praticamente, não se prevê a ocorrência de desligamentos dos circuitos da linha por surtos de manobra durante a sua vida útil.

**Tabela 12: Índices de Desempenho sob Surto de Manobra Requeridos e Ofertados**

Manobra	Risco de Falha			
	Fase – Terra		Fase-Fase	
	Requerido	Obtido	Requerido	Presumível
Energização	$10^{-3}$	$<10^{-6}$	$10^{-4}$	$<10^{-7}$



São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN  
CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

utc  
engenharia

LEME  
ENGENHARIA

Religamento	$10^{-2}$	$<10^{-6}$	$10^{-3}$	$<10^{-7}$
-------------	-----------	------------	-----------	------------

## Referências

- [1] EHV Reference Book 345kV and Above - EPRI - 1982
- [2] William D. Stephenson, Jr: Elements of Power System Analysis – 2<sup>nd</sup> Edition 1962
- [3] H. Happoldt and D. Oeding: Elektrische Kraftwerke und Netze (Electrical Power Plants and Systems). Springer Verlag, 1978
- [4] F. Kiessling et al: Overhead Power Lines – Springer - 2003
- [5] Kuffel, E. & Zaengl, W. S. – “High-Voltage Engineering – Fundamentals” – Pergamon Press – 498 p. - 1984
- [6] Singer, H.; Steinbigler, H.; Weiss, P. – “A Charge Simulation Method for the Calculation of High Voltage Fields” – IEEE Transation on PAS – Vol. 93 – pp. 1660 – 1668 Ano:1974



São Manoel  
ENERGIA



**CONSTRAN**

CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

**utc**  
engenharia

**LEME**  
ENGENHARIA

---

## **LT 500 kV UHE SÃO MANOEL - PARANAÍTA**

### **PROJETO BÁSICO**

#### CAPÍTULO 7

#### ANEXO 1

#### PERDAS NOS CABOS PARA-RAIOS

---



São Manoel  
ENERGIA



**CONSTRAN**

CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

**utc**  
engenharia

**LEME**  
ENGENHARIA

## CONTEÚDO

1. OBJETIVO
2. CÁLCULO DAS PERDAS NOS CABOS PARA-RAIOS
3. CONCLUSÃO
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



## PERDAS NOS CABOS PARA-RAIOS

### 1. OBJETIVO

O presente relatório tem o objetivo de apresentar as perdas por efeito Joule nos cabos para-raios da LT 500 kV UHE São Manoel - Paranaíta. Foram calculadas as perdas nos cabos para-raios para duas correntes de operação diferentes na LT.

Foi considerada a configuração de cabos para-raios conforme apresentado na Figura 1.

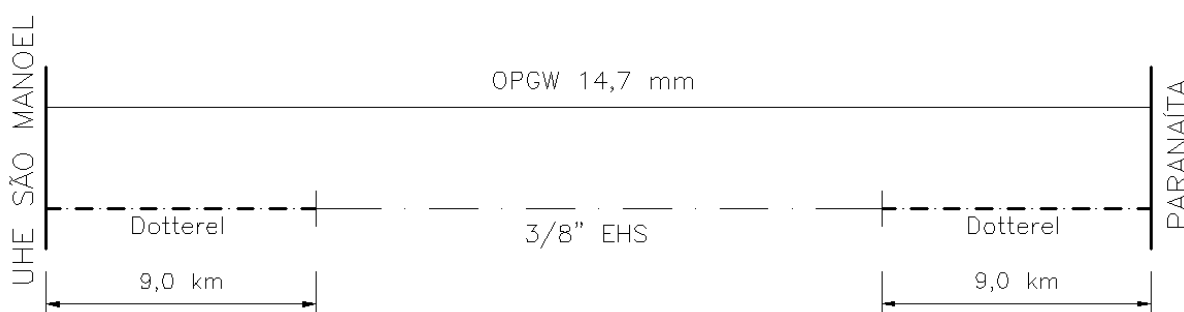


Figura 1 – Configuração dos cabos para-raios na LT 500 kV UHE São Manoel - Paranaíta.

### 2. CÁLCULO DAS PERDAS NOS CABOS PARA-RAIOS

#### 2.1 Introdução

No Item 2.3 são apresentados os dados utilizados no cálculo de distribuição de corrente de regime permanente nos cabos para-raios da LT em consideração.

No Item 2.4 são apresentadas as perdas por efeito Joule nos cabos para-raios ao longo da LT para a configuração de cabos apresentada na Figura 1.

#### 2.2 Modelagem de Cálculo

O cálculo da distribuição de corrente nos cabos para-raios da LT foi realizado através de software de cálculo de interferências devidas às linhas de transmissão.

As referências [2,3,4,5] apresentam a metodologia básica de cálculo de distribuição de corrente implementada e cita inclusive exemplos de sua utilização.

Para efeito do cálculo de distribuição de corrente é importante salientar as características principais da metodologia:

- os comprimentos dos vãos podem ser considerados com seus valores reais, ou seja, eles podem variar vão a vão (podem ser simulados até 800 vãos);
- as resistências de aterramento podem ser simuladas individualmente, com seus valores reais (podem ser simuladas individualmente até 800 torres);
- a distribuição de corrente entre os cabos para-raios (quando existir mais de um) é feita considerando suas impedâncias próprias e as impedâncias mútuas entre si e entre eles e os condutores das fases.

Face ao objetivo dos cálculos aqui realizados, foram utilizadas algumas aproximações, tais como a utilização de um valor médio para as resistências de pés-de-torre. Estas aproximações são devidas, então, à modelagem da LT assumida para os cálculos e não a uma restrição dos modelos/programas utilizados nos mesmos.

### 2.3 Dados

Os dados básicos utilizados nos cálculos de distribuição das correntes nos cabos para-raios da LT são apresentados nas Tabelas 1 a 3.

A Tabela 1, a seguir, apresenta as informações/parâmetros da LT utilizados nos cálculos.

As Tabelas 2 e 3 apresentam os parâmetros elétricos e geométricos dos cabos fase e para-raios utilizados nos cálculos.

As impedâncias próprias e mútuas dos cabos fase e para-raios foram calculadas utilizando-se as equações de Carson.





Tabela 1  
Dados da LT 500 kV UHE São Manoel - Paranaíta

Nº	Dado	Valor
	<b>SE Inicial</b>	<b>UHE São Manoel</b>
1	Resistência da malha de aterramento ( $\Omega$ )	1
	<b>SE Final</b>	<b>Paranaíta</b>
2	Resistência da malha de aterramento ( $\Omega$ )	1
	<b>LT</b>	
3	Torre típica	A58
4	Número de torres / km	2,0
5	Comprimento da LT (km)	40
6	Resistência média dos pés-de-torre de projeto ( $\Omega$ )	20
7	Número de cabos por fase	3
8	Distância entre condutores no bundle (cm)	45,7
9	Condutor fase	CAA 954 MCM Rail
10	Cabos para-raios convencionais	CAA Dotterel Aço 3/8" EAR
11	Cabo para-raios do tipo OPGW	OPGW 14,7 mm

Tabela 2  
Parâmetros dos cabos para-raios considerados nos cálculos

Cabo	Ra ( $\Omega$ /km) a 40°C	RMG (mm)
CAA Dotterel	0,3801	2,7
Aço 3/8" EAR	4,2320	1,2E-5
OPGW 14,7 mm	0,5488	5,68

Tabela 3  
Parâmetros do cabo fase considerado nos cálculos

Cabo	Ra ( $\Omega$ /km) a 50°C	RMG (mm)
CAA 954 MCM Rail	0,0683	11,7

## 2.4 Perdas Joule nos cabos para-raios da LT 500 kV UHE São Manoel - Paranaíta

Neste item são apresentadas as perdas Joule nos cabos para-raios da LT 500 kV UHE São Manoel - Paranaíta para a configuração de cabos para-raios indicada na Figura 1.

As perdas aqui apresentadas foram estimadas pelo produto do quadrado da corrente em cada um dos cabos para-raios pela resistência série dos mesmos.

- Para a LT em operação normal (851 A): 79,7 kW;

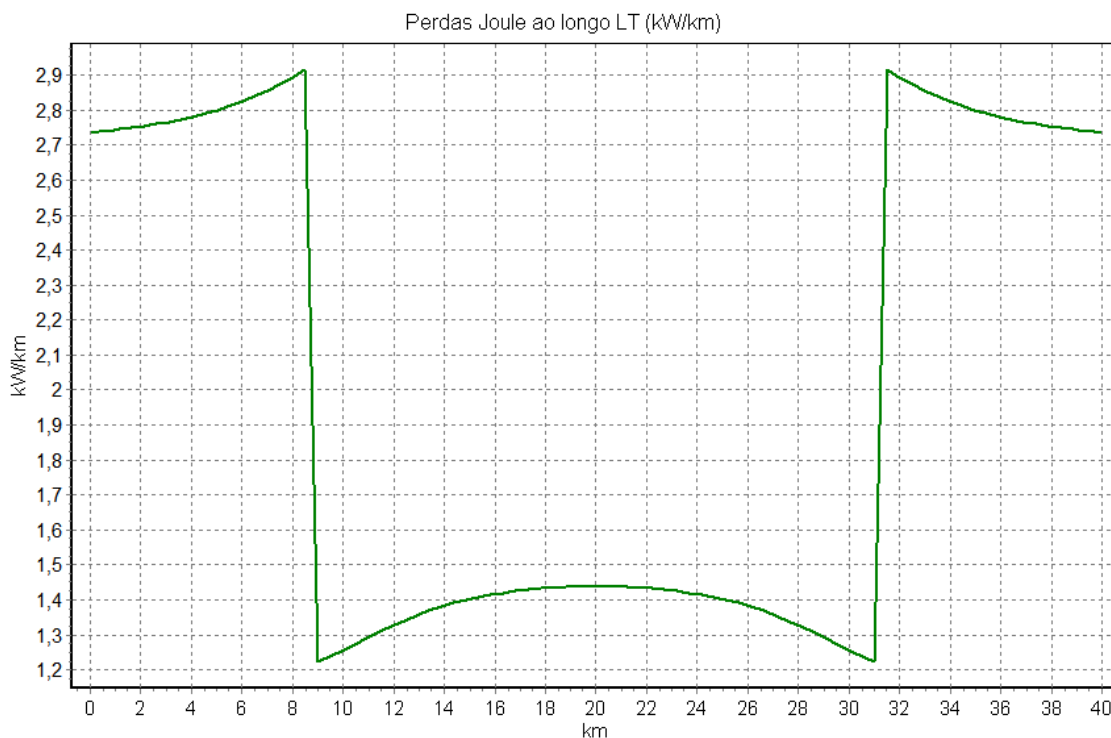


Figura 2 - Perdas Joule por km nos cabos para-raios da LT 500 kV UHE São Manoel - Paranaíta para uma corrente na LT de 851 A (Perdas = 79,7 kW).

- Para a máxima capacidade operativa da LT (1338 A): 197,1 kW.

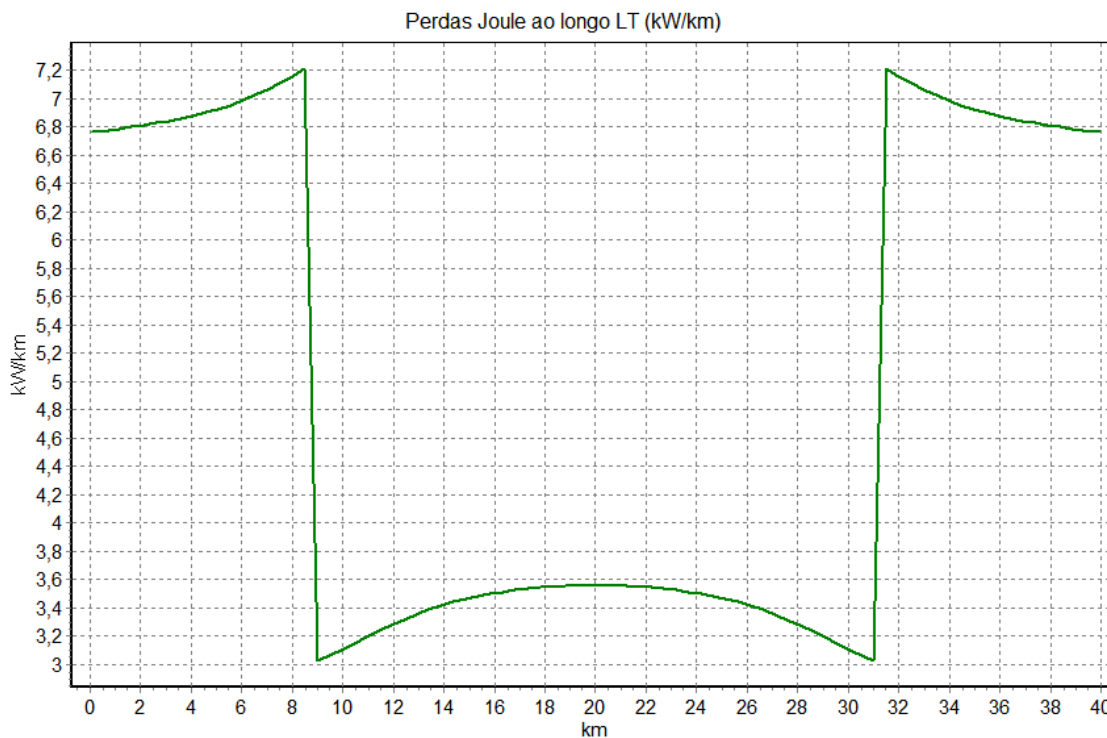


Figura 3 - Perdas Joule por km nos cabos para-raios da LT 500 kV UHE São Manoel - Paranaíta para uma corrente na LT de 1338 A (Perdas = 197,1 kW).

### 3. CONCLUSÃO

As perdas por efeito joule nos cabos para-raios da LT 500 kV UHE São Manoel - Paranaíta foram estimadas em 72,7 kW, para o condição de operação normal, e em 197,1 kW, para a LT operando com a máxima capacidade de corrente em regime de longa duração.



#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] - Transmission Line Reference Book - 345 kV and Above.
- [2] - Elilson E. Ribeiro; Manuel Losada y Gonzalez e Mário F. Alves Interferências Eletromagnéticas entre LT's e Dutos - II Simpósio Franco-Brasileiro Sobre Cálculo de Campos Elétricos e Magnéticos - São Paulo, SP - Mar/1989.
- [3] - Elilson E. Ribeiro; Manuel L. y G., Mário F. Alves; José A. Martins; Paulo S. Azambuja e Sérgio R. O. - Análise dos Acoplamentos Resistivo e Magnético entre Gasoduto e Linhas de Transmissão na Região Metropolitana de Belo Horizonte -X Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica - Curitiba, PR - Out/1989.
- [4] - Elilson E. Ribeiro; Mário F. Alves e Manuel L. Gonzalez - Um Modelo Eficiente para Cálculo de Interferências Devidas às Linhas de Transmissão e Distribuição - I Seminário Internacional de Distribuição de Energia Elétrica - Belo Horizonte, MG - Nov/1990.
- [5] - Elilson E. Ribeiro; Leonardo S. Amaral; Manuel L. Gonzalez; Mário F. Alves e Paulo C. O. Teixeira Um Pacote Computacional para o Cálculo de Interferências Eletromagnéticas Devidas às Linhas de Transmissão - Congresso Brasileiro de Eletromagnetismo Aplicado - Belo Horizonte, MG - Jun/1992 pp. 253-264.



São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN

CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

utc  
engenharia

LEME  
ENGENHARIA

---

## **LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – PARANAÍTA**

### **PROJETO BÁSICO**

#### CAPÍTULO 7

#### ANEXO 2

#### DIMENSIONAMENTO DOS CABOS PARA-RAIOS

---



São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN

CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

utc  
engenharia

LEME  
ENGENHARIA

## CONTEÚDO

1. OBJETIVO
2. CÁLCULO DE DISTRIBUIÇÃO DE CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO
3. CONFIGURAÇÃO RECOMENDADA
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



## DIMENSIONAMENTO DOS CABOS PARA-RAIOS

### 1. Objetivo

O presente relatório tem por objetivo dimensionar os cabos para-raios a serem instalados na LT 500 kV UHE São Manoel – Paranaíta de forma a garantir que a capacidade dos mesmos não seja ultrapassada pelas correntes de curto-circuito na LT.

### 2. Cálculo de Distribuição de Corrente de Curto-Circuito

#### 2.1 Introdução

A metodologia utilizada no cálculo de distribuição de correntes nos cabos para-raios é descrita no Item 2.2 a seguir (ver Ref. [3,4,5,6], para detalhes).

No Item 2.3 são apresentados os dados utilizados nos cálculos de distribuição de corrente de curto-circuito na LT.

No Item 2.4 são apresentados os resultados dos cálculos de distribuição de correntes de curto-circuito fase-terra nos cabos para-raios da LT para a configuração final de cabos recomendada.

Na apresentação dos resultados dos cálculos, são mostradas as distribuições de corrente na LT quando da ocorrência de curto-circuito em torres específicas (críticas). Estas torres foram selecionadas de modo a se obter os maiores valores possíveis de corrente nos cabos para-raios.

#### 2.2 Modelagem de Cálculo

O cálculo da distribuição de corrente nos cabos para-raios da LT na ocorrência de faltas fase-terra, foi realizado através de software de cálculo de interferências devidas às linhas de transmissão.

As referências [3,4,5,6] apresentam a metodologia básica de cálculo de distribuição de corrente implementada e cita inclusive exemplos de sua utilização.

Para efeito do cálculo de distribuição de corrente é importante salientar as características principais da metodologia:

- a corrente de curto-circuito é calculada em função do ponto de falta (qual torre em que ela ocorre), das resistências dos aterramentos das torres e das SE's, dos comprimentos dos vãos, das impedâncias próprias e mútuas dos cabos fase e para-raios e dos equivalentes do sistema elétrico nas SE's terminais (a alimentação pode ser simultânea nas duas SE's terminais);
- os comprimentos dos vãos são considerados com seus valores reais, ou seja, eles podem variar vão a vão (podem ser simulados até 800 vãos);
- as resistências de aterramento são simuladas individualmente, com seus valores reais (podem ser simuladas individualmente até 800 torres);



- no caso de linhas de circuito duplo, a corrente de falta nos dois circuitos é calculada;
- a distribuição de corrente entre os cabos para-raios (quando existir mais de um) é feita considerando suas impedâncias próprias e as impedâncias mútuas entre si e entre eles e os condutores da fase em falta.

Face ao objetivo dos cálculos aqui realizados, foram utilizadas algumas aproximações, tais como a utilização de um valor médio para as resistências de pés-de-torre. Estas aproximações são devidas, então, à modelagem da LT assumida para os cálculos e não à uma restrição dos modelos/programas utilizados nos mesmos.

### 2.3 Dados

Os dados básicos utilizados nos cálculos das correntes de curto-circuito na LT são apresentados nas Tabelas 1 a 3.

A Tabela 1, a seguir, apresenta as informações/parâmetros da LT utilizados nos cálculos.

As Tabelas 2 e 3 apresentam os parâmetros elétricos e geométricos dos cabos fase e para-raios utilizados nos cálculos. De forma conservativa, os parâmetros foram avaliados a 50°C.

As impedâncias próprias e mútuas dos cabos fase e para-raios foram calculadas utilizando-se as equações de Carson.





Tabela 1  
Dados da LT 500 kV UHE São Manoel – Paranaíta

Nº	Dado	Valor
	<b>SE Inicial</b>	<b>UHE SÃO MANOEL</b>
1	Nível de curto-circuito fase-terra (kA)	40*
2	Resistência da malha de aterramento ( $\Omega$ )	1
	<b>SE Final</b>	<b>PARANAÍTA</b>
3	Nível de curto-circuito fase-terra (kA)	40*
4	Resistência da malha de aterramento ( $\Omega$ )	1
	<b>LT</b>	
5	Torre típica	A58
6	Número de torres / km	2,0
7	Comprimento da LT (km)	40
8	Resistência média dos pés-de-torre de projeto ( $\Omega$ )	20
9	Número de cabos por fase	3
10	Distância entre condutores no bundle (cm)	45,7
11	Condutor fase	CAA 954 MCM Rail
12	Cabos para-raios convencionais	CAA Dotterel Aço 3/8" EAR
13	Cabo para-raios do tipo OPGW	OPGW 14,7 mm

Tabela 2  
Parâmetros dos cabos para-raios considerados nos cálculos

Cabo	Ra ( $\Omega$ /km) a 50°C	RMG (mm)
CAA Dotterel	0,4145	2,7
Aço 3/8" EAR	4,8664	1,2E-5
OPGW 14,7 mm	0,5677	5,68

Tabela 3  
Parâmetros do cabo fase considerado nos cálculos

Cabo	Ra ( $\Omega$ /km) a 50°C	RMG (mm)
CAA 954 MCM Rail	0,0683	11,7



A tabela a seguir apresenta a máxima corrente que poderá circular pelos cabos para-raios (no caso do OPGW ela é função do  $I^2t$  do mesmo).

Considerou-se o tempo de eliminação de faltas fase-terra na LT igual a 0,25 s.

Tabela 4  
Corrente máxima admissível para os cabos para-raios

Cabo	$kA^2s$	<b>Irms_max (kA) em 0,25 s de eliminação da falta</b>
CAA Dotterel	-	24,7 <sup>(1)</sup>
Aço 3/8" EAR	-	7,7 <sup>(1)</sup>
OPGW 14,7 mm	81 <sup>(2)</sup>	18,0

(1) A máxima corrente que poderá circular pelos cabos para-raios convencionais foi avaliada de acordo com a NBR 8449/1984;

(2) Capacidade do OPGW considerando temperatura inicial de 50°C e final de 200° C (*dados Fujikura*).

## 2.4 Análise da LT 500 kV UHE São Manoel – Paranaíta

Neste item são apresentados os valores das máximas correntes de curto-circuito fase-terra que circularão pelos cabos para-raios a serem instalados na LT 500 kV UHE São Manoel – Paranaíta, considerando a seguinte configuração:

### CPR 1 (Cabo convencional):

- no trecho de, no mínimo, 9,0 km adjacente à SE UHE São Manoel, deverá ser instalado o cabo para-raios CAA Dotterel;
- no trecho de, no mínimo, 9,0 km adjacente à SE Paranaíta, deverá ser instalado o cabo para-raios CAA Dotterel;
- no restante da LT, trecho intermediário, deverá ser instalado o cabo para-raios de Aço Galvanizado 3/8" EAR.

### CPR 2 (OPGW):

- Deverá ser instalado o OPGW 14,7 mm.



São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN  
CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL



LEME  
ENGENHARIA

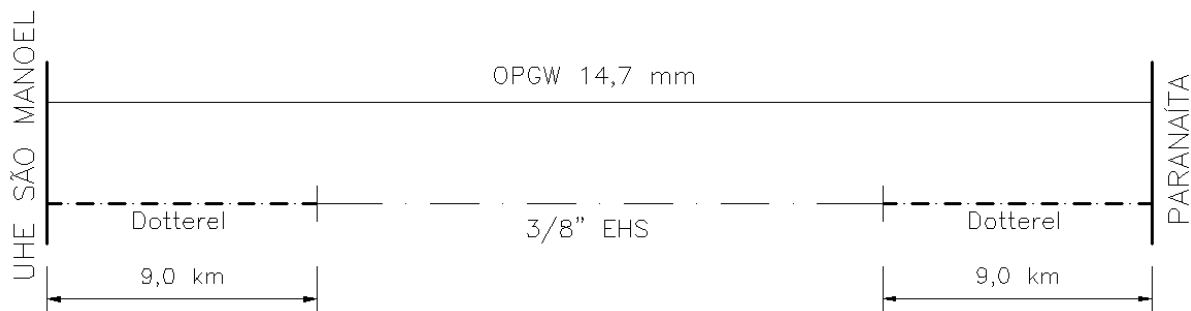


Figura 1 – Configuração final dos cabos para-raios da LT 500 kV UHE São Manoel – Paranaíta.

A tabela a seguir apresenta a distribuição de corrente na LT para curto-circuito fase-terra nas torres próximas às SEs terminais e próximas aos pontos de transição dos cabos para-raios.

Tabela 5  
Distribuição de Corrente na LT

SAMA.BL-RT-G60-0001-0	Novembro/2014	171 / 514
-----------------------	---------------	-----------



Torre em falta	If1 (kA)	If2 (KA)	CPR1 (OPGW)		CPR2 (Convencional)		I5 (kA)
			I1 (kA)	I2 (kA)	I3 (kA)	I4 (kA)	
OPGW 14,7 mm + CAA Dotterel							
Torre adjacente à SE UHE São Manoel	30,2	9,8	14,3	6,4	13,4	6,3	0,6
OPGW 14,7 mm + CAA Dotterel							
Torre de transição de cabos para-raios a 9,0 km da SE UHE São Manoel	20,0	10,8	10,1	9,4	9,6	1,4	0,5
OPGW 14,7 mm + Aço 3/8" EAR							
Torre após a transição de cabos para-raios, a 9,5 km da SE UHE São Manoel	19,5	10,8	16,4	9,7	2,5	1,5	0,6
Torre anterior a transição de cabos para-raios, a 9,5 km da SE Paranaíta	10,8	19,5	9,7	16,4	1,5	2,5	0,6
OPGW 14,7 mm + Aço 3/8" EAR							
Torre de transição de cabos para-raios a 9,0 km da SE Paranaíta	10,8	20,0	9,4	10,1	1,4	9,6	0,5
OPGW 14,7 mm + CAA Dotterel							
Torre adjacente à SE Paranaíta	9,8	30,2	6,4	14,3	6,3	13,4	0,6

If1 - Corrente de falta vinda da SE UHE São Manoel;

If2 - Corrente de falta vinda da SE Paranaíta;

I1 - Corrente no cabo para-raios 1 no vão anterior ao ponto de curto;

I2 - Corrente no cabo para-raios 1 no vão posterior ao ponto de curto;

I3 - Corrente no cabo para-raios 2 no vão anterior ao ponto de curto;

I4 - Corrente no cabo para-raios 2 no vão posterior ao ponto de curto;

I5 - Corrente na torre em curto.

Para facilitar a identificação das correntes nos cabos quando da ocorrência de faltas em pontos críticos, as figuras a seguir apresentam a distribuição de corrente nos cabos para-raios

da LT para o curto-circuito fase-terra nas torres que acarretam os maiores valores de correntes nos cabos para-raios.

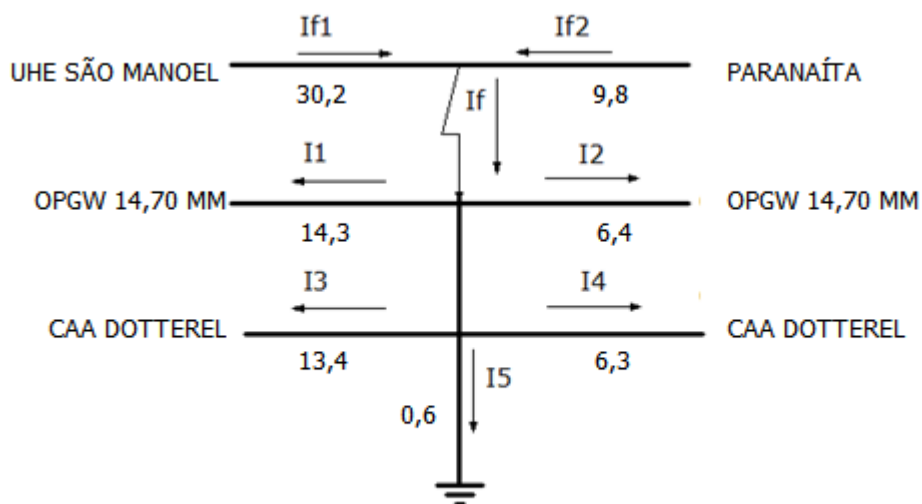


Figura 2 - Distribuição de corrente (em kA) na LT para curto-circuito fase-terra na torre adjacente à SE UHE São Manoel.

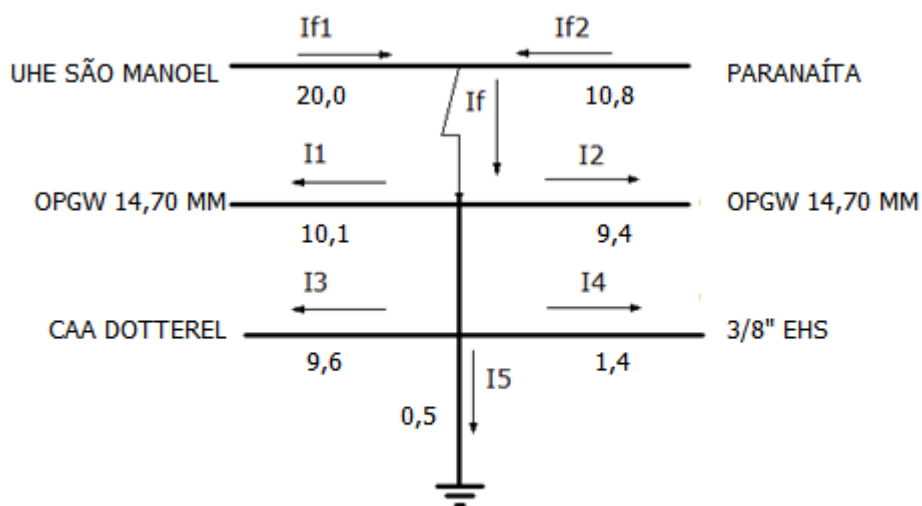


Figura 3 - Distribuição de corrente (em kA) na LT para curto-circuito fase-terra na torre de transição dos cabos para-raios (a 9,0 km da SE UHE São Manoel).

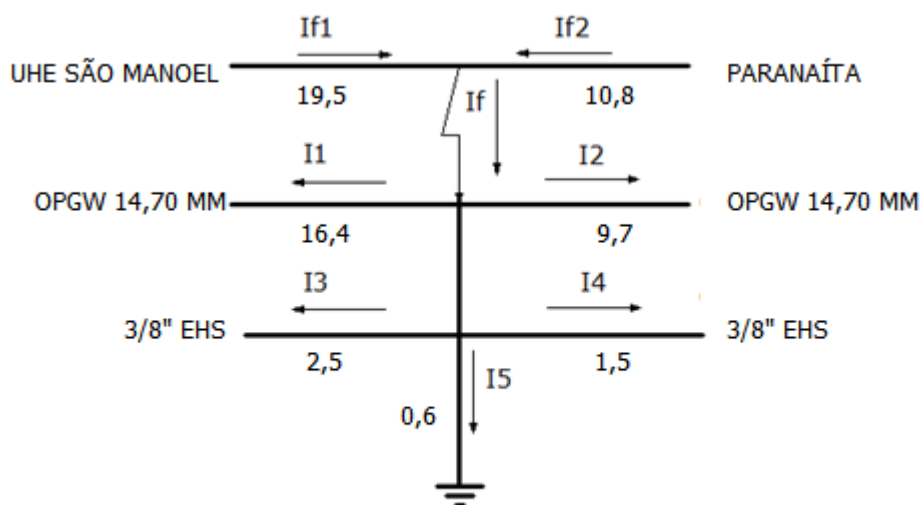


Figura 4 - Distribuição de corrente (em kA) na LT para curto-circuito fase-terra na torre após à transição dos cabos para-raios (a cerca de 9,5 km da SE UHE São Manoel).

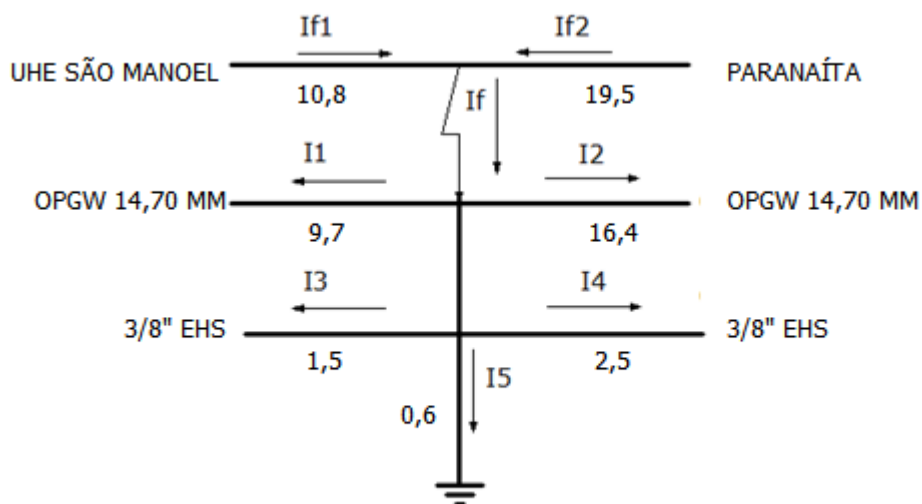


Figura 5 - Distribuição de corrente (em kA) na LT para curto-circuito fase-terra na torre anterior a transição dos cabos para-raios (a cerca de 9,5 km SE Paranaíta).

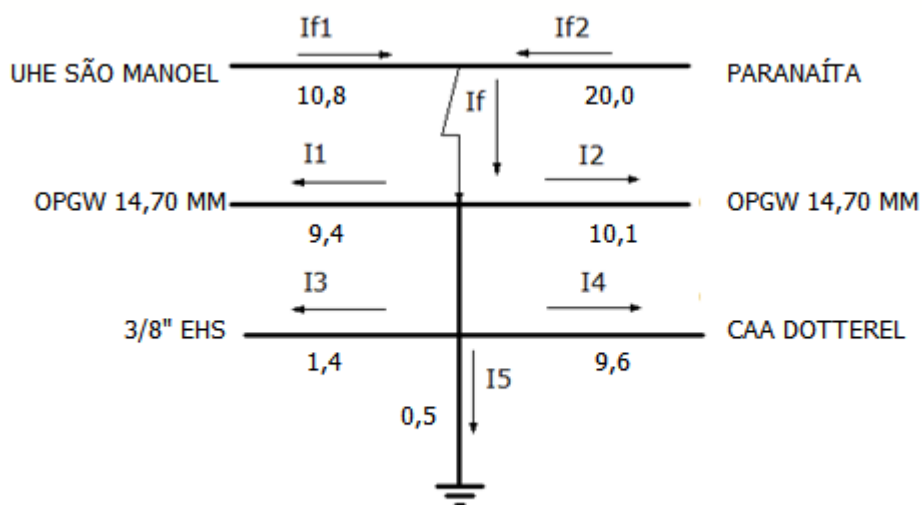


Figura 6 - Distribuição de corrente (em kA) na LT para curto-circuito fase-terra na torre de transição dos cabos para-raios (a 9,0 km da SE Paranaíta).

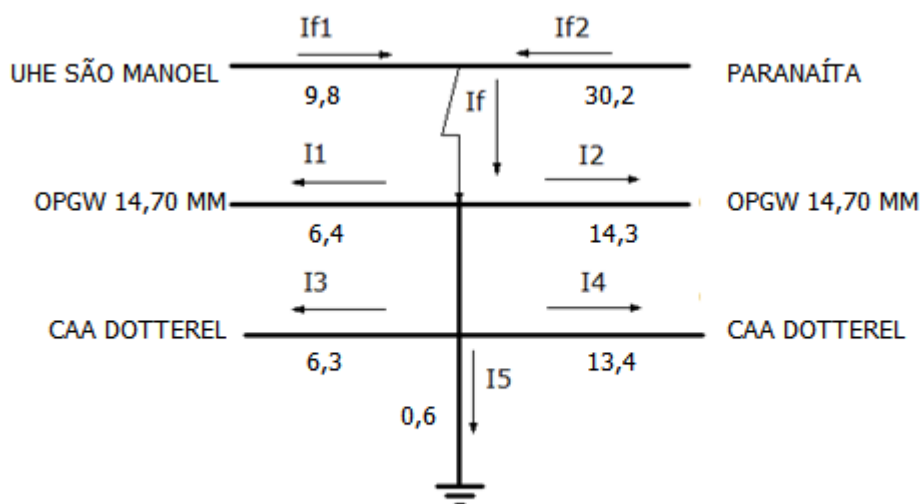


Figura 7 - Distribuição de corrente (em kA) na LT para curto-circuito fase-terra na torre adjacente à SE Paranaíta.

Tabela 6  
Correntes máximas nos cabos para-raios

Cabo	Imax (kA)
CAA Dotterel	13,4
Aço 3/8" EAR	2,5
OPGW 14,7 mm	16,4

Verifica-se que a capacidade de condução de corrente dos cabos para-raios não será ultrapassada.

### 3. Configuração Recomendada

Na LT 500 kV UHE São Manoel – Paranaíta deverá ser instalada a seguinte configuração de cabos para-raios:

#### CPR 1 (Cabo convencional) :

- no trecho de, no mínimo, 9,0 km adjacente à SE UHE São Manoel, deverá ser instalado o cabo para-raios CAA Dotterel;
- no trecho de, no mínimo, 9,0 km adjacente à SE Paranaíta, deverá ser instalado o cabo para-raios CAA Dotterel;
- no restante da LT, trecho intermediário, deverá ser instalado o cabo para-raios de Aço Galvanizado 3/8" EAR.

#### CPR 2 (OPGW):

- Deverá ser instalado o OPGW 14,7 mm.

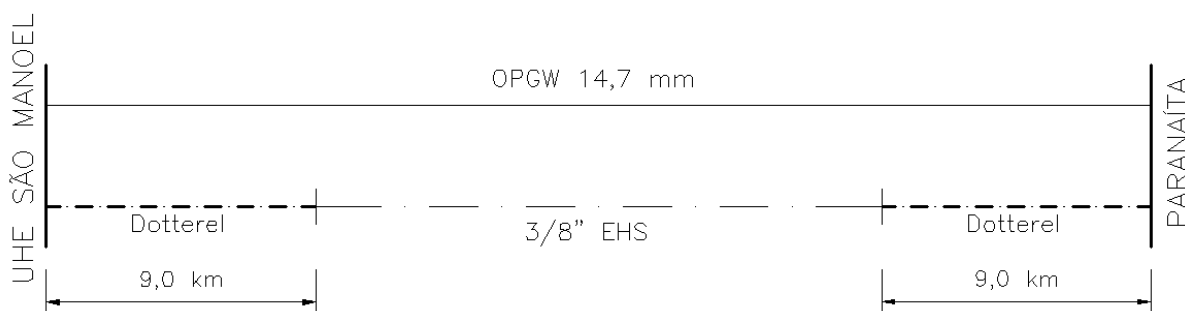


Figura 8 – Configuração final dos cabos para-raios da LT 500 kV UHE São Manoel – Paranaíta.





#### 4. Referências Bibliográficas

- [1] Transmission Line Reference Book - 345 kV and Above.
- [2] Dimensionamento de Cabos Pára-Raios Para Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica - Norma Brasileira NBR 8449, Abril 1984.
- [3] Elilson E. Ribeiro; Manuel Losada y Gonzalez e Mário F. Alves Interferências Eletromagnéticas entre LT's e Dutos - II Simpósio Franco-Brasileiro Sobre Cálculo de Campos Elétricos e Magnéticos - São Paulo, SP - Mar/1989.
- [4] Elilson E. Ribeiro; Manuel L. y G., Mário F. Alves; José A. Martins; Paulo S. Azambuja e Sérgio R. O. - Análise dos Acoplamentos Resistivo e Magnético entre Gasoduto e Linhas de Transmissão na Região Metropolitana de Belo Horizonte -X Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica - Curitiba, PR - Out/1989.
- [5] Elilson E. Ribeiro; Mário F. Alves e Manuel L. Gonzalez - Um Modelo Eficiente para Cálculo de Interferências Devidas às Linhas de Transmissão e Distribuição - I Seminário Internacional de Distribuição de Energia Elétrica - Belo Horizonte, MG - Nov/1990.
- [6] Elilson E. Ribeiro; Leonardo S. Amaral; Manuel L. Gonzalez; Mário F. Alves e Paulo C. O. Teixeira Um Pacote Computacional para o Cálculo de Interferências Eletromagnéticas Devidas às Linhas de Transmissão - Congresso Brasileiro de Eletromagnetismo Aplicado - Belo Horizonte, MG - Jun/1992 pp. 253-264.



São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN  
CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

utc  
engenharia

LEME  
ENGENHARIA

---

## **LT 500 kV UHE SÃO MANOEL - PARANAÍTA**

### **PROJETO BÁSICO**

#### **CAPÍTULO 7**

#### **ANEXO 3**

#### **DESEQUILÍBRIO DE TENSÃO**

---



São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN

CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

utc  
engenharia

LEME  
ENGENHARIA

## CONTEÚDO

1. INTRODUÇÃO
2. DADOS DA LT
3. METODOLOGIA DE CÁLCULO DOS DESEQUILÍBRIOS
4. RESULTADOS DOS CÁLCULOS DOS DESEQUILÍBRIOS
5. CONCLUSÃO
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## 1 INTRODUÇÃO

A seguir são apresentados os resultados dos cálculos dos desequilíbrios de tensão de sequência negativa e zero na LT 500 kV UHE São Manoel – Paranaíta. Como os desequilíbrios de tensões de sequência negativa e zero serão inferiores a 1,5%, não haverá necessidade de se fazer a transposição na LT.

## 2 DADOS DA LT

As tabelas a seguir apresentam os principais dados da LT 500 kV UHE São Manoel – Paranaíta.

Para efeito de avaliação das impedâncias série e transversal da LT, considerou-se as torres, cabos condutores e cabos para-raios típicos dos trechos da LT indicados a seguir.

Tabela 1  
 Dados da LT 500 kV UHE São Manoel - Paranaíta

Nº	Dado	Valor
1	Torre típica	A58
2	Número de torres / km	2,0
3	Comprimento da LT (km)	40
4	Número de cabos por fase	3
5	Distância entre condutores no bundle (cm)	45,7
6	Condutor fase	CAA 954 MCM Rail
7	Cabos para-raios convencionais	CAA Dotterel Aço 3/8" EAR
8	Cabo para-raios do tipo OPGW	OPGW 14,7 mm

Tabela 2  
 Parâmetros dos cabos para-raios considerados nos cálculos

Cabo	Ra ( $\Omega$ /km) a 40°C	RMG (mm)
CAA Dotterel	0,3801	2,7
Aço 3/8" EAR	4,2320	1,2E-5
OPGW 14,7 mm	0,5488	5,68



Tabela 3  
Parâmetros do cabo fase considerado nos cálculos

Cabo	Ra ( $\Omega/\text{km}$ ) a 50°C	RMG (mm)
CAA 954 MCM Rail	0,0683	11,7

Tabela 4  
Trechos da LT para a análise dos desequilíbrios de tensão

Trechos	CPRs	Estrutura Típica	Comprimento	Sequência de Fases
Adjacente às SEs	Dotterel OPGW 14,7 mm	A58	18 km	ABC
Intermediário	3/8" EAR OPGW 14,7 mm	A58	22 km	ABC

### 3 METODOLOGIA DE CÁLCULO DOS DESEQUILÍBRIOS

A análise de desequilíbrio de tensão de sequência negativa e zero considera a divisão da LT em N trechos, sendo que cada trecho possui uma certa silhueta típica e sequência de fases.

Para cada trecho de LT é calculado um circuito  $\pi$  a partir das matrizes de impedância e capacitância por km. Caso a LT não seja transposta e possua uma silhueta predominante ao longo de toda a sua extensão, será gerado apenas um circuito  $\pi$ .

A partir da tensão na barra emissora  $V_E$  e da impedância da carga  $Z_R$ , calculada em função da potência transmitida pela LT, resolve-se o circuito apresentado na figura a seguir, obtendo-se assim a tensão na barra receptora  $V_R$ . Caso a LT esteja operando a vazio, a carga  $Z_R$  será infinita.

A figura a seguir apresenta uma ilustração do circuito montado para o cálculo da tensão na barra receptora  $V_R$ .



Onde:

$[Z_{\text{fase}}]$  → Matriz de impedâncias de fase em Ohms

$[Y_{\text{fase}}]$  → Matriz de admitâncias de fase em S

Figura 1 – Circuito equivalente.

Para um numero N de trechos são gerados N+1 nós, sendo que no ultimo nó é inserida a carga  $Z_R$ .

A carga  $Z_R$  é calculada em função da potência e do FP da carga. Considerando-se a tensão na barra emissora  $V_E$ , a tensão na barra receptora  $V_R$  será dada por:

$$[V_R] = [V_E] - [Z_{fase1}] [I_{serie1}] - [Z_{fase2}] [I_{serie2}] - \dots - [Z_{faseN}] [I_{serieN}]$$

Onde  $I_{serie}$  é a corrente que passa por uma dada impedância  $Z_{fase}$ .

No cálculo da corrente  $I_{serie}$  de cada trecho da LT são calculadas admitâncias equivalentes  $Y_{eq}$  para os N+1 nós.

A partir das admitâncias equivalentes  $Y_{eq}$  de cada nó (a direita de cada circuito  $\pi$ ), a corrente  $I_{serie}$  de cada trecho é calculada a partir do circuito a seguir.

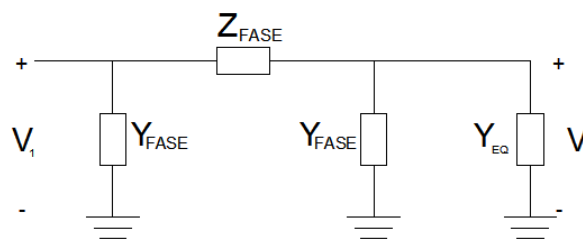


Figura 2 - Circuito montado para cálculo da corrente  $I_{serie}$ .

Sendo assim uma dada corrente  $I_{serie}$  é dado por:

$$[I_{serie}] = \{ \{ [Y_{EQ}] + [Y_{fase}] \}^{-1} + [Z_{fase}] \}^{-1} [V_1]$$

O cálculo das admitâncias equivalentes é realizado conforme a seguir:

$$\begin{aligned} [Y_{EQ_{N+1}}] &= [Y_R] \\ [Y_{EQ_N}] &= \left( ([Y_R] + [Y_{faseN}])^{-1} + Z_{faseN} \right)^{-1} + [Y_{faseN}] \\ [Y_{EQ_{N-1}}] &= \left( ([Y_{EQ_N}] + [Y_{faseN-1}])^{-1} + Z_{faseN-1} \right)^{-1} + [Y_{faseN-1}] \\ &\cdot \\ &\cdot \\ [Y_{EQ1}] &= \left( ([Y_{EQ2}] + [Y_{fase1}])^{-1} + Z_{fase1} \right)^{-1} + [Y_{fase1}] \end{aligned}$$

As tensões de seqüência podem ser obtidas a partir das tensões de fase através das seguintes relações:



$$[V_{fase}] = [T][V_{seq}] \rightarrow [V_{seq}] = [T]^{-1}[V_{fase}]$$

Onde,

$$[T] = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix}$$

$$[T]^{-1} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix}$$

$$a = e^{-j120^\circ}$$

Uma vez calculadas as tensões de seqüências zero ( $V_0$ ), positiva ( $V_1$ ) e negativa ( $V_2$ ), os desequilíbrios podem ser avaliados através das seguintes expressões:

$$M_o = \frac{|V_0|}{|V_1|} \times 100\% \quad M_2 = \frac{|V_2|}{|V_1|} \times 100\%$$

#### 4 RESULTADOS DOS CÁLCULOS DOS DESEQUILÍBRIOS

Na avaliação dos desequilíbrios de tensão foram utilizadas as matrizes de impedâncias e capacitâncias por fase e por km, apresentadas a seguir, impedâncias e capacitância estas calculadas utilizando as equações de Carson e os coeficientes de potencial de Maxwell, conforme referência [1].

Estas matrizes de impedâncias e capacitâncias, por fase e por km, de ordem 3, foram obtidas a partir de matrizes de ordem 5, onde os cabos para-raios foram eliminados (referência [1]).

- **Estrutura A58 – CAA 954 MCM Rail – Para-raios: OPGW 14,7 mm e Dotterel**

$$[Z_{fase}] = \begin{bmatrix} 0,1017 & 0,0801 & 0,0784 \\ +j 0,5343 + j & 0,1998 + j & 0,1564 \\ 0,0801 & 0,1052 & 0,0820 \\ +j 0,1998 + j & 0,5273 + j & 0,2027 \\ 0,0784 & 0,0820 & 0,1054 \\ +j 0,1564 + j & 0,2027 + j & 0,5398 \end{bmatrix} \quad \Omega/\text{km}$$

$$[K_{fase}] = \begin{bmatrix} 0,0110 & -0,0020 & -0,0006 \\ -0,0020 & 0,0113 & -0,0020 \\ -0,0006 & -0,0020 & 0,0109 \end{bmatrix} \quad \mu\text{F} / \text{km}$$

Observação: A matriz de impedâncias é mostrada com a parte real na primeira linha e a parte imaginária logo abaixo da parte real.



- Estrutura A58 – CAA 954 MCM Rail – Para-raios: OPGW 14,7 mm e 3/8" EAR

$$[Z_{fase}] = \begin{bmatrix} 0,1237 & 0,1038 & 0,1030 \\ +j & 0,6192 + j & 0,2766 + j & 0,2207 \\ 0,1038 & 0,1300 & 0,1072 \\ +j & 0,2766 + j & 0,5966 + j & 0,2605 \\ 0,1030 & 0,1072 & 0,1303 \\ +j & 0,2207 + j & 0,2605 + j & 0,5879 \end{bmatrix} \quad \Omega/\text{km}$$

$$[K_{fase}] = \begin{bmatrix} 0,0109 & -0,0020 & -0,0006 \\ -0,0020 & 0,0113 & -0,0020 \\ -0,0006 & -0,0020 & 0,0109 \end{bmatrix} \quad \mu\text{F}/\text{km}$$

Observação: A matriz de impedâncias é mostrada com a parte real na primeira linha e a parte imaginária logo abaixo da parte real.

A seguir são apresentadas as tensões de sequência e os desequilíbrios de sequência zero ( $M_0$ ) e negativa ( $M_2$ ) para a LT operando a plena carga e a vazio.

A tensão na barra emissora  $V_E$  foi ajustada para que na barra receptora a tensão de sequência positiva seja igual a nominal.

#### 4.1 LT OPERANDO A PLENA CARGA

##### 4.1.1 **Para a LT em operação normal (851 A)**

###### a) Tensões de seqüências na barra receptora

$$VR0 = 0,0012 \text{ pu}$$

$$VR1 = 1,0000 \text{ pu}$$

$$VR2 = 0,0040 \text{ pu}$$

###### b) Desequilíbrios de tensão na barra receptora

$$M_0 = 0,12 \%$$

$$M_2 = 0,40 \%$$

##### 4.1.2 **Para a LT com a máxima capacidade de condução de corrente (1338 A)**

###### a) Tensões de seqüências na barra receptora

$$VR0 = 0,0019 \text{ pu}$$

$$VR1 = 1,0000 \text{ pu}$$

$$VR2 = 0,0062 \text{ pu}$$

###### b) Desequilíbrios de tensão na barra receptora

$$M_0 = 0,19 \%$$

$$M_2 = 0,62 \%$$

#### 4.2 LT OPERANDO A VAZIO

###### a) Tensões de seqüências na barra receptora

$$VR0 = 0,0001 \text{ pu}$$

$$VR1 = 1,0000 \text{ pu}$$

$$VR2 = 0,0000 \text{ pu}$$

###### b) Desequilíbrios de tensão na barra receptora

$$M_0 = 0,01 \%$$

$$M_2 = 0,00 \%$$

## 5 CONCLUSÃO

Os valores de desequilíbrio de tensão na LT são inferiores ao limite máximo recomendável de 1,5 %, conforme estabelecido na Ref. [5]. Sendo assim, não se faz necessária a transposição das fases da LT.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Dommel, H. W. - Electromagnetic Transients Program – Reference Manual (EMTP Theory Book).
- [2] Transmission Line Reference Book - 345 kV and Above.
- [3] Kuffel, E. & Zaengl, W. S. – “High-Voltage Engineering – Fundamentals” – Pergamon Press – 498 p. - 1984
- [4] Singer, H.; Steinbigler, H.; Weiss, P. – “A Charge Simulation Method for the Calculation of High Voltage Fields” – IEEE Transation on PAS – Vol. 93 – pp. 1660 – 1668 Ano:1974
- [5] Submódulo 2.4 – “Requisitos mínimos para linhas de transmissão aéreas ” – ONS.
- [6] IEEE Standard for Calculating the Current-Temperature of Bare Overhead Conductors – 738-2006.



São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN

CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

utc  
engenharia

LEME  
ENGENHARIA

---

## **LT 500 kV UHE SÃO MANOEL - PARANAÍTA**

### **PROJETO BÁSICO**

#### CAPÍTULO 7

#### ANEXO 4

#### ARQUIVOS DE RESULTADOS DO ATP (CÁLCULO DOS PARÂMETROS DE SEQUÊNCIA)

---

## 1) PARA OS TRECHOS ADJACENTES ÀS SES

Alternative Transients Program (ATP), GNU Linux or DOS. All rights reserved by Can/Am user group of Portland, Oregon, USA.

Date (dd-mth-yy) and time of day (hh.mm.ss) = 18-Nov-14 11:34:31 Name of disk plot file is c:\atp\atpmingw\trecho1.pl4

Consult the 860-page ATP Rule Book of the Can/Am EMTF User Group in Portland, Oregon, USA. Source code date is 06 September 2002.

Total size of LABCOM tables = 9868332 INTEGER words. VARDIM List Sizes follow : 6002 10K 192K 900 420K 1200

15K 120K 2250 3800 720 1200 72800 510 90K 800 90 254 120K 100K 3K 15K 192K 120 30K 160K 600 210K 300 60

-----+-----  
Descriptive interpretation of input data cards. | Input data card images are shown below, all 80 columns, character by character

6 7 8 0 1 2 3 4 5

01234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890

-----+-----  
Comment card. KOMPAN > 0. |C data:C:\ATP\ATPMINGW\TRECHO1.ATP  
Marker card preceding new EMTF data case. |BEGIN NEW DATA CASE  
Compute overhead line constants. Limit = 120 |LINE CONSTANTS  
Erase all of 0 cards in the punch buffer. |\$ERASE  
Comment card. KOMPAN > 0. |C  
34567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890  
Comment card. KOMPAN > 0. |C 1 2 3 4 5  
6 7  
Comment card. KOMPAN > 0. |C X-----  
-----X  
Comment card. KOMPAN > 0. |C | FASE 1 | FASE 2 | FASE 3 | FASE 4 |  
FASE 5 | FASE 6 |  
Comment card. KOMPAN > 0. |C X-----XX-----XX-----XX-----  
XX-----XX-----X  
Comment card. KOMPAN > 0. |C |INI | FIM | INI | FIM | INI | FIM | INI | FIM |  
INI | FIM | INI | FIM |  
Comment card. KOMPAN > 0. |C X---XX---XX---XX---XX---XX---XX---XX---  
XX---XX---XX---X  
Pairs of 6-character bus names for each phase. |BRANCH C1F1I C1F1F C1F2I C1F2F C1F3I C1F3F C2F1I C2F1F  
C2F2I C2F2F C2F3I C2F3F  
Pairs of 6-character bus names for each phase. |BRANCH C3F1I C3F1F C3F2I C3F2F C3F3I C3F3F C4F1I C4F1F  
C4F2I C4F2F C4F3I C4F3F  
Pairs of 6-character bus names for each phase. |BRANCH C5F1I C5F1F C5F2I C5F2F C5F3I C5F3F C6F1I C6F1F  
C6F2I C6F2F C6F3I C6F3F  
Request for metric (not English) units. |METRIC  
Comment card. KOMPAN > 0. |C X-----  
-----X  
Comment card. KOMPAN > 0. |C CABOS FASE  
Comment card. KOMPAN > 0. |C X-----  
-----X  
Comment card. KOMPAN > 0. |C  
34567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890  
Comment card. KOMPAN > 0. |C 1 2 3 4 5  
6 7  
Comment card. KOMPAN > 0. |C |SKIN| RESIS|IX| RMG | DIAM | HORIZ | VTOWER| VMID  
|SEPAR |ALPHA| NAME|NB

```

Comment card.  KOMPAR > 0.          |C | |ohm/km| | cm | cm | m | m | m
| cm | | | | | | | | |
Comment card.  KOMPAR > 0.          |C X---XX-----X-X-----XX-----XX-----XX-----XX-----
-XX-----XX-----XX-----X--
Line conductor card. 3.750E-01 6.660E-02 4 | 10.375 0.0666 411.74E-1 2.959 -11.00 33.46
12.00 45.7 270 3
Line conductor card. 3.750E-01 6.660E-02 4 | 20.375 0.0666 411.74E-1 2.959 0.00 33.98
12.52 45.7 270 3
Line conductor card. 3.750E-01 6.660E-02 4 | 30.375 0.0666 411.74E-1 2.959 11.00 33.46
12.00 45.7 270 3
Comment card.  KOMPAR > 0.          |C X-----
-----X
Comment card.  KOMPAR > 0.          |C                                     CABOS PARA-RAIOS
Comment card.  KOMPAR > 0.          |C X-----
-----X
Comment card.  KOMPAR > 0.          |C
34567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
Comment card.  KOMPAR > 0.          |C 1 2 3 4 5
6 7
Comment card.  KOMPAR > 0.          |C |SKIN| RESIS|IX| RMG | DIAM | HORIZ | VTOWER| VMID
|SEPAR |ALPHA| NAME|NB
Comment card.  KOMPAR > 0.          |C | |ohm/km| | cm | cm | m | m | m
| cm | | | | | | | | |
Comment card.  KOMPAR > 0.          |C X---XX-----X-X-----XX-----XX-----XX-----XX-----
-XX-----XX-----XX-----X--
Line conductor card. 2.000E-01 3.798E-01 4 | 0 0.20 0.3798 42.7E-01 1.542 -9.00 42.46
23.15 0 0 1
Line conductor card. 3.900E-01 5.483E-01 4 | 0 0.39 0.5483 45.7E-01 1.470 9.00 42.46
23.15 0 0 1
Blank card terminating conductor cards. |BLANK CARD ENDING CONDUCTOR CARDS
Comment card.  KOMPAR > 0.          |C X-----
-----X
Comment card.  KOMPAR > 0.          |C                                     DADOS DE FREQUENCIA
Comment card.  KOMPAR > 0.          |C X-----
-----X
Comment card.  KOMPAR > 0.          |C
3456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
Comment card.  KOMPAR > 0.          |C 1 2 3 4 5
6 7
Comment card.  KOMPAR > 0.          |C RHO || FREQ || FCAR ||ICPR||IZPR||I| DIST
||PI|IM|I||I||I|M|I|
Comment card.  KOMPAR > 0.          |C ohm/m| Hz || || || |C| km
||PR|ST|D|T|N|D|F|
Comment card.  KOMPAR > 0.          |C <--><-----><-----><-----><-----><-----><-----><---
>XX<-><-><-><-><-><-><-><->
Frequency card. 1.000E+03 6.000E+01 1.800E+01 | 1000.00 60.00 1 111111 111111 1 18.00
111100 0 0 0 1 0
  
```

Line conductor table after sorting and initial processing.

Table height	Phase	Skin effect	Resistance	Reactance	data specification	Diameter	Horizontal	Avg
Row (mtrs)	Number	R-type Name	R (ohm/km)	X-type	X(ohm/km) or GMR	( cm )	X (mtrs)	Y
18.919	1	.37500	.06660	4	1.174000	2.95900	-11.121	
19.439	2	.37500	.06660	4	1.174000	2.95900	-0.121	
18.919	3	.37500	.06660	4	1.174000	2.95900	10.879	
19.375	4	.37500	.06660	4	1.174000	2.95900	-11.143	
19.166	5	.37500	.06660	4	1.174000	2.95900	-10.736	
19.895	6	.37500	.06660	4	1.174000	2.95900	-0.143	
19.686	7	.37500	.06660	4	1.174000	2.95900	0.264	
19.375	8	.37500	.06660	4	1.174000	2.95900	10.857	



São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN  
CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL



LEME  
ENGENHARIA

9	3	.37500	.06660	4	1.174000	2.95900	11.264
19.166							
10	0	.20000	.37980	4	4.270000	1.54200	-9.000
29.587							
11	0	.39000	.54830	4	4.570000	1.47000	9.000
29.587							

Matrices are for earth resistivity = 1.0000000E+03 ohm-meters and frequency 6.0000000E+01 Hz.  
Correction factor = 1.0000000E-06

Inverted capacitance matrix, in units of [daraf-kmeter] for the system of physical conductors.  
Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

1	1.410463E+08							
2	2.314221E+07	1.415337E+08						
3	1.236461E+07	2.314221E+07	1.410463E+08					
4	7.960030E+07	2.332612E+07	1.250912E+07	1.414749E+08				
5	7.950256E+07	2.385613E+07	1.268967E+07	7.971681E+07	1.412794E+08			
6	2.332072E+07	8.008196E+07	2.325614E+07	2.353360E+07	2.405014E+07	1.419509E+08		
7	2.265839E+07	7.998678E+07	2.381529E+07	2.285572E+07	2.335486E+07	8.019537E+07	1.417606E+08	
8	1.253555E+07	2.339124E+07	7.960030E+07	1.268682E+07	1.286609E+07	2.353360E+07	2.408496E+07	1.414749E+08
9	1.221849E+07	2.269391E+07	7.950256E+07	1.236554E+07	1.253935E+07	2.282567E+07	2.335486E+07	7.971681E+07
10	2.689105E+07	2.349317E+07	1.515491E+07	2.780681E+07	2.749973E+07	2.413227E+07	2.350593E+07	1.548181E+07
		1.510415E+07						
	1.607998E+08							
11	1.501717E+07	2.329611E+07	2.696121E+07	1.531521E+07	1.540850E+07	2.388685E+07	2.394819E+07	2.789718E+07
		2.733949E+07						
	2.218750E+07	1.616593E+08						

Capacitance matrix, in units of [farads/kmeter] for the system of physical conductors.  
Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

1	1.202935E-08							
2	-2.178094E-10	1.207314E-08						
3	-6.177110E-11	-2.161226E-10	1.203942E-08					
4	-4.191558E-09	-2.161874E-10	-6.261086E-11	1.202475E-08				
5	-4.182054E-09	-2.520706E-10	-6.860706E-11	-4.184002E-09	1.204412E-08			
6	-2.169612E-10	-4.147899E-09	-2.111427E-10	-2.218493E-10	-2.543488E-10	1.206790E-08		
7	-1.846972E-10	-4.147048E-09	-2.512022E-10	-1.864141E-10	-2.135955E-10	-4.149751E-09	1.207108E-08	
8	-6.331458E-11	-2.177525E-10	-4.180304E-09	-6.516851E-11	-7.064863E-11	-2.191464E-10	-2.573055E-10	1.203728E-08
9	-5.686442E-11	-1.871591E-10	-4.188210E-09	-5.839234E-11	-6.316517E-11	-1.866852E-10	-2.182878E-10	-4.189630E-09
		1.202095E-08						
10	-4.438131E-10	-3.181112E-10	-1.451343E-10	-5.317400E-10	-4.899067E-10	-3.735873E-10	-3.182572E-10	-1.622392E-10
								-1.460673E-10

6.738427E-09

11 -1.391802E-10 -2.989028E-10 -4.405382E-10 -1.549349E-10 -1.560066E-10 -3.493848E-10 -3.553522E-10 -  
5.285878E-10 -4.876870E-10

-5.614457E-10 6.699891E-09

Inverted capacitance matrix, in units of [daraf-kmeter] for the system of equivalent phase conductors.  
Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

1 9.465851E+07

2 1.782542E+07 9.450463E+07

3 8.107391E+06 1.783506E+07 9.467571E+07

Inverted capacitance matrix, in units of [daraf-kmeter] for symmetrical components of the equivalent phase conductor

Rows proceed in the sequence (0, 1, 2), (0, 1, 2), etc.; columns proceed in the sequence (0, 2, 1), (0, 2, 1), etc.

0 1.237915E+08  
0.000000E+00

1 -1.600107E+06 3.268548E+06  
2.755968E+06 5.660095E+06

2 -1.600107E+06 8.002366E+07 3.268548E+06  
-2.755968E+06 -1.425634E-09 -5.660095E+06

Capacitance matrix, in units of [farads/kmeter] for the system of equivalent phase conductors.  
Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

1 1.098299E-08

2 -1.963934E-09 1.132273E-08

3 -5.705427E-10 -1.964804E-09 1.098136E-08

Capacitance matrix, in units of [farads/kmeter] for symmetrical components of the equivalent phase conductor

Rows proceed in the sequence (0, 1, 2), (0, 1, 2), etc.; columns proceed in the sequence (0, 2, 1), (0, 2, 1), etc.

0 8.096173E-09  
0.000000E+00

1 1.761710E-10 -5.213948E-10  
-3.036923E-10 -9.030196E-10

2 1.761710E-10 1.259545E-08 -5.213948E-10  
3.036923E-10 1.367786E-25 9.030196E-10

Impedance matrix, in units of [ohms/kmeter] for the system of physical conductors.  
Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

1 1.262024E-01  
9.307039E-01

2 5.831036E-02 1.261786E-01  
4.154907E-01 9.307290E-01

3 5.831660E-02 5.831036E-02 1.262024E-01  
3.633014E-01 4.154907E-01 9.307039E-01

4 5.831371E-02 5.829990E-02 5.830614E-02 1.261815E-01  
6.554127E-01 4.154373E-01 3.632225E-01 9.307260E-01





5 5.831851E-02 5.830483E-02 5.831121E-02 5.830805E-02 1.261911E-01  
6.554076E-01 4.182391E-01 3.646320E-01 6.554187E-01 9.307158E-01

6 5.829991E-02 5.828989E-02 5.829990E-02 5.828946E-02 5.829439E-02 1.261577E-01  
4.154365E-01 6.554378E-01 4.151437E-01 4.155128E-01 4.182497E-01 9.307511E-01

7 5.830457E-02 5.829469E-02 5.830483E-02 5.829411E-02 5.829905E-02 5.828424E-02 1.261673E-01  
4.128192E-01 6.554328E-01 4.180678E-01 4.128306E-01 4.155027E-01 6.554438E-01 9.307410E-01

8 5.830617E-02 5.829991E-02 5.831371E-02 5.829572E-02 5.830078E-02 5.828946E-02 5.829439E-02  
1.261815E-01  
3.633700E-01 4.157324E-01 6.554127E-01 3.633235E-01 3.647196E-01 4.155128E-01 4.183958E-01  
9.307260E-01

9 5.831068E-02 5.830457E-02 5.831851E-02 5.830023E-02 5.830530E-02 5.829411E-02 5.829905E-02  
5.830805E-02 1.261911E-01  
3.619962E-01 4.129682E-01 6.554076E-01 3.619361E-01 3.633133E-01 4.127046E-01 4.155027E-01  
6.554187E-01 9.307158E-01

10 5.808119E-02 5.806835E-02 5.807548E-02 5.807087E-02 5.807563E-02 5.805805E-02 5.806267E-02  
5.806519E-02 5.806968E-02  
4.166703E-01 4.004816E-01 3.616620E-01 4.198162E-01 4.188708E-01 4.025022E-01 4.000695E-01  
3.624503E-01 3.609177E-01

4.377049E-01  
9.735348E-01

11 5.807533E-02 5.806829E-02 5.808121E-02 5.806502E-02 5.806999E-02 5.805797E-02 5.806281E-02  
5.807089E-02 5.807560E-02  
3.609517E-01 3.995889E-01 4.169800E-01 3.615978E-01 3.624805E-01 4.013964E-01 4.020672E-01  
4.202131E-01 4.181653E-01

5.783722E-02 6.063098E-01  
3.789459E-01 9.845355E-01

Inverted impedance matrix, in units of [mho-kmeter ] for the system of physical conductors.  
Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

1 5.864723E-01  
-2.525145E+00

2 1.012374E-03 5.886967E-01  
8.228560E-02 -2.548984E+00

3 5.575635E-03 1.432117E-03 5.880818E-01  
4.707501E-02 8.194463E-02 -2.527378E+00

4 -2.567490E-01 2.196728E-03 6.363234E-03 5.887056E-01  
8.979339E-01 8.068502E-02 4.593164E-02 -2.527494E+00

5 -2.563461E-01 -5.331458E-04 5.733407E-03 -2.552414E-01 5.894957E-01  
8.951914E-01 8.764580E-02 4.712195E-02 8.940263E-01 -2.533059E+00

6 2.242623E-03 -2.547987E-01 2.921797E-03 2.772212E-03 3.634323E-04 5.903408E-01  
8.076340E-02 8.745941E-01 7.962498E-02 8.052853E-02 8.681321E-02 -2.550305E+00

7 3.703766E-03 -2.552213E-01 -2.076648E-04 4.518707E-03 2.600196E-03 -2.544133E-01 5.896899E-01  
7.425357E-02 8.750388E-01 8.889542E-02 7.336541E-02 7.879687E-02 8.744063E-01 -2.549767E+00

8 6.357123E-03 2.436043E-03 -2.550210E-01 6.999214E-03 6.436995E-03 3.275367E-03 3.784567E-04  
5.905465E-01  
4.608987E-02 8.108825E-02 8.955812E-01 4.527275E-02 4.631782E-02 8.012656E-02 8.895854E-02 -  
2.529938E+00

9 6.212527E-03 3.705632E-03 -2.565023E-01 6.911242E-03 6.400936E-03 4.760233E-03 2.424439E-03 -  
2.552616E-01 5.875893E-01  
4.600064E-02 7.618288E-02 8.995050E-01 4.504912E-02 4.598331E-02 7.476219E-02 8.254550E-02  
8.982318E-01 -2.522186E+00



10 -6.185323E-02 -4.280286E-02 -2.478233E-02 -7.170602E-02 -6.583187E-02 -4.863915E-02 -4.197445E-02 -  
2.565432E-02 -2.489595E-02  
1.157855E-01 8.800436E-02 6.428642E-02 1.260424E-01 1.198096E-01 9.460857E-02 8.772290E-02  
6.623516E-02 6.517447E-02  
6.626637E-01  
-1.119829E+00

11 -2.965267E-02 -4.670012E-02 -6.884059E-02 -3.047998E-02 -3.044292E-02 -5.199409E-02 -5.350802E-02 -  
7.876070E-02 -7.533098E-02  
4.995174E-02 6.697981E-02 8.983445E-02 5.126169E-02 5.075618E-02 7.132986E-02 7.210841E-02  
9.726410E-02 9.478854E-02  
-1.103566E-01 7.330949E-01  
5.176887E-02 -8.794833E-01

Impedance matrix, in units of [ohms/kmeter] for the system of equivalent phase conductors.  
Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

1 1.017489E-01  
5.336308E-01

2 8.019391E-02 1.052929E-01  
1.993484E-01 5.266619E-01

3 7.843043E-02 8.212953E-02 1.055391E-01  
1.559513E-01 2.022166E-01 5.391985E-01

Modal parameters at frequency FREQ = 6.00000000E+01 Hz

Mode	Resistance	Reactance	Susceptance	The surge impedance in units of [ohms]			Lossless and
actual	Attenuation			real	imag	lossless	velocity in
[km/sec]	ohms/km	ohms/km	s/km				velocity in
	neper/km						
1	2.632789E-01	8.997605E-01	3.066753E-06	5.473052E+02	-7.842917E+01	5.416566E+02	2.269490E+05
2	2.519066E-02	3.804389E-01	4.355193E-06	2.957171E+02	-9.779706E+00	2.955553E+02	2.928768E+05
3	2.269954E-02	3.143610E-01	5.126991E-06	2.477796E+02	-8.934266E+00	2.476185E+02	2.969515E+05

Eigenvector matrix [Ti] for current transformation: I-phase = [Ti]\*I-mode. First the real part, row by row:

5.944127188901140E-01-7.159956460132098E-01-4.009454072063260E-01  
5.197632152999057E-01 1.306531087389189E-03 8.191262443421499E-01  
6.136120269704353E-01 6.981035223135922E-01-4.102133301954949E-01

Finally, the imaginary part, row by row:

0.000000000000000E+00 0.000000000000000E+00 0.000000000000000E+00  
0.000000000000000E+00 0.000000000000000E+00 0.000000000000000E+00  
0.000000000000000E+00 0.000000000000000E+00 0.000000000000000E+00

Z-surge in the phase domain. Resistance and the imaginary part of [Ti] are ignored.

3.628642708122172E+02  
1.021349763059736E+02 3.604398573327650E+02  
6.827839163435641E+01 1.031494356582861E+02 3.648143955707523E+02

Impedance matrix, in units of [ohms/kmeter] for symmetrical components of the equivalent phase conductor

Rows proceed in the sequence (0, 1, 2), (0, 1, 2), etc.; columns proceed in the sequence (0, 2, 1), (0, 2, 1), etc.

0 2.646962E-01  
9.048413E-01

1 -1.107018E-02 -2.801843E-02  
-7.517355E-03 1.770057E-02

2 6.747176E-03 2.394233E-02 2.933014E-02  
-8.393377E-03 3.473250E-01 1.552215E-02



Sequence	Surge impedance		Attenuation	velocity	Wavelength	Resistance	Reactance
Susceptance	magnitude(ohm)	angle(degr.)	db/km	km/sec	km	ohm/km	ohm/km
mho/km							
Zero :	5.55771E+02	-8.15298E+00	2.08953E-03	2.24510E+05	3.74184E+03	2.64696E-01	9.04841E-01
3.05219E-06							
Positive:	2.70776E+02	-1.97168E+00	3.84236E-04	2.93382E+05	4.88970E+03	2.39423E-02	3.47325E-01
4.74837E-06							

Inverted impedance matrix, in units of [mho-kmeter ] for the system of equivalent phase conductors. Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

```

1  2.280006E-01
   -2.211394E+00

2  1.887689E-02  2.398606E-01
   7.251374E-01 -2.400978E+00

3  5.699031E-02  2.112642E-02  2.326478E-01
   4.148421E-01  7.341290E-01 -2.192866E+00

```

Inverted impedance matrix, in units of [mho-kmeter ] for symmetrical components of the equivalent phase conductor

Rows proceed in the sequence (0, 1, 2), (0, 1, 2), etc.; columns proceed in the sequence (0, 2, 1), (0, 2, 1), etc.

```

0  2.981654E-01
   -1.019007E+00

1  -2.664672E-02 -2.531817E-01
   -3.512390E-02  1.138486E-01

2  3.234908E-02  2.011718E-01  2.252697E-01
   -1.728345E-02 -2.893115E+00  1.620225E-01

```

Long-line equivalent matrices for line length = 1.80000000E+01 kilometers follow.

The cascading of 2\*1 equal section of length 9.00000000E+00 kilometers each was involved in this calculation.

Transfer admittance matrix, in units of [mhos] for the system of equivalent phase conductors. Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

```

1  1.266670E-02
   -1.228645E-01

2  1.048716E-03  1.332559E-02
   4.028708E-02 -1.333972E-01

3  3.166128E-03  1.173690E-03  1.292488E-02
   2.304727E-02  4.078661E-02 -1.218352E-01

```

Two times the shunt admittance matrix, in units of [mhos] for the system of equivalent phase conductors. Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

The sum of the two equal shunt admittances at both terminals, or its inverse, printed to conform to the EMTP input format.

```

1  4.381184E-10
   7.453175E-05

2  2.096487E-10  3.980993E-10
   -1.332698E-05  7.683708E-05

3  2.731994E-10  2.182113E-10  4.569734E-10
   -3.871303E-06 -1.333287E-05  7.452070E-05

```

Transfer admittance matrix, in units of [mhos] for symmetrical components of the equivalent phase conductor

Rows proceed in the sequence (0, 1, 2), (0, 1, 2), etc.; columns proceed in the sequence (0, 2, 1), (0, 2, 1), etc.

0 1.656475E-02  
-5.661835E-02

1 -1.480631E-03 -1.406642E-02  
-1.951477E-03 6.325362E-03

2 1.797429E-03 1.117621E-02 1.251575E-02  
-9.603412E-04 -1.607393E-01 9.001691E-03

Two times the shunt admittance matrix, in units of [mhos] for symmetrical components of the equivalent phase conductor

Rows proceed in the sequence (0, 1, 2), (0, 1, 2), etc.; columns proceed in the sequence (0, 2, 1), (0, 2, 1), etc.

The sum of the two equal shunt admittances at both terminals, or its inverse, printed to conform to the EMTP input format.

0 8.984366E-10  
5.494241E-05

1 2.060949E-06 6.127906E-06  
1.195495E-06 -3.538221E-06

2 -2.060927E-06 1.973772E-10 -6.127930E-06  
1.195566E-06 8.547356E-05 -3.538182E-06

Transfer impedance matrix, in units of [ohms] for the system of equivalent phase conductors. Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

1 1.831095E+00  
9.604525E+00

2 1.443157E+00 1.894879E+00  
3.587840E+00 9.479103E+00

3 1.411416E+00 1.477990E+00 1.899303E+00  
2.806744E+00 3.639460E+00 9.704726E+00

Half of the shunt impedance matrix, in units of [ohms] for the system of equivalent phase conductors. Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

The sum of the two equal shunt admittances at both terminals, or its inverse, printed to conform to the EMTP input format.

1 1.144795E-01  
-1.394882E+04

2 9.022859E-02 1.184668E-01  
-2.626632E+03 -1.392615E+04

3 8.824460E-02 9.240641E-02 1.187440E-01  
-1.194576E+03 -2.628049E+03 -1.395134E+04

Transfer impedance matrix, in units of [ohms] for symmetrical components of the equivalent phase conductor

Rows proceed in the sequence (0, 1, 2), (0, 1, 2), etc.; columns proceed in the sequence (0, 2, 1), (0, 2, 1), etc.

0 4.763467E+00  
1.628548E+01

1 -1.992511E-01 -5.042946E-01  
-1.353006E-01 3.185842E-01

2 1.214516E-01 4.309048E-01 5.279015E-01  
-1.510716E-01 6.251437E+00 2.793794E-01

Half of the shunt impedance matrix, in units of [ohms] for symmetrical components of the equivalent phase conductor

Rows proceed in the sequence (0, 1, 2), (0, 1, 2), etc.; columns proceed in the sequence (0, 2, 1), (0, 2, 1), etc.



```
0.59441272 -0.71599565 -0.40094541
0.00000000 0.00000000 0.00000000
0.51976322 0.00130653 0.81912624
0.00000000 0.00000000 0.00000000
0.61361203 0.69810352 -0.41021333
0.00000000 0.00000000 0.00000000
=====< End of LUNIT7 punched cards as flushed by $PUNCH request >=====

Request for flushing of punch buffer.                |$PUNCH

A listing of 80-column card images now being flushed from punch buffer follows.
=====
123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789
=====
=====< End of LUNIT7 punched cards as flushed by $PUNCH request >=====

Blank card terminating frequency cards.              |BLANK CARD ENDING FREQUENCY CARDS
Blank card ending "LINE CONSTANTS" cases.           |BLANK CARD ENDING "LINE CONSTANTS"
Total case timing (CP, I/O, tot), sec:              0.016    0.000    0.016
```

## 2) PARA O TRECHO INTERMEDIÁRIO DA LT

Alternative Transients Program (ATP), GNU Linux or DOS. All rights reserved by Can/Am user group of Portland, Oregon, USA.

Date (dd-mth-yy) and time of day (hh.mm.ss) = 18-Nov-14 11:34:34 Name of disk plot file is c:\atp\atpmingw\trecho2.pl4

Consult the 860-page ATP Rule Book of the Can/Am EMTF User Group in Portland, Oregon, USA. Source code date is 06 September 2002.

Total size of LABCOM tables = 9868332 INTEGER words. VARDIM List Sizes follow : 6002 10K 192K 900 420K 1200

15K 120K 2250 3800 720 1200 72800 510 90K 800 90 254 120K 100K 3K 15K 192K 120 30K 160K 600 210K 300 60

-----+-----  
Descriptive interpretation of input data cards. | Input data card images are shown below, all 80 columns, character by character

6 7 8 0 1 2 3 4 5

01234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890

-----+-----  
Comment card. KOMPAR > 0. |C data:C:\ATP\ATPMINGW\TRECHO2.ATP  
Marker card preceding new EMTF data case. |BEGIN NEW DATA CASE  
Compute overhead line constants. Limit = 120 |LINE CONSTANTS  
Erase all of 0 cards in the punch buffer. |\$ERASE  
Comment card. KOMPAR > 0. |C  
34567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890  
Comment card. KOMPAR > 0. |C 1 2 3 4 5  
6 7  
Comment card. KOMPAR > 0. |C X-----  
-----X  
Comment card. KOMPAR > 0. |C | FASE 1 | FASE 2 | FASE 3 | FASE 4 |  
FASE 5 | FASE 6 |  
Comment card. KOMPAR > 0. |C X-----XX-----XX-----XX-----  
XX-----XX-----X  
Comment card. KOMPAR > 0. |C |INI | FIM | INI | FIM | INI | FIM | INI | FIM |  
INI | FIM | INI | FIM |  
Comment card. KOMPAR > 0. |C X---XX---XX---XX---XX---XX---XX---XX---  
XX---XX---XX---X  
Pairs of 6-character bus names for each phase. |BRANCH C1F1I C1F1F C1F2I C1F2F C1F3I C1F3F C2F1I C2F1F  
C2F2I C2F2F C2F3I C2F3F  
Pairs of 6-character bus names for each phase. |BRANCH C3F1I C3F1F C3F2I C3F2F C3F3I C3F3F C4F1I C4F1F  
C4F2I C4F2F C4F3I C4F3F  
Pairs of 6-character bus names for each phase. |BRANCH C5F1I C5F1F C5F2I C5F2F C5F3I C5F3F C6F1I C6F1F  
C6F2I C6F2F C6F3I C6F3F  
Request for metric (not English) units. |METRIC  
Comment card. KOMPAR > 0. |C X-----  
-----X  
Comment card. KOMPAR > 0. |C CABOS FASE  
Comment card. KOMPAR > 0. |C X-----  
-----X  
Comment card. KOMPAR > 0. |C  
34567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890  
Comment card. KOMPAR > 0. |C 1 2 3 4 5  
6 7  
Comment card. KOMPAR > 0. |C |SKIN| RESIS|IX| RMG | DIAM | HORIZ | VTOWER| VMID  
|SEPAR |ALPHA| NAME|NB  
Comment card. KOMPAR > 0. |C | |ohm/km| | cm | cm | m | m | m  
| cm | | |

```

Comment card.   KOMPAN > 0.          |C  X---XX-----X--X-----XX-----XX-----XX-----XX-----
-XX-----XX-----XX-----X--
Line conductor card. 3.750E-01 6.660E-02  4 | 10.375  0.0666 411.74E-1  2.959 -11.00  33.46
12.00  45.7  270      3
Line conductor card. 3.750E-01 6.660E-02  4 | 20.375  0.0666 411.74E-1  2.959  0.00  33.98
12.52  45.7  270      3
Line conductor card. 3.750E-01 6.660E-02  4 | 30.375  0.0666 411.74E-1  2.959 11.00  33.46
12.00  45.7  270      3
Comment card.   KOMPAN > 0.          |C X-----
-----X
Comment card.   KOMPAN > 0.          |C
Comment card.   KOMPAN > 0.          |C X-----
-----X
Comment card.   KOMPAN > 0.          |C
3456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
Comment card.   KOMPAN > 0.          |C      1      2      3      4      5
6      7
Comment card.   KOMPAN > 0.          |C |SKIN| RESIS|IX|  RMG | DIAM |  HORIZ | VTOWER| VMID
|SEPAR |ALPHA| NAME|NB
Comment card.   KOMPAN > 0.          |C |      |ohm/km|  | cm | cm | m | m | m
| cm | |
Comment card.   KOMPAN > 0.          |C  X---XX-----X--X-----XX-----XX-----XX-----XX-----
-XX-----XX-----XX-----X--
Line conductor card. 5.000E-01 4.211E+00  4 | 0 0.50  4.2108 41.2E-06  0.952 -9.00  42.46
23.15  0  0      1
Line conductor card. 3.900E-01 5.483E-01  4 | 0 0.39  0.5483 45.7E-01  1.470  9.00  42.46
23.15  0  0      1
Blank card terminating conductor cards. |BLANK CARD ENDING CONDUCTOR CARDS
Comment card.   KOMPAN > 0.          |C X-----
-----X
Comment card.   KOMPAN > 0.          |C
Comment card.   KOMPAN > 0.          |C X-----
-----X
Comment card.   KOMPAN > 0.          |C
3456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
Comment card.   KOMPAN > 0.          |C      1      2      3      4      5
6      7
Comment card.   KOMPAN > 0.          |C RHO ||  FREQ || FCAR  |||ICPR|||IZPR||I| DIST
||PI|IM|I||I||I|M|I|
Comment card.   KOMPAN > 0.          |C ohm/m||  Hz ||      |||  |||  ||C| km
||PR|ST|D|T|N|D|F|
Comment card.   KOMPAN > 0.          |C  ---><-----><-----><-----><-----><-----><-----><---
>XX<-><-><-><-><-><-><-><-><-><-><-><-><-><-><-><-><-><-><-><-><-><->
Frequency card. 1.000E+03 6.000E+01 2.200E+01 | 1000.00  60.00  1 111111 111111 1  22.00
111100 0 0 0 1 0

```

Line conductor table after sorting and initial processing.

Table height	Phase Number	Skin effect Name	Resistance R (ohm/km)	Reactance X-type	Resistance data specification X(ohm/km) or GMR	Diameter ( cm )	Horizontal X (mtrs)	Avg Y
18.919	1	.37500	.06660	4	1.174000	2.95900	-11.121	
19.439	2	.37500	.06660	4	1.174000	2.95900	-0.121	
18.919	3	.37500	.06660	4	1.174000	2.95900	10.879	
19.375	1	.37500	.06660	4	1.174000	2.95900	-11.143	
19.166	1	.37500	.06660	4	1.174000	2.95900	-10.736	
19.895	2	.37500	.06660	4	1.174000	2.95900	-0.143	
19.686	2	.37500	.06660	4	1.174000	2.95900	0.264	
19.375	3	.37500	.06660	4	1.174000	2.95900	10.857	
19.166	3	.37500	.06660	4	1.174000	2.95900	11.264	





10	0	.50000	4.21080	4	.000041	.95200	-9.000
29.587							
11	0	.39000	.54830	4	4.570000	1.47000	9.000
29.587							

Matrices are for earth resistivity = 1.0000000E+03 ohm-meters and frequency 6.0000000E+01 Hz.  
Correction factor = 1.0000000E-06

Inverted capacitance matrix, in units of [daraf-kmeter ] for the system of physical conductors.  
Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

1	1.410463E+08								
2	2.314221E+07	1.415337E+08							
3	1.236461E+07	2.314221E+07	1.410463E+08						
4	7.960030E+07	2.332612E+07	1.250912E+07	1.414749E+08					
5	7.950256E+07	2.385613E+07	1.268967E+07	7.971681E+07	1.412794E+08				
6	2.332072E+07	8.008196E+07	2.325614E+07	2.353360E+07	2.405014E+07	1.419509E+08			
7	2.265839E+07	7.998678E+07	2.381529E+07	2.28572E+07	2.335486E+07	8.019537E+07	1.417606E+08		
8	1.253555E+07	2.339124E+07	7.960030E+07	1.268682E+07	1.286609E+07	2.353360E+07	2.408496E+07	1.414749E+08	
9	1.221849E+07	2.269391E+07	7.950256E+07	1.236554E+07	1.253935E+07	2.282567E+07	2.335486E+07	7.971681E+07	1.412794E+08
10	2.689105E+07	2.349317E+07	1.515491E+07	2.780681E+07	2.749973E+07	2.413227E+07	2.350593E+07	1.548181E+07	1.510415E+07
	1.694686E+08								
11	1.501717E+07	2.329611E+07	2.696121E+07	1.531521E+07	1.540850E+07	2.388685E+07	2.394819E+07	2.789718E+07	2.733949E+07
	2.218750E+07	1.616593E+08							

Capacitance matrix, in units of [farads/kmeter ] for the system of physical conductors.  
Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

1	1.202774E-08								
2	-2.189658E-10	1.207232E-08							
3	-6.229866E-11	-2.165007E-10	1.203925E-08						
4	-4.193490E-09	-2.175728E-10	-6.324294E-11	1.202243E-08					
5	-4.183835E-09	-2.533470E-10	-6.918942E-11	-4.186136E-09	1.204216E-08				
6	-2.183192E-10	-4.148872E-09	-2.115868E-10	-2.234763E-10	-2.558479E-10	1.206676E-08			
7	-1.858541E-10	-4.147877E-09	-2.515805E-10	-1.878002E-10	-2.148725E-10	-4.150724E-09	1.207025E-08		
8	-6.390432E-11	-2.181752E-10	-4.180497E-09	-6.587509E-11	-7.129962E-11	-2.196428E-10	-2.577284E-10	1.203706E-08	
9	-5.739537E-11	-1.875397E-10	-4.188384E-09	-5.902849E-11	-6.375127E-11	-1.871322E-10	-2.186686E-10	-4.189825E-09	1.202078E-08
10	-4.193189E-10	-3.005544E-10	-1.371243E-10	-5.023931E-10	-4.628685E-10	-3.529689E-10	-3.006924E-10	-1.532851E-10	-1.380058E-10
	6.366530E-09								



11 -1.412210E-10 -3.003657E-10 -4.412056E-10 -1.573801E-10 -1.582595E-10 -3.511027E-10 -3.568157E-10 -  
5.293338E-10 -4.883587E-10

-5.304592E-10 6.697309E-09

Inverted capacitance matrix, in units of [daraf-kmeter] for the system of equivalent phase conductors.  
Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

1 9.486991E+07

2 1.799631E+07 9.464277E+07

3 8.203375E+06 1.791265E+07 9.471929E+07

Inverted capacitance matrix, in units of [daraf-kmeter] for symmetrical components of the equivalent phase conductor

Rows proceed in the sequence (0, 1, 2), (0, 1, 2), etc.; columns proceed in the sequence (0, 2, 1), (0, 2, 1), etc.

0 1.241522E+08  
0.000000E+00

1 -1.541307E+06 3.271499E+06  
2.804888E+06 5.676046E+06

2 -1.541307E+06 8.003988E+07 3.271499E+06  
-2.804888E+06 -1.550779E-09 -5.676046E+06

Capacitance matrix, in units of [farads/kmeter] for the system of equivalent phase conductors.  
Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

1 1.096540E-08

2 -1.976056E-09 1.131437E-08

3 -5.759852E-10 -1.968555E-09 1.097968E-08

Capacitance matrix, in units of [farads/kmeter] for symmetrical components of the equivalent phase conductor

Rows proceed in the sequence (0, 1, 2), (0, 1, 2), etc.; columns proceed in the sequence (0, 2, 1), (0, 2, 1), etc.

0 8.072754E-09  
0.000000E+00

1 1.703037E-10 -5.222306E-10  
-3.075461E-10 -9.049506E-10

2 1.703037E-10 1.259335E-08 -5.222306E-10  
3.075461E-10 1.749260E-25 9.049506E-10

Impedance matrix, in units of [ohms/kmeter] for the system of physical conductors.  
Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

1 1.262024E-01  
9.307039E-01

2 5.831036E-02 1.261786E-01  
4.154907E-01 9.307290E-01

3 5.831660E-02 5.831036E-02 1.262024E-01  
3.633014E-01 4.154907E-01 9.307039E-01

4 5.831371E-02 5.829990E-02 5.830614E-02 1.261815E-01  
6.554127E-01 4.154373E-01 3.632225E-01 9.307260E-01

5 5.831851E-02 5.830483E-02 5.831121E-02 5.830805E-02 1.261911E-01  
6.554076E-01 4.182391E-01 3.646320E-01 6.554187E-01 9.307158E-01



```

6  5.829991E-02  5.828989E-02  5.829990E-02  5.828946E-02  5.829439E-02  1.261577E-01
   4.154365E-01  6.554378E-01  4.151437E-01  4.155128E-01  4.182497E-01  9.307511E-01

7  5.830457E-02  5.829469E-02  5.830483E-02  5.829411E-02  5.829905E-02  5.828424E-02  1.261673E-01
   4.128192E-01  6.554328E-01  4.180678E-01  4.128306E-01  4.155027E-01  6.554438E-01  9.307410E-01

8  5.830617E-02  5.829991E-02  5.831371E-02  5.829572E-02  5.830078E-02  5.828946E-02  5.829439E-02
1.261815E-01
   3.633700E-01  4.157324E-01  6.554127E-01  3.633235E-01  3.647196E-01  4.155128E-01  4.183958E-01
9.307260E-01

9  5.831068E-02  5.830457E-02  5.831851E-02  5.830023E-02  5.830530E-02  5.829411E-02  5.829905E-02
5.830805E-02  1.261911E-01
   3.619962E-01  4.129682E-01  6.554076E-01  3.619361E-01  3.633133E-01  4.127046E-01  4.155027E-01
6.554187E-01  9.307158E-01

10 5.808119E-02  5.806835E-02  5.807548E-02  5.807087E-02  5.807563E-02  5.805805E-02  5.806267E-02
5.806519E-02  5.806968E-02
   4.166703E-01  4.004816E-01  3.616620E-01  4.198162E-01  4.188708E-01  4.025022E-01  4.000695E-01
3.624503E-01  3.609177E-01

   4.268670E+00
   1.018917E+00

11 5.807533E-02  5.806829E-02  5.808121E-02  5.806502E-02  5.806999E-02  5.805797E-02  5.806281E-02
5.807089E-02  5.807560E-02
   3.609517E-01  3.995889E-01  4.169800E-01  3.615978E-01  3.624805E-01  4.013964E-01  4.020672E-01
4.202131E-01  4.181653E-01

   5.783722E-02  6.063098E-01
   3.789459E-01  9.845355E-01

```

Inverted impedance matrix, in units of [mho-kmeter] for the system of physical conductors.  
Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

```

1  5.830500E-01
   -2.513798E+00

2 -1.216119E-03  5.872784E-01
   9.083518E-02 -2.542552E+00

3  4.521803E-03  8.204567E-04  5.879266E-01
   5.320541E-02  8.654130E-02 -2.524117E+00

4 -2.608616E-01 -5.153996E-04  5.019355E-03  5.837989E-01
   9.103633E-01  9.006069E-02  5.267037E-02 -2.513889E+00

5 -2.600492E-01 -2.958784E-03  4.560695E-03 -2.596767E-01  5.854949E-01
   9.069649E-01  9.652126E-02  5.349270E-02  9.069188E-01 -2.520844E+00

6 -3.854097E-04 -2.564952E-01  2.146216E-03 -4.013436E-04 -2.486711E-03  5.883293E-01
   9.000110E-02  8.815501E-01  8.460576E-02  9.065235E-02  9.640033E-02 -2.542786E+00

7  1.543616E-03 -2.565898E-01 -7.862690E-04  1.883213E-03  2.462112E-04 -2.560550E-01  5.883707E-01
   8.276354E-02  8.814394E-01  9.346707E-02  8.269935E-02  8.763193E-02  8.813294E-01 -2.543398E+00

8  5.260655E-03  1.797938E-03 -2.551863E-01  5.602730E-03  5.217577E-03  2.467640E-03 -2.255284E-04
5.903706E-01
   5.240824E-02  8.582615E-02  8.989429E-01  5.221780E-02  5.288378E-02  8.526020E-02  9.367070E-02 -
2.526473E+00

9  5.164384E-03  3.100490E-03 -2.566493E-01  5.571277E-03  5.233159E-03  3.990291E-03  1.852693E-03 -
2.554186E-01  5.874506E-01
   5.221166E-02  8.083946E-02  9.028076E-01  5.187705E-02  5.243809E-02  7.980823E-02  8.717664E-02
9.016364E-01 -2.518841E+00

10 -2.304955E-02 -1.703220E-02 -1.169177E-02 -2.559729E-02 -2.406219E-02 -1.861391E-02 -1.689774E-02 -
1.206015E-02 -1.182682E-02

```



São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN  
CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL



LEME  
ENGENHARIA

4.901986E-03 4.303701E-03 4.034040E-03 4.735846E-03 4.821283E-03 4.266424E-03 4.384867E-03  
4.139747E-03 4.121164E-03

2.303801E-01  
-3.856307E-02

11 -3.850390E-02 -5.310890E-02 -7.303116E-02 -4.044642E-02 -3.974025E-02 -5.908249E-02 -5.984395E-02 -  
8.308745E-02 -7.956213E-02  
5.649153E-02 7.210201E-02 9.380962E-02 5.822338E-02 5.745743E-02 7.674199E-02 7.723912E-02  
1.013554E-01 9.882686E-02

-1.987190E-02 7.228759E-01  
-9.161402E-03 -8.795365E-01

Impedance matrix, in units of [ohms/kmeter ] for the system of equivalent phase conductors.  
Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

1 1.238186E-01  
6.187470E-01

2 1.039231E-01 1.301955E-01  
2.762354E-01 5.959571E-01

3 1.031488E-01 1.074133E-01 1.304865E-01  
2.203145E-01 2.600217E-01 5.871588E-01

Modal parameters at frequency FREQ = 6.00000000E+01 Hz

Mode actual	Resistance ohms/km nepers/km	Reactance ohms/km	Susceptance s/km	The surge impedance in units of [ohms]			Lossless and velocity in [km/sec]
				real	imag	lossless	
1	3.355985E-01	1.100001E+00	3.055232E-06	6.068198E+02	-9.050783E+01	6.000321E+02	2.056423E+05
2	2.448258E-02	3.823025E-01	4.353440E-06	2.964897E+02	-9.483857E+00	2.963380E+02	2.922209E+05
3	2.267598E-02	3.142219E-01	5.129930E-06	2.476536E+02	-8.924417E+00	2.474928E+02	2.969321E+05

Eigenvector matrix [Ti] for current transformation: I-phase = [Ti]\*I-mode. First the real part, row by row:

6.233580111360431E-01-6.841152292675434E-01-4.211156175797590E-01  
5.268363779097470E-01-4.811508332559645E-03 8.161080988900691E-01  
5.778133096973926E-01 7.293580756197756E-01-3.957640806799614E-01

Finally, the imaginary part, row by row:

0.000000000000000E+00 0.000000000000000E+00 0.000000000000000E+00  
0.000000000000000E+00 0.000000000000000E+00 0.000000000000000E+00  
0.000000000000000E+00 0.000000000000000E+00 0.000000000000000E+00

Z-surge in the phase domain. Resistance and the imaginary part of [Ti] are ignored.

3.868421036939071E+02  
1.241207147805839E+02 3.806368843099808E+02  
8.682542814214665E+01 1.203069095986726E+02 3.796404033212203E+02

Impedance matrix, in units of [ohms/kmeter ] for symmetrical components of the equivalent phase conductor

Rows proceed in the sequence (0, 1, 2), (0, 1, 2), etc.; columns proceed in the sequence (0, 2, 1), (0, 2, 1), etc.

0 3.378236E-01  
1.105002E+00

1 -2.214942E-02 -2.933533E-02  
5.286945E-03 1.742528E-02

2 1.521626E-02 2.333845E-02 3.015695E-02  
5.007877E-03 3.484304E-01 1.636313E-02

Sequence	Surge impedance	Attenuation	velocity	Wavelength	Resistance	Reactance
Susceptance						



São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN

CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL



LEME  
ENGENHARIA

	magnitude(ohm)	angle(degr.)	db/km	km/sec	km	ohm/km	ohm/km
mho/km							
Zero :	6.16178E+02	-8.49978E+00	2.40749E-03	2.03268E+05	3.38779E+03	3.37824E-01	1.10500E+00
	3.04336E-06						
Positive:	2.71211E+02	-1.91602E+00	3.73931E-04	2.92950E+05	4.88250E+03	2.33385E-02	3.48430E-01
	4.74758E-06						

Inverted impedance matrix, in units of [mho-kmeter ] for the system of equivalent phase conductors. Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

```

1  1.911688E-01
   -2.100037E+00

2  -4.290726E-03  2.256985E-01
   8.075657E-01  -2.340098E+00

3  4.615163E-02  1.516393E-02  2.312395E-01
   4.734051E-01  7.771955E-01  -2.162657E+00

```

Inverted impedance matrix, in units of [mho-kmeter ] for symmetrical components of the equivalent phase conductor

Rows proceed in the sequence (0, 1, 2), (0, 1, 2), etc.; columns proceed in the sequence (0, 2, 1), (0, 2, 1), etc.

```

0  2.540522E-01
   -8.288197E-01

1  -5.575202E-02  -2.604285E-01
   -1.128416E-02  1.140636E-01

2  3.472962E-02  1.970273E-01  2.278730E-01
   2.103783E-02  -2.886986E+00  1.691103E-01

```

Long-line equivalent matrices for line length = 2.2000000E+01 kilometers follow.

The cascading of 2\*1 equal section of length 1.1000000E+01 kilometers each was involved in this calculation.

Transfer admittance matrix, in units of [mhos] for the system of equivalent phase conductors. Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

```

1  8.689493E-03
   -9.546759E-02

2  -1.950331E-04  1.025902E-02
   3.670958E-02  -1.063798E-01

3  2.097801E-03  6.892693E-04  1.051088E-02
   2.151901E-02  3.532911E-02  -9.831396E-02

```

Two times the shunt admittance matrix, in units of [mhos] for the system of equivalent phase conductors. Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

The sum of the two equal shunt admittances at both terminals, or its inverse, printed to conform to the EMTP input format.

```

1  9.345878E-10
   9.095084E-05

2  5.168515E-10  8.540667E-10
   -1.638863E-05  9.384477E-05

3  6.641138E-10  5.475683E-10  9.995092E-10
   -4.776134E-06  -1.632654E-05  9.106895E-05

```

Transfer admittance matrix, in units of [mhos] for symmetrical components of the equivalent phase conductor

Rows proceed in the sequence (0, 1, 2), (0, 1, 2), etc.; columns proceed in the sequence (0, 2, 1), (0, 2, 1), etc.

```

0  1.154782E-02
   -3.768199E-02

```

1 -2.534502E-03 -1.183860E-02  
-5.130929E-04 5.185249E-03

2 1.578938E-03 8.955787E-03 1.035880E-02  
9.560884E-04 -1.312397E-01 7.687374E-03

Two times the shunt admittance matrix, in units of [mhos] for symmetrical components of the equivalent phase conductor

Rows proceed in the sequence (0, 1, 2), (0, 1, 2), etc.; columns proceed in the sequence (0, 2, 1), (0, 2, 1), etc.

The sum of the two equal shunt admittances at both terminals, or its inverse, printed to conform to the EMTP input format.

0 2.081744E-09  
6.696065E-05

1 2.550945E-06 7.505765E-06  
1.412628E-06 -4.331491E-06

2 -2.550911E-06 3.532100E-10 -7.505817E-06  
1.412797E-06 1.044520E-04 -4.331405E-06

Transfer impedance matrix, in units of [ohms] for the system of equivalent phase conductors.

Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

1 2.722939E+00  
1.361031E+01

2 2.285331E+00 2.863216E+00  
6.075846E+00 1.310908E+01

3 2.268309E+00 2.362116E+00 2.869634E+00  
4.845755E+00 5.719256E+00 1.291559E+01

Half of the shunt impedance matrix, in units of [ohms] for the system of equivalent phase conductors. Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

The sum of the two equal shunt admittances at both terminals, or its inverse, printed to conform to the EMTP input format.

1 1.702840E-01  
-1.143780E+04

2 1.429248E-01 1.790527E-01  
-2.169470E+03 -1.141044E+04

3 1.418596E-01 1.477238E-01 1.794523E-01  
-9.887937E+02 -2.159405E+03 -1.141968E+04

Transfer impedance matrix, in units of [ohms] for symmetrical components of the equivalent phase conductor

Rows proceed in the sequence (0, 1, 2), (0, 1, 2), etc.; columns proceed in the sequence (0, 2, 1), (0, 2, 1), etc.

0 7.429100E+00  
2.430557E+01

1 -4.872114E-01 -6.453030E-01  
1.162350E-01 3.833095E-01

2 3.346906E-01 5.133444E-01 6.633738E-01  
1.101133E-01 7.664710E+00 3.599494E-01

Half of the shunt impedance matrix, in units of [ohms] for symmetrical components of the equivalent phase conductor

Rows proceed in the sequence (0, 1, 2), (0, 1, 2), etc.; columns proceed in the sequence (0, 2, 1), (0, 2, 1), etc.

The sum of the two equal shunt admittances at both terminals, or its inverse, printed to conform to the EMTP input format.

0 4.646018E-01  
-1.496775E+04  
  
1 3.381603E+02 6.843314E+02  
1.858456E+02 -3.944270E+02  
  
2 -3.381698E+02 3.209355E-02 -6.843303E+02  
1.858452E+02 -9.650083E+03 -3.944284E+02

Request for flushing of punch buffer. |\$PUNCH

A listing of 80-column card images now being flushed from punch buffer follows.

123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789

C <++++> Cards punched by support routine on 18-Nov-14 11:34:34 <++++>  
C \*\*\*\* UNTRANPOSED K.C. Lee line calculated at 6.000E+01 HZ. \*\*\*\*

C LINE CONSTANTS  
C \$ERASE  
C C 345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678  
C C 1 2 3 4 5 6 7  
C C X-----  
C C | FASE 1 | FASE 2 | FASE 3 | FASE 4 | FASE 5 | FASE 6  
C C X-----XX-----XX-----XX-----XX-----  
C C |INI | FIM | INI | FIM | INI | FIM | INI | FIM | INI | FIM | INI | FIM  
C C X---XX---XX---XX---XX---XX---XX---XX---XX---XX---XX---  
C BRANCH C1F1I C1F1F C1F2I C1F2F C1F3I C1F3F C2F1I C2F1F C2F2I C2F2F C2F3I C2F3  
C BRANCH C3F1I C3F1F C3F2I C3F2F C3F3I C3F3F C4F1I C4F1F C4F2I C4F2F C4F3I C4F3  
C BRANCH C5F1I C5F1F C5F2I C5F2F C5F3I C5F3F C6F1I C6F1F C6F2I C6F2F C6F3I C6F3

C METRIC  
C C X-----  
C C CABOS FASE  
C C X-----  
C C 345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678  
C C 1 2 3 4 5 6 7  
C C |SKIN| RESIS|IX| RMG | DIAM | HORIZ | VTOWER| VMID |SEPAR |ALPHA| NAME|  
C C | |ohm/km| | cm | cm | m | m | m | cm | | |  
C C X---XX---X-X---XX---XX---XX---XX---XX---XX---XX---XX---  
C 10.375 0.0666 411.74E-1 2.959 -11.00 33.46 12.00 45.7 270  
C 20.375 0.0666 411.74E-1 2.959 0.00 33.98 12.52 45.7 270  
C 30.375 0.0666 411.74E-1 2.959 11.00 33.46 12.00 45.7 270

C X-----  
C C CABOS PARA-RAIOS  
C C X-----  
C C 345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678  
C C 1 2 3 4 5 6 7  
C C |SKIN| RESIS|IX| RMG | DIAM | HORIZ | VTOWER| VMID |SEPAR |ALPHA| NAME|  
C C | |ohm/km| | cm | cm | m | m | m | cm | | |  
C C X---XX---X-X---XX---XX---XX---XX---XX---XX---XX---XX---  
C 0 0.50 4.2108 41.2E-06 0.952 -9.00 42.46 23.15 0 0  
C 0 0.39 0.5483 45.7E-01 1.470 9.00 42.46 23.15 0 0

C BLANK CARD ENDING CONDUCTOR CARDS  
C C X-----  
C C DADOS DE FREQUENCIA  
C C X-----  
C C 345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678  
C C 1 2 3 4 5 6 7  
C C RHO || FREQ || FCAR || ICPR|| IZPR|| I | DIST ||PI|IM|I||I||I|M|I|  
C C ohm/m || Hz || || | | |C| km ||PR|ST|D| |T|N|D|F|  
C C ---><----->|<---->|<---->|X<----->|<-->XX<--><--><--><-->  
C 1000.00 60.00 1 111111 111111 1 22.00 111100 0 0 0 1 0  
C The transformation matrix was calculated at 6.0000000E+01 Hz.

\$VINTAGE, 1  
-1C1F1I C1F1F 3.35599E-01 6.00032E+02 2.05642E+05-2.20000E+01 1 3  
-2C1F2I C1F2F 2.44826E-02 2.96338E+02 2.92221E+05-2.20000E+01 1 3  
-3C1F3I C1F3F 2.26760E-02 2.47493E+02 2.96932E+05-2.20000E+01 1 3  
\$VINTAGE, 0  
0.62335801 -0.68411523 -0.42111562  
0.00000000 0.00000000 0.00000000



```
0.52683638 -0.00481151 0.81610810
0.00000000 0.00000000 0.00000000
0.57781331 0.72935808 -0.39576408
0.00000000 0.00000000 0.00000000
=====< End of LUNIT7 punched cards as flushed by $PUNCH request >=====

Request for flushing of punch buffer.          |$PUNCH

A listing of 80-column card images now being flushed from punch buffer follows.
=====
123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789
=====
=====< End of LUNIT7 punched cards as flushed by $PUNCH request >=====

Blank card terminating frequency cards.          |BLANK CARD ENDING FREQUENCY CARDS
Blank card ending "LINE CONSTANTS" cases.      |BLANK CARD ENDING "LINE CONSTANTS"
Total case timing (CP, I/O, tot), sec:         0.016    0.000    0.016
```





São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN  
CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

utc  
engenharia

LEME  
ENGENHARIA

---

## **LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA**

### **PROJETO BÁSICO**

#### **CAPÍTULO 8**

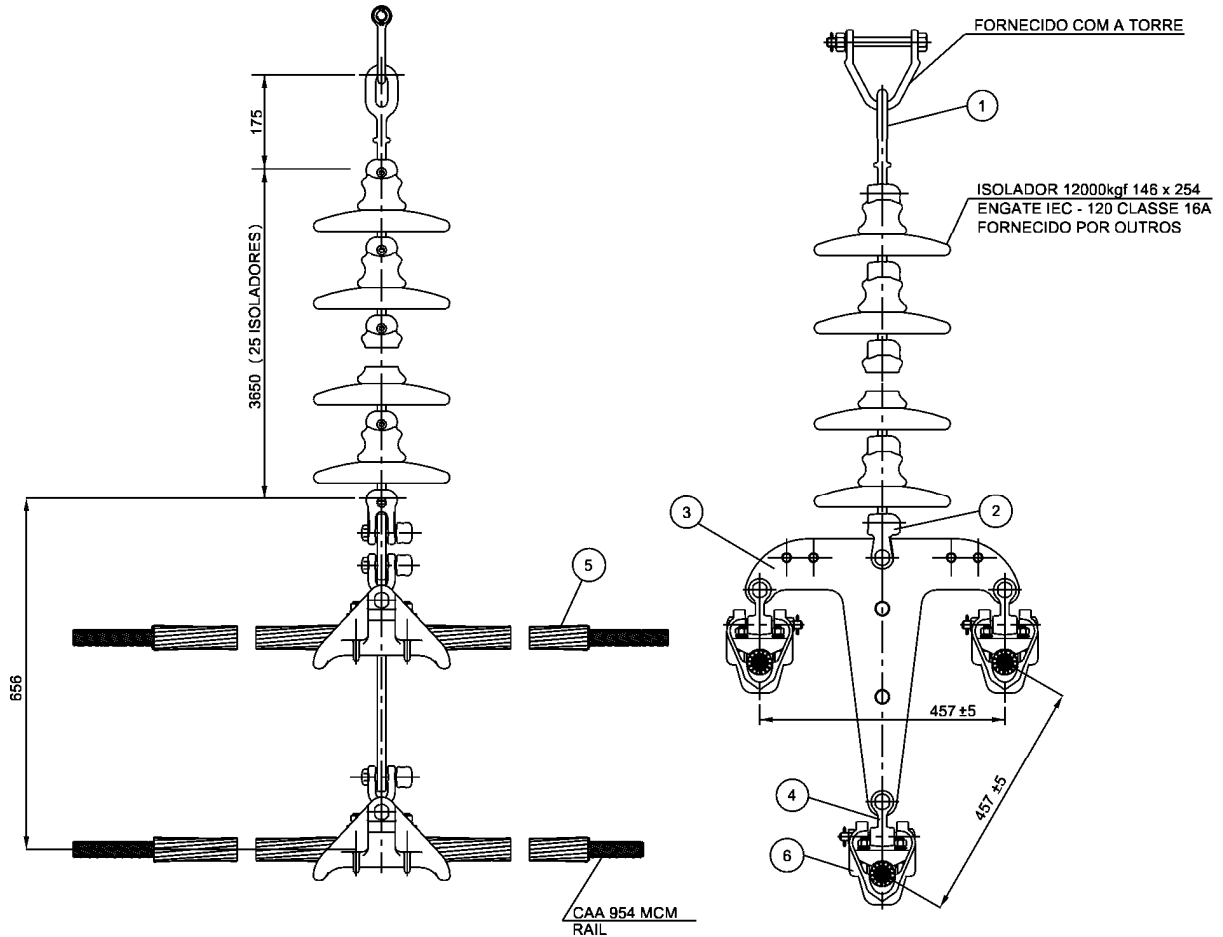
#### **ARRANJOS DE CADEIAS DE ISOLADORES E FERRAGENS**

---

## CONTEÚDO

- 1. Cadeia de Suspensão Leve "I" do Cabo Condutor**
- 2. Cadeia de Suspensão Simples "I" do Jumper do Cabo Condutor**
- 3. Cadeia de Suspensão Leve "V110°" do Cabo Condutor**
- 4. Cadeia de Suspensão Reforçada "I" do Cabo Condutor**
- 5. Cadeia de Suspensão Reforçada "V110°" do Cabo Condutor**
- 6. Cadeia de Ancoragem Dupla do Cabo Condutor**
- 7. Arranjo de Suspensão do Cabo Pára-raios Dotterel e 3/8 EAR**
- 8. Arranjo de Ancoragem do Cabo Pára-raios Dotterel e 3/8 EAR**
- 9. Arranjo de Suspensão do Cabo Pára-raios OPGW**
- 10. Arranjo de Ancoragem do Cabo Pára-raios OPGW**

## 1. CADEIA DE SUSPENSÃO LEVE "I" DO CABO CONDUTOR PARA A TORRE A58

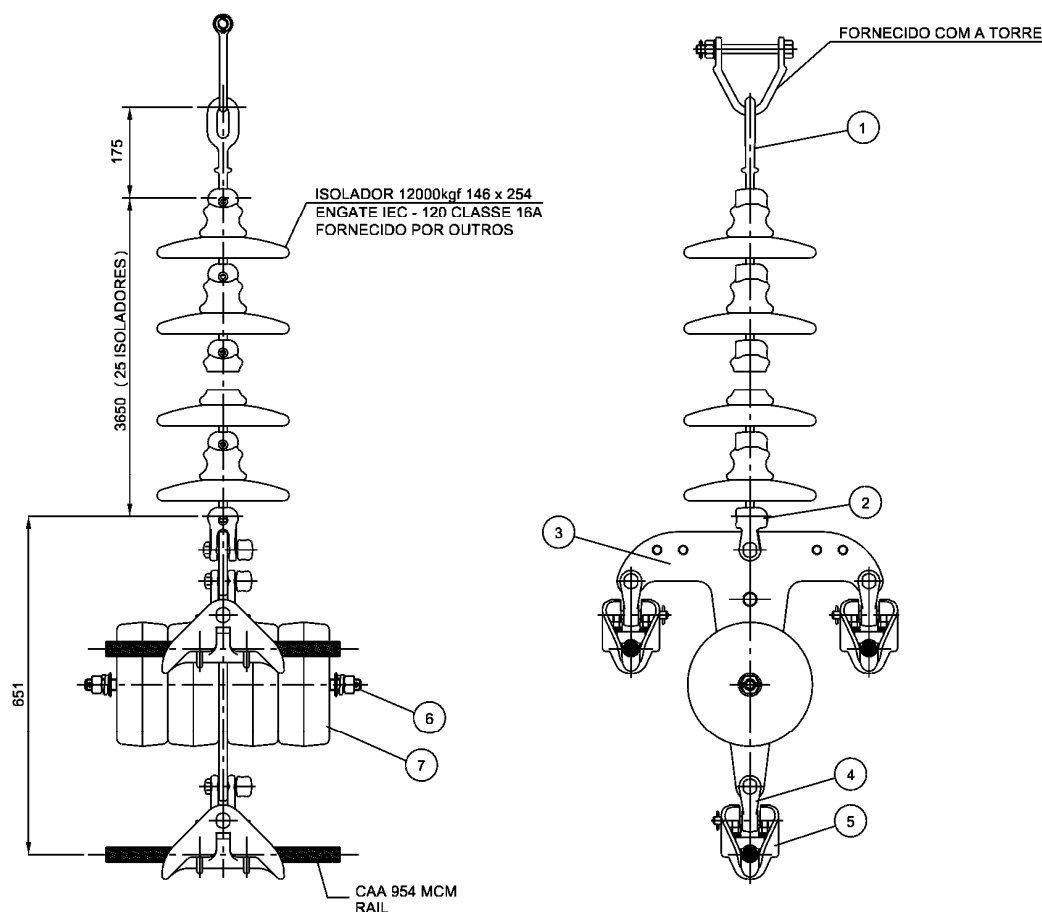


Ítem	Denominação	C. Rup. (kN)	Quant.	Material	Tratamento
1	Elo Bola	120	1	SAE-1045	Galvanizado
2	Concha Garfo Com Porca AC	120	1	SAE 1045	Galvanizado
3	Triplicador	120	1	SAE 1045	Galvanizado
4	Garfo Olhal 90° Com porca AC	120	3	SAE 1045	Galvanizado
5	Armadura Heliformada	-	3	Liga AL	-
6	Grampo de Suspensão Anticorona	-	3	Liga AL	-
-	Isolador de disco 146x254 mm	120	25	-	-

### NOTA:

Os componentes da Cadeia de Isoladores deverão ser produzidos e ensaiados conforme as Normas Técnicas constantes deste Projeto Básico. Os componentes e acessórios deverão atender aos limites térmicos de operação da LT.

## 2. CADEIA DE SUSPENSÃO SIMPLES "I" DO JUMPER DO CABO CONDUTOR PARA AS TORRES D5A E 55A

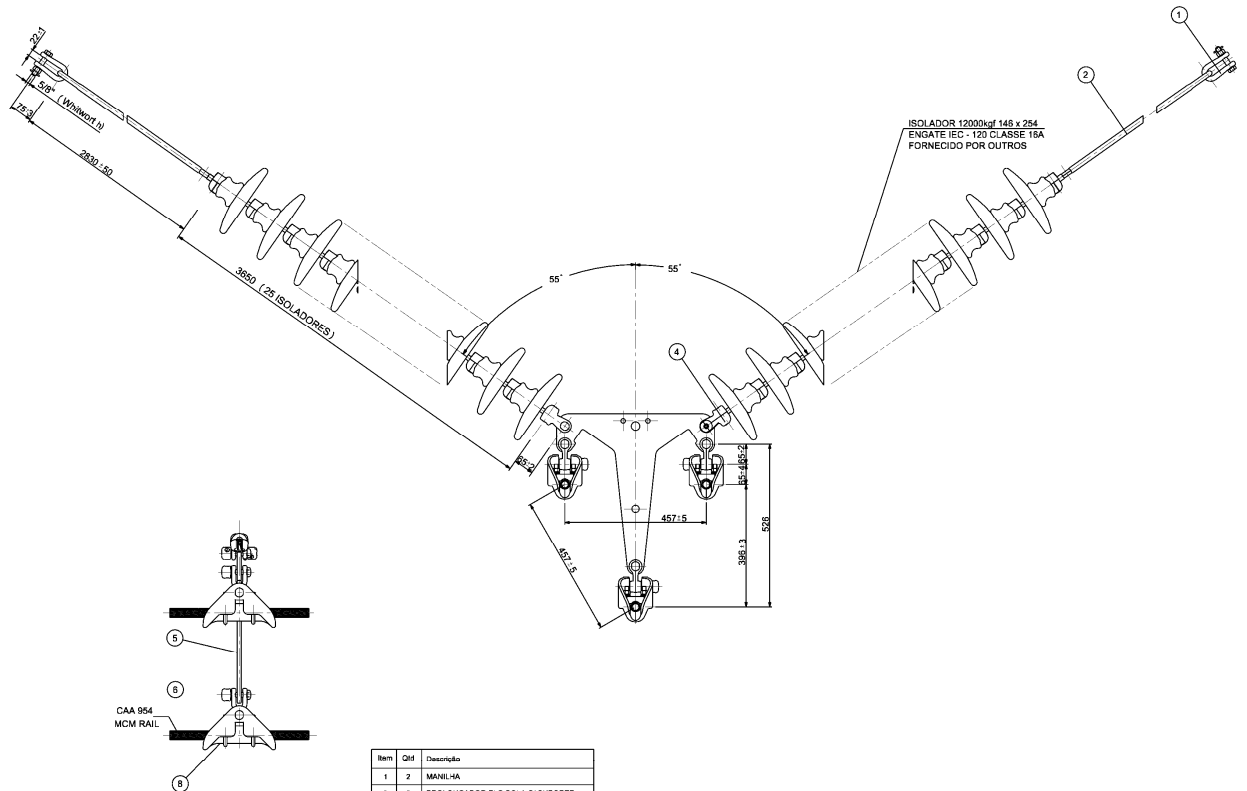


NOTA: DIMENSÕES EM MM

Ítem	Denominação	C. Rup. (kN)	Quant.	Material	Tratamento
1	Elo Bola	120	1	SAE-1045	Galvanizado
2	Concha Garfo Com Porca AC	120	1	SAE 1045	Galvanizado
3	Triplicador	120	1	SAE 1045	Galvanizado
4	Garfo Olhal 90° Com porca AC	120	3	SAE 1045	Galvanizado
5	Grampo de Suspensão Anticorona	-	3	Liga AL	-
-	Isolador de disco 146x254 mm	120	25	-	-
6	Parafuso para Fixação Contrapesos	-	1	-	-
7	Contrapeso 30Kg	-	4	-	-

**NOTA:** Os componentes da Cadeia de Isoladores deverão ser produzidos e ensaiados conforme as Normas Técnicas constantes deste Projeto Básico. Os componentes e acessórios deverão atender aos limites térmicos de operação da LT.

### 3. CADEIA DE SUSPENSÃO LEVE "V110" DO CABO CONDUTOR PARA A TORRE A58



NOTA: DIMENSÕES EM MM

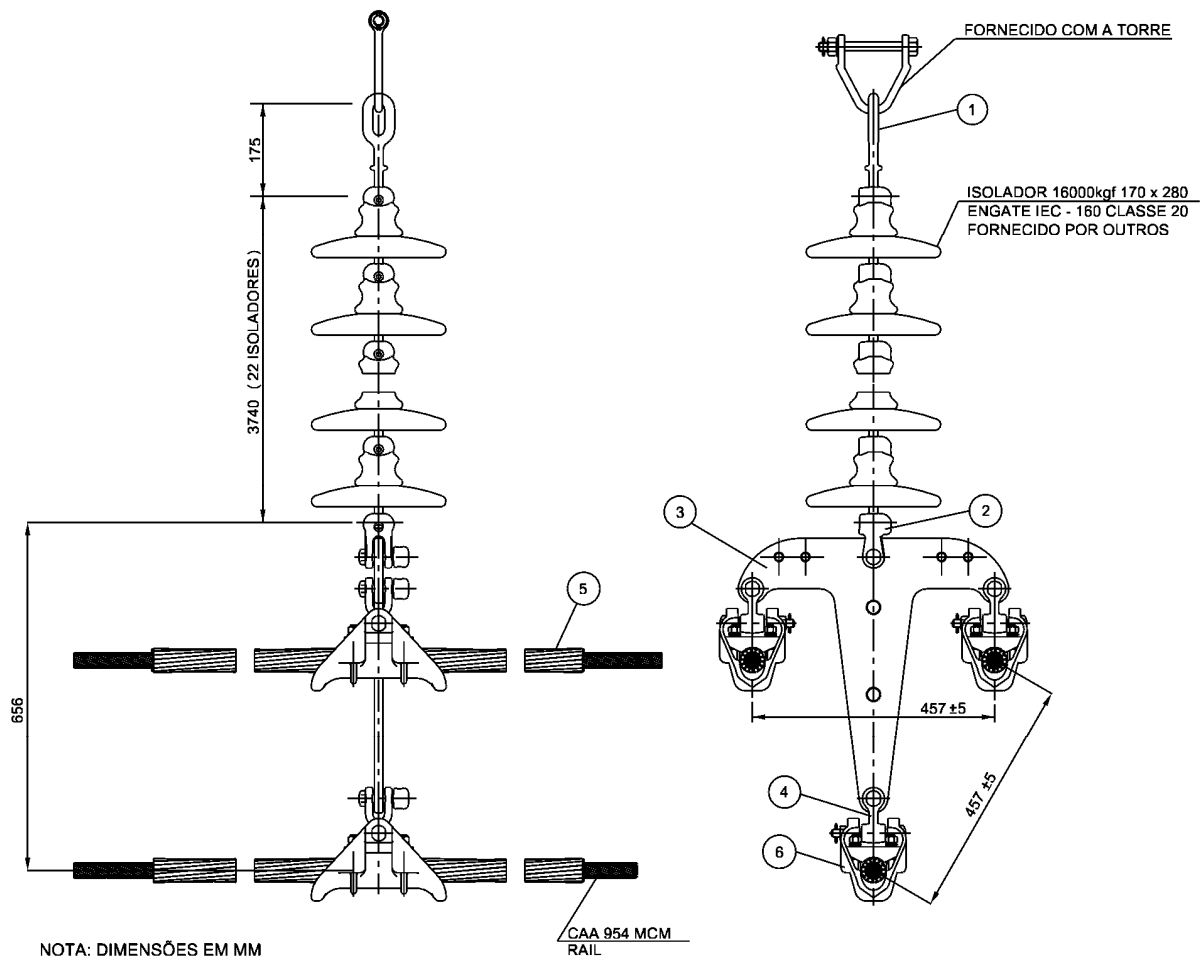
Item	Qtd	Descrição
1	2	MANILHA
2	2	PROLONGADOR ELO BOLA C/SUORTE
3	2	CONCHA GARFO COM PORCA AC
4	1	TRIPLICADOR
5	3	GARFO OLHAL 90° COM PORCA AC
6	3	GRAMPO DE SUSPENSÃO ANTICORONA

Ítem	Denominação	C. Rup. (kN)	Quant.	Material	Tratamento
1	Manilha	120	2	SAE-1045	Galvanizado
2	Prolongador Elo Bola c/Suporte	120	2	SAE 1045	Galvanizado
3	Triplicador	120	1	SAE 1045	Galvanizado
4	Concha Garfo Com Porca AC	120	2	SAE 1045	Galvanizado
5	Garfo Olhal 90° Com porca AC	120	3	SAE 1045	Galvanizado
6	Grampo de Suspensão Anticorona	-	3	Liga AL	-
-	Isolador de disco 146x254 mm	120	2 X 25	-	-

**NOTA:**

Os componentes da Cadeia de Isoladores deverão ser produzidos e ensaiados conforme as Normas Técnicas constantes deste Projeto Básico. Os componentes e acessórios deverão atender aos limites térmicos de operação da LT.

#### 4. CADEIA DE SUSPENSÃO REFORÇADA "I" DO CABO CONDUTOR PARA A TORRE B57

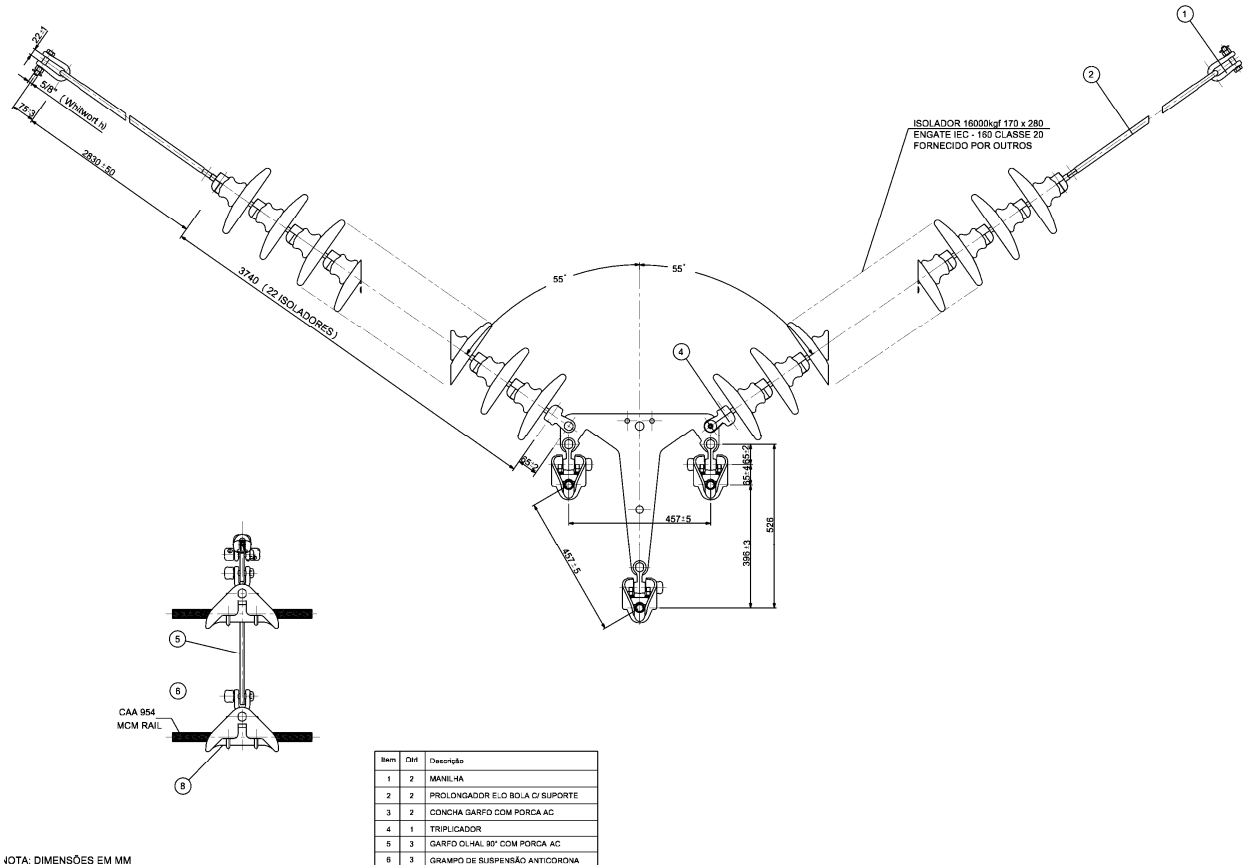


Item	Denominação	C. Rup. (kN)	Quant.	Material	Tratamento
1	Elo Bola	160	1	SAE-1045	Galvanizado
2	Concha Garfo Com Porca AC	160	1	SAE 1045	Galvanizado
3	Triplicador	160	1	SAE 1045	Galvanizado
4	Garfo Olhal 90° Com porca AC	160	3	SAE 1045	Galvanizado
5	Armadura Heliformada	-	3	Liga AL	-
6	Grampo de Suspensão Anticorona	-	3	Liga AL	-
-	Isolador de disco 170x280 mm	160	22	-	-

**NOTA:**

Os componentes da Cadeia de Isoladores deverão ser produzidos e ensaiados conforme as Normas Técnicas constantes deste Projeto Básico. Os componentes e acessórios deverão atender aos limites térmicos de operação da LT.

## 5. CADEIA DE SUSPENSÃO REFORÇADA "V110°" DO CABO CONDUTOR PARA A TORRE B57



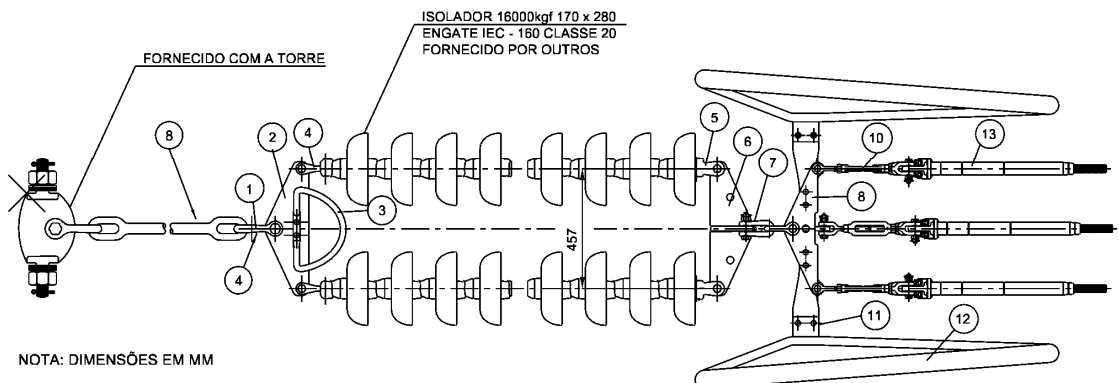
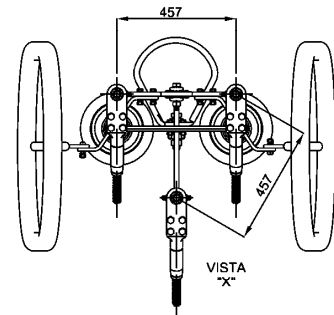
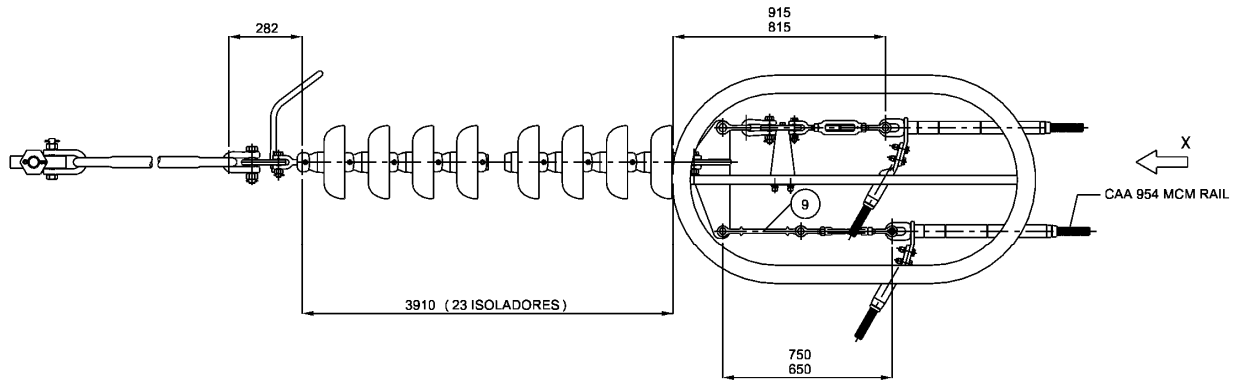
NOTA: DIMENSÕES EM MM

Item	Denominação	C. Rup. (kN)	Quant.	Material	Tratamento
1	Manilha	160	2	SAE-1045	Galvanizado
2	Prolongador Elo Bola c/Suporte	160	2	SAE 1045	Galvanizado
3	Triplicador	160	1	SAE 1045	Galvanizado
4	Concha Garfo Com Porca AC	160	2	SAE 1045	Galvanizado
5	Garfo Olhal 90° Com porca AC	160	3	SAE 1045	Galvanizado
6	Grampo de Suspensão Anticorona	-	3	Liga AL	-
-	Isolador de disco 170x280 mm	160	2 X 22	-	-

### NOTA:

Os componentes da Cadeia de Isoladores deverão ser produzidos e ensaiados conforme as Normas Técnicas constantes deste Projeto Básico. Os componentes e acessórios deverão atender aos limites térmicos de operação da LT.

6. CADEIA DE ANCORAGEM DUPLA DO CABO CONDUTOR PARA AS TORRES D5A E E5A



NOTA: DIMENSÕES EM MM

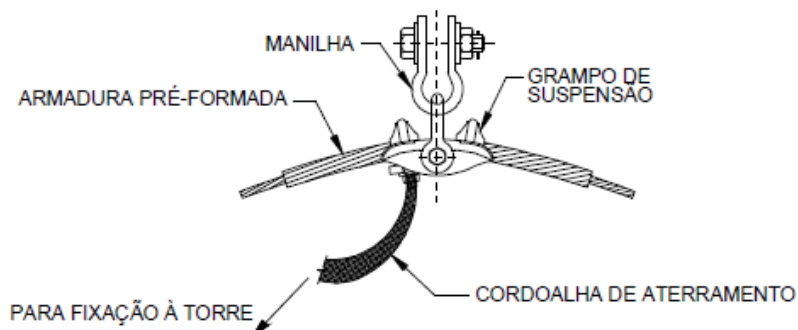


Item	Denominação	C. Rup. (kN)	Quant.	Material	Tratamento
1	Manilha	320	1	SAE-1045	Galvanizado
2	Duplicador	320	1	SAE-1045	Galvanizado
3	Raquete Central	-	1	Aço Galv.	-
4	Garfo Bola	160	2	SAE-1045	Galvanizado
5	Concha Garfo	160	2	SAE-1045	Galvanizado
6	Duplicador	320	1	SAE-1045	Galvanizado
7	Manilha	320	2	SAE-1045	Galvanizado
8	Triplicador	320	1	SAE-1045	Galvanizado
9	Prolongador Garfo Olhal	320	1	SAE-1045	Galvanizado
10	Tensor Garfo Garfo	160	3	SAE-1045	Galvanizado
11	Chapa de Fixação dos Anéis	-	2	-	-
12	Anel Anticorona	-	2	Aço	Galvanizado
13	Grampo de Ancoragem a Compressão	-	3	Liga AL/Aço Galv.	-
-	Isolador de disco 170x280 mm	160	2 X 23	-	-

**NOTA:**

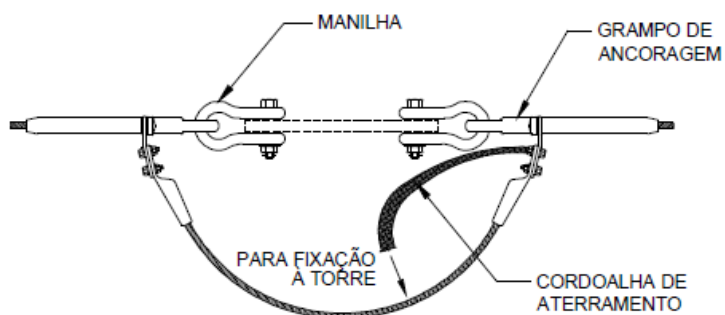
Os componentes da Cadeia de Isoladores deverão ser produzidos e ensaiados conforme as Normas Técnicas constantes deste Projeto Básico. Os componentes e acessórios deverão atender aos limites térmicos de operação da LT.

## 7. ARRANJO DE SUSPENSÃO DO CABO PÁRA-RAIOS DOTTEREL E 3/8 EAR



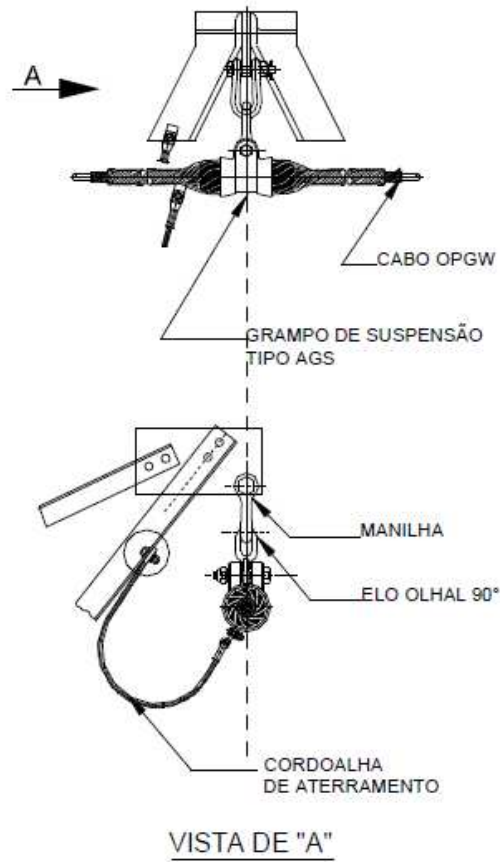
Denominação	C. Rup. (kN)	Quant.	Material	Tratamento
Grampo de Suspensão	-	1	Aço	Galvanizado
Manilha	120	2	SAE 1045	Galvanizado
Armadura preformada	-	1	Aço	Galvanizado

## 8. ARRANJO DE ANCORAGEM DO CABO PÁRA-RAIOS DOTTEREL E 3/8 EAR



Denominação	C. Rup. (kN)	Quant.	Material	Tratamento
Manilha	120	1	SAE 1045	Galvanizado
Grampo de Ancoragem	-	1	Aço	Galvanizado

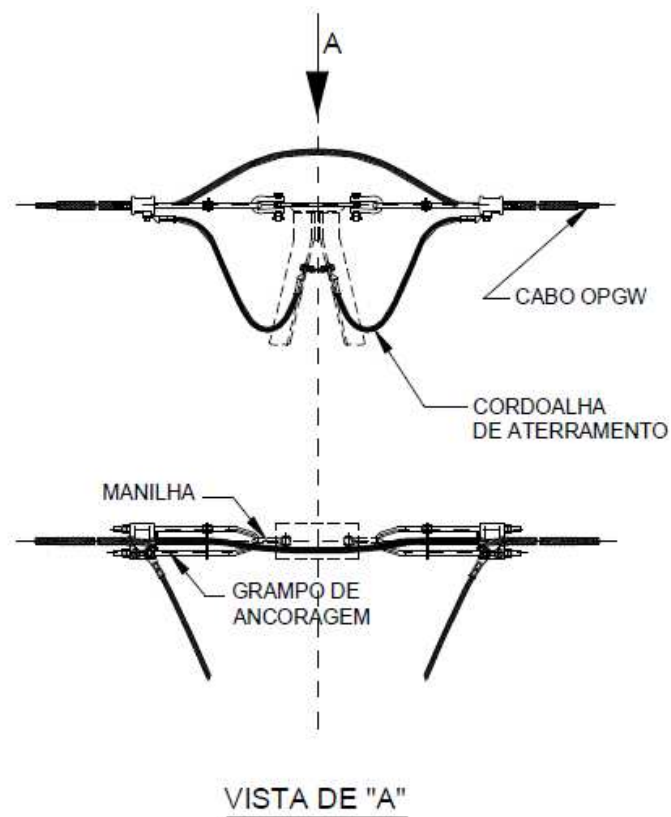
## 9. ARRANJO DE SUSPENSÃO DO CABO PÁRA-RAIOS OPGW



Denominação	C. Rup. (kN)	Quant.	Material	Tratamento
Grampo de Suspensão AGS	-	1	Al/Aço	Galvanizado
Elo Olhal 90°	120	1	SAE 1045	Galvanizado
Manilha	120	1	SAE 1045	Galvanizado



## 10. ARRANJO DE ANCORAGEM DO CABO PÁRA-RAIOS OPGW



Denominação	C. Rup. (kN)	Quant.	Material	Tratamento
Manilha	120	1	SAE 1045	Galvanizado
Grampo de Ancoragem	-	1	Al/Aço	Galvanizado



São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN

utc  
engenharia

CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

LEME  
ENGENHARIA

---

## **LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA**

### **PROJETO BÁSICO**

#### **CAPÍTULO 9**

#### **REGULAÇÃO MECÂNICA DOS CABOS**

---

## CONTEÚDO

1. INTRODUÇÃO
2. TEMPERATURAS
3. TRAÇÕES
  - 3.1 Cabo Condutor Rail
  - 3.2 Cabo Pára-raios CAA Dotterel
  - 3.3 Cabo Pára-raios Aço Galvanizado 3/8" EAR
  - 3.4 Cabo Pára-raios OPGW 14,7mm
4. CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS CABOS CONDUTOR E PÁRA-RAIOS
5. CARGAS DE VENTO
6. CALCULO MECÂNICO DOS CABOS CONDUTOR E PÁRA-RAIOS



## REGULAÇÃO MECÂNICA DOS CABOS

### 1 INTRODUÇÃO

Conforme práticas usuais, tem-se adotado os seguintes valores de trações máximas admissíveis para os cabos:

- a) tração axial limitada a 33% da tração de ruptura para temperatura mínima;
- b) tração axial sob vento com período de retorno de 50 anos limitada a 50% da tração de ruptura;
- c) tração axial limitada 70% da tração de ruptura sob condições de vento extremo.

A Norma ABNT 5422 recomenda, ainda, uma tração na condição de EDS de até 20% da tração de ruptura, sendo necessário estudo e/ou projeto específico para atenuação, a níveis seguros, das vibrações eólicas.

Considerando as diretrizes acima indicadas, no projeto executivo da LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA os cabos deverão seguir as condições a seguir indicadas.

### 2 TEMPERATURAS

As temperaturas mínima, de EDS e com vento máximo reinantes na região da linha estão definidas conforme NBR5422 e são as seguintes:

- Temperatura mínima da região  $\Rightarrow 9^{\circ}\text{C}$
- Temperatura na qual ocorre o vento máximo  $\Rightarrow 17^{\circ}\text{C}$
- Temperatura de EDS  $\Rightarrow 27^{\circ}\text{C}$
- Temperatura máxima de trabalho do cabo  $\Rightarrow 55^{\circ}\text{C}$

### 3 TRAÇÕES

#### 3.1 CABO CONDUTOR 954 MCM RAIL

- Tração de EDS  $\Rightarrow 20\%$  da tração de ruptura do cabo, a  $27^{\circ}\text{C}$ , condição final e sem vento.
- Tração para temperatura mínima  $\Rightarrow \leq 33\%$  da tração de ruptura, a  $9^{\circ}\text{C}$ , condição inicial e sem vento.
- Tração para vento máximo  $\Rightarrow \leq 70\%$  da tração de ruptura, a  $17^{\circ}\text{C}$ , condição inicial e pressão de vento máximo de  $73,0 \text{ kgf/m}^2$ .





### 3.2 CABO PÁRA-RAIOS CAA DOTTEREL

- Tração de EDS  $\Rightarrow$  13,6% da tração de ruptura do cabo, a 27°C, condição final e sem vento.
- Tração para temperatura mínima  $\Rightarrow \leq 33\%$  da tração de ruptura, a 9°C, condição inicial e sem vento.
- Tração para vento máximo  $\Rightarrow \leq 70\%$  da tração de ruptura, a 17°C, condição inicial e pressão de vento máximo de 78,0 kgf/m<sup>2</sup>.

### 3.3 CABO PÁRA-RAIOS DE AÇO GALVANIZADO 3/8" EAR

- Tração de EDS  $\Rightarrow$  9,5% da tração de ruptura do cabo, a 27°C, sem vento.
- Tração para temperatura mínima  $\Rightarrow \leq 33\%$  da tração de ruptura, a 9°C, sem vento.
- Tração para vento máximo  $\Rightarrow \leq 70\%$  da tração de ruptura, a 17°C e pressão de vento máximo de 78,0 kgf/m<sup>2</sup>.

### 3.4 CABO PÁRA-RAIOS OPGW 14,7mm

- Tração de EDS  $\Rightarrow$  11,4% da tração de ruptura do cabo, a 27°C, sem vento.
- Tração para temperatura mínima  $\Rightarrow \leq 33\%$  da tração de ruptura, a 9°C, sem vento.
- Tração para vento máximo  $\Rightarrow \leq 70\%$  da tração de ruptura, a 17°C e pressão de vento máximo de 78,0 kgf/m<sup>2</sup>.

## 4 CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS CABOS CONDUTOR E PÁRA-RAIOS

Temos que os cabos, condutor e pára-raios têm as seguintes características:

#### Cabo Condutor

Código .....	Rail
Tipo .....	CAA
Bitola .....	954 MCM
Formação .....	45/7
Diâmetro total.....	29,59 mm
Área da seção transversal.....	516,80 mm <sup>2</sup>
Peso próprio.....	1,6 kgf/m
Carga de ruptura .....	11.764 kgf
Módulo de elasticidade inicial .....	5414 kgf/mm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidade final .....	6679 kgf/mm <sup>2</sup>
Coef. de dilatação térmica inicial .....	20,3 x 10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup>

Coef. de dilatação térmica final .....  $20,9 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Equivalente térmico do CREEP .....  $30,40^\circ\text{C}$

### **Cabos Pára-raios**

- Cabo de chegada e saída das SE´s

Código .....	Dotterel
Tipo .....	CAA
Bitola .....	176,9 MCM
Formação .....	12/7
Área da seção transversal.....	141,93 mm <sup>2</sup>
Diâmetro total.....	15,42 mm
Peso próprio .....	0,657 kgf/m
Carga de ruptura .....	7865 kgf
Módulo de elasticidade inicial .....	9773 kgf/mm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidade final .....	10687 kgf/mm <sup>2</sup>
Coef. de dilatação térmica linear inicial .....	$14,8 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Coef. de dilatação térmica linear final .....	$15,3 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Equivalente térmico do CREEP.....	$20,88^\circ\text{C}$

- Cabo do meio da Linha de Transmissão

Tipo .....	Aço Galvanizado EAR
Bitola .....	3/8"
Formação.....	7 fios
Área da seção transversal.....	51,10 mm <sup>2</sup>
Diâmetro .....	9,53 mm
Peso próprio.....	0,407 kgf/m
Carga de ruptura .....	6985 kgf



Módulo de elasticidade.....	19330 kgf/mm <sup>2</sup>
Coef. de dilatação térmica linear.....	11,5 x 10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup>

- Cabo OPGW a ser utilizado em toda LT

Tipo .....	OPGW 14,7 24FO
Bitola .....	14,7
Área da seção transversal.....	120,00 mm <sup>2</sup>
Diâmetro .....	14,7 mm
Peso próprio.....	0,724 kgf/m
Carga de ruptura .....	10373 kgf
Módulo de elasticidade.....	16574 kgf/mm <sup>2</sup>
Coef. de dilatação térmica linear.....	13,8 x 10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup>

#### CONDIÇÃO DE EDS DO CABO CONDUTOR

Cabo	Temperatura	Tração kgf	Tração (% rup.)
954 MCM	27°C	2352,8	20

Utilizando-se de software específico para a determinação das trações nas condições de contorno, foram obtidos os seguintes valores:

- **Cabo Pára-raios CAA Dotterel**

Para este cabo pára-raios a condição de referência é dada pela tração na condição de EDS, que deverá ser igual a 13,6% da CR, condição final e sem vento. Então, teremos para os vãos básicos da linha, os seguintes valores:

CABO CONDUTOR			CABO DOTTEREL		
Vão	Tração	Flecha	Tração (% rup.)		Flecha
200 m	2352,8 kgf	3,40 m	1069,6	13,6	3,07 m
450 m	2352,8 kgf	17,25 m	1069,6	13,6	15,57 m
700 m	2352,8 kgf	41,85 m	1069,6	13,6	37,77 m

- **Cabo Pára-raios 3/8" EAR**

Para este cabo pára-raios a condição de referência é dada pela tração de EDS, que deverá ser igual a 9,5% da CR, sem vento.

Então, teremos para os vãos básicos da linha, os seguintes valores:

CABO CONDUTOR			CABO 3/8" EAR		
Vão	Tração	Flecha	Tração (% rup.)		Flecha
200 m	2352,8 kgf	3,40 m	663,6	9,5	3,07 m
450 m	2352,8 kgf	17,25 m	663,6	9,5	15,55 m
700 m	2352,8 kgf	41,85 m	663,6	9,5	37,71 m



#### - Cabo Pára-raios OPGW 14,7mm

Para este cabo pára-raios a condição de referência é dada pela tração de EDS, que deverá ser igual a 11,4% da CR, sem vento.

Então, teremos para os vãos básicos da linha, os seguintes valores:

CABO CONDUTOR			CABO OPGW 14,7 mm		
Vão	Tração	Flecha	Tração (% rup.)		Flecha
200 m	2352,8 kgf	3,40 m	1182,5	11,4	3,06 m
450 m	2352,8 kgf	17,25 m	1182,5	11,4	15,52 m
700 m	2352,8 kgf	41,85 m	1182,5	11,4	37,64 m

Para as condições de EDS definidas para os Cabos e Vãos Básicos de Contorno (Mínimo, Mais Provável e Máximo), tanto do Cabo Condutor como dos Cabos Pára-raios, vemos que a flecha do Cabo Condutor será sempre maior que dos Cabos Pára-raios, sendo que com isso teremos sempre garantido o ângulo de cobertura da LT como sendo menor ou igual ao ângulo de cobertura nas Estruturas.

## 5 CARGAS DE VENTO

- Cabo Condutor

A carga de vento no condutor para um período de retorno de 250 anos é de 73,0 kgf/m<sup>2</sup>.

- Cabos Pára-raios

A carga de vento nos cabos pára-raios para um período de retorno de 250 anos é de 78,0 kgf/m<sup>2</sup>.

## 6 CÁLCULO MECÂNICO DOS CABOS CONDUTOR E PÁRA-RAIOS

Utilizando-se de software específico para a determinação das trações nas condições de contorno, software este que utiliza, para o cálculo do "CREEP", as equações inicial e final das Curvas Stress-Strain da Aluminium Association, foram obtidas as seguintes Trações e Flechas:



• **Cabo Condutor CAA 954 MCM "RAIL"**

Vão básico = 200,0m

Condição inicial				Condição final			
Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)	Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)
0.00	4150.30	35.30	1.93	0.00	3137.10	26.70	2.55
9.00	3781.00	32.10	2.12	9.00	2830.00	24.10	2.83
17.00	3478.30	29.60	2.30	17.00	2597.20	22.10	3.08
27.00	3136.80	26.70	2.55	27.00	2352.80	20.00	3.40
30.00	3042.70	25.90	2.63	30.00	2288.30	19.50	3.50
40.00	2756.40	23.40	2.90	40.00	2098.50	17.80	3.81
45.00	2628.70	22.30	3.04	45.00	2016.30	17.10	3.97
50.00	2510.80	21.30	3.19	50.00	1941.20	16.50	4.12
55.00	2402.10	20.40	3.33	55.00	1872.50	15.90	4.27
60.00	2302.00	19.60	3.48	60.00	1809.50	15.40	4.42

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 4307.5 (36.62% CR)

Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 3607.6 (30.67% CR)

Vão básico = 300,0m

Condição inicial				Condição final			
Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)	Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)
0.00	3271.90	27.80	5.50	0.00	2737.50	23.30	6.58
9.00	3081.00	26.20	5.85	9.00	2593.30	22.00	6.95
17.00	2928.60	24.90	6.15	17.00	2479.30	21.10	7.27
27.00	2758.50	23.40	6.53	27.00	2352.80	20.00	7.66
30.00	2711.50	23.00	6.64	30.00	2317.90	19.70	7.77
40.00	2566.80	21.80	7.02	40.00	2210.40	18.80	8.15
45.00	2500.80	21.30	7.20	45.00	2161.30	18.40	8.34
50.00	2438.60	20.70	7.39	50.00	2114.90	18.00	8.52
55.00	2379.90	20.20	7.57	55.00	2071.10	17.60	8.70
60.00	2324.60	19.80	7.75	60.00	2029.60	17.30	8.88

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 4165.6 (35.41% CR)

Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 3747.6 (31.86% CR)

Vão básico = 400,0m

<b>Condição inicial</b>				<b>Condição final</b>			
<b>Temp. (° C)</b>	<b>Tração (kgf)</b>	<b>Tração (%CR)</b>	<b>Flecha (m)</b>	<b>Temp. (° C)</b>	<b>Tração (kgf)</b>	<b>Tração (%CR)</b>	<b>Flecha (m)</b>
0.00	2853.80	24.30	11.22	0.00	2571.30	21.90	12.46
9.00	2757.80	23.40	11.62	9.00	2492.60	21.20	12.86
17.00	2678.70	22.80	11.96	17.00	2427.80	20.60	13.20
27.00	2587.60	22.00	12.38	27.00	2352.80	20.00	13.62
30.00	2561.70	21.80	12.51	30.00	2331.50	19.80	13.75
40.00	2480.10	21.10	12.92	40.00	2264.10	19.20	14.16
45.00	2441.70	20.80	13.12	45.00	2232.30	19.00	14.36
50.00	2404.90	20.40	13.33	50.00	2201.80	18.70	14.56
55.00	2369.40	20.10	13.53	55.00	2172.30	18.50	14.76
60.00	2335.40	19.90	13.72	60.00	2144.00	18.20	14.95

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 4088 (34.75% CR)

Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 3820.9 (32.48% CR)

Vão básico = 450,0m

<b>Condição inicial</b>				<b>Condição final</b>			
<b>Temp. (° C)</b>	<b>Tração (kgf)</b>	<b>Tração (%CR)</b>	<b>Flecha (m)</b>	<b>Temp. (° C)</b>	<b>Tração (kgf)</b>	<b>Tração (%CR)</b>	<b>Flecha (m)</b>
0.00	2741.50	23.30	14.79	0.00	2525.40	21.50	16.06
9.00	2669.50	22.70	15.19	9.00	2464.10	20.90	16.47
17.00	2609.40	22.20	15.55	17.00	2412.90	20.50	16.82
27.00	2539.10	21.60	15.98	27.00	2352.80	20.00	17.25
30.00	2519.00	21.40	16.11	30.00	2335.60	19.90	17.37
40.00	2454.80	20.90	16.53	40.00	2280.60	19.40	17.80
45.00	2424.30	20.60	16.74	45.00	2254.40	19.20	18.00
50.00	2394.80	20.40	16.94	50.00	2229.00	18.90	18.21
55.00	2366.30	20.10	17.15	55.00	2204.40	18.70	18.41
60.00	2338.60	19.90	17.35	60.00	2180.60	18.50	18.62

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 4063.4 (34.54% CR)

Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 3844.3 (32.68% CR)

Vão básico = 500,0m

Condição inicial				Condição final			
Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)	Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)
0.00	2662.90	22.60	18.81	0.00	2492.50	21.20	20.10
9.00	2607.00	22.20	19.22	9.00	2443.40	20.80	20.51
17.00	2559.80	21.80	19.57	17.00	2402.00	20.40	20.86
27.00	2504.00	21.30	20.01	27.00	2352.80	20.00	21.30
30.00	2487.90	21.10	20.14	30.00	2338.60	19.90	21.43
40.00	2436.20	20.70	20.57	40.00	2292.90	19.50	21.86
45.00	2411.50	20.50	20.78	45.00	2271.00	19.30	22.07
50.00	2387.40	20.30	20.99	50.00	2249.70	19.10	22.28
55.00	2363.90	20.10	21.20	55.00	2228.90	18.90	22.49
60.00	2341.10	19.90	21.41	60.00	2208.70	18.80	22.70

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 4044.6 (34.38% CR)

Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 3862.2 (32.83% CR)

Vão básico = 550,0m

Condição inicial				Condição final			
Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)	Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)
0.00	2605.90	22.20	23.27	0.00	2468.20	21.00	24.58
9.00	2561.30	21.80	23.68	9.00	2428.00	20.60	24.99
17.00	2523.30	21.40	24.04	17.00	2393.70	20.30	25.35
27.00	2477.90	21.10	24.48	27.00	2352.80	20.00	25.79
30.00	2464.80	21.00	24.61	30.00	2340.90	19.90	25.92
40.00	2422.20	20.60	25.05	40.00	2302.50	19.60	26.36
45.00	2401.70	20.40	25.26	45.00	2283.90	19.40	26.57
50.00	2381.70	20.20	25.47	50.00	2265.80	19.30	26.79
55.00	2362.10	20.10	25.69	55.00	2248.00	19.10	27.00
60.00	2343.00	19.90	25.90	60.00	2230.70	19.00	27.21

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 4030.2 (34.26% CR)

Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 3876.2 (32.95% CR)



Vão básico = 600,0m

<b>Condição inicial</b>				<b>Condição final</b>			
<b>Temp. (° C)</b>	<b>Tração (kgf)</b>	<b>Tração (%CR)</b>	<b>Flecha (m)</b>	<b>Temp. (° C)</b>	<b>Tração (kgf)</b>	<b>Tração (%CR)</b>	<b>Flecha (m)</b>
0.00	2563.40	21.80	28.17	0.00	2449.70	20.80	29.49
9.00	2526.90	21.50	28.58	9.00	2416.10	20.50	29.90
17.00	2495.60	21.20	28.94	17.00	2387.40	20.30	30.26
27.00	2458.00	20.90	29.38	27.00	2352.80	20.00	30.71
30.00	2447.10	20.80	29.52	30.00	2342.70	19.90	30.84
40.00	2411.50	20.50	29.96	40.00	2309.90	19.60	31.28
45.00	2394.20	20.40	30.17	45.00	2294.00	19.50	31.50
50.00	2377.30	20.20	30.39	50.00	2278.40	19.40	31.72
55.00	2360.70	20.10	30.60	55.00	2263.10	19.20	31.93
60.00	2344.50	19.90	30.82	60.00	2248.10	19.10	32.15

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 4018.8 (34.16% CR)

Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 3887.2 (33.04% CR)

Vão básico = 700,0m

<b>Condição inicial</b>				<b>Condição final</b>			
<b>Temp. (° C)</b>	<b>Tração (kgf)</b>	<b>Tração (%CR)</b>	<b>Flecha (m)</b>	<b>Temp. (° C)</b>	<b>Tração (kgf)</b>	<b>Tração (%CR)</b>	<b>Flecha (m)</b>
0.00	2505.40	21.30	39.28	0.00	2423.90	20.60	40.61
9.00	2479.60	21.10	39.69	9.00	2399.50	20.40	41.03
17.00	2457.30	20.90	40.05	17.00	2378.40	20.20	41.39
27.00	2430.20	20.70	40.50	27.00	2352.80	20.00	41.85
30.00	2422.20	20.60	40.64	30.00	2345.30	19.90	41.99
40.00	2396.20	20.40	41.08	40.00	2320.70	19.70	42.43
45.00	2383.50	20.30	41.30	45.00	2308.60	19.60	42.66
50.00	2371.00	20.20	41.52	50.00	2296.80	19.50	42.88
55.00	2358.70	20.10	41.74	55.00	2285.10	19.40	43.10
60.00	2346.60	19.90	41.96	60.00	2273.60	19.30	43.32

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 4002.3 (34.02% CR)

Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 3903.3 (33.18% CR)

Vão básico = 800,0m

Condição inicial				Condição final			
Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)	Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)
0.00	2468.60	21.00	52.14	0.00	2407.20	20.50	53.49
9.00	2449.30	20.80	52.56	9.00	2388.70	20.30	53.91
17.00	2432.60	20.70	52.92	17.00	2372.50	20.20	54.28
27.00	2412.10	20.50	53.38	27.00	2352.80	20.00	54.74
30.00	2406.10	20.50	53.51	30.00	2347.00	20.00	54.88
40.00	2386.20	20.30	53.96	40.00	2327.90	19.80	55.33
45.00	2376.50	20.20	54.19	45.00	2318.50	19.70	55.56
50.00	2366.90	20.10	54.41	50.00	2309.20	19.60	55.79
55.00	2357.40	20.00	54.63	55.00	2300.00	19.60	56.01
60.00	2348.00	20.00	54.85	60.00	2290.90	19.50	56.24

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 3991.2 (33.93% CR)

Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 3914.2 (33.27% CR)

- **Cabo Pára-raios Dotterel**

Vão básico = 200,0m

Condição inicial				Condição final			
Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)	Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)
0.00	1575.10	20.00	2.09	0.00	1345.40	17.10	2.44
9.00	1457.70	18.50	2.25	9.00	1241.60	15.80	2.65
17.00	1361.80	17.30	2.41	17.00	1159.60	14.70	2.83
27.00	1253.50	15.90	2.62	27.00	1069.60	13.60	3.07
30.00	1223.50	15.60	2.69	30.00	1045.20	13.30	3.14
40.00	1131.30	14.40	2.90	40.00	971.20	12.30	3.38
45.00	1089.50	13.90	3.02	45.00	938.10	11.90	3.50
50.00	1050.50	13.40	3.13	50.00	907.40	11.50	3.62
55.00	1014.10	12.90	3.24	55.00	878.80	11.20	3.74
60.00	980.00	12.50	3.35	60.00	852.30	10.80	3.86

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 1957.2 (24.88% CR)

Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 1805.1 (22.95% CR)

Vão básico = 300,0m

Condição inicial				Condição final			
Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)	Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)
0.00	1337.70	17.00	5.53	0.00	1214.70	15.40	6.09
9.00	1276.30	16.20	5.79	9.00	1161.50	14.80	6.37
17.00	1226.40	15.60	6.03	17.00	1118.50	14.20	6.61
27.00	1169.60	14.90	6.32	27.00	1069.60	13.60	6.91
30.00	1153.70	14.70	6.41	30.00	1056.00	13.40	7.00
40.00	1103.90	14.00	6.70	40.00	1013.30	12.90	7.30
45.00	1080.80	13.70	6.84	45.00	993.50	12.60	7.45
50.00	1058.80	13.50	6.99	50.00	974.60	12.40	7.59
55.00	1037.90	13.20	7.13	55.00	956.60	12.20	7.73
60.00	1017.90	12.90	7.27	60.00	939.50	11.90	7.87

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 2052.5 (26.1% CR)  
 Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 1953.9 (24.84% CR)

Vão básico = 400,0m

Condição inicial				Condição final			
Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)	Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)
0.00	1223.50	15.60	10.75	0.00	1154.80	14.70	11.39
9.00	1190.10	15.10	11.05	9.00	1124.50	14.30	11.70
17.00	1162.30	14.80	11.32	17.00	1099.20	14.00	11.97
27.00	1129.70	14.40	11.64	27.00	1069.60	13.60	12.30
30.00	1120.40	14.20	11.74	30.00	1061.20	13.50	12.40
40.00	1090.70	13.90	12.06	40.00	1034.10	13.10	12.72
45.00	1076.60	13.70	12.22	45.00	1021.30	13.00	12.88
50.00	1062.90	13.50	12.38	50.00	1008.90	12.80	13.04
55.00	1049.70	13.30	12.53	55.00	996.80	12.70	13.20
60.00	1036.90	13.20	12.69	60.00	985.20	12.50	13.36

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 2109.6 (26.82% CR)  
 Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 2041.8 (25.96% CR)

Vão básico = 450,0m

<b>Condição inicial</b>				<b>Condição final</b>			
<b>Temp. (° C)</b>	<b>Tração (kgf)</b>	<b>Tração (%CR)</b>	<b>Flecha (m)</b>	<b>Temp. (° C)</b>	<b>Tração (kgf)</b>	<b>Tração (%CR)</b>	<b>Flecha (m)</b>
0.00	1191.10	15.10	13.98	0.00	1137.60	14.50	14.64
9.00	1165.40	14.80	14.29	9.00	1113.70	14.20	14.95
17.00	1143.60	14.50	14.56	17.00	1093.50	13.90	15.23
27.00	1117.90	14.20	14.90	27.00	1069.60	13.60	15.57
30.00	1110.50	14.10	15.00	30.00	1062.70	13.50	15.67
40.00	1086.70	13.80	15.33	40.00	1040.60	13.20	16.01
45.00	1075.30	13.70	15.49	45.00	1030.00	13.10	16.17
50.00	1064.20	13.50	15.65	50.00	1019.70	13.00	16.34
55.00	1053.40	13.40	15.81	55.00	1009.70	12.80	16.50
60.00	1042.80	13.30	15.97	60.00	999.90	12.70	16.66

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 2129.2 (27.07% CR)

Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 2071.9 (26.34% CR)

Vão básico = 500,0m

<b>Condição inicial</b>				<b>Condição final</b>			
<b>Temp. (° C)</b>	<b>Tração (kgf)</b>	<b>Tração (%CR)</b>	<b>Flecha (m)</b>	<b>Temp. (° C)</b>	<b>Tração (kgf)</b>	<b>Tração (%CR)</b>	<b>Flecha (m)</b>
0.00	1167.90	14.80	17.61	0.00	1125.00	14.30	18.28
9.00	1147.40	14.60	17.92	9.00	1105.70	14.10	18.60
17.00	1130.00	14.40	18.20	17.00	1089.30	13.80	18.88
27.00	1109.20	14.10	18.54	27.00	1069.60	13.60	19.23
30.00	1103.20	14.00	18.65	30.00	1063.90	13.50	19.34
40.00	1083.70	13.80	18.98	40.00	1045.50	13.30	19.68
45.00	1074.30	13.70	19.15	45.00	1036.70	13.20	19.85
50.00	1065.10	13.50	19.31	50.00	1028.00	13.10	20.01
55.00	1056.10	13.40	19.48	55.00	1019.50	13.00	20.18
60.00	1047.40	13.30	19.64	60.00	1011.20	12.90	20.35

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 2144.7 (27.27% CR)

Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 2095.8 (26.65% CR)

Vão básico = 550,0m

<b>Condição inicial</b>				<b>Condição final</b>			
<b>Temp. (° C)</b>	<b>Tração (kgf)</b>	<b>Tração (%CR)</b>	<b>Flecha (m)</b>	<b>Temp. (° C)</b>	<b>Tração (kgf)</b>	<b>Tração (%CR)</b>	<b>Flecha (m)</b>
0.00	1150.60	14.60	21.63	0.00	1115.60	14.20	22.32
9.00	1134.00	14.40	21.95	9.00	1099.70	14.00	22.64
17.00	1119.80	14.20	22.23	17.00	1086.00	13.80	22.93
27.00	1102.60	14.00	22.58	27.00	1069.60	13.60	23.28
30.00	1097.60	14.00	22.68	30.00	1064.90	13.50	23.39
40.00	1081.40	13.70	23.03	40.00	1049.30	13.30	23.73
45.00	1073.50	13.60	23.20	45.00	1041.80	13.20	23.91
50.00	1065.80	13.60	23.36	50.00	1034.40	13.20	24.08
55.00	1058.30	13.50	23.53	55.00	1027.20	13.10	24.25
60.00	1050.90	13.40	23.70	60.00	1020.10	13.00	24.42

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 2157 (27.43% CR)  
 Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 2115 (26.89% CR)

Vão básico = 600,0m

<b>Condição inicial</b>				<b>Condição final</b>			
<b>Temp. (° C)</b>	<b>Tração (kgf)</b>	<b>Tração (%CR)</b>	<b>Flecha (m)</b>	<b>Temp. (° C)</b>	<b>Tração (kgf)</b>	<b>Tração (%CR)</b>	<b>Flecha (m)</b>
0.00	1137.60	14.50	26.05	0.00	1108.40	14.10	26.74
9.00	1123.80	14.30	26.38	9.00	1095.00	13.90	27.07
17.00	1111.90	14.10	26.66	17.00	1083.50	13.80	27.36
27.00	1097.50	14.00	27.01	27.00	1069.60	13.60	27.72
30.00	1093.30	13.90	27.11	30.00	1065.60	13.50	27.82
40.00	1079.60	13.70	27.46	40.00	1052.30	13.40	28.18
45.00	1072.90	13.60	27.63	45.00	1045.90	13.30	28.35
50.00	1066.40	13.60	27.80	50.00	1039.50	13.20	28.53
55.00	1059.90	13.50	27.97	55.00	1033.30	13.10	28.70
60.00	1053.60	13.40	28.14	60.00	1027.10	13.10	28.87

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 2167.1 (27.55% CR)  
 Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 2130.6 (27.09% CR)

Vão básico = 700,0m

<b>Condição inicial</b>				<b>Condição final</b>			
<b>Temp. (° C)</b>	<b>Tração (kgf)</b>	<b>Tração (%CR)</b>	<b>Flecha (m)</b>	<b>Temp. (° C)</b>	<b>Tração (kgf)</b>	<b>Tração (%CR)</b>	<b>Flecha (m)</b>
0.00	1119.40	14.20	36.08	0.00	1098.20	14.00	36.78
9.00	1109.40	14.10	36.40	9.00	1088.40	13.80	37.11
17.00	1100.80	14.00	36.69	17.00	1080.00	13.70	37.40
27.00	1090.30	13.90	37.04	27.00	1069.60	13.60	37.77
30.00	1087.20	13.80	37.15	30.00	1066.60	13.60	37.88
40.00	1077.10	13.70	37.50	40.00	1056.60	13.40	38.24
45.00	1072.10	13.60	37.68	45.00	1051.70	13.40	38.41
50.00	1067.20	13.60	37.85	50.00	1046.90	13.30	38.59
55.00	1062.40	13.50	38.03	55.00	1042.20	13.30	38.77
60.00	1057.60	13.40	38.20	60.00	1037.50	13.20	38.95

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 2182.1 (27.74% CR)

Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 2153.9 (27.39% CR)

Vão básico = 800,0m

<b>Condição inicial</b>				<b>Condição final</b>			
<b>Temp. (° C)</b>	<b>Tração (kgf)</b>	<b>Tração (%CR)</b>	<b>Flecha (m)</b>	<b>Temp. (° C)</b>	<b>Tração (kgf)</b>	<b>Tração (%CR)</b>	<b>Flecha (m)</b>
0.00	1107.60	14.10	47.68	0.00	1091.60	13.90	48.38
9.00	1100.10	14.00	48.00	9.00	1084.10	13.80	48.72
17.00	1093.60	13.90	48.29	17.00	1077.60	13.70	49.02
27.00	1085.60	13.80	48.65	27.00	1069.60	13.60	49.39
30.00	1083.20	13.80	48.76	30.00	1067.30	13.60	49.50
40.00	1075.40	13.70	49.12	40.00	1059.50	13.50	49.86
45.00	1071.60	13.60	49.30	45.00	1055.70	13.40	50.04
50.00	1067.80	13.60	49.47	50.00	1051.90	13.40	50.23
55.00	1064.00	13.50	49.65	55.00	1048.20	13.30	50.41
60.00	1060.30	13.50	49.83	60.00	1044.50	13.30	50.59

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 2192.5 (27.88% CR)

Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 2170.1 (27.59% CR)



• **Cabo de Aço Galvanizado 3/8" EAR**

Vão básico = 200,0m

Condição inicial				Condição final			
Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)	Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)
0.00	789.00	11.30	2.58	0.00	789.00	11.30	2.58
9.00	742.90	10.60	2.74	9.00	742.90	10.60	2.74
17.00	705.60	10.10	2.88	17.00	705.60	10.10	2.88
27.00	663.60	9.50	3.07	27.00	663.60	9.50	3.07
30.00	651.90	9.30	3.12	30.00	651.90	9.30	3.12
40.00	615.80	8.80	3.31	40.00	615.80	8.80	3.31
45.00	599.20	8.60	3.40	45.00	599.20	8.60	3.40
50.00	583.60	8.40	3.49	50.00	583.60	8.40	3.49
55.00	568.90	8.10	3.58	55.00	568.90	8.10	3.58
60.00	554.90	7.90	3.67	60.00	554.90	7.90	3.67

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 1112.7 (15.93% CR)  
 Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 1112.7 (15.93% CR)

Vão básico = 300,0m

Condição inicial				Condição final			
Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)	Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)
0.00	789.00	11.30	2.58	0.00	789.00	11.30	2.58
9.00	742.90	10.60	2.74	9.00	742.90	10.60	2.74
17.00	705.60	10.10	2.88	17.00	705.60	10.10	2.88
27.00	663.60	9.50	3.07	27.00	663.60	9.50	3.07
30.00	651.90	9.30	3.12	30.00	651.90	9.30	3.12
40.00	615.80	8.80	3.31	40.00	615.80	8.80	3.31
45.00	599.20	8.60	3.40	45.00	599.20	8.60	3.40
50.00	583.60	8.40	3.49	50.00	583.60	8.40	3.49
55.00	568.90	8.10	3.58	55.00	568.90	8.10	3.58
60.00	554.90	7.90	3.67	60.00	554.90	7.90	3.67

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 1112.7 (15.93% CR)  
 Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 1112.7 (15.93% CR)

Vão básico = 400,0m

<b>Condição inicial</b>				<b>Condição final</b>			
<b>Temp. (° C)</b>	<b>Tração (kgf)</b>	<b>Tração (%CR)</b>	<b>Flecha (m)</b>	<b>Temp. (° C)</b>	<b>Tração (kgf)</b>	<b>Tração (%CR)</b>	<b>Flecha (m)</b>
0.00	702.70	10.10	11.60	0.00	702.70	10.10	11.60
9.00	689.00	9.90	11.83	9.00	689.00	9.90	11.83
17.00	677.40	9.70	12.03	17.00	677.40	9.70	12.03
27.00	663.60	9.50	12.28	27.00	663.60	9.50	12.28
30.00	659.60	9.40	12.36	30.00	659.60	9.40	12.36
40.00	646.70	9.30	12.60	40.00	646.70	9.30	12.60
45.00	640.50	9.20	12.73	45.00	640.50	9.20	12.73
50.00	634.50	9.10	12.85	50.00	634.50	9.10	12.85
55.00	628.60	9.00	12.97	55.00	628.60	9.00	12.97
60.00	622.90	8.90	13.09	60.00	622.90	8.90	13.09

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 1263.2 (18.08% CR)

Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 1263.2 (18.08% CR)

Vão básico = 450,0m

<b>Condição inicial</b>				<b>Condição final</b>			
<b>Temp. (° C)</b>	<b>Tração (kgf)</b>	<b>Tração (%CR)</b>	<b>Flecha (m)</b>	<b>Temp. (° C)</b>	<b>Tração (kgf)</b>	<b>Tração (%CR)</b>	<b>Flecha (m)</b>
0.00	694.80	9.90	14.85	0.00	694.80	9.90	14.85
9.00	684.00	9.80	15.08	9.00	684.00	9.80	15.08
17.00	674.70	9.70	15.29	17.00	674.70	9.70	15.29
27.00	663.60	9.50	15.55	27.00	663.60	9.50	15.55
30.00	660.30	9.50	15.63	30.00	660.30	9.50	15.63
40.00	649.80	9.30	15.88	40.00	649.80	9.30	15.88
45.00	644.70	9.20	16.01	45.00	644.70	9.20	16.01
50.00	639.80	9.20	16.13	50.00	639.80	9.20	16.13
55.00	634.90	9.10	16.25	55.00	634.90	9.10	16.25
60.00	630.10	9.00	16.38	60.00	630.10	9.00	16.38

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 1282.2 (18.36% CR)

Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 1282.2 (18.36% CR)



Vão básico = 500,0m

<b>Condição inicial</b>				<b>Condição final</b>			
<b>Temp. (° C)</b>	<b>Tração (kgf)</b>	<b>Tração (%CR)</b>	<b>Flecha (m)</b>	<b>Temp. (° C)</b>	<b>Tração (kgf)</b>	<b>Tração (%CR)</b>	<b>Flecha (m)</b>
0.00	689.10	9.90	18.49	0.00	689.10	9.90	18.49
9.00	680.30	9.70	18.73	9.00	680.30	9.70	18.73
17.00	672.70	9.60	18.94	17.00	672.70	9.60	18.94
27.00	663.60	9.50	19.20	27.00	663.60	9.50	19.20
30.00	660.90	9.50	19.28	30.00	660.90	9.50	19.28
40.00	652.20	9.30	19.54	40.00	652.20	9.30	19.54
45.00	647.90	9.30	19.67	45.00	647.90	9.30	19.67
50.00	643.80	9.20	19.80	50.00	643.80	9.20	19.80
55.00	639.70	9.20	19.92	55.00	639.70	9.20	19.92
60.00	635.70	9.10	20.05	60.00	635.70	9.10	20.05

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 1297.2 (18.57% CR)

Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 1297.2 (18.57% CR)

Vão básico = 550,0m

<b>Condição inicial</b>				<b>Condição final</b>			
<b>Temp. (° C)</b>	<b>Tração (kgf)</b>	<b>Tração (%CR)</b>	<b>Flecha (m)</b>	<b>Temp. (° C)</b>	<b>Tração (kgf)</b>	<b>Tração (%CR)</b>	<b>Flecha (m)</b>
0.00	684.80	9.80	22.52	0.00	684.80	9.80	22.52
9.00	677.50	9.70	22.77	9.00	677.50	9.70	22.77
17.00	671.20	9.60	22.98	17.00	671.20	9.60	22.98
27.00	663.60	9.50	23.25	27.00	663.60	9.50	23.25
30.00	661.30	9.50	23.33	30.00	661.30	9.50	23.33
40.00	654.00	9.40	23.59	40.00	654.00	9.40	23.59
45.00	650.40	9.30	23.72	45.00	650.40	9.30	23.72
50.00	646.90	9.30	23.85	50.00	646.90	9.30	23.85
55.00	643.40	9.20	23.98	55.00	643.40	9.20	23.98
60.00	640.00	9.20	24.11	60.00	640.00	9.20	24.11

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 1309.2 (18.74% CR)

Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 1309.2 (18.74% CR)

Vão básico = 600,0m

<b>Condição inicial</b>				<b>Condição final</b>			
<b>Temp. (° C)</b>	<b>Tração (kgf)</b>	<b>Tração (%CR)</b>	<b>Flecha (m)</b>	<b>Temp. (° C)</b>	<b>Tração (kgf)</b>	<b>Tração (%CR)</b>	<b>Flecha (m)</b>
0.00	681.50	9.80	26.95	0.00	681.50	9.80	26.95
9.00	675.40	9.70	27.19	9.00	675.40	9.70	27.19
17.00	670.10	9.60	27.41	17.00	670.10	9.60	27.41
27.00	663.60	9.50	27.68	27.00	663.60	9.50	27.68
30.00	661.70	9.50	27.76	30.00	661.70	9.50	27.76
40.00	655.40	9.40	28.03	40.00	655.40	9.40	28.03
45.00	652.30	9.30	28.16	45.00	652.30	9.30	28.16
50.00	649.30	9.30	28.29	50.00	649.30	9.30	28.29
55.00	646.30	9.30	28.42	55.00	646.30	9.30	28.42
60.00	643.40	9.20	28.55	60.00	643.40	9.20	28.55

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 1319 (18.88% CR)

Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 1319 (18.88% CR)

Vão básico = 700,0m

<b>Condição inicial</b>				<b>Condição final</b>			
<b>Temp. (° C)</b>	<b>Tração (kgf)</b>	<b>Tração (%CR)</b>	<b>Flecha (m)</b>	<b>Temp. (° C)</b>	<b>Tração (kgf)</b>	<b>Tração (%CR)</b>	<b>Flecha (m)</b>
0.00	676.80	9.70	36.97	0.00	676.80	9.70	36.97
9.00	672.30	9.60	37.22	9.00	672.30	9.60	37.22
17.00	668.40	9.60	37.44	17.00	668.40	9.60	37.44
27.00	663.60	9.50	37.71	27.00	663.60	9.50	37.71
30.00	662.20	9.50	37.79	30.00	662.20	9.50	37.79
40.00	657.50	9.40	38.07	40.00	657.50	9.40	38.07
45.00	655.10	9.40	38.20	45.00	655.10	9.40	38.20
50.00	652.90	9.30	38.34	50.00	652.90	9.30	38.34
55.00	650.60	9.30	38.47	55.00	650.60	9.30	38.47
60.00	648.30	9.30	38.60	60.00	648.30	9.30	38.60

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 1333.6 (19.09% CR)

Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 1333.6 (19.09% CR)

Vão básico = 800,0m

Condição inicial				Condição final			
Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)	Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)
0.00	673.80	9.60	48.56	0.00	673.80	9.60	48.56
9.00	670.30	9.60	48.81	9.00	670.30	9.60	48.81
17.00	667.30	9.60	49.04	17.00	667.30	9.60	49.04
27.00	663.60	9.50	49.31	27.00	663.60	9.50	49.31
30.00	662.50	9.50	49.40	30.00	662.50	9.50	49.40
40.00	658.80	9.40	49.67	40.00	658.80	9.40	49.67
45.00	657.00	9.40	49.81	45.00	657.00	9.40	49.81
50.00	655.20	9.40	49.95	50.00	655.20	9.40	49.95
55.00	653.50	9.40	50.08	55.00	653.50	9.40	50.08
60.00	651.70	9.30	50.22	60.00	651.70	9.30	50.22

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 1343.7 (19.24% CR)

Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 1343.7 (19.24% CR)

- **Cabo OPGW 14,7 mm**

Vão básico = 200,0m

Condição inicial				Condição final			
Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)	Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)
0.00	1477.30	14.20	2.45	0.00	1477.30	14.20	2.45
9.00	1365.70	13.20	2.65	9.00	1365.70	13.20	2.65
17.00	1278.10	12.30	2.83	17.00	1278.10	12.30	2.83
27.00	1182.50	11.40	3.06	27.00	1182.50	11.40	3.06
30.00	1156.60	11.10	3.13	30.00	1156.60	11.10	3.13
40.00	1078.10	10.40	3.36	40.00	1078.10	10.40	3.36
45.00	1043.00	10.10	3.47	45.00	1043.00	10.10	3.47
50.00	1010.40	9.70	3.58	50.00	1010.40	9.70	3.58
55.00	980.10	9.40	3.70	55.00	980.10	9.40	3.70
60.00	951.90	9.20	3.80	60.00	951.90	9.20	3.80

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 1901 (18.33% CR)

Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 1901 (18.33% CR)

Vão básico = 300,0m

Condição inicial				Condição final			
Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)	Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)
0.00	1331.90	12.80	6.12	0.00	1331.90	12.80	6.12
9.00	1277.30	12.30	6.38	9.00	1277.30	12.30	6.38
17.00	1233.00	11.90	6.61	17.00	1233.00	11.90	6.61
27.00	1182.50	11.40	6.89	27.00	1182.50	11.40	6.89
30.00	1168.40	11.30	6.98	30.00	1168.40	11.30	6.98
40.00	1124.00	10.80	7.25	40.00	1124.00	10.80	7.25
45.00	1103.40	10.60	7.39	45.00	1103.40	10.60	7.39
50.00	1083.80	10.40	7.52	50.00	1083.80	10.40	7.52
55.00	1065.00	10.30	7.65	55.00	1065.00	10.30	7.65
60.00	1047.00	10.10	7.79	60.00	1047.00	10.10	7.79

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 2020.5 (19.48% CR)

Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 2020.5 (19.48% CR)

Vão básico = 400,0m

Condição inicial				Condição final			
Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)	Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)
0.00	1269.10	12.20	11.42	0.00	1269.10	12.20	11.42
9.00	1238.40	11.90	11.71	9.00	1238.40	11.90	11.71
17.00	1212.70	11.70	11.95	17.00	1212.70	11.70	11.95
27.00	1182.50	11.40	12.26	27.00	1182.50	11.40	12.26
30.00	1173.80	11.30	12.35	30.00	1173.80	11.30	12.35
40.00	1146.10	11.00	12.65	40.00	1146.10	11.00	12.65
45.00	1132.90	10.90	12.80	45.00	1132.90	10.90	12.80
50.00	1120.10	10.80	12.95	50.00	1120.10	10.80	12.95
55.00	1107.70	10.70	13.09	55.00	1107.70	10.70	13.09
60.00	1095.60	10.60	13.24	60.00	1095.60	10.60	13.24

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 2086.5 (20.11% CR)

Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 2086.5 (20.11% CR)

Vão básico = 450,0m

Condição inicial				Condição final			
Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)	Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)
0.00	1251.40	12.10	14.67	0.00	1251.40	12.10	14.67
9.00	1227.20	11.80	14.96	9.00	1227.20	11.80	14.96
17.00	1206.80	11.60	15.21	17.00	1206.80	11.60	15.21
27.00	1182.50	11.40	15.52	27.00	1182.50	11.40	15.52
30.00	1175.50	11.30	15.62	30.00	1175.50	11.30	15.62
40.00	1152.90	11.10	15.92	40.00	1152.90	11.10	15.92
45.00	1142.00	11.00	16.07	45.00	1142.00	11.00	16.07
50.00	1131.40	10.90	16.23	50.00	1131.40	10.90	16.23
55.00	1121.10	10.80	16.38	55.00	1121.10	10.80	16.38
60.00	1111.10	10.70	16.52	60.00	1111.10	10.70	16.52

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 2108.3 (20.32% CR)

Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 2108.3 (20.32% CR)

Vão básico = 500,0m

Condição inicial				Condição final			
Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)	Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)
0.00	1238.50	11.90	18.30	0.00	1238.50	11.90	18.30
9.00	1219.00	11.80	18.59	9.00	1219.00	11.80	18.59
17.00	1202.40	11.60	18.85	17.00	1202.40	11.60	18.85
27.00	1182.50	11.40	19.17	27.00	1182.50	11.40	19.17
30.00	1176.70	11.30	19.27	30.00	1176.70	11.30	19.27
40.00	1158.00	11.20	19.58	40.00	1158.00	11.20	19.58
45.00	1148.90	11.10	19.73	45.00	1148.90	11.10	19.73
50.00	1140.00	11.00	19.89	50.00	1140.00	11.00	19.89
55.00	1131.40	10.90	20.04	55.00	1131.40	10.90	20.04
60.00	1122.90	10.80	20.19	60.00	1122.90	10.80	20.19

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 2125.2 (20.49% CR)

Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 2125.2 (20.49% CR)

Vão básico = 550,0m

Condição inicial				Condição final			
Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)	Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)
0.00	1228.90	11.80	22.33	0.00	1228.90	11.80	22.33
9.00	1212.90	11.70	22.62	9.00	1212.90	11.70	22.62
17.00	1199.10	11.60	22.88	17.00	1199.10	11.60	22.88
27.00	1182.50	11.40	23.21	27.00	1182.50	11.40	23.21
30.00	1177.70	11.40	23.30	30.00	1177.70	11.40	23.30
40.00	1161.90	11.20	23.62	40.00	1161.90	11.20	23.62
45.00	1154.20	11.10	23.78	45.00	1154.20	11.10	23.78
50.00	1146.70	11.10	23.93	50.00	1146.70	11.10	23.93
55.00	1139.30	11.00	24.09	55.00	1139.30	11.00	24.09
60.00	1132.00	10.90	24.25	60.00	1132.00	10.90	24.25

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 2138.5 (20.62% CR)

Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 2138.5 (20.62% CR)

Vão básico = 600,0m

Condição inicial				Condição final			
Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)	Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)
0.00	1221.60	11.80	26.74	0.00	1221.60	11.80	26.74
9.00	1208.20	11.60	27.04	9.00	1208.20	11.60	27.04
17.00	1196.60	11.50	27.30	17.00	1196.60	11.50	27.30
27.00	1182.50	11.40	27.63	27.00	1182.50	11.40	27.63
30.00	1178.40	11.40	27.73	30.00	1178.40	11.40	27.73
40.00	1164.90	11.20	28.05	40.00	1164.90	11.20	28.05
45.00	1158.40	11.20	28.21	45.00	1158.40	11.20	28.21
50.00	1151.90	11.10	28.37	50.00	1151.90	11.10	28.37
55.00	1145.60	11.00	28.53	55.00	1145.60	11.00	28.53
60.00	1139.30	11.00	28.68	60.00	1139.30	11.00	28.68

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 2149.2 (20.72% CR)

Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 2149.2 (20.72% CR)

Vão básico = 700,0m

Condição inicial				Condição final			
Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)	Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)
0.00	1211.30	11.70	36.74	0.00	1211.30	11.70	36.74
9.00	1201.50	11.60	37.05	9.00	1201.50	11.60	37.05
17.00	1192.90	11.50	37.31	17.00	1192.90	11.50	37.31
27.00	1182.50	11.40	37.64	27.00	1182.50	11.40	37.64
30.00	1179.40	11.40	37.74	30.00	1179.40	11.40	37.74
40.00	1169.40	11.30	38.07	40.00	1169.40	11.30	38.07
45.00	1164.40	11.20	38.23	45.00	1164.40	11.20	38.23
50.00	1159.50	11.20	38.40	50.00	1159.50	11.20	38.40
55.00	1154.70	11.10	38.56	55.00	1154.70	11.10	38.56
60.00	1149.90	11.10	38.72	60.00	1149.90	11.10	38.72

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 2164.9 (20.87% CR)

Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 2164.9 (20.87% CR)

Vão básico = 800,0m

Condição inicial				Condição final			
Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)	Temp. (° C)	Tração (kgf)	Tração (%CR)	Flecha (m)
0.00	1204.60	11.60	48.31	0.00	1204.60	11.60	48.31
9.00	1197.10	11.50	48.62	9.00	1197.10	11.50	48.62
17.00	1190.60	11.50	48.89	17.00	1190.60	11.50	48.89
27.00	1182.50	11.40	49.23	27.00	1182.50	11.40	49.23
30.00	1180.10	11.40	49.33	30.00	1180.10	11.40	49.33
40.00	1172.30	11.30	49.66	40.00	1172.30	11.30	49.66
45.00	1168.40	11.30	49.82	45.00	1168.40	11.30	49.82
50.00	1164.60	11.20	49.99	50.00	1164.60	11.20	49.99
55.00	1160.80	11.20	50.15	55.00	1160.80	11.20	50.15
60.00	1157.10	11.20	50.32	60.00	1157.10	11.20	50.32

Tração com vento extremo na condição inicial (kgf) = 2175.7 (20.97% CR)

Tração com vento extremo na condição final (kgf) = 2175.7 (20.97% CR)



São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN  
CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

utc  
engenharia

LEME  
ENGENHARIA

---

## **LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA**

### **PROJETO BÁSICO**

CAPÍTULO 10

ESTRUTURAS

---



## CONTEUDO

1	INTRODUÇÃO .....	250
2	CONSIDERAÇÕES ESPECÍFICAS.....	250
3	SÉRIE DE ESTRUTURAS EXISTENTE .....	250
4	COMPROVAÇÃO DA APLICABILIDADE DA SÉRIE DE ESTRUTURAS ..... EXISTENTE	250
4.1	Velocidades de Vento e Temperaturas.....	251
4.2	Pressões de Vento.....	252
4.3	Coordenação de Isolamento – Distâncias de Referência.....	253
4.4	Cabo Condutor e Pára-raios Utilizados.....	254
4.5	Trações Aplicadas aos Cabos.....	255
4.6	Condições Específicas de Aplicação das Torres Existentes .....	259

ANEXO 1 – SILHUETA DAS ESTRUTURAS – A58, B57, D5A E E5A

ANEXO 2 – MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS – A58, B57, D5A E E5A



## ESTRUTURAS

### 1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo são definidos os tipos de torres da série de estruturas a ser utilizada na LT, as hipóteses de carga e as diretrizes para o dimensionamento estrutural.

### 2 CONSIDERAÇÕES ESPECÍFICAS

A MGE possui uma série de torres projetada, testada e aplicada na LT 500 kV MESQUITA-VIANA 2, cujas características são compatíveis com as definidas no projeto da básico da LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA. Deste modo, a Transmissora utilizará esta série de torres na LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA, sendo apresentado neste capítulo as comprovações de aplicabilidade desta série ao presente projeto.

### 3 SÉRIE DE ESTRUTURAS EXISTENTE

Atendendo às necessidades econômicas para implantação da LT e considerando-se as exigências elétricas da ANEEL, serão desenvolvidos projetos dos seguintes tipos estruturais:

Serão desenvolvidos os seguintes tipos estruturais:

- Torre de suspensão autoportante, tipo A58;
- Torre de suspensão autoportante, tipo B57;
- Torre de ancoragem meio de linha para ângulos médios, tipo D5A;
- Torre de ancoragem meio de linha para grandes ângulos e ancoragem fim de linha, tipo E5A.

### 4 COMPROVAÇÃO DA APLICABILIDADE DA SÉRIE DE ESTRUTURAS EXISTENTE

As características específicas do projeto da série de estruturas das LT 500 kV MESQUITA-VIANA 2 favoreceram a adoção da mesma no projeto da LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA, tendo em vista a similaridade das condições regionais e das características elétricas e mecânicas destas LTs, sendo apresentado nos itens a seguir os parâmetros que comprovam a aplicabilidade da série de estruturas existente na LT em projeto.



#### 4.1 Velocidades de Vento e Temperaturas

Apresentamos a seguir os dados de ventos e temperaturas para as duas LTs:

##### - LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA

###### Resumo das Velocidades de Vento

Período de Retorno (anos)	Tempo de Média	Velocidades de Vento (km/h)
250	10 minutos	90
250	3 segundos	155
30	30 segundos	95
50	10 minutos	75

###### Temperaturas:

-Média anual (EDS).....	27°C
-Máxima média.....	32°C
-Mínima absoluta.....	9°C
-Média mínima(coincidente c/vento máximo).....	17°C

##### - LT 500 kV MESQUITA–VIANA 2

###### Resumo das Velocidades de Vento

Período de Retorno (anos)	Tempo de Média	Velocidades de Vento (km/h)
250	10 minutos	115
250	3 segundos	175
30	30 segundos	120
50	10 minutos	95

###### Temperaturas:

-Média anual (EDS).....	21°C
-Máxima média.....	29°C
-Mínima absoluta.....	3°C
-Média mínima(coincidente c/vento máximo).....	16°C

Conforme pode ser observado, as condições temperaturas da LT 500 KV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA são similares a da LT 500 kV MESQUITA–VIANA 2. Já para as condições de vento observa-se que o vento da LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA é menor que o vento da LT 500 kV MESQUITA–VIANA 2.

## 4.2 Pressões de Vento

Apresentamos a seguir os dados de pressões de vento para as duas LTs:

### - LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA

#### Resumo das Pressões de Vento

ELEMENTO	PARÂMETRO	PRESSÃO VENTO ATUANTE
CONDUTOR	Pressão de vento ( $q_0 \cdot G_c \cdot G_L$ )	712,8 N/m <sup>2</sup> (73,0 kgf/m <sup>2</sup> )
PÁRA-RAIOS	Pressão de vento ( $q_0 \cdot G_c \cdot G_L$ )	760,1 N/m <sup>2</sup> (78,0 kgf/m <sup>2</sup> )
ISOLADOR	Pressão de vento ( $q_0 \cdot G_i \cdot G_{xi}$ )	88,07 (H/10) <sup>0,16</sup> kgf/m <sup>2</sup>
ESTRUTURA	Pressão de vento ( $q_0 \cdot G_t$ )	73,39 (H/10) <sup>0,16</sup> kgf/m <sup>2</sup>

### - LT 500 kV MESQUITA–VIANA 2

#### Resumo das Pressões de Vento

ELEMENTO	PARÂMETRO	PRESSÃO VENTO ATUANTE
CONDUTOR	Pressão de vento ( $q_0 \cdot G_c \cdot G_L$ )	1187 N/m <sup>2</sup> / 121,00 kgf/m <sup>2</sup>
PÁRA-RAIOS	Pressão de vento ( $q_0 \cdot G_c \cdot G_L$ )	1256 N/m <sup>2</sup> / 128,00 kgf/m <sup>2</sup>
ISOLADOR	Pressão de vento ( $q_0 \cdot G_i$ )	182,3 (H/10) <sup>0,16</sup> kgf/m <sup>2</sup>
ESTRUTURA	Pressão de vento ( $q_0 \cdot G_t$ )	$A_t = 62 \times (1 + 0,2 \sin^2 2\theta)^*$ $(S_{T1} \cdot C_{xT1} \cdot \cos^2 \theta + S_{T2} \cdot C_{xT2} \cdot \sin^2 \theta) G_t$



Conforme pode ser observado, as condições de pressões de vento na LT 500 kV MESQUITA-VIANA 2 são mais severas que LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA.

#### 4.3 Coordenação de Isolamento – Distâncias de Referência

Conforme apresentado no Capítulo 6 (Estudos de Coordenação de Isolamento) as distâncias críticas e os ângulos de balanço são adequados para as torres tipo A58 (torre de suspensão autoportante para ângulo até 2°) e B57 (torre de suspensão autoportante para ângulo até 8). Transcrevemos a seguir as tabelas resumo apresentadas no Capítulo 6, que comprovam que as torres A58 e B57 da LT 500 kV MESQUITA-VIANA 2 estão adequadas para serem utilizadas na LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA.

##### Sumário das Distâncias Críticas (m) e Ângulos de Balanço Torre de Suspensão Autoportante A58 para 500 kV ( $\alpha \leq 2^\circ$ )

Condição	Fase Central (V) – m	Fase Externa	
		Ângulo de Balanço (°)	Estrutura (m)
Freq.Industrial	1,00	59	1,00
Surto Manobra	2,10	41	2,10
Desc.Atmosférica	3,74	24	3,74

##### Sumário das Distâncias Críticas (m) e Ângulos de Balanço Torre de Suspensão Autoportante B57 para 500 kV ( $\alpha \leq 8^\circ$ )

Condição	Fase Central (V) – m	Fase Externa	
		Ângulo de Balanço (°)	Estrutura (m)
Freq.Industrial	1,00	67	1,00
Surto Manobra	2,10	48	2,10
Desc.Atmosférica	3,74	29	3,74

Para a torre de ancoragem intermediária tipo D34 e para a fim de linha e ângulo até 60° tipo E34 estão sendo respeitadas as condições de distâncias críticas acima indicadas.



#### 4.4 Cabo Condutor e Pára-raios Utilizados

O cabo condutor CAA Rail utilizado na LT 500 kV MESQUITA-VIANA 2 é o mesmo que está sendo utilizado na LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA, inclusive com condições de aplicação de trações similares, conforme será apresentado no item 4.5.

Os cabos pára-raios CAA Dotterel, 3/8 EHS e OPGW 14,7 mm utilizado na LT 500 kV MESQUITA-VIANA 2 são os mesmos que estão sendo utilizados na LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA, inclusive com condições de aplicação de trações similares, conforme será apresentado no item 4.5.

A seguir são apresentadas as características dos cabos utilizados.

#### - LT 500 kV MESQUITA-VIANA 2 e LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA

CONDUTOR	CAA RAIL
DIÂMETRO (mm)	29,59
SEÇÃO TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	516,80
PESO LINEAR (kgf/m)	1,6
CARGA DE RUPTURA ( kgf )	11764

PÁRA-RAIOS COMUM	CAA DOTTEREL
DIÂMETRO (mm)	15,42
SEÇÃO TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	141,93
PESO LINEAR (kgf/m)	0,657
CARGA DE RUPTURA ( kgf )	7865



<b>PÁRA-RAIOS COMUM</b>	<b>Aço Galvanizado EAR 3/8"</b>
<b>DIÂMETRO (mm)</b>	9,53
<b>SEÇÃO TRANSVERSAL (mm<sup>2</sup>)</b>	51,10
<b>PESO LINEAR (kgf/m)</b>	0,407
<b>CARGA DE RUPTURA ( kgf )</b>	6985

<b>PÁRA-RAIOS OPGW</b>	<b>OPGW - 14,7 mm</b>
<b>DIÂMETRO (mm)</b>	14,7
<b>SEÇÃO TRANSVERSAL (mm<sup>2</sup>)</b>	120
<b>PESO LINEAR (kgf/m)</b>	0,724
<b>CARGA DE RUPTURA ( kgf )</b>	10373

#### 4.5 Trações Aplicadas aos Cabos

Apresentamos a seguir um resumo das trações de referência para os cabos condutores e pára-raios utilizados na LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA e LT 500 kV MESQUITA–VIANA 2, sendo estas trações referentes à condição final do cabo e ao vão básico de 500 metros. Conforme pode-se constatar, através da comparação dos valores que constam na tabelas abaixo, as trações referentes ao cabo condutor e aos cabos pára-raios para a LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA são inferiores às trações de referência para os cabos da LT 500 kV MESQUITA–VIANA 2.



**- LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA**

**Resumo das Trações Aplicadas ao Cabo Condutor CAA Rail**

Nº	Condição	Tração (N)	Tração (Kgf)
1	EDS	23040	2350
3	TEMPERATURA MINIMA	25303	2580
4	CARGA MÁXIMA_90°	39442	4022
5	CARGA MÁXIMA_75°	37986	3874
6	CARGA MÁXIMA_60°	34154	3483
7	CARGA MÁXIMA_45°	29512	3010
8	CARGA MÁXIMA_0°	24918	2541
9	CARGA ALTA INTENSIDADE_90°	27425	2797
10	CARGA ALTA INTENSIDADE_75°	27119	2766
11	CARGA ALTA INTENSIDADE_60°	26367	2689
12	CARGA ALTA INTENSIDADE_45°	25576	2608
13	CARGA ALTA INTENSIDADE_0°	24918	2541

**Resumo das Trações Aplicadas ao Cabo Pára-raios CAA Dotterel**

Nº	Condição	Tração (N)	Tração (Kgf)
1	EDS	10464	1067
3	TEMPERATURA MINIMA	10793	1101
4	CARGA MÁXIMA_90°	20484	2089
5	CARGA MÁXIMA_75°	19575	1996
6	CARGA MÁXIMA_60°	17134	1747
7	CARGA MÁXIMA_45°	14035	1431
8	CARGA MÁXIMA_0°	10662	1087
9	CARGA ALTA INTENSIDADE_90°	12558	1281
10	CARGA ALTA INTENSIDADE_75°	12331	1258
11	CARGA ALTA INTENSIDADE_60°	11777	1201
12	CARGA ALTA INTENSIDADE_45°	11176	1140
13	CARGA ALTA INTENSIDADE_0°	10662	1087





### Trações Aplicadas ao Cabo Pára-raios 3/8" EAR

Nº	Condição	Tração (N)	Tração (Kgf)
1	EDS	6508	664
3	TEMPERATURA MINIMA	6662	679
4	CARGA MÁXIMA_90°	12296	1254
5	CARGA MÁXIMA_75°	11761	1199
6	CARGA MÁXIMA_60°	10328	1053
7	CARGA MÁXIMA_45°	8527	870
8	CARGA MÁXIMA_0°	6601	673
9	CARGA ALTA INTENSIDADE_90°	7678	783
10	CARGA ALTA INTENSIDADE_75°	7551	770
11	CARGA ALTA INTENSIDADE_60°	7233	738
12	CARGA ALTA INTENSIDADE_45°	6891	703
13	CARGA ALTA INTENSIDADE_0°	6601	673

### Resumo das Trações Aplicadas ao Cabo Pára-raios OPGW- 14,7mm

Nº	Condição	Tração (N)	Tração (Kgf)
1	EDS	11596	1183
3	TEMPERATURA MINIMA	12365	1261
4	CARGA MÁXIMA_90°	21528	2195
5	CARGA MÁXIMA_75°	20620	2103
6	CARGA MÁXIMA_60°	18220	1858
7	CARGA MÁXIMA_45°	15260	1556
8	CARGA MÁXIMA_0°	12214	1246
9	CARGA ALTA INTENSIDADE_90°	13896	1417
10	CARGA ALTA INTENSIDADE_75°	13695	1397
11	CARGA ALTA INTENSIDADE_60°	13192	1345
12	CARGA ALTA INTENSIDADE_45°	12659	1291
13	CARGA ALTA INTENSIDADE_0°	12214	1246



**- LT 500 kV MESQUITA-VIANA 2**

**Resumo das Trações Aplicadas ao Cabo Condutor CAA Rail**

Nº	Condição	Tração (N)	Tração (Kgf)
1	EDS	23040	2350
3	TEMPERATURA MINIMA	25303	2580
4	CARGA MÁXIMA_90°	42772	4362
5	CARGA MÁXIMA_75°	41061	4187
6	CARGA MÁXIMA_60°	36494	3722
7	CARGA MÁXIMA_45°	30809	3142
8	CARGA MÁXIMA_0°	24918	2541
9	CARGA ALTA INTENSIDADE_90°	28174	2873
10	CARGA ALTA INTENSIDADE_75°	27784	2833
11	CARGA ALTA INTENSIDADE_60°	26818	2735
12	CARGA ALTA INTENSIDADE_45°	25786	2630
13	CARGA ALTA INTENSIDADE_0°	24918	2541

**Resumo das Trações Aplicadas ao Cabo Pára-raios CAA Dotterel**

Nº	Condição	Tração (N)	Tração (Kgf)
1	EDS	10618	1083
3	TEMPERATURA MINIMA	10960	1118
4	CARGA MÁXIMA_90°	22656	2310
5	CARGA MÁXIMA_75°	21610	2204
6	CARGA MÁXIMA_60°	18767	1914
7	CARGA MÁXIMA_45°	15067	1537
8	CARGA MÁXIMA_0°	10824	1104
9	CARGA ALTA INTENSIDADE_90°	13248	1351
10	CARGA ALTA INTENSIDADE_75°	12967	1322
11	CARGA ALTA INTENSIDADE_60°	12263	1251
12	CARGA ALTA INTENSIDADE_45°	11493	1172
13	CARGA ALTA INTENSIDADE_0°	10824	1104



### Resumo das Trações Aplicadas ao Cabo Pára-raios 3/8" EAR

Nº	Condição	Tração (N)	Tração (Kgf)
1	EDS	6891	703
3	TEMPERATURA MINIMA	7074	721
4	CARGA MÁXIMA_90°	14049	1433
5	CARGA MÁXIMA_75°	13418	1368
6	CARGA MÁXIMA_60°	11708	1194
7	CARGA MÁXIMA_45°	9497	968
8	CARGA MÁXIMA_0°	7002	714
9	CARGA ALTA INTENSIDADE_90°	8421	859
10	CARGA ALTA INTENSIDADE_75°	8255	842
11	CARGA ALTA INTENSIDADE_60°	7842	800
12	CARGA ALTA INTENSIDADE_45°	7391	754
13	CARGA ALTA INTENSIDADE_0°	7002	714

### Resumo das Trações Aplicadas ao Cabo Pára-raios OPGW- 14,7mm

Nº	Condição	Tração (N)	Tração (Kgf)
1	EDS	11596	1183
3	TEMPERATURA MINIMA	12365	1261
4	CARGA MÁXIMA_90°	23464	2393
5	CARGA MÁXIMA_75°	22412	2286
6	CARGA MÁXIMA_60°	19591	1998
7	CARGA MÁXIMA_45°	16041	1636
8	CARGA MÁXIMA_0°	12214	1246
9	CARGA ALTA INTENSIDADE_90°	14357	1464
10	CARGA ALTA INTENSIDADE_75°	14102	1438
11	CARGA ALTA INTENSIDADE_60°	13474	1374
12	CARGA ALTA INTENSIDADE_45°	12792	1305
13	CARGA ALTA INTENSIDADE_0°	12214	1246

#### 4.6 Condições Específicas de Aplicação das Torres Existentes

A série de torres LT 500 kV MESQUITA-VIANA 2 está apta a ser utilizada na LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA nas suas condições originais de aplicação.



São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN

CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

utc  
engenharia

LEME  
ENGENHARIA

---

## **LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA**

### **PROJETO BÁSICO**

#### CAPÍTULO 10

#### ANEXO 1

#### SILHUETA DAS ESTRUTURAS – A58, B57, D5A E E5A

---



São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN

CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

utc  
engenharia

LEME  
ENGENHARIA

---

## **LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA**

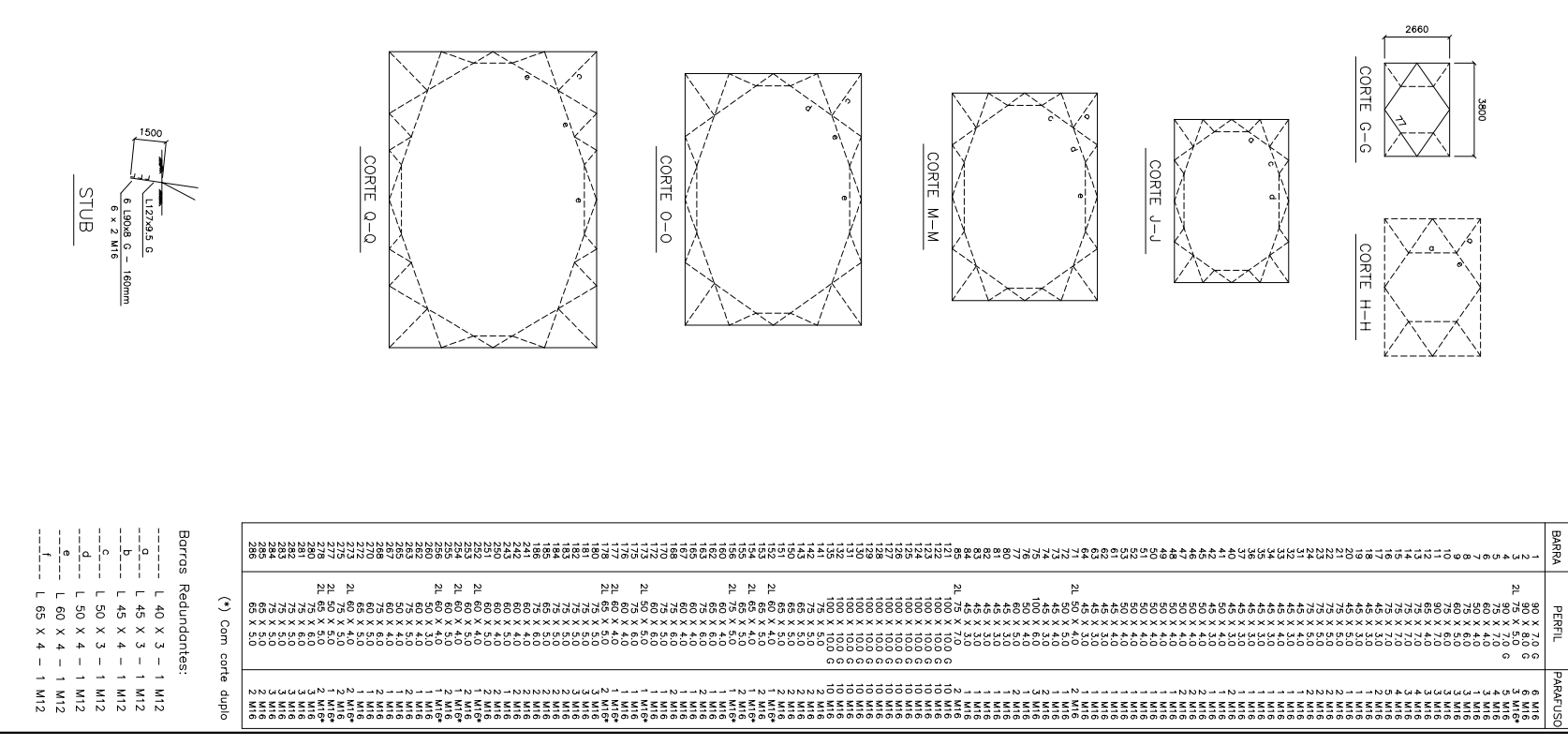
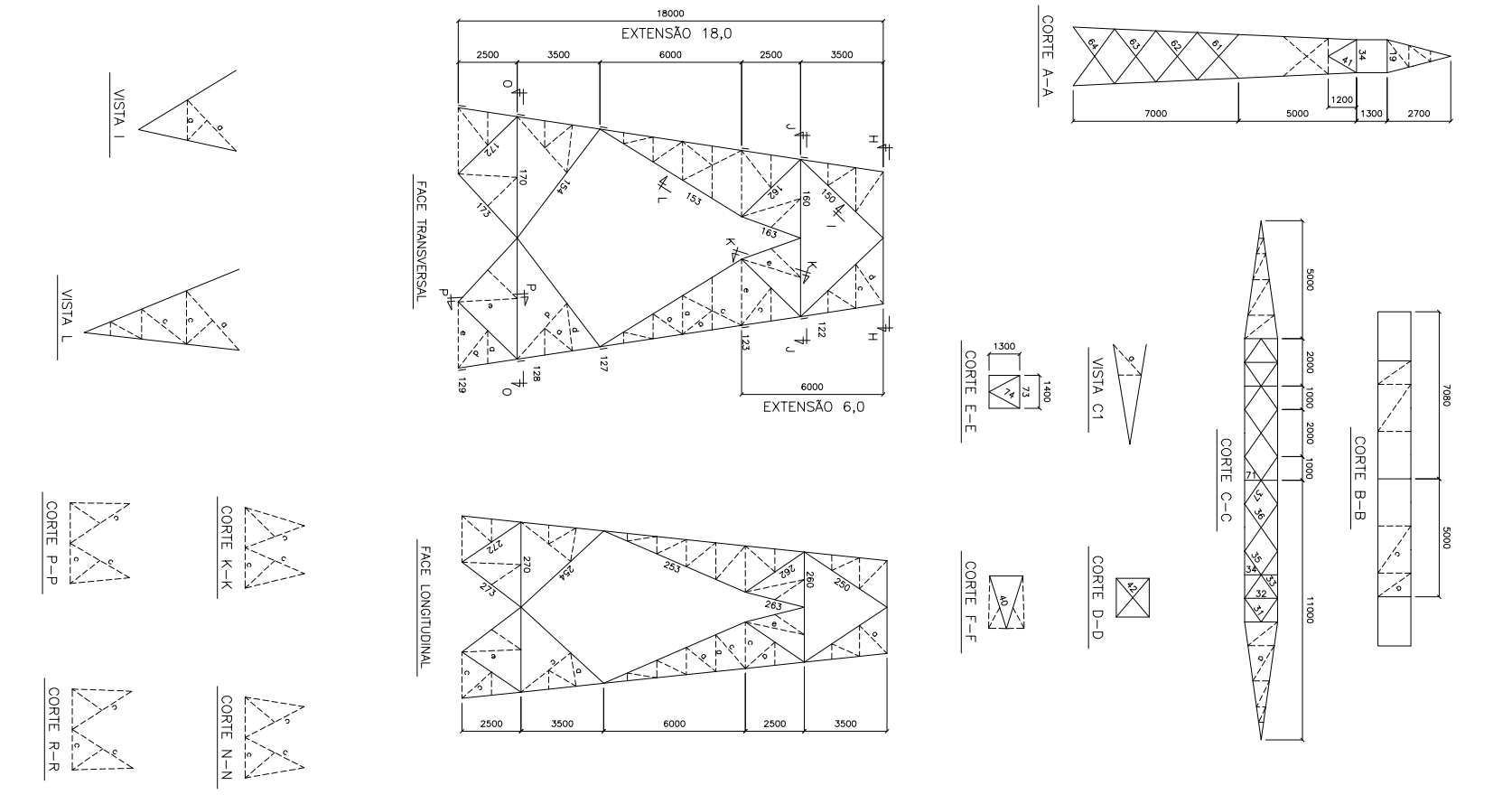
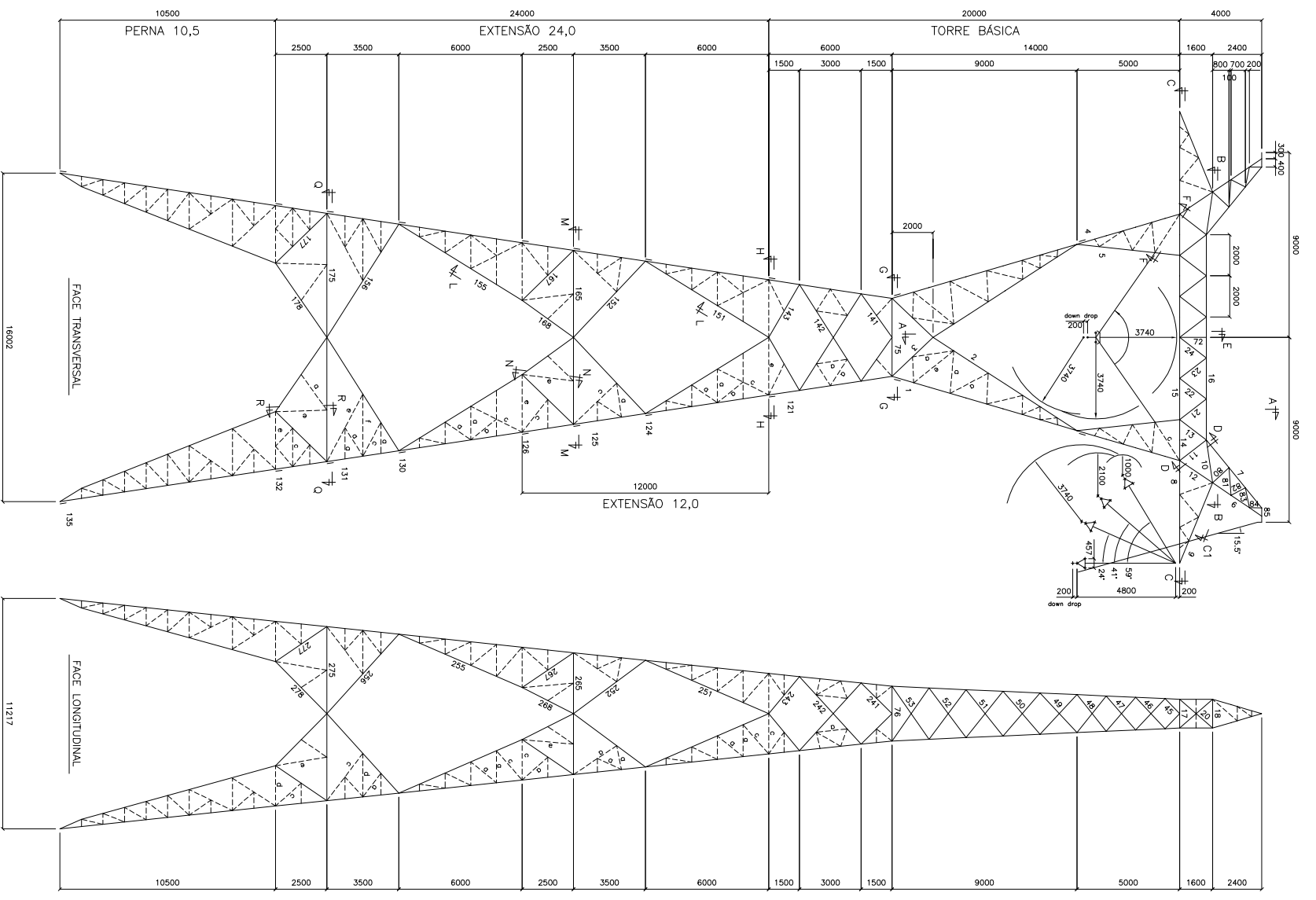
### **PROJETO BÁSICO**

#### CAPÍTULO 10

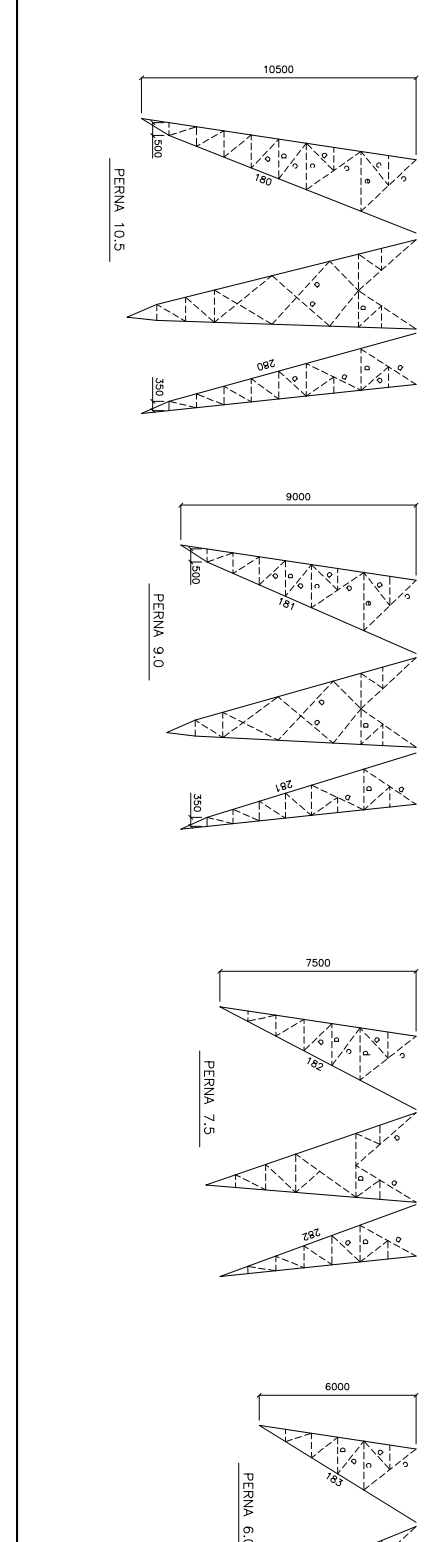
#### ANEXO 2

#### MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS – A58, B57, D5A E E5A

---



FOUR SCALE	
FOUR SCALE	FOUR SCALE
1:1	1:1
1:2	1:2
1:3	1:3
1:4	1:4
1:5	1:5
1:6	1:6
1:7	1:7
1:8	1:8
1:9	1:9
1:10	1:10
1:11	1:11
1:12	1:12
1:13	1:13
1:14	1:14
1:15	1:15
1:16	1:16
1:17	1:17
1:18	1:18
1:19	1:19
1:20	1:20



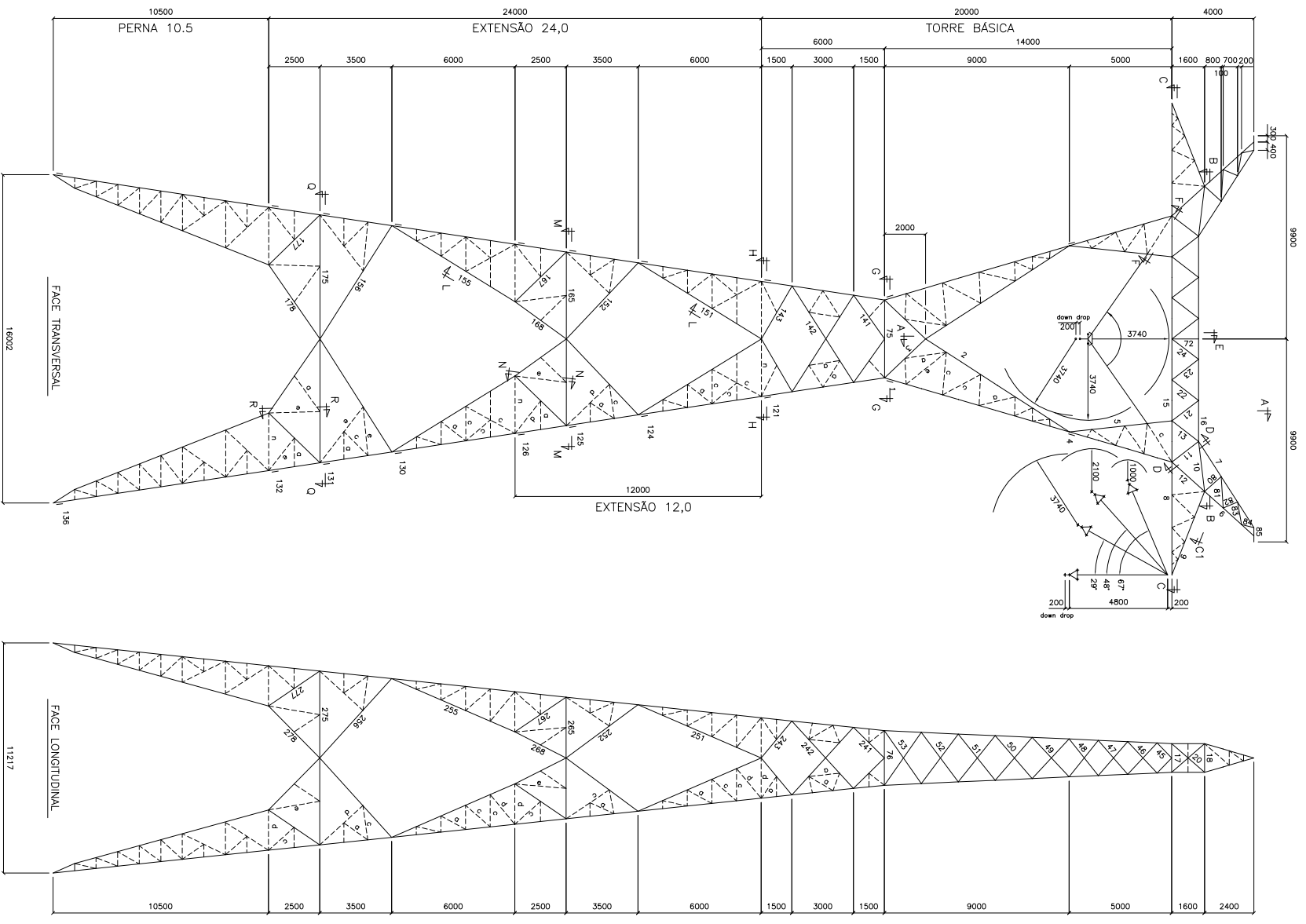
1. MATERIAIS : PERFIS:.....ASTM A572-G-50  
 PERFIS:.....ASTM A572-G-60 (INDICADO COM C\*)  
 PARAFUSOS:.....ISO 4016 - CLASSE 5,8

2. DIMENSÕES EM MILÍMETRO

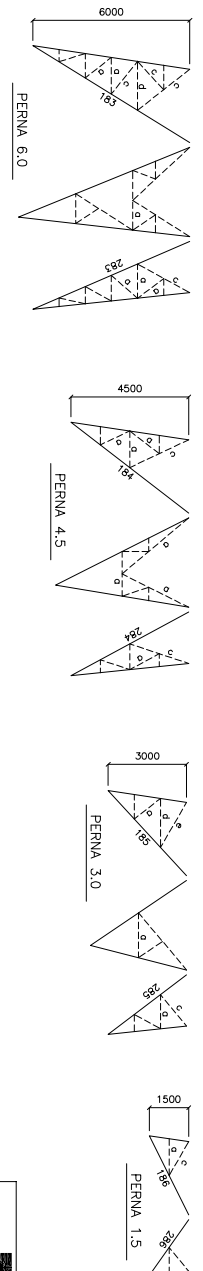
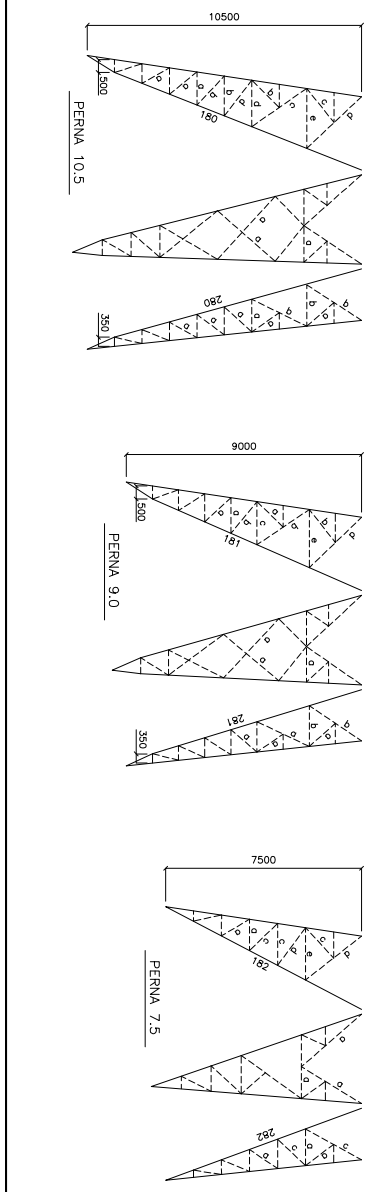
NOTAS

PROJETO	BRAMETAL
CLIENTE	CONSTRUTORA MGE
OBJETO	TORRE DE SUSPENSÃO LEVE (T2) - TIPO A58
LOCAL	SILHUEIRA
DATA	12/03/2011
PROJETO	BRAMETAL
CLIENTE	CONSTRUTORA MGE
OBJETO	TORRE DE SUSPENSÃO LEVE (T2) - TIPO A58
LOCAL	SILHUEIRA
DATA	12/03/2011

BRAMETAL  
 Engenharia Civil  
 Rua: ...  
 Fone: ...  
 E-mail: ...



PLANT SCALE	
PERNA 10.5	1:500
PERNA 9.0	1:500
PERNA 7.5	1:500
PERNA 6.0	1:500
PERNA 4.5	1:500
PERNA 3.0	1:500
PERNA 1.5	1:500
FACE TRANSVERSAL	1:1000
FACE LONGITUDINAL	1:1000
CORTE A-A	1:1000
CORTE B-B	1:1000
CORTE C-C	1:1000
CORTE D-D	1:1000
CORTE E-E	1:1000
CORTE F-F	1:1000
CORTE G-G	1:1000
CORTE H-H	1:1000
CORTE I-I	1:1000
CORTE J-J	1:1000
CORTE K-K	1:1000
CORTE L-L	1:1000
CORTE M-M	1:1000
CORTE N-N	1:1000
CORTE P-P	1:1000
CORTE Q-Q	1:1000
CORTE R-R	1:1000
VISTA L	1:1000
STUB	1:1000



- NOTAS
- MATERIAIS : PERFIS :.....ASTM A572-G-50  
PERFIS :.....ASTM A572-G-60 (INDICADO COM C\*)  
PARAFUSOS :.....ISO 4016 - CLASSE 5.8
  - DIMENSÕES EM MILÍMETRO

NO.	DATA	VERSÃO	REVISÃO	PROJETO	PROJETO	PROJETO
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

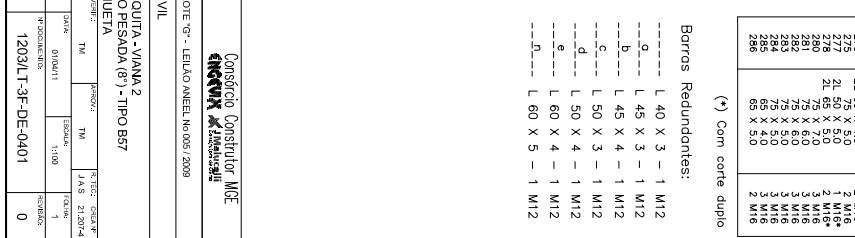
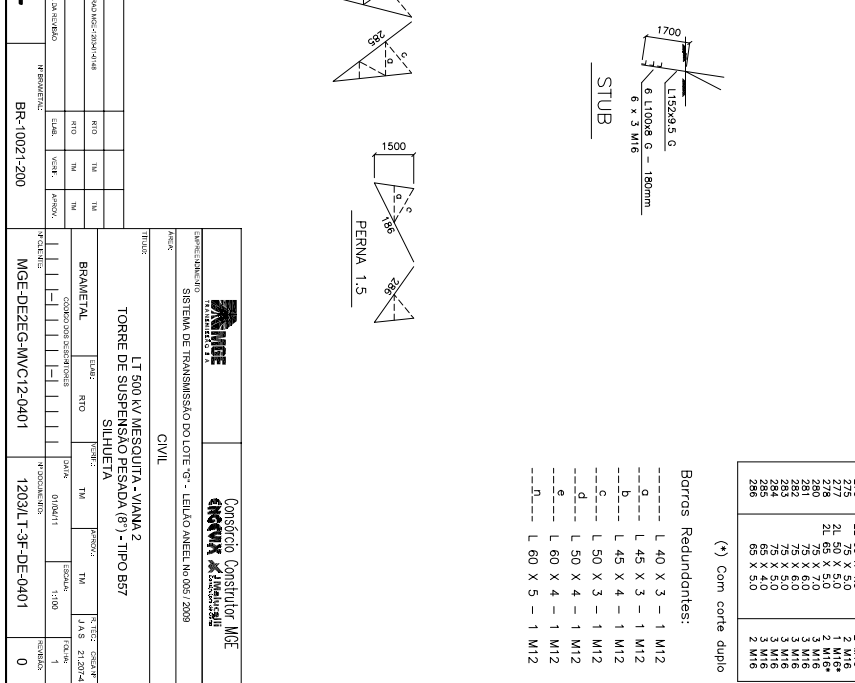
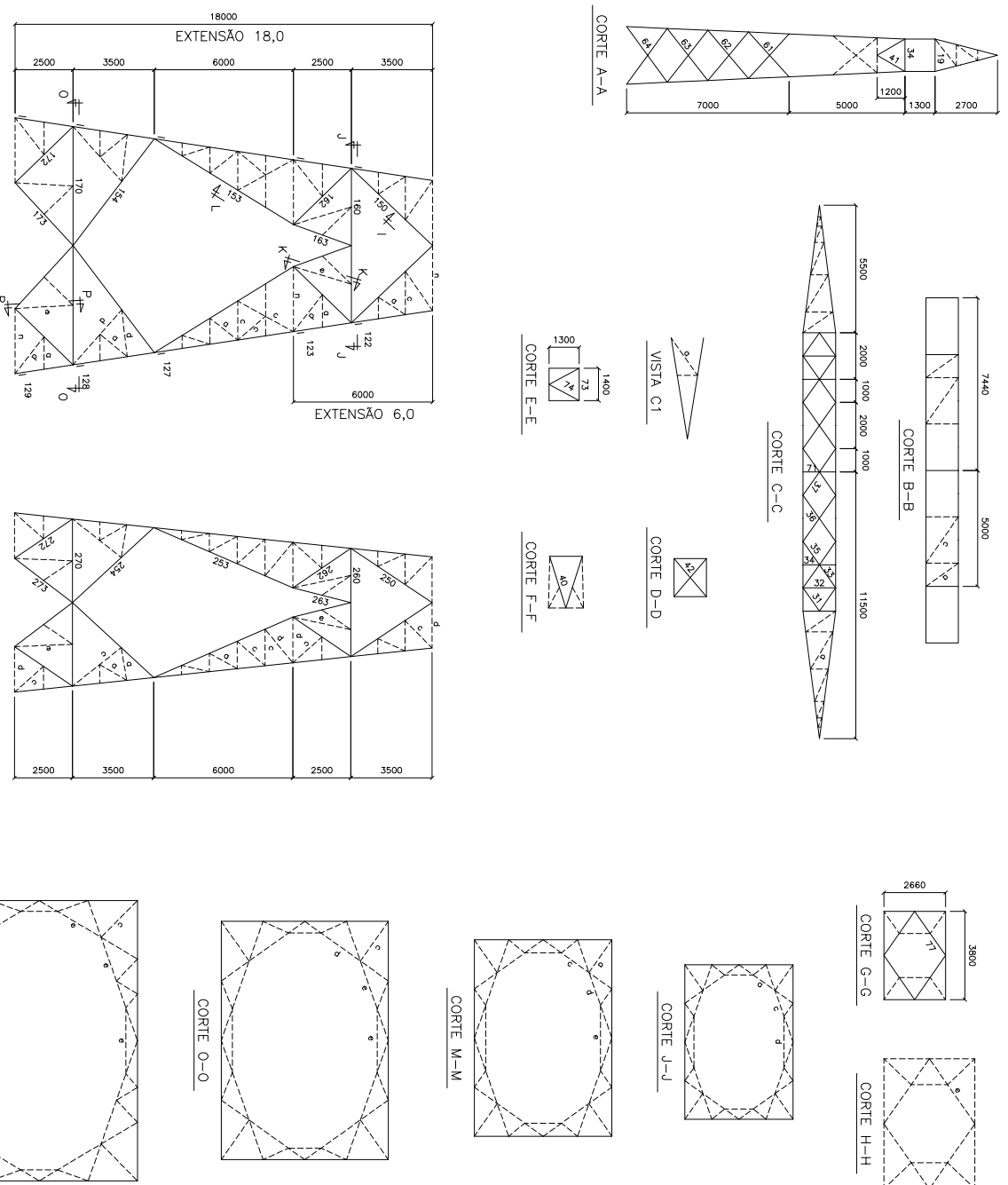
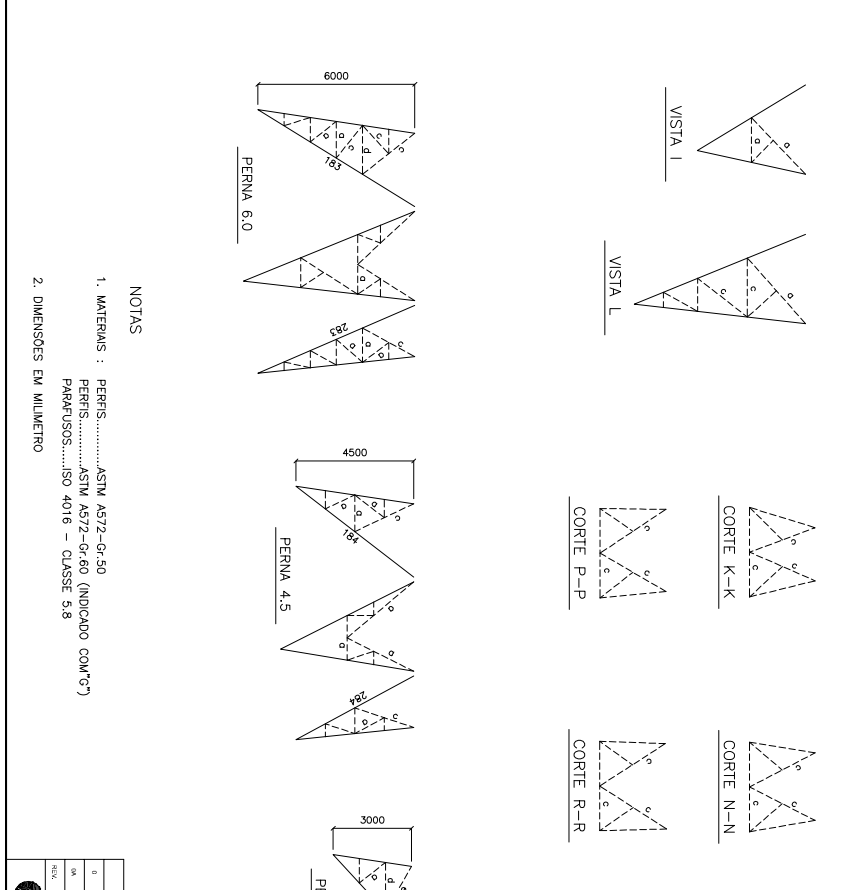
CLIENTE			PROJETO			LÍQUIDAÇÃO		
SISTEMA DE TRANSMISSÃO DO LOTE "D" - LELIAO ANIELI Nº.003/2009			TORRE DE SUSPENSÃO PESADA (8) - TIPO B57			MGE-DESEG-MV/C12-0401		
CIVIL			BRAMETAL			MGE-DESEG-MV/C12-0401		
CONSTRUTORA			PROJETO			LÍQUIDAÇÃO		
CONSTRUTORA			PROJETO			LÍQUIDAÇÃO		
CONSTRUTORA			PROJETO			LÍQUIDAÇÃO		
CONSTRUTORA			PROJETO			LÍQUIDAÇÃO		
CONSTRUTORA			PROJETO			LÍQUIDAÇÃO		
CONSTRUTORA			PROJETO			LÍQUIDAÇÃO		
CONSTRUTORA			PROJETO			LÍQUIDAÇÃO		

BARRA		PERFIL		PARAFUSO	
1	L 100 X 80 G	8	M16		
2	L 75 X 60 G	5	M16		
3	L 60 X 50 G	3	M16		
4	L 45 X 40 G	3	M16		
5	L 45 X 35 G	3	M16		
6	L 45 X 30 G	3	M16		
7	L 45 X 25 G	3	M16		
8	L 45 X 20 G	3	M16		
9	L 45 X 15 G	3	M16		
10	L 45 X 10 G	3	M16		
11	L 45 X 5 G	3	M16		
12	L 45 X 0 G	3	M16		
13	L 45 X 0 G	3	M16		
14	L 45 X 0 G	3	M16		
15	L 45 X 0 G	3	M16		
16	L 45 X 0 G	3	M16		
17	L 45 X 0 G	3	M16		
18	L 45 X 0 G	3	M16		
19	L 45 X 0 G	3	M16		
20	L 45 X 0 G	3	M16		
21	L 45 X 0 G	3	M16		
22	L 45 X 0 G	3	M16		
23	L 45 X 0 G	3	M16		
24	L 45 X 0 G	3	M16		
25	L 45 X 0 G	3	M16		
26	L 45 X 0 G	3	M16		
27	L 45 X 0 G	3	M16		
28	L 45 X 0 G	3	M16		
29	L 45 X 0 G	3	M16		
30	L 45 X 0 G	3	M16		
31	L 45 X 0 G	3	M16		
32	L 45 X 0 G	3	M16		
33	L 45 X 0 G	3	M16		
34	L 45 X 0 G	3	M16		
35	L 45 X 0 G	3	M16		
36	L 45 X 0 G	3	M16		
37	L 45 X 0 G	3	M16		
38	L 45 X 0 G	3	M16		
39	L 45 X 0 G	3	M16		
40	L 45 X 0 G	3	M16		
41	L 45 X 0 G	3	M16		
42	L 45 X 0 G	3	M16		
43	L 45 X 0 G	3	M16		
44	L 45 X 0 G	3	M16		
45	L 45 X 0 G	3	M16		
46	L 45 X 0 G	3	M16		
47	L 45 X 0 G	3	M16		
48	L 45 X 0 G	3	M16		
49	L 45 X 0 G	3	M16		
50	L 45 X 0 G	3	M16		
51	L 45 X 0 G	3	M16		
52	L 45 X 0 G	3	M16		
53	L 45 X 0 G	3	M16		
54	L 45 X 0 G	3	M16		
55	L 45 X 0 G	3	M16		
56	L 45 X 0 G	3	M16		
57	L 45 X 0 G	3	M16		
58	L 45 X 0 G	3	M16		
59	L 45 X 0 G	3	M16		
60	L 45 X 0 G	3	M16		
61	L 45 X 0 G	3	M16		
62	L 45 X 0 G	3	M16		
63	L 45 X 0 G	3	M16		
64	L 45 X 0 G	3	M16		
65	L 45 X 0 G	3	M16		
66	L 45 X 0 G	3	M16		
67	L 45 X 0 G	3	M16		
68	L 45 X 0 G	3	M16		
69	L 45 X 0 G	3	M16		
70	L 45 X 0 G	3	M16		
71	L 45 X 0 G	3	M16		
72	L 45 X 0 G	3	M16		
73	L 45 X 0 G	3	M16		
74	L 45 X 0 G	3	M16		
75	L 45 X 0 G	3	M16		
76	L 45 X 0 G	3	M16		
77	L 45 X 0 G	3	M16		
78	L 45 X 0 G	3	M16		
79	L 45 X 0 G	3	M16		
80	L 45 X 0 G	3	M16		
81	L 45 X 0 G	3	M16		
82	L 45 X 0 G	3	M16		
83	L 45 X 0 G	3	M16		
84	L 45 X 0 G	3	M16		
85	L 45 X 0 G	3	M16		
86	L 45 X 0 G	3	M16		
87	L 45 X 0 G	3	M16		
88	L 45 X 0 G	3	M16		
89	L 45 X 0 G	3	M16		
90	L 45 X 0 G	3	M16		
91	L 45 X 0 G	3	M16		
92	L 45 X 0 G	3	M16		
93	L 45 X 0 G	3	M16		
94	L 45 X 0 G	3	M16		
95	L 45 X 0 G	3	M16		
96	L 45 X 0 G	3	M16		
97	L 45 X 0 G	3	M16		
98	L 45 X 0 G	3	M16		
99	L 45 X 0 G	3	M16		
100	L 45 X 0 G	3	M16		

(\*) Com corte duplo

Barra Redundantes:

- a- L 40 X 3 - 1 M12
- b- L 45 X 3 - 1 M12
- c- L 45 X 4 - 1 M12
- d- L 50 X 3 - 1 M12
- e- L 50 X 4 - 1 M12
- f- L 60 X 4 - 1 M12
- g- L 60 X 5 - 1 M12









0A	29/03/11	EMISSÃO INICIAL	RTO	TM	TM
REV.	DATA	NATUREZA DA REVISÃO	ELAB.	VERIF.	APROV.
 www.brametal.com.br			Nº BRAMETAL: MC-10021-150		
CLIENTE: 					
EMPREENHIMENTO: <b>Sistema de Transmissão – Lote “G” do Leilão ANEEL 005/2009</b> <b>PROJETO EXECUTIVO</b>					
ÁREA: <b>CIVIL</b>					
TÍTULO: <b>LT 500 kV MESQUITA – VIANA 2</b> <b>TORRE DE SUSPENSÃO LEVE (2) – AUTO-PORTANTE - TIPO A58</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO</b>					
ELAB.	RTO	VERIF.	TM	APROV.	TM
				R. TEC.:	CREA NO
				JAS	21.207-4
CÓDIGO DOS DESCRITORES				DATA	Folha: de
				29/03/11	0 de 43
				Nº DO DOCUMENTO:	REVISÃO
MGE-MC2EG-MVC12-0300-0A				1203/LT-3F-MC-0300	0A

INDICE

MC-10021-150

	Pag.
1 - INTRODUÇÃO	01
2 – ARVORES DE CARGA	02
3 – CARGA DE VENTO NA TORRE	08
4 – DIMENSIONAMENTO	15
5 – CARGAS NA FUNDAÇÃO	22
6 – CÁLCULO DO STUB	43

## INTRODUÇÃO

### 1 – CARACTERÍSTICAS DA LINHA

- TENSÃO DA LINHA - 500 KV
- NUMERO DE CIRCUITOS - 1
- NUMERO DE CABOS PÁRA-RAIOS - 2
- NUMERO DE CONDUTORES POR FASE - 3
- DISPOSIÇÃO DAS FASES - HORIZONTAL

### 2 – CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA

- UTILIZAÇÃO - SUSPENSÃO LEVE
- TIPO DE TORRE - AUTOPORTANTE
- DEFLEÇÃO MÁXIMA - 2°
- VÃO DE VENTO - 550 m a 0° e 460m a 2°
- VÃO DE PESO
  - Condutor - 800 m
  - Pára-raios - 850 m

### 3 - CABOS

- CABO PÁRA-RAIO
  - CAA - DOTTEREL
  - Aço galvanizado EAR 3/8" – 7 fios
  - OPGW 120 mm<sup>2</sup>
- CABO CONDUTOR
  - CAA - RAIL – 954 kCM

### 4 – METODOLOGIA DE CÁLCULO

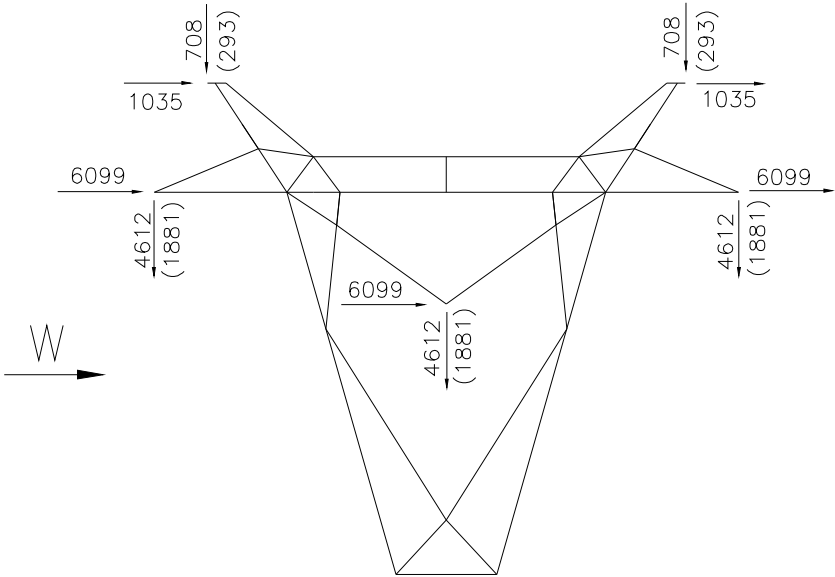
- A TORRE FOI CALCULADA DE ACORDO COM A ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA E ASCE 10-97
- O CÁLCULO DAS TORRES É FEITO POR UM PROGRAMA DE COMPUTADOR QUE UTILIZA O MÉTODO DOS DESLOCAMENTOS PARA ANÁLISE LINEAR DE ESTRUTURAS RETICULADAS PARA LINHAS DE TRANSMISSÃO.
- A TORRE FOI DIMENSIONADA CONSIDERANDO-SE UMA TAXA DE REDUÇÃO NAS TENSÕES LIMITES DE 0,93.

## ARVORES DE CARGA

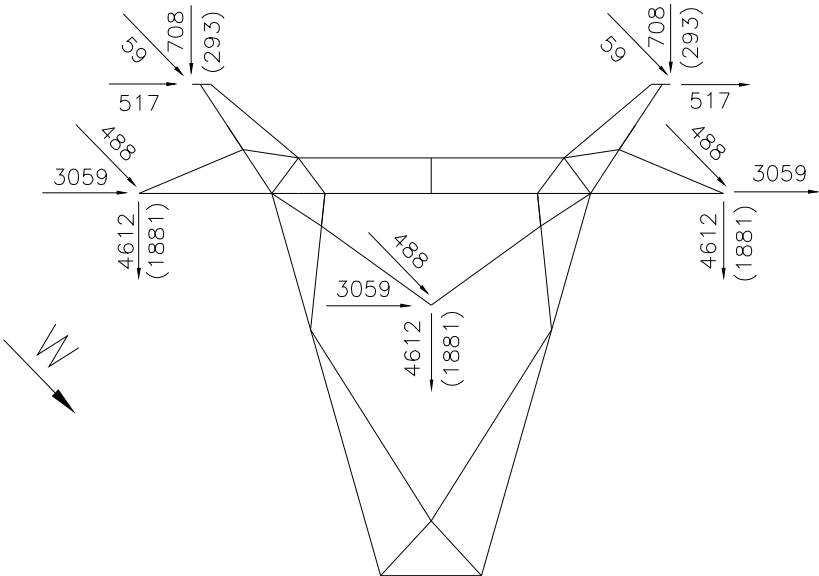
1. AS CARGAS ESTÃO EM kgf.
2. FOI CONSIDERADO UM FATOR DE SOBRECARGA DE 1,15 NO PESO PRÓPRIO DA ESTRUTURA PARA VÃO DE PESO MÁXIMO e 0.90 PARA VÃO DE PESO MÍNIMO EM TODAS AS HIPÓTESES, EXCETO PARA A HIPÓTESE 9, ONDE O FATOR É DE 1,50.
3. AS CARGAS VERTICAIS ENTRE PARENTESSES SÃO PARA VÃO DE PESO MÍNIMO.
4. CARREGAMENTOS

HIPÓTESE	DESCRIÇÃO
1	VENTO EXTREMO TRANSVERSAL
2	VENTO EXTREMO À 45°
3	VENTO EXTREMO LONGITUDINAL
4	VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL
5	VENTO DE ALTA INTENSIDADE À 45°
6	VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL
7A	ROMPIMENTO DO PARA-RAIOS EM A
7B	ROMPIMENTO DO PARA-RAIOS EM B
8A	ROMPIMENTO NA FASE C
8B	ROMPIMENTO NA FASE D
8C	ROMPIMENTO NA FASE E
9A	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em B
9B	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A e B
9C	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A, B e C
9D	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A, B e D
9E	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A, B e E
9F	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A, B, C e D
9G	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A, B, D e E
9H	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A, B, C e E
9I	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A, B, C, D e E
10	CONTENÇÃO EM CASCATA

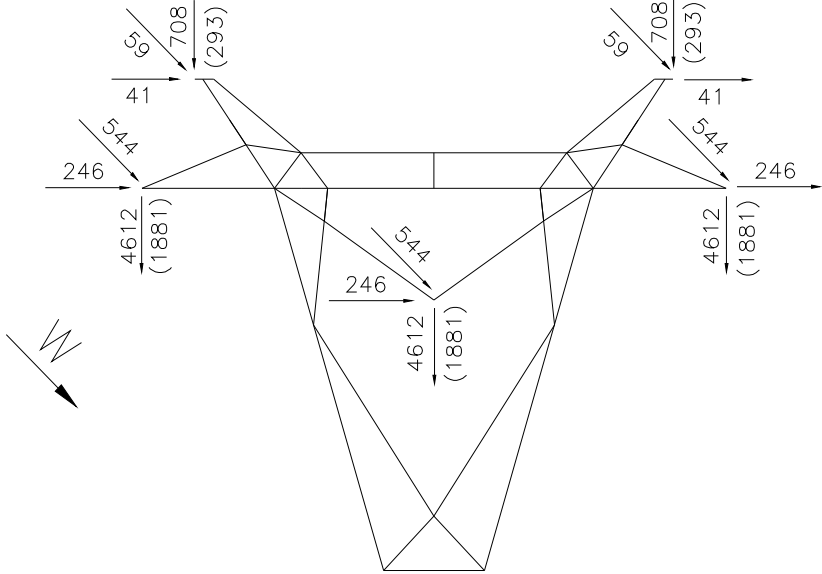
4.1- HIPÓTESE 1 – VENTO EXTREMO TRANSVERSAL



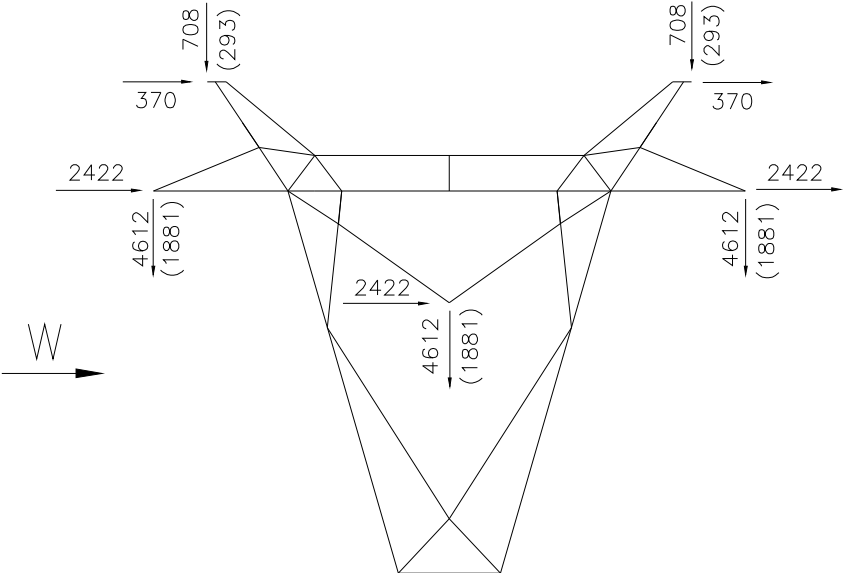
4.2- HIPÓTESE 2 – VENTO EXTREMO À 45°



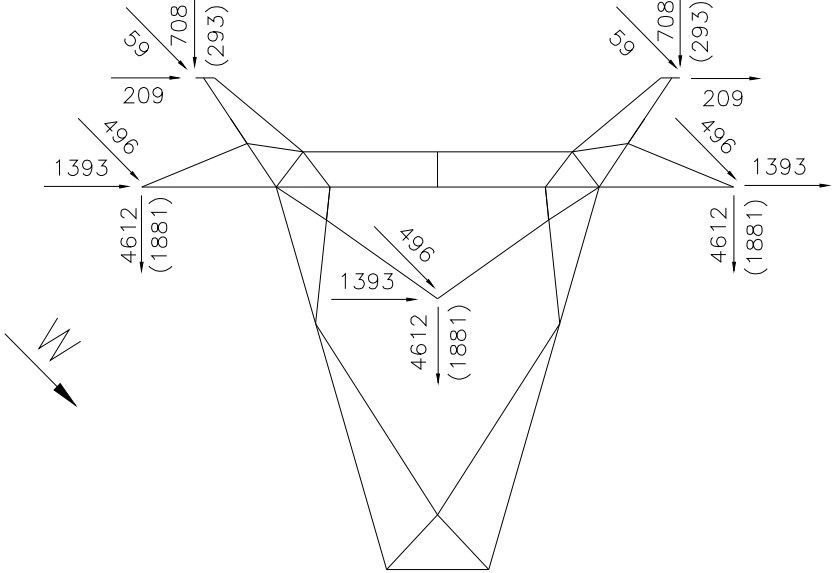
4.3-HIPÓTESE 3 – VENTO EXTREMO LONGITUDINAL



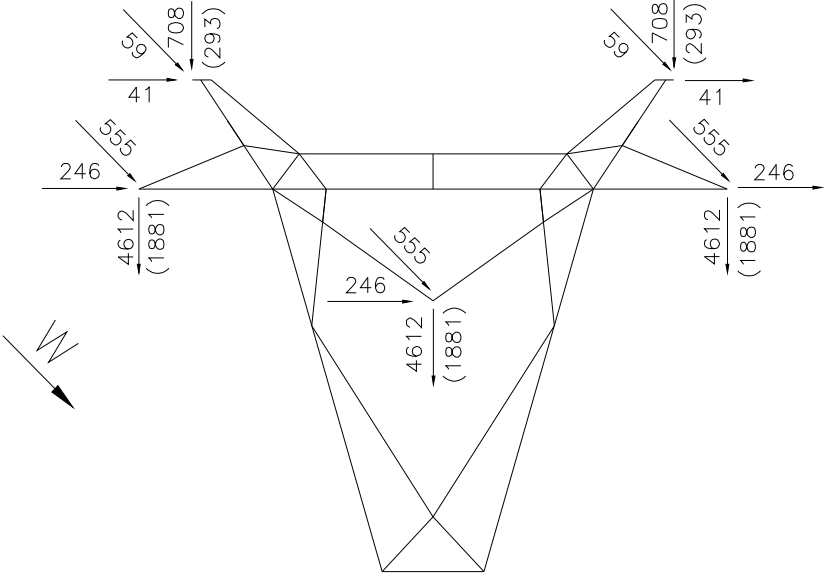
4.4- HIPÓTESE 4 – VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL



4.5- HIPÓTESE 5 – VENTO DE ALTA INTENSIDADE À 45°

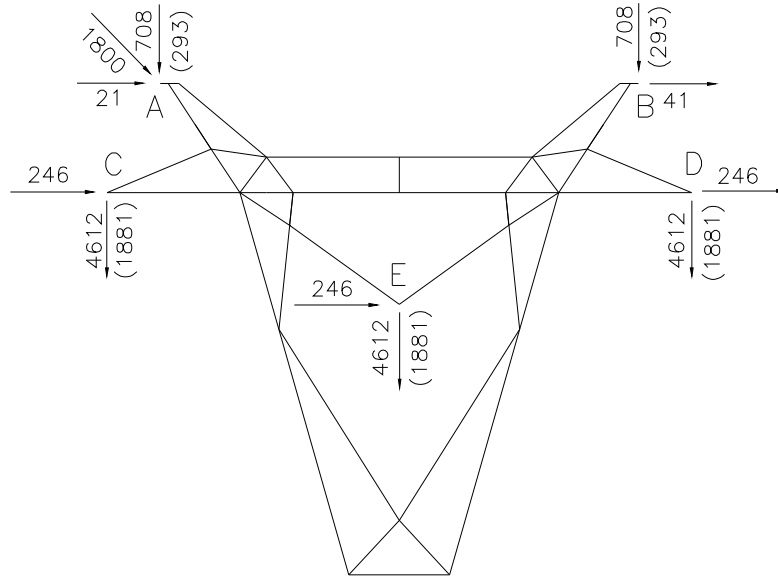


4.6- HIPÓTESE 6 – VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL

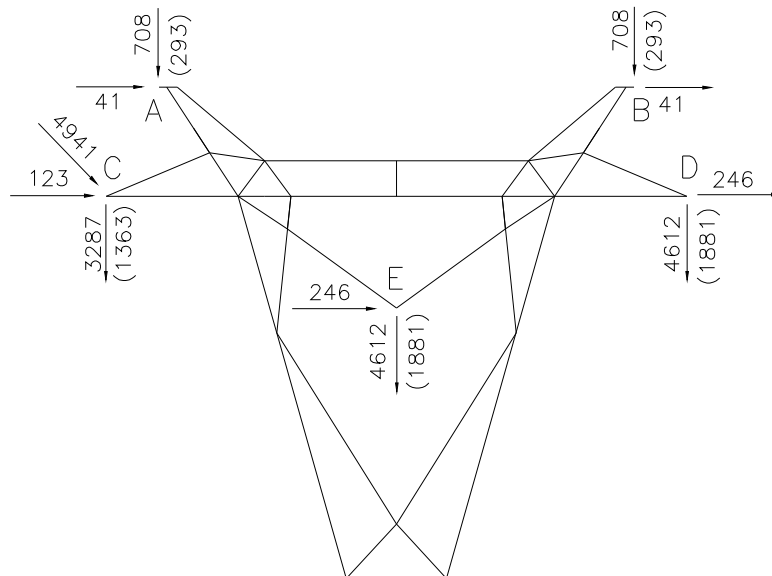




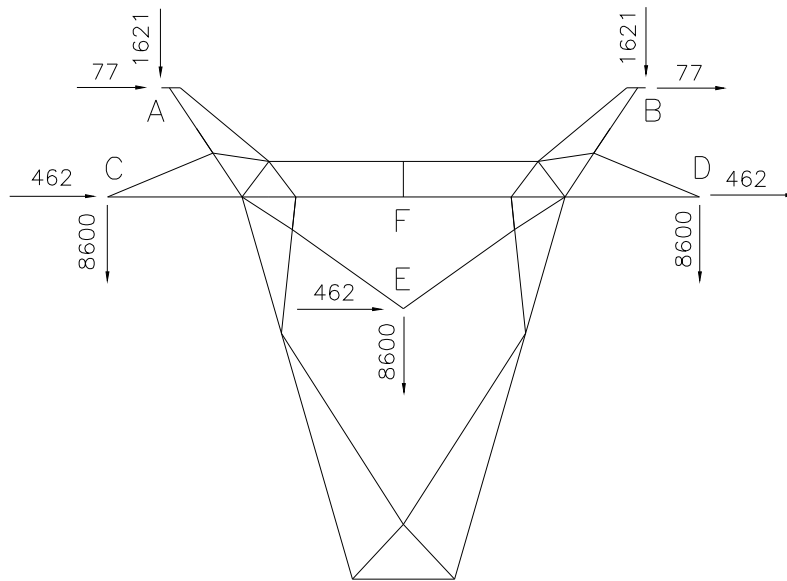
4.7- HIPÓTESE 7 – UM PARA-RAIO ROMPIDO EM QUALQUER POSIÇÃO – SEM VENTO



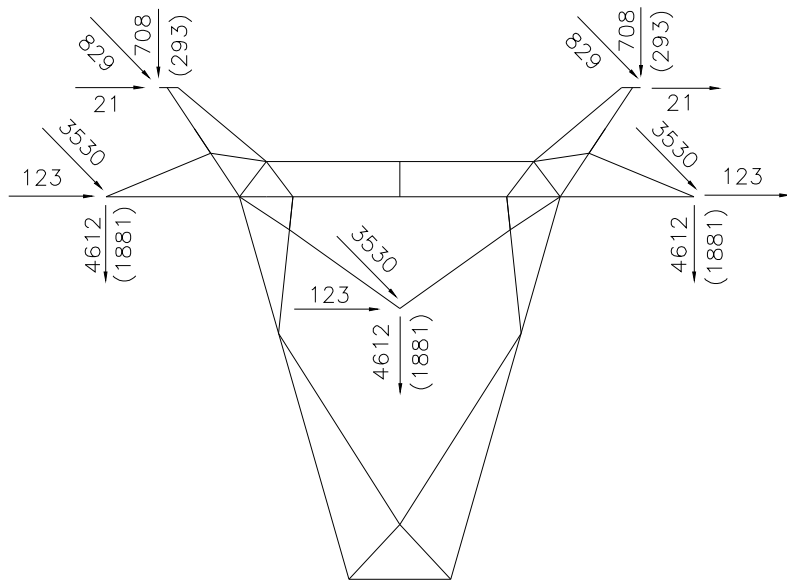
4.8- HIPÓTESE 8 – UM CONDUTOR ROMPIDO EM QUALQUER POSIÇÃO – SEM VENTO



4.9- HIPÓTESE 9 – CONSTRUÇÃO OU MANUTENÇÃO – SEM VENTO



4.10- HIPÓTESE 10 – CONTENÇÃO EM CASCATA – SEM VENTO



## CARGA DE VENTO NA TORRE

### 1 – PRESSÃO DE VENTO

#### 1.1 VENTO EXTREMO TRANSVERSAL

$$At = 62 \times G_T \times S_{T1} \times C_{XT1}$$

#### 1.2 VENTO EXTREMO À 45°

$$At = 37.2 \times G_T \times (S_{T1} \cdot C_{XT1} + S_{T2} \cdot C_{XT2})$$

#### 1.3 VENTO EXTREMO LONGITUDINAL

$$At = 62 \times G_T \times S_{T2} \times C_{XT2}$$

#### 1.4 VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL

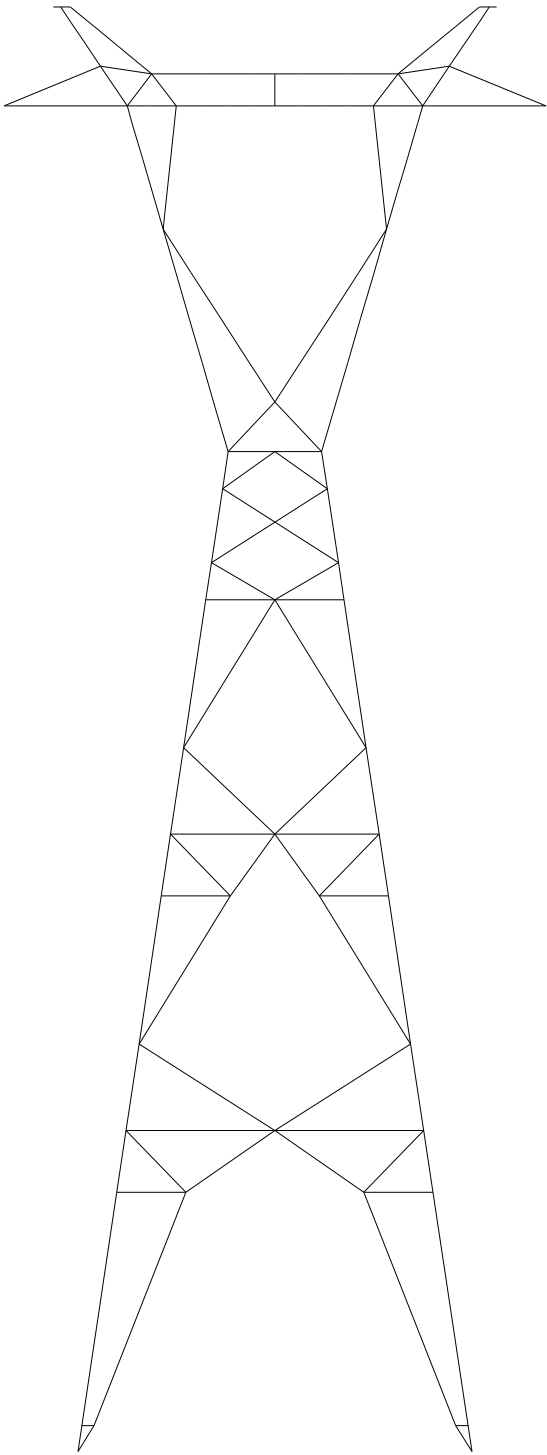
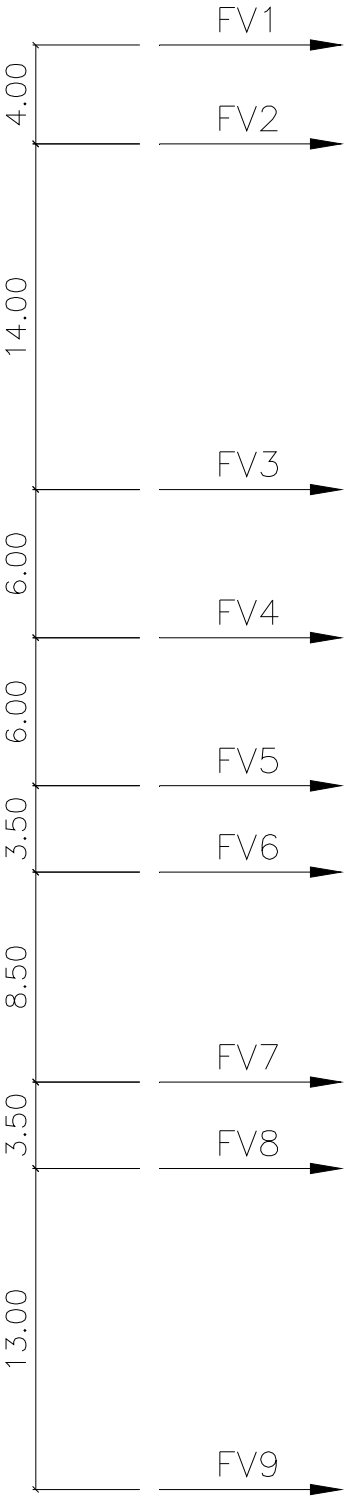
$$At = 190 \times S_{T1} \times C_{XT1}$$

#### 1.5 VENTO DE ALTA INTENSIDADE À 45°

$$At = 114 \times (S_{T1} \cdot C_{XT1} + S_{T2} \cdot C_{XT2})$$

#### 1.6 VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL

$$At = 190 \times S_{T2} \times C_{XT2}$$



2.1 – CÁLCULO DE ÁREA DE VENTO

NIVEL	H (m)	ABA (mm)	TRANSVERSAL		LONGITUDINAL	
			L (m)	AREA (m2)	L (m)	AREA (m2)
1	58.50					
		40	11.10	0.444	12.37	0.495
		45	7.05	0.317	9.63	0.433
		50	5.58	0.279	9.83	0.491
		60	8.49	0.510	14.26	0.856
		65	3.20	0.208	3.86	0.251
		75	1.40	0.105	53.40	4.005
		90			3.28	0.295
			1.863		6.827	
2	54.50					
		40	8.73	0.349	28.62	1.145
		45	22.29	1.003	16.63	0.748
		50	46.73	2.336		
		60			4.99	0.300
		75	10.01	0.751	15.57	1.168
		90	42.04	3.784	45.86	4.127
		100			3.80	0.380
			8.223		7.868	
3	40.50					
		40	13.98	0.559	8.15	0.326
		45	3.02	0.136	6.09	0.274
		50	3.93	0.196		
		60	17.83	1.070	5.61	0.336
		65			5.97	0.388
		75			16.36	1.227
		100	12.07	1.207	12.14	1.214
			3.168		3.765	
4	34.50					
		40	9.91	0.396	7.56	0.303
		45	6.33	0.285	9.57	0.430
		50	3.76	0.188	5.48	0.274
		60	13.08	0.785		
		65			14.11	0.917
		100	12.07	1.207	12.14	1.214
					2.860	
5	28.50					
		40	6.26	0.250	4.67	0.187
		45	5.06	0.228	3.35	0.151
		50	5.93	0.297	5.81	0.291
		60	8.72	0.523	18.67	1.120
		100	7.04	0.704	7.08	0.708
			2.002		2.456	

2.1 – CÁLCULO DE ÁREA DE VENTO

NIVEL	H (m)	ABA (mm)	TRANSVERSAL		LONGITUDINAL	
			L (m)	AREA (m2)	L (m)	AREA (m2)
6	25.00					
		40	14.90	0.596	13.85	0.554
		45	9.68	0.436	9.57	0.430
		50	7.68	0.384	9.52	0.476
		60	24.14	1.448	17.61	1.057
		65			14.11	0.917
		75	5.61	0.420	6.17	0.463
7	16.50	100	17.09	1.709	17.19	1.719
				4.994		5.617
		40	6.84	0.274		
		45	2.89	0.130	9.31	0.419
		50	10.02	0.501	3.72	0.186
		60	10.43	0.626	7.44	0.447
		65			6.04	0.393
8	13.00	75	8.47	0.635	25.15	1.886
		100	7.04	0.704	7.08	0.708
				2.870		4.039
		40	24.16	0.966	19.39	0.776
		45	13.72	0.618	16.36	0.736
		50	18.65	0.932	27.05	1.353
		60	5.07	0.304	17.58	1.055
9	0.00	65	7.12	0.463	8.79	0.571
		75	21.88	1.641	22.76	1.707
		100	26.14	2.614	26.29	2.629
				7.539		8.827

2.2 – VENTO EXTREMO TRANSVERSAL

NIVEL	H (m)	AREA (m2)	ALTURA C.P. (m)	Cxt	Gt	FV (kgf)
1	58.500					294.
		1.863	56.141	2.436	2.541	
2	54.500					2404.
		8.223	47.551	3.113	2.473	
3	40.500					2622.
		3.168	37.256	3.107	2.384	
4	34.500					1543.
		2.860	31.752	3.387	2.323	
5	28.500					1024.
		2.002	26.418	3.396	2.255	
6	25.000					1925.
		4.994	21.407	3.485	2.182	
7	16.500					1448.
		2.870	14.278	3.404	2.045	
8	13.000					2539.
		7.539	7.302	3.634	1.849	
9	0.000					1368.

2.3 – VENTO EXTREMO À 45°

NIVEL	H (m)	AREA TRANSV (m2)	AREA LONGIT (m2)	ALTURA C.P. (m)	Cxt1	Cxl2	Gt	FV TRANSV (kgf)	FV LONGIT (kgf)
1	58.500							457.	457.
		1.863	6.827	55.646	2.436	2.832	2.541		
2	54.500							2633.	2633.
		8.223	7.868	47.189	3.113	2.847	2.473		
3	40.500							2262.	2262.
		3.168	3.765	37.231	3.107	3.239	2.384		
4	34.500							1433.	1433.
		2.860	3.137	31.724	3.387	3.516	2.323		
5	28.500							940.	940.
		2.002	2.456	26.362	3.396	3.473	2.255		
6	25.000							1799.	1799.
		4.994	5.617	21.406	3.485	3.585	2.182		
7	16.500							1371.	1371.
		2.870	4.039	14.270	3.404	3.411	2.045		
8	13.000							2479.	2479.
		7.539	8.827	7.470	3.634	3.694	1.849		
9	0.000							1238.	1238.

2.4 – VENTO EXTREMO LONGITUDINAL

NIVEL	H (m)	AREA (m2)	ALTURA C.P. (m)	Cxt	Gt	FV (kgf)
1	58.500					770.
2	54.500	6.827	55.511	2.832	2.541	3825.
3	40.500	7.868	46.811	2.847	2.473	2700.
4	34.500	3.765	37.210	3.239	2.384	1835.
5	28.500	3.137	31.698	3.516	2.323	1191.
6	25.000	2.456	26.316	3.473	2.255	2316.
7	16.500	5.617	21.404	3.585	2.182	1783.
8	13.000	4.039	14.265	3.411	2.045	3305.
9	0.000	8.827	7.613	3.694	1.849	1549.

2.5 – VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL

NIVEL	H (m)	AREA (m2)	ALTURA C.P. (m)	Cxt	FV (kgf)
1	58.500				354.
2	54.500	1.863	56.141	2.436	2958.
3	40.500	8.223	47.551	3.113	3273.
4	34.500	3.168	37.256	3.107	2009.
5	28.500	2.860	31.752	3.387	1366.
6	25.000	2.002	26.418	3.396	2678.
7	16.500	4.994	21.407	3.485	2076.
8	13.000	2.870	14.278	3.404	4102.
9	0.000	7.539	7.302	3.634	2282.



2.6 – VENTO DE ALTA INTENSIDADE À 45°

NIVEL	H (m)	AREA TRANSV (m2)	AREA LONGIT (m2)	ALTURA C.P. (m)	Cxt1	Cxl2	FV TRANSV (kgf)	FV LONGIT (kgf)
1	58.500						551.	551.
2	54.500	1.863	6.827	55.646	2.436	2.832	3222.	3222.
3	40.500	8.223	7.868	47.189	3.113	2.847	2829.	2829.
4	34.500	3.168	3.765	37.231	3.107	3.239	1865.	1865.
5	28.500	2.860	3.137	31.724	3.387	3.516	1253.	1253.
6	25.000	2.002	2.456	26.362	3.396	3.473	2501.	2501.
7	16.500	4.994	5.617	21.406	3.485	3.585	1969.	1969.
8	13.000	2.870	4.039	14.270	3.404	3.411	3989.	3989.
9	0.000	7.539	8.827	7.470	3.634	3.694	2058.	2058.

2.7 – VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL

NIVEL	H (m)	AREA (m2)	ALTURA C.P. (m)	Cxt	FV (kgf)
1	58.500				928.
2	54.500	6.827	55.511	2.832	4664.
3	40.500	7.868	46.811	2.847	3384.
4	34.500	3.765	37.210	3.239	2387.
5	28.500	3.137	31.698	3.516	1588.
6	25.000	2.456	26.316	3.473	3219.
7	16.500	5.617	21.404	3.585	2564.
8	13.000	4.039	14.265	3.411	5300.
9	0.000	8.827	7.613	3.694	2567.

<b>TABELA DE DIMENSIONAMENTO</b>
----------------------------------

1 – TENSÕES LIMITES

1.1 – ESCOAMENTO	AÇO ASTM A36	= 2531 KGF/CM <sup>2</sup>
	AÇO ASTM A572-Gr.50	= 3515 KGF/CM <sup>2</sup>
	AÇO ASTM A572-Gr.60	= 4218 KGF/CM <sup>2</sup>

1.2 – COMPRESSÃO	DESIGN OF STEEL TRANSMISSION STRUCTURES – ASCE 10-97
------------------	---

CORREÇÃO DE CURVA (K)	PARA L/R < 120
	(1) KL/R = L/R
	(2) KL/R = 0.75 x L/R +30
	(3) KL/R = 0.50 x L/R +60
	PARA L/R > 120
	(4) KL/R = L/R

1.3 – CISALHAMENTO	(ISO 4016 – 5.8)	= 3100 KGF/CM <sup>2</sup>
--------------------	------------------	----------------------------

1.4 – ESMAGAMENTO	(ASTM A36)	= 6117 KGF/CM <sup>2</sup>
	(ASTM A572-Gr.50)	= 6855 KGF/CM <sup>2</sup>
	(ASTM A572-Gr.60)	= 7910 KGF/CM <sup>2</sup>

2 – QUALIDADE DOS PERFIS :	ASTM A572 – Gr.50
	ASTM A572 – Gr.60 (INDICADO COM “G”)

3 – PARAFUSOS INDICADOS COM ASTERISCO (\*) SÃO CALCULADOS COM 2 x A ÁREA DE CISALHAMENTO.

4 – PARA IDENTIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS DA ESTRUTURA, VER O DESENHO DE SILHUETA DA TORRE.

BARRA	CARGAS CRÍTICAS (kgf)				PERFIS (mm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )		L cm	R cm	L/R	K	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )			PARAFUSOS		
	COMPRESS		TRAÇÃO			BRUTA	LIQU					COMPRESS		TRAÇ ATU	QUANT & DIA	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )	
	LIM	ATU	LIM	ATU								CISA	ESMA				
1	10	31247	1	28872	90 X 7.0 G	12.20	9.51	188	2.75	68	1	3196	2561	3035	6 M16	2590	4650
2	1	29808	1	25076	90 X 8.0 G	13.90	11.81	209	2.73	76	2	2545	2144	2122	6 M16	2471	3881
3	1	24819	1	18992	2L 75 X 5.0	14.72	12.51	276	3.35	82	1	2403	1686	1518	3 M16*	2057	5171
4	10	29072	8A	18348	90 X 7.0 G	12.20	9.51	149	2.75	54	1	3573	2383	1929	6 M16	2410	4362
5	1	17574	1	21325	75 X 7.0	10.10	8.59	191	2.28	84	2	2187	1740	2484	4 M16	2652	4760
6	7B	7479	7A	6380	60 X 4.0	4.72	3.18	112	1.19	94	1	2124	1584	2004	3 M16	1240	3895
7	8B	1265	8A	2212	50 X 4.0	3.90	3.13	147	0.98	150	4	894	324	706	1 M16	1100	3457
8	8B	15677	8B	9714	75 X 6.0	8.75	7.44	167	2.29	73	2	2413	1792	1306	3 M16	2599	5443
9	8A	3522	9C	11712	60 X 5.0	5.81	4.85	298	1.83	163	4	757	606	2415	3 M16	1942	4880
10	8A	4377	9C	15439	75 X 6.0	8.75	7.44	210	1.47	143	4	983	500	2076	3 M16	2560	5361
11	1	16952	1	14140	90 X 7.0	12.20	10.37	164	1.77	93	3	1774	1389	1364	3 M16	2810	5045
12	7B	7807	7A	2273	65 X 4.0	5.13	4.36	193	1.99	97	2	1841	1522	521	3 M16	1294	4066
13	1	13459	1	19057	75 X 7.0	10.10	8.59	164	1.47	112	3	1494	1333	2220	4 M16	2370	4254
14	9G	16936	8B	6982	75 X 7.0	10.10	7.41	200	2.28	88	1	2326	1677	942	3 M16	2808	5040
15	1	19574	1	12666	75 X 7.0	10.10	7.41	200	2.28	88	1	2326	1938	1709	4 M16	2434	4369
16	1	17790	1	25369	75 X 7.0	10.10	8.59	200	2.28	88	2	2100	1761	2955	5 M16	2524	4530
17	8A	1898	9F	2849	45 X 3.0	2.66	2.08	70	0.89	79	3	1985	714	1367	2 M16	708	2967
18	1	284	9E	1034	45 X 3.0	2.66	2.08	140	0.89	157	4	816	107	496	1 M16	514	2155
19	1	1322	1	1236	45 X 3.0	2.66	2.08	140	0.89	157	4	816	497	593	1 M16	657	2753
20	10	3743	8A	1338	45 X 5.0	4.30	3.34	119	0.87	137	4	1071	870	400	1 M16	1861	4678
21	1	8558	1	8053	75 X 5.0	7.36	6.26	164	1.49	110	3	1520	1163	1287	2 M16	2128	5349
22	1	8140	1	8471	75 X 5.0	7.36	6.26	164	1.49	110	3	1520	1106	1354	2 M16	2107	5294
23	1	8430	1	8180	75 X 5.0	7.36	6.26	164	1.49	110	3	1520	1145	1308	2 M16	2096	5269

BARRA	CARGAS CRÍTICAS (kgf)				PERFIS (mm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )		L cm	R cm	L/R	K	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )			PARAFUSOS		
	COMPRESS		TRAÇÃO			BRUTA	LIQU					COMPRESS		TRAÇ ATU	QUANT & DIA	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )	
	LIM	ATU	LIM	ATU								CISA	ESMA				
24	1	8258	1	8353	75 X 5.0	7.36	6.26	164	1.49	110	3	1520	1122	1335	2 M16	2077	5220
31	10	2317	10	2320	45 X 4.0	3.49	2.72	122	0.87	140	4	1026	664	852	1 M16	1154	3626
32	9X	102	9I	240	45 X 3.0	2.66	2.08	140	0.89	157	4	816	38	115	1 M16	119	500
33	10	2548	10	2207	45 X 4.0	3.49	2.72	122	0.87	140	4	1026	730	811	1 M16	1267	3981
34	10	1115	10	1664	45 X 3.0	2.66	2.08	140	1.36	103	3	1617	419	798	1 M16	827	3466
35	8B	1738	8B	1464	45 X 3.0	2.66	2.08	122	0.89	137	4	1071	654	702	1 M16	865	3622
36	8B	1464	8B	1738	45 X 3.0	2.66	2.08	122	0.89	137	4	1071	550	834	1 M16	865	3622
37	8B	1738	8B	1464	45 X 3.0	2.66	2.08	122	0.89	137	4	1071	654	702	1 M16	865	3622
40	2	679	9H	4000	45 X 3.0	2.66	2.08	233	1.36	171	4	688	255	1919	2 M16	995	4166
41	8C	2881	10	2050	50 X 4.0	3.90	3.13	140	0.98	142	4	997	739	654	1 M16	1433	4502
42	1	1663	1	1541	45 X 3.0	2.66	2.08	108	0.89	121	4	1373	625	739	1 M16	827	3465
45	8B	4908	8B	4891	50 X 4.0	3.90	3.13	104	0.98	107	3	1561	1258	1562	2 M16	1220	3834
46	8B	4394	8B	4406	50 X 4.0	3.90	3.13	111	0.98	113	2	1527	1127	1407	2 M16	1096	3442
47	8B	3915	8B	3901	50 X 4.0	3.90	3.13	116	0.98	118	2	1432	1004	1245	2 M16	974	3059
48	8B	3508	8B	3518	50 X 4.0	3.90	3.13	120	0.98	123	4	1329	900	1123	1 M16	1750	5497
49	10	3433	10	3403	50 X 4.0	3.90	3.13	140	0.98	143	4	983	880	1087	1 M16	1707	5363
50	10	3026	10	3047	50 X 4.0	3.90	3.13	146	0.98	149	4	906	776	973	1 M16	1516	4761
51	10	2742	10	2718	50 X 4.0	3.90	3.13	152	0.98	155	4	837	703	868	1 M16	1364	4285
52	10	2470	10	2487	50 X 4.0	3.90	3.13	158	0.98	161	4	776	633	794	1 M16	1237	3885
53	10	2279	10	2259	50 X 4.0	3.90	3.13	164	0.98	168	4	712	584	721	1 M16	1133	3560
61	8B	1954	8B	1955	45 X 4.0	3.49	2.72	148	0.87	170	4	696	560	718	1 M16	973	3055
62	8B	1738	8B	1731	45 X 3.0	2.66	2.08	153	0.89	172	4	680	653	831	1 M16	865	3621
63	8B	1557	8B	1557	45 X 3.0	2.66	2.08	159	0.89	178	4	635	585	747	1 M16	775	3244

BARRA	CARGAS CRÍTICAS (kgf)				PERFIS (mm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )		L cm	R cm	L/R	K	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )			PARAFUSOS		
	COMPRESS		TRAÇÃO			BRUTA	LIQU					COMPRESS		TRAÇ	QUANT & DIA	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )	
	LIM	ATU	ATU	CISA								ESMA					
64	8B	1415	8B	1408	45 X 3.0	2.66	2.08	164	0.89	185	4	588	532	676	1 M16	704	2947
71		0		0	2L 50 X 4.0	7.80	6.63	70	1.52	46	3	2458	0	0	2 M16	0	0
72	9X	4349	10	1	50 X 5.0	4.80	3.84	130	0.97	134	4	1120	906	0	1 M16	2163	5436
73	9X	2322			45 X 4.0	3.49	2.72	140	0.87	161	4	776	665		1 M16	1155	3628
74	10	21	9X	4901	45 X 3.0	2.66	2.08	148	0.89	166	4	730	8	2352	2 M16	1219	5105
75	8B	12534	8A	14329	100 X 6.0	11.65	9.90	190	1.97	96	3	1698	1076	1447	3 M16	2375	4975
76	1	2487	1	2087	50 X 4.0	3.90	3.13	133	0.98	136	4	1087	638	666	1 M16	1237	3886
77	8A	6163	8A	6156	60 X 5.0	5.81	4.85	232	1.83	127	4	1247	1061	1269	2 M16	1533	3852
80	7B	505	7B	434	45 X 3.0	2.66	2.08	112	0.89	126	4	1267	190	208	1 M16	251	1053
81	7B	742	7B	832	45 X 3.0	2.66	2.08	135	0.89	151	4	882	279	399	1 M16	414	1733
82	7B	766	7B	695	45 X 3.0	2.66	2.08	82	0.89	92	3	1788	288	333	1 M16	381	1595
83	7B	1419	7B	1532	45 X 3.0	2.66	2.08	99	0.89	112	3	1494	533	735	1 M16	762	3193
84	7B	2009	7B	1876	45 X 3.0	2.66	2.08	63	0.89	70	3	2114	755	900	1 M16	999	4185
85	1	757	9H	2003	2L 75 X 7.0	20.20	17.17	40	2.28	18	3	2784	37	117	2 M16	498	894
121	1	54042	1	46398	100 X 10.0 G	19.20	15.36	153	3.04	50	1	3665	2815	3021	10 M16*	1344	3378
122	1	51987	1	44182	100 X 10.0 G	19.20	15.36	119	1.95	61	1	3396	2708	2876	10 M16*	1293	3249
123	1	55543	1	45792	100 X 10.0 G	19.20	15.36	127	1.95	65	1	3284	2893	2981	10 M16*	1381	3471
124	1	50740	1	42909	100 X 10.0 G	19.20	15.36	127	1.95	65	1	3284	2643	2794	10 M16*	1262	3171
125	1	54718	1	45796	100 X 10.0 G	19.20	15.36	119	1.95	61	1	3396	2850	2981	10 M16*	1361	3420
126	1	55917	1	45609	100 X 10.0 G	19.20	15.36	127	1.95	65	1	3284	2912	2969	10 M16*	1391	3495
127	1	52373	1	43381	100 X 10.0 G	19.20	15.36	127	1.95	65	1	3284	2728	2824	10 M16*	1302	3273
128	2	57182	1	46346	100 X 10.0 G	19.20	15.36	119	1.95	61	1	3396	2978	3017	10 M16*	1422	3574
129	2	58786	2	47034	100 X 10.0 G	19.20	15.36	127	1.95	65	1	3284	3062	3062	10 M16*	1462	3674

BARRA	CARGAS CRÍTICAS (kgf)				PERFIS (mm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )		L cm	R cm	L/R	K	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )			PARAFUSOS		
	COMPRESS		TRAÇÃO			BRUTA	LIQU					COMPRESS		TRAÇ ATU	QUANT & DIA	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )	
	LIM	ATU	LIM	ATU								CISA	ESMA				
130	1	53328	1	43727	100 X 10.0 G	19.20	15.36	127	1.95	65	1	3284	2778	2847	10 M16*	1326	3333
131	2	60143	2	48235	100 X 10.0 G	19.20	15.36	89	1.95	46	1	3750	3132	3140	10 M16*	1496	3759
132	2	61294	2	48745	100 X 10.0 G	19.20	15.36	85	1.95	44	1	3790	3192	3173	10 M16*	1524	3831
135	2	61366	2	48689	100 X 10.0 G	19.20	15.36	114	1.95	58	1	3474	3196	3170	10 M16*	1526	3835
141	8B	7331	8B	7212	75 X 5.0	7.36	6.26	261	2.31	113	3	1482	996	1153	2 M16	1823	4582
142	8B	5716	8B	5773	75 X 5.0	7.36	6.26	306	2.31	133	4	1137	777	923	2 M16	1436	3608
143	8B	4698	8B	4614	65 X 5.0	6.31	5.35	299	1.98	151	4	882	744	862	2 M16	1168	2936
150	8B	5844	8A	5660	65 X 5.0	6.31	5.35	161	1.29	125	4	1287	926	1058	2 M16	1453	3653
151	8B	7581	8B	7399	65 X 5.0	6.31	5.35	148	1.29	115	3	1456	1201	1383	2 M16	1885	4738
152	8B	3582	8B	3578	2L 60 X 4.0	9.44	8.02	511	2.69	190	4	557	379	446	1 M16*	891	2798
153	8B	6092	8B	5966	65 X 5.0	6.31	5.35	148	1.29	115	3	1456	965	1115	2 M16	1515	3807
154	8B	2713	8B	2677	2L 65 X 4.0	10.26	8.72	580	3.04	191	4	551	264	307	1 M16*	675	2119
155	8B	5111	8B	4870	65 X 5.0	6.31	5.35	148	1.29	115	3	1456	810	910	2 M16	1271	3195
156	8B	2137	8B	2142	2L 75 X 5.0	14.72	12.51	654	3.35	195	4	529	145	171	1 M16*	533	1339
160	8B	3127	8B	3074	60 X 4.0	4.72	3.95	167	1.19	140	4	1026	662	778	1 M16	1555	4886
162	8B	3565	8B	3660	65 X 6.0	7.48	6.33	349	1.98	176	4	649	477	578	1 M16	1820	3812
163	8B	9138	8B	9104	75 X 6.0	8.75	7.44	267	2.29	117	3	1432	1044	1224	2 M16	2272	4759
165	4	2127	4	1996	60 X 4.0	4.72	3.95	212	1.19	178	4	635	451	505	1 M16	1058	3323
167	8B	1850	8B	1983	60 X 4.0	4.72	3.95	349	1.84	190	4	557	392	502	1 M16	986	3099
168	8B	7128	8B	6983	75 X 6.0	8.75	7.44	310	2.29	135	4	1103	815	939	2 M16	1773	3713
170	4	3524	4	3449	75 X 5.0	7.36	6.26	257	1.49	172	4	680	479	551	1 M16	1753	4405
172	4	3077	4	3119	60 X 6.0	6.91	5.76	349	1.82	192	4	545	445	542	1 M16	1551	3249
173	4	6626	4	6365	2L 50 X 5.0	9.60	7.68	370	2.43	152	4	870	690	829	1 M16*	1648	4141

BARRA	CARGAS CRÍTICAS (kgf)				PERFIS (mm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )		L cm	R cm	L/R	K	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )			PARAFUSOS		
	COMPRESS		TRAÇÃO			BRUTA	LIQU					COMPRESS		TRAÇ ATU	QUANT & DIA	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )	
	LIM	ATU	LIM	ATU								CISA	ESMA				
175	4	5007	4	5031	75 X 6.0	8.75	7.44	250	1.47	170	4	696	572	676	1 M16	2502	5241
177	4	4963	4	4874	2L 60 X 4.0	9.44	7.90	349	2.69	130	4	1190	526	617	1 M16*	1234	3877
178	4	8286	4	7844	2L 65 X 5.0	12.62	10.70	440	3.01	146	4	943	657	733	2 M16*	1030	2589
180	8B	10857	8B	10633	75 X 5.0	7.36	6.26	227	2.31	98	2	1854	1475	1700	3 M16	1800	4524
181	8A	9654	8A	9473	75 X 5.0	7.36	6.26	219	2.31	95	2	1918	1312	1514	3 M16	1600	4022
182	8A	9123	8A	9014	75 X 5.0	7.36	6.26	243	2.31	105	2	1701	1240	1441	3 M16	1513	3801
183	8A	8630	8A	8569	75 X 5.0	7.36	6.26	236	2.31	102	2	1767	1173	1370	2 M16	2146	5394
184	8A	8055	8A	8044	75 X 5.0	7.36	6.26	285	2.31	124	4	1308	1094	1286	2 M16	2003	5034
185	8A	7420	8A	7464	65 X 5.0	6.31	5.35	148	1.29	115	2	1488	1176	1395	2 M16	1856	4665
186	8A	6982	8A	7077	75 X 6.0	8.75	7.44	338	2.29	148	4	918	798	952	2 M16	1760	3686
241	8A	5579	8A	5525	60 X 4.0	4.72	3.95	213	1.84	116	3	1444	1182	1398	2 M16	1387	4358
242	8A	4304	8A	4314	60 X 4.0	4.72	3.95	245	1.84	133	4	1137	912	1092	2 M16	1073	3370
243	8A	3459	8A	3420	60 X 5.0	5.81	4.85	236	1.83	129	4	1208	595	705	1 M16	1720	4324
250	8A	4669	8A	4571	60 X 4.0	4.72	3.95	141	1.19	119	3	1408	989	1157	2 M16	1161	3648
251	8A	6518	8A	6400	60 X 5.0	5.81	4.85	138	1.18	117	3	1432	1122	1320	2 M16	1621	4074
252	8A	2856	8A	2830	2L 60 X 4.0	9.44	7.90	439	2.69	163	4	757	303	358	1 M16*	710	2232
253	8A	5192	8A	5126	60 X 5.0	5.81	4.85	138	1.18	117	3	1432	894	1057	2 M16	1291	3245
254	6	2419	6	2369	2L 60 X 4.0	9.44	7.90	479	2.69	178	4	635	256	300	1 M16*	602	1890
255	6	5169	6	4972	60 X 5.0	5.81	4.85	138	1.18	117	3	1432	890	1025	2 M16	1285	3231
256	6	2664	6	2657	2L 60 X 4.0	9.44	7.90	524	2.69	195	4	529	282	336	1 M16*	662	2081
260	6	2046	8A	1948	50 X 3.0	2.96	2.38	117	0.99	118	2	1432	691	817	1 M16	1018	4263
262	6	2827	6	2992	60 X 4.0	4.72	3.95	305	1.84	166	4	730	599	757	1 M16	1488	4675
263	8A	8227	8A	8215	75 X 5.0	7.36	6.26	261	2.31	113	3	1482	1118	1313	2 M16	2046	5142

BARRA	CARGAS CRÍTICAS (kgf)				PERFIS (mm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )		L cm	R cm	L/R	K	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )			PARAFUSOS		
	COMPRESS		TRAÇÃO			BRUTA	LIQU					COMPRESS		TRAÇ ATU	QUANT & DIA	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )	
	LIM	ATU	LIM	ATU								CISA	ESMA				
265	6	2440	6	2349	50 X 4.0	3.90	3.13	148	0.98	151	4	882	626	750	1 M16	1214	3813
267	6	2015	6	2169	60 X 4.0	4.72	3.95	305	1.84	166	4	730	427	549	1 M16	1079	3389
268	6	7623	6	7522	75 X 6.0	8.75	7.44	283	2.29	124	4	1308	871	1011	2 M16	1896	3970
270	6	4132	6	4070	60 X 5.0	5.81	4.85	180	1.18	153	4	859	711	839	1 M16	2055	5165
272	6	4492	6	4543	65 X 5.0	6.31	5.35	305	1.98	154	4	848	712	849	1 M16	2259	5678
273	6	9353	6	9184	2L 60 X 4.0	9.44	7.90	316	2.69	118	1	1444	991	1162	2 M16*	1163	3654
275	6	6187	6	6149	75 X 5.0	7.36	6.26	212	1.49	142	4	997	841	983	2 M16	1539	3867
277	6	7429	6	7439	2L 50 X 5.0	9.60	7.68	305	2.43	125	4	1287	774	969	1 M16*	1850	4649
278	6	11442	6	11230	2L 65 X 5.0	12.62	10.70	358	3.01	119	1	1420	907	1049	2 M16*	1423	3576
280	6	14913	6	14502	75 X 6.0	8.75	7.44	221	2.29	96	2	1918	1704	1950	3 M16	2472	5178
281	6	13903	8B	9084	75 X 6.0	8.75	7.44	211	2.29	92	2	2011	1589	1221	3 M16	2305	4827
282	6	12327	8B	8219	75 X 5.0	7.36	6.26	231	2.31	100	2	1811	1675	1314	3 M16	2044	5136
283	6	11056	8B	7562	75 X 5.0	7.36	6.26	220	2.31	95	2	1918	1502	1209	3 M16	1833	4607
284	6	9559	8B	6764	75 X 5.0	7.36	6.26	258	2.31	112	2	1547	1299	1081	3 M16	1585	3983
285	6	7841	8B	5824	65 X 5.0	6.31	5.35	126	1.29	98	2	1871	1243	1089	2 M16	1950	4900
286	6	6087	6	5865	65 X 5.0	6.31	5.35	261	1.98	132	4	1154	965	1096	2 M16	1514	3805

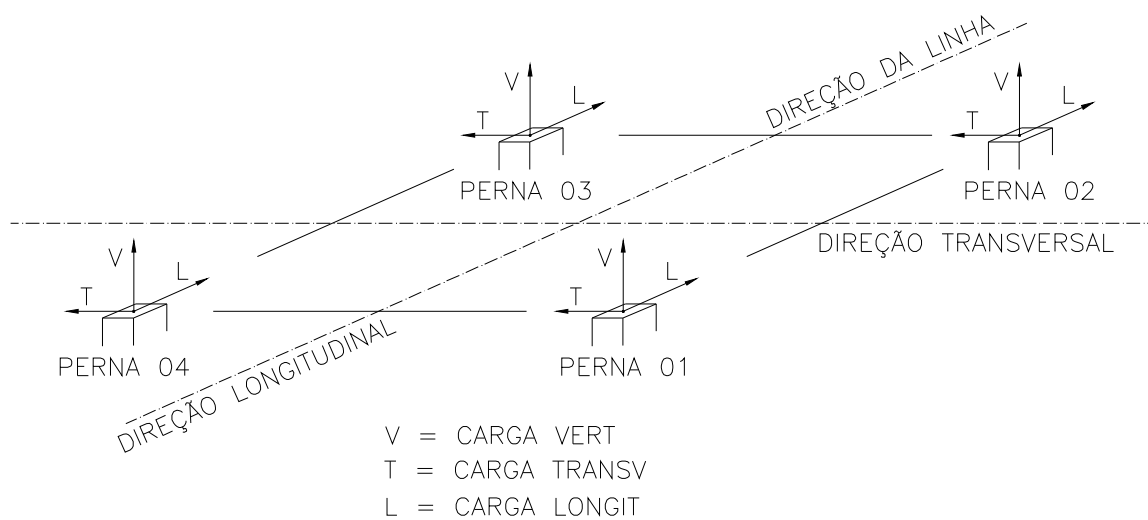


## CARGAS NAS FUNDAÇÕES

NOTAS:

1 – AS CARGAS ESTÃO EM KGF E NÃO INCLUEM NENHUM FATOR ADICIONAL.

2 – AS CARGAS SEGUEM A ORIENTAÇÃO ABAIXO:



TORRE A58 - EXT. 24.0 – PERNAS NIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-56002	-10140	-5930	-55960	-10125	5919	39933	-7626	-4204	39975	-7641	4215
1R	-53138	-9651	-5624	-53104	-9640	5616	43415	-8115	-4575	43448	-8126	4582
2	-62201	-11002	-8151	-15447	-3909	73	46135	-8446	-6454	-541	-1465	-1660
2R	-59057	-10537	-7799	-12318	-3399	-242	49343	-8910	-6813	2652	-1974	-1337
3	-39970	-6067	-6262	21192	3158	-4256	23899	-3550	-4539	-37176	5639	-5964
3R	-36797	-5581	-5922	24355	3645	-4590	27074	-4035	-4880	-34012	5151	-5630
4	-39488	-8532	-4185	-39445	-8518	4175	23417	-6019	-2459	23460	-6033	2470
4R	-36314	-8044	-3847	-36281	-8033	3838	26591	-6507	-2798	26625	-6518	2805
5	-62803	-11884	-9009	-4211	-3031	-1908	46736	-9352	-7298	-11775	-565	-3626
5R	-59633	-11410	-8662	-1051	-2532	-2234	49914	-9827	-7645	-8609	-1064	-3299
6	-47827	-7250	-8102	29049	4342	-6096	31757	-4734	-6379	-45035	6823	-7805
6R	-44654	-6764	-7763	32212	4829	-6430	34932	-5219	-6720	-41870	6335	-7470
7A	-14053	-2530	-1205	-4651	-367	792	-1987	716	21	-11362	1382	-1410
7AR	-10879	-2042	-867	-1488	116	457	1186	228	-316	-8198	897	-1074
7B	-14082	-1796	-1702	-4622	-1102	295	-2017	-18	520	-11332	2116	-912
7BR	-10908	-1308	-1364	-1458	-617	-40	1156	-506	181	-8168	1631	-575
8A	-21231	-4411	-1391	2623	1663	595	6017	446	-1420	-18140	1604	-2723
8AR	-17982	-3952	-1045	5863	2118	251	8712	-11	-1708	-15454	1150	-2437
8B	-20514	-1967	-2979	3729	-780	-1183	4912	-1998	359	-18857	4048	-1136
8BR	-17819	-1509	-2691	6415	-325	-1469	8161	-2455	12	-15616	3593	-791
8C	-20628	-3155	-2183	2890	408	-287	5222	-729	-537	-18214	2779	-1932
8CR	-17659	-2699	-1866	5850	864	-601	8197	-1185	-855	-15249	2324	-1617
9A	-6508	-970	-705	-6453	-952	692	-5315	931	579	-5259	913	-566
9B	-6599	-1050	-715	-6543	-1031	702	-6035	973	655	-5980	954	-642
9C	-6579	-1490	-713	-6524	-1471	700	-10355	1181	1111	-10300	1163	-1099
9D	-12491	-1489	-1337	-12436	-1471	1324	-4443	1181	487	-4387	1162	-474
9E	-9476	-1489	-1019	-9420	-1471	1006	-7458	1181	805	-7402	1163	-793
9F	-12472	-1928	-1335	-12416	-1910	1322	-8762	1390	943	-8706	1371	-930
9G	-15369	-1929	-1641	-15313	-1910	1628	-5865	1390	637	-5810	1372	-624
9H	-9457	-1928	-1017	-9402	-1910	1004	-11777	1390	1262	-11722	1371	-1249
9I	-15350	-2368	-1639	-15294	-2349	1626	-10185	1598	1093	-10128	1579	-1081
10	-38588	-5862	-3994	21176	3158	-2133	22519	-3339	-2275	-37163	5633	-3844
10R	-35417	-5376	-3654	24337	3645	-2467	25696	-3825	-2615	-33995	5146	-3510

TORRE A58 - EXT. 24.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (1.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-50872	-9228	-5358	-58753	-12155	6475	43449	-7447	-4673	34659	-6701	3556
1R	-48276	-8789	-5080	-55822	-11572	6137	46725	-7934	-5016	38416	-7238	3960
2	-58336	-10379	-7043	-17190	-5516	-768	46333	-7769	-6503	-2323	-1157	-1877
2R	-55524	-9974	-6735	-13903	-4911	-1113	49282	-8215	-6829	1188	-1722	-1515
3	-38684	-5934	-5245	20423	3028	-5688	22348	-3253	-4332	-35604	5340	-5755
3R	-35818	-5503	-4938	23751	3587	-6066	25231	-3701	-4636	-32121	4796	-5381
4	-35972	-7882	-3790	-39863	-10754	4455	24538	-5107	-2662	19780	-5358	1996
4R	-33102	-7448	-3483	-36534	-10199	4075	27415	-5555	-2964	23262	-5900	2372
5	-58855	-11267	-7570	-5328	-5070	-3383	45277	-8077	-7159	-12611	-418	-3730
5R	-56003	-10849	-7261	-2004	-4489	-3745	48176	-8522	-7472	-9126	-972	-3364
6	-45751	-7025	-6590	27457	4139	-8172	29705	-4350	-6102	-42929	6416	-7521
6R	-42885	-6595	-6283	30785	4699	-8549	32587	-4798	-6405	-39446	5873	-7147
7A	-14218	-2545	-1397	-4324	-132	1115	-1245	430	-63	-11730	1448	-1456
7AR	-11347	-2111	-1089	-995	422	735	1633	-17	-364	-8248	906	-1080
7B	-13311	-1663	-1517	-4336	-1565	178	-2070	224	513	-11798	2204	-973
7BR	-10441	-1228	-1211	-1007	-1010	-202	808	-223	211	-8317	1662	-598
8A	-23163	-4716	-2095	3567	2897	1345	7092	-400	-1524	-17689	1521	-2665
8AR	-20226	-4312	-1781	7031	3391	951	9433	-786	-1769	-14677	1011	-2340
8B	-19407	-1789	-2428	4792	-1974	-1941	3052	-958	547	-18631	4024	-1120
8BR	-16965	-1377	-2166	7542	-1426	-2259	6108	-1415	227	-15125	3522	-741
8C	-20966	-3208	-2238	3807	424	-303	4877	-645	-500	-17911	2732	-1899
8CR	-18280	-2801	-1951	6910	946	-657	7580	-1066	-783	-14650	2224	-1547
9A	-5991	-878	-664	-6263	-1060	787	-4763	851	511	-5818	1010	-634
9B	-6076	-956	-672	-6277	-1193	792	-5556	941	594	-6547	1055	-712
9C	-6079	-1388	-670	-5692	-1973	743	-10429	1475	1101	-10855	1272	-1175
9D	-11348	-1298	-1228	-13323	-1403	1541	-2806	723	300	-5579	1361	-613
9E	-8661	-1344	-944	-9431	-1693	1134	-6694	1106	709	-8270	1315	-899
9F	-11352	-1731	-1226	-12738	-2181	1493	-7680	1256	808	-9888	1578	-1075
9G	-13934	-1687	-1500	-16477	-1902	1883	-3944	889	416	-7302	1622	-800
9H	-8665	-1777	-941	-8846	-2473	1086	-11566	1640	1216	-12577	1532	-1362
9I	-13938	-2119	-1497	-15892	-2682	1835	-8817	1423	923	-11610	1838	-1262
10	-40825	-6235	-4308	23959	3515	-2311	20414	-2973	-2028	-35066	5281	-3598
10R	-37961	-5803	-4002	27284	4075	-2688	23300	-3421	-2332	-31580	4738	-3224

TORRE A58 - EXT. 24.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (1.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-52201	-9467	-5459	-58133	-9805	6218	42553	-9277	-4534	36263	-6982	3774
1R	-48984	-8919	-5110	-55660	-9398	5961	46286	-9806	-4959	39400	-7409	4109
2	-58182	-10266	-7636	-17899	-3689	422	46800	-9785	-7800	-2236	-1081	-1180
2R	-54720	-9747	-7245	-15099	-3240	147	50177	-10293	-8218	683	-1540	-875
3	-38134	-5724	-6022	19364	2810	-4017	23407	-3456	-6004	-36154	5551	-4979
3R	-34643	-5182	-5642	22230	3256	-4314	26743	-4010	-6392	-33288	5116	-4673
4	-37322	-8125	-3899	-39221	-7465	4208	23663	-7875	-2514	21363	-5637	2206
4R	-33831	-7581	-3522	-36351	-7019	3909	26998	-8435	-2898	24225	-6068	2512
5	-58934	-11149	-8494	-5754	-2344	-1639	45482	-11005	-8998	-12310	-333	-2710
5R	-55446	-10619	-8108	-2904	-1895	-1927	48822	-11538	-9399	-9429	-780	-2407
6	-45458	-6800	-7787	26720	3906	-5785	30441	-4567	-8488	-43220	6641	-6322
6R	-41967	-6259	-7408	29586	4352	-6083	33777	-5121	-8875	-40354	6208	-6018
7A	-14264	-2575	-1236	-4967	-658	816	-1434	1142	-123	-10850	1292	-1256
7AR	-10773	-2031	-859	-2096	-211	517	1900	582	-506	-7988	860	-950
7B	-14195	-1819	-1718	-4142	-864	240	-1423	-291	814	-11756	2175	-1134
7BR	-10703	-1275	-1341	-1271	-417	-58	1911	-850	431	-8894	1742	-830
8A	-20784	-4350	-1350	535	582	810	7316	1606	-2201	-17259	1463	-2199
8AR	-17268	-3845	-970	3581	1036	492	10070	1055	-2523	-14824	1055	-1939
8B	-19841	-1848	-2896	4574	24	-1261	6090	-3264	1084	-21015	4391	-1868
8BR	-16820	-1333	-2568	6907	407	-1504	9561	-3762	686	-18087	3990	-1555
8C	-20101	-3071	-2124	2290	268	-220	6383	-761	-587	-18765	2867	-2008
8CR	-16836	-2562	-1770	4974	686	-500	9501	-1283	-948	-16079	2462	-1722
9A	-6948	-1050	-762	-6202	-1000	655	-4809	1134	650	-4876	840	-543
9B	-7117	-1143	-780	-6135	-1020	648	-5687	1139	743	-5518	870	-610
9C	-7569	-1655	-828	-5115	-1061	539	-11006	1093	1306	-9366	1006	-1017
9D	-12846	-1565	-1391	-12737	-1812	1340	-3376	1665	508	-4097	1097	-458
9E	-10155	-1610	-1104	-8850	-1430	931	-7267	1373	915	-6785	1051	-743
9F	-13298	-2077	-1439	-11717	-1854	1231	-8695	1619	1072	-7946	1233	-864
9G	-15884	-2032	-1715	-15452	-2222	1624	-4955	1900	681	-5363	1278	-590
9H	-10607	-2122	-1152	-7830	-1471	823	-12585	1328	1478	-10633	1187	-1149
9I	-16336	-2544	-1762	-14432	-2264	1515	-10274	1854	1244	-9213	1413	-997
10	-36363	-5489	-3733	18922	2756	-1868	25447	-3703	-2473	-39524	6026	-4172
10R	-32875	-4948	-3354	21785	3202	-2166	28787	-4257	-2860	-36656	5592	-3867

TORRE A58 - EXT. 24.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (1.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-58169	-9814	-6228	-52155	-9452	5448	36226	-6968	-3769	42580	-9297	4549
1R	-55689	-9405	-5969	-48948	-8907	5101	39372	-7398	-4104	46306	-9822	4970
2	-61004	-10147	-8025	-15171	-3865	43	43642	-8069	-5461	1014	-2739	-2749
2R	-58137	-9710	-7708	-11718	-3299	-312	46512	-8474	-5775	4384	-3338	-2396
3	-37064	-5622	-5885	18108	2592	-3860	24035	-3670	-3657	-36596	5879	-7621
3R	-34184	-5174	-5581	21589	3136	-4233	26903	-4102	-3964	-33267	5320	-7243
4	-39258	-7474	-4217	-37277	-8110	3889	21327	-5622	-2200	23690	-7895	2528
4R	-36379	-7026	-3916	-33795	-7569	3514	24197	-6057	-2507	27019	-8450	2909
5	-59974	-10449	-8698	-4884	-3148	-1825	44187	-8985	-5983	-10845	-2250	-5334
5R	-57084	-10006	-8387	-1405	-2594	-2191	47044	-9403	-6292	-7512	-2830	-4971
6	-44421	-6718	-7653	25433	3670	-5625	31101	-4762	-5000	-43631	6990	-10104
6R	-41540	-6270	-7350	28913	4213	-5999	33969	-5193	-5307	-40301	6431	-9727
7A	-12649	-2142	-1041	-5697	-547	918	-1332	596	72	-11837	1293	-1749
7AR	-9771	-1694	-740	-2215	-6	543	1537	161	-234	-8509	738	-1368
7B	-13475	-1936	-1618	-5766	-1303	436	-426	-285	193	-11849	2725	-811
7BR	-10597	-1488	-1316	-2284	-763	61	2443	-721	-113	-8519	2171	-431
8A	-18353	-3352	-1068	1055	1399	780	6168	395	-986	-19062	859	-3665
8AR	-15299	-2896	-749	4561	1902	403	8611	-16	-1247	-16312	312	-3347
8B	-20044	-2562	-2894	1739	-1130	-938	8300	-2558	-482	-20187	5555	-625
8BR	-17704	-2177	-2649	4750	-620	-1263	11237	-2961	-796	-16722	5062	-231
8C	-18988	-2927	-1982	1148	107	-76	6899	-1020	-712	-19251	3144	-2168
8CR	-16293	-2507	-1700	4405	614	-426	9590	-1427	-1001	-16141	2622	-1813
9A	-6251	-1012	-668	-6886	-1030	748	-4924	858	552	-4773	1108	-631
9B	-6183	-1032	-661	-7055	-1122	766	-5566	888	619	-5652	1112	-724
9C	-5163	-1073	-552	-7507	-1634	814	-9414	1025	1025	-10970	1067	-1287
9D	-12786	-1825	-1353	-12784	-1544	1376	-4146	1115	467	-3340	1638	-489
9E	-8898	-1442	-945	-10093	-1590	1090	-6833	1069	751	-7232	1347	-897
9F	-11765	-1866	-1244	-13236	-2056	1425	-7994	1252	873	-8659	1593	-1052
9G	-15500	-2235	-1637	-15822	-2012	1700	-5413	1296	599	-4921	1873	-662
9H	-7878	-1483	-836	-10545	-2101	1138	-10681	1206	1158	-12551	1301	-1459
9I	-14480	-2276	-1528	-16274	-2523	1748	-9261	1433	1006	-10240	1827	-1225
10	-35123	-5343	-3576	17570	2540	-1700	26169	-3964	-2720	-40134	6355	-4250
10R	-32246	-4895	-3273	21048	3083	-2073	29040	-4395	-3027	-36801	5796	-3872

TORRE A58 - EXT. 18.0 – PERNAS NIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-53908	-9519	-5697	-53902	-9517	5696	38997	-7247	-4116	39003	-7249	4118
1R	-51207	-9057	-5412	-51203	-9056	5411	42392	-7709	-4475	42397	-7710	4476
2	-58103	-10080	-7434	-15540	-3618	350	43197	-7760	-5885	636	-1397	-1259
2R	-55090	-9645	-7096	-12532	-3129	50	46284	-8195	-6230	3716	-1886	-953
3	-36709	-5543	-5533	19050	2862	-3661	21800	-3265	-3953	-33950	5126	-5243
3R	-33662	-5084	-5208	22096	3326	-3982	24848	-3725	-4279	-30903	4662	-4922
4	-37154	-7779	-3928	-37148	-7778	3926	22244	-5507	-2346	22249	-5509	2348
4R	-34107	-7318	-3606	-34102	-7316	3604	25291	-5969	-2668	25296	-5971	2670
5	-58222	-10784	-8136	-4371	-2649	-1518	43314	-8491	-6569	-10529	-402	-3112
5R	-55177	-10338	-7804	-1330	-2172	-1830	46367	-8937	-6903	-7480	-880	-2800
6	-44213	-6673	-7186	26554	3993	-5315	29303	-4396	-5607	-41454	6256	-6897
6R	-41166	-6214	-6861	29600	4456	-5634	32351	-4855	-5932	-38407	5792	-6576
7A	-13532	-2468	-1103	-4051	-202	759	-1354	638	-78	-10870	1232	-1376
7AR	-10485	-2006	-781	-1006	259	437	1693	175	-401	-7823	771	-1053
7B	-13556	-1635	-1661	-4028	-1035	202	-1377	-195	477	-10846	2065	-818
7BR	-10508	-1173	-1338	-982	-574	-120	1669	-657	155	-7801	1605	-497
8A	-20750	-4460	-1225	3147	1941	639	6696	484	-1600	-17577	1337	-2754
8AR	-17591	-4029	-891	6304	2372	306	9230	52	-1868	-15045	907	-2487
8B	-19917	-1689	-3003	4368	-829	-1355	5475	-2287	394	-18410	4110	-976
8BR	-17384	-1257	-2735	6901	-399	-1623	8634	-2719	60	-15253	3678	-643
8C	-20058	-3037	-2111	3436	518	-350	5812	-849	-610	-17673	2671	-1869
8CR	-17216	-2607	-1809	6276	950	-650	8661	-1279	-913	-14825	2239	-1568
9A	-5812	-813	-618	-5804	-810	616	-4499	774	479	-4492	771	-477
9B	-5845	-893	-621	-5838	-890	619	-5276	816	561	-5268	813	-559
9C	-5452	-1333	-580	-5445	-1330	578	-9969	1024	1057	-9961	1021	-1055
9D	-12117	-1333	-1284	-12109	-1330	1282	-3304	1024	353	-3297	1021	-351
9E	-8718	-1333	-925	-8711	-1330	923	-6703	1024	712	-6696	1021	-710
9F	-11724	-1772	-1242	-11717	-1769	1240	-7997	1233	848	-7989	1230	-847
9G	-14990	-1772	-1587	-14982	-1768	1585	-4731	1232	503	-4724	1230	-502
9H	-8325	-1772	-883	-8318	-1769	881	-11396	1233	1207	-11388	1230	-1206
9I	-14596	-2211	-1546	-14590	-2208	1544	-9424	1441	999	-9417	1438	-997
10	-38121	-5759	-3922	21830	3283	-2195	23211	-3476	-2348	-36730	5541	-3782
10R	-35077	-5300	-3598	24872	3747	-2515	26263	-3935	-2672	-33680	5076	-3461

TORRE A58 - EXT. 18.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (1.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-47957	-8448	-5024	-57590	-11541	6396	43478	-7406	-4713	32797	-6138	3339
1R	-45563	-8042	-4771	-54796	-10969	6072	46644	-7862	-5040	36514	-6659	3739
2	-54220	-9445	-6477	-17453	-5045	-263	43776	-7321	-5980	-1372	-1046	-1507
2R	-51589	-9079	-6190	-14246	-4449	-594	46567	-7729	-6288	2069	-1599	-1154
3	-36031	-5515	-4798	18830	2868	-4900	19950	-2934	-3706	-32021	4760	-4987
3R	-33334	-5119	-4512	22084	3411	-5269	22661	-3343	-3988	-28611	4232	-4621
4	-33070	-7018	-3460	-38238	-9890	4312	24085	-4950	-2643	17951	-4716	1791
4R	-30369	-6618	-3175	-34983	-9352	3938	26791	-5360	-2923	21360	-5242	2159
5	-54505	-10202	-6938	-5450	-4389	-2727	42059	-7483	-6453	-11374	-253	-3217
5R	-51828	-9821	-6652	-2202	-3820	-3080	44791	-7891	-6745	-7961	-794	-2859
6	-43018	-6602	-6074	25772	3980	-7127	26767	-3945	-5263	-38792	5747	-6540
6R	-40322	-6205	-5788	29025	4523	-7496	29479	-4355	-5546	-35383	5218	-6173
7A	-13837	-2503	-1322	-3745	116	1128	-446	288	-182	-11242	1299	-1423
7AR	-11135	-2103	-1037	-490	653	755	2259	-122	-462	-7833	773	-1055
7B	-12645	-1476	-1444	-3765	-1549	54	-1506	63	477	-11352	2163	-887
7BR	-9943	-1076	-1159	-511	-1013	-317	1198	-346	197	-7944	1636	-519
8A	-23263	-4862	-2038	4152	3451	1507	8125	-508	-1735	-16959	1221	-2673
8AR	-20462	-4493	-1742	7595	3922	1115	10241	-851	-1952	-14055	726	-2360
8B	-18472	-1459	-2367	5549	-2208	-2258	3091	-1104	638	-18114	4076	-953
8BR	-16224	-1081	-2129	8165	-1676	-2563	6033	-1529	333	-14656	3590	-581
8C	-20497	-3109	-2175	4418	577	-381	5392	-768	-561	-17259	2602	-1821
8CR	-17978	-2737	-1909	7444	1082	-728	7927	-1153	-824	-14074	2111	-1478
9A	-5249	-713	-567	-5714	-895	718	-3851	655	400	-5091	876	-551
9B	-5277	-789	-569	-5647	-1037	714	-4725	751	491	-5877	922	-635
9C	-4918	-1221	-527	-4511	-1872	613	-10142	1335	1054	-10554	1141	-1140
9D	-10820	-1114	-1153	-13340	-1214	1534	-1325	466	128	-4642	1247	-509
9E	-7809	-1169	-834	-8837	-1550	1064	-5822	910	600	-7657	1193	-830
9F	-10461	-1545	-1111	-12204	-2048	1433	-6742	1050	691	-9319	1466	-1012
9G	-13352	-1493	-1417	-16530	-1726	1884	-2422	624	237	-6422	1517	-704
9H	-7450	-1600	-792	-7702	-2384	962	-11239	1494	1163	-12334	1413	-1334
9I	-12993	-1925	-1375	-15394	-2561	1782	-7839	1208	801	-11099	1737	-1207
10	-40819	-6219	-4293	25015	3761	-2429	20718	-3059	-2047	-34185	5104	-3476
10R	-38125	-5822	-4007	28264	4303	-2798	23432	-3468	-2330	-30773	4576	-3109

TORRE A58 - EXT. 18.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (1.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-49388	-8711	-5131	-56826	-9465	6095	42297	-8892	-4570	34646	-6465	3606
1R	-46287	-8178	-4795	-54580	-9100	5863	46012	-9396	-4991	37654	-6859	3923
2	-53322	-9200	-6818	-18800	-3678	807	44774	-9125	-7185	-1921	-853	-1033
2R	-49946	-8702	-6435	-16181	-3265	554	48077	-9604	-7600	848	-1285	-749
3	-34468	-5123	-5239	16882	2473	-3375	21885	-3321	-5236	-33572	5151	-4541
3R	-31058	-4599	-4869	19582	2884	-3652	25141	-3853	-5614	-30866	4748	-4256
4	-34542	-7288	-3584	-37433	-7009	4025	22945	-7241	-2485	19759	-5036	2043
4R	-31132	-6761	-3215	-34729	-6598	3746	26201	-7779	-2858	22459	-5435	2327
5	-53511	-9891	-7510	-6822	-2318	-1131	43118	-10128	-8169	-12055	11	-2526
5R	-50105	-9380	-7132	-4143	-1905	-1397	46379	-10635	-8563	-9330	-407	-2243
6	-41238	-6110	-6791	23700	3485	-4932	28827	-4432	-7463	-40560	6237	-5817
6R	-37829	-5586	-6421	26398	3896	-5209	32083	-4965	-7841	-37854	5834	-5532
7A	-13735	-2513	-1135	-4483	-513	794	-795	1099	-264	-10256	1126	-1194
7AR	-10324	-1986	-767	-1779	-103	515	2459	562	-638	-7556	727	-909
7B	-13623	-1649	-1671	-3423	-736	135	-774	-566	807	-11448	2152	-1072
7BR	-10213	-1122	-1302	-718	-327	-144	2479	-1103	434	-8748	1752	-787
8A	-20191	-4382	-1171	500	713	915	8135	1818	-2536	-16390	1153	-2148
8AR	-16730	-3895	-797	3441	1138	610	10752	1284	-2841	-14144	774	-1911
8B	-19034	-1527	-2890	5534	117	-1458	6737	-3843	1228	-21183	4556	-1819
8BR	-16128	-1030	-2575	7648	460	-1676	10182	-4314	835	-18383	4187	-1524
8C	-19376	-2923	-2031	2719	375	-267	7066	-934	-686	-18354	2785	-1955
8CR	-16197	-2432	-1688	5241	759	-526	10101	-1433	-1038	-15827	2410	-1689
9A	-6267	-898	-678	-5524	-833	574	-4036	963	546	-4077	692	-442
9B	-6394	-993	-692	-5362	-842	557	-5007	962	649	-4763	720	-515
9C	-6554	-1517	-709	-3726	-822	383	-10942	879	1277	-8902	844	-951
9D	-12469	-1412	-1340	-12542	-1691	1308	-2115	1537	356	-3000	951	-325
9E	-9453	-1466	-1018	-8046	-1248	837	-6616	1201	826	-6010	896	-644
9F	-12630	-1936	-1358	-10906	-1671	1136	-8049	1454	985	-7140	1074	-762
9G	-15529	-1885	-1667	-15226	-2096	1589	-3724	1777	533	-4247	1126	-455
9H	-9614	-1989	-1036	-6411	-1227	664	-12551	1118	1454	-10150	1020	-1082
9I	-15690	-2408	-1684	-13590	-2075	1415	-9658	1694	1162	-8388	1250	-893
10	-35422	-5298	-3599	19165	2831	-1875	26551	-3966	-2608	-39565	6023	-4164
10R	-32015	-4773	-3229	21861	3241	-2152	29812	-4498	-2986	-36858	5621	-3879



TORRE A58 - EXT. 18.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (1.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-56832	-9467	-6096	-49380	-8707	5129	34640	-6462	-3605	42299	-8897	4572
1R	-54585	-9101	-5865	-46280	-8176	4794	37650	-6856	-3923	46015	-9398	4994
2	-57065	-9394	-7326	-15206	-3565	313	40839	-7402	-5066	2161	-2495	-2150
2R	-54370	-8995	-7029	-11828	-3010	-32	43535	-7768	-5359	5463	-3083	-1807
3	-33298	-4996	-5086	15438	2196	-3194	22709	-3525	-3380	-34121	5505	-6730
3R	-30589	-4586	-4805	18846	2725	-3559	25408	-3921	-3666	-30865	4962	-6360
4	-37438	-7010	-4027	-34535	-7285	3581	19754	-5033	-2041	22947	-7245	2487
4R	-34732	-6600	-3748	-31126	-6759	3214	22456	-5433	-2327	26203	-7782	2861
5	-55382	-9549	-7819	-5206	-2799	-1412	41159	-8190	-5524	-9839	-1788	-4580
5R	-52661	-9143	-7528	-1800	-2257	-1770	43843	-8571	-5811	-6580	-2354	-4227
6	-40115	-6008	-6644	22210	3182	-4747	29696	-4611	-4656	-41062	6615	-8957
6R	-37406	-5597	-6362	25617	3712	-5112	32395	-5007	-4942	-37807	6073	-8588
7A	-11846	-1996	-906	-5230	-405	902	-670	508	-26	-11524	1094	-1769
7AR	-9140	-1585	-627	-1821	119	535	2030	108	-311	-8269	557	-1396
7B	-12906	-1772	-1566	-5341	-1269	366	521	-518	95	-11544	2760	-695
7BR	-10200	-1361	-1286	-1932	-744	0	3222	-918	-189	-8289	2223	-322
8A	-17220	-3212	-828	1367	1638	852	6648	456	-1106	-18740	421	-3859
8AR	-14278	-2786	-523	4825	2124	480	8896	76	-1342	-16124	-112	-3554
8B	-19538	-2348	-2917	2032	-1248	-1061	9620	-2979	-584	-20062	5878	-378
8BR	-17422	-2004	-2698	4938	-752	-1375	12422	-3348	-880	-16619	5407	13
8C	-18142	-2747	-1873	1423	164	-102	7744	-1191	-820	-18969	3075	-2144
8CR	-15616	-2362	-1611	4601	657	-444	10269	-1564	-1087	-15935	2572	-1797
9A	-5533	-836	-577	-6255	-894	674	-4086	696	444	-4031	956	-541
9B	-5370	-846	-560	-6381	-988	689	-4770	724	516	-5003	955	-644
9C	-3735	-824	-386	-6543	-1512	706	-8911	848	953	-10938	872	-1273
9D	-12551	-1693	-1311	-12456	-1407	1336	-3009	955	326	-2110	1530	-351
9E	-8054	-1250	-839	-9441	-1461	1015	-6018	900	646	-6612	1195	-821
9F	-10915	-1673	-1139	-12618	-1931	1354	-7149	1078	764	-8044	1447	-980
9G	-15235	-2099	-1592	-15516	-1880	1664	-4256	1131	457	-3719	1770	-528
9H	-6419	-1230	-667	-9602	-1985	1033	-10158	1024	1083	-12547	1112	-1450
9I	-13599	-2078	-1418	-15677	-2403	1681	-8397	1254	895	-9653	1687	-1157
10	-34056	-5122	-3422	17603	2547	-1679	27488	-4219	-2875	-40305	6383	-4268
10R	-31352	-4713	-3142	21008	3076	-2045	30190	-4616	-3162	-37046	5842	-3898

TORRE A58 - EXT. 12.0 – PERNAS NIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-51542	-8861	-5439	-51534	-8859	5437	37867	-6817	-4006	37875	-6819	4008
1R	-49028	-8424	-5174	-49021	-8422	5172	41178	-7255	-4355	41184	-7256	4355
2	-53349	-9081	-6658	-15672	-3349	619	39686	-6984	-5264	1999	-1363	-847
2R	-50469	-8674	-6334	-12810	-2882	340	42650	-7391	-5597	4944	-1830	-559
3	-32899	-4948	-4777	16473	2495	-3055	19226	-2899	-3349	-30134	4530	-4488
3R	-29986	-4514	-4468	19383	2935	-3359	22141	-3333	-3658	-27223	4090	-4183
4	-34421	-6966	-3630	-34413	-6964	3628	20745	-4922	-2197	20753	-4924	2199
4R	-31507	-6529	-3323	-31501	-6527	3322	23658	-5358	-2504	23664	-5360	2504
5	-52713	-9571	-7180	-4614	-2300	-1137	39043	-7503	-5766	-9051	-284	-2584
5R	-49799	-9151	-6862	-1711	-1846	-1431	41965	-7923	-6085	-6139	-738	-2290
6	-39850	-5995	-6238	23422	3542	-4517	26175	-3946	-4810	-37083	5577	-5949
6R	-36936	-5561	-5931	26332	3982	-4820	29090	-4379	-5119	-34172	5137	-5646
7A	-12915	-2413	-979	-3436	-28	734	-590	560	-203	-10393	1080	-1350
7AR	-10001	-1975	-673	-525	407	428	2323	124	-510	-7482	644	-1044
7B	-13085	-1483	-1635	-3266	-959	78	-760	-369	452	-10223	2011	-695
7BR	-10172	-1046	-1329	-354	-522	-227	2152	-806	145	-7311	1574	-388
8A	-20000	-4512	-990	3482	2222	741	7700	520	-1851	-17192	1072	-2840
8AR	-16930	-4106	-667	6550	2628	419	10055	114	-2098	-14840	666	-2593
8B	-19537	-1423	-3088	5372	-866	-1605	5810	-2568	496	-17655	4162	-742
8BR	-17183	-1016	-2841	7724	-460	-1853	8880	-2975	172	-14588	3755	-419
8C	-19452	-2925	-2035	4056	634	-423	6443	-964	-686	-17058	2557	-1795
8CR	-16743	-2519	-1750	6762	1041	-706	9159	-1369	-972	-14344	2149	-1510
9A	-5083	-663	-529	-5073	-661	527	-3617	625	374	-3606	623	-371
9B	-5045	-744	-524	-5034	-741	522	-4467	667	463	-4456	664	-461
9C	-4169	-1184	-432	-4158	-1181	430	-9643	875	1010	-9632	873	-1008
9D	-11805	-1183	-1239	-11795	-1180	1237	-2005	876	203	-1995	873	-201
9E	-7911	-1183	-827	-7900	-1181	825	-5899	875	615	-5890	873	-613
9F	-10930	-1623	-1146	-10919	-1619	1144	-7181	1083	750	-7171	1081	-748
9G	-14672	-1623	-1542	-14661	-1620	1539	-3439	1084	355	-3428	1081	-353
9H	-7034	-1622	-735	-7025	-1620	733	-11076	1084	1162	-11066	1081	-1160
9I	-13796	-2062	-1449	-13785	-2059	1447	-8615	1292	902	-8604	1290	-899
10	-37648	-5667	-3847	22591	3420	-2269	23976	-3611	-2423	-36254	5448	-3707
10R	-34738	-5233	-3538	25498	3860	-2573	26894	-4045	-2732	-33339	5008	-3403

TORRE A58 - EXT. 12.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (1.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-44702	-7612	-4649	-56212	-10892	6302	43430	-7336	-4748	30689	-5518	3095
1R	-42528	-7238	-4423	-53593	-10334	5995	46502	-7765	-5062	34358	-6020	3489
2	-49449	-8433	-5841	-17791	-4601	240	40729	-6787	-5417	-282	-958	-1131
2R	-47007	-8105	-5578	-14690	-4013	-73	43368	-7162	-5707	3068	-1499	-791
3	-32799	-5021	-4302	16754	2634	-4111	17143	-2536	-3066	-27892	4103	-4188
3R	-30280	-4659	-4039	19916	3160	-4470	19677	-2911	-3326	-24575	3591	-3834
4	-29793	-6095	-3089	-36197	-8942	4122	23341	-4726	-2593	15855	-4012	1560
4R	-27269	-5728	-2826	-33033	-8424	3759	25867	-5101	-2850	19172	-4522	1917
5	-49273	-9031	-6217	-5654	-3737	-2085	38033	-6757	-5675	-9899	-134	-2690
5R	-46778	-8685	-5952	-2499	-3183	-2423	40596	-7129	-5948	-6580	-661	-2344
6	-39489	-6071	-5494	23376	3716	-6090	23234	-3433	-4408	-33915	4969	-5523
6R	-36970	-5709	-5231	26538	4241	-6447	25768	-3808	-4668	-30598	4456	-5168
7A	-13454	-2484	-1239	-3128	399	1163	528	142	-328	-10739	1142	-1394
7AR	-10929	-2117	-977	35	917	801	3055	-233	-586	-7423	633	-1037
7B	-12002	-1298	-1379	-2997	-1541	-125	-1071	-69	469	-10723	2108	-763
7BR	-9477	-930	-1118	167	-1022	-487	1455	-445	212	-7406	1598	-406
8A	-23363	-5053	-1956	4565	4095	1781	9693	-653	-2038	-16364	914	-2728
8AR	-20698	-4718	-1678	7991	4541	1393	11557	-954	-2225	-13593	433	-2431
8B	-17601	-1123	-2337	6742	-2495	-2737	2575	-1178	831	-17185	4099	-698
8BR	-15565	-776	-2126	9188	-1975	-3023	5418	-1575	540	-13784	3631	-332
8C	-20043	-3027	-2114	5140	749	-484	5895	-873	-619	-16460	2454	-1722
8CR	-17697	-2688	-1869	8070	1234	-819	8256	-1222	-861	-13371	1979	-1390
9A	-4485	-558	-466	-5095	-720	629	-2881	472	285	-4214	729	-447
9B	-4442	-635	-461	-4914	-874	614	-3868	578	386	-5072	776	-539
9C	-3625	-1065	-368	-3016	-1781	438	-10036	1232	1026	-10219	998	-1096
9D	-10339	-938	-1082	-13476	-1003	1526	404	203	-68	-3484	1121	-376
9E	-6914	-1002	-718	-8142	-1399	972	-4920	728	489	-6919	1059	-744
9F	-9522	-1368	-989	-11578	-1910	1352	-5764	857	570	-8631	1344	-932
9G	-12811	-1307	-1339	-16704	-1528	1884	-648	352	34	-5331	1404	-580
9H	-6097	-1433	-626	-6244	-2307	796	-11089	1382	1129	-12066	1280	-1299
9I	-11994	-1736	-1247	-14806	-2436	1709	-6817	1007	674	-10478	1626	-1135
10	-40955	-6243	-4292	26295	4053	-2583	20963	-3115	-2051	-33098	4894	-3320
10R	-38438	-5880	-4029	29452	4577	-2941	23501	-3491	-2311	-29777	4382	-2964

TORRE A58 - EXT. 12.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (1.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-46175	-7887	-4757	-55362	-9111	5956	41955	-8470	-4612	32788	-5888	3411
1R	-43207	-7371	-4436	-53382	-8790	5757	45667	-8949	-5032	35661	-6248	3711
2	-47793	-8050	-5935	-19764	-3695	1187	42201	-8383	-6532	-1437	-651	-870
2R	-44506	-7570	-5560	-17352	-3319	964	45430	-8834	-6945	1167	-1055	-609
3	-30283	-4454	-4432	14011	2065	-2726	19864	-3099	-4459	-30387	4667	-4052
3R	-26964	-3947	-4072	16529	2441	-2980	23032	-3611	-4827	-27859	4297	-3790
4	-31340	-6383	-3221	-35273	-6501	3802	21941	-6520	-2432	17878	-4372	1851
4R	-28020	-5873	-2863	-32749	-6126	3545	25107	-7040	-2796	20401	-4738	2114
5	-47202	-8521	-6444	-7936	-2319	-633	39882	-9128	-7273	-11537	309	-2317
5R	-43885	-8028	-6076	-5449	-1940	-874	43057	-9612	-7660	-8985	-77	-2058
6	-36305	-5320	-5766	20102	2963	-4068	26486	-4180	-6438	-37077	5717	-5244
6R	-32986	-4813	-5406	22619	3339	-4321	29654	-4693	-6805	-34549	5347	-4982
7A	-13050	-2447	-1003	-4104	-389	795	23	1079	-455	-9661	957	-1135
7AR	-9731	-1936	-646	-1580	-14	538	3189	559	-818	-7139	591	-873
7B	-13067	-1481	-1634	-2505	-600	-3	-107	-861	833	-11114	2144	-995
7BR	-9747	-971	-1276	18	-226	-259	3058	-1381	469	-8591	1778	-732
8A	-19215	-4395	-907	-62	778	1114	9371	2093	-3024	-15561	826	-2123
8AR	-15810	-3926	-541	2776	1176	824	11818	1573	-3310	-13527	479	-1913
8B	-18391	-1208	-2938	7052	253	-1754	7195	-4498	1494	-21326	4757	-1742
8BR	-15617	-727	-2639	8914	554	-1941	10622	-4946	1105	-18661	4422	-1465
8C	-18533	-2765	-1924	3151	470	-313	7846	-1110	-802	-17932	2710	-1898
8CR	-15448	-2293	-1592	5493	819	-550	10789	-1591	-1143	-15577	2367	-1654
9A	-5519	-747	-587	-4813	-676	486	-3157	804	428	-3185	541	-328
9B	-5589	-844	-595	-4525	-672	456	-4255	796	545	-3927	566	-406
9C	-5367	-1382	-572	-2059	-568	195	-11021	658	1260	-8448	676	-884
9D	-12104	-1259	-1291	-12499	-1597	1289	-561	1438	173	-1731	802	-169
9E	-8669	-1321	-924	-7175	-1072	732	-5896	1040	726	-5156	738	-534
9F	-11883	-1797	-1268	-10033	-1493	1028	-7327	1299	888	-6253	912	-647
9G	-15185	-1737	-1622	-15149	-1997	1565	-2201	1682	354	-2961	974	-297
9H	-8448	-1860	-901	-4709	-968	471	-12661	902	1441	-9677	847	-1012
9I	-14963	-2275	-1598	-12684	-1892	1304	-8966	1544	1069	-7482	1084	-775
10	-34308	-5083	-3437	19373	2882	-1872	27861	-4262	-2770	-39720	6051	-4167
10R	-30992	-4575	-3078	21886	3258	-2127	31033	-4774	-3138	-37189	5682	-3904

TORRE A58 - EXT. 12.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (1.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-55371	-9113	-5958	-46165	-7885	4754	32779	-5885	-3410	41962	-8474	4614
1R	-53389	-8791	-5758	-43198	-7369	4434	35654	-6246	-3710	45672	-8952	5033
2	-52574	-8576	-6582	-15197	-3271	564	37447	-6640	-4611	3530	-2291	-1522
2R	-50049	-8213	-6303	-11919	-2729	232	39962	-6966	-4883	6745	-2871	-1196
3	-29075	-4314	-4272	12417	1740	-2525	20869	-3290	-3064	-31004	5043	-5806
3R	-26545	-3939	-4013	15732	2254	-2881	23390	-3652	-3327	-27840	4518	-5448
4	-35281	-6502	-3804	-31330	-6380	3219	17871	-4370	-1850	21947	-6524	2435
4R	-32755	-6127	-3547	-28013	-5871	2862	20395	-4736	-2112	25111	-7042	2797
5	-49929	-8540	-6864	-5577	-2476	-1013	37313	-7273	-4982	-8600	-1369	-3807
5R	-47378	-8169	-6593	-2265	-1949	-1358	39816	-7619	-5249	-5433	-1923	-3468
6	-35166	-5212	-5615	18440	2606	-3861	27559	-4339	-4257	-37626	6125	-7783
6R	-32635	-4838	-5354	21755	3119	-4215	30079	-4702	-4520	-34461	5600	-7426
7A	-10870	-1846	-741	-4751	-258	895	79	427	-141	-11252	877	-1812
7AR	-8343	-1470	-484	-1433	250	538	2604	61	-404	-8088	359	-1450
7B	-12469	-1635	-1539	-4734	-1224	264	1531	-758	0	-11121	2818	-523
7BR	-9943	-1259	-1282	-1418	-714	-92	4055	-1124	-263	-7957	2299	-161
8A	-15554	-3029	-489	1431	1867	989	7283	538	-1267	-18630	-74	-4173
8AR	-12712	-2631	-197	4833	2336	623	9320	190	-1478	-16184	-593	-3886
8B	-19455	-2186	-3021	2685	-1355	-1262	10977	-3430	-666	-19676	6276	10
8BR	-17591	-1886	-2833	5456	-876	-1561	13642	-3766	-945	-16250	5830	398
8C	-17234	-2569	-1756	1743	221	-134	8666	-1363	-937	-18643	3014	-2112
8CR	-14885	-2220	-1517	4825	696	-464	11019	-1702	-1183	-15702	2529	-1776
9A	-4826	-679	-489	-5502	-742	584	-3198	545	329	-3148	799	-424
9B	-4537	-675	-459	-5572	-839	591	-3939	571	408	-4246	790	-541
9C	-2072	-571	-198	-5352	-1378	568	-8459	680	885	-11013	653	-1256
9D	-12512	-1600	-1292	-12087	-1254	1288	-1745	806	172	-551	1432	-168
9E	-7188	-1075	-734	-8652	-1317	921	-5169	742	536	-5887	1034	-722
9F	-10047	-1496	-1032	-11866	-1792	1265	-6265	916	649	-7317	1294	-882
9G	-15163	-2000	-1568	-15167	-1731	1618	-2975	979	300	-2191	1676	-350
9H	-4721	-971	-473	-8432	-1856	897	-9689	851	1013	-12652	897	-1437
9I	-12696	-1895	-1308	-14947	-2270	1595	-7495	1088	777	-8957	1538	-1065
10	-32882	-4896	-3251	17622	2540	-1652	29013	-4501	-3056	-40547	6446	-4288
10R	-30356	-4521	-2992	20934	3052	-2007	31538	-4865	-3318	-37377	5922	-3928

TORRE A58 - EXT. 6.0 – PERNAS NIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-49854	-8376	-5246	-49863	-8379	5249	36933	-6477	-3921	36924	-6473	3918
1R	-47489	-7954	-5001	-47496	-7957	5003	40230	-6898	-4265	40223	-6895	4263
2	-49989	-8372	-6099	-15868	-3171	820	37086	-6412	-4818	2910	-1326	-555
2R	-47195	-7987	-5783	-13094	-2713	556	39977	-6798	-5145	5781	-1783	-281
3	-30320	-4543	-4255	14623	2230	-2634	17399	-2639	-2933	-27565	4131	-3970
3R	-27488	-4125	-3957	17455	2656	-2926	20233	-3055	-3231	-24731	3705	-3676
4	-32481	-6364	-3411	-32490	-6367	3414	19559	-4465	-2086	19550	-4461	2083
4R	-29650	-5942	-3117	-29657	-5945	3119	22391	-4887	-2380	22384	-4883	2378
5	-48971	-8728	-6504	-4846	-2054	-856	36059	-6801	-5199	-8101	-176	-2208
5R	-46140	-8326	-6196	-2025	-1612	-1137	38902	-7203	-5509	-5268	-618	-1926
6	-37058	-5558	-5595	21362	3246	-3975	24138	-3654	-4274	-34303	5146	-5310
6R	-34227	-5141	-5298	24193	3671	-4267	26972	-4071	-4572	-31470	4720	-5017
7A	-12598	-2432	-869	-3020	130	743	-77	551	-314	-10164	951	-1358
7AR	-9767	-2011	-574	-186	552	447	2753	130	-608	-7330	528	-1063
7B	-12844	-1346	-1639	-2774	-954	-27	-322	-534	456	-9919	2036	-587
7BR	-10012	-926	-1345	59	-533	-323	2508	-954	160	-7086	1614	-292
8A	-19649	-4705	-752	3662	2554	899	8395	693	-2110	-16944	760	-2977
8AR	-16599	-4315	-434	6713	2947	580	10605	302	-2340	-14731	369	-2746
8B	-19276	-1105	-3221	6045	-1045	-1860	6012	-2907	648	-17317	4361	-507
8BR	-17065	-714	-2991	8258	-653	-2090	9060	-3297	330	-14266	3970	-189
8C	-19091	-2854	-1982	4419	703	-470	6838	-1037	-741	-16702	2491	-1746
8CR	-16465	-2466	-1708	7046	1097	-743	9472	-1426	-1016	-14066	2098	-1473
9A	-4696	-569	-470	-4706	-574	474	-3022	531	293	-3033	535	-297
9B	-4558	-649	-455	-4570	-654	459	-3969	572	393	-3981	577	-397
9C	-3035	-1089	-294	-3045	-1093	298	-9793	781	1008	-9805	786	-1012
9D	-11976	-1089	-1239	-11988	-1093	1243	-850	781	63	-862	785	-68
9E	-7416	-1089	-757	-7428	-1094	761	-5411	781	545	-5422	785	-549
9F	-10452	-1528	-1078	-10464	-1533	1082	-6674	989	679	-6686	994	-683
9G	-14834	-1528	-1541	-14846	-1533	1545	-2293	989	216	-2305	994	-220
9H	-5892	-1528	-596	-5903	-1533	600	-11235	989	1160	-11247	994	-1165
9I	-13310	-1968	-1380	-13322	-1972	1384	-8117	1197	831	-8129	1202	-835
10	-37467	-5625	-3793	23142	3517	-2317	24549	-3712	-2477	-36086	5409	-3659
10R	-34639	-5207	-3496	25970	3943	-2610	27387	-4130	-2775	-33248	4983	-3365

TORRE A58 - EXT. 6.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (1.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-41528	-6807	-4259	-55911	-10663	6400	44106	-7417	-4898	28014	-4818	2757
1R	-39565	-6464	-4062	-53430	-10092	6106	47146	-7828	-5203	31741	-5321	3159
2	-45844	-7668	-5353	-18316	-4355	635	38636	-6421	-5038	205	-837	-898
2R	-43570	-7376	-5110	-15255	-3754	336	41171	-6769	-5316	3547	-1383	-563
3	-30965	-4777	-4007	15498	2582	-3670	14734	-2170	-2555	-24588	3546	-3559
3R	-28589	-4443	-3765	18635	3107	-4024	17133	-2517	-2796	-21286	3034	-3206
4	-26816	-5265	-2728	-35237	-8442	4114	23294	-4654	-2651	13439	-3295	1265
4R	-24432	-4926	-2486	-32098	-7926	3754	25682	-5002	-2889	16740	-3802	1621
5	-45663	-8209	-5704	-5881	-3286	-1633	35168	-6233	-5119	-8941	-28	-2311
5R	-43320	-7896	-5460	-2755	-2727	-1962	37607	-6579	-5375	-5638	-557	-1969
6	-37822	-5876	-5185	22223	3735	-5537	20254	-2969	-3721	-29974	4290	-4711
6R	-35447	-5542	-4942	25360	4260	-5892	22651	-3317	-3962	-26673	3779	-4358
7A	-13524	-2565	-1189	-2689	715	1258	1366	45	-472	-10470	1004	-1396
7AR	-11140	-2226	-947	448	1232	898	3753	-302	-709	-7169	497	-1041
7B	-11430	-1104	-1324	-2497	-1675	-303	-906	-171	497	-10485	2151	-668
7BR	-9046	-765	-1082	642	-1159	-663	1481	-519	259	-7185	1644	-314
8A	-24471	-5498	-1951	4909	5012	2171	11235	-714	-2364	-15668	503	-2796
8AR	-21877	-5187	-1685	8406	5442	1777	12868	-980	-2525	-12986	29	-2508
8B	-16390	-657	-2294	7656	-3112	-3305	1492	-1216	1117	-16752	4289	-457
8BR	-14554	-338	-2109	9972	-2583	-3580	4297	-1596	835	-13304	3822	-86
8C	-19905	-3005	-2084	5661	890	-579	6080	-915	-642	-15832	2332	-1635
8CR	-17697	-2693	-1859	8562	1373	-909	8310	-1238	-864	-12763	1860	-1306
9A	-4031	-453	-393	-4880	-615	577	-2165	343	191	-3675	648	-376
9B	-3872	-524	-375	-4549	-792	552	-3293	461	306	-4655	701	-484
9C	-2309	-919	-195	-1651	-1850	303	-10415	1188	1032	-10597	966	-1138
9D	-10384	-834	-1065	-14244	-802	1564	2085	-15	-256	-2429	1036	-243
9E	-6266	-878	-622	-7822	-1337	921	-4289	599	401	-6594	1000	-700
9F	-8820	-1229	-886	-11346	-1862	1315	-5035	712	468	-8369	1300	-898
9G	-12778	-1187	-1312	-17516	-1348	1934	1089	122	-162	-4367	1335	-459
9H	-4702	-1272	-443	-4924	-2396	672	-11411	1327	1126	-12535	1265	-1355
9I	-11214	-1583	-1134	-14618	-2408	1685	-6031	850	563	-10308	1599	-1114
10	-41662	-6378	-4351	27594	4376	-2757	20770	-3085	-1994	-32021	4675	-3145
10R	-39289	-6043	-4108	30724	4901	-3111	23173	-3433	-2236	-28715	4165	-2792

TORRE A58 - EXT. 6.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (1.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-42998	-7095	-4350	-55060	-8995	5971	42131	-8341	-4790	30608	-5274	3168
1R	-40125	-6585	-4041	-53323	-8709	5801	45927	-8802	-5215	33414	-5609	3456
2	-42864	-7011	-5145	-21367	-3880	1603	40822	-8080	-6251	-1910	-311	-859
2R	-39607	-6541	-4771	-19124	-3532	1404	44038	-8511	-6670	585	-698	-617
3	-26866	-3871	-3784	11491	1679	-2197	18698	-3074	-4041	-28642	4445	-3769
3R	-23567	-3368	-3427	13870	2028	-2432	21839	-3580	-4406	-26249	4101	-3528
4	-28422	-5573	-2858	-34250	-6232	3725	21457	-6121	-2504	15896	-3731	1638
4R	-25123	-5066	-2503	-31861	-5883	3486	24596	-6636	-2864	18281	-4071	1880
5	-41685	-7300	-5504	-9727	-2512	-110	38254	-8712	-6859	-12160	765	-2295
5R	-38389	-6815	-5136	-7389	-2161	-329	41404	-9183	-7248	-9733	399	-2055
6	-32250	-4615	-4935	17008	2478	-3362	25423	-4227	-5909	-35500	5544	-4948
6R	-28953	-4113	-4578	19387	2827	-3597	28564	-4733	-6274	-33107	5200	-4706
7A	-12700	-2463	-891	-4046	-307	840	609	1183	-656	-9181	788	-1092
7AR	-9402	-1956	-537	-1656	41	601	3748	667	-1014	-6796	447	-850
7B	-12685	-1315	-1619	-1773	-524	-128	416	-1208	906	-11277	2248	-958
7BR	-9386	-809	-1264	615	-175	-367	3555	-1723	546	-8891	1908	-715
8A	-18679	-4561	-651	-1240	800	1416	10360	2682	-3613	-14434	381	-2091
8AR	-15234	-4094	-280	1565	1179	1134	12677	2155	-3887	-12596	62	-1907
8B	-17593	-774	-2988	8502	296	-2066	7613	-5442	1863	-22515	5222	-1749
8BR	-14913	-300	-2702	10135	563	-2226	11110	-5871	1471	-19920	4911	-1483
8C	-17814	-2624	-1820	3217	493	-315	8459	-1270	-923	-17856	2703	-1879
8CR	-14756	-2155	-1491	5426	816	-535	11373	-1744	-1260	-15632	2386	-1654
9A	-5170	-662	-536	-4452	-582	431	-2587	728	340	-2542	439	-235
9B	-5137	-756	-531	-4004	-565	386	-3849	700	470	-3381	467	-324
9C	-4231	-1273	-425	-493	-370	26	-11691	434	1276	-8555	593	-876
9D	-12401	-1204	-1320	-12992	-1573	1313	899	1483	13	-477	678	-7
9E	-8235	-1239	-864	-6618	-960	657	-5522	948	657	-4597	634	-450
9F	-11496	-1720	-1213	-9482	-1378	953	-6942	1216	819	-5652	803	-559
9G	-15499	-1685	-1652	-15607	-1968	1584	-772	1731	200	-1694	845	-134
9H	-7328	-1756	-757	-3107	-765	297	-13363	682	1462	-9771	761	-1002
9I	-14593	-2203	-1545	-12096	-1773	1224	-8614	1464	1006	-6868	971	-685
10	-33165	-4850	-3249	19107	2840	-1802	29210	-4599	-2962	-40471	6197	-4233
10R	-29871	-4346	-2893	21481	3188	-2036	32357	-5106	-3327	-38075	5853	-3990



TORRE A58 - EXT. 6.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (1.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-55055	-8992	-5970	-43008	-7099	4352	30613	-5277	-3170	42130	-8336	4786
1R	-53319	-8708	-5798	-40133	-6588	4043	33419	-5612	-3457	45926	-8798	5212
2	-49450	-8008	-6053	-15203	-3055	739	34813	-6054	-4272	4521	-2165	-1067
2R	-47051	-7673	-5789	-11950	-2510	414	37174	-6344	-4524	7719	-2754	-753
3	-25672	-3747	-3622	9593	1269	-1960	20039	-3239	-2919	-29280	4896	-5291
3R	-23277	-3399	-3381	12893	1781	-2313	22417	-3574	-3162	-26141	4372	-4936
4	-34244	-6230	-3723	-28432	-5577	2860	15902	-3735	-1639	21456	-6116	2501
4R	-31856	-5881	-3485	-25132	-5069	2505	18286	-4074	-1881	24595	-6632	2861
5	-46055	-7814	-6164	-6053	-2280	-697	34695	-6641	-4619	-7905	-1023	-3288
5R	-43631	-7471	-5910	-2758	-1753	-1038	37047	-6953	-4864	-4765	-1582	-2956
6	-31190	-4546	-4787	14980	2014	-3112	26896	-4338	-4097	-36005	6049	-7159
6R	-28795	-4198	-4547	18280	2526	-3465	29274	-4672	-4340	-32866	5526	-6805
7A	-10043	-1746	-573	-4507	-129	926	515	425	-235	-11283	651	-1917
7AR	-7654	-1399	-336	-1206	377	570	2899	86	-477	-8145	135	-1556
7B	-12315	-1530	-1542	-4523	-1277	198	2610	-1034	-100	-11090	3042	-354
7BR	-9927	-1182	-1305	-1222	-770	-156	4994	-1373	-343	-7952	2526	4
8A	-13812	-2896	-97	1276	2139	1190	7275	805	-1395	-18734	-745	-4639
8AR	-11007	-2517	184	4723	2606	818	9113	487	-1580	-16418	-1274	-4364
8B	-19702	-2021	-3181	2708	-1668	-1423	12868	-4061	-785	-19868	7056	449
8BR	-18069	-1756	-3020	5390	-1194	-1711	15461	-4372	-1050	-16371	6626	842
8C	-16431	-2412	-1639	1612	191	-111	9509	-1528	-1055	-18685	3052	-2134
8CR	-14216	-2090	-1417	4673	664	-438	11726	-1841	-1280	-15772	2570	-1802
9A	-4445	-579	-428	-5182	-667	539	-2536	436	233	-2588	733	-344
9B	-3997	-562	-383	-5149	-761	535	-3374	463	322	-3850	707	-474
9C	-486	-367	-23	-4244	-1278	428	-8548	589	875	-11693	440	-1280
9D	-12987	-1571	-1311	-12412	-1207	1323	-472	674	5	898	1488	-18
9E	-6612	-957	-654	-8247	-1244	867	-4590	631	448	-5523	954	-661
9F	-9475	-1376	-951	-11507	-1724	1216	-5646	800	557	-6943	1222	-823
9G	-15602	-1966	-1583	-15509	-1690	1655	-1688	841	132	-773	1736	-204
9H	-3100	-762	-294	-7341	-1760	760	-9765	757	1000	-13365	688	-1466
9I	-12090	-1771	-1223	-14604	-2207	1548	-6862	967	683	-8615	1470	-1010
10	-31689	-4664	-3052	17027	2408	-1540	30720	-4828	-3263	-41378	6672	-4391
10R	-29301	-4317	-2812	20322	2920	-1892	33103	-5163	-3507	-38233	6149	-4034

TORRE A58 - EXT. 0.0 – PERNAS NIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-47918	-7832	-5053	-47905	-7826	5048	35987	-6056	-3810	35999	-6061	3815
1R	-45756	-7423	-4826	-45748	-7420	4823	39273	-6464	-4155	39283	-6467	4158
2	-46033	-7548	-5445	-16017	-2947	1090	34156	-5704	-4261	4055	-1248	-204
2R	-43335	-7179	-5131	-13386	-2501	845	36971	-6073	-4587	6803	-1694	52
3	-27184	-4084	-3615	12491	1902	-2084	15258	-2301	-2378	-24403	3663	-3323
3R	-24459	-3680	-3326	15207	2313	-2365	17987	-2705	-2668	-21684	3251	-3042
4	-30125	-5661	-3173	-30112	-5656	3169	18193	-3884	-1930	18206	-3890	1935
4R	-27401	-5253	-2887	-27391	-5249	2884	20917	-4293	-2216	20926	-4297	2219
5	-44249	-7687	-5668	-5081	-1748	-477	32343	-5879	-4453	-6850	-14	-1739
5R	-41514	-7300	-5364	-2384	-1320	-743	35090	-6266	-4759	-4140	-442	-1473
6	-33392	-5019	-4763	18699	2837	-3232	21466	-3236	-3526	-30610	4598	-4471
6R	-30666	-4615	-4474	21415	3249	-3513	24194	-3640	-3815	-27891	4186	-4190
7A	-11939	-2444	-707	-2674	273	816	859	522	-477	-10082	848	-1431
7AR	-9216	-2036	-421	47	680	531	3582	114	-763	-7361	441	-1146
7B	-12790	-1254	-1720	-1823	-916	-197	8	-667	535	-9232	2038	-418
7BR	-10066	-846	-1434	896	-509	-481	2733	-1075	249	-6511	1631	-133
8A	-18352	-4826	-313	3088	2807	1278	10175	785	-2580	-17423	537	-3325
8AR	-15324	-4449	4	6113	3183	961	12191	407	-2791	-15409	161	-3114
8B	-19781	-891	-3576	7840	-1127	-2336	5422	-3149	1034	-15994	4473	-61
8BR	-17764	-514	-3365	9854	-751	-2547	8450	-3527	716	-12969	4096	254
8C	-18613	-2796	-1939	4936	777	-515	7362	-1099	-786	-16197	2421	-1699
8CR	-16095	-2421	-1674	7447	1155	-776	9891	-1475	-1052	-13673	2043	-1436
9A	-4195	-490	-431	-4179	-482	426	-2229	450	223	-2213	444	-218
9B	-3921	-569	-402	-3905	-563	397	-3315	493	338	-3299	486	-333
9C	-1481	-1009	-144	-1465	-1001	139	-10054	701	1050	-10038	694	-1045
9D	-12267	-1009	-1283	-12251	-1002	1279	730	701	-89	746	694	93
9E	-6766	-1009	-702	-6750	-1001	698	-4769	701	491	-4754	694	-487
9F	-9827	-1448	-1026	-9811	-1441	1021	-6009	910	622	-5992	902	-618
9G	-15112	-1448	-1584	-15096	-1441	1579	-723	910	64	-708	902	-59
9H	-4327	-1448	-445	-4310	-1441	440	-11508	909	1203	-11493	902	-1199
9I	-12673	-1888	-1326	-12656	-1880	1322	-7462	1118	776	-7446	1110	-771
10	-37243	-5606	-3750	23925	3629	-2363	25325	-3814	-2521	-35845	5379	-3612
10R	-34523	-5201	-3462	26636	4039	-2644	28059	-4218	-2811	-33120	4969	-3329

TORRE A58 - EXT. 0.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (1.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-37886	-5816	-3948	-54504	-11063	6803	44731	-7093	-5087	24367	-3803	2232
1R	-36220	-5515	-3777	-52345	-10389	6502	47801	-7539	-5387	28243	-4331	2661
2	-41068	-6663	-4581	-18905	-4484	1022	36245	-5735	-4578	438	-567	-682
2R	-39057	-6424	-4369	-15963	-3799	737	38693	-6092	-4847	3808	-1132	-341
3	-27908	-4394	-3290	13075	2486	-3394	12271	-1820	-1922	-20729	2908	-2795
3R	-25736	-4098	-3063	16133	3047	-3766	14481	-2149	-2139	-17398	2380	-2432
4	-23434	-4264	-2432	-32654	-8570	4265	22508	-3948	-2658	10291	-2308	826
4R	-21247	-3961	-2205	-29593	-8022	3884	24700	-4275	-2871	13620	-2831	1192
5	-40262	-7048	-4696	-6366	-3302	-1382	31324	-5175	-4373	-7985	196	-1886
5R	-38147	-6780	-4473	-3328	-2685	-1714	33615	-5513	-4612	-4660	-350	-1537
6	-34215	-5450	-4200	19040	3685	-5276	16999	-2517	-2840	-25115	3463	-3677
6R	-32043	-5154	-3974	22097	4245	-5647	19211	-2847	-3058	-21786	2935	-3314
7A	-14185	-2777	-1418	-2020	1486	1815	3256	-401	-735	-10340	892	-1462
7AR	-11998	-2475	-1190	1041	2033	1433	5448	-728	-947	-7011	370	-1096
7B	-10457	-850	-1144	-1325	-2288	-785	-1551	137	662	-9955	2200	-531
7BR	-8270	-547	-917	1736	-1741	-1167	639	-188	450	-6625	1678	-165
8A	-27404	-6325	-2683	4702	7627	3870	16111	-2094	-3113	-15372	94	-3015
8AR	-24910	-6043	-2422	8339	8020	3446	17353	-2289	-3232	-12782	-384	-2732
8B	-13603	78	-1630	9851	-5303	-5169	-2862	112	1881	-15350	4416	-22
8BR	-12045	357	-1469	11865	-4683	-5450	-42	-298	1605	-11779	3928	372
8C	-19792	-3026	-2086	6417	1094	-688	6308	-940	-639	-14898	2175	-1525
8CR	-17776	-2748	-1877	9233	1607	-1036	8355	-1245	-838	-11812	1689	-1187
9A	-3565	-382	-367	-4486	-445	554	-1210	198	106	-2843	552	-294
9B	-3241	-438	-331	-3814	-735	516	-2641	394	247	-4029	624	-431
9C	-601	-747	-43	1364	-2533	169	-11794	1651	1142	-11294	1013	-1269
9D	-10590	-774	-1112	-15957	-108	1705	5049	-646	-533	-828	913	-60
9E	-5496	-761	-567	-7123	-1345	922	-3540	525	322	-6165	964	-677
9F	-7951	-1083	-824	-10779	-1906	1358	-4103	610	363	-8093	1302	-897
9G	-12845	-1097	-1347	-19266	-718	2111	4150	-516	-457	-2964	1253	-306
9H	-2857	-1069	-278	-1945	-3143	575	-12692	1781	1217	-13430	1353	-1514
9I	-10206	-1405	-1060	-14087	-2516	1765	-5003	739	438	-10229	1641	-1143
10	-42909	-6663	-4522	29430	4969	-2973	20487	-3057	-1868	-30297	4340	-2883
10R	-40739	-6366	-4296	32478	5529	-3346	22703	-3387	-2085	-26962	3812	-2519

TORRE A58 - EXT. 0.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (1.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-38816	-6058	-3810	-54440	-8541	6021	41745	-8689	-5160	28221	-4486	2949
1R	-36028	-5539	-3506	-53128	-8335	5896	45709	-9112	-5622	30927	-4790	3232
2	-36900	-5726	-4168	-22608	-3722	2097	37828	-8051	-6275	-1608	50	-474
2R	-33605	-5244	-3775	-20674	-3427	1943	41007	-8463	-6755	752	-314	-233
3	-22879	-3210	-3004	8892	1310	-1546	16365	-2999	-3796	-25668	4078	-3055
3R	-19544	-2690	-2632	11063	1634	-1752	19430	-3535	-4188	-23469	3770	-2828
4	-24739	-4562	-2404	-32218	-5397	3592	19897	-6196	-2621	13769	-2934	1433
4R	-21404	-4038	-2036	-30027	-5071	3381	22957	-6746	-3005	15955	-3236	1661
5	-34866	-5764	-4320	-10771	-2143	479	33853	-8620	-6784	-11505	1197	-1713
5R	-31528	-5262	-3936	-8681	-1827	295	36937	-9099	-7217	-9247	861	-1480
6	-27266	-3765	-3885	13620	2007	-2463	22330	-4196	-5677	-31974	5134	-3965
6R	-23931	-3245	-3514	15790	2332	-2670	25395	-4732	-6070	-29775	4826	-3738
7A	-12046	-2489	-738	-4805	-629	1020	1861	1767	-1163	-8300	551	-918
7AR	-8711	-1964	-371	-2615	-303	809	4922	1218	-1546	-6115	250	-692
7B	-12431	-1181	-1669	2	-90	-376	1166	-2007	1438	-12029	2479	-1192
7BR	-9097	-656	-1302	2194	236	-588	4228	-2556	1055	-9843	2177	-964
8A	-17172	-4668	-203	-5693	-539	2192	12626	4850	-5497	-11726	-339	-1432
8AR	-13596	-4178	193	-2873	-129	1917	14638	4228	-5779	-10169	-617	-1272
8B	-17195	-346	-3195	13281	1665	-2802	7476	-8081	3543	-25527	6065	-2486
8BR	-14600	133	-2912	14521	1860	-2920	11112	-8475	3117	-23034	5783	-2226
8C	-16784	-2451	-1697	3270	485	-290	9327	-1463	-1075	-17778	2731	-1878
8CR	-13703	-1967	-1356	5283	786	-483	12161	-1965	-1433	-15742	2449	-1667
9A	-4723	-603	-512	-4181	-607	402	-1430	791	285	-1769	342	-174
9B	-4537	-689	-486	-3395	-506	324	-3054	666	439	-2738	375	-278
9C	-2580	-1140	-237	2333	239	-237	-13280	-256	1399	-8799	541	-924
9D	-13046	-1240	-1446	-14509	-2058	1437	4041	2168	-136	1189	514	144
9E	-7709	-1189	-829	-5919	-886	583	-4792	931	647	-3905	528	-400
9F	-11090	-1692	-1197	-8778	-1312	875	-6184	1245	823	-4872	680	-501
9G	-16219	-1741	-1789	-17032	-2438	1696	2303	2434	70	21	667	22
9H	-5753	-1641	-580	-188	-140	19	-15017	9	1607	-9966	695	-1046
9I	-14262	-2192	-1540	-11302	-1692	1132	-7922	1511	1030	-6039	833	-623
10	-31388	-4509	-2981	18730	2794	-1664	31103	-5179	-3200	-41736	6482	-4401
10R	-28059	-3987	-2612	20895	3117	-1871	34177	-5715	-3592	-39534	6175	-4172

TORRE A58 - EXT. 0.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (1.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-54447	-8543	-6024	-38796	-6051	3805	28214	-4481	-2948	41739	-8699	5167
1R	-53133	-8336	-5899	-36013	-5534	3502	30922	-4785	-3231	45704	-9120	5629
2	-45679	-7153	-5433	-14898	-2741	945	31189	-5219	-3566	6097	-2335	-765
2R	-43414	-6819	-5182	-11643	-2175	618	33309	-5458	-3790	9228	-2994	-464
3	-21961	-3267	-2852	6297	666	-1217	18219	-3050	-2288	-25844	4831	-5044
3R	-19754	-2938	-2634	9623	1194	-1580	20393	-3346	-2515	-22782	4270	-4671
4	-32224	-5399	-3596	-24720	-4555	2399	13763	-2929	-1433	19890	-6207	2629
4R	-30032	-5072	-3383	-21389	-4033	2032	15950	-3232	-1660	22952	-6754	3010
5	-40909	-6610	-5271	-6456	-2017	-288	30495	-5662	-3689	-6419	-1037	-3089
5R	-38636	-6275	-5034	-3143	-1471	-636	32620	-5930	-3912	-3360	-1651	-2755
6	-26689	-3965	-3769	10683	1222	-2099	24525	-4105	-3198	-31809	6028	-6926
6R	-24483	-3637	-3552	14009	1749	-2462	26700	-4401	-3425	-28747	5468	-6553
7A	-8163	-1311	-273	-4472	-46	1040	786	484	-145	-11438	75	-2422
7AR	-5971	-985	-60	-1143	475	674	2973	182	-372	-8377	-472	-2040
7B	-12972	-1852	-1671	-4088	-1354	110	4514	-1443	-417	-10744	3849	178
7BR	-10781	-1525	-1458	-758	-832	-255	6701	-1745	-645	-7682	3302	560
8A	-8921	-1613	737	126	2283	1646	5999	1336	-849	-19170	-2701	-6475
8AR	-6100	-1203	1012	3697	2771	1250	7557	1056	-1010	-17156	-3321	-6194
8B	-22704	-3111	-3740	3374	-2008	-1719	16723	-5060	-1573	-19358	9483	2091
8BR	-21462	-2916	-3622	5965	-1529	-2001	19217	-5341	-1834	-15720	9090	2517
8C	-15407	-2301	-1498	1277	79	-25	10582	-1731	-1137	-18418	3255	-2278
8CR	-13377	-1999	-1300	4351	565	-362	12609	-2008	-1349	-15584	2745	-1928
9A	-4189	-609	-406	-4698	-594	505	-1777	349	176	-1439	777	-275
9B	-3404	-508	-329	-4512	-679	479	-2746	381	280	-3062	653	-429
9C	2325	237	233	-2556	-1132	231	-8808	548	925	-13287	-269	-1389
9D	-14517	-2059	-1442	-13022	-1231	1439	1180	521	-143	4033	2154	146
9E	-5927	-888	-588	-7684	-1180	823	-3913	534	402	-4800	918	-637
9F	-8787	-1314	-879	-11065	-1682	1190	-4881	687	502	-6193	1231	-814
9G	-17040	-2440	-1701	-16194	-1732	1783	13	673	-21	2294	2420	-61
9H	-197	-142	-24	-5727	-1632	574	-9974	701	1047	-15025	-4	-1597
9I	-11311	-1694	-1137	-14237	-2183	1534	-6047	841	624	-7930	1497	-1021
10	-30137	-4499	-2785	15861	2109	-1298	33189	-5303	-3519	-42204	7283	-4644
10R	-27940	-4172	-2570	19183	2635	-1661	35372	-5600	-3746	-39134	6726	-4270

## CÁLCULO DO STUB

### 1. ESFORÇO MÁXIMO ATUANTE :

#### 1.1 – Compressão

$$\begin{aligned} - FV &= 62803 \times 1.016785 &= & 63857 \text{ kgf (HIP. 5 – Pag. 23)} \\ - FT &= 62803 \times 0.150640 - 11884 &= & 2423 \text{ kgf} \\ - FL &= 62803 \times 0.105640 - 9009 &= & 2374 \text{ kgf} \end{aligned}$$

#### 1.2 – Arranque

$$\begin{aligned} - FV &= 50177 \times 1.016785 &= & 51019 \text{ kgf (HIP. 2R – Pag. 25)} \\ - FT &= 50177 \times 0.150640 - 10293 &= & 2734 \text{ kgf} \\ - FL &= 50177 \times 0.105640 - 8218 &= & 2917 \text{ kgf} \end{aligned}$$

### 2. RESISTENCIA DE CONCRETO :

$$2.1 - \text{Resistência mínima} = f_{ck} = = = 200 \text{ kgf/cm}^2$$

### 3. CALCULO DO STUB

#### 3.1 – CAPACIDADE DO STUB (item 7.4.1 - ASCE 10-1997)

L 127 x 127 x 9.5 G

##### 3.1.1 – Verificação a Compressão

$$\begin{aligned} A_{nec} &= FV / f_y + V / 0.75f_y \\ &= 63857 / 4218 + (2423^2 + 2374^2)^{0.5} / 0.75 \times 4218 \\ A_{nec} &= 16.21 \text{ cm}^2 < A_n = 0,93 \times 23.29 \text{ cm}^2. \end{aligned}$$

##### 3.1.2 – Verificação ao Arranque

$$\begin{aligned} A_{nec} &= FV / f_y + V / 0.75f_y \\ &= 51019 / 4218 + (2734^2 + 2917^2)^{0.5} / 0.75 \times 4218 \\ A_{nec} &= 13.36 \text{ cm}^2 < A_n = 0,93 \times 19.68 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

#### 3.2 - CAPACIDADE DOS CLEATS (item 7.6.2 – ASCE 10-1997)

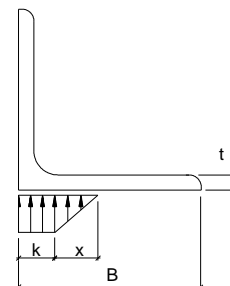
L 90 x 90 x 8 G - 6 cleats por stub

LC = 16 cm

$$\begin{aligned} x &= t \times [f_y / 1.19f_c]^{0.5} & f_y &= 4218 \text{ kgf/cm}^2 & t &= 0.80 \text{ cm} & k &= 1.90 \text{ cm} \\ x &= 0.80 \times [0,93 \times 4218 / (1.19 \times 200)]^{0.5} & &= & 3.25 \\ RC &= n^\circ \text{ cleats} \times 1.19 \times f_{cd} \times LC \times (k + x/2) \\ RC &= 6 \times 1.19 \times 200 \times 16 \times (1.90 + 3.25/2) \\ RC &= 80539 \text{ kgf} > FV \end{aligned}$$

PARAFUSOS : 2 M16 por cleat

$$\begin{aligned} \tau_{cort} &= 63857 / (6 \times 2 \times 2.01) \\ &= 2647 \text{ kgf/cm}^2 < \tau_{lim} = 0,93 \times 3100 \text{ kgf/cm}^2 \\ \sigma_{ap1} &= 63857 / (6 \times 2 \times 1.60 \times 0,8) \\ &= 4157 \text{ kgf/cm}^2 < \sigma_{lim} = 0,93 \times 7910 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$



0	18/04/11	APROVADO CONFORME RAD MGE-1203-01-0147	RTO	TM	TM
0A	01/04/11	EMISSÃO INICIAL	RTO	TM	TM
REV.	DATA	NATUREZA DA REVISÃO	ELAB.	VERIF.	APROV.
 www.brametal.com.br			Nº BRAMETAL: MC-10021-300		
CLIENTE: 					
EMPREENDIMENTO: <b>Sistema de Transmissão – Lote “G” do Leilão ANEEL 005/2009</b> <b>PROJETO EXECUTIVO</b>					
ÁREA: <b>CIVIL</b>					
TÍTULO: <b>LT 500 kV MESQUITA – VIANA 2</b> <b>TORRE DE ANCORAGEM G.A. (60°) E TERMINAL (0°) – AUTO-PORT ANTE - TIPO E5A</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO</b>					
ELAB. RTO		VERIF. TM		APROV. TM	
				R. TEC.: JAS	
				CREA NO 21.207-4	
CÓDIGO DOS DESCRITORES 			DATA 01/04/11		Folha: 0
					de 51
MGE-MC2EG-MVC12-0600			Nº DO DOCUMENTO: 1203/LT-3F-MC-0600		
			REVISÃO 0		

INDICE
--------

MC-10021-300

	Pag.
1 - INTRODUÇÃO	01
2 – ARVORES DE CARGA	02
3 – CARGA DE VENTO NA TORRE	13
4 – DIMENSIONAMENTO	20
5 – CARGAS NA FUNDAÇÃO	
5.1 – CONDIÇÃO ANCORAGEM EM GRANDE ÂNGULO	25
5.2 – CONDIÇÃO TERMINAL	38
6 – CÁLCULO DO STUB	51



## INTRODUÇÃO

### 1 – CARACTERÍSTICAS DA LINHA

- TENSÃO DA LINHA - 500 KV
- NUMERO DE CIRCUITOS - 1
- NUMERO DE CABOS PÁRA-RAIOS - 2
- NUMERO DE CONDUTORES POR FASE - 3
- DISPOSIÇÃO DAS FASES - HORIZONTAL

### 2 – CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA

#### 2.1 – CONDIÇÃO ANCORAGEM EM GRANDE ÂNGULO

- UTILIZAÇÃO - ANCOR. EM GRANDE ÂNGULO
- TIPO DE TORRE - AUTOPORTANTE
- DEFLEÇÃO MÁXIMA - 60°
- VÃO DE VENTO - 400m a 60°
- VÃO DE PESO
  - Condutor - 1300 m
  - Pára-raios - 1350 m

#### 2.2 – CONDIÇÃO TERMINAL

- UTILIZAÇÃO - TERMINAL
- TIPO DE TORRE - AUTOPORTANTE
- DEFLEÇÃO MÁXIMA - 30°
- VÃO DE VENTO - 400 m a 30°
- VÃO DE PESO
  - Condutor - 1300 m
  - Pára-raios - 1350 m

### 3 - CABOS

- CABO PÁRA-RAIO
  - CAA - DOTTEREL
  - Aço galvanizado EAR 3/8" – 7 fios
  - OPGW 120 mm<sup>2</sup>
- CABO CONDUTOR
  - CAA - RAIL – 954 kCM

### 4 – METODOLOGIA DE CÁLCULO

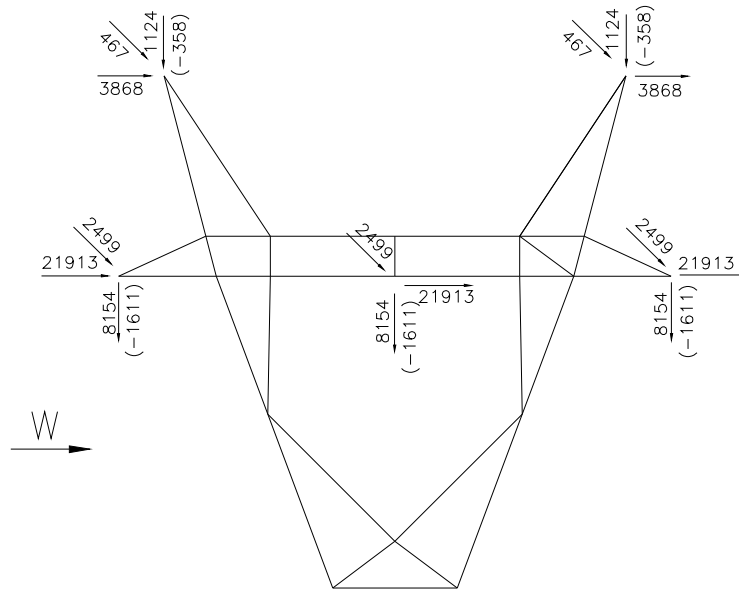
- A TORRE FOI CALCULADA DE ACORDO COM A ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA E ASCE 10-97
- O CÁLCULO DAS TORRES É FEITO POR UM PROGRAMA DE COMPUTADOR QUE UTILIZA O MÉTODO DOS DESLOCAMENTOS PARA ANÁLISE LINEAR DE ESTRUTURAS RETICULADAS PARA LINHAS DE TRANSMISSÃO.
- A TORRE FOI DIMENSIONADA CONSIDERANDO-SE UMA TAXA DE REDUÇÃO NAS TENSÕES LIMITES DE 0,85.

## ARVORES DE CARGA

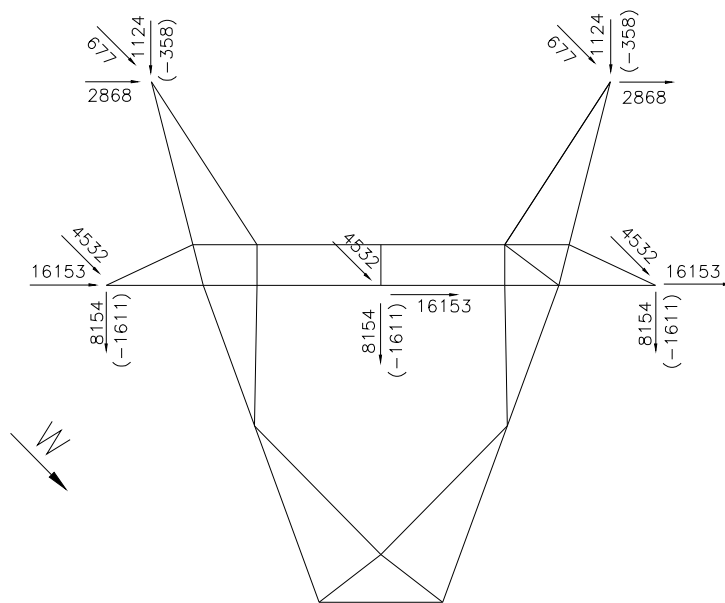
1. AS CARGAS ESTÃO EM kgf.
2. FOI CONSIDERADO UM FATOR DE SOBRECARGA DE 1,15 NO PESO PRÓPRIO DA ESTRUTURA PARA VÃO DE PESO MÁXIMO e 0.90 PARA VÃO DE PESO MÍNIMO EM TODAS AS HIPÓTESES, EXCETO PARA A HIPÓTESE 9, ONDE O FATOR É DE 1,50.
3. AS CARGAS VERTICAIS ENTRE PARENTESSES SÃO PARA VÃO DE PESO MÍNIMO.
4. CARREGAMENTOS
- 4.1 – CONDIÇÃO ANCORAGEM EM GRANDE ÂNGULO

HIPÓTESE	DESCRIÇÃO
1	VENTO EXTREMO TRANSVERSAL
2	VENTO EXTREMO À 45°
3	VENTO EXTREMO LONGITUDINAL
4	VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL
5	VENTO DE ALTA INTENSIDADE À 45°
6	VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL
7A	ROMPIMENTO DO PARA-RAIOS EM A
7B	ROMPIMENTO DO PARA-RAIOS EM B
8A	ROMPIMENTO NA FASE C
8B	ROMPIMENTO NA FASE D
8C	ROMPIMENTO NA FASE E
9A	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em B
9B	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A e B
9C	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A, B e C
9D	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A, B e D
9E	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A, B e E
9F	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A, B, C e D
9G	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A, B, D e E
9H	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A, B, C, D e E
10	CONTENÇÃO EM CASCATA – SEM VENTO

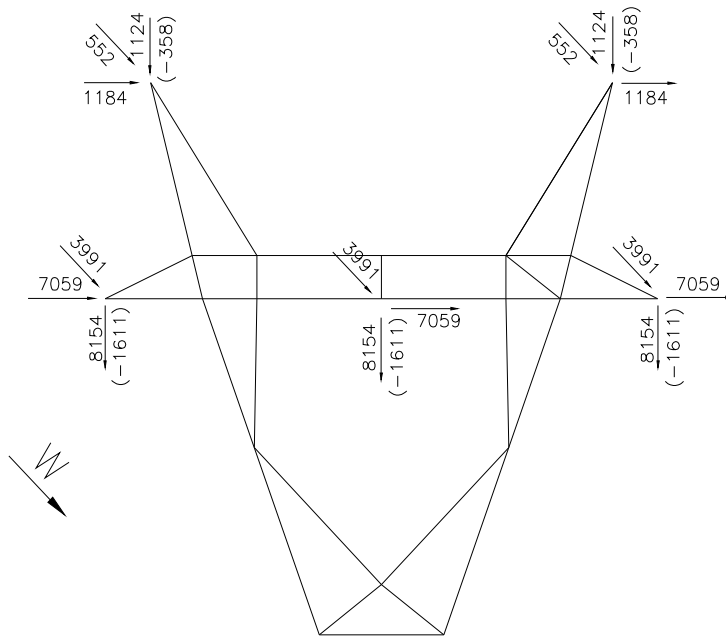
4.1.1- HIPÓTESE 1 – VENTO EXTREMO TRANSVERSAL



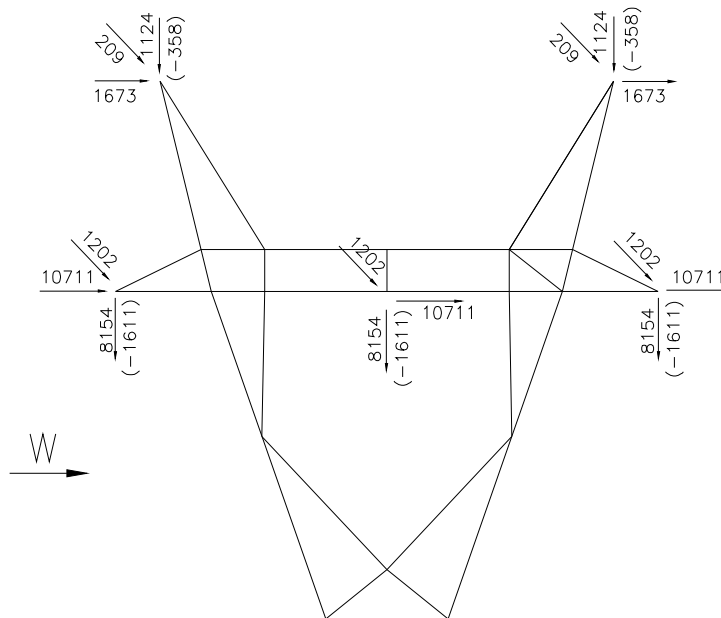
4.1.2- HIPÓTESE 2 – VENTO EXTREMO À 45°



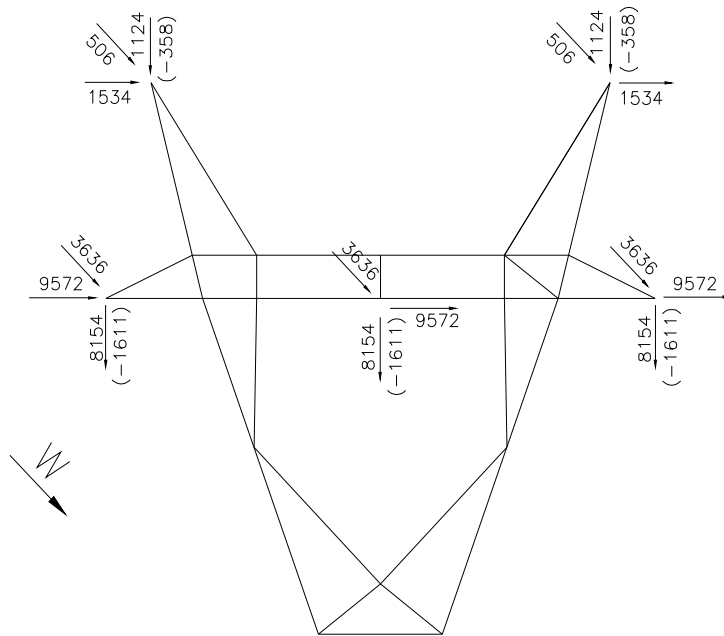
4.1.3- HIPÓTESE 3 – VENTO EXTREMO LONGITUDINAL



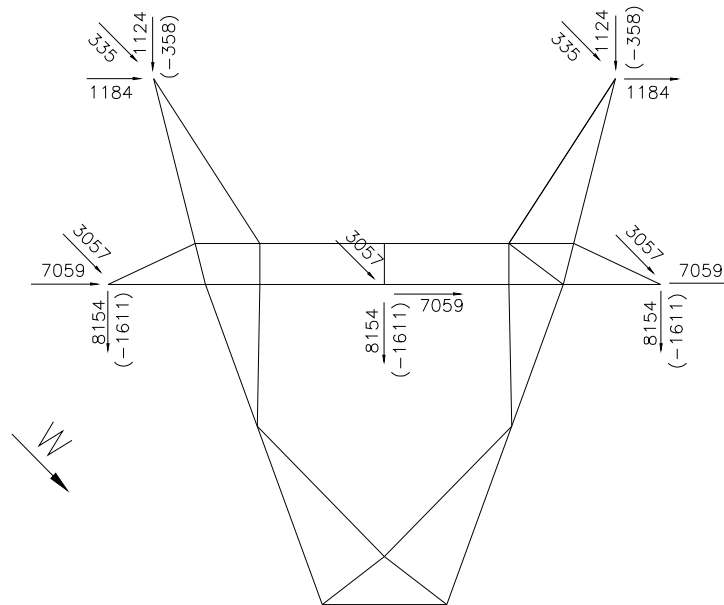
4.1.4- HIPÓTESE 4 – VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL



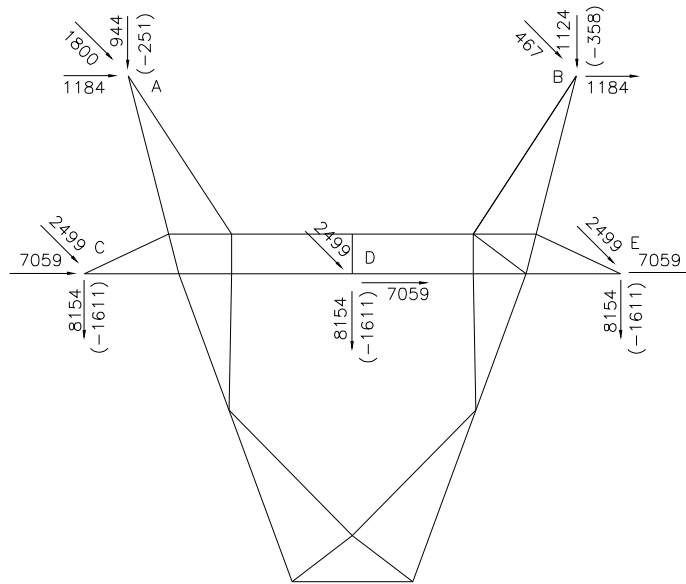
4.1.5- HIPÓTESE 5 – VENTO DE ALTA INTENSIDADE À 45°



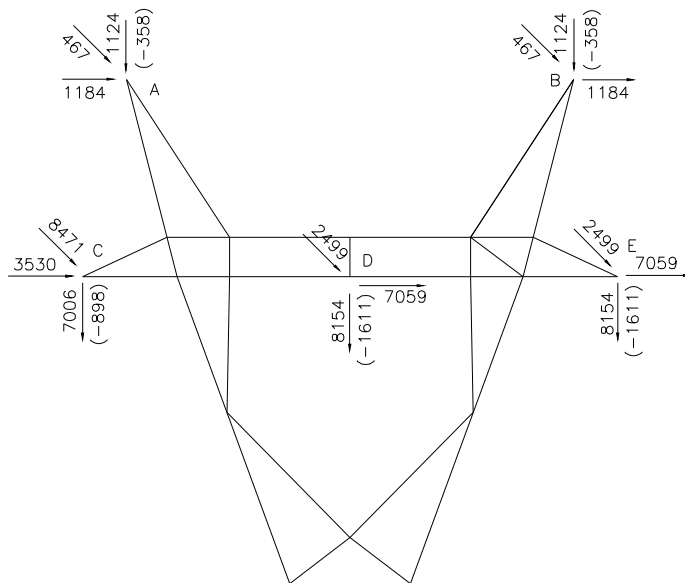
4.1.6- HIPÓTESE 6 – VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL



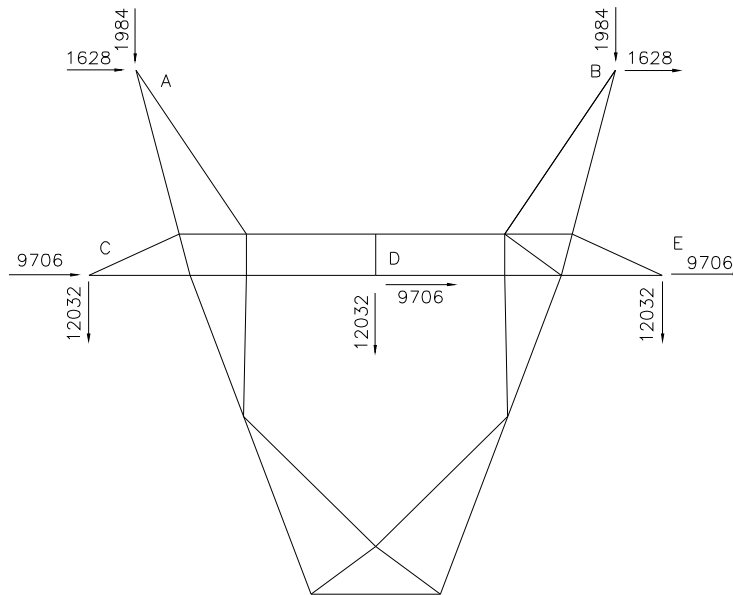
4.1.7- HIPÓTESE 7 – UM PARA-RAIO ROMPIDO EM QUALQUER POSIÇÃO – SEM VENTO



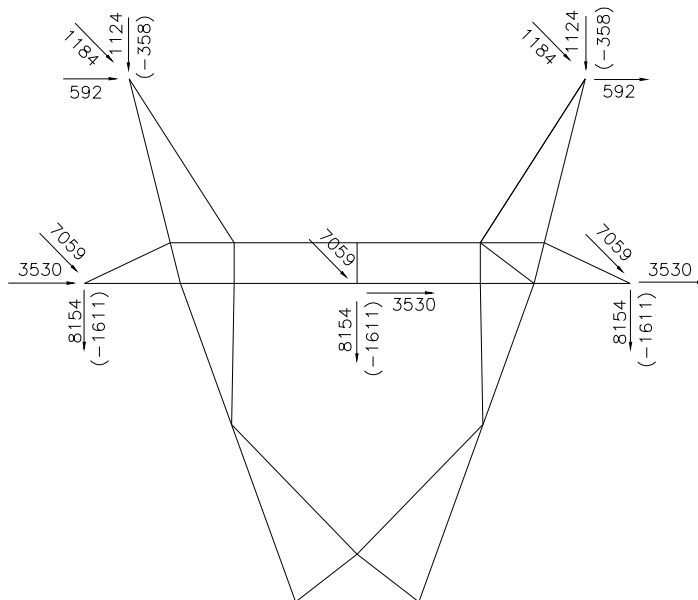
4.1.8-HIPÓTESE 8 – UM CONDUTOR ROMPIDO EM QUALQUER POSIÇÃO – SEM VENTO



4.1.9- HIPÓTESE 9 – CONSTRUÇÃO OU MANUTENÇÃO – SEM VENTO



4.1.10- HIPÓTESE 10 – CONTENÇÃO EM CASCATA – SEM VENTO

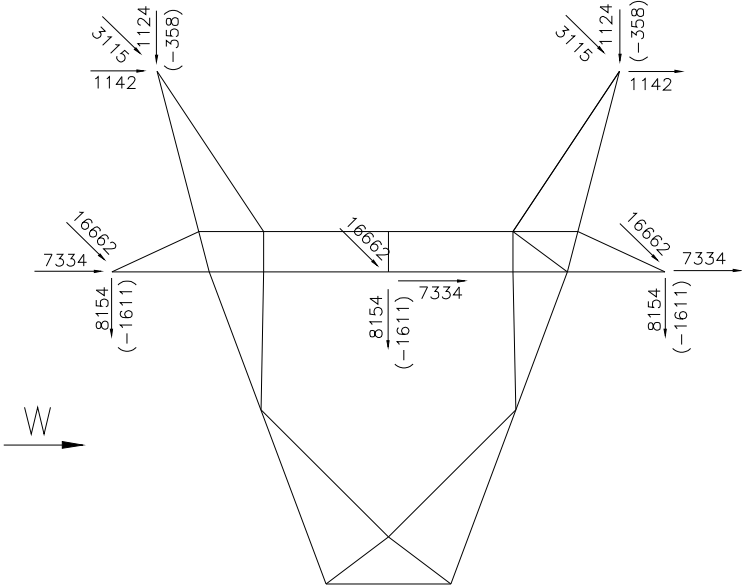


4.2 – CONDIÇÃO TERMINAL

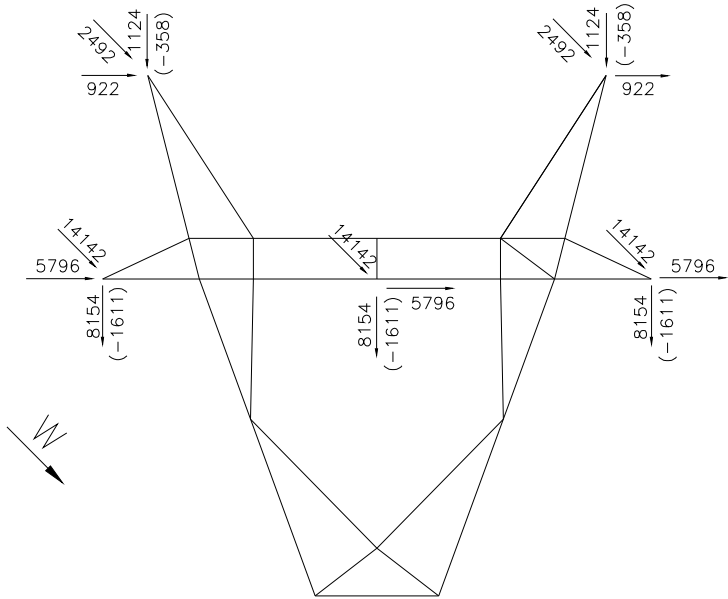
HIPÓTESE	DESCRIÇÃO
1T	VENTO EXTREMO TRANSVERSAL
2T	VENTO EXTREMO À 45°
3T	VENTO EXTREMO LONGITUDINAL
4T	VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL
5T	VENTO DE ALTA INTENSIDADE À 45°
6T	VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL
7TA	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em B
7TB	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A e B
7TC	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A, B e C
7TD	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A, B e D
7TE	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A, B e E
7TF	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A, B, C e D
7TG	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A, B, D e E
7TH	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A, B, C, D e E



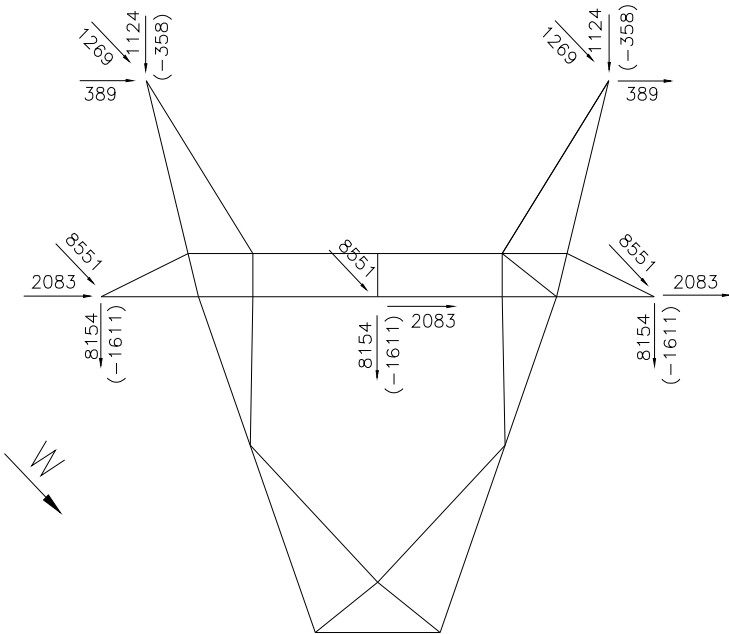
4.2.1- HIPÓTESE 1T – VENTO EXTREMO TRANSVERSAL



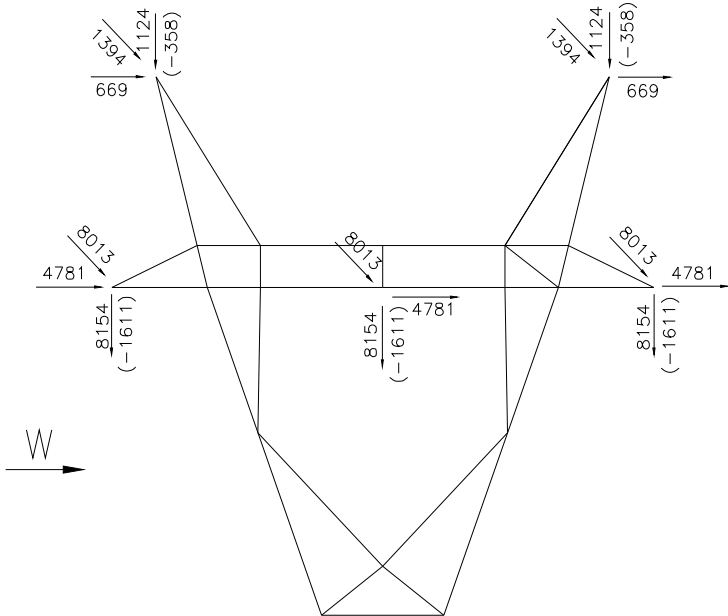
4.2.2- HIPÓTESE 2T – VENTO EXTREMO À 45°



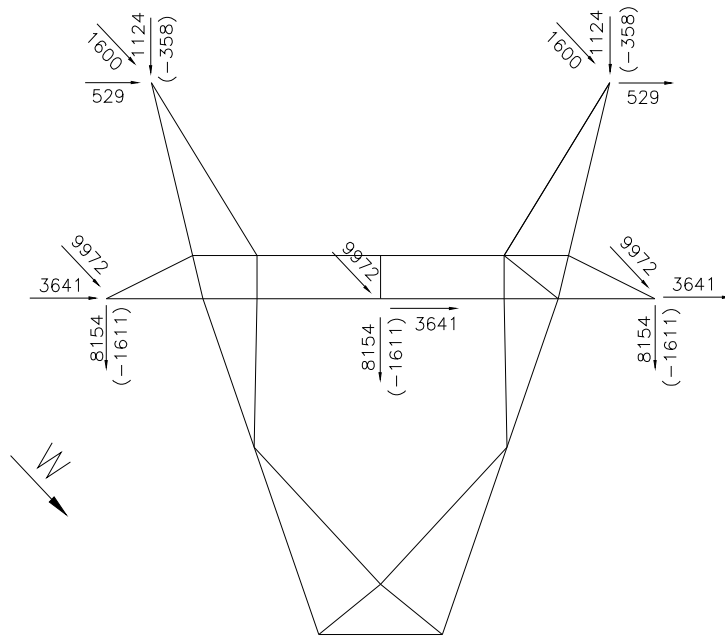
4.2.3-HIPÓTESE 3T – VENTO EXTREMO LONGITUDINAL



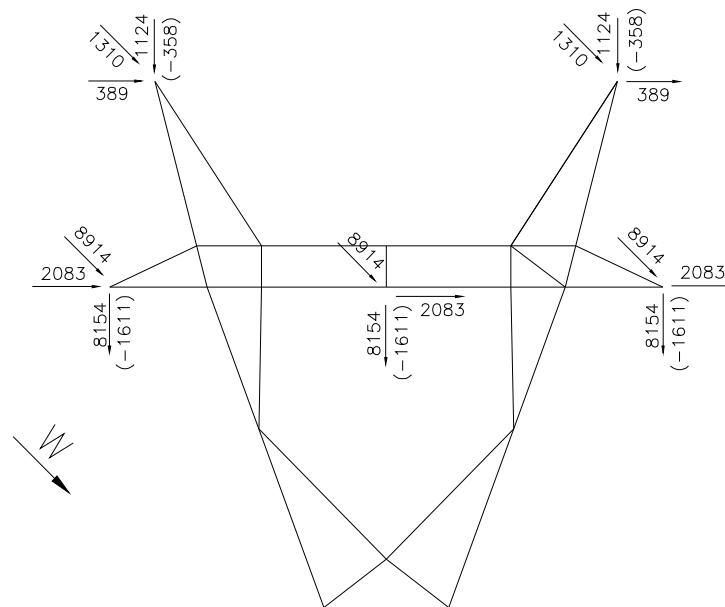
4.2.4- HIPÓTESE 4T – VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL



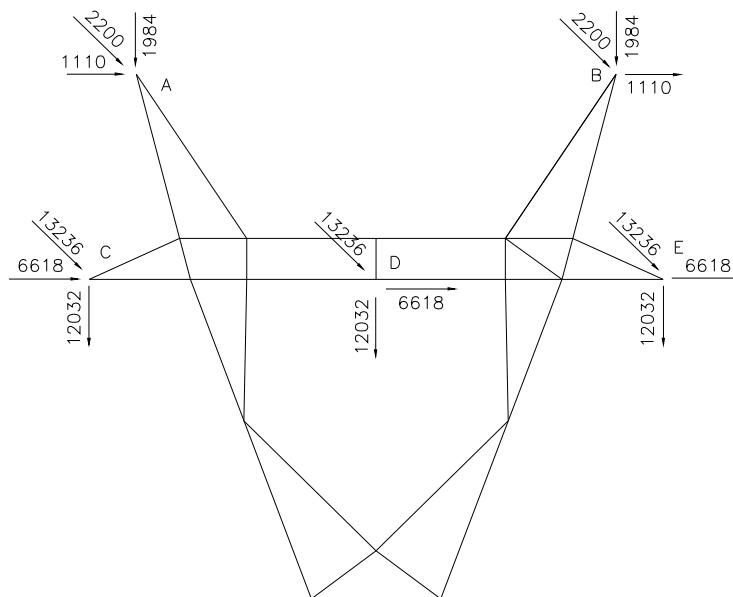
4.2.5- HIPÓTESE 5T – VENTO DE ALTA INTENSIDADE À 45°



4.2.6- HIPÓTESE 6T – VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL



4.2.7- HIPÓTESE 7T – CONSTRUÇÃO OU MANUTENÇÃO – SEM VENTO



## CARGA DE VENTO NA TORRE

### 1 – PRESSÃO DE VENTO

#### 1.1 VENTO EXTREMO TRANSVERSAL

$$At = 62 \times G_T \times S_{T1} \times C_{XT1}$$

#### 1.2 VENTO EXTREMO À 45°

$$At = 37.2 \times G_T \times (S_{T1} \cdot C_{XT1} + S_{T2} \cdot C_{XT2})$$

#### 1.3 VENTO EXTREMO LONGITUDINAL

$$At = 62 \times G_T \times S_{T2} \times C_{XT2}$$

#### 1.4 VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL

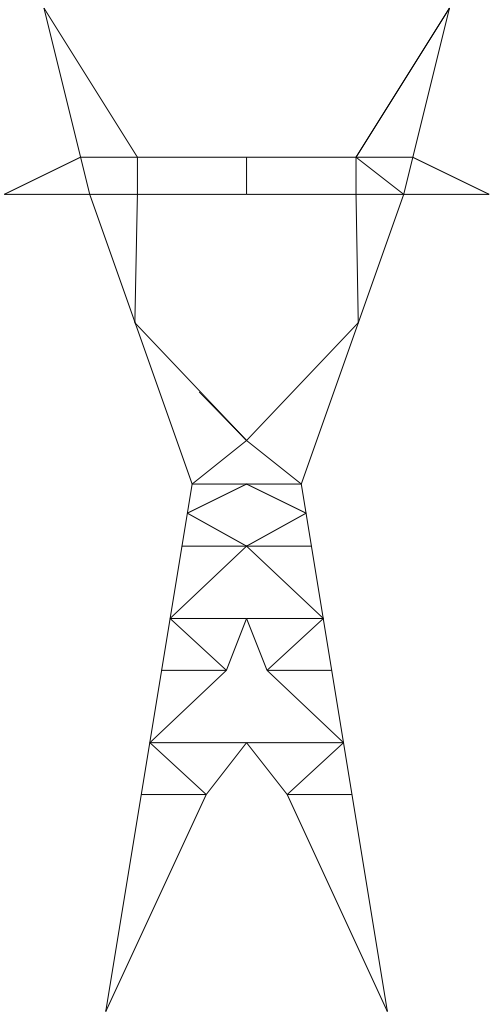
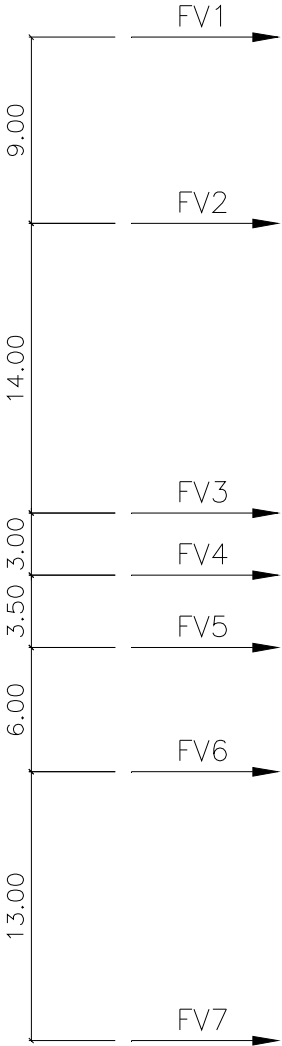
$$At = 190 \times S_{T1} \times C_{XT1}$$

#### 1.5 VENTO DE ALTA INTENSIDADE À 45°

$$At = 114 \times (S_{T1} \cdot C_{XT1} + S_{T2} \cdot C_{XT2})$$

#### 1.6 VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL

$$At = 190 \times S_{T2} \times C_{XT2}$$



2.1 – CÁLCULO DE ÁREA DE VENTO

NIVEL	H (m)	ABA (mm)	TRANSVERSAL		LONGITUDINAL	
			L (m)	AREA (m2)	L (m)	AREA (m2)
1	48.50					
		45	27.29	1.228	15.47	0.696
		50	4.47	0.223	12.25	0.612
		60	10.84	0.650	8.75	0.525
		65	14.60	0.949	19.00	1.235
		75	14.60	1.095	39.56	2.967
		90	9.60	0.864	17.92	1.613
		100	2.40	0.240	3.60	0.360
	127	0.00	0.000	41.40	5.258	
				5.249	13.266	
2	39.50					
		45			2.59	0.117
		50			8.11	0.405
		60	14.12	0.847	21.93	1.316
		65			8.98	0.583
		75	28.79	2.159	11.92	0.894
		100	57.33	5.733	6.92	0.692
		127	12.48	1.584	17.90	2.274
	152	39.64	6.025	45.84	6.968	
			16.349		13.249	
3	25.50					
		45	6.75	0.304	6.75	0.304
		65	6.52	0.424	6.52	0.424
		90	13.38	1.204	13.38	1.204
		152	6.09	0.925	6.09	0.925
			2.857		2.857	
4	22.50					
		45	1.45	0.065	1.45	0.065
		60	10.31	0.619	10.31	0.619
		75	7.71	0.578	7.71	0.578
		90	10.41	0.937	10.41	0.937
	152	7.10	1.079	7.10	1.079	
			3.279		3.279	
5	19.00					
		45	5.23	0.235	5.23	0.235
		60	32.49	1.949	32.49	1.949
		65	6.52	0.424	6.52	0.424
		75	5.40	0.405	5.40	0.405
		90	20.16	1.815	20.16	1.815
	152	12.17	1.850	12.17	1.850	
			6.678		6.678	

2.1 – CÁLCULO DE ÁREA DE VENTO

NIVEL	H (m)	ABA (mm)	TRANSVERSAL		LONGITUDINAL	
			L (m)	AREA (m2)	L (m)	AREA (m2)
6	13.00	45	6.22	0.280	6.22	0.280
		50	4.89	0.244	4.89	0.244
		60	34.01	2.041	34.01	2.041
		65	18.35	1.193	18.35	1.193
		75	22.42	1.682	22.42	1.682
		100	23.30	2.330	23.30	2.330
		152	26.37	4.009	26.37	4.009
				11.778		11.778
7	0.00					



2.2 – VENTO EXTREMO TRANSVERSAL

NIVEL	H (m)	AREA (m <sup>2</sup> )	ALTURA C.P. (m)	Cxt	Gt	FV (kgf)
1	48.500					884.
		5.249	43.153	2.740	2.425	
2	39.500					4793.
		16.349	32.218	3.088	2.324	
3	25.500					4315.
		2.857	23.779	3.116	2.219	
4	22.500					1311.
		3.279	20.489	3.248	2.167	
5	19.000					2153.
		6.678	15.839	3.268	2.079	
6	13.000					4138.
		11.778	7.273	3.541	1.836	
7	0.000					2091.

2.3 – VENTO EXTREMO À 45°

NIVEL	H (m)	AREA TRANSV (m <sup>2</sup> )	AREA LONGIT (m <sup>2</sup> )	ALTURA C.P. (m)	Cxt1	Cxl2	Gt	FV TRANSV (kgf)	FV LONGIT (kgf)
1	48.500							873.	873.
		5.249	13.266	41.891	2.740	2.793	2.425		
2	39.500							4835.	4835.
		16.349	13.249	32.007	3.088	2.613	2.324		
3	25.500							3231.	3231.
		2.857	2.857	23.779	3.116	3.116	2.219		
4	22.500							1112.	1112.
		3.279	3.279	20.489	3.248	3.248	2.167		
5	19.000							1827.	1827.
		6.678	6.678	15.839	3.268	3.268	2.079		
6	13.000							3511.	3511.
		11.778	11.778	7.273	3.541	3.541	1.836		
7	0.000							1774.	1774.

2.4 – VENTO EXTREMO LONGITUDINAL

NIVEL	H (m)	AREA (m2)	ALTURA C.P. (m)	Cxt	Gt	FV (kgf)
1	48.500					1170.
2	39.500	13.266	41.391	2.793	2.425	6624.
3	25.500	13.249	31.745	2.613	2.324	3285.
4	22.500	2.857	23.779	3.116	2.219	1311.
5	19.000	3.279	20.489	3.248	2.167	2153.
6	13.000	6.678	15.839	3.268	2.079	4138.
7	0.000	11.778	7.273	3.541	1.836	2091.

2.5 – VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL

NIVEL	H (m)	AREA (m2)	ALTURA C.P. (m)	Cxt	FV (kgf)
1	48.500				1109.
2	39.500	5.249	43.153	2.740	6228.
3	25.500	16.349	32.218	3.088	5711.
4	22.500	2.857	23.779	3.116	1831.
5	19.000	3.279	20.489	3.248	3125.
6	13.000	6.678	15.839	3.268	6618.
7	0.000	11.778	7.273	3.541	3491.

2.6 – VENTO DE ALTA INTENSIDADE À 45°

NIVEL	H (m)	AREA TRANSV (m2)	AREA LONGIT (m2)	ALTURA C.P. (m)	Cxt1	Cxl2	FV TRANSV (kgf)	FV LONGIT (kgf)
1	48.500						1101.	1101.
		5.249	13.266	41.891	2.740	2.793		
2	39.500						6233.	6233.
		16.349	13.249	32.007	3.088	2.613		
3	25.500						4284.	4284.
		2.857	2.857	23.779	3.116	3.116		
4	22.500						1553.	1553.
		3.279	3.279	20.489	3.248	3.248		
5	19.000						2651.	2651.
		6.678	6.678	15.839	3.268	3.268		
6	13.000						5616.	5616.
		11.778	11.778	7.273	3.541	3.541		
7	0.000						2962.	2962.

2.7 – VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL

NIVEL	H (m)	AREA (m2)	ALTURA C.P. (m)	Cxt	FV (kgf)
1	48.500				1479.
		13.266	41.391	2.793	
2	39.500				8494.
		13.249	31.745	2.613	
3	25.500				4364.
		2.857	23.779	3.116	
4	22.500				1831.
		3.279	20.489	3.248	
5	19.000				3125.
		6.678	15.839	3.268	
6	13.000				6618.
		11.778	7.273	3.541	
7	0.000				3491.

<b>TABELA DE DIMENSIONAMENTO</b>
----------------------------------

1 – TENSÕES LIMITES

1.1 – ESCOAMENTO	AÇO ASTM A36	= 2531 KGF/CM <sup>2</sup>
	AÇO ASTM A572-Gr.50	= 3515 KGF/CM <sup>2</sup>
	AÇO ASTM A572-Gr.60	= 4218 KGF/CM <sup>2</sup>

1.2 – COMPRESSÃO	DESIGN OF STEEL TRANSMISSION STRUCTURES – ASCE 10-97
------------------	---

CORREÇÃO DE CURVA (K)	PARA L/R < 120
	(1) KL/R = L/R
	(2) KL/R = 0.75 x L/R +30
	(3) KL/R = 0.50 x L/R +60
	PARA L/R > 120
	(4) KL/R = L/R

1.3 – CISALHAMENTO	(ISO 4016 – 5.8)	= 3100 KGF/CM <sup>2</sup>
--------------------	------------------	----------------------------

1.4 – ESMAGAMENTO	(ASTM A36)	= 6117 KGF/CM <sup>2</sup>
	(ASTM A572-Gr.50)	= 6855 KGF/CM <sup>2</sup>
	(ASTM A572-Gr.60)	= 7910 KGF/CM <sup>2</sup>

2 – QUALIDADE DOS PERFIS :	ASTM A572 – Gr.50
	ASTM A572 – Gr.60 (INDICADO COM “G”)

3 – PARAFUSOS INDICADOS COM ASTERISCO (\*) SÃO CALCULADOS COM 2 x A ÁREA DE CISALHAMENTO.

4 – PARA IDENTIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS DA ESTRUTURA, VER O DESENHO DE SILHUETA DA TORRE.

BARRA	CARGAS CRÍTICAS (kgf)				PERFIS (mm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )		L cm	R cm	L/R	K	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )			PARAFUSOS		
	COMPRESS		TRAÇÃO			BRUTA	LIQU					COMPRESS		TRAÇ ATU	QUANT & DIA	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )	
	LIM	ATU	LIM	ATU								CISA	ESMA				
1	1T	123340	1T	110167	152 X 15.9 G	45.87	38.49	279	4.67	60	1	3422	2689	2862	15 M20	2617	2586
2	1	75731	1	74707	152 X 12.7	37.10	31.53	268	4.72	57	2	2703	2041	2369	10 M20	2411	2982
3	1	69093	1	67604	2L 100 X 10.0 G	38.40	32.64	347	4.88	71	1	3104	1799	2071	5 M20*	2199	3455
4	1T	95223	1T	73302	152 X 12.7 G	37.10	31.21	268	4.72	57	1	3500	2567	2349	12 M20	2526	3124
5	1	78400	1	79657	127 X 12.7 G	30.65	26.05	208	3.91	53	2	3143	2558	3058	10 M20	2536	3136
6	1T	12844	1T	12016	75 X 5.0	7.36	5.04	178	2.31	77	1	2513	1745	2384	3 M20	1363	4281
7	1	6654	1	7068	65 X 4.0	5.13	4.20	205	1.99	103	3	1616	1297	1682	2 M20	1125	4417
8	7TC	51909	1T	23833	127 X 9.5	23.29	19.80	170	3.96	43	2	2920	2229	1204	7 M20	2360	3903
9	1T	3622	9F	29560	90 X 7.0	12.20	10.37	424	2.75	154	4	848	297	2850	4 M20	2352	5279
10	1T	3502	9F	29596	90 X 7.0	12.20	10.37	286	1.77	162	4	766	287	2854	4 M20	2355	5285
11	1	104100	1	94774	2L 127 X 9.5	46.58	39.59	300	5.97	50	1	3131	2235	2394	7 M20*	2367	3914
12	7TF	23485	1T	12779	90 X 7.0	12.20	8.95	186	2.75	68	1	2805	1925	1427	3 M20	2492	5592
13	1	77600	1	79554	2L 100 X 8.0 G	31.00	26.35	180	3.08	58	1	3474	2503	3019	5 M20*	2532	4972
14	1	81108	1	81510	127 X 12.7 G	30.65	24.76	240	3.91	61	1	3396	2646	3292	10 M20	2595	3209
15	1	88891	1	84656	127 X 12.7 G	30.65	24.76	220	3.91	56	1	3525	2900	3419	12 M20	2358	2916
16	1	67358	1	69972	127 X 12.7 G	30.65	24.76	220	3.91	56	1	3525	2198	2826	9 M20	2475	3061
17	1T	17791	1T	16087	90 X 7.0	12.20	10.37	240	2.75	87	3	1871	1458	1551	3 M20	1888	4236
18	1	530	9C	1273	60 X 4.0	4.72	3.79	240	1.84	130	4	1190	112	336	1 M20	405	1591
19	1	977	1	920	60 X 4.0	4.72	3.79	240	1.84	130	4	1190	207	243	1 M20	311	1221
20	1T	2843	1T	2265	60 X 4.0	4.72	3.79	152	1.19	128	4	1227	602	597	1 M20	905	3554
21	1	30833	1	35082	2L 75 X 6.0	17.50	14.72	211	2.29	92	1	2216	1762	2384	3 M20*	1861	4872
22	1	34975	1	30916	2L 75 X 7.0	20.20	16.95	211	2.28	93	1	2187	1731	1824	3 M20*	1856	4164
23	1	31103	1	34736	2L 75 X 6.0	17.50	14.72	211	2.29	92	1	2216	1777	2360	3 M20*	1843	4824

BARRA	CARGAS CRÍTICAS (kgf)				PERFIS (mm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )		L cm	R cm	L/R	K	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )			PARAFUSOS		
	COMPRESS		TRAÇÃO			BRUTA	LIQU					COMPRESS		TRAÇ ATU	QUANT & DIA	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )	
	LIM	ATU	LIM	ATU								CISA	ESMA				
24	1	34630	1	31187	2L 75 X 7.0	20.20	16.95	211	2.28	93	1	2187	1714	1840	3 M20*	1837	4123
25	1	31399	1	34359	2L 75 X 6.0	17.50	14.72	211	2.29	92	1	2216	1794	2335	3 M20*	1823	4772
26			9F3	12171	75 X 6.0	8.75	7.36	180	1.47	122	4	1351		1654	2 M20	1937	5071
31	1	10207	1	12028	75 X 6.0	8.75	7.36	170	1.47	115	2	1488	1167	1635	2 M20	1914	5012
32	1	814	1	996	65 X 4.0	5.13	4.20	240	1.30	185	4	588	159	237	1 M20	317	1245
33	7TF	6688	1T	7451	65 X 6.0	7.48	6.09	163	1.28	127	4	1247	894	1224	2 M20	1186	3104
34	1T	7451	7TF	6688	65 X 6.0	7.48	6.09	163	1.28	127	4	1247	996	1099	2 M20	1186	3104
35	1T	6717	7T3	7871	65 X 6.0	7.48	6.09	163	1.28	127	4	1247	898	1293	2 M20	1253	3279
40	9F4	3330	7T2	5431	2L 90 X 7.0	24.40	20.74	240	2.75	87	3	1871	136	262	2 M20	864	1940
45	1T	19087	1T	19028	100 X 7.0	13.70	11.65	185	1.97	94	3	1757	1393	1634	3 M20	2025	4545
46	1T	15255	1T	15273	100 X 7.0	13.70	11.65	217	1.97	110	2	1589	1113	1312	3 M20	1620	3636
47	1T	11968	1T	11915	100 X 7.0	13.70	11.65	237	1.97	120	4	1396	874	1023	2 M20	1905	4274
48	1T	12159	1T	12492	100 X 7.0	13.70	11.65	263	1.97	134	4	1120	887	1073	2 M20	1988	4461
49	1T	10540	1T	10212	100 X 7.0	13.70	11.65	287	1.97	146	4	943	769	877	2 M20	1677	3764
50	1T	8848	1T	9084	100 X 7.0	13.70	11.65	311	1.97	158	4	805	646	780	2 M20	1446	3244
61	1	5421	1	5367	75 X 7.0	10.10	8.48	252	1.47	172	4	680	537	633	1 M20	1726	3872
62	1	4736	1	4738	75 X 7.0	10.10	8.48	270	1.47	184	4	594	469	559	1 M20	1508	3384
63	1	4248	1	4201	75 X 7.0	10.10	8.48	288	1.47	196	4	523	421	496	1 M20	1352	3034
71			1T	16663	2L 100 X 10.0	38.40	32.64	120	3.04	39	3	2545		510	4 M20	1326	2083
72	7T3	6209			65 X 6.0	7.48	6.09	180	1.28	141	4	1011	830		1 M20	1976	5174
73	7T3	4057			75 X 5.0	7.36	6.20	240	1.49	161	4	776	551		1 M20	1291	4057
74			7T3	7348	60 X 5.0	5.81	4.65	216	1.18	183	4	600		1580	2 M20	1169	3674
75	7TG	51200	1T	35290	127 X 12.7	30.65	26.05	275	3.91	70	3	2130	1670	1355	7 M20	2328	2880

BARRA	CARGAS CRÍTICAS (kgf)				PERFIS (mm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )		L cm	R cm	L/R	K	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )			PARAFUSOS		
	COMPRESS		TRAÇÃO			BRUTA	LIQU					COMPRESS		TRAÇ ATU	QUANT & DIA	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )	
	LIM	ATU	LIM	ATU								CISA	ESMA				
76	1	6354	1	5754	100 X 6.0	11.65	9.90	275	1.97	140	4	1026	545	581	2 M20	1011	2648
77	7TF	10392	7TF	10343	90 X 7.0	12.20	10.37	389	2.75	141	4	1011	852	997	2 M20	1654	3711
80	1T	10604	1T	10571	75 X 5.0	7.36	6.20	147	1.49	99	2	1833	1441	1705	2 M20	1688	5302
81	1T	10558	1T	10604	75 X 5.0	7.36	6.20	147	1.49	99	2	1833	1435	1710	2 M20	1688	5302
82	7T1	473	9F2	4874	60 X 5.0	5.81	4.65	219	1.18	185	4	588	81	1048	1 M20	1551	4874
83	9F2	7481	7T1	961	60 X 5.0	5.81	4.65	129	1.18	109	3	1534	1288	207	2 M20	1191	3741
84	9F1	1007	9F2	16367	2L 60 X 5.0	11.62	9.30	90	1.84	49	1	3146	87	1760	2 M20*	1302	4092
86	1	711	7T1	6462	2L 90 X 7.0	24.40	20.74	240	2.75	87	3	1871	29	312	2 M20	1029	2308
88	1T	10646	1T	10373	75 X 6.0	8.75	7.36	150	1.47	102	3	1632	1217	1410	2 M20	1694	4436
89			1T	16663	2L 100 X 10.0	38.40	32.64	240	4.88	49	3	2419		510	4 M20	1326	2083
121	1	145469	1	132681	152 X 19.1 G	54.45	45.59	144	2.97	48	1	3709	2672	2910	18 M20	2572	2116
122	1	152517	1	137710	152 X 19.1 G	54.45	45.59	165	2.97	55	1	3549	2801	3021	10 M20*	2427	3993
123	1	148649	1	133341	152 X 19.1 G	54.45	45.59	120	2.97	40	1	3864	2730	2925	10 M20*	2366	3891
124	1	158501	1	140632	152 X 19.1 G	54.45	45.59	129	2.97	43	1	3809	2911	3085	10 M20*	2523	4149
125	1	153985	1	135905	152 X 19.1 G	54.45	45.59	120	2.97	40	1	3864	2828	2981	10 M20*	2451	4031
126	1	161810	1	141250	152 X 19.1 G	54.45	45.59	129	2.97	43	1	3809	2972	3098	10 M20*	2575	4236
131	1	161988	1	141111	152 X 19.1 G	54.45	45.59	135	2.97	45	1	3770	2975	3095	10 M20*	2578	4241
141	7TG	15113	7TG	14463	90 X 8.0	13.90	11.81	331	2.73	121	4	1373	1087	1224	2 M20	2405	4723
142	7TG	12587	7TG	13056	90 X 7.0	12.20	10.37	340	2.75	124	4	1308	1032	1259	2 M20	2078	4663
145	7TG	14678	7TG	14719	90 X 7.0	12.20	10.37	210	1.77	118	2	1432	1203	1419	2 M20	2343	5257
150	7TG	8794	7TF	7499	75 X 7.0	10.10	8.48	193	1.47	131	4	1172	871	885	2 M20	1400	3141
152	7TF	8683	7TG	9927	2L 60 X 5.0	11.62	9.30	380	2.82	135	4	1103	747	1067	1 M20*	1580	4963
153	7TG	19758	7TG	19672	2L 75 X 5.0	14.72	12.40	273	3.35	82	1	2403	1342	1586	2 M20*	1572	4940

BARRA	CARGAS CRÍTICAS (kgf)				PERFIS (mm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )		L cm	R cm	L/R	K	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )			PARAFUSOS		
	COMPRESS		TRAÇÃO			BRUTA	LIQU					COMPRESS		TRAÇ ATU	QUANT & DIA	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )	
	LIM	ATU	LIM	ATU								CISA	ESMA				
154	7TG	11676	7TG	11424	90 X 7.0	12.20	10.37	210	1.77	118	2	1432	957	1102	2 M20	1858	4170
155	7TF	10185	7TG	9768	90 X 7.0	12.20	10.37	244	1.77	138	4	1056	835	942	2 M20	1621	3638
157	7TF	4314	7TG	5206	2L 60 X 4.0	9.44	7.58	380	2.69	141	4	1011	457	686	1 M20*	829	3254
158	7TG	16003	7TG	15820	2L 75 X 5.0	14.72	12.40	325	3.35	97	1	2034	1087	1276	2 M20*	1273	4001
170	7TF	22972	7TF	22787	100 X 8.0	15.50	13.18	295	3.08	96	2	1918	1482	1730	3 M20	2437	4786
171	7TG	22409	7TF	22042	100 X 7.0	13.70	11.65	295	3.10	95	2	1935	1636	1893	3 M20	2378	5336
172	7TG	21958	7TF	21353	100 X 7.0	13.70	11.65	295	3.10	95	2	1935	1603	1834	3 M20	2330	5228
173	7TG	21398	7TF	20540	100 X 7.0	13.70	11.65	298	3.10	96	2	1913	1562	1764	3 M20	2270	5095
174	7TG	20742	7TF	19618	100 X 7.0	13.70	11.65	304	3.10	98	2	1867	1514	1685	3 M20	2201	4939
175	7TG	20123	7TF	18714	100 X 7.0	13.70	11.65	194	1.97	98	2	1867	1469	1607	3 M20	2135	4791
176	7TG	20213	7TF	18416	100 X 10.0	19.20	16.32	383	3.04	126	4	1267	1053	1128	3 M20	2145	3369

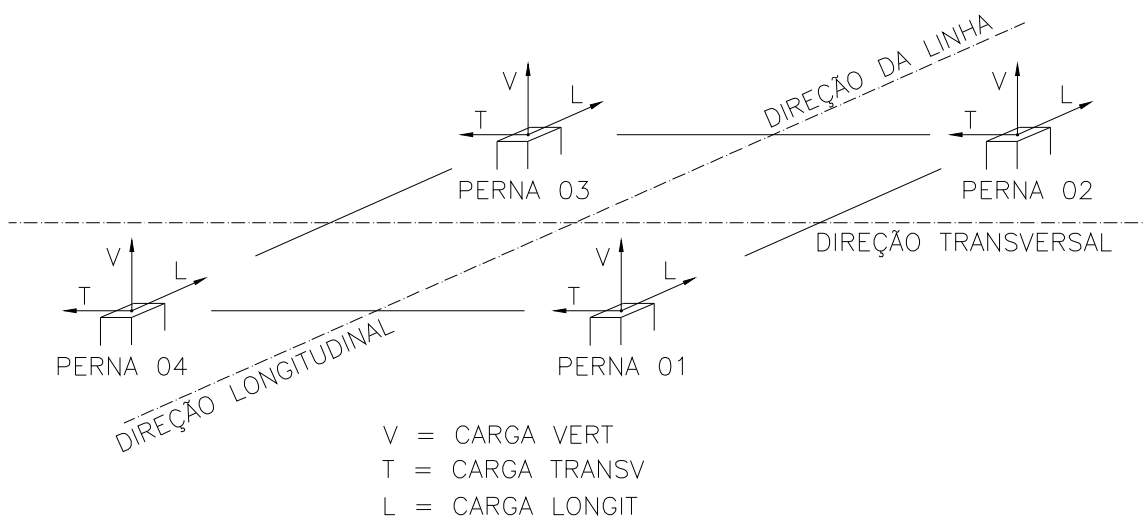


## CARGAS NAS FUNDAÇÕES CONDIÇÃO ANCORAGEM EM GRANDE ÂNGULO

NOTAS:

1 – AS CARGAS ESTÃO EM KGF E NÃO INCLUEM NENHUM FATOR ADICIONAL.

2 – AS CARGAS SEGUEM A ORIENTAÇÃO ABAIXO:



TORRE E5A - EXT. 12.0 – PERNAS NIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-149024	-28728	-24642	-123537	-22814	21569	118752	-22123	-20821	93976	-19492	15463
1R	-138437	-26942	-22979	-114395	-21273	19905	127893	-23663	-22484	104564	-21279	17128
2	-143949	-27154	-25764	-70401	-13487	10551	113773	-20983	-21645	40744	-9732	4744
2R	-133362	-25368	-24101	-61258	-11945	8886	122914	-22523	-23308	51332	-11519	6409
3	-86250	-15033	-16464	-10804	-1701	-88	56224	-9546	-11873	-19003	2736	-5423
3R	-75664	-13247	-14801	-1660	-160	-1752	65366	-11086	-13536	-8415	949	-3758
4	-94117	-19842	-15584	-81428	-16915	14134	64030	-14081	-11183	51681	-12751	8609
4R	-83529	-18057	-13922	-72285	-15374	12470	73172	-15621	-12846	62269	-14538	10274
5	-117790	-23254	-22409	-42704	-9801	4751	87722	-17577	-17948	12938	-5552	-713
5R	-107203	-21467	-20746	-33560	-8260	3087	96863	-19117	-19611	23526	-7339	950
6	-87910	-15315	-17812	-9144	-1419	-1436	57884	-9828	-13222	-20663	3018	-6771
6R	-77323	-13530	-16150	0	121	-3100	67026	-11368	-14885	-10074	1231	-5106
7A	-63498	-11458	-10267	-33555	-5277	6108	33333	-5362	-6027	3887	-1446	422
7AR	-52911	-9671	-8604	-24413	-3736	4444	42474	-6902	-7690	14475	-3234	2086
7B	-63359	-10850	-10618	-33695	-5886	5758	33472	-5970	-5676	3748	-838	773
7BR	-52772	-9063	-8955	-24552	-4343	4093	42613	-7511	-7339	14336	-2626	2438
8A	-65221	-12801	-9761	-22410	-2071	5012	35094	-4350	-7348	-6148	-791	-2305
8AR	-54198	-11075	-8038	-13031	-628	3294	42882	-5798	-8799	3261	-2513	-858
8B	-64389	-11271	-10718	-22253	-3602	3888	34937	-5881	-6224	-6980	738	-1348
8BR	-54174	-9548	-9133	-13669	-2155	2302	43519	-7326	-7808	3236	-985	236
8C	-63557	-9740	-11673	-22097	-5132	2764	34780	-7411	-5100	-7812	2269	-393
8CR	-54150	-8020	-10229	-14307	-3683	1312	44157	-8853	-6817	3212	542	1331
9A	-14792	-2243	-2431	-14802	-2251	2439	-7791	1429	1241	-7801	1437	-1249
9B	-17360	-2735	-2868	-17370	-2742	2875	-6215	1106	973	-6226	1114	-981
9C	-29317	-6015	-4643	-28126	-5337	4960	-457	-638	-89	-1303	-970	-227
9D	-34455	-6007	-5516	-33348	-5346	5850	4765	-647	-978	3832	-961	643
9E	-39606	-5984	-6374	-38556	-5368	6753	9972	-670	-1881	8984	-938	1501
9F	-46412	-9288	-7292	-44104	-7940	7934	10523	-2391	-2039	8755	-3047	1397
9G	-56700	-9256	-9022	-54534	-7971	9727	20953	-2424	-3833	19044	-3015	3126
9H	-68657	-12537	-10797	-65289	-10567	11812	26711	-4169	-4895	23966	-5100	3880
10	-65857	-11349	-11126	2367	499	-456	35889	-6127	-6353	-32233	5202	-5608
10R	-55270	-9563	-9463	11510	2040	-2120	45030	-7667	-8016	-21645	3415	-3944

TORRE E5A - EXT. 12.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (1.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-136301	-26040	-22461	-133045	-26683	24837	130635	-23848	-23368	79982	-16588	12559
1R	-126593	-24444	-20915	-123296	-24927	22856	138755	-25191	-24815	91626	-18595	14444
2	-135635	-25501	-23820	-76082	-16004	11363	119703	-21628	-22893	33285	-8224	3236
2R	-125927	-23906	-22276	-66332	-14248	9382	127822	-22971	-24341	44928	-10231	5120
3	-84238	-14749	-15572	-11936	-1893	-950	56761	-9634	-11907	-19313	2732	-5418
3R	-74531	-13154	-14028	-2187	-136	-2932	64881	-10978	-13354	-7670	723	-3533
4	-85036	-17862	-13952	-86336	-20597	16228	70889	-14503	-12786	41757	-10627	6485
4R	-75329	-16267	-12407	-76587	-18840	14246	79008	-15847	-14234	53400	-12635	8371
5	-111387	-22016	-20495	-45735	-12304	4285	89973	-17228	-18480	8422	-4634	-1631
5R	-101679	-20421	-18950	-35985	-10548	2303	98091	-18572	-19928	20065	-6643	254
6	-85568	-15029	-16582	-10669	-1578	-2927	57917	-9801	-13116	-20407	2864	-6617
6R	-75861	-13434	-15038	-919	177	-4908	66037	-11144	-14564	-8764	856	-4731
7A	-60575	-10845	-9910	-35737	-5721	7245	37222	-6245	-6804	363	-731	-293
7AR	-50868	-9250	-8366	-25987	-3964	5263	45342	-7590	-8253	12006	-2739	1592
7B	-59885	-10128	-9996	-35729	-6819	6585	36796	-6511	-6372	91	-85	20
7BR	-50178	-8533	-8451	-25980	-5063	4603	44916	-7855	-7820	11734	-2092	1904
8A	-64602	-12650	-10184	-23896	-1179	6567	39135	-5793	-8082	-8217	-393	-2704
8AR	-54405	-11098	-8559	-13793	370	4513	45776	-6968	-9304	2200	-2319	-1052
8B	-62289	-10837	-10393	-23372	-4000	4524	37371	-6388	-6715	-9289	1209	-1819
8BR	-52883	-9292	-8908	-14250	-2351	2622	44983	-7646	-8094	1929	-725	-23
8C	-59976	-9023	-10600	-22848	-6820	2481	35607	-6983	-5349	-10361	2811	-935
8CR	-51360	-7485	-9255	-14707	-5073	730	44188	-8325	-6884	1657	868	1005
9A	-13397	-1970	-2178	-15025	-2417	2761	-6177	1057	931	-9145	1702	-1514
9B	-15677	-2401	-2559	-17804	-3011	3255	-4377	714	613	-7870	1443	-1310
9C	-26349	-5359	-4170	-28832	-6481	5791	2072	-873	-671	-4653	-247	-950
9D	-31371	-5374	-5048	-35243	-5881	6805	8435	-1435	-1711	416	-270	-46
9E	-36411	-5372	-5916	-41613	-5310	7846	14778	-2004	-2766	5483	-275	837
9F	-42043	-8332	-6658	-46270	-9350	9340	14885	-3022	-2995	3634	-1961	312
9G	-52105	-8345	-8405	-59052	-8179	11395	27591	-4153	-5090	13770	-1989	2100
9H	-62777	-11304	-10016	-70079	-11648	13931	34042	-5741	-6375	16988	-3680	2460
10	-66097	-11395	-11176	3591	580	-501	35698	-6104	-6315	-31921	5145	-5551
10R	-56390	-9800	-9631	13341	2337	-2483	43818	-7449	-7764	-20278	3138	-3666

TORRE E5A - EXT. 12.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (1.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-135470	-25928	-21843	-134866	-24433	23992	129866	-25882	-23932	81742	-16916	13352
1R	-123830	-23921	-19959	-126745	-23087	22542	139616	-27636	-25911	91451	-18512	14897
2	-130363	-24295	-22905	-81949	-15267	13064	123618	-24445	-25658	29967	-7351	3385
2R	-118723	-22289	-21022	-73829	-13921	11614	133368	-26199	-27637	39675	-8946	4930
3	-79400	-13587	-15018	-17335	-3005	1304	61443	-10725	-14553	-23435	3772	-5582
3R	-67760	-11580	-13134	-9214	-1661	-144	71193	-12479	-16533	-13726	2176	-4037
4	-85987	-18096	-13838	-86427	-16986	15348	69359	-17370	-12789	44326	-11136	7255
4R	-74346	-16090	-11955	-78306	-15642	13899	79109	-19125	-14768	54035	-12733	8801
5	-106300	-20754	-19910	-51314	-10763	6762	94127	-21052	-21733	4759	-3614	-1440
5R	-94659	-18747	-18026	-43195	-9419	5313	103878	-22807	-23713	14467	-5210	104
6	-80494	-13719	-16216	-16178	-2840	96	62711	-11038	-16529	-24765	4053	-6593
6R	-68853	-11712	-14332	-8059	-1495	-1352	72460	-12793	-18509	-15056	2456	-5047
7A	-59995	-10769	-9579	-37300	-6129	6839	37650	-5798	-7017	917	-848	-6
7AR	-48355	-8763	-7695	-29179	-4784	5389	47400	-7553	-8997	10626	-2444	1538
7B	-59723	-10122	-9891	-36874	-6394	6407	37642	-6896	-6357	227	-130	78
7BR	-48082	-8117	-8008	-28753	-5050	4958	47392	-8650	-8336	9935	-1727	1624
8A	-61694	-12122	-9082	-27721	-3753	5995	39805	-3736	-9229	-7969	-402	-2085
8AR	-49676	-10181	-7143	-19137	-2411	4459	47946	-5481	-10979	646	-1941	-739
8B	-60621	-10520	-9966	-25956	-4348	4628	39281	-6557	-7186	-10282	1411	-1878
8BR	-49405	-8586	-8172	-18343	-3089	3249	48403	-8204	-9087	-876	-135	-391
8C	-59550	-8917	-10851	-24191	-4944	3262	38758	-9378	-5143	-12596	3224	-1670
8CR	-49133	-6992	-9201	-17548	-3768	2038	48860	-10926	-7195	-2398	1671	-44
9A	-15603	-2422	-2610	-14155	-2202	2289	-7051	1746	1402	-6936	1250	-1081
9B	-17978	-2872	-3005	-16842	-2695	2754	-5366	1345	1100	-5543	967	-849
9C	-28884	-5900	-4528	-27671	-5010	4926	282	-1155	-148	-1488	-895	-249
9D	-33955	-5923	-5432	-34034	-5571	5965	6694	-555	-1161	3532	-911	628
9E	-39022	-5927	-6316	-40377	-6141	7021	13063	17	-2202	8573	-910	1498
9F	-44861	-8951	-6956	-44862	-7885	8137	12343	-3055	-2410	7586	-2774	1228
9G	-54998	-8978	-8743	-57568	-9016	10232	25124	-1883	-4464	17649	-2789	2975
9H	-65905	-12006	-10267	-68398	-11331	12404	30772	-4383	-5713	21703	-4652	3576
10	-61963	-10570	-10347	-1356	-217	293	40287	-6893	-7307	-35694	5909	-6182
10R	-50323	-8564	-8464	6763	1126	-1155	50036	-8648	-9288	-25985	4312	-4636

TORRE E5A - EXT. 12.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (1.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-156213	-28926	-26314	-112338	-20461	19216	107483	-19758	-18400	102340	-24012	17067
1R	-146680	-27335	-24859	-102123	-18708	17340	115428	-21065	-19790	113866	-26049	18878
2	-145612	-26524	-26205	-65803	-12549	9613	107338	-19732	-19675	45349	-12552	4152
2R	-136079	-24933	-24749	-55588	-10796	7737	115283	-21040	-21066	56876	-14588	5963
3	-83193	-14241	-15792	-13459	-2306	516	56763	-9789	-11292	-18838	2792	-7279
3R	-73660	-12651	-14338	-3244	-553	-1359	64709	-11097	-12683	-7311	756	-5467
4	-97110	-19226	-16440	-74427	-15378	12597	57232	-12578	-9726	55579	-16406	9545
4R	-87577	-17636	-14986	-64213	-13626	10722	65176	-13886	-11117	67104	-18442	11356
5	-116260	-21916	-22207	-41124	-9476	4426	83685	-16833	-16252	14972	-7959	-2287
5R	-106726	-20324	-20751	-30910	-7723	2550	91630	-18141	-17643	26498	-9995	-476
6	-84349	-14408	-17001	-12365	-2174	-682	58093	-10069	-12302	-20106	3107	-9256
6R	-74816	-12816	-15546	-2151	-420	-2558	66038	-11377	-13693	-8579	1070	-7444
7A	-63228	-11118	-10258	-32864	-5122	5954	32410	-5168	-5716	4954	-2133	256
7AR	-53695	-9528	-8803	-22650	-3370	4079	40356	-6476	-7107	16481	-4169	2067
7B	-63654	-10853	-10690	-33136	-5769	5641	33101	-5886	-5631	4962	-1035	916
7BR	-54120	-9262	-9235	-22922	-4016	3765	41046	-7193	-7021	16489	-3072	2728
8A	-62730	-11610	-9346	-22750	-2122	5063	33980	-4153	-6575	-6078	-2129	-3544
8AR	-52537	-9985	-7797	-12362	-473	3140	40618	-5373	-7752	4061	-4183	-1993
8B	-63289	-10909	-10516	-22846	-3718	4004	35326	-5962	-6199	-6770	574	-1692
8BR	-54081	-9371	-9129	-13240	-2071	2218	42742	-7183	-7510	4358	-1388	16
8C	-63848	-10208	-11685	-22941	-5315	2946	36673	-7771	-5822	-7462	3279	158
8CR	-55623	-8758	-10461	-14118	-3669	1298	44864	-8991	-7267	4656	1405	2027
9A	-14148	-2198	-2282	-15617	-2429	2617	-6929	1243	1077	-7051	1756	-1412
9B	-16835	-2690	-2747	-17992	-2879	3013	-5536	960	845	-5366	1355	-1111
9C	-28369	-5407	-4544	-27610	-5188	4811	-904	-500	62	-877	-1865	-330
9D	-34638	-5951	-5565	-32777	-5231	5735	4211	-534	-831	5443	-1244	662
9E	-40927	-6487	-6570	-37947	-5294	6679	9305	-584	-1733	11807	-595	1625
9F	-46173	-8668	-7363	-42394	-7539	7534	8843	-1995	-1613	9931	-4464	1443
9G	-58731	-9749	-9388	-52732	-7645	9401	19052	-2078	-3410	22617	-3193	3397
9H	-70265	-12466	-11185	-62350	-9953	11199	23684	-3540	-4193	27105	-6413	4178
10	-62333	-10600	-10424	-951	-168	211	38941	-6749	-6845	-34384	5745	-6488
10R	-52800	-9009	-8969	9263	1583	-1663	46886	-8056	-8234	-22857	3708	-4676

TORRE E5A - EXT. 6.0 – PERNAS NIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-144543	-27766	-23762	-119465	-21662	20977	117147	-21409	-20658	91849	-18949	15012
1R	-134097	-26005	-22146	-110707	-20188	19359	125906	-22883	-22275	102297	-20710	16630
2	-137881	-25922	-24298	-69006	-12858	10730	110457	-20045	-20819	41418	-9665	5141
2R	-127434	-24161	-22681	-60247	-11384	9113	119216	-21518	-22435	51866	-11426	6758
3	-82282	-14422	-15328	-12005	-1885	560	54814	-9303	-11256	-15537	2065	-4438
3R	-71835	-12661	-13710	-3246	-410	-1058	63572	-10776	-12873	-5089	304	-2820
4	-89576	-18590	-14744	-76998	-15553	13432	62126	-13167	-10910	49437	-11907	8197
4R	-79130	-16830	-13127	-68239	-14079	11814	70885	-14640	-12526	59885	-13668	9814
5	-111230	-21725	-20739	-41365	-9046	5060	83774	-16397	-16831	13809	-5305	-101
5R	-100784	-19965	-19122	-32605	-7572	3443	92533	-17870	-18448	24256	-7066	1516
6	-83564	-14640	-16430	-10722	-1666	-542	56096	-9521	-12358	-16820	2283	-5540
6R	-73118	-12880	-14813	-1964	-192	-2160	64855	-10994	-13975	-6372	522	-3922
7A	-61982	-11310	-9919	-32305	-4996	5967	34657	-5537	-6315	4619	-1700	503
7AR	-51535	-9550	-8303	-23546	-3522	4350	43415	-7011	-7932	15066	-3461	2120
7B	-62125	-10656	-10386	-32161	-5650	5500	34514	-6191	-5848	4762	-1046	970
7BR	-51679	-8896	-8770	-23403	-4176	3883	43272	-7664	-7464	15209	-2807	2587
8A	-63402	-12773	-9222	-21720	-1671	5106	36758	-4368	-7870	-5500	-1201	-2416
8AR	-52371	-11071	-7523	-12603	-297	3411	44009	-5746	-9252	3651	-2899	-1039
8B	-62950	-11081	-10435	-21017	-3362	3696	36056	-6060	-6461	-5951	489	-1202
8BR	-52858	-9382	-8898	-12833	-1986	2158	44239	-7436	-7999	4140	-1210	335
8C	-62498	-9389	-11648	-20314	-5054	2287	35353	-7753	-5052	-6403	2181	10
8CR	-53346	-7692	-10272	-13062	-3675	905	44468	-9125	-6746	4627	478	1710
9A	-13408	-1965	-2184	-13412	-1970	2190	-6036	1151	931	-6039	1156	-936
9B	-15922	-2456	-2611	-15926	-2461	2617	-4514	828	672	-4518	834	-678
9C	-26894	-5779	-4177	-25674	-5014	4575	408	-904	-262	-752	-1264	-135
9D	-32886	-5766	-5192	-31783	-5027	5616	6517	-916	-1302	5239	-1251	879
9E	-38956	-5749	-6204	-37815	-5044	6662	12548	-934	-2349	11309	-1233	1891
9F	-43858	-9088	-6757	-41532	-7580	7574	11439	-2648	-2237	9005	-3348	1421
9G	-55921	-9059	-8785	-53672	-7610	9661	23580	-2678	-4324	21067	-3319	3449
9H	-66892	-12382	-10349	-63420	-10163	11618	28502	-4411	-5259	24832	-5416	3991
10	-64436	-11135	-10875	3536	714	-663	36951	-6310	-6574	-31061	4958	-5431
10R	-53989	-9375	-9258	12294	2188	-2281	45709	-7783	-8191	-20614	3197	-3814

TORRE E5A - EXT. 6.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (1.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-130751	-24800	-21362	-130092	-25615	24773	130694	-23694	-23580	76250	-15676	11739
1R	-121182	-23235	-19861	-120738	-23920	22806	138372	-24958	-24969	87819	-17674	13593
2	-129111	-24148	-22433	-75295	-15300	12043	117454	-21083	-22292	33053	-7959	3435
2R	-119541	-22583	-20933	-65942	-13605	10076	125132	-22346	-23679	44622	-9956	5288
3	-80368	-14162	-14663	-13122	-2026	-28	55581	-9433	-11321	-15988	2078	-4450
3R	-70799	-12596	-13162	-3769	-331	-1995	63259	-10696	-12709	-4419	80	-2596
4	-79924	-16442	-12978	-82563	-19119	15861	69994	-14100	-12754	38594	-9557	5846
4R	-70355	-14877	-11477	-73209	-17424	13894	77672	-15363	-14142	50163	-11553	7699
5	-104747	-20454	-19045	-44685	-11304	5044	86685	-16425	-17495	8847	-4292	-1114
5R	-95177	-18888	-17544	-35332	-9609	3077	94365	-17688	-18883	20416	-6288	738
6	-81405	-14400	-15533	-12173	-1747	-1676	56348	-9527	-12273	-16668	2130	-5387
6R	-71836	-12835	-14033	-2820	-52	-3643	64026	-10790	-13660	-5098	133	-3532
7A	-59010	-10675	-9564	-34683	-5418	7259	38995	-6529	-7182	800	-921	-275
7AR	-49441	-9111	-8065	-25331	-3723	5292	46674	-7792	-8569	12369	-2918	1577
7B	-58390	-9869	-9704	-34318	-6686	6402	38040	-6776	-6599	769	-213	137
7BR	-48820	-8303	-8203	-24964	-4990	4435	45719	-8039	-7988	12337	-2211	1991
8A	-63366	-12741	-9818	-23451	-422	6933	41624	-6027	-8725	-7557	-824	-2793
8AR	-53134	-11205	-8206	-13574	1029	4872	47625	-7106	-9862	2640	-2731	-1207
8B	-60830	-10643	-10108	-22212	-3744	4378	38645	-6606	-6980	-8352	978	-1691
8BR	-51538	-9124	-8665	-13512	-2160	2487	45802	-7781	-8298	2807	-950	75
8C	-58294	-8544	-10399	-20973	-7064	1821	35666	-7187	-5237	-9148	2780	-588
8CR	-49942	-7042	-9125	-13451	-5349	100	43978	-8456	-6735	2974	832	1356
9A	-12085	-1719	-1946	-13695	-2063	2480	-4404	768	632	-7262	1386	-1166
9B	-14266	-2137	-2307	-16429	-2680	2975	-2639	421	316	-6095	1140	-985
9C	-23729	-5041	-3646	-26197	-6347	5513	2953	-1146	-895	-4490	-426	-973
9D	-29716	-5112	-4711	-33875	-5546	6662	10515	-1783	-2097	1613	-518	147
9E	-35790	-5178	-5780	-41435	-4766	7832	17989	-2419	-3307	7772	-598	1255
9F	-39179	-8016	-6050	-43643	-9213	9201	16108	-3352	-3309	3218	-2086	159
9G	-51239	-8152	-8184	-58881	-7632	11518	31144	-4624	-5721	15480	-2257	2387
9H	-60703	-11056	-9523	-68648	-11299	14057	36738	-6193	-6933	17086	-3824	2399
10	-64947	-11246	-10977	4963	885	-790	36510	-6241	-6475	-30426	4827	-5301
10R	-55379	-9680	-9476	14316	2580	-2756	44189	-7504	-7863	-18856	2829	-3447

TORRE E5A - EXT. 6.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (1.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-128918	-24494	-20490	-132835	-23912	23867	129713	-25380	-24412	78141	-16002	12605
1R	-117350	-22497	-18637	-125156	-22648	22478	139067	-27073	-26378	87710	-17567	14105
2	-122470	-22635	-21011	-82300	-15186	13658	121659	-23747	-25213	29212	-6922	3320
2R	-110901	-20639	-19159	-74621	-13922	12269	131012	-25441	-27178	38781	-8488	4820
3	-74436	-12741	-13647	-19377	-3374	2160	60797	-10750	-13995	-20880	3321	-4981
3R	-62869	-10744	-11793	-11699	-2110	772	70151	-12444	-15960	-11311	1755	-3480
4	-80279	-16561	-12715	-83195	-16165	14934	68311	-16421	-12906	41265	-10070	6664
4R	-68712	-14565	-10862	-75516	-14901	13546	77665	-18116	-14873	50834	-11635	8164
5	-98330	-18876	-17890	-51322	-10552	7410	91290	-19987	-20810	4462	-3058	-1322
5R	-86762	-16879	-16036	-43643	-9289	6022	100644	-21681	-22775	14032	-4625	178
6	-75116	-12794	-14583	-18610	-3280	1208	61746	-11029	-15643	-21917	3560	-5851
6R	-63549	-10798	-12731	-10932	-2017	-179	71100	-12724	-17609	-12348	1994	-4351
7A	-57680	-10450	-9059	-36919	-6031	6882	39601	-6091	-7564	1098	-971	-22
7AR	-46113	-8454	-7206	-29239	-4767	5493	48955	-7784	-9530	10668	-2538	1479
7B	-57649	-9743	-9473	-35963	-6278	6300	39236	-7359	-6708	478	-164	117
7BR	-46080	-7746	-7619	-28284	-5015	4912	48589	-9052	-8673	10047	-1731	1618
8A	-59116	-11943	-8391	-28500	-3695	6362	42222	-3593	-10230	-7356	-783	-2142
8AR	-46994	-9996	-6447	-20188	-2426	4864	49744	-5307	-11950	996	-2286	-868
8B	-58321	-10140	-9494	-25521	-4274	4618	40983	-6915	-7675	-9892	1314	-1851
8BR	-47162	-8213	-7729	-18364	-3101	3300	49683	-8497	-9564	-598	-204	-408
8C	-57525	-8338	-10597	-22541	-4855	2874	39743	-10235	-5118	-12426	3413	-1561
8CR	-47328	-6431	-9011	-16540	-3774	1735	49622	-11686	-7178	-2195	1877	50
9A	-14101	-2124	-2344	-12948	-1956	2071	-5132	1467	1050	-5266	985	-778
9B	-16377	-2562	-2718	-15591	-2450	2533	-3498	1044	749	-3965	713	-565
9C	-25925	-5518	-3916	-25329	-4700	4613	1100	-1671	-455	-1309	-1071	-242
9D	-32027	-5609	-5036	-32890	-5338	5816	8777	-870	-1603	4676	-1144	823
9E	-38187	-5689	-6144	-40363	-5972	7025	16337	-90	-2771	10750	-1208	1891
9F	-41575	-8565	-6234	-42628	-7588	7896	13376	-3586	-2807	7331	-2927	1144
9G	-53838	-8737	-8463	-57662	-8860	10308	28614	-2004	-5124	19391	-3064	3278
9H	-63385	-11693	-9661	-67400	-11111	12389	33212	-4720	-6328	22045	-4848	3599
10	-59651	-10157	-9897	-974	-164	267	41926	-7277	-7778	-35200	5826	-6137
10R	-48083	-8161	-8045	6704	1098	-1120	51279	-8971	-9743	-25630	4260	-4636



TORRE E5A - EXT. 6.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (1.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-152742	-28344	-25731	-106482	-18882	18197	104129	-18622	-17832	101196	-23939	16935
1R	-143375	-26780	-24319	-96635	-17201	16372	111606	-19856	-19158	112675	-25950	18674
2	-140138	-25551	-24907	-63347	-11672	9544	103055	-18562	-18790	46532	-12705	4906
2R	-130771	-23987	-23496	-53501	-9991	7720	110532	-19796	-20116	58011	-14716	6644
3	-79270	-13614	-14672	-14405	-2435	1110	55206	-9513	-10842	-15430	2018	-6058
3R	-69903	-12050	-13261	-4558	-755	-713	62683	-10746	-12168	-3952	7	-4319
4	-93280	-18396	-15810	-68948	-13749	11627	54403	-11416	-9228	53925	-15657	9387
4R	-83912	-16832	-14399	-59100	-12068	9803	61880	-12650	-10554	65404	-17667	11126
5	-110097	-20685	-20644	-39213	-8584	4598	79338	-15545	-15273	16073	-7659	-1291
5R	-100730	-19122	-19233	-29367	-6903	2773	86815	-16779	-16599	27552	-9670	446
6	-80037	-13708	-15625	-13725	-2383	174	56243	-9751	-11712	-16380	2297	-7706
6R	-70670	-12144	-14213	-3878	-702	-1650	63720	-10985	-13038	-4901	287	-5967
7A	-61729	-10957	-9951	-31162	-4727	5698	33228	-5218	-5882	5764	-2641	372
7AR	-52361	-9393	-8540	-21315	-3046	3874	40705	-6452	-7208	17242	-4651	2111
7B	-62684	-10710	-10533	-31193	-5434	5284	33848	-6026	-5744	6130	-1373	1229
7BR	-53317	-9147	-9122	-21346	-3753	3460	41325	-7260	-7070	17609	-3383	2967
8A	-60277	-11402	-8731	-21780	-1642	5078	34797	-3995	-6869	-5490	-2975	-3880
8AR	-50048	-9789	-7199	-11618	-59	3174	40793	-5128	-7950	4431	-5037	-2427
8B	-61826	-10703	-10248	-21398	-3424	3758	36178	-6077	-6373	-5704	189	-1540
8BR	-52761	-9188	-8903	-12183	-1854	2027	43106	-7221	-7619	5396	-1751	93
8C	-63375	-10003	-11765	-21016	-5206	2439	37558	-8159	-5876	-5919	3354	799
8CR	-55474	-8588	-10608	-12748	-3649	879	45419	-9313	-7287	6359	1535	2613
9A	-12946	-1953	-2066	-14108	-2129	2349	-5264	980	776	-5127	1474	-1058
9B	-15589	-2447	-2528	-16385	-2568	2723	-3963	707	561	-3493	1051	-756
9C	-25874	-5138	-4135	-24548	-4693	4253	-540	-611	14	-500	-2519	-133
9D	-33305	-5750	-5309	-30789	-4814	5403	5575	-711	-1076	7056	-1685	982
9E	-40825	-6363	-6476	-36973	-4948	6565	11604	-818	-2165	14731	-831	2077
9F	-43590	-8440	-6916	-38952	-6938	6932	8997	-2030	-1622	10049	-5257	1606
9G	-58541	-9666	-9257	-51378	-7194	9245	21142	-2238	-3804	25282	-3569	3816
9H	-68826	-12356	-10864	-59541	-9319	10775	24565	-3557	-4351	28275	-7140	4439
10	-60589	-10311	-10113	-5	3	46	40132	-6958	-7087	-33436	5493	-6391
10R	-51222	-8747	-8701	9841	1684	-1777	47609	-8192	-8413	-21957	3482	-4652

TORRE E5A - EXT. 0.0 – PERNAS NIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-139861	-26882	-22807	-115582	-20560	20475	115601	-20726	-20541	89346	-18457	14442
1R	-129488	-25136	-21232	-107241	-19160	18900	123944	-22127	-22116	99717	-20203	16018
2	-131813	-24775	-22833	-67694	-12256	10940	107289	-19150	-20070	41720	-9622	5404
2R	-121439	-23028	-21257	-59352	-10855	9364	115634	-20550	-21645	52091	-11367	6979
3	-78402	-13854	-14229	-13128	-2047	1186	53465	-9067	-10683	-12430	1425	-3564
3R	-68029	-12108	-12654	-4787	-647	-387	61808	-10468	-12258	-2059	-319	-1989
4	-85023	-17421	-13882	-72705	-14252	12787	60251	-12297	-10650	46979	-11116	7721
4R	-74648	-15675	-12307	-64364	-12852	11212	68595	-13699	-12226	57350	-12861	9296
5	-104758	-20285	-19108	-40095	-8330	5373	79936	-15266	-15778	14422	-5089	405
5R	-94385	-18538	-17532	-31754	-6930	3799	88279	-16667	-17353	24793	-6834	1980
6	-79303	-14007	-15092	-12228	-1894	324	54365	-9220	-11546	-13331	1578	-4426
6R	-68929	-12261	-13517	-3887	-494	-1250	62709	-10621	-13121	-2959	-166	-2852
7A	-60320	-11178	-9516	-31211	-4722	5900	36051	-5708	-6633	4983	-1934	485
7AR	-49946	-9432	-7940	-22870	-3322	4325	44395	-7110	-8209	15354	-3679	2060
7B	-60989	-10495	-10181	-30542	-5406	5236	35382	-6392	-5969	5652	-1250	1149
7BR	-50615	-8748	-8604	-22200	-4007	3662	43726	-7793	-7545	16023	-2995	2723
8A	-61153	-12772	-8512	-21574	-1267	5408	38791	-4357	-8558	-5412	-1618	-2741
8AR	-49990	-11080	-6822	-12703	28	3723	45411	-5658	-9865	3502	-3304	-1438
8B	-61459	-10909	-10142	-19879	-3130	3542	37095	-6220	-6692	-5105	243	-1110
8BR	-51419	-9219	-8645	-12135	-1831	2046	44843	-7520	-8189	4931	-1444	384
8C	-61767	-9046	-11771	-18184	-4993	1676	35401	-8083	-4826	-4799	2106	519
8CR	-52849	-7359	-10468	-11567	-3692	370	44276	-9380	-6512	6361	416	2207
9A	-12207	-1708	-1985	-12193	-1699	1976	-4312	894	643	-4298	885	-634
9B	-14644	-2199	-2399	-14631	-2191	2391	-2866	571	397	-2852	562	-388
9C	-24191	-5570	-3657	-23005	-4694	4179	923	-1153	-369	-752	-1542	-152
9D	-31384	-5552	-4875	-30360	-4714	5434	8278	-1172	-1624	6440	-1523	1064
9E	-38766	-5548	-6108	-37526	-4717	6674	15443	-1175	-2864	13822	-1519	2297
9F	-40931	-8923	-6133	-38735	-7217	7222	12068	-2896	-2389	8539	-3628	1299
9G	-55506	-8901	-8584	-53256	-7240	9718	26588	-2919	-4885	23115	-3606	3750
9H	-65053	-12273	-9842	-61630	-9745	11507	30378	-4644	-5651	25214	-5712	3986
10	-62991	-10932	-10629	4597	915	-845	37893	-6470	-6777	-29995	4713	-5292
10R	-52617	-9186	-9053	12938	2315	-2419	46236	-7871	-8354	-19624	2968	-3718

TORRE E5A - EXT. 0.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (1.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-124775	-23429	-20527	-126482	-25522	25826	131286	-23293	-24095	70597	-14380	10365
1R	-115322	-21916	-19021	-117593	-23818	23707	138338	-24446	-25375	82389	-16444	12259
2	-122060	-22720	-20913	-74532	-15210	12937	115572	-20363	-21875	31644	-7510	3292
2R	-112607	-21207	-19408	-65643	-13506	10818	122624	-21516	-23155	43437	-9574	5186
3	-76123	-13561	-13471	-14853	-2105	564	54697	-9323	-10798	-13093	1444	-3583
3R	-66671	-12048	-11965	-5965	-402	-1554	61749	-10476	-12078	-1301	-618	-1691
4	-74495	-14885	-12164	-77836	-18880	16272	69023	-13173	-12888	33934	-8150	4755
4R	-65042	-13372	-10658	-68947	-17176	14153	76075	-14326	-14167	45726	-10214	6649
5	-97434	-18799	-17229	-43700	-11100	5554	83280	-15231	-16585	8481	-3838	-845
5R	-87982	-17286	-15724	-34812	-9397	3435	90332	-16384	-17865	20273	-5902	1048
6	-76666	-13752	-14016	-14523	-1811	-1046	55022	-9345	-11463	-13207	1365	-4214
6R	-67213	-12239	-12511	-5633	-108	-3165	62074	-10497	-12743	-1414	-698	-2320
7A	-57421	-10502	-9396	-33814	-5039	7843	41451	-7030	-7734	410	-971	-476
7AR	-47969	-8989	-7890	-24925	-3335	5724	48503	-8183	-9014	12202	-3035	1416
7B	-56755	-9542	-9453	-32680	-6864	6458	39254	-6945	-6861	807	-192	91
7BR	-47303	-8029	-7947	-23792	-5161	4339	46306	-8098	-8140	12599	-2255	1983
8A	-62673	-13039	-9964	-24028	1410	8451	46068	-7131	-9786	-7593	-1255	-3103
8AR	-52279	-11520	-8293	-14274	2716	6221	51094	-8018	-10781	2559	-3194	-1548
8B	-59260	-10429	-9882	-21237	-3514	4495	40171	-6901	-7322	-7900	827	-1694
8BR	-50036	-8956	-8423	-13054	-1926	2438	46682	-7961	-8530	3505	-1171	112
8C	-55846	-7817	-9798	-18446	-8438	537	34274	-6669	-4857	-8208	2910	-284
8CR	-47793	-6392	-8552	-11832	-6568	-1346	42272	-7904	-6279	4452	849	1774
9A	-10886	-1488	-1753	-12824	-1595	2254	-2403	380	323	-5432	1075	-823
9B	-12918	-1882	-2090	-15443	-2291	2767	-715	57	7	-4452	860	-685
9C	-20623	-4586	-3154	-22613	-6927	5698	3395	-1129	-1166	-5720	-318	-1376
9D	-28116	-4848	-4505	-32773	-5173	6890	13077	-2277	-2587	2248	-661	202
9E	-35824	-5124	-5884	-42668	-3430	8092	22544	-3397	-3995	10385	-1009	1787
9F	-35820	-7553	-5570	-39942	-9808	9820	17188	-3465	-3762	980	-1840	-488
9G	-51022	-8090	-8299	-59997	-6312	12215	36338	-5733	-6591	17086	-2531	2675
9H	-58726	-10795	-9364	-67167	-10947	15145	40449	-6920	-7765	15817	-3710	1984
10	-63695	-11089	-10762	6081	1198	-1031	37338	-6409	-6646	-29099	4524	-5104
10R	-54242	-9575	-9256	14971	2902	-3151	44390	-7562	-7926	-17307	2462	-3211

TORRE E5A - EXT. 0.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (1.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-120893	-22777	-18702	-131200	-23092	24011	128601	-25769	-25837	74117	-14986	12097
1R	-109095	-20712	-16808	-124151	-21940	22732	137490	-27475	-27959	83567	-16498	13602
2	-113258	-20668	-18726	-82971	-14825	14491	118458	-23905	-26097	28397	-6403	3774
2R	-101461	-18603	-16831	-75922	-13673	13212	127347	-25612	-28220	37848	-7915	5279
3	-68962	-11757	-12132	-21586	-3710	3118	59414	-10983	-14322	-18238	2905	-3952
3R	-57166	-9691	-10237	-14537	-2558	1841	68302	-12689	-16444	-8787	1394	-2447
4	-73677	-14833	-11294	-79657	-14767	14630	66076	-16578	-13536	37883	-8909	6177
4R	-61880	-12767	-9399	-72607	-13615	13352	74964	-18285	-15659	47334	-10420	7681
5	-89147	-16668	-15492	-51269	-9851	8237	86704	-20039	-21259	4337	-2411	-592
5R	-77349	-14602	-13596	-44219	-8700	6959	95593	-21745	-23381	13787	-3922	911
6	-69076	-11677	-12763	-21262	-3689	2453	59745	-11275	-15932	-18780	3097	-4498
6R	-57278	-9611	-10867	-14213	-2537	1175	68634	-12982	-18054	-9330	1586	-2994
7A	-55063	-10119	-8457	-37029	-6089	7056	41587	-6223	-8426	1130	-1112	64
7AR	-43265	-8054	-6562	-29980	-4936	5778	50475	-7929	-10549	10580	-2623	1568
7B	-55459	-9340	-9025	-34832	-6003	6182	40453	-8049	-7042	463	-151	120
7BR	-43661	-7274	-7129	-27783	-4852	4905	49342	-9755	-9165	9914	-1663	1626
8A	-56037	-11801	-7541	-31247	-4466	7155	45218	-2360	-12367	-6159	-1388	-1650
8AR	-43372	-9738	-5479	-23252	-3231	5735	51832	-4233	-14254	1891	-2812	-404
8B	-55730	-9718	-8951	-25350	-4234	4690	42428	-7284	-8410	-9573	1222	-1732
8BR	-44319	-7716	-7142	-18842	-3175	3484	50610	-8875	-10470	-351	-248	-274
8C	-55422	-7635	-10360	-19453	-4003	2226	39636	-12209	-4453	-12985	3832	-1815
8CR	-45265	-5695	-8804	-14430	-3118	1233	49390	-13518	-6687	-2595	2315	-145
9A	-13010	-1918	-2195	-11913	-1789	1856	-3137	1405	806	-3484	675	-467
9B	-15125	-2331	-2531	-14460	-2256	2313	-1632	909	493	-2312	423	-276
9C	-22326	-5025	-3112	-22292	-4050	4288	763	-2735	-866	-1706	-1149	-309
9D	-30297	-5368	-4691	-31974	-5199	5709	10922	-981	-2058	5787	-1411	1040
9E	-38432	-5716	-6275	-41442	-6319	7118	20817	760	-3262	13494	-1687	2420
9F	-37499	-8062	-5272	-39806	-6993	7684	13319	-4627	-3419	6391	-2984	1007
9G	-53605	-8753	-8436	-58956	-9262	10514	33374	-1130	-5814	21592	-3521	3736
9H	-60807	-11448	-9017	-66787	-11055	12488	35769	-4775	-7174	22198	-5094	3703
10	-57049	-9687	-9384	-804	-106	308	43221	-7736	-8469	-34743	5756	-6000
10R	-45251	-7621	-7488	6245	1044	-968	52110	-9442	-10591	-25292	4244	-4495

TORRE E5A - EXT. 0.0 – PERNAS DESNIVELADAS

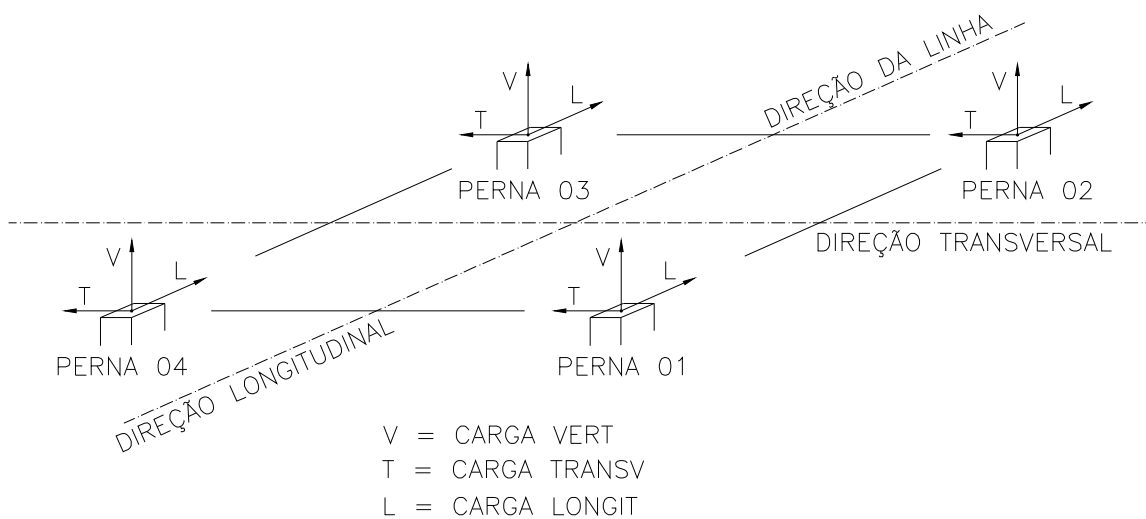
HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (1.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-147888	-26672	-25045	-99558	-16963	16877	99825	-17170	-17027	98245	-25818	16764
1R	-138720	-25138	-23687	-90018	-15348	15087	106602	-18293	-18217	109948	-27846	18386
2	-133568	-23775	-23488	-60490	-10675	9359	97900	-17196	-17402	46782	-14157	4973
2R	-124399	-22239	-22129	-50951	-9059	7568	104677	-18319	-18592	58485	-16184	6594
3	-74891	-12786	-13458	-15570	-2638	1777	53213	-9199	-9942	-12127	1078	-5665
3R	-65723	-11251	-12099	-6032	-1022	-12	59990	-10321	-11132	-424	-948	-4044
4	-88334	-16615	-15128	-62671	-11866	10401	51083	-10057	-8642	50545	-16550	9346
4R	-79165	-15081	-13769	-53132	-10249	8610	57860	-11179	-9833	62249	-18578	10968
5	-102865	-18680	-18957	-37195	-7669	4712	74179	-14117	-13706	16506	-8504	-1154
5R	-93698	-17145	-17597	-27656	-6052	2921	80956	-15239	-14897	28210	-10531	466
6	-75215	-12807	-14124	-15456	-2718	1148	53756	-9390	-10488	-12458	1372	-7276
6R	-66047	-11272	-12764	-5918	-1103	-641	60533	-10513	-11678	-756	-655	-5654
7A	-59448	-10408	-9521	-29471	-4276	5453	33845	-5180	-5925	5698	-3679	229
7AR	-50280	-8873	-8162	-19932	-2660	3662	40622	-6303	-7115	17402	-5707	1851
7B	-61645	-10493	-10394	-29074	-5055	4885	34511	-6140	-5867	6833	-1854	1613
7BR	-52476	-8959	-9036	-19535	-3440	3095	41288	-7264	-7059	18535	-3882	3235
8A	-55801	-10264	-7703	-21340	-1128	5268	34881	-3591	-6615	-5966	-5030	-5353
8AR	-45417	-8597	-6186	-11235	417	3334	39904	-4581	-7506	3847	-7254	-4044
8B	-59868	-10279	-9900	-20107	-3141	3553	36847	-6149	-6437	-5099	-446	-1618
8BR	-50964	-8788	-8602	-11246	-1647	1862	43046	-7179	-7538	6263	-2400	-123
8C	-63934	-10294	-12097	-18872	-5154	1837	38813	-8705	-6259	-4232	4138	2116
8CR	-56512	-8979	-11019	-11257	-3712	390	46188	-9777	-7572	8679	2453	3797
9A	-11928	-1794	-1866	-12980	-1906	2182	-3498	684	472	-3139	1387	-788
9B	-14475	-2261	-2323	-15094	-2319	2519	-2325	432	281	-1634	891	-475
9C	-22274	-4305	-3646	-20732	-3995	3479	-762	-551	96	-1793	-4109	70
9D	-31773	-5418	-5021	-28917	-4389	5110	6913	-859	-1289	8214	-2294	1200
9E	-41487	-6559	-6410	-36936	-4779	6736	14375	-1153	-2646	18487	-468	2320
9F	-39572	-7462	-6345	-34555	-6066	6071	8477	-1843	-1473	8055	-7295	1747
9G	-58786	-9716	-9109	-50759	-6851	9329	23615	-2446	-4217	28336	-3655	3998
9H	-66585	-11760	-10432	-56397	-8527	10289	25178	-3430	-4401	28177	-8656	4544
10	-58384	-9891	-9713	505	85	-14	41269	-7176	-7227	-32765	5209	-6589
10R	-49215	-8356	-8353	10044	1701	-1805	48045	-8299	-8417	-21062	3181	-4967

## CARGAS NAS FUNDAÇÕES CONDIÇÃO TERMINAL

### NOTAS:

1 – AS CARGAS ESTÃO EM KGF E NÃO INCLUEM NENHUM FATOR ADICIONAL.

2 – AS CARGAS SEGUEM A ORIENTAÇÃO ABAIXO:



TORRE E5A - EXT. 12.0 – PERNAS NIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1T	-147475	-27854	-24827	15494	906	-2514	117323	-21795	-20631	-45176	4773	-8243
1TR	-136371	-25981	-23164	24119	2360	-4178	125947	-23247	-22294	-34070	2897	-6578
2T	-140857	-26217	-25503	26440	3056	-6175	110756	-20389	-21148	-56173	7154	-11746
2TR	-129752	-24343	-23840	35065	4510	-7840	119380	-21841	-22811	-45067	5279	-10081
3T	-84738	-14542	-16318	34738	6065	-7941	54759	-9272	-11577	-64594	10721	-13126
3TR	-73633	-12667	-14655	43364	7518	-9605	63383	-10724	-13240	-53487	8845	-11461
4T	-98928	-20468	-16515	-20152	-6389	3604	68860	-14793	-12055	-9613	-2139	-1860
4TR	-87823	-18595	-14853	-11527	-4936	1940	77484	-16245	-13718	1492	-4014	-196
5T	-120287	-23445	-22966	16271	291	-5407	90257	-17941	-18387	-46076	4712	-10753
5TR	-109182	-21572	-21304	24896	1744	-7071	98881	-19393	-20050	-34969	2837	-9089
6T	-92704	-15896	-18768	42704	7419	-10391	62725	-10626	-14027	-72560	12075	-15576
6TR	-81599	-14021	-17104	51330	8873	-12056	71349	-12078	-15690	-61453	10200	-13912
7TA	-17555	-2251	-3120	-10265	-1984	1449	-4798	416	1131	-12568	2708	-1660
7TB	-23117	-3755	-3666	-8067	-1203	1474	-458	86	175	-15529	2654	-2383
7TC	-49930	-12708	-5760	4640	3416	1779	18732	-716	-5724	-32647	1169	-7930
7TD	-54340	-9313	-8943	-1308	22	356	24681	-4110	-4301	-28237	4564	-4746
7TE	-58760	-5909	-12117	-7248	-3382	-1056	30620	-7515	-2889	-23817	7968	-1571
7TF	-81153	-18266	-11038	11399	4642	660	43872	-4913	-10201	-45355	3080	-10293
7TG	-89983	-11466	-17395	-489	-2156	-2174	55761	-11712	-7366	-36526	9879	-3935
7TH	-116796	-20419	-19488	12218	2464	-1871	74953	-12515	-13266	-53644	8395	-9482

TORRE E5A - EXT. 12.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (1.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1T	-148557	-27984	-25062	19143	208	-2717	114979	-20872	-20286	-44293	4677	-8147
1TR	-138218	-26286	-23463	28257	1864	-4759	122592	-22127	-21732	-32139	2578	-6259
2T	-142202	-26532	-25270	29944	2766	-7742	106814	-19207	-20391	-53284	6577	-11169
2TR	-131863	-24834	-23670	39058	4422	-9784	114427	-20462	-21837	-41130	4478	-9281
3T	-87272	-15182	-16236	37944	6910	-9911	50651	-8495	-10669	-60052	9740	-12144
3TR	-76932	-13483	-14636	47059	8567	-11955	58264	-9751	-12115	-47898	7641	-10257
4T	-96024	-19746	-16000	-19252	-8615	4237	69538	-14096	-12400	-12988	-1335	-2664
4TR	-85686	-18047	-14400	-10139	-6959	2195	77150	-15351	-13845	-834	-3435	-776
5T	-119794	-23411	-22111	18842	-840	-7300	86520	-16492	-17703	-44295	4361	-10403
5TR	-109455	-21713	-20511	27955	815	-9342	94132	-17747	-19148	-32141	2262	-8514
6T	-95526	-16661	-18452	46111	8437	-13154	57461	-9611	-12847	-66775	10807	-14308
6TR	-85187	-14962	-16852	55225	10093	-15197	65073	-10866	-14293	-54620	8708	-12420
7TA	-16229	-1985	-2781	-9827	-2466	1486	-4094	416	971	-13593	2924	-1876
7TB	-22481	-3613	-3622	-7421	-1298	1794	492	-129	-20	-16319	2822	-2551
7TC	-53441	-13310	-7519	6526	5651	3867	21267	-2252	-6150	-32112	1074	-7834
7TD	-54431	-9318	-9050	-52	137	556	25031	-4245	-4372	-28310	4588	-4769
7TE	-55432	-5314	-10575	-6601	-5396	-2735	28783	-6243	-2605	-24510	8115	-1719
7TF	-85391	-19014	-12945	13895	7087	2628	45805	-6367	-10501	-44103	2839	-10052
7TG	-87383	-11019	-16003	767	-3960	-3974	53322	-10358	-6956	-36500	9882	-3938
7TH	-118342	-20715	-19898	14714	2989	-1901	74096	-12481	-13086	-52293	8132	-9220



TORRE E5A - EXT. 12.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (1.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1T	-134090	-25090	-22062	4226	-735	-108	128325	-25450	-23753	-57189	7305	-10291
1TR	-121937	-22992	-20175	11840	520	-1554	137438	-27105	-25793	-46850	5605	-8690
2T	-127623	-23432	-22718	15133	1290	-3717	120359	-23716	-25106	-66597	9462	-13031
2TR	-115471	-21335	-20832	22747	2547	-5165	129472	-25371	-27147	-56257	7762	-11430
3T	-78081	-13137	-14913	28359	4781	-6583	59892	-10397	-14185	-68898	11726	-13279
3TR	-65928	-11039	-13026	35973	6037	-8030	69005	-12051	-16226	-58558	10026	-11678
4T	-90324	-18631	-14678	-25739	-6614	4929	74707	-18101	-13810	-17371	-445	-3268
4TR	-78171	-16534	-12791	-18125	-5358	3483	83820	-19755	-15851	-7030	-2144	-1667
5T	-108563	-20901	-20423	7353	-753	-3340	96956	-21417	-22236	-54474	6691	-11516
5TR	-96410	-18803	-18536	14967	501	-4787	106069	-23072	-24276	-44134	4992	-9915
6T	-84802	-14204	-17076	35169	5896	-8761	68058	-11924	-17428	-77153	13205	-15496
6TR	-72650	-12106	-15189	42783	7152	-10208	77172	-13579	-19470	-66813	11506	-13895
7TA	-17993	-2349	-3218	-9387	-1685	1276	-3844	247	1557	-12521	2677	-1815
7TB	-23207	-3795	-3705	-8008	-1222	1441	1059	158	321	-15574	2638	-2457
7TC	-47939	-12323	-5375	-163	1459	2641	21964	985	-8189	-31623	1042	-6712
7TD	-51742	-8810	-8440	-3928	-533	863	28542	-4529	-4878	-30634	5034	-5180
7TE	-55543	-5282	-11491	-7679	-2531	-902	35092	-10062	-1586	-29631	9037	-3655
7TF	-76474	-17339	-10110	3917	2147	2065	49447	-3702	-13390	-46684	3438	-9435
7TG	-84078	-10297	-16226	-3598	-1841	-1480	62574	-14750	-6787	-44692	11433	-6377
7TH	-108810	-18826	-17895	4246	838	-279	83479	-13924	-15299	-60742	9837	-10632

TORRE E5A - EXT. 12.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (1.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1T	-140975	-25721	-23691	11735	237	-1844	120395	-22348	-20895	-49883	3862	-9785
1TR	-130935	-24041	-22234	21438	1897	-3715	127709	-23552	-22230	-37721	1725	-8034
2T	-132985	-23958	-23990	20639	1894	-5013	114317	-21169	-21057	-60699	6837	-14510
2TR	-122945	-22278	-22532	30342	3556	-6886	121631	-22374	-22393	-48536	4701	-12761
3T	-77249	-13011	-14738	27198	4475	-6351	60057	-10479	-11913	-68734	11988	-15959
3TR	-67209	-11331	-13280	36901	6137	-8224	67372	-11685	-13249	-56571	9853	-14210
4T	-95825	-18783	-16127	-19714	-6177	3391	68324	-14563	-11758	-11511	-4268	-2333
4TR	-85785	-17103	-14670	-10010	-4515	1519	75637	-15768	-13092	651	-6405	-583
5T	-112939	-21106	-21574	11529	-658	-4457	92299	-18431	-17834	-49616	3814	-13649
5TR	-102899	-19426	-20116	21232	1002	-6329	99612	-19636	-19170	-37453	1679	-11900
6T	-84059	-14127	-16916	33920	5543	-8514	68312	-11959	-14130	-76900	13516	-19203
6TR	-74019	-12447	-15458	43623	7203	-10386	75626	-13163	-15465	-64737	11379	-17453
7TA	-16934	-2400	-2955	-11616	-2272	1737	-2957	44	615	-12237	3519	-1598
7TB	-21705	-3534	-3381	-9543	-1500	1771	1267	-252	-217	-15749	3068	-2571
7TC	-42491	-9582	-4515	2325	3043	2152	18306	-624	-4564	-35902	-1675	-10708
7TD	-51357	-8694	-8353	-4108	-537	915	27452	-4664	-4804	-29748	5059	-5393
7TE	-60237	-7802	-12181	-10545	-4131	-307	36585	-8717	-5051	-23564	11813	-95
7TF	-72143	-14742	-9488	7760	4006	1297	44490	-5035	-9151	-49902	315	-13529
7TG	-89890	-12963	-17153	-5110	-3168	-1163	62770	-13129	-9638	-37562	13805	-2916
7TH	-110675	-19010	-18287	6758	1374	-780	79807	-13500	-13984	-57717	9061	-11053

TORRE E5A - EXT. 6.0 – PERNAS NIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1T	-143169	-26820	-24053	19053	1987	-3096	115739	-21068	-20477	-46633	5303	-8588
1TR	-132117	-24957	-22436	27206	3358	-4713	123891	-22438	-22094	-35581	3439	-6970
2T	-134943	-24943	-24109	27502	3644	-5985	107497	-19446	-20332	-55067	7217	-11278
2TR	-123892	-23080	-22492	35656	5015	-7603	115651	-20817	-21949	-44015	5353	-9660
3T	-80896	-13913	-15222	33408	5865	-7291	53414	-9035	-10963	-60936	10057	-12100
3TR	-69845	-12050	-13605	41561	7236	-8908	61568	-10406	-12579	-49884	8193	-10483
4T	-94468	-19197	-15707	-15940	-5046	2920	67012	-13871	-11799	-11615	-1305	-2240
4TR	-83417	-17334	-14090	-7786	-3675	1302	75166	-15241	-13416	-562	-3169	-622
5T	-113830	-21896	-21337	17417	1025	-5089	86364	-16758	-17280	-44961	4957	-10100
5TR	-102779	-20033	-19720	25571	2396	-6706	94517	-18129	-18897	-33908	3093	-8483
6T	-88457	-15198	-17425	40967	7150	-9494	60975	-10320	-13166	-68496	11342	-14304
6TR	-77405	-13335	-15809	49122	8521	-11111	69128	-11690	-14783	-57444	9478	-12686
7TA	-16473	-1951	-2966	-8532	-1724	1100	-3208	86	921	-10683	2480	-1255
7TB	-21816	-3507	-3403	-6403	-892	1208	1378	-222	-118	-14041	2403	-2087
7TC	-46513	-12822	-4705	6102	4090	1979	20601	-634	-6484	-33104	528	-8425
7TD	-52806	-9067	-8635	293	334	107	26410	-4389	-4611	-26812	4284	-4496
7TE	-59152	-5308	-12561	-5461	-3423	-1761	32165	-8148	-2743	-20465	8042	-569
7TF	-77503	-18380	-9936	12799	5316	878	45633	-4800	-10978	-45874	2408	-10834
7TG	-90143	-10867	-17793	1235	-2195	-2863	57196	-12314	-7236	-33235	9922	-2979
7TH	-114840	-20181	-19094	13741	2786	-2092	76420	-12725	-13602	-52299	8046	-9317

TORRE E5A - EXT. 6.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (1.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1T	-145038	-27108	-24441	23115	1740	-3384	113028	-20288	-20046	-45003	5057	-8342
1TR	-134720	-25424	-22878	31707	3322	-5433	120101	-21443	-21426	-32817	2947	-6478
2T	-137142	-25442	-24217	31475	3804	-7467	103223	-18370	-19481	-51455	6478	-10540
2TR	-126824	-23758	-22655	40066	5387	-9516	110298	-19525	-20860	-39269	4367	-8675
3T	-84147	-14720	-15492	37146	6932	-9177	48878	-8166	-9937	-55776	8926	-10970
3TR	-73828	-13035	-13928	45737	8515	-11226	55951	-9320	-11316	-43590	6815	-9105
4T	-91846	-18503	-15231	-15015	-6906	3638	67841	-13510	-12189	-14878	-501	-3044
4TR	-81528	-16819	-13669	-6423	-5325	1590	74915	-14664	-13567	-2692	-2612	-1179
5T	-114065	-22014	-20864	20356	370	-6776	82447	-15514	-16537	-42638	4485	-9629
5TR	-103747	-20330	-19301	28948	1952	-8825	89522	-16669	-17915	-30451	2373	-7764
6T	-92159	-16172	-17584	45032	8443	-12123	55174	-9184	-11836	-61947	9886	-12848
6TR	-81841	-14487	-16020	53624	10026	-14172	62249	-10339	-13215	-49761	7774	-10983
7TA	-15128	-1686	-2605	-7995	-2231	1047	-2741	136	806	-11582	2671	-1446
7TB	-21377	-3405	-3398	-5631	-922	1522	2261	-435	-297	-14684	2542	-2226
7TC	-51561	-13694	-6865	8284	6937	4564	24087	-2454	-7062	-32274	374	-8271
7TD	-53233	-9142	-8810	1761	562	275	26604	-4503	-4642	-26598	4245	-4458
7TE	-54963	-4584	-10756	-4680	-5826	-3999	29063	-6550	-2226	-20882	8125	-653
7TF	-83417	-19431	-12277	15678	8422	3317	48431	-6523	-11408	-44186	2077	-10503
7TG	-86819	-10323	-16169	2712	-4342	-5245	53407	-10619	-6572	-32795	9828	-2885
7TH	-117004	-20612	-19636	16629	3517	-2202	75232	-12638	-13337	-50384	7660	-8930

TORRE E5A - EXT. 6.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (1.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1T	-127749	-23593	-20826	5732	-290	-223	128185	-24909	-24246	-60067	8194	-10919
1TR	-115565	-21484	-18963	12806	865	-1604	136777	-26490	-26293	-49748	6509	-9356
2T	-119955	-21748	-20914	14468	1331	-3121	118443	-22981	-24661	-66855	9869	-13010
2TR	-107771	-19638	-19050	21543	2487	-4501	127035	-24561	-26707	-56537	8184	-11446
3T	-73292	-12287	-13597	26213	4402	-5734	59319	-10415	-13611	-66138	11274	-12634
3TR	-61107	-10178	-11733	33286	5556	-7113	67910	-11995	-15658	-55819	9589	-11071
4T	-84638	-17067	-13577	-22832	-5835	4551	73794	-17135	-13972	-20222	617	-3829
4TR	-72453	-14958	-11714	-15757	-4680	3171	82386	-18715	-16018	-9903	-1067	-2265
5T	-100676	-19000	-18441	7098	-576	-2674	94226	-20341	-21330	-54546	7245	-11359
5TR	-88491	-16890	-16578	14172	579	-4054	102818	-21922	-23378	-44228	5561	-9796
6T	-79462	-13247	-15474	32509	5419	-7633	67206	-11926	-16557	-74151	12726	-14726
6TR	-67277	-11137	-13611	39583	6575	-9013	75797	-13506	-18603	-63832	11041	-13163
7TA	-16733	-2014	-3029	-7648	-1409	932	-2093	-199	1383	-10973	2512	-1487
7TB	-21692	-3510	-3405	-6568	-948	1214	3184	-195	1	-14353	2434	-2211
7TC	-43856	-12293	-4177	-473	1695	3175	24320	1435	-9651	-31454	325	-6983
7TD	-49532	-8422	-7990	-2990	-353	755	30843	-4940	-5362	-29783	4878	-5038
7TE	-55248	-4543	-11796	-5448	-2400	-1660	37284	-11329	-1087	-28051	9434	-3090
7TF	-71696	-17206	-8762	3104	2290	2715	51979	-3309	-15015	-46884	2769	-9809
7TG	-83088	-9455	-16381	-1870	-1805	-2120	64944	-16073	-6451	-43481	11877	-5917
7TH	-105251	-18238	-17151	4225	839	-161	86081	-14442	-16104	-60582	9769	-10690

TORRE E5A - EXT. 6.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (1.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1T	-135877	-24709	-22783	14693	1213	-2322	119129	-21676	-20769	-51843	4572	-10340
1TR	-125904	-23037	-21362	23922	2781	-4135	125856	-22790	-22032	-39604	2448	-8683
2T	-126412	-22694	-22466	21110	2363	-4705	111535	-20326	-20485	-60132	7127	-14049
2TR	-116441	-21022	-21045	30340	3931	-6518	118263	-21440	-21748	-47892	5003	-12392
3T	-72887	-12256	-13523	25351	4157	-5582	59269	-10368	-11613	-65632	11439	-14856
3TR	-62914	-10584	-12103	34581	5724	-7396	65996	-11483	-12877	-53393	9315	-13198
4T	-91253	-17769	-15338	-15488	-4795	2668	66438	-13596	-11460	-13595	-3260	-2696
4TR	-81281	-16097	-13917	-6258	-3226	853	73167	-14711	-12724	-1355	-5384	-1039
5T	-106112	-19703	-19871	12246	-9	-4053	88882	-17341	-17048	-48915	4380	-12834
5TR	-96140	-18030	-18450	21476	1557	-5867	95609	-18455	-18311	-36675	2256	-11176
6T	-79183	-13274	-15423	31522	5116	-7460	67281	-11819	-13706	-73519	12950	-17801
6TR	-69210	-11602	-14002	40752	6683	-9274	74009	-12934	-14970	-61279	10826	-16144
7TA	-16185	-2178	-2853	-9840	-2012	1387	-1196	-319	344	-10224	3400	-1078
7TB	-20492	-3304	-3142	-7795	-1166	1482	3148	-559	-529	-14291	2809	-2209
7TC	-37166	-9204	-3222	4078	3850	2219	18845	-229	-4921	-37221	-3254	-11710
7TD	-49642	-8405	-8019	-2589	-234	676	29275	-4953	-5134	-28508	4755	-5158
7TE	-62177	-7607	-12812	-9218	-4327	-857	39647	-9683	-5346	-19715	12779	1380
7TF	-66317	-14304	-8098	9285	4782	1413	44972	-4624	-9527	-51437	-1308	-14659
7TG	-91327	-12707	-17688	-4011	-3394	-1664	65774	-14078	-9950	-33932	14725	-1568
7TH	-108002	-18607	-17768	7862	1621	-927	81472	-13749	-14343	-56860	8661	-11068

TORRE E5A - EXT. 0.0 – PERNAS NIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1T	-138770	-25846	-23257	22252	2997	-3592	114179	-20357	-20366	-48158	5768	-8999
1TR	-127670	-23976	-21681	29866	4274	-5167	121796	-21635	-21942	-37060	3900	-7425
2T	-129115	-23742	-22749	28371	4193	-5766	104385	-18538	-19593	-54137	7247	-10908
2TR	-118015	-21872	-21174	35985	5469	-7341	112001	-19815	-21169	-43038	5378	-9333
3T	-77212	-13325	-14186	32118	5682	-6663	52143	-8805	-10389	-57546	9420	-11164
3TR	-66112	-11455	-12610	39732	6958	-8237	59760	-10082	-11965	-46447	7553	-9590
4T	-90032	-18005	-14894	-11945	-3769	2298	65208	-12987	-11562	-13727	-528	-2667
4TR	-78931	-16135	-13318	-4330	-2494	724	72825	-14265	-13139	-2630	-2396	-1094
5T	-107516	-20427	-19765	18426	1714	-4764	82588	-15621	-16238	-43996	5166	-9534
5TR	-96415	-18558	-18190	26040	2990	-6338	90205	-16897	-17813	-32897	3297	-7959
6T	-84348	-14538	-16150	39254	6895	-8627	59279	-10018	-12354	-64681	10633	-13128
6TR	-73247	-12668	-14574	46868	8171	-10201	66895	-11295	-13930	-53584	8766	-11555
7TA	-15801	-1691	-2923	-6724	-1457	719	-1822	-217	799	-8662	2255	-795
7TB	-20729	-3292	-3180	-4798	-578	972	3218	-522	-384	-12684	2175	-1807
7TC	-41931	-12985	-3240	6897	4781	2528	23011	-514	-7535	-35004	-119	-9387
7TD	-51365	-8847	-8341	1784	643	-98	28124	-4653	-4909	-25570	4019	-4287
7TE	-60927	-4718	-13450	-3200	-3485	-2735	33109	-8781	-2271	-16006	8148	822
7TF	-72566	-18539	-8400	13479	6003	1457	47917	-4645	-12059	-47890	1726	-11868
7TG	-91563	-10272	-18610	3381	-2263	-3806	58016	-12912	-6795	-28892	9992	-1658
7TH	-112765	-19965	-18671	15078	3097	-2250	77808	-12905	-13947	-51212	7699	-9239

TORRE E5A - EXT. 0.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (1.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1T	-141538	-26265	-23878	27159	2892	-3799	110931	-19505	-19865	-45926	5442	-8672
1TR	-131126	-24612	-22259	35040	4478	-6096	117224	-20521	-21116	-33326	3217	-6742
2T	-131910	-24395	-22911	32606	4655	-7540	99574	-17407	-18597	-49646	6307	-9968
2TR	-121499	-22742	-21292	40488	6242	-9838	105868	-18423	-19848	-37046	4083	-8038
3T	-80846	-14299	-14416	35665	7200	-9028	47208	-7948	-9193	-51403	8021	-9764
3TR	-70434	-12646	-12797	43547	8787	-11326	53502	-8964	-10444	-38803	5797	-7834
4T	-87606	-17210	-14571	-10073	-6127	3504	65865	-12460	-12057	-17557	506	-3703
4TR	-77195	-15557	-12952	-2193	-4539	1206	72158	-13476	-13308	-4958	-1717	-1772
5T	-107904	-20601	-19192	21591	1055	-6822	78023	-14187	-15354	-41086	4565	-8933
5TR	-97492	-18948	-17573	29472	2643	-9120	84317	-15202	-16605	-28486	2341	-7003
6T	-88411	-15725	-16184	42936	8766	-12011	52892	-8867	-10772	-56791	8798	-11293
6TR	-78000	-14072	-14566	50817	10354	-14309	59186	-9883	-12023	-44191	6574	-9363
7TA	-14142	-1363	-2401	-6125	-2216	456	-1732	15	738	-9546	2453	-993
7TB	-20530	-3216	-3291	-3916	-520	1457	4252	-813	-603	-13336	2331	-1963
7TC	-50646	-14443	-7210	9487	9837	7574	29826	-4006	-8717	-34229	-224	-9281
7TD	-52204	-8990	-8673	3392	1071	225	28441	-4876	-4962	-25192	3956	-4224
7TE	-53908	-3546	-10156	-2522	-7701	-7117	26910	-5724	-1196	-16041	8135	834
7TF	-82321	-20218	-12594	16796	11430	6341	54015	-8068	-13075	-46085	1400	-11542
7TG	-85583	-9320	-15539	4786	-6109	-8349	51099	-9786	-5555	-27898	9761	-1426
7TH	-115700	-20548	-19460	18190	4249	-2233	76673	-12980	-13669	-48790	7205	-8744



TORRE E5A - EXT. 0.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (1.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1T	-120095	-21811	-19222	6617	386	-72	127097	-25164	-25693	-62994	9152	-11226
1TR	-107491	-19585	-17290	12909	1401	-1322	134978	-26755	-27994	-52585	7501	-9608
2T	-111131	-19769	-18776	13335	1598	-2292	115351	-23010	-25525	-66929	10340	-12425
2TR	-98526	-17542	-16843	19626	2614	-3541	123231	-24601	-27826	-56521	8688	-10806
3T	-68122	-11316	-12177	23866	4039	-4795	58094	-10598	-13864	-63212	10849	-11565
3TR	-55518	-9091	-10245	30158	5054	-6044	65975	-12188	-16164	-52804	9197	-9947
4T	-78099	-15310	-12199	-19798	-4541	4300	71773	-17196	-14686	-23251	1757	-4241
4TR	-65494	-13085	-10268	-13507	-3526	3051	79655	-18787	-16987	-12842	106	-2624
5T	-91652	-16773	-16111	6784	51	-1826	89818	-20326	-21797	-54325	7880	-10566
5TR	-79047	-14548	-14180	13076	1066	-3075	97699	-21915	-24097	-43916	6229	-8948
6T	-73512	-12094	-13706	29550	4958	-6374	65365	-12165	-16847	-70779	12274	-13333
6TR	-60907	-9868	-11774	35842	5974	-7624	73245	-13755	-19147	-60369	10622	-11714
7TA	-16087	-1778	-3010	-5427	-932	461	-506	-763	1658	-9525	2365	-1308
7TB	-20623	-3337	-3224	-5114	-684	965	5500	-416	-87	-13293	2217	-2052
7TC	-38356	-12254	-2509	-3656	648	4447	27092	3503	-13220	-30641	-734	-6354
7TD	-47393	-8072	-7565	-2272	-221	692	33186	-5262	-5871	-29083	4718	-4891
7TE	-56543	-3893	-12625	-740	-1069	-3072	39100	-14037	1470	-27378	10163	-3408
7TF	-65126	-16989	-6850	-814	1111	4174	54778	-1344	-19005	-46431	1765	-9192
7TG	-83314	-8628	-16966	2101	-606	-3345	66786	-18883	-4312	-43169	12663	-6246
7TH	-101046	-17544	-16250	3559	725	136	88377	-14964	-17446	-60517	9710	-10547

TORRE E5A - EXT. 0.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (1.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1T	-129285	-22925	-21649	17110	2126	-2721	117583	-20932	-20365	-54783	4293	-11480
1TR	-119358	-21253	-20261	25841	3582	-4475	123400	-21915	-21442	-42073	2149	-10037
2T	-118672	-20845	-20736	20891	2681	-4255	108377	-19455	-19392	-59971	6777	-14635
2TR	-108745	-19173	-19348	29621	4136	-6008	114195	-20438	-20469	-47260	4633	-13191
3T	-68101	-11427	-12186	22796	3645	-4626	58332	-10307	-10883	-62402	11061	-14706
3TR	-58174	-9755	-10798	31527	5100	-6379	64151	-11290	-11960	-49692	8918	-13262
4T	-85453	-15909	-14429	-11156	-3323	1852	64353	-12528	-11048	-17119	-3529	-3202
4TR	-75526	-14237	-13041	-2424	-1869	99	70170	-13511	-12124	-4407	-5673	-1759
5T	-98162	-17648	-17988	12417	503	-3553	84963	-16211	-15664	-48591	4187	-13095
5TR	-88236	-15977	-16601	21148	1959	-5307	90781	-17194	-16741	-35880	2044	-11651
6T	-73785	-12346	-13765	28185	4422	-6155	65899	-11732	-12650	-69673	12628	-17689
6TR	-63858	-10674	-12377	36916	5877	-7908	71716	-12715	-13728	-56962	10484	-16246
7TA	-16224	-2300	-2893	-8211	-1814	1075	856	-774	-81	-7967	3779	-301
7TB	-19443	-3133	-2934	-6211	-848	1241	5285	-901	-920	-13161	2662	-1786
7TC	-27114	-6641	-1083	5718	4941	2368	17627	762	-4174	-41794	-7898	-14747
7TD	-47681	-8033	-7635	-1400	20	523	31238	-5261	-5448	-27721	4435	-5074
7TE	-68394	-9446	-14198	-8404	-4894	-1326	44704	-11275	-6702	-13467	16777	4591
7TF	-55351	-11541	-5784	10528	5810	1650	43582	-3597	-8702	-56353	-6125	-18034
7TG	-96631	-14346	-18899	-3593	-4024	-2045	70657	-15635	-11230	-28026	18550	1303
7TH	-104302	-17854	-17047	8334	1764	-917	82999	-13972	-14485	-56658	7988	-11656

## CÁLCULO DO STUB

### 1. ESFORÇO MÁXIMO ATUANTE :

#### 1.1 – Compressão

$$\begin{aligned} - FV &= 156213 \times 1.028494 &= & 160664 \text{ kgf (HIP. 1 – Pag. 29)} \\ - FT &= 156213 \times 0.170000 - 29200 &= & 2370 \text{ kgf} \\ - FL &= 156213 \times 0.170000 - 27958 &= & 242 \text{ kgf} \end{aligned}$$

#### 1.2 – Arranque

$$\begin{aligned} - FV &= 139616 \times 1.028494 &= & 143594 \text{ kgf (HIP. 1R – Pag. 28)} \\ - FT &= 139616 \times 0.170000 - 28131 &= & 3901 \text{ kgf} \\ - FL &= 139616 \times 0.170000 - 30041 &= & 2176 \text{ kgf} \end{aligned}$$

### 2. RESISTENCIA DE CONCRETO :

$$2.1 - \text{Resistência mínima} = f_{ck} = = = 200 \text{ kgf/cm}^2$$

### 3. CALCULO DO STUB

#### 3.1 – CAPACIDADE DO STUB (item 7.4.1 - ASCE 10-1997)

L 152 x 152 x 1.91 G

##### 3.1.1 – Verificação a Compressão

$$\begin{aligned} A_{nec} &= FV / f_y + V / 0.75f_y \\ &= 160664 / 4218 + (2370^2 + 242^2)^{0.5} / 0.75 \times 4218 \\ A_{nec} &= 38.84 \text{ cm}^2 < A_n = 0,85 \times 54.45 \text{ cm}^2. \end{aligned}$$

##### 3.1.2 – Verificação ao Arranque

$$\begin{aligned} A_{nec} &= FV / f_y + V / 0.75f_y \\ &= 143594 / 4218 + (3901^2 + 2176^2)^{0.5} / 0.75 \times 4218 \\ A_{nec} &= 35.46 \text{ cm}^2 < A_n = 0,85 \times 45.59 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

#### 3.2 - CAPACIDADE DOS CLEATS (item 7.6.2 – ASCE 10-1997)

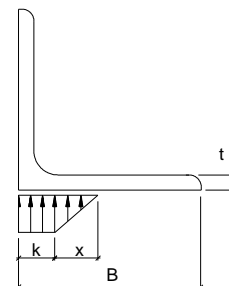
L 152 x 152 x 15.9 G - 6 cleats por stub

LC = 22 cm

$$\begin{aligned} x &= t \times [f_y / 1.19f_c]^{0.5} & f_y &= 4218 \text{ kgf/cm}^2 & t &= 1.59 \text{ cm} & k &= 2.86 \text{ cm} \\ x &= 1.59 \times [0,85 \times 4218 / (1.19 \times 200)]^{0.5} & &= 6.17 \\ RC &= n^\circ \text{ cleats} \times 1.19 \times f_{cd} \times LC \times (k + x/2) \\ RC &= 6 \times 1.19 \times 200 \times 22 \times (2.86 + 6.17/2) \\ RC &= 186768 \text{ kgf} > FV \end{aligned}$$

PARAFUSOS : 4 M20 por cleat

$$\begin{aligned} \tau_{cort} &= 160664 / (6 \times 4 \times 3.14) \\ &= 2132 \text{ kgf/cm}^2 < \tau_{lim} = 0,85 \times 3100 \text{ kgf/cm}^2 \\ \sigma_{apl} &= 160664 / (6 \times 4 \times 2.00 \times 1.59) \\ &= 2105 \text{ kgf/cm}^2 < \sigma_{lim} = 0,85 \times 7910 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$



0	18/04/11	APROVADO CONFORME RAD MGE-1203-01-0147	RTO	TM	TM
0A	01/04/11	EMISSÃO INICIAL	RTO	TM	TM
REV.	DATA	NATUREZA DA REVISÃO	ELAB.	VERIF.	APROV.
 www.brametal.com.br			Nº BRAMETAL: MC-10021-200		
CLIENTE: 					
EMPREENHIMENTO: <b>Sistema de Transmissão – Lote “G” do Leilão ANEEL 005/2009</b> <b>PROJETO EXECUTIVO</b>					
ÁREA: <b>CIVIL</b>					
TÍTULO: <b>LT 500 kV MESQUITA – VIANA 2</b> <b>TORRE DE SUSPENSÃO REFORÇADA (8) – AUTO-PORTANTE - TIPO B57</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO</b>					
ELAB. RTO		VERIF. TM		APROV. TM	
				R. TEC.: JAS	
				CREA NO 21.207-4	
CÓDIGO DOS DESCRITORES 			DATA 01/04/11		Folha: 0
					de 43
MGE-MC2EG-MVC12-0400			Nº DO DOCUMENTO: 1203/LT-3F-MC-0400		
			REVISÃO 0		

INDICE

MC-10021-200

	Pag.
1 - INTRODUÇÃO	01
2 – ARVORES DE CARGA	02
3 – CARGA DE VENTO NA TORRE	08
4 – DIMENSIONAMENTO	15
5 – CARGAS NA FUNDAÇÃO	22
6 – CÁLCULO DO STUB	43

## INTRODUÇÃO

### 1 – CARACTERÍSTICAS DA LINHA

- TENSÃO DA LINHA - 500 KV
- NUMERO DE CIRCUITOS - 1
- NUMERO DE CABOS PÁRA-RAIOS - 2
- NUMERO DE CONDUTORES POR FASE - 3
- DISPOSIÇÃO DAS FASES - HORIZONTAL

### 2 – CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA

- UTILIZAÇÃO - SUSPENSÃO PESADA
- TIPO DE TORRE - AUTOPORTANTE
- DEFLEÇÃO MÁXIMA - 8°
- VÃO DE VENTO - 730 m a 0° e 420m a 8°
- VÃO DE PESO
  - Condutor - 1100 m
  - Pára-raios - 1200 m

### 3 - CABOS

- CABO PÁRA-RAIO
  - CAA - DOTTEREL
  - Aço galvanizado EAR 3/8" – 7 fios
  - OPGW 120 mm<sup>2</sup>
- CABO CONDUTOR
  - CAA - RAIL – 954 kCM

### 4 – METODOLOGIA DE CÁLCULO

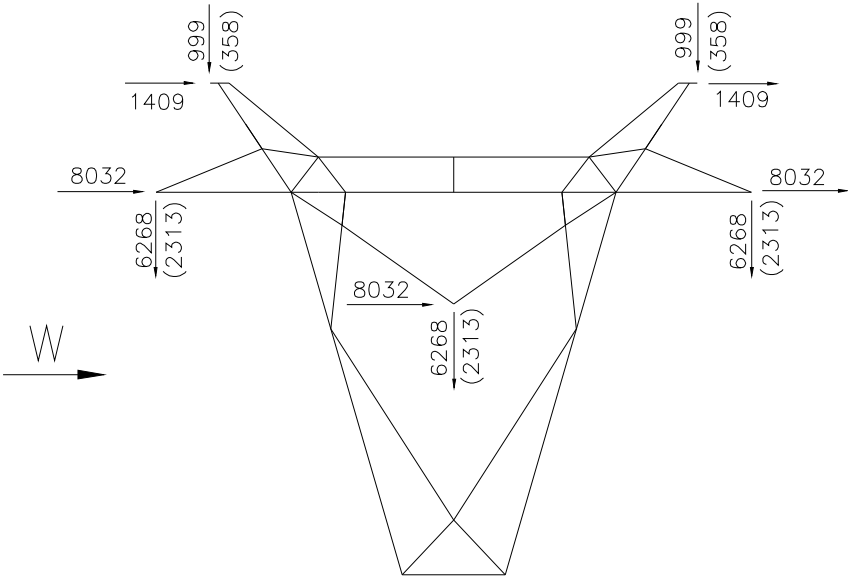
- A TORRE FOI CALCULADA DE ACORDO COM A ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA E ASCE 10-97
- O CÁLCULO DAS TORRES É FEITO POR UM PROGRAMA DE COMPUTADOR QUE UTILIZA O MÉTODO DOS DESLOCAMENTOS PARA ANÁLISE LINEAR DE ESTRUTURAS RETICULADAS PARA LINHAS DE TRANSMISSÃO.
- A TORRE FOI DIMENSIONADA CONSIDERANDO-SE UMA TAXA DE REDUÇÃO NAS TENSÕES LIMITES DE 0,93.

## ARVORES DE CARGA

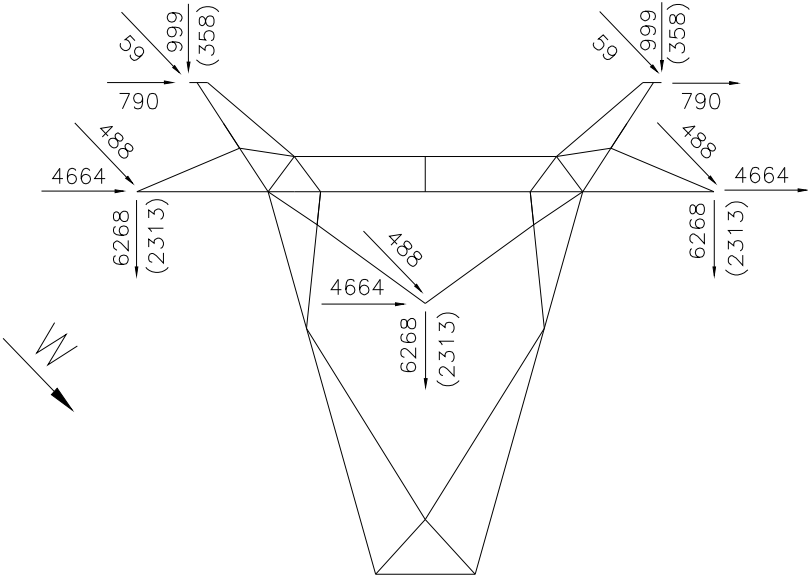
1. AS CARGAS ESTÃO EM kgf.
2. FOI CONSIDERADO UM FATOR DE SOBRECARGA DE 1,15 NO PESO PRÓPRIO DA ESTRUTURA PARA VÃO DE PESO MÁXIMO e 0.90 PARA VÃO DE PESO MÍNIMO EM TODAS AS HIPÓTESES, EXCETO PARA A HIPÓTESE 9, ONDE O FATOR É DE 1,50.
3. AS CARGAS VERTICAIS ENTRE PARENTESSES SÃO PARA VÃO DE PESO MÍNIMO.
4. CARREGAMENTOS

HIPÓTESE	DESCRIÇÃO
1	VENTO EXTREMO TRANSVERSAL
2	VENTO EXTREMO À 45°
3	VENTO EXTREMO LONGITUDINAL
4	VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL
5	VENTO DE ALTA INTENSIDADE À 45°
6	VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL
7A	ROMPIMENTO DO PARA-RAIOS EM A
7B	ROMPIMENTO DO PARA-RAIOS EM B
8A	ROMPIMENTO NA FASE C
8B	ROMPIMENTO NA FASE D
8C	ROMPIMENTO NA FASE E
9A	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em B
9B	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A e B
9C	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A, B e C
9D	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A, B e D
9E	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A, B e E
9F	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A, B, C e D
9G	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A, B, D e E
9H	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A, B, C e E
9I	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A, B, C, D e E
10	CONTENÇÃO EM CASCATA

4.1- HIPÓTESE 1 – VENTO EXTREMO TRANSVERSAL

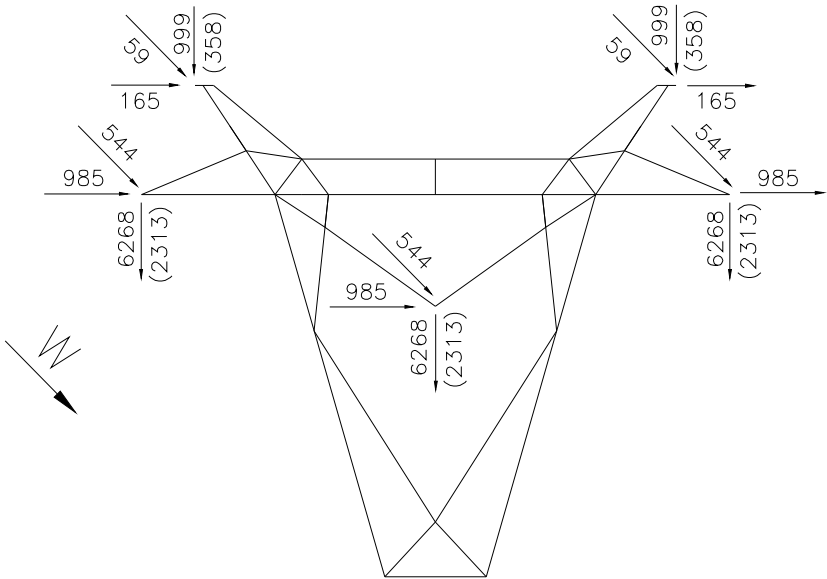


4.2- HIPÓTESE 2 – VENTO EXTREMO À 45°

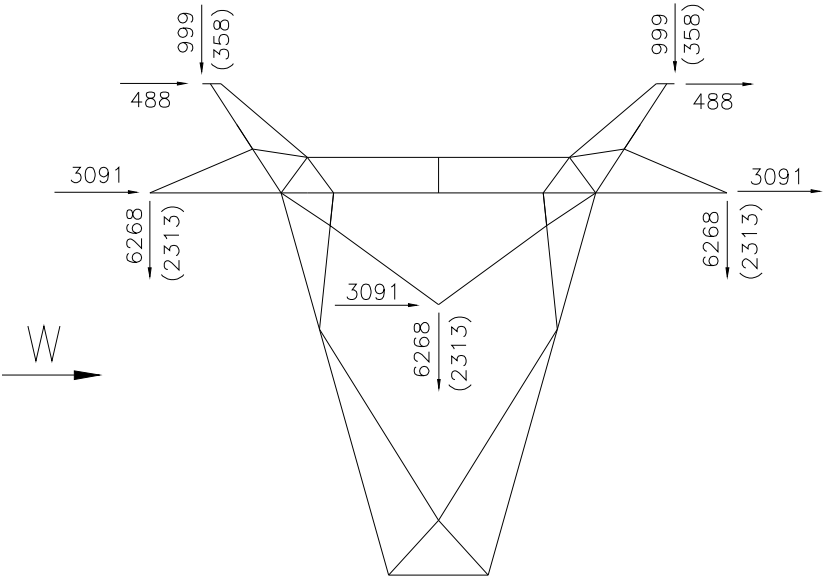




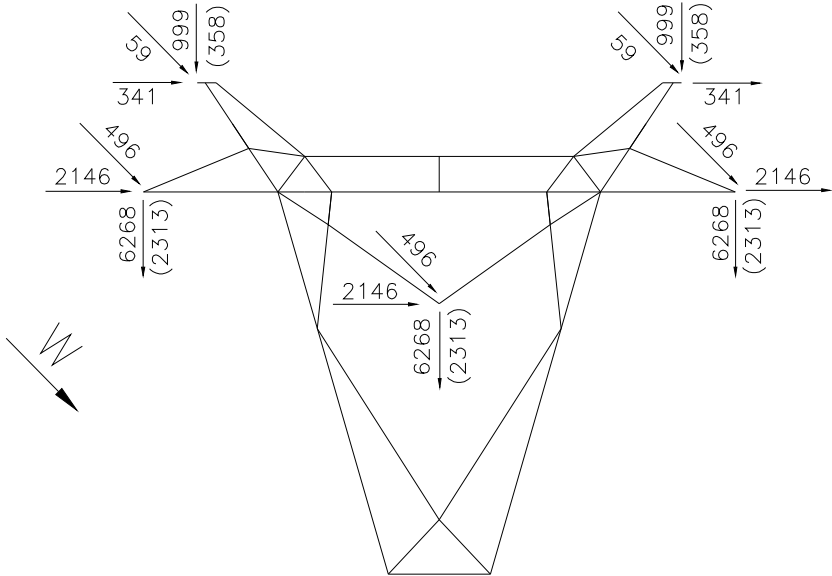
4.3-HIPÓTESE 3 – VENTO EXTREMO LONGITUDINAL



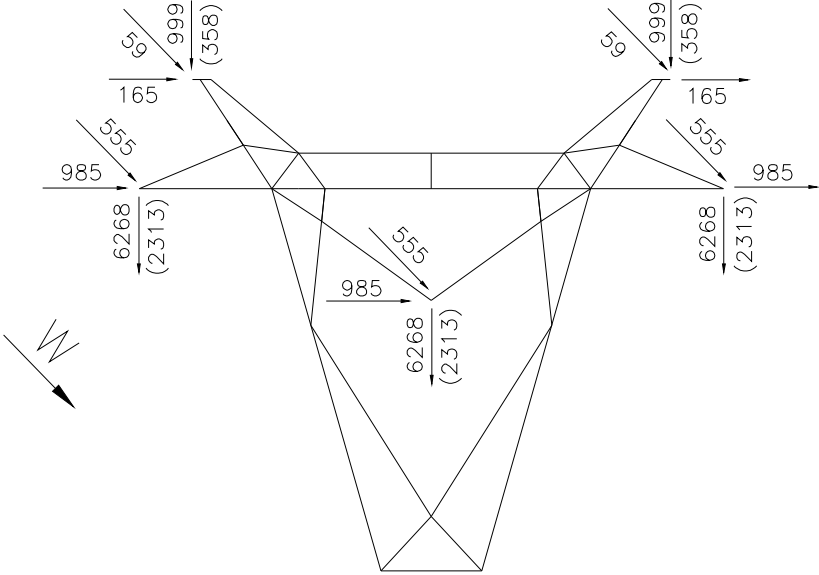
4.4- HIPÓTESE 4 – VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL



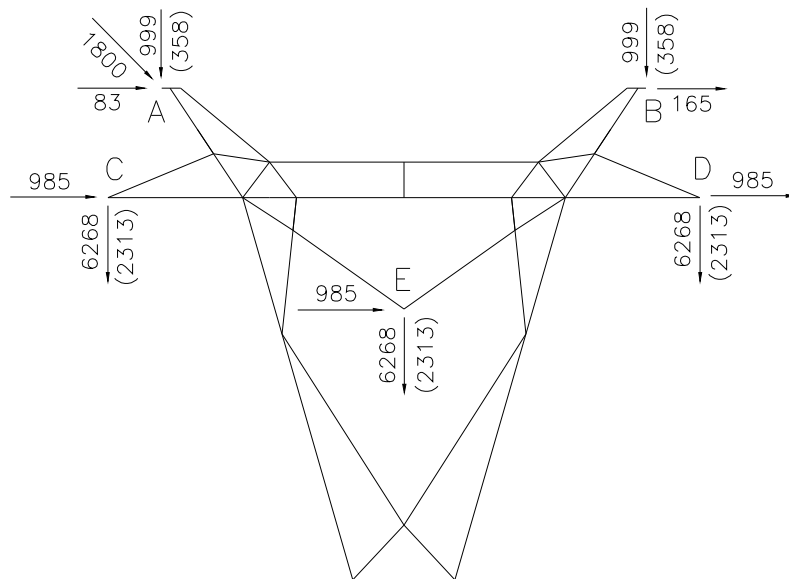
4.5- HIPÓTESE 5 – VENTO DE ALTA INTENSIDADE À 45°



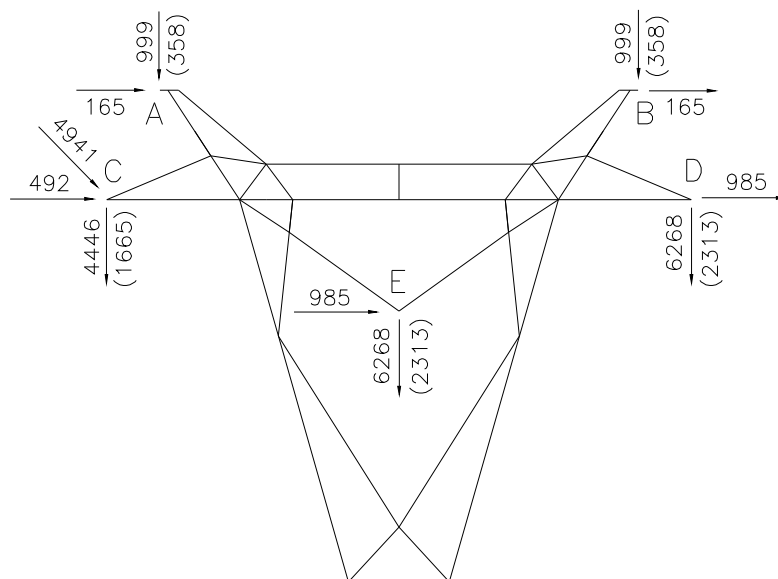
4.6- HIPÓTESE 6 – VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL



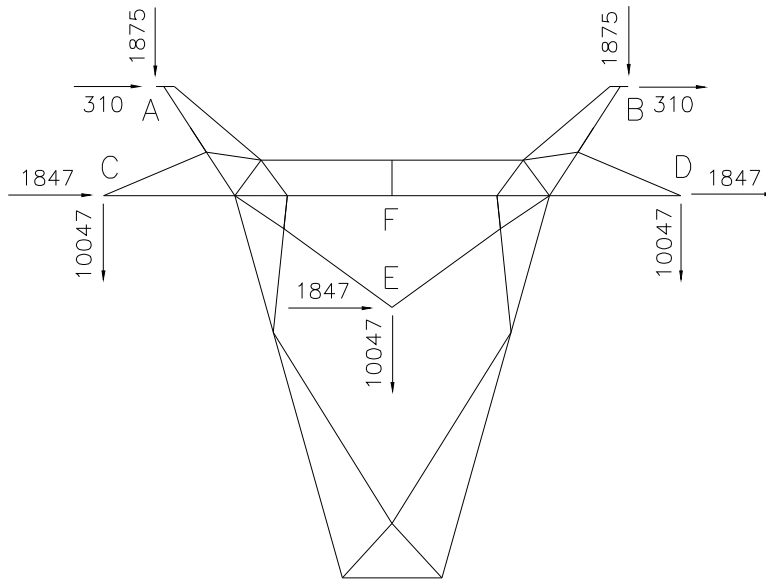
4.7- HIPÓTESE 7 – UM PARA-RAIO ROMPIDO EM QUALQUER POSIÇÃO – SEM VENTO



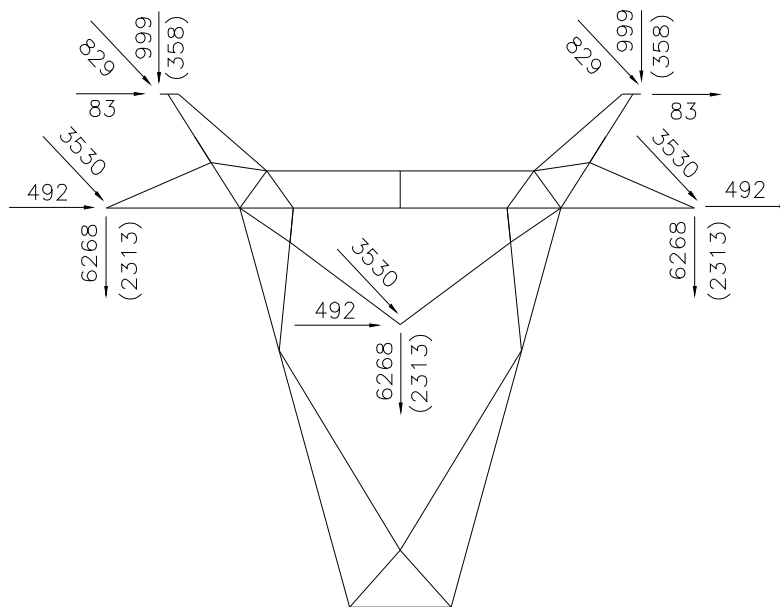
4.8- HIPÓTESE 8 – UM CONDUTOR ROMPIDO EM QUALQUER POSIÇÃO – SEM VENTO



4.9- HIPÓTESE 9 – CONSTRUÇÃO OU MANUTENÇÃO – SEM VENTO



4.10- HIPÓTESE 10 – CONTENÇÃO EM CASCATA – SEM VENTO



## CARGA DE VENTO NA TORRE

### 1 – PRESSÃO DE VENTO

#### 1.1 VENTO EXTREMO TRANSVERSAL

$$At = 62 \times G_T \times S_{T1} \times C_{XT1}$$

#### 1.2 VENTO EXTREMO À 45°

$$At = 37.2 \times G_T \times (S_{T1} \cdot C_{XT1} + S_{T2} \cdot C_{XT2})$$

#### 1.3 VENTO EXTREMO LONGITUDINAL

$$At = 62 \times G_T \times S_{T2} \times C_{XT2}$$

#### 1.4 VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL

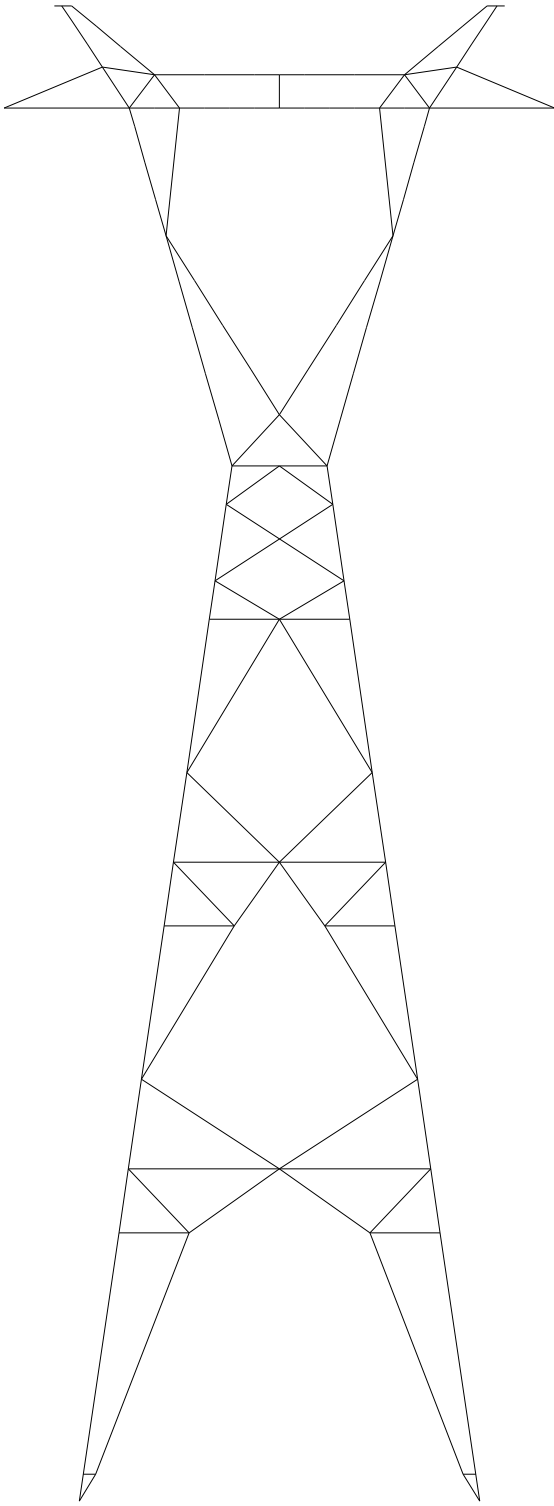
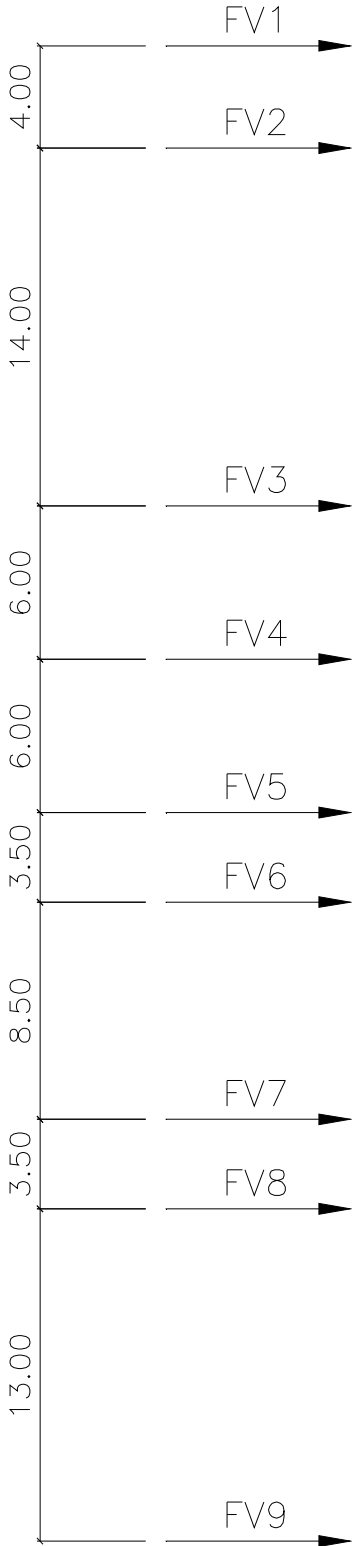
$$At = 190 \times S_{T1} \times C_{XT1}$$

#### 1.5 VENTO DE ALTA INTENSIDADE À 45°

$$At = 114 \times (S_{T1} \cdot C_{XT1} + S_{T2} \cdot C_{XT2})$$

#### 1.6 VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL

$$At = 190 \times S_{T2} \times C_{XT2}$$



2.1 – CÁLCULO DE ÁREA DE VENTO

NIVEL	H (m)	ABA (mm)	TRANSVERSAL		LONGITUDINAL	
			L (m)	AREA (m2)	L (m)	AREA (m2)
1	58.50					
		40	8.24	0.330	13.94	0.558
		45	5.57	0.250	11.86	0.534
		50	9.83	0.492	9.99	0.499
		60	8.49	0.510	19.77	1.186
		65			3.28	0.213
		75	4.60	0.345	34.14	2.561
		90	0.00	0.000	22.00	1.980
			1.926	7.530		
2	54.50					
		40	8.73	0.349	25.00	1.000
		45			11.87	0.534
		50	69.02	3.451	8.37	0.419
		60			4.99	0.300
		75			5.52	0.414
		90	20.02	1.802	20.48	1.843
		100	32.03	3.203	39.24	3.924
			8.805	8.433		
3	40.50					
		40	8.65	0.346	8.15	0.326
		45	8.35	0.376	6.09	0.274
		50	3.93	0.196		
		60	17.83	1.070	5.61	0.336
		65			5.97	0.388
		75			16.36	1.227
		127	12.07	1.532	12.14	1.541
			3.520	4.093		
4	34.50					
		40	7.17	0.287	7.56	0.303
		45	2.74	0.123	3.05	0.137
		50	10.09	0.504	12.00	0.600
		60	13.08	0.785		
		65			14.11	0.917
		127	12.07	1.532	12.14	1.541
					3.232	3.498
5	28.50					
		40	3.69	0.148	1.88	0.075
		45	2.57	0.116	2.79	0.126
		50	10.99	0.550	9.16	0.458
		60	8.72	0.523	18.67	1.120
		127	7.04	0.894	7.08	0.899
			2.230	2.678		

2.1 – CÁLCULO DE ÁREA DE VENTO

NIVEL	H (m)	ABA (mm)	TRANSVERSAL		LONGITUDINAL	
			L (m)	AREA (m2)	L (m)	AREA (m2)
6	25.00					
		40	12.16	0.486	11.05	0.442
		45	2.74	0.123	5.85	0.263
		50	17.37	0.868	16.04	0.802
		60	24.14	1.448	17.61	1.057
		65			14.11	0.917
		75	5.61	0.420	6.17	0.463
		127	17.09	2.171	17.19	2.183
				5.518	6.127	
7	16.50					
		40	1.88	0.075		
		45	2.85	0.128	2.69	0.121
		50	9.06	0.453	3.30	0.165
		60	10.43	0.626	11.68	0.701
		75	8.47	0.635	25.15	1.886
		127	7.04	0.894	7.08	0.899
				2.811	3.772	
8	13.00					
		40	16.49	0.660	9.83	0.393
		45	10.44	0.470	14.86	0.668
		50	29.60	1.480	23.92	1.196
		60	5.07	0.304	25.99	1.559
		65	7.12	0.463	8.79	0.571
		75	21.88	1.641	22.76	1.707
127	26.14	3.320	26.29	3.339		
				8.338	9.434	
9	0.00					



2.2 – VENTO EXTREMO TRANSVERSAL

NIVEL	H (m)	AREA (m2)	ALTURA C.P. (m)	Cxt	Gt	FV (kgf)
1	58.500					294.
		1.926	56.115	2.399	2.541	
2	54.500					2514.
		8.805	47.529	3.060	2.473	
3	40.500					2788.
		3.520	37.270	3.023	2.384	
4	34.500					1680.
		3.232	31.738	3.316	2.323	
5	28.500					1140.
		2.230	26.444	3.335	2.256	
6	25.000					2075.
		5.518	21.351	3.437	2.181	
7	16.500					1552.
		2.811	14.296	3.415	2.045	
8	13.000					2663.
		8.338	7.225	3.600	1.842	
9	0.000					1516.

2.3 – VENTO EXTREMO À 45°

NIVEL	H (m)	AREA TRANSV (m2)	AREA LONGIT (m2)	ALTURA C.P. (m)	Cxt1	Cxl2	Gt	FV TRANSV (kgf)	FV LONGIT (kgf)
1	58.500							483.	483.
		1.926	7.530	55.636	2.399	2.768	2.541		
2	54.500							2787.	2787.
		8.805	8.433	47.187	3.060	2.781	2.473		
3	40.500							2395.	2395.
		3.520	4.093	37.251	3.023	3.181	2.384		
4	34.500							1551.	1551.
		3.232	3.498	31.711	3.316	3.466	2.323		
5	28.500							1042.	1042.
		2.230	2.678	26.395	3.335	3.430	2.256		
6	25.000							1927.	1927.
		5.518	6.127	21.353	3.437	3.551	2.181		
7	16.500							1447.	1447.
		2.811	3.772	14.281	3.415	3.446	2.045		
8	13.000							2535.	2535.
		8.338	9.434	7.331	3.600	3.675	1.842		
9	0.000							1364.	1364.

2.4 – VENTO EXTREMO LONGITUDINAL

NIVEL	H (m)	AREA (m2)	ALTURA C.P. (m)	Cxt	Gt	FV (kgf)
1	58.500					832.
		7.530	55.513	2.768	2.541	
2	54.500					4078.
		8.433	46.831	2.781	2.473	
3	40.500					2847.
		4.093	37.234	3.181	2.384	
4	34.500					1975.
		3.498	31.686	3.466	2.323	
5	28.500					1316.
		2.678	26.355	3.430	2.256	
6	25.000					2468.
		6.127	21.355	3.551	2.181	
7	16.500					1860.
		3.772	14.270	3.446	2.045	
8	13.000					3312.
		9.434	7.426	3.675	1.842	
9	0.000					1698.

2.5 – VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL

NIVEL	H (m)	AREA (m2)	ALTURA C.P. (m)	Cxt	FV (kgf)
1	58.500				355.
		1.926	56.115	2.399	
2	54.500				3093.
		8.805	47.529	3.060	
3	40.500				3483.
		3.520	37.270	3.023	
4	34.500				2187.
		3.232	31.738	3.316	
5	28.500				1520.
		2.230	26.444	3.335	
6	25.000				2886.
		5.518	21.351	3.437	
7	16.500				2223.
		2.811	14.296	3.415	
8	13.000				4318.
		8.338	7.225	3.600	
9	0.000				2533.

2.6 – VENTO DE ALTA INTENSIDADE À 45°

NIVEL	H (m)	AREA TRANSV (m2)	AREA LONGIT (m2)	ALTURA C.P. (m)	Cxt1	Cxl2	FV TRANSV (kgf)	FV LONGIT (kgf)
1	58.500						583.	583.
2	54.500	1.926	7.530	55.636	2.399	2.768	3410.	3410.
3	40.500	8.805	8.433	47.187	3.060	2.781	2996.	2996.
4	34.500	3.520	4.093	37.251	3.023	3.181	2018.	2018.
5	28.500	3.232	3.498	31.711	3.316	3.466	1390.	1390.
6	25.000	2.230	2.678	26.395	3.335	3.430	2680.	2680.
7	16.500	5.518	6.127	21.353	3.437	3.551	2075.	2075.
8	13.000	2.811	3.772	14.281	3.415	3.446	4096.	4096.
9	0.000	8.338	9.434	7.331	3.600	3.675	2274.	2274.

2.7 – VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL

NIVEL	H (m)	AREA (m2)	ALTURA C.P. (m)	Cxt	FV (kgf)
1	58.500				1003.
2	54.500	7.530	55.513	2.768	4972.
3	40.500	8.433	46.831	2.781	3568.
4	34.500	4.093	37.234	3.181	2570.
5	28.500	3.498	31.686	3.466	1756.
6	25.000	2.678	26.355	3.430	3431.
7	16.500	6.127	21.355	3.551	2669.
8	13.000	3.772	14.270	3.446	5337.
9	0.000	9.434	7.426	3.675	2825.

<b>TABELA DE DIMENSIONAMENTO</b>
----------------------------------

1 – TENSÕES LIMITES

1.1 – ESCOAMENTO	AÇO ASTM A36	= 2531 KGF/CM <sup>2</sup>
	AÇO ASTM A572-Gr.50	= 3515 KGF/CM <sup>2</sup>
	AÇO ASTM A572-Gr.60	= 4218 KGF/CM <sup>2</sup>

1.2 – COMPRESSÃO	DESIGN OF STEEL TRANSMISSION STRUCTURES – ASCE 10-97
------------------	---

CORREÇÃO DE CURVA (K)	PARA L/R < 120
	(1) KL/R = L/R
	(2) KL/R = 0.75 x L/R +30
	(3) KL/R = 0.50 x L/R +60
	PARA L/R > 120
	(4) KL/R = L/R

1.3 – CISALHAMENTO	(ISO 4016 – 5.8)	= 3100 KGF/CM <sup>2</sup>
--------------------	------------------	----------------------------

1.4 – ESMAGAMENTO	(ASTM A36)	= 6117 KGF/CM <sup>2</sup>
	(ASTM A572-Gr.50)	= 6855 KGF/CM <sup>2</sup>
	(ASTM A572-Gr.60)	= 7910 KGF/CM <sup>2</sup>

2 – QUALIDADE DOS PERFIS :	ASTM A572 – Gr.50
	ASTM A572 – Gr.60 (INDICADO COM “G”)

3 – PARAFUSOS INDICADOS COM ASTERISCO (\*) SÃO CALCULADOS COM 2 x A ÁREA DE CISALHAMENTO.

4 – PARA IDENTIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS DA ESTRUTURA, VER O DESENHO DE SILHUETA DA TORRE.

BARRA	CARGAS CRÍTICAS (kgf)				PERFIS (mm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )		L cm	R cm	L/R	K	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )			PARAFUSOS		
	COMPRESS		TRAÇÃO			BRUTA	LIQU					COMPRESS		TRAÇ ATU	QUANT & DIA	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )	
	LIM	ATU	LIM	ATU								CISA	ESMA				
1	1	39539	1	37610	100 X 8.0 G	15.50	12.43	188	3.08	61	1	3396	2551	3026	8 M16	2458	3861
2	1	38872	1	32482	100 X 8.0 G	15.50	13.18	209	3.08	68	2	2768	2508	2465	8 M16	2417	3796
3	1	32505	1	24667	2L 75 X 6.0	17.50	14.88	276	3.47	80	1	2533	1857	1658	3 M16*	2694	5643
4	10	31908	8A	19003	90 X 7.0	12.20	9.51	149	2.75	54	1	3067	2615	1998	6 M16	2645	4748
5	1	22698	1	27707	90 X 7.0	12.20	10.37	191	2.75	70	2	2470	1860	2672	5 M16	2756	4948
6	7B	8646	7B	6996	60 X 5.0	5.81	3.89	124	1.18	105	1	1823	1488	1798	3 M16	1433	3603
7	1	1316	1	2987	50 X 4.0	3.90	3.13	171	0.98	175	4	657	337	954	1 M16	1486	4668
8	8B	17608	8B	9546	75 X 6.0	8.75	7.44	161	2.29	70	2	2470	2012	1283	4 M16	2189	4585
9	8A	4007	9G	14081	60 X 6.0	6.91	5.76	279	1.82	153	4	859	580	2446	3 M16	2334	4889
10	8B	5454	9G	20128	75 X 6.0	8.75	7.44	246	1.47	167	4	721	623	2706	4 M16	2503	5242
11	1	21799	1	18181	2L 65 X 5.0	12.62	10.70	164	1.98	83	1	2458	1727	1699	3 M16*	1807	4541
12	7B	10402	7A	2017	75 X 5.0	7.36	6.26	215	2.31	93	2	1959	1413	322	3 M16	1725	4334
13	1	17441	1	24806	2L 60 X 5.0	11.62	9.70	164	1.84	89	1	2299	1501	2557	3 M16*	2056	5168
14	9H	23252	8A	6726	90 X 7.0	12.20	9.51	200	2.75	73	1	2697	1906	707	5 M16	2313	4152
15	1	27191	1	15661	90 X 7.0	12.20	9.51	200	2.75	73	1	2697	2229	1646	6 M16	2254	4046
16	1	22385	1	34682	90 X 8.0	13.90	11.81	200	2.73	73	2	2413	1610	2935	7 M16	2464	3871
17	8A	1988	9F	3165	45 X 3.0	2.66	2.08	70	0.89	79	3	1985	747	1519	2 M16	787	3297
18	1	324	9E	1263	45 X 3.0	2.66	2.08	140	0.89	157	4	816	122	606	1 M16	628	2632
19	1	1639	1	1515	45 X 3.0	2.66	2.08	140	0.89	157	4	816	616	727	1 M16	815	3415
20	10	4592	8A	1493	50 X 5.0	4.80	3.84	128	0.97	132	4	1154	957	389	1 M16	2284	5741
21	1	11023	1	10392	75 X 7.0	10.10	8.59	164	1.47	112	3	1494	1091	1211	2 M16	2741	4921
22	1	10502	1	10913	75 X 7.0	10.10	8.59	164	1.47	112	3	1494	1040	1271	2 M16	2714	4872
23	1	10861	1	10554	75 X 7.0	10.10	8.59	164	1.47	112	3	1494	1075	1229	2 M16	2701	4849

BARRA	CARGAS CRÍTICAS (kgf)				PERFIS (mm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )		L cm	R cm	L/R	K	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )			PARAFUSOS		
	COMPRESS		TRAÇÃO			BRUTA	LIQU					COMPRESS		TRAÇ ATU	QUANT & DIA	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )	
	LIM	ATU	LIM	ATU								CISA	ESMA				
24	1	10651	1	10764	75 X 7.0	10.10	8.59	164	1.47	112	3	1494	1055	1254	2 M16	2677	4805
31	8B	2329	8B	2334	45 X 4.0	3.49	2.72	122	0.87	140	4	1026	667	857	1 M16	1161	3647
32	9X	343	9X	304	45 X 3.0	2.66	2.08	140	0.89	157	4	816	129	146	1 M16	171	715
33	8B	2596	8B	2238	45 X 4.0	3.49	2.72	122	0.87	140	4	1026	744	822	1 M16	1291	4056
34	10	1067	1	1947	45 X 3.0	2.66	2.08	140	1.36	103	3	1617	401	934	1 M16	968	4056
35	8B	2006	8B	1647	45 X 3.0	2.66	2.08	122	0.89	137	4	1071	754	790	1 M16	998	4179
36	8B	1647	8B	2006	45 X 3.0	2.66	2.08	122	0.89	137	4	1071	619	963	1 M16	998	4179
37	8B	2006	8B	1647	45 X 3.0	2.66	2.08	122	0.89	137	4	1071	754	790	1 M16	998	4179
40	2	676	1	5335	45 X 4.0	3.49	2.72	233	1.36	171	4	688	194	1960	2 M16	1327	4168
41	8C	2824	10	2081	50 X 4.0	3.90	3.13	140	0.98	142	4	997	724	664	1 M16	1405	4413
42	1	2096	1	1887	45 X 3.0	2.66	2.08	108	0.89	121	4	1373	788	906	1 M16	1043	4367
45	8B	5088	8B	5071	50 X 4.0	3.90	3.13	104	0.98	107	3	1561	1305	1619	2 M16	1265	3975
46	8B	4556	8B	4568	50 X 4.0	3.90	3.13	111	0.98	113	2	1527	1168	1459	2 M16	1136	3569
47	8B	4059	8B	4045	50 X 4.0	3.90	3.13	116	0.98	118	2	1432	1041	1291	2 M16	1009	3171
48	8B	3638	8B	3647	50 X 4.0	3.90	3.13	120	0.98	123	4	1329	933	1165	2 M16	907	2850
49	10	3471	10	3420	50 X 4.0	3.90	3.13	140	0.98	143	4	983	890	1092	1 M16	1726	5423
50	10	3042	10	3080	50 X 4.0	3.90	3.13	146	0.98	149	4	906	780	984	1 M16	1532	4813
51	10	2773	10	2732	50 X 4.0	3.90	3.13	152	0.98	155	4	837	711	872	1 M16	1379	4332
52	10	2483	10	2514	50 X 4.0	3.90	3.13	158	0.98	161	4	776	637	803	1 M16	1250	3928
53	10	2304	10	2270	50 X 4.0	3.90	3.13	164	0.98	168	4	712	591	725	1 M16	1146	3600
61	8B	2121	8B	2123	50 X 3.0	2.96	2.38	148	0.99	149	4	906	716	890	1 M16	1056	4422
62	8B	1887	8B	1879	50 X 3.0	2.96	2.38	153	0.99	155	4	837	637	788	1 M16	938	3931
63	8B	1689	8B	1691	50 X 3.0	2.96	2.38	159	0.99	160	4	785	571	709	1 M16	841	3522

BARRA	CARGAS CRÍTICAS (kgf)				PERFIS (mm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )		L cm	R cm	L/R	K	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )			PARAFUSOS		
	COMPRESS		TRAÇÃO			BRUTA	LIQU					COMPRESS		TRAÇ	QUANT & DIA	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )	
	LIM	ATU	ATU	CISA								ESMA					
64	8B	1536	8B	1528	50 X 3.0	2.96	2.38	164	0.99	166	4	730	519	641	1 M16	764	3199
71		0		0	2L 50 X 4.0	7.80	6.63	70	1.52	46	3	2458	0	0	2 M16	0	0
72	9X	5081			60 X 4.0	4.72	3.95	130	1.19	109	3	1534	1077		2 M16	1264	3970
73	9X	2712			50 X 4.0	3.90	3.13	140	0.98	143	4	983	695		1 M16	1349	4238
74	10	15	9X	5724	45 X 4.0	3.49	2.72	148	0.87	170	4	696	4	2103	2 M16	1423	4472
75	8B	13176	8A	15871	100 X 6.0	11.65	9.90	190	1.97	96	3	1698	1131	1603	3 M16	2631	5511
76	1	3260	1	2763	50 X 4.0	3.90	3.13	133	0.98	136	4	1087	836	882	1 M16	1621	5093
77	8A	6481	8A	6474	60 X 6.0	6.91	5.76	232	1.82	127	4	1247	938	1124	2 M16	1612	3376
80	7B	471	7B	372	45 X 3.0	2.66	2.08	112	0.89	126	4	1267	177	178	1 M16	234	981
81	7B	748	7B	900	45 X 3.0	2.66	2.08	154	0.89	173	4	672	281	432	1 M16	448	1875
82	7B	714	7B	611	45 X 3.0	2.66	2.08	79	0.89	89	3	1835	269	293	1 M16	355	1489
83	7B	1526	7B	1737	45 X 3.0	2.66	2.08	112	0.89	126	4	1267	574	833	1 M16	864	3618
84	7B	2272	7B	2023	45 X 3.0	2.66	2.08	64	0.89	72	3	2086	854	971	1 M16	1130	4734
85	1	912	9H	3280	2L 75 X 8.0	23.00	19.55	40	2.26	18	3	2784	40	168	2 M16	816	1281
121	1	69180	1	59610	127 X 9.5 G	23.29	19.64	153	3.96	39	1	3725	2970	3035	10 M16*	1720	4551
122	1	66613	1	56895	127 X 9.5 G	23.29	19.64	119	2.51	47	1	3586	2860	2897	10 M16*	1657	4382
123	1	70534	1	58565	127 X 9.5 G	23.29	19.64	127	2.51	51	1	3507	3029	2982	10 M16*	1754	4640
124	1	65069	1	55328	127 X 9.5 G	23.29	19.64	127	2.51	51	1	3507	2794	2817	10 M16*	1618	4281
125	1	69456	1	58429	127 X 9.5 G	23.29	19.64	119	2.51	47	1	3586	2982	2975	10 M16*	1727	4569
126	1	70770	1	58169	127 X 9.5 G	23.29	19.64	127	2.51	51	1	3507	3039	2961	10 M16*	1760	4656
127	1	66724	1	55679	127 X 9.5 G	23.29	19.64	127	2.51	51	1	3507	2865	2835	10 M16*	1659	4390
128	1	70933	1	58849	127 X 9.5 G	23.29	19.64	119	2.51	47	1	3586	3046	2996	10 M16*	1764	4667
129	2	72401	1	58278	127 X 9.5 G	23.29	19.64	127	2.51	51	1	3507	3109	2967	10 M16*	1800	4763

BARRA	CARGAS CRÍTICAS (kgf)				PERFIS (mm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )		L cm	R cm	L/R	K	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )			PARAFUSOS		
	COMPRESS		TRAÇÃO			BRUTA	LIQU					COMPRESS		TRAÇ ATU	QUANT & DIA	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )	
	LIM	ATU	LIM	ATU								CISA	ESMA				
130	1	67667	1	55943	127 X 9.5 G	23.29	19.64	127	2.51	51	1	3507	2905	2848	10 M16*	1683	4452
131	2	73785	2	59502	127 X 9.5 G	23.29	19.64	119	2.51	47	1	3586	3168	3029	10 M16*	1835	4854
132	2	75003	2	60037	127 X 9.5 G	23.29	19.64	127	2.51	51	1	3507	3220	3057	10 M16*	1865	4934
135	2	75088	2	59970	127 X 9.5 G	23.29	19.64	114	2.51	45	1	3623	3224	3053	10 M16*	1867	4940
141	8B	7831	8B	7696	75 X 5.0	7.36	6.26	261	2.31	113	3	1482	1064	1230	2 M16	1947	4895
142	8B	6102	8B	6165	75 X 5.0	7.36	6.26	306	2.31	133	4	1137	829	985	2 M16	1533	3853
143	8B	5019	8B	4924	65 X 5.0	6.31	5.35	299	1.98	151	4	882	795	920	2 M16	1248	3137
150	8B	6314	8B	6124	65 X 5.0	6.31	5.35	161	1.29	125	4	1287	1001	1145	2 M16	1570	3946
151	8B	8173	8B	7986	65 X 5.0	6.31	5.35	148	1.29	115	3	1456	1295	1493	2 M16	2032	5108
152	8B	3867	8B	3856	2L 60 X 4.0	9.44	8.02	511	2.69	190	4	557	410	481	1 M16*	962	3021
153	8B	6571	8B	6451	65 X 5.0	6.31	5.35	148	1.29	115	3	1456	1041	1206	2 M16	1634	4107
154	8B	2933	8B	2887	2L 65 X 4.0	10.26	8.72	580	3.04	191	4	551	286	331	1 M16*	729	2291
155	8B	5497	8B	5260	65 X 5.0	6.31	5.35	148	1.29	115	3	1456	871	983	2 M16	1367	3436
156	8B	2308	8B	2304	2L 75 X 5.0	14.72	12.51	654	3.35	195	4	529	157	184	1 M16*	574	1442
160	8B	3391	8B	3293	60 X 4.0	4.72	3.95	167	1.19	140	4	1026	718	833	1 M16	1686	5298
162	8B	3830	8B	3968	65 X 6.0	7.48	6.33	349	1.98	176	4	649	512	627	1 M16	1974	4133
163	8B	9883	8B	9853	75 X 6.0	8.75	7.44	267	2.29	117	3	1432	1130	1325	2 M16	2458	5148
165	4	2308	4	2154	60 X 4.0	4.72	3.95	212	1.19	178	4	635	489	545	1 M16	1148	3606
167	8B	1990	8B	2148	60 X 4.0	4.72	3.95	349	1.84	190	4	557	422	544	1 M16	1068	3356
168	8B	7689	8B	7543	75 X 6.0	8.75	7.44	310	2.29	135	4	1103	879	1014	2 M16	1912	4005
170	4	3804	4	3708	75 X 5.0	7.36	6.26	257	1.49	172	4	680	517	593	1 M16	1892	4755
172	4	3309	4	3370	60 X 6.0	6.91	5.76	349	1.82	192	4	545	479	585	1 M16	1676	3510
173	4	7136	4	6862	2L 60 X 5.0	11.62	9.70	370	2.82	131	4	1172	614	707	1 M16*	1775	4460



BARRA	CARGAS CRÍTICAS (kgf)				PERFIS (mm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )		L cm	R cm	L/R	K	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )			PARAFUSOS		
	COMPRESS		TRAÇÃO			BRUTA	LIQU					COMPRESS		TRAÇ ATU	QUANT & DIA	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )	
	LIM	ATU	LIM	ATU								CISA	ESMA				
175	4	5337	4	5343	75 X 7.0	10.10	8.59	250	1.47	170	4	696	528	622	1 M16	2657	4770
177	4	5284	4	5210	2L 60 X 4.0	9.44	7.90	349	2.69	130	4	1190	560	659	1 M16*	1314	4128
178	4	8831	4	8378	2L 65 X 5.0	12.62	10.70	440	3.01	146	4	943	700	783	2 M16*	1098	2760
180	8B	11797	8B	11545	75 X 6.0	8.75	7.44	227	2.29	99	2	1847	1348	1552	3 M16	1956	4096
181	8A	10403	8A	10199	75 X 5.0	7.36	6.26	219	2.31	95	2	1918	1413	1630	3 M16	1725	4335
182	8A	9780	8A	9620	75 X 5.0	7.36	6.26	243	2.31	105	2	1701	1329	1538	3 M16	1621	4075
183	8A	9338	8A	9216	75 X 5.0	7.36	6.26	236	2.31	102	2	1767	1269	1473	3 M16	1548	3891
184	8A	8744	8A	8658	75 X 5.0	7.36	6.26	285	2.31	124	4	1308	1188	1384	2 M16	2174	5465
185	8A	8104	8A	8063	65 X 5.0	6.31	5.35	148	1.29	115	2	1488	1284	1507	2 M16	2015	5065
186	8A	7635	8A	7628	75 X 6.0	8.75	7.44	338	2.29	148	4	918	873	1026	2 M16	1899	3976
241	8A	5834	8A	5776	60 X 4.0	4.72	3.95	213	1.84	116	3	1444	1236	1462	2 M16	1451	4558
242	8A	4500	8A	4511	60 X 4.0	4.72	3.95	245	1.84	133	4	1137	953	1142	2 M16	1122	3524
243	8A	3618	8A	3576	60 X 5.0	5.81	4.85	236	1.83	129	4	1208	623	737	1 M16	1799	4522
250	8A	4871	8A	4769	60 X 4.0	4.72	3.95	141	1.19	119	3	1408	1032	1207	2 M16	1211	3806
251	8A	6807	8A	6685	60 X 5.0	5.81	4.85	138	1.18	117	3	1432	1172	1378	2 M16	1693	4254
252	8A	2986	8A	2954	2L 60 X 4.0	9.44	7.90	439	2.69	163	4	757	316	374	1 M16*	742	2333
253	8A	5405	8A	5345	60 X 5.0	5.81	4.85	138	1.18	117	3	1432	930	1102	2 M16	1344	3378
254	6	2603	6	2545	2L 60 X 4.0	9.44	7.90	479	2.69	178	4	635	276	322	1 M16*	647	2034
255	6	5546	6	5353	60 X 5.0	5.81	4.85	138	1.18	117	3	1432	955	1104	2 M16	1379	3466
256	6	2839	6	2826	2L 60 X 4.0	9.44	7.90	524	2.69	195	4	529	301	358	1 M16*	706	2218
260	6	2206	6	2094	50 X 3.0	2.96	2.38	117	0.99	118	2	1432	745	878	1 M16	1097	4596
262	6	3067	6	3222	60 X 4.0	4.72	3.95	305	1.84	166	4	730	650	815	1 M16	1602	5034
263	8A	8579	8A	8570	75 X 5.0	7.36	6.26	261	2.31	113	3	1482	1166	1370	2 M16	2134	5362

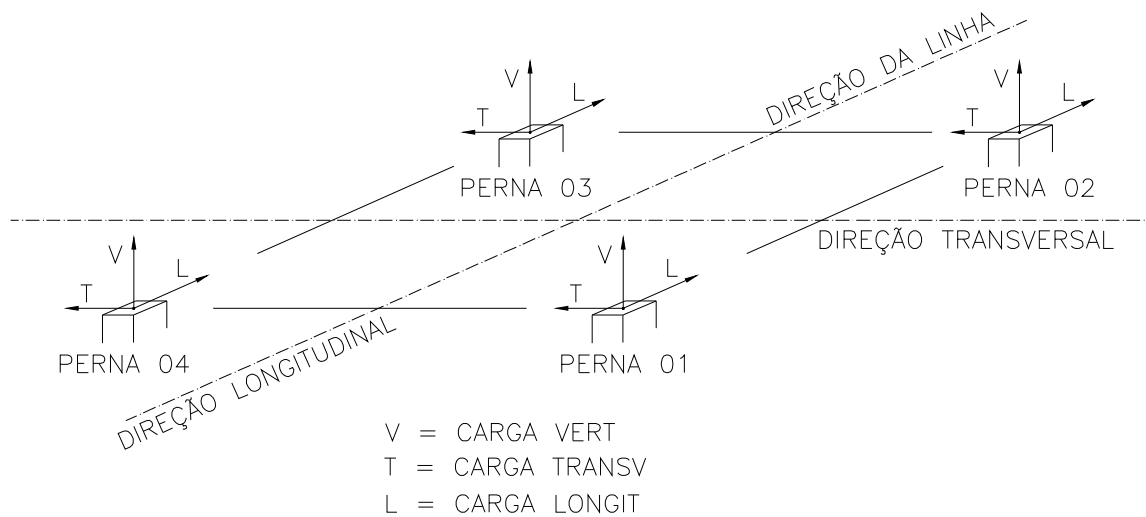
BARRA	CARGAS CRÍTICAS (kgf)				PERFIS (mm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )		L cm	R cm	L/R	K	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )			PARAFUSOS		
	COMPRESS		TRAÇÃO			BRUTA	LIQU					COMPRESS		TRAÇ ATU	QUANT & DIA	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )	
	LIM	ATU	LIM	ATU								CISA	ESMA				
265	6	2645	6	2543	50 X 4.0	3.90	3.13	148	0.98	151	4	882	678	812	1 M16	1315	4132
267	6	2194	6	2346	60 X 4.0	4.72	3.95	305	1.84	166	4	730	465	594	1 M16	1167	3665
268	6	8277	6	8177	75 X 6.0	8.75	7.44	283	2.29	124	4	1308	946	1099	2 M16	2058	4311
270	6	4473	6	4403	60 X 5.0	5.81	4.85	180	1.18	153	4	859	770	908	1 M16	2225	5591
272	6	4854	6	4919	65 X 6.0	7.48	6.33	305	1.98	154	4	848	649	777	1 M16	2447	5124
273	6	10100	6	9943	2L 60 X 4.0	9.44	7.90	316	2.69	118	1	1444	1070	1258	2 M16*	1256	3946
275	6	6431	6	6383	75 X 5.0	7.36	6.26	212	1.49	142	4	997	874	1020	2 M16	1599	4019
277	6	7761	6	7787	2L 50 X 5.0	9.60	7.68	305	2.43	125	4	1287	808	1014	1 M16*	1936	4867
278	6	11938	6	11748	2L 65 X 5.0	12.62	10.70	358	3.01	119	1	1420	946	1098	2 M16*	1484	3731
280	6	15558	6	15172	75 X 7.0	10.10	8.59	221	2.28	97	2	1894	1540	1767	3 M16	2579	4630
281	6	14486	6	14129	75 X 6.0	8.75	7.44	211	2.29	92	2	2011	1656	1900	3 M16	2402	5030
282	6	12862	6	12519	75 X 6.0	8.75	7.44	231	2.29	101	2	1798	1470	1683	3 M16	2132	4466
283	6	11523	6	11201	75 X 5.0	7.36	6.26	220	2.31	95	2	1918	1566	1791	3 M16	1910	4801
284	6	9964	6	9672	75 X 5.0	7.36	6.26	258	2.31	112	2	1547	1354	1546	3 M16	1652	4152
285	8B	6301	6	7918	65 X 4.0	5.13	4.36	126	1.30	97	2	1841	1228	1816	3 M16	1313	4124
286	6	6354	6	6140	65 X 5.0	6.31	5.35	261	1.98	132	4	1154	1007	1148	2 M16	1580	3971

## CARGAS NAS FUNDAÇÕES

NOTAS:

1 – AS CARGAS ESTÃO EM KGF E NÃO INCLUEM NENHUM FATOR ADICIONAL.

2 – AS CARGAS SEGUEM A ORIENTAÇÃO ABAIXO:



TORRE B57 - EXT. 24.0 – PERNAS NIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-69669	-12307	-7368	-69630	-12294	7359	49998	-9260	-5272	50038	-9273	5282
1R	-65802	-11651	-6958	-65771	-11640	6951	54720	-9917	-5773	54750	-9926	5780
2	-75075	-13025	-9605	-25877	-5559	1071	55411	-9932	-7541	6280	-2586	-1037
2R	-70900	-12390	-9147	-21716	-4884	646	59830	-10566	-8025	10684	-3260	-586
3	-47548	-7200	-7160	16898	2525	-3909	27880	-4143	-5072	-36491	5534	-5993
3R	-43255	-6554	-6698	21181	3187	-4356	32177	-4791	-5534	-32205	4872	-5546
4	-46204	-9734	-4890	-46165	-9721	4880	26533	-6689	-2794	26572	-6701	2803
4R	-41909	-9078	-4434	-41879	-9068	4427	30828	-7345	-3249	30859	-7354	3256
5	-71540	-13343	-10080	-9772	-4010	-1477	51873	-10276	-7999	-9822	-1012	-3570
5R	-67247	-12706	-9612	-5492	-3338	-1918	56173	-10913	-8468	-5534	-1683	-3128
6	-55864	-8453	-9104	25213	3778	-5853	36195	-5396	-7016	-44806	6786	-7938
6R	-51571	-7806	-8643	29495	4440	-6300	40493	-6042	-7478	-40520	6125	-7491
7A	-19869	-3438	-1792	-10481	-1196	1426	237	422	-240	-9149	1009	-1193
7AR	-15575	-2782	-1337	-6195	-543	972	4531	-233	-695	-4863	356	-740
7B	-19907	-2623	-2335	-10442	-2011	883	198	-391	303	-9111	1823	-650
7BR	-15612	-1967	-1879	-6156	-1357	429	4493	-1047	-152	-4825	1169	-197
8A	-26578	-5241	-1920	-2790	950	1194	8077	230	-1675	-16147	1269	-2539
8AR	-22156	-4630	-1451	1623	1559	727	11656	-381	-2055	-12577	660	-2162
8B	-25527	-2678	-3535	-1223	-1613	-697	6509	-2333	217	-17199	3832	-924
8BR	-21948	-2067	-3155	2347	-1004	-1076	10932	-2944	-251	-12785	3224	-457
8C	-25863	-3944	-2720	-2351	-347	273	7110	-988	-753	-16334	2487	-1740
8CR	-21877	-3339	-2292	1623	267	-143	11127	-1593	-1184	-12328	1873	-1321
9A	-7660	-1112	-820	-7609	-1096	808	-5366	957	577	-5315	940	-566
9B	-8115	-1260	-868	-8064	-1243	856	-5849	951	628	-5798	933	-617
9C	-10162	-2100	-1084	-10111	-2084	1073	-8825	867	943	-8774	850	-931
9D	-17383	-2100	-1847	-17332	-2083	1835	-1606	867	180	-1554	850	-169
9E	-13536	-2101	-1441	-13485	-2084	1429	-5451	867	586	-5400	850	-575
9F	-19429	-2940	-2063	-19378	-2924	2052	-4582	784	495	-4530	767	-483
9G	-22804	-2941	-2420	-22753	-2924	2408	-1207	783	138	-1156	767	-127
9H	-15583	-2941	-1657	-15532	-2923	1645	-8428	783	901	-8377	766	-889
9I	-24850	-3781	-2636	-24799	-3763	2624	-4184	700	453	-4133	683	-441
10	-42454	-6447	-4390	17303	2593	-1720	22788	-3369	-2316	-36899	5582	-3820
10R	-38173	-5802	-3928	21573	3257	-2165	27098	-4015	-2781	-32600	4918	-3371

TORRE B57 - EXT. 24.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (1.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-63366	-11196	-6666	-73387	-14595	8054	54592	-9211	-5871	43527	-8132	4482
1R	-59863	-10605	-6294	-69403	-13810	7600	59036	-9865	-6334	48620	-8853	5028
2	-70152	-12225	-8341	-28506	-7395	293	56488	-9366	-7696	3537	-2115	-1367
2R	-66401	-11665	-7937	-24130	-6598	-173	60565	-9975	-8136	8356	-2862	-865
3	-45717	-6977	-6045	15670	2306	-5332	26775	-3925	-4918	-35362	5312	-5837
3R	-41844	-6404	-5632	20201	3067	-5832	30682	-4522	-5332	-30649	4575	-5337
4	-42131	-8989	-4431	-46878	-12157	5214	28048	-5768	-3046	22329	-5931	2262
4R	-38247	-8406	-4019	-42344	-11414	4703	31941	-6366	-3452	27040	-6658	2768
5	-66912	-12615	-8510	-11359	-6234	-2972	50813	-9014	-7909	-11174	-777	-3734
5R	-63051	-12054	-8095	-6831	-5455	-3460	54734	-9609	-8331	-6460	-1523	-3241
6	-53226	-8136	-7476	23147	3485	-7945	34555	-5085	-6787	-43109	6451	-7703
6R	-49354	-7563	-7063	27677	4246	-8444	38463	-5682	-7201	-38396	5714	-7204
7A	-19528	-3365	-1937	-10610	-1022	1840	1576	16	-396	-10069	1168	-1305
7AR	-15643	-2781	-1526	-6076	-279	1328	5470	-583	-801	-5359	441	-800
7B	-18555	-2391	-2072	-10592	-2606	814	644	-210	235	-10129	2004	-778
7BR	-14670	-1808	-1659	-6058	-1863	303	4537	-808	-170	-5419	1277	-272
8A	-28038	-5465	-2588	-2335	2169	2047	9795	-773	-1853	-16232	1278	-2546
8AR	-24039	-4927	-2163	2418	2820	1514	12882	-1279	-2175	-12223	594	-2116
8B	-23897	-2412	-2907	-472	-2968	-1429	5006	-1302	361	-17449	3891	-965
8BR	-20653	-1861	-2562	3196	-2235	-1848	9179	-1915	-74	-12685	3219	-454
8C	-25719	-3914	-2727	-1850	-397	333	7299	-1006	-779	-16540	2526	-1768
8CR	-22119	-3377	-2342	2339	308	-132	10958	-1566	-1165	-12140	1842	-1300
9A	-7043	-1005	-768	-7430	-1202	916	-4688	844	496	-5970	1053	-645
9B	-7459	-1144	-811	-7826	-1420	962	-5227	889	551	-6494	1055	-703
9C	-9343	-1945	-1005	-9380	-2703	1146	-8677	1166	905	-9652	1015	-1047
9D	-15795	-1836	-1688	-18681	-2004	2120	614	251	-71	-3192	1122	-360
9E	-12358	-1894	-1324	-13726	-2376	1602	-4335	739	448	-6634	1065	-726
9F	-17679	-2636	-1882	-20236	-3288	2305	-2836	529	282	-6351	1081	-704
9G	-20694	-2585	-2202	-24582	-2962	2759	1506	101	-174	-3332	1131	-383
9H	-14241	-2694	-1518	-15281	-3661	1787	-7786	1016	802	-9792	1024	-1070
9I	-22578	-3386	-2397	-26136	-4245	2945	-1944	378	179	-6490	1091	-727
10	-44294	-6750	-4663	19771	2887	-1839	21110	-3081	-2121	-35220	5302	-3623
10R	-40435	-6180	-4250	24285	3652	-2334	25035	-3678	-2537	-30497	4564	-3124

TORRE B57 - EXT. 24.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (1.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-65000	-11488	-6795	-72556	-12050	7748	53440	-11122	-5702	45483	-8473	4749
1R	-60662	-10752	-6328	-69220	-11507	7402	58530	-11828	-6275	49742	-9048	5200
2	-70271	-12157	-8997	-29033	-5422	1505	56728	-11431	-9031	3942	-2090	-588
2R	-65658	-11447	-8486	-25331	-4835	1135	61427	-12123	-9591	7953	-2696	-170
3	-45378	-6801	-6879	14732	2118	-3630	27686	-4084	-6631	-35673	5482	-4992
3R	-40659	-6080	-6366	18604	2717	-4026	32229	-4814	-7158	-31784	4891	-4582
4	-43801	-9288	-4577	-46012	-8607	4923	26932	-8685	-2863	24247	-6266	2515
4R	-39081	-8557	-4068	-42126	-8010	4519	31472	-9432	-3377	28125	-6847	2926
5	-67277	-12543	-9519	-11590	-3315	-1174	50800	-12040	-9812	-10565	-741	-2621
5R	-62559	-11831	-8998	-7732	-2714	-1564	55346	-12751	-10351	-6665	-1343	-2213
6	-53125	-7941	-8745	22512	3278	-5499	35162	-5263	-9245	-43183	6642	-6422
6R	-48406	-7219	-8231	26384	3877	-5895	39705	-5992	-9772	-39293	6049	-6013
7A	-19876	-3448	-1799	-11049	-1550	1479	1087	850	-434	-8796	946	-1044
7AR	-15155	-2718	-1292	-7163	-954	1075	5627	103	-949	-4918	364	-633
7B	-19816	-2612	-2327	-10117	-1777	846	1069	-734	591	-9769	1920	-911
7BR	-15095	-1881	-1819	-6231	-1179	443	5608	-1480	76	-5891	1339	-500
8A	-25947	-5151	-1857	-5176	-230	1443	9701	1439	-2515	-15388	1150	-2011
8AR	-21173	-4476	-1343	-1011	380	1009	13374	702	-2938	-12152	602	-1668
8B	-24729	-2538	-3437	-388	-759	-771	7837	-3697	961	-19529	4203	-1692
8BR	-20711	-1850	-3004	2690	-255	-1091	12597	-4353	424	-15539	3668	-1268
8C	-25177	-3833	-2642	-3143	-533	362	8526	-1022	-835	-17017	2598	-1824
8CR	-20793	-3159	-2166	451	24	-7	12764	-1705	-1326	-13382	2048	-1440
9A	-8091	-1192	-876	-7394	-1162	775	-4711	1177	643	-4935	868	-542
9B	-8602	-1348	-930	-7698	-1244	807	-5346	1120	709	-5361	853	-587
9C	-10992	-2237	-1181	-8761	-1640	921	-9310	691	1124	-7990	720	-866
9D	-17454	-2130	-1868	-18052	-2556	1898	-9	1390	152	-1538	828	-181
9E	-14011	-2187	-1502	-13103	-2068	1378	-4964	1017	670	-4975	771	-545
9F	-19842	-3019	-2119	-19116	-2952	2013	-3974	961	566	-4168	695	-460
9G	-22863	-2969	-2440	-23458	-3380	2469	371	1288	111	-1152	746	-140
9H	-16400	-3076	-1752	-14166	-2465	1492	-8928	588	1085	-7606	638	-824
9I	-25252	-3858	-2690	-24521	-3777	2583	-3592	860	526	-3783	614	-419
10	-40260	-6081	-4134	15062	2187	-1460	25781	-3714	-2517	-39216	5966	-4136
10R	-35552	-5361	-3619	18916	2785	-1853	30340	-4438	-3048	-35314	5372	-3726

TORRE B57 - EXT. 24.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (1.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-72590	-12059	-7757	-64957	-11474	6785	45449	-8460	-4744	53465	-11141	5716
1R	-69246	-11514	-7409	-60629	-10741	6320	49715	-9038	-5195	58550	-11842	6285
2	-74427	-12226	-9545	-24967	-5409	967	52181	-9433	-6428	8580	-4032	-2106
2R	-70663	-11648	-9138	-20366	-4657	487	56150	-9989	-6855	13270	-4806	-1607
3	-44759	-6775	-6796	13932	1980	-3526	27787	-4227	-4126	-35593	5738	-7685
3R	-40857	-6179	-6383	18641	2717	-4026	31663	-4800	-4539	-31056	4978	-7185
4	-46046	-8615	-4932	-43759	-9273	4566	24214	-6253	-2510	26957	-8703	2875
4R	-42152	-8016	-4527	-39048	-8546	4061	28099	-6837	-2921	31491	-9445	3387
5	-68783	-11868	-9778	-10255	-4096	-1416	48970	-9853	-6592	-8563	-2823	-5340
5R	-64872	-11274	-9358	-5548	-3350	-1909	52837	-10415	-7007	-4026	-3600	-4852
6	-52539	-7935	-8665	21679	3120	-5392	35296	-5387	-5556	-43069	6916	-10298
6R	-48636	-7339	-8252	26388	3857	-5891	39172	-5959	-5971	-38533	6156	-9798
7A	-18642	-3057	-1650	-11300	-1337	1524	638	344	-150	-9328	847	-1524
7AR	-14748	-2458	-1245	-6589	-609	1019	4523	-239	-561	-4794	105	-1012
7B	-19574	-2831	-2282	-11360	-2173	998	1610	-629	-17	-9309	2431	-498
7BR	-15680	-2232	-1876	-6649	-1446	492	5495	-1212	-428	-4775	1689	13
8A	-23871	-4193	-1617	-4146	722	1355	7969	222	-1195	-16761	456	-3482
8AR	-19698	-3580	-1181	617	1394	843	11212	-329	-1539	-13093	-276	-3063
8B	-25289	-3332	-3478	-3019	-1928	-475	9769	-2870	-628	-18270	5340	-359
8BR	-22203	-2826	-3157	989	-1244	-906	13766	-3408	-1052	-13516	4689	174
8C	-24420	-3744	-2542	-3883	-613	459	8566	-1242	-898	-17073	2807	-1958
8CR	-20801	-3188	-2161	488	71	-5	12193	-1778	-1286	-12842	2103	-1487
9A	-7440	-1174	-787	-8033	-1173	863	-4980	885	550	-4679	1151	-625
9B	-7744	-1255	-820	-8544	-1329	917	-5406	870	595	-5313	1094	-692
9C	-8806	-1652	-934	-10934	-2218	1168	-8036	737	873	-9278	666	-1107
9D	-18099	-2567	-1911	-17395	-2110	1854	-1584	846	190	22	1364	-133
9E	-13148	-2079	-1390	-13953	-2168	1489	-5020	788	554	-4932	992	-652
9F	-19161	-2964	-2025	-19784	-2999	2105	-4214	713	469	-3941	936	-549
9G	-23503	-3392	-2481	-22804	-2949	2427	-1198	764	149	405	1262	-94
9H	-14211	-2476	-1505	-16343	-3057	1739	-7650	655	833	-8895	564	-1067
9I	-24566	-3788	-2596	-25194	-3838	2677	-3828	631	427	-3559	834	-509
10	-39069	-5936	-3982	13789	1992	-1299	26341	-3977	-2746	-39695	6279	-4218
10R	-35180	-5342	-3569	18487	2731	-1796	30226	-4547	-3162	-35143	5516	-3719

TORRE B57 - EXT. 18.0 – PERNAS NIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-67475	-11663	-7127	-67473	-11663	7126	48970	-8855	-5174	48971	-8857	5174
1R	-63789	-11034	-6737	-63788	-11033	6737	53618	-9486	-5665	53620	-9486	5665
2	-70833	-12091	-8882	-26006	-5283	1344	52331	-9230	-6966	7501	-2531	-643
2R	-66800	-11486	-8440	-21978	-4629	935	56638	-9836	-7437	11802	-3186	-206
3	-44236	-6669	-6455	14699	2221	-3336	25732	-3850	-4510	-33201	5014	-5297
3R	-40070	-6051	-6008	18863	2861	-3769	29903	-4469	-4957	-29032	4374	-4864
4	-43751	-8957	-4620	-43748	-8956	4620	25245	-6149	-2667	25247	-6150	2668
4R	-39583	-8327	-4180	-39581	-8326	4180	29413	-6779	-3108	29415	-6780	3108
5	-66836	-12244	-9211	-9958	-3650	-1101	48332	-9410	-7275	-8544	-868	-3070
5R	-62671	-11634	-8758	-5797	-2999	-1527	52506	-10020	-7730	-4374	-1520	-2644
6	-52252	-7878	-8237	22715	3428	-5118	33748	-5057	-6292	-41218	6222	-7079
6R	-48086	-7258	-7789	26879	4069	-5551	37919	-5677	-6739	-37049	5581	-6645
7A	-19365	-3385	-1691	-9867	-1022	1394	862	353	-342	-8636	851	-1160
7AR	-15197	-2755	-1251	-5700	-392	954	5030	-276	-781	-4468	222	-721
7B	-19368	-2454	-2295	-9865	-1953	791	859	-577	261	-8633	1782	-558
7BR	-15200	-1824	-1854	-5698	-1323	350	5027	-1207	-179	-4466	1152	-117
8A	-26170	-5312	-1760	-2246	1246	1239	8740	288	-1853	-15507	985	-2566
8AR	-21821	-4726	-1301	2102	1832	779	12139	-297	-2212	-12109	400	-2207
8B	-24858	-2382	-3554	-606	-1683	-865	7099	-2641	251	-16819	3915	-772
8BR	-21460	-1796	-3195	2792	-1097	-1224	11449	-3227	-207	-12470	3329	-313
8C	-25302	-3829	-2648	-1814	-235	213	7711	-1104	-827	-15780	2378	-1678
8CR	-21445	-3251	-2236	2040	357	-188	11604	-1683	-1243	-11889	1785	-1272
9A	-6981	-957	-736	-6978	-956	735	-4527	801	477	-4524	800	-475
9B	-7370	-1105	-777	-7367	-1103	776	-5076	795	535	-5073	794	-534
9C	-8967	-1945	-946	-8964	-1944	945	-8503	711	897	-8500	710	-895
9D	-17106	-1945	-1806	-17103	-1944	1804	-362	711	37	-359	711	-36
9E	-12770	-1945	-1348	-12767	-1944	1346	-4699	711	495	-4696	710	-494
9F	-18704	-2785	-1974	-18701	-2784	1973	-3789	628	399	-3786	627	-398
9G	-22508	-2785	-2376	-22505	-2784	2375	14	628	-2	17	627	3
9H	-14367	-2785	-1516	-14364	-2783	1515	-8125	629	857	-8122	627	-856
9I	-24105	-3626	-2545	-24102	-3624	2544	-3411	544	359	-3408	544	-358
10	-41989	-6347	-4318	17957	2720	-1782	23485	-3503	-2389	-36460	5489	-3757
10R	-37836	-5729	-3872	22106	3362	-2211	27670	-4121	-2840	-32279	4847	-3325



TORRE B57 - EXT. 18.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (1.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-60181	-10360	-6301	-72278	-13991	7993	54697	-9178	-5922	41385	-7509	4229
1R	-56908	-9805	-5957	-68443	-13214	7553	59039	-9800	-6370	46468	-8217	4775
2	-65706	-11246	-7745	-28957	-6983	808	53919	-8921	-7185	4365	-1986	-1025
2R	-62160	-10727	-7365	-24667	-6192	351	57840	-9492	-7606	9143	-2726	-528
3	-42858	-6526	-5592	13871	2109	-4574	24415	-3608	-4327	-31806	4740	-5106
3R	-39174	-5992	-5202	18341	2859	-5068	28137	-4166	-4718	-27149	4013	-4612
4	-39047	-8089	-4083	-45172	-11280	5068	27528	-5595	-3021	20314	-5248	2035
4R	-35347	-7542	-3694	-40699	-10552	4561	31233	-6155	-3402	24968	-5964	2535
5	-62308	-11527	-7861	-11592	-5613	-2338	47509	-8415	-7212	-9987	-617	-3247
5R	-58639	-11006	-7469	-7126	-4842	-2817	51248	-8970	-7611	-5328	-1355	-2759
6	-50306	-7683	-6966	21270	3293	-6972	31704	-4691	-6008	-39047	5796	-6781
6R	-46622	-7149	-6576	25739	4043	-7465	35427	-5247	-6398	-34389	5069	-6286
7A	-19080	-3316	-1856	-10110	-781	1874	2477	-138	-530	-9663	1032	-1286
7AR	-15380	-2769	-1467	-5637	-52	1366	6182	-697	-912	-5008	316	-787
7B	-17782	-2180	-1989	-10107	-2627	702	1297	-386	189	-9785	1992	-703
7BR	-14081	-1633	-1600	-5634	-1898	196	5003	-945	-191	-5130	1275	-204
8A	-28119	-5612	-2526	-1853	2730	2232	10957	-891	-2082	-15540	982	-2564
8AR	-24255	-5111	-2120	2921	3361	1695	13774	-1351	-2372	-11636	309	-2144
8B	-22818	-2051	-2832	238	-3255	-1739	5094	-1462	446	-17069	3977	-816
8BR	-19799	-1534	-2515	3753	-2530	-2144	9170	-2045	25	-12321	3319	-305
8C	-25183	-3803	-2655	-1325	-259	275	7921	-1143	-855	-15966	2414	-1703
8CR	-21767	-3304	-2294	2797	434	-184	11399	-1664	-1219	-11625	1741	-1242
9A	-6307	-839	-672	-6915	-1041	854	-3732	645	381	-5236	924	-563
9B	-6651	-976	-707	-7218	-1270	891	-4361	698	444	-5834	928	-629
9C	-8071	-1769	-851	-8136	-2625	1015	-8441	1032	861	-9465	896	-1026
9D	-15286	-1639	-1615	-18909	-1823	2141	2320	-29	-269	-2237	1025	-257
9E	-11442	-1708	-1208	-13169	-2250	1542	-3412	536	333	-6087	957	-667
9F	-16707	-2432	-1760	-19826	-3177	2266	-1758	303	147	-5868	993	-654
9G	-20078	-2371	-2117	-24860	-2803	2792	3270	-191	-380	-2491	1053	-295
9H	-12864	-2502	-1351	-14087	-3605	1666	-7491	869	750	-9718	924	-1064
9I	-21499	-3165	-2261	-25777	-4158	2917	-808	141	36	-6122	1020	-692
10	-44221	-6723	-4640	20762	3116	-1942	21495	-3177	-2151	-34414	5141	-3513
10R	-40552	-6191	-4250	25213	3872	-2430	25238	-3734	-2546	-29744	4412	-3020

TORRE B57 - EXT. 18.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (1.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-61955	-10683	-6440	-71278	-11715	7631	53210	-10733	-5746	43644	-7906	4555
1R	-57726	-9959	-5985	-68211	-11219	7316	58322	-11415	-6321	47771	-8445	4988
2	-65147	-11056	-8158	-30064	-5440	1898	54609	-10781	-8434	4225	-1859	-453
2R	-60614	-10363	-7653	-26575	-4893	1555	59266	-11447	-8993	8079	-2434	-56
3	-41607	-6183	-6114	12139	1762	-3003	26094	-3938	-5918	-33004	5074	-4563
3R	-36953	-5477	-5606	15826	2324	-3376	30571	-4648	-6440	-29289	4516	-4177
4	-40882	-8422	-4245	-44110	-8132	4729	26105	-8023	-2820	22510	-5634	2336
4R	-36225	-7705	-3744	-40406	-7573	4348	30578	-8753	-3328	26209	-6181	2724
5	-61684	-11274	-8532	-12689	-3307	-677	48259	-11175	-9006	-10263	-415	-2443
5R	-57032	-10578	-8017	-9019	-2743	-1042	52740	-11863	-9541	-6533	-987	-2058
6	-48848	-7239	-7789	19427	2844	-4684	33494	-5122	-8316	-40452	6231	-5937
6R	-44194	-6533	-7281	23114	3405	-5056	37971	-5831	-8838	-36737	5673	-5550
7A	-19317	-3387	-1693	-10615	-1413	1466	1771	817	-587	-8215	779	-986
7AR	-14661	-2670	-1192	-6911	-854	1085	6244	88	-1094	-4515	233	-597
7B	-19195	-2427	-2275	-9436	-1661	745	1767	-1029	584	-9513	1916	-853
7BR	-14538	-1711	-1774	-5732	-1102	364	6241	-1759	76	-5814	1369	-465
8A	-25376	-5193	-1677	-5283	-104	1558	10585	1677	-2862	-14482	829	-1958
8AR	-20626	-4535	-1167	-1209	477	1137	14103	951	-3268	-11463	313	-1642
8B	-23845	-2199	-3426	578	-675	-970	8494	-4308	1108	-19782	4392	-1653
8BR	-19941	-1525	-3005	3394	-217	-1259	13270	-4940	571	-15920	3891	-1246
8C	-24431	-3684	-2547	-2763	-433	323	9257	-1192	-943	-16619	2518	-1774
8CR	-20120	-3025	-2078	648	86	-22	13428	-1854	-1427	-13153	2001	-1412
9A	-7423	-1041	-795	-6751	-1003	699	-3895	1010	536	-4120	723	-441
9B	-7877	-1198	-843	-6949	-1073	720	-4636	945	614	-4602	706	-492
9C	-9884	-2095	-1052	-7303	-1400	760	-9311	463	1102	-7615	565	-811
9D	-17111	-1967	-1821	-18062	-2460	1891	1460	1265	-23	-399	695	-46
9E	-13261	-2035	-1411	-12331	-1896	1288	-4278	839	576	-4242	626	-454
9F	-19118	-2864	-2030	-18416	-2788	1931	-3215	785	464	-3410	553	-366
9G	-22495	-2804	-2390	-23445	-3283	2459	1819	1159	-61	-39	614	-8
9H	-15266	-2933	-1620	-12685	-2222	1329	-8952	357	1064	-7255	484	-773
9I	-24500	-3701	-2599	-23798	-3611	2500	-2856	679	426	-3050	473	-328
10	-39329	-5894	-4000	15304	2260	-1465	26889	-3968	-2652	-39242	5960	-4128
10R	-34688	-5190	-3493	18969	2820	-1834	31386	-4672	-3178	-35510	5399	-3740

TORRE B57 - EXT. 18.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (1.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-71282	-11717	-7633	-61949	-10682	6439	43640	-7905	-4554	53212	-10737	5748
1R	-68213	-11220	-7318	-57722	-9958	5983	47768	-8443	-4988	58323	-11417	6322
2	-70430	-11473	-8853	-24927	-5104	1218	49092	-8725	-6006	9888	-3836	-1507
2R	-66873	-10937	-8469	-20393	-4360	747	52881	-9239	-6412	14540	-4601	-1013
3	-40983	-6150	-6027	11242	1581	-2888	26300	-4054	-3847	-32938	5339	-6836
3R	-37266	-5593	-5637	15896	2308	-3382	29988	-4588	-4238	-28463	4589	-6342
4	-44113	-8134	-4731	-40877	-8419	4244	22507	-5633	-2335	26106	-8025	2822
4R	-40408	-7574	-4349	-36222	-7703	3744	26207	-6179	-2724	30579	-8754	3330
5	-64060	-10960	-8903	-10575	-3764	-1021	45733	-9041	-6118	-7475	-2408	-4615
5R	-60332	-10407	-8505	-5923	-3026	-1508	49409	-9562	-6510	-2998	-3178	-4135
6	-48271	-7232	-7708	18483	2637	-4563	33748	-5211	-5221	-40337	6522	-9234
6R	-44555	-6676	-7317	23136	3364	-5057	37436	-5745	-5611	-35863	5772	-8740
7A	-17882	-2924	-1520	-10778	-1180	1504	1241	275	-242	-8958	626	-1542
7AR	-14177	-2365	-1138	-6123	-464	1003	4941	-271	-630	-4485	-102	-1034
7B	-19062	-2675	-2240	-10900	-2139	921	2539	-860	-109	-8955	2474	-371
7BR	-15357	-2116	-1859	-6245	-1423	420	6240	-1408	-498	-4482	1745	135
8A	-22826	-4073	-1386	-3783	985	1422	8391	309	-1308	-16335	-13	-3669
8AR	-18752	-3490	-964	963	1643	913	11410	-205	-1625	-12818	-737	-3264
8B	-24785	-3117	-3505	-2690	-2055	-604	11073	-3299	-724	-18151	5681	-105
8BR	-21969	-2659	-3215	1211	-1382	-1025	14935	-3799	-1131	-13375	5049	431
8C	-23627	-3575	-2440	-3572	-545	430	9373	-1400	-1001	-16730	2728	-1930
8CR	-20194	-3059	-2081	738	128	-28	12819	-1899	-1365	-12561	2037	-1465
9A	-6757	-1004	-701	-7415	-1037	792	-4126	726	441	-3892	1006	-533
9B	-6955	-1074	-722	-7869	-1195	840	-4608	709	493	-4633	940	-611
9C	-7308	-1401	-763	-9876	-2092	1049	-7620	567	812	-9308	460	-1099
9D	-18069	-2463	-1893	-17102	-1963	1818	-405	699	47	1464	1261	26
9E	-12336	-1897	-1291	-13252	-2032	1409	-4248	629	455	-4275	835	-573
9F	-18422	-2790	-1933	-19109	-2861	2027	-3416	556	366	-3212	780	-462
9G	-23451	-3285	-2462	-22486	-2801	2387	-45	617	9	1822	1155	64
9H	-12689	-2224	-1331	-15258	-2930	1617	-7260	486	774	-8950	354	-1061
9I	-23804	-3612	-2501	-24491	-3698	2596	-3057	476	329	-2853	674	-423
10	-38030	-5723	-3833	13851	2005	-1281	27632	-4223	-2899	-39831	6299	-4233
10R	-34329	-5169	-3443	18492	2735	-1772	31330	-4754	-3290	-35337	5547	-3741

TORRE B57 - EXT. 12.0 – PERNAS NIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-64977	-10961	-6853	-64972	-10960	6852	47786	-8400	-5059	47791	-8401	5059
1R	-61504	-10358	-6488	-61500	-10357	6487	52364	-9003	-5539	52366	-9004	5541
2	-65799	-11028	-8059	-26160	-4994	1633	48626	-8408	-6307	8962	-2495	-202
2R	-61923	-10452	-7632	-22302	-4364	1248	52816	-8983	-6766	13135	-3124	217
3	-40206	-6038	-5651	11967	1835	-2690	23019	-3463	-3866	-29151	4380	-4492
3R	-36180	-5446	-5220	15984	2449	-3103	27050	-4054	-4298	-25129	3766	-4078
4	-40849	-8088	-4304	-40844	-8087	4303	23658	-5527	-2510	23663	-5528	2510
4R	-36823	-7485	-3881	-36820	-7484	3880	27683	-6130	-2932	27687	-6131	2933
5	-60998	-10951	-8194	-10220	-3273	-693	43816	-8363	-6420	-6968	-742	-2506
5R	-56971	-10371	-7756	-6208	-2647	-1099	47852	-8943	-6861	-2946	-1368	-2100
6	-47639	-7158	-7227	19400	2955	-4266	30453	-4583	-5444	-36585	5500	-6069
6R	-43613	-6567	-6796	23417	3570	-4680	34484	-5174	-5874	-32562	4886	-5654
7A	-18680	-3322	-1555	-9248	-839	1373	1705	268	-479	-8145	690	-1137
7AR	-14655	-2718	-1133	-5225	-236	950	5729	-335	-902	-4121	87	-715
7B	-18894	-2293	-2273	-9035	-1868	655	1490	-760	238	-7931	1719	-419
7BR	-14870	-1690	-1850	-5011	-1265	232	5515	-1363	-184	-3908	1116	2
8A	-25333	-5350	-1508	-1993	1531	1356	9906	310	-2129	-15129	716	-2659
8AR	-21057	-4791	-1059	2281	2089	906	13093	-248	-2463	-11943	157	-2324
8B	-24494	-2112	-3648	550	-1705	-1141	7363	-2926	368	-15967	3953	-518
8BR	-21308	-1553	-3314	3736	-1146	-1475	11639	-3485	-81	-11692	3394	-70
8C	-24664	-3710	-2567	-1171	-108	139	8402	-1226	-912	-15115	2252	-1599
8CR	-20951	-3159	-2172	2535	457	-243	12156	-1777	-1313	-11367	1686	-1212
9A	-6227	-796	-643	-6221	-795	643	-3565	641	362	-3559	640	-362
9B	-6528	-944	-675	-6522	-943	675	-4201	634	429	-4195	633	-429
9C	-7545	-1784	-783	-7539	-1783	782	-8208	551	853	-8202	549	-852
9D	-16872	-1784	-1768	-16866	-1782	1767	1119	551	-132	1125	549	132
9E	-11904	-1784	-1243	-11898	-1783	1242	-3849	550	392	-3843	549	-392
9F	-17889	-2624	-1875	-17883	-2623	1875	-2887	467	291	-2881	466	-290
9G	-22248	-2624	-2336	-22242	-2623	2335	1471	467	-169	1477	466	170
9H	-12921	-2624	-1350	-12914	-2623	1350	-7856	467	815	-7850	466	-815
9I	-23265	-3464	-2443	-23258	-3463	2443	-2535	383	253	-2529	383	-253
10	-41476	-6248	-4237	18751	2866	-1858	24298	-3647	-2471	-35943	5386	-3680
10R	-37467	-5658	-3806	22753	3483	-2269	28345	-4235	-2906	-31905	4769	-3265

TORRE B57 - EXT. 12.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (1.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-56569	-9436	-5885	-70990	-13334	7921	54842	-9137	-5985	38978	-6814	3947
1R	-53558	-8919	-5574	-67355	-12565	7502	59094	-9729	-6420	44039	-7508	4491
2	-60469	-10131	-7049	-29504	-6546	1377	50898	-8391	-6612	5337	-1855	-650
2R	-57150	-9656	-6696	-25337	-5760	940	54663	-8925	-7016	10045	-2582	-163
3	-39325	-5979	-5051	11560	1840	-3712	21580	-3212	-3663	-27554	4066	-4272
3R	-35847	-5486	-4686	15944	2576	-4194	25104	-3729	-4030	-22981	3353	-3788
4	-35494	-7089	-3679	-43072	-10285	4879	26816	-5371	-2977	18010	-4484	1778
4R	-31996	-6581	-3317	-38683	-9574	4381	30316	-5890	-3334	22583	-5186	2270
5	-56648	-10256	-7081	-11922	-4941	-1632	43370	-7667	-6401	-8539	-465	-2700
5R	-53188	-9777	-6714	-7546	-4179	-2096	46920	-8182	-6779	-3966	-1190	-2225
6	-46460	-7097	-6335	18624	2992	-5841	28107	-4176	-5114	-34010	4995	-5715
6R	-42981	-6603	-5970	23006	3729	-6323	31632	-4693	-5481	-29436	4282	-5232
7A	-18542	-3271	-1751	-9594	-501	1936	3664	-319	-707	-9265	888	-1276
7AR	-15045	-2763	-1389	-5205	210	1437	7163	-838	-1063	-4692	187	-785
7B	-17010	-1966	-1911	-9371	-2641	523	1840	-546	171	-9196	1952	-583
7BR	-13513	-1458	-1548	-4982	-1930	24	5339	-1065	-185	-4623	1250	-91
8A	-28054	-5774	-2420	-1642	3374	2552	12847	-1084	-2430	-15068	692	-2642
8AR	-24330	-5312	-2033	3160	3978	2014	15349	-1492	-2682	-11311	33	-2238
8B	-21839	-1686	-2793	1510	-3564	-2236	4560	-1546	645	-16149	4006	-557
8BR	-19076	-1207	-2507	4825	-2849	-2620	8549	-2101	236	-11429	3365	-49
8C	-24604	-3695	-2578	-684	-93	191	8603	-1279	-937	-15230	2276	-1615
8CR	-21390	-3235	-2241	3343	585	-255	11892	-1761	-1278	-10976	1618	-1164
9A	-5502	-669	-566	-6304	-850	764	-2650	441	253	-4292	768	-451
9B	-5754	-805	-591	-6478	-1093	790	-3405	505	329	-4985	774	-528
9C	-6576	-1588	-669	-6520	-2548	833	-8341	914	831	-9232	755	-996
9D	-14802	-1436	-1542	-19272	-1594	2160	4386	-339	-502	-982	903	-114
9E	-10420	-1517	-1077	-12479	-2102	1454	-2393	328	207	-5377	824	-584
9F	-15624	-2219	-1620	-19314	-3048	2204	-549	69	0	-5229	883	-582
9G	-19468	-2148	-2029	-25272	-2602	2823	5397	-516	-624	-1374	953	-171
9H	-11242	-2300	-1155	-12521	-3556	1497	-7329	738	710	-9624	804	-1052
9I	-20290	-2932	-2106	-25315	-4056	2868	461	-106	-121	-5621	933	-638
10	-44232	-6722	-4622	21989	3401	-2080	21889	-3262	-2175	-33386	4941	-3368
10R	-40771	-6231	-4259	26350	4144	-2556	25440	-3780	-2547	-28798	4226	-2885

TORRE B57 - EXT. 12.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (1.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-58412	-9779	-6025	-69872	-11359	7504	52988	-10314	-5813	41557	-7269	4334
1R	-54326	-9068	-5585	-67127	-10916	7227	58134	-10970	-6390	45539	-7768	4748
2	-59167	-9808	-7204	-31217	-5475	2321	52002	-10018	-7760	4644	-1623	-292
2R	-54727	-9132	-6707	-27985	-4971	2013	56615	-10657	-8319	8317	-2162	80
3	-37133	-5464	-5249	9051	1325	-2304	24007	-3714	-5099	-29665	4568	-4047
3R	-32558	-4774	-4749	12523	1846	-2650	28405	-4402	-5614	-26150	4046	-3686
4	-37443	-7448	-3856	-41848	-7595	4497	25072	-7266	-2771	20481	-4922	2128
4R	-32868	-6746	-3364	-38350	-7076	4142	29463	-7979	-3269	23976	-5429	2491
5	-54956	-9807	-7393	-13915	-3310	-139	44871	-10121	-8058	-9740	-90	-2223
5R	-50381	-9129	-6885	-10467	-2787	-474	49275	-10785	-8590	-6206	-626	-1864
6	-43588	-6394	-6692	15577	2288	-3754	31070	-4866	-7229	-36799	5686	-5331
6R	-39013	-5703	-6192	19049	2809	-4100	35468	-5555	-7744	-33284	5164	-4971
7A	-18511	-3302	-1542	-10304	-1292	1479	2714	784	-804	-7637	607	-932
7AR	-13936	-2600	-1050	-6806	-773	1124	7104	70	-1303	-4142	100	-569
7B	-18580	-2238	-2235	-8479	-1518	600	2491	-1357	608	-9170	1912	-773
7BR	-14003	-1537	-1743	-4982	-1000	244	6881	-2069	110	-5674	1404	-411
8A	-24266	-5184	-1392	-6017	-53	1784	12037	1944	-3392	-13671	501	-1940
8AR	-19544	-4543	-885	-2029	500	1376	15353	1228	-3776	-10910	22	-1654
8B	-23182	-1869	-3478	2267	-517	-1290	8885	-4995	1396	-19888	4589	-1568
8BR	-19423	-1211	-3073	4768	-109	-1542	13690	-5599	856	-16165	4128	-1180
8C	-23515	-3512	-2429	-2361	-336	282	10133	-1380	-1077	-16174	2437	-1716
8CR	-19291	-2870	-1968	839	142	-36	14223	-2021	-1554	-12903	1956	-1380
9A	-6640	-876	-700	-6030	-835	610	-2922	840	408	-3155	561	-318
9B	-7018	-1035	-739	-6085	-891	616	-3807	763	500	-3713	543	-377
9C	-8505	-1938	-890	-5495	-1127	559	-9433	204	1083	-7236	395	-752
9D	-16756	-1791	-1773	-18221	-2381	1893	3316	1159	-242	990	546	121
9E	-12360	-1869	-1302	-11441	-1713	1182	-3475	650	464	-3392	465	-344
9F	-18243	-2694	-1924	-17631	-2616	1836	-2310	599	341	-2532	398	-253
9G	-22100	-2625	-2336	-23577	-3202	2459	3647	1045	-278	1311	468	155
9H	-13847	-2772	-1454	-10851	-1949	1126	-9102	90	1047	-6915	317	-718
9I	-23587	-3528	-2487	-22987	-3438	2403	-1979	485	304	-2211	320	-219
10	-38187	-5675	-3836	15550	2324	-1466	28237	-4266	-2819	-39338	5975	-4124
10R	-33626	-4987	-3336	18996	2843	-1807	32657	-4947	-3342	-35806	5449	-3762

TORRE B57 - EXT. 12.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (1.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-69879	-11361	-7506	-58404	-9777	6023	41550	-7267	-4333	52993	-10315	5815
1R	-67133	-10917	-7229	-54320	-9067	5584	45534	-7766	-4747	58138	-10971	6391
2	-65823	-10627	-8081	-24773	-4756	1467	45365	-7886	-5507	11492	-3653	-812
2R	-62487	-10136	-7723	-20343	-4024	1009	48962	-8357	-5889	16088	-4406	-331
3	-36590	-5440	-5172	8126	1119	-2187	24287	-3792	-3502	-29561	4829	-5838
3R	-33073	-4924	-4805	12695	1832	-2670	27769	-4286	-3867	-25171	4092	-5356
4	-41853	-7595	-4499	-37436	-7446	3854	20475	-4920	-2128	25077	-7268	2773
4R	-38354	-7076	-4142	-32863	-6745	3363	23972	-5428	-2491	29466	-7980	3270
5	-58355	-9897	-7898	-10891	-3399	-605	41588	-8051	-5534	-6081	-1980	-3778
5R	-54819	-9384	-7522	-6325	-2673	-1079	45057	-8531	-5900	-1691	-2741	-3311
6	-43117	-6403	-6622	14582	2048	-3630	31420	-4910	-4786	-36624	5980	-7969
6R	-39599	-5887	-6256	19150	2761	-4113	34903	-5403	-5151	-32233	5243	-7486
7A	-16876	-2770	-1348	-10229	-1009	1492	1992	201	-359	-8624	375	-1584
7AR	-13377	-2251	-993	-5657	-309	1000	5488	-305	-721	-4234	-337	-1085
7B	-18701	-2543	-2228	-10160	-2073	799	3523	-1101	-200	-8400	2515	-170
7BR	-15201	-2025	-1871	-5587	-1371	307	7021	-1610	-563	-4011	1804	328
8A	-21117	-3882	-1036	-3732	1231	1566	9100	394	-1481	-16166	-536	-3988
8AR	-17128	-3327	-628	987	1872	1059	11862	-86	-1767	-12853	-1251	-3604
8B	-24787	-2964	-3628	-1822	-2136	-839	12332	-3747	-792	-17637	6056	319
8BR	-22285	-2556	-3376	1933	-1477	-1243	16056	-4209	-1180	-12834	5452	858
8C	-22740	-3398	-2325	-3164	-463	389	10288	-1565	-1118	-16300	2636	-1885
8CR	-19506	-2922	-1990	1054	194	-58	13536	-2026	-1458	-12216	1961	-1433
9A	-6040	-837	-612	-6627	-873	698	-3164	564	320	-2916	836	-406
9B	-6095	-894	-618	-7005	-1031	737	-3723	546	379	-3799	759	-497
9C	-5504	-1130	-561	-8493	-1935	888	-7246	398	753	-9426	200	-1080
9D	-18231	-2383	-1896	-16742	-1787	1770	979	550	-119	3324	1154	245
9E	-11451	-1716	-1184	-12348	-1866	1300	-3401	469	345	-3468	645	-461
9F	-17640	-2619	-1838	-18230	-2690	1921	-2543	401	254	-2303	594	-338
9G	-23589	-3205	-2462	-22086	-2621	2334	1301	471	-153	3655	1040	282
9H	-10860	-1952	-1128	-13836	-2769	1452	-6924	320	720	-9096	86	-1044
9I	-22996	-3441	-2405	-23574	-3525	2485	-2221	323	221	-1971	481	-301
10	-36852	-5494	-3662	13953	2020	-1265	29156	-4503	-3078	-39997	6336	-4243
10R	-33352	-4981	-3296	18508	2736	-1745	32650	-4993	-3445	-35586	5596	-3762

TORRE B57 - EXT. 6.0 – PERNAS NIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-63148	-10425	-6647	-63159	-10430	6650	46782	-8021	-4966	46770	-8016	4962
1R	-59859	-9839	-6304	-59868	-9843	6307	51363	-8607	-5445	51354	-8604	5442
2	-62142	-10251	-7447	-26390	-4795	1858	45799	-7777	-5817	9980	-2451	121
2R	-58382	-9696	-7033	-22646	-4175	1490	49927	-8331	-6270	14092	-3070	528
3	-37399	-5598	-5078	9943	1546	-2225	21038	-3178	-3410	-26336	3944	-3923
3R	-33463	-5025	-4659	13874	2148	-2626	24980	-3750	-3830	-22400	3343	-3522
4	-38714	-7419	-4065	-38725	-7424	4069	22348	-5015	-2384	22337	-5010	2381
4R	-34779	-6834	-3655	-34788	-6837	3658	26283	-5602	-2795	26274	-5598	2792
5	-56886	-10020	-7449	-10487	-2999	-378	40530	-7583	-5792	-5909	-618	-2088
5R	-52948	-9461	-7020	-6564	-2385	-769	44479	-8142	-6222	-1974	-1233	-1696
6	-44582	-6680	-6519	17127	2629	-3665	28222	-4260	-4851	-33520	5026	-5364
6R	-40646	-6109	-6098	21057	3230	-4066	32165	-4832	-5271	-29583	4425	-4963
7A	-18344	-3348	-1439	-8797	-662	1380	2253	265	-597	-7865	541	-1143
7AR	-14409	-2761	-1029	-4859	-75	969	6188	-321	-1007	-3928	-45	-731
7B	-18618	-2138	-2276	-8521	-1871	543	1977	-943	240	-7590	1751	-305
7BR	-14683	-1552	-1867	-4585	-1284	132	5913	-1529	-169	-3653	1164	105
8A	-25034	-5564	-1273	-1788	1896	1513	10648	503	-2396	-14757	372	-2783
8AR	-20754	-5022	-826	2493	2439	1066	13651	-38	-2709	-11750	-170	-2471
8B	-24123	-1763	-3771	1260	-1904	-1403	7599	-3296	520	-15668	4172	-286
8BR	-21119	-1221	-3460	4266	-1361	-1715	11878	-3839	73	-11386	3630	161
8C	-24285	-3638	-2509	-792	-29	92	8852	-1301	-976	-14706	2177	-1548
8CR	-20664	-3105	-2125	2824	523	-277	12520	-1833	-1365	-11041	1624	-1172
9A	-5829	-694	-583	-5843	-700	588	-2887	538	273	-2902	545	-277
9B	-6014	-841	-603	-6028	-848	607	-3640	532	352	-3655	538	-357
9C	-6251	-1682	-628	-6265	-1688	632	-8427	449	858	-8441	454	-862
9D	-17173	-1683	-1782	-17187	-1688	1786	2495	449	-295	2480	455	291
9E	-11355	-1682	-1167	-11370	-1688	1172	-3323	448	319	-3337	454	-323
9F	-17410	-2522	-1807	-17424	-2528	1811	-2291	366	210	-2306	371	-214
9G	-22514	-2522	-2346	-22528	-2528	2350	2811	365	-329	2798	371	324
9H	-11592	-2522	-1192	-11607	-2528	1197	-8109	365	824	-8124	371	-829
9I	-22751	-3363	-2371	-22765	-3368	2376	-1973	282	176	-1988	288	-181
10	-41264	-6202	-4179	19332	2972	-1908	24912	-3750	-2531	-35735	5339	-3629
10R	-37346	-5631	-3759	23243	3575	-2305	28875	-4320	-2956	-31780	4735	-3227



TORRE B57 - EXT. 6.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (1.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-52938	-8519	-5440	-70856	-13110	8062	55798	-9256	-6176	35875	-6007	3554
1R	-50195	-8038	-5164	-67389	-12321	7655	60032	-9829	-6601	41040	-6704	4111
2	-56324	-9247	-6488	-30302	-6326	1862	48879	-8031	-6231	5627	-1668	-426
2R	-53221	-8814	-6162	-26196	-5520	1436	52540	-8536	-6620	10365	-2403	60
3	-37162	-5677	-4706	10037	1738	-3184	19162	-2848	-3133	-24158	3502	-3614
3R	-33861	-5219	-4366	14403	2481	-3662	22528	-3332	-3478	-19584	2786	-3131
4	-32194	-6168	-3283	-42057	-9726	4874	26803	-5291	-3044	15327	-3685	1452
4R	-28866	-5693	-2943	-37682	-9012	4376	30135	-5777	-3377	19899	-4387	1944
5	-52568	-9326	-6501	-12295	-4467	-1102	40364	-7111	-5805	-7621	-316	-2300
5R	-49294	-8887	-6159	-7937	-3693	-1559	43764	-7593	-6164	-3045	-1048	-1825
6	-44449	-6843	-5969	17186	2960	-5183	25063	-3704	-4389	-29921	4301	-4856
6R	-41149	-6386	-5629	21553	3705	-5661	28430	-4188	-4735	-25347	3585	-4373
7A	-18461	-3330	-1681	-9276	-190	2066	4738	-449	-884	-9122	767	-1301
7AR	-15132	-2854	-1341	-4901	523	1568	8070	-935	-1217	-4549	64	-809
7B	-16224	-1721	-1830	-8969	-2834	358	2170	-683	179	-9098	2036	-506
7BR	-12896	-1245	-1492	-4594	-2121	-139	5502	-1169	-153	-4525	1333	-14
8A	-29087	-6212	-2401	-1482	4316	2982	14694	-1180	-2798	-14423	284	-2723
8AR	-25429	-5778	-2026	3453	4901	2432	16887	-1543	-3014	-10777	-369	-2332
8B	-20353	-1156	-2719	2413	-4267	-2800	3552	-1618	919	-15911	4249	-339
8BR	-17850	-709	-2467	5554	-3533	-3171	7527	-2153	519	-11097	3605	178
8C	-24321	-3644	-2528	-282	31	128	9015	-1355	-993	-14711	2177	-1548
8CR	-21279	-3218	-2215	3720	715	-315	12153	-1806	-1312	-10459	1517	-1097
9A	-5023	-555	-490	-6117	-733	715	-1816	297	147	-3682	680	-372
9B	-5128	-682	-498	-6123	-1007	729	-2730	372	237	-4531	697	-468
9C	-4992	-1411	-465	-5014	-2658	694	-8750	860	835	-9802	742	-1064
9D	-14881	-1309	-1529	-20367	-1377	2235	6492	-606	-736	195	827	29
9E	-9613	-1364	-962	-12189	-2060	1414	-1627	174	100	-5130	781	-553
9F	-14744	-2038	-1495	-19259	-3028	2200	472	-119	-139	-5074	872	-565
9G	-19365	-1991	-1991	-26433	-2429	2920	7594	-805	-874	-403	911	-54
9H	-9476	-2091	-929	-11080	-3711	1379	-7647	662	697	-10401	826	-1148
9I	-19229	-2719	-1958	-25325	-4081	2885	1574	-317	-277	-5673	956	-649
10	-44792	-6828	-4661	23207	3704	-2228	21879	-3261	-2145	-32415	4744	-3211
10R	-41513	-6375	-4322	27546	4456	-2700	25277	-3748	-2496	-27824	4024	-2729

TORRE B57 - EXT. 6.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (1.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-54799	-8880	-5563	-69719	-11258	7544	53346	-10191	-6033	39051	-6564	4052
1R	-50820	-8172	-5136	-67288	-10859	7304	58629	-10827	-6621	42965	-7035	4454
2	-53678	-8648	-6324	-33113	-5699	2798	50641	-9699	-7465	4029	-1226	-291
2R	-49272	-7979	-5829	-30108	-5230	2519	55285	-10319	-8036	7583	-1744	61
3	-33364	-4821	-4534	6241	895	-1715	22809	-3693	-4644	-27806	4335	-3743
3R	-28795	-4133	-4034	9539	1384	-2036	27192	-4376	-5162	-24449	3842	-3405
4	-34250	-6557	-3461	-40725	-7294	4413	24548	-6806	-2846	18305	-4213	1893
4R	-29679	-5855	-2969	-37392	-6807	4079	28922	-7518	-3343	21635	-4689	2233
5	-48936	-8472	-6364	-15880	-3517	435	43093	-9640	-7586	-10397	407	-2192
5R	-44368	-7799	-5856	-12615	-3026	127	47483	-10292	-8124	-7014	-104	-1856
6	-39127	-5620	-5776	12141	1749	-2971	29959	-4917	-6644	-35093	5502	-5007
6R	-34557	-4933	-5275	15438	2238	-3292	34342	-5598	-7162	-31737	5007	-4669
7A	-18042	-3305	-1410	-10337	-1219	1541	3424	888	-1035	-7165	433	-893
7AR	-13471	-2604	-919	-7004	-732	1206	7799	176	-1533	-3835	-42	-554
7B	-18066	-2036	-2205	-7769	-1452	476	3117	-1756	672	-9402	2043	-743
7BR	-13496	-1335	-1714	-4436	-966	143	7492	-2468	174	-6072	1567	-403
8A	-23703	-5356	-1128	-7342	-39	2105	13209	2570	-4015	-12461	34	-1902
8AR	-18889	-4712	-609	-3366	496	1705	16349	1836	-4385	-9957	-411	-1650
8B	-22213	-1390	-3510	3798	-477	-1611	9312	-6014	1767	-21197	5091	-1586
8BR	-18568	-737	-3120	5993	-113	-1828	14247	-6598	1217	-17537	4656	-1209
8C	-22707	-3354	-2310	-2366	-321	291	10865	-1547	-1222	-16089	2431	-1698
8CR	-18500	-2716	-1852	664	127	-4	14940	-2181	-1700	-12969	1978	-1384
9A	-6272	-783	-646	-5685	-739	555	-2246	761	308	-2434	452	-216
9B	-6516	-936	-669	-5562	-781	545	-3314	658	414	-3119	439	-290
9C	-7102	-1798	-710	-3782	-921	379	-10180	-72	1094	-7496	325	-762
9D	-17104	-1715	-1805	-19022	-2387	1950	5171	1211	-445	2395	425	301
9E	-11776	-1759	-1222	-10903	-1606	1112	-3006	526	374	-2873	371	-266
9F	-17691	-2577	-1846	-17242	-2526	1783	-1693	480	234	-1980	310	-172
9G	-22364	-2539	-2358	-24364	-3211	2517	5480	1079	-484	2641	357	325
9H	-12363	-2622	-1263	-9123	-1745	946	-9871	-202	1054	-7250	257	-738
9I	-22951	-3401	-2398	-22582	-3350	2350	-1384	348	195	-1734	242	-147
10	-37024	-5441	-3646	15308	2289	-1398	29627	-4599	-3018	-40033	6108	-4185
10R	-32471	-4756	-3145	18575	2776	-1713	34037	-5272	-3542	-36653	5611	-3845

TORRE B57 - EXT. 6.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (1.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-69712	-11256	-7541	-54811	-8883	5566	39058	-6568	-4054	53345	-10185	6029
1R	-67283	-10857	-7301	-50829	-8177	5139	42971	-7038	-4455	58628	-10822	6618
2	-62637	-10044	-7533	-24571	-4472	1632	42317	-7203	-5110	12770	-3552	-272
2R	-59490	-9588	-7197	-20170	-3735	1181	45753	-7634	-5472	17394	-4316	203
3	-33040	-4852	-4483	5220	642	-1591	23251	-3703	-3322	-27552	4628	-5241
3R	-29682	-4369	-4138	9788	1359	-2073	26558	-4160	-3663	-23177	3885	-4762
4	-40717	-7292	-4410	-34262	-6562	3464	18313	-4217	-1895	24546	-6799	2841
4R	-37386	-6805	-4077	-29690	-5859	2972	21641	-4693	-2235	28921	-7513	3339
5	-54206	-9117	-7141	-11319	-3160	-266	38628	-7332	-5118	-5224	-1613	-3182
5R	-50820	-8636	-6784	-6754	-2429	-738	41913	-7770	-5462	-850	-2384	-2722
6	-38941	-5708	-5740	10983	1442	-2833	30539	-4870	-4585	-34702	5850	-7242
6R	-35582	-5224	-5394	15551	2158	-3314	33844	-5327	-4926	-30327	5107	-6762
7A	-16085	-2684	-1186	-9837	-840	1506	2343	229	-444	-8541	91	-1675
7AR	-12753	-2198	-853	-5264	-138	1014	5671	-245	-784	-4167	-621	-1177
7B	-18653	-2450	-2250	-9813	-2110	710	4581	-1379	-293	-8234	2736	34
7BR	-15321	-1964	-1917	-5240	-1407	218	7908	-1854	-633	-3860	2022	532
8A	-19463	-3770	-654	-3774	1552	1754	9034	703	-1604	-16095	-1275	-4437
8AR	-15488	-3236	-254	1040	2196	1236	11537	257	-1855	-12954	-2010	-4067
8B	-25076	-2801	-3801	-1636	-2443	-1025	14181	-4390	-902	-17768	6843	786
8BR	-22882	-2437	-3585	2010	-1789	-1416	17840	-4824	-1277	-12833	6258	1337
8C	-22003	-3254	-2216	-3170	-461	396	11081	-1711	-1230	-16205	2636	-1891
8CR	-18931	-2810	-1902	1037	197	-48	14166	-2138	-1547	-12138	1958	-1441
9A	-5677	-737	-552	-6287	-789	651	-2426	448	214	-2247	768	-313
9B	-5554	-779	-542	-6531	-941	673	-3111	435	288	-3316	665	-419
9C	-3772	-918	-375	-7119	-1804	715	-7486	320	760	-10182	-64	-1099
9D	-19015	-2384	-1947	-17117	-1720	1809	2402	421	-302	5170	1217	440
9E	-10896	-1603	-1110	-11791	-1765	1225	-2864	367	263	-3008	534	-379
9F	-17233	-2524	-1780	-17705	-2583	1850	-1972	306	170	-1695	487	-240
9G	-24357	-3209	-2515	-22378	-2544	2362	2648	353	-326	5479	1085	479
9H	-9114	-1741	-942	-12379	-2627	1266	-7240	252	736	-9873	-195	-1061
9I	-22575	-3347	-2347	-22966	-3406	2403	-1726	238	145	-1386	355	-200
10	-35689	-5271	-3468	13474	1915	-1168	30827	-4815	-3281	-40732	6528	-4330
10R	-32351	-4790	-3123	18025	2635	-1646	34144	-5268	-3625	-36332	5782	-3853

TORRE B57 - EXT. 0.0 – PERNAS NIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-61111	-9844	-6443	-61096	-9838	6439	45804	-7565	-4850	45818	-7572	4855
1R	-58070	-9271	-6125	-58058	-9266	6122	50402	-8138	-5333	50414	-8143	5336
2	-57954	-9373	-6752	-26570	-4556	2150	42708	-7018	-5224	11232	-2367	500
2R	-54328	-8837	-6344	-23004	-3949	1804	46777	-7555	-5679	15243	-2973	893
3	-34081	-5115	-4400	7674	1200	-1636	18789	-2818	-2821	-22966	3447	-3237
3R	-30254	-4557	-3987	11475	1785	-2023	22624	-3375	-3236	-19157	2861	-2848
4	-36198	-6666	-3812	-36183	-6660	3807	20891	-4388	-2218	20906	-4394	2223
4R	-32378	-6094	-3411	-32367	-6089	3408	24712	-4960	-2619	24723	-4966	2622
5	-51865	-8911	-6558	-10748	-2673	29	36586	-6596	-4995	-4557	-443	-1585
5R	-48027	-8367	-6132	-6962	-2072	-343	40437	-7139	-5422	-757	-1043	-1210
6	-40705	-6112	-5635	14298	2197	-2871	25413	-3815	-4056	-29590	4445	-4471
6R	-36877	-5555	-5221	18099	2784	-3258	29249	-4373	-4471	-25782	3858	-4084
7A	-17631	-3366	-1267	-8453	-507	1461	3264	243	-772	-7764	427	-1221
7AR	-13811	-2794	-867	-4636	63	1061	7084	-329	-1173	-3948	-143	-822
7B	-18571	-2035	-2365	-7512	-1838	362	2323	-1088	326	-6824	1759	-122
7BR	-14751	-1463	-1965	-3695	-1266	-36	6143	-1660	-75	-3008	1188	277
8A	-23750	-5705	-832	-2419	2174	1906	12557	616	-2883	-15150	123	-3131
8AR	-19454	-5177	-381	1873	2701	1456	15313	88	-3171	-12396	-403	-2843
8B	-24564	-1525	-4129	3172	-2006	-1895	6966	-3564	918	-14336	4303	165
8BR	-21807	-997	-3839	5926	-1478	-2183	11261	-4092	466	-10043	3775	616
8C	-23786	-3581	-2462	-278	50	53	9451	-1362	-1031	-14149	2101	-1500
8CR	-20279	-3063	-2086	3208	588	-302	13015	-1880	-1412	-10606	1564	-1138
9A	-5336	-612	-548	-5316	-603	542	-2000	457	196	-1981	448	-190
9B	-5356	-760	-550	-5337	-752	544	-2918	450	293	-2898	441	-287
9C	-4492	-1600	-459	-4473	-1591	453	-8804	367	915	-8785	358	-909
9D	-17665	-1600	-1851	-17646	-1592	1845	4368	366	-476	4387	359	482
9E	-10648	-1601	-1109	-10629	-1592	1103	-2648	366	264	-2629	359	-258
9F	-16802	-2441	-1760	-16783	-2432	1754	-1518	283	145	-1499	274	-139
9G	-22957	-2440	-2410	-22938	-2432	2404	4637	283	-504	4655	275	510
9H	-9784	-2440	-1018	-9766	-2432	1012	-8535	283	886	-8517	275	-880
9I	-22095	-3281	-2319	-22075	-3272	2313	-1250	200	117	-1230	192	-110
10	-41006	-6182	-4131	20137	3089	-1953	25739	-3852	-2581	-35455	5304	-3581
10R	-37198	-5628	-3717	23913	3678	-2335	29601	-4407	-3001	-31627	4715	-3194

TORRE B57 - EXT. 0.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (1.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-48738	-7383	-5083	-69631	-13649	8591	56873	-8963	-6438	31551	-4824	2929
1R	-46376	-6955	-4840	-66571	-12715	8172	61180	-9590	-6860	36956	-5561	3527
2	-50893	-8092	-5635	-31206	-6597	2382	46758	-7354	-5804	5396	-1269	-268
2R	-48123	-7721	-5344	-27276	-5674	1961	50341	-7879	-6182	10246	-2039	238
3	-33685	-5214	-3925	7304	1541	-2809	16839	-2514	-2504	-20402	2902	-2855
3R	-30651	-4809	-3609	11599	2350	-3307	19994	-2982	-2823	-15752	2156	-2355
4	-28473	-5073	-2958	-39376	-9895	5062	26075	-4545	-3066	11828	-2596	963
4R	-25391	-4645	-2638	-35063	-9133	4531	29162	-5005	-3367	16482	-3326	1475
5	-46603	-8038	-5405	-12968	-4563	-777	36496	-6006	-5041	-6869	-14	-1885
5R	-43616	-7658	-5091	-8688	-3705	-1241	39719	-6482	-5378	-2223	-777	-1397
6	-40372	-6330	-4899	13636	2805	-4821	21919	-3264	-3500	-25129	3505	-3813
6R	-37339	-5926	-4583	17932	3615	-5319	25076	-3733	-3820	-20479	2759	-3314
7A	-18929	-3509	-1906	-8781	568	2739	7064	-973	-1211	-9297	711	-1421
7AR	-15847	-3081	-1586	-4468	1329	2208	10150	-1433	-1511	-4645	-18	-909
7B	-14961	-1390	-1618	-7823	-3607	-106	1640	-362	327	-8800	2157	-402
7BR	-11880	-962	-1298	-3511	-2845	-638	4727	-822	27	-4146	1427	108
8A	-31906	-7022	-3144	-2086	7011	4826	20242	-2699	-3634	-14371	-82	-2988
8AR	-28350	-6625	-2772	3118	7542	4225	21889	-2959	-3791	-10820	-749	-2602
8B	-17232	-335	-2012	4841	-6702	-4684	-970	-206	1696	-14762	4452	60
8BR	-15096	58	-1792	7574	-5828	-5063	3086	-795	1297	-9727	3774	617
8C	-24038	-3627	-2526	331	199	108	9598	-1437	-1041	-14015	2074	-1481
8CR	-21249	-3249	-2234	4247	941	-353	12539	-1873	-1335	-9700	1389	-1015
9A	-4542	-477	-466	-5808	-534	707	-673	118	45	-2776	584	-285
9B	-4442	-586	-454	-5412	-947	706	-1940	287	163	-3881	626	-417
9C	-2970	-1203	-286	-1589	-3500	564	-10360	1406	961	-10802	830	-1240
9D	-15119	-1216	-1586	-22752	-578	2468	10261	-1408	-1100	1886	736	217
9E	-8646	-1209	-893	-11479	-2135	1454	-723	91	-1	-4873	787	-558
9F	-13646	-1832	-1417	-18930	-3131	2325	1841	-289	-302	-5034	940	-605
9G	-19324	-1839	-2024	-28819	-1766	3215	11478	-1605	-1265	894	897	75
9H	-7175	-1825	-726	-7656	-4688	1311	-9144	1210	796	-11794	990	-1381
9I	-17852	-2456	-1856	-24996	-4319	3073	3057	-485	-468	-6025	1100	-748
10	-45875	-7078	-4827	24982	4247	-2376	21846	-3266	-2056	-30898	4455	-2987
10R	-42872	-6679	-4513	29240	5071	-2863	25050	-3741	-2383	-26228	3706	-2487

TORRE B57 - EXT. 0.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (1.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-50031	-7703	-4944	-69370	-10822	7643	53168	-10631	-6497	36287	-5664	3797
1R	-46123	-6977	-4517	-67505	-10529	7466	58732	-11222	-7143	40087	-6091	4194
2	-47082	-7227	-5248	-34697	-5570	3365	47641	-9720	-7549	4193	-797	108
2R	-42620	-6535	-4731	-32109	-5175	3142	52335	-10323	-8193	7583	-1281	457
3	-29039	-4102	-3690	3368	480	-1004	20420	-3624	-4413	-24694	3961	-2986
3R	-24377	-3386	-3167	6384	931	-1286	24748	-4341	-4980	-21566	3509	-2662
4	-30308	-5475	-2977	-38572	-6403	4272	22913	-6876	-2967	16022	-3354	1672
4R	-25649	-4743	-2465	-35488	-5943	3973	27225	-7641	-3501	19101	-3781	1992
5	-41674	-6836	-5105	-17034	-3131	1070	38445	-9525	-7508	-9683	868	-1566
5R	-37006	-6136	-4569	-14084	-2686	807	42789	-10193	-8109	-6508	394	-1239
6	-33765	-4705	-4648	8446	1230	-2000	26752	-4887	-6426	-31379	5077	-3960
6R	-29103	-3990	-4124	11461	1681	-2281	31081	-5603	-6993	-28250	4625	-3636
7A	-17186	-3307	-1226	-11346	-1603	1761	4878	1511	-1624	-6289	197	-710
7AR	-12527	-2576	-714	-8262	-1143	1461	9188	746	-2157	-3210	-229	-390
7B	-17684	-1861	-2245	-5923	-992	222	3920	-2664	1221	-10256	2316	-999
7BR	-13026	-1130	-1732	-2838	-532	-77	8230	-3428	688	-7177	1888	-679
8A	-22068	-5456	-658	-12279	-1504	2944	15903	4874	-6005	-9679	-704	-1222
8AR	-17029	-4776	-99	-8224	-916	2547	18634	3998	-6386	-7544	-1098	-1001
8B	-21678	-922	-3706	8933	988	-2385	8974	-8838	3505	-24352	5980	-2354
8BR	-18121	-252	-3318	10578	1248	-2542	14178	-9372	2902	-20797	5586	-1982
8C	-21556	-3163	-2169	-2481	-370	344	11906	-1719	-1424	-15992	2462	-1691
8CR	-17279	-2500	-1691	279	42	84	15927	-2385	-1944	-13089	2050	-1389
9A	-5822	-722	-625	-5508	-796	537	-890	855	239	-1580	353	-151
9B	-5867	-860	-621	-4993	-740	492	-2383	632	371	-2432	349	-242
9C	-5114	-1631	-481	-597	-221	88	-12083	-907	1224	-7928	293	-831
9D	-17803	-1724	-1938	-21219	-3036	2149	9079	2014	-679	4220	280	467
9E	-11043	-1674	-1162	-10234	-1536	1052	-2194	457	334	-2251	287	-224
9F	-17050	-2495	-1798	-16824	-2517	1746	-619	474	173	-1275	225	-120
9G	-22980	-2538	-2479	-26460	-3833	2709	9270	1839	-716	4401	219	485
9H	-10290	-2445	-1022	-5838	-1017	647	-11893	-1082	1187	-7747	232	-813
9I	-22226	-3309	-2339	-22065	-3313	2306	-429	298	136	-1095	163	-102
10	-35226	-5104	-3376	14906	2226	-1255	31607	-5145	-3270	-41232	6382	-4345
10R	-30584	-4392	-2851	17874	2671	-1529	35974	-5847	-3846	-38074	5925	-4019

TORRE B57 - EXT. 0.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (1.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-69378	-10824	-7647	-50008	-7695	4938	36280	-5658	-3796	53161	-10643	6506
1R	-67511	-10531	-7469	-46106	-6971	4513	40080	-6087	-4194	58726	-11231	7149
2	-58939	-9178	-6922	-23891	-4058	1801	38206	-6245	-4332	14678	-3832	126
2R	-56051	-8749	-6614	-19469	-3291	1343	41387	-6617	-4667	19321	-4656	612
3	-29267	-4366	-3692	1936	51	-831	21173	-3460	-2634	-23787	4491	-4935
3R	-26124	-3900	-3375	6579	797	-1331	24213	-3865	-2952	-19480	3683	-4436
4	-38580	-6405	-4276	-30285	-5468	2972	16014	-3349	-1671	22906	-6888	2975
4R	-35494	-5945	-3976	-25631	-4737	2460	19095	-3777	-1992	27219	-7650	3507
5	-48850	-7850	-6208	-11605	-2847	151	34038	-6257	-4110	-3528	-1669	-2942
5R	-45647	-7377	-5873	-6972	-2084	-335	37038	-6638	-4425	773	-2523	-2475
6	-34346	-5116	-4688	6662	654	-1789	27858	-4576	-3608	-30120	5754	-6947
6R	-31202	-4650	-4370	11305	1401	-2289	30898	-4980	-3927	-25812	4945	-6449
7A	-14145	-2222	-882	-9656	-712	1606	2502	333	-331	-8645	-601	-2192
7AR	-11058	-1762	-581	-5003	17	1094	5585	-94	-652	-4333	-1363	-1660
7B	-19568	-2833	-2421	-9158	-2158	587	6470	-1784	-620	-7687	3574	652
7BR	-16482	-2373	-2120	-4505	-1428	75	9552	-2213	-941	-3375	2812	1184
8A	-14544	-2469	183	-4878	1742	2210	7706	1285	-1038	-16408	-3349	-6296
8AR	-10487	-1879	582	156	2420	1653	9843	890	-1257	-13675	-4221	-5917
8B	-28277	-3940	-4399	-664	-2758	-1366	17974	-5396	-1698	-17155	9304	2523
8BR	-26630	-3680	-4241	2886	-2091	-1753	21530	-5793	-2070	-11949	8773	3124
8C	-21046	-3152	-2087	-3361	-536	465	12078	-1880	-1298	-15792	2778	-2020
8CR	-18194	-2728	-1801	898	147	6	14919	-2259	-1596	-11786	2048	-1550
9A	-5518	-799	-542	-5792	-711	617	-1590	360	153	-898	839	-228
9B	-5003	-742	-497	-5838	-850	613	-2442	355	243	-2392	616	-360
9C	-607	-223	-93	-5084	-1620	474	-7938	300	833	-12092	-923	-1213
9D	-21229	-3039	-2154	-17774	-1714	1931	4210	287	-465	9070	1998	690
9E	-10244	-1539	-1057	-11014	-1664	1154	-2261	294	225	-2203	441	-323
9F	-16834	-2519	-1751	-17021	-2485	1791	-1286	232	122	-628	458	-162
9G	-26471	-3835	-2714	-22950	-2529	2472	4391	226	-483	9260	1823	727
9H	-5848	-1020	-652	-10260	-2434	1014	-7757	238	814	-11902	-1098	-1176
9I	-22075	-3316	-2311	-22197	-3298	2331	-1105	170	104	-438	283	-125
10	-34136	-5103	-3206	12416	1640	-937	33264	-5272	-3530	-41490	7093	-4575
10R	-31013	-4639	-2887	17036	2389	-1431	36316	-5671	-3848	-37149	6280	-4079

## CÁLCULO DO STUB

### 1. ESFORÇO MÁXIMO ATUANTE :

#### 1.1 – Compressão

$$\begin{aligned} - FV &= 75075 \times 1.016785 &= & 76335 \text{ kgf (HIP. 2 – Pag. 23)} \\ - FT &= 75075 \times 0.150640 - 14343 &= & 1716 \text{ kgf} \\ - FL &= 75075 \times 0.105640 - 10629 &= & 1674 \text{ kgf} \end{aligned}$$

#### 1.2 – Arranque

$$\begin{aligned} - FV &= 61427 \times 1.016785 &= & 62458 \text{ kgf (HIP. 2R – Pag. 25)} \\ - FT &= 61427 \times 0.150640 - 13108 &= & 2870 \text{ kgf} \\ - FL &= 61427 \times 0.105640 - 10468 &= & 3102 \text{ kgf} \end{aligned}$$

### 2. RESISTENCIA DE CONCRETO :

$$2.1 - \text{Resistência mínima} = f_{ck} = = = 200 \text{ kgf/cm}^2$$

### 3. CALCULO DO STUB

#### 3.1 – CAPACIDADE DO STUB (item 7.4.1 - ASCE 10-1997)

L 152 x 152 x 9.5 G

##### 3.1.1 – Verificação a Compressão

$$\begin{aligned} A_{nec} &= FV / f_y + V / 0.75f_y \\ &= 76335 / 4218 + (1716^2 + 1674^2)^{0.5} / 0.75 \times 4218 \\ A_{nec} &= 18.86 \text{ cm}^2 < A_n = 0,93 \times 28.13 \text{ cm}^2. \end{aligned}$$

##### 3.1.2 – Verificação ao Arranque

$$\begin{aligned} A_{nec} &= FV / f_y + V / 0.75f_y \\ &= 62458 / 4218 + (2870^2 + 3102^2)^{0.5} / 0.75 \times 4218 \\ A_{nec} &= 16.14 \text{ cm}^2 < A_n = 0,93 \times 24.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

#### 3.2 - CAPACIDADE DOS CLEATS (item 7.6.2 – ASCE 10-1997)

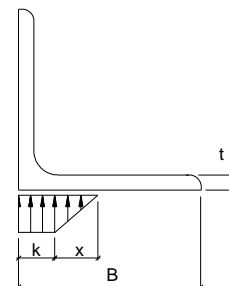
L 100 x 10 x 8 G - 6 cleats por stub

LC = 18 cm

$$\begin{aligned} x &= t \times [f_y / 1.19f_c]^{0.5} & f_y &= 4218 \text{ kgf/cm}^2 & t &= 0.80 \text{ cm} & k &= 2.00 \text{ cm} \\ x &= 0.80 \times [0,93 \times 4218 / (1.19 \times 200)]^{0.5} & &= & 3.25 \\ RC &= n^\circ \text{ cleats} \times 1.19 \times f_{cd} \times LC \times (k + x/2) \\ RC &= 6 \times 1.19 \times 200 \times 18 \times (2.00 + 3.25/2) \\ RC &= 93177 \text{ kgf} > FV \end{aligned}$$

PARAFUSOS : 3 M16 por cleat

$$\begin{aligned} \tau_{cort} &= 76335 / (6 \times 3 \times 2.01) \\ &= 2110 \text{ kgf/cm}^2 < \tau_{lim} = 0,93 \times 3100 \text{ kgf/cm}^2 \\ \sigma_{ap1} &= 76335 / (6 \times 3 \times 1.60 \times 0,8) \\ &= 3313 \text{ kgf/cm}^2 < \sigma_{lim} = 0,93 \times 7910 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$





0	18/04/11	APROVADO CONFORME RAD MGE-1203-01-0147	RTO	TM	TM
0A	01/04/11	EMISSÃO INICIAL	RTO	TM	TM
REV.	DATA	NATUREZA DA REVISÃO	ELAB.	VERIF.	APROV.
 www.brametal.com.br			Nº BRAMETAL: MC-10021-250		
CLIENTE: 					
EMPREENHIMENTO: <b>Sistema de Transmissão – Lote “G” do Leilão ANEEL 005/2009</b> <b>PROJETO EXECUTIVO</b>					
ÁREA: <b>CIVIL</b>					
TÍTULO: <b>LT 500 kV MESQUITA – VIANA 2</b> <b>TORRE DE ANCORAGEM INTERMEDIÁRIA (30) – AUTO-PORTANTE - TIPO D5A</b> <b>MEMÓRIA DE CÁLCULO</b>					
ELAB. RTO		VERIF. TM		APROV. TM	
				R. TEC.: JAS	
				CREA NO 21.207-4	
CÓDIGO DOS DESCRITORES 			DATA 001/04/11		Folha: 0
					de 41
MGE-MC2EG-MVC12-0500			Nº DO DOCUMENTO: 1203/LT-3F-MC-0500		
			REVISÃO 0		

INDICE

MC-10021-250

	Pag.
1 - INTRODUÇÃO	01
2 – ARVORES DE CARGA	02
3 – CARGA DE VENTO NA TORRE	08
4 – DIMENSIONAMENTO	15
5 – CARGAS NA FUNDAÇÃO	20
6 – CÁLCULO DO STUB	41

## INTRODUÇÃO

### 1 – CARACTERÍSTICAS DA LINHA

- TENSÃO DA LINHA - 500 KV
- NUMERO DE CIRCUITOS - 1
- NUMERO DE CABOS PÁRA-RAIOS - 2
- NUMERO DE CONDUTORES POR FASE - 3
- DISPOSIÇÃO DAS FASES - HORIZONTAL

### 2 – CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA

- UTILIZAÇÃO - ANCORAGEM INTERMEDIÁRIA
- TIPO DE TORRE - AUTOPORTANTE
- DEFLEÇÃO MÁXIMA - 30°
- VÃO DE VENTO - 400m a 30°
- VÃO DE PESO
  - Condutor - 1300 m
  - Pára-raios - 1350 m

### 3 - CABOS

- CABO PÁRA-RAIO
  - CAA - DOTTEREL
  - Aço galvanizado EAR 3/8" – 7 fios
  - OPGW 120 mm<sup>2</sup>
- CABO CONDUTOR
  - CAA - RAIL – 954 kCM

### 4 – METODOLOGIA DE CÁLCULO

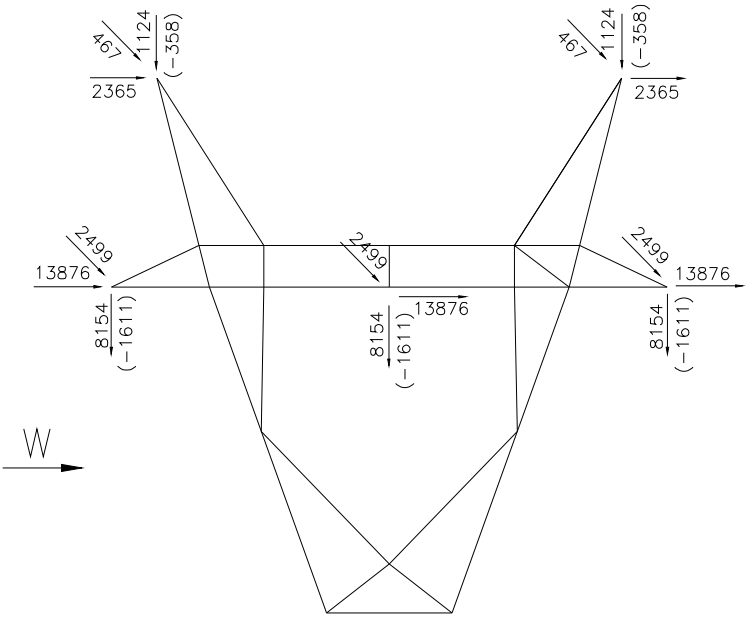
- A TORRE FOI CALCULADA DE ACORDO COM A ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA E ASCE 10-97
- O CÁLCULO DAS TORRES É FEITO POR UM PROGRAMA DE COMPUTADOR QUE UTILIZA O MÉTODO DOS DESLOCAMENTOS PARA ANÁLISE LINEAR DE ESTRUTURAS RETICULADAS PARA LINHAS DE TRANSMISSÃO.
- A TORRE FOI DIMENSIONADA CONSIDERANDO-SE UMA TAXA DE REDUÇÃO NAS TENSÕES LIMITES DE 0,93.

## ARVORES DE CARGA

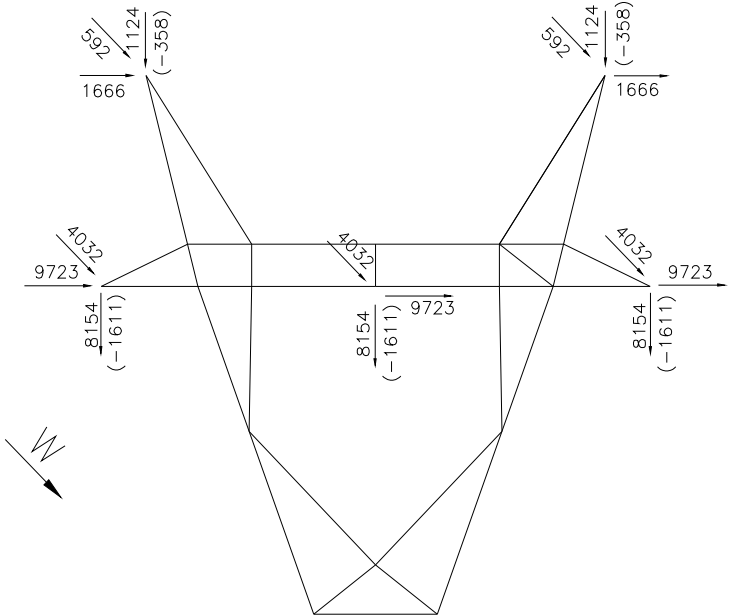
1. AS CARGAS ESTÃO EM kgf.
2. FOI CONSIDERADO UM FATOR DE SOBRECARGA DE 1,15 NO PESO PRÓPRIO DA ESTRUTURA PARA VÃO DE PESO MÁXIMO e 0.90 PARA VÃO DE PESO MÍNIMO EM TODAS AS HIPÓTESES, EXCETO PARA A HIPÓTESE 9, ONDE O FATOR É DE 1,50.
3. AS CARGAS VERTICAIS ENTRE PARENTESSES SÃO PARA VÃO DE PESO MÍNIMO.
4. CARREGAMENTOS

HIPÓTESE	DESCRIÇÃO
1	VENTO EXTREMO TRANSVERSAL
2	VENTO EXTREMO À 45°
3	VENTO EXTREMO LONGITUDINAL
4	VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL
5	VENTO DE ALTA INTENSIDADE À 45°
6	VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL
7A	ROMPIMENTO DO PARA-RAIOS EM A
7B	ROMPIMENTO DO PARA-RAIOS EM B
8A	ROMPIMENTO NA FASE C
8B	ROMPIMENTO NA FASE D
8C	ROMPIMENTO NA FASE E
9A	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em B
9B	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A e B
9C	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A, B e C
9D	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A, B e D
9E	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A, B e E
9F	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A, B, C e D
9G	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A, B, D e E
9H	VERTICAL DE CONSTRUÇÃO em A, B, C, D e E
10	CONTENÇÃO EM CASCATA

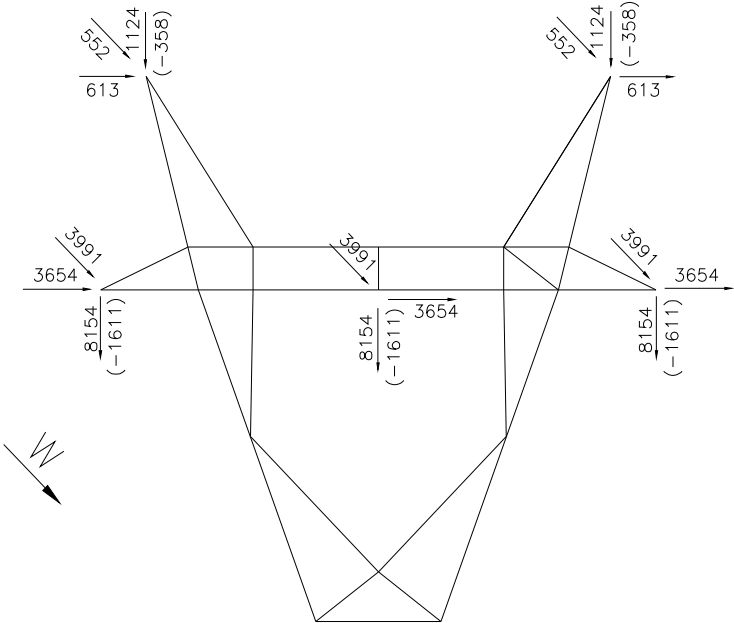
4.1- HIPÓTESE 1 – VENTO EXTREMO TRANSVERSAL



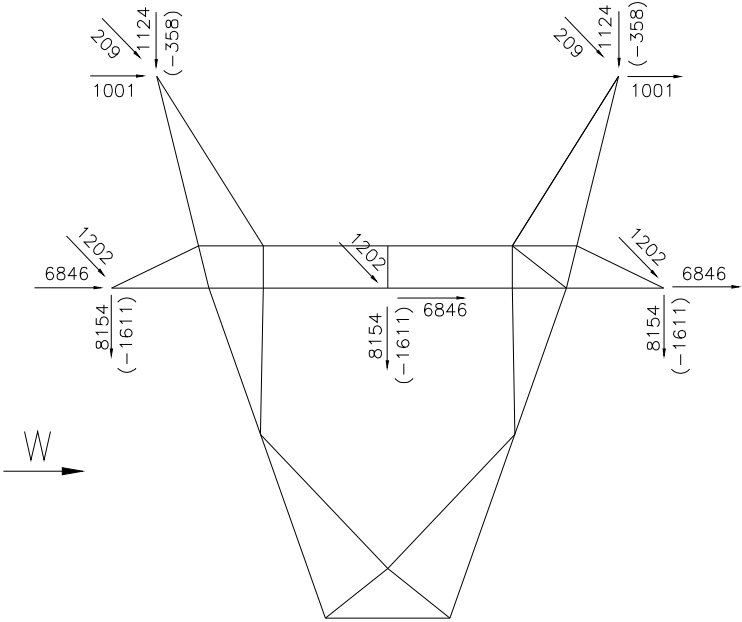
4.2- HIPÓTESE 2 – VENTO EXTREMO À 45°



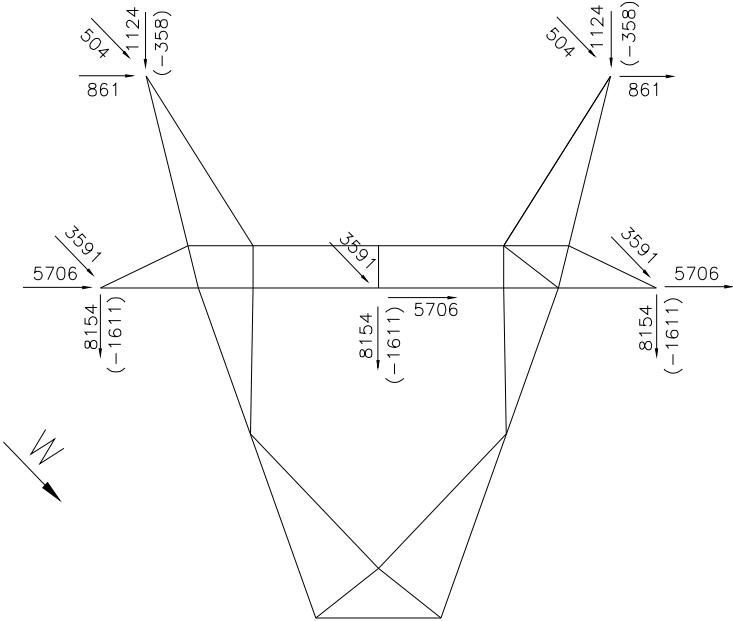
4.3-HIPÓTESE 3 – VENTO EXTREMO LONGITUDINAL



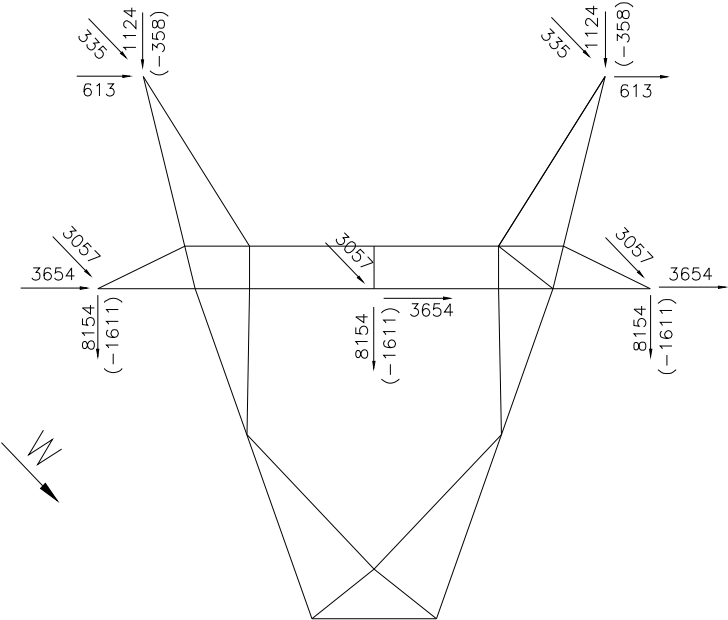
4.4- HIPÓTESE 4 – VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL



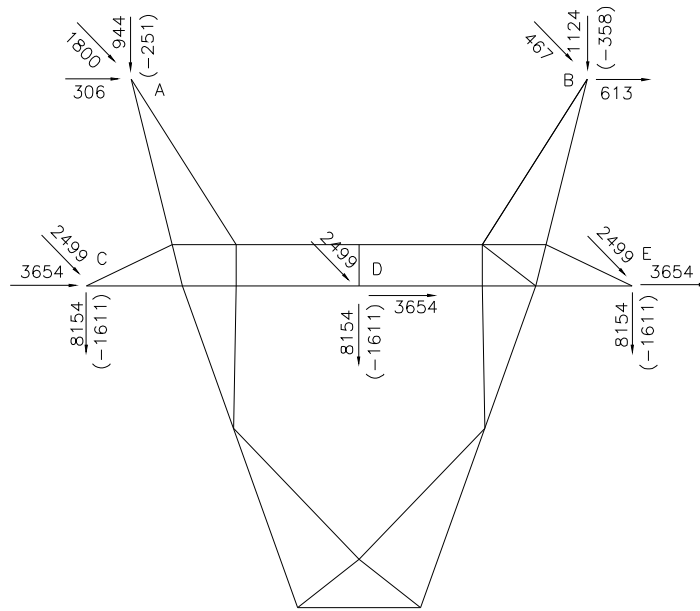
4.5- HIPÓTESE 5 – VENTO DE ALTA INTENSIDADE À 45°



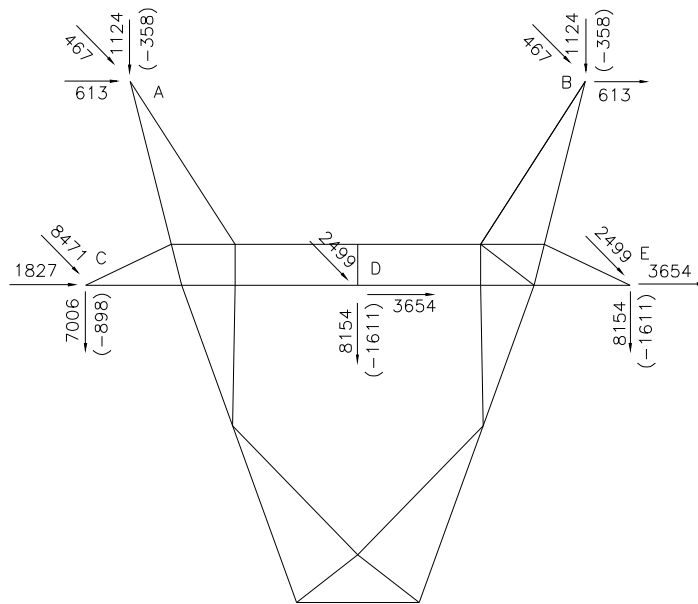
4.6- HIPÓTESE 6 – VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL



4.7- HIPÓTESE 7 – UM PARA-RAIO ROMPIDO EM QUALQUER POSIÇÃO – SEM VENTO

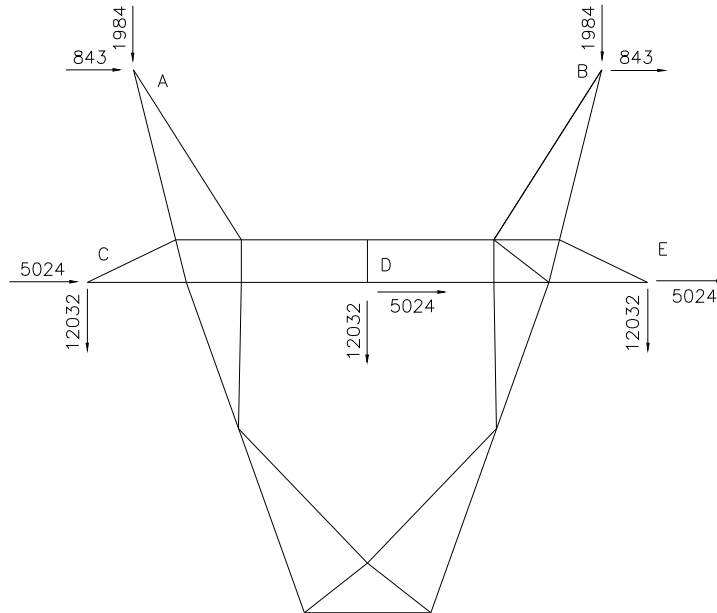


4.8- HIPÓTESE 8 – UM CONDUTOR ROMPIDO EM QUALQUER POSIÇÃO – SEM VENTO

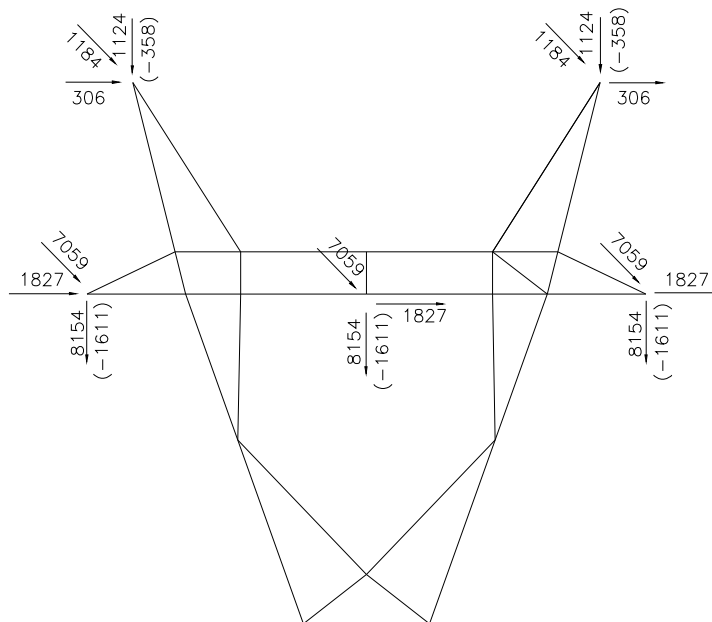




4.9- HIPÓTESE 9 – CONSTRUÇÃO OU MANUTENÇÃO – SEM VENTO



4.10- HIPÓTESE 10 – CONTENÇÃO EM CASCATA – SEM VENTO



## CARGA DE VENTO NA TORRE

### 1 – PRESSÃO DE VENTO

#### 1.1 VENTO EXTREMO TRANSVERSAL

$$At = 62 \times G_T \times S_{T1} \times C_{XT1}$$

#### 1.2 VENTO EXTREMO À 45°

$$At = 37.2 \times G_T \times (S_{T1} \cdot C_{XT1} + S_{T2} \cdot C_{XT2})$$

#### 1.3 VENTO EXTREMO LONGITUDINAL

$$At = 62 \times G_T \times S_{T2} \times C_{XT2}$$

#### 1.4 VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL

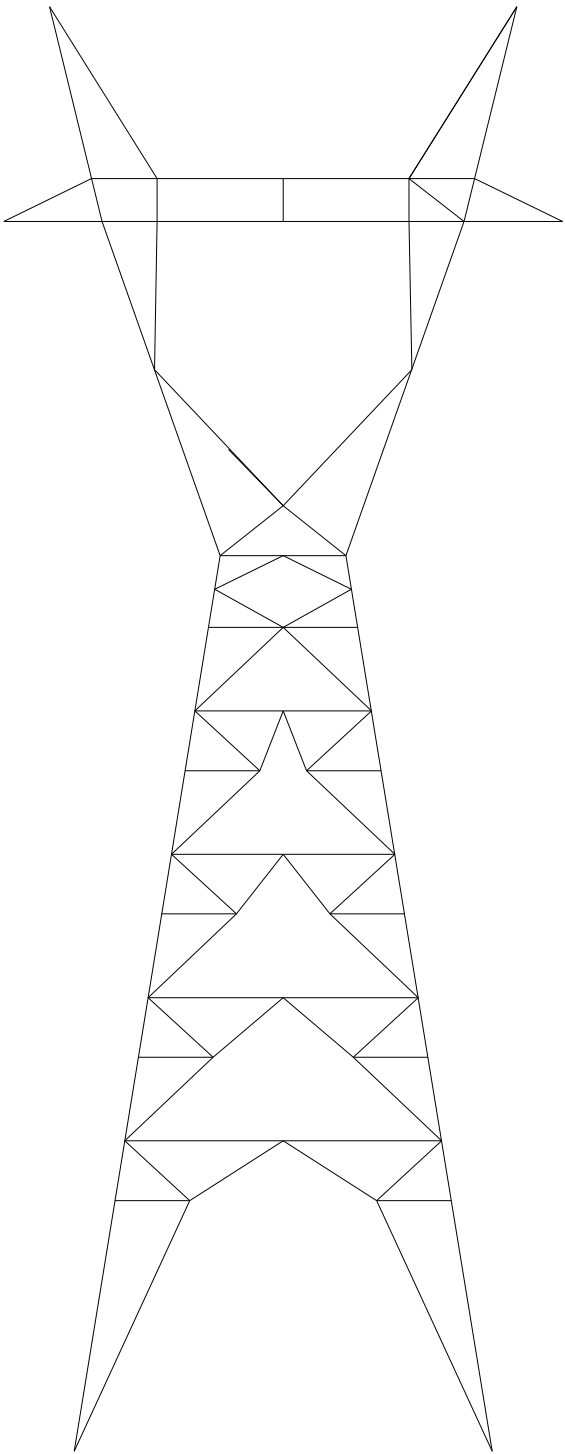
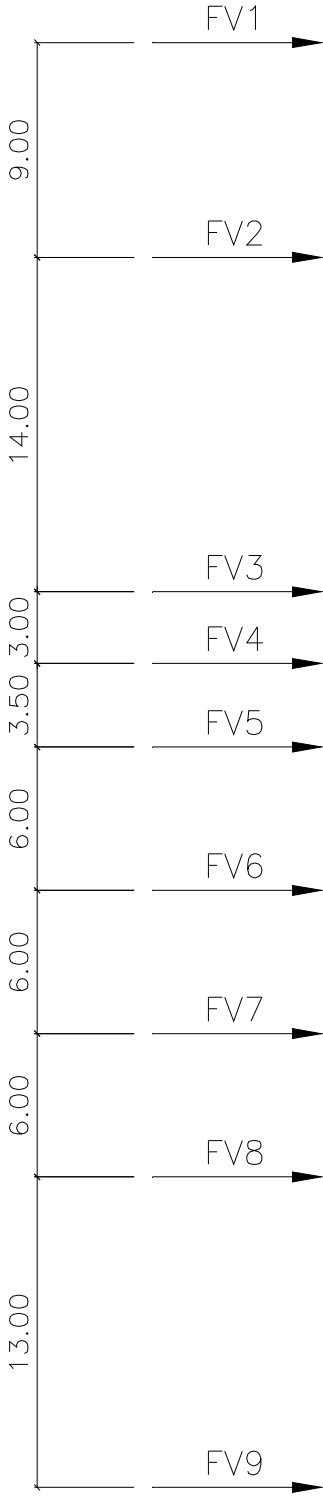
$$At = 190 \times S_{T1} \times C_{XT1}$$

#### 1.5 VENTO DE ALTA INTENSIDADE À 45°

$$At = 114 \times (S_{T1} \cdot C_{XT1} + S_{T2} \cdot C_{XT2})$$

#### 1.6 VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL

$$At = 190 \times S_{T2} \times C_{XT2}$$



2.1 – CÁLCULO DE ÁREA DE VENTO

NIVEL	H (m)	ABA (mm)	TRANSVERSAL		LONGITUDINAL	
			L (m)	AREA (m2)	L (m)	AREA (m2)
1	60.50	45	27.29	1.228	15.47	0.696
		50	12.87	0.643	12.25	0.612
		60	31.63	1.898	40.81	2.448
		65			5.40	0.351
		75	6.00	0.450	3.72	0.279
		90	3.60	0.324	17.80	1.602
		100	2.40	0.240	46.70	4.670
		127	0.00	0.000	15.80	2.007
				4.783	12.665	
2	51.50	45			7.83	0.352
		50	6.69	0.334	17.13	0.856
		60	7.43	0.446	16.65	0.999
		65			5.66	0.368
		75	58.34	4.375	6.27	0.470
		90	27.78	2.500		
		100			12.42	1.242
		127	52.12	6.619	58.24	7.397
				14.275	11.684	
3	37.50	45	6.75	0.304	6.75	0.304
		65	6.52	0.424	6.52	0.424
		75	13.38	1.003	13.38	1.003
		152	6.09	0.925	6.09	0.925
						2.656
4	34.50	45	1.45	0.065	1.45	0.065
		50	10.31	0.515	10.31	0.515
		65	7.71	0.501	7.71	0.501
		90	10.41	0.937	10.41	0.937
		152	7.10	1.079	7.10	1.079
						3.098
5	31.00	45	5.23	0.235	5.23	0.235
		50	25.99	1.300	25.99	1.300
		60	11.90	0.714	11.90	0.714
		65	6.52	0.424	6.52	0.424
		75	9.75	0.731	9.75	0.731
		90	10.41	0.937	10.41	0.937
		152	12.17	1.850	12.17	1.850
						6.191

2.1 – CÁLCULO DE ÁREA DE VENTO

NIVEL	H (m)	ABA (mm)	TRANSVERSAL		LONGITUDINAL	
			L (m)	AREA (m2)	L (m)	AREA (m2)
6	25.00					
		45	5.23	0.235	5.23	0.235
		50	20.59	1.030	20.59	1.030
		60	18.10	1.086	18.10	1.086
		65	6.52	0.424	6.52	0.424
		90	10.41	0.937	10.41	0.937
		100	11.79	1.179	11.79	1.179
7	19.00	152	12.17	1.850	12.17	1.850
				6.741		6.741
		45	5.23	0.235	5.23	0.235
		50	20.59	1.030	20.59	1.030
		60	11.58	0.695	11.58	0.695
		65	14.42	0.937	14.42	0.937
		90	24.24	2.182	24.24	2.182
8	13.00	152	12.17	1.850	12.17	1.850
				6.929		6.929
		45	6.22	0.280	6.22	0.280
		50	13.14	0.657	13.14	0.657
		60	33.60	2.016	33.60	2.016
		65	26.56	1.727	26.56	1.727
		75	9.57	0.718	9.57	0.718
9	0.00	90	23.30	2.097	23.30	2.097
		152	26.37	4.009	26.37	4.009
				11.503		11.503

2.2 – VENTO EXTREMO TRANSVERSAL

NIVEL	H (m)	AREA (m2)	ALTURA C.P. (m)	Cxt	Gt	FV (kgf)
1	60.500					864.
		4.783	55.149	2.830	2.525	
2	51.500					4558.
		14.275	44.163	3.189	2.447	
3	37.500					4143.
		2.656	35.760	3.170	2.369	
4	34.500					1353.
		3.098	32.511	3.284	2.333	
5	31.000					2212.
		6.191	27.850	3.316	2.276	
6	25.000					2908.
		6.741	21.690	3.388	2.186	
7	19.000					3098.
		6.929	15.701	3.463	2.076	
8	13.000					4434.
		11.503	7.407	3.656	1.841	
9	0.000					2065.

2.3 – VENTO EXTREMO À 45°

NIVEL	H (m)	AREA TRANSV (m2)	AREA LONGIT (m2)	ALTURA C.P. (m)	Cxt1	Cxl2	Gt	FV TRANSV (kgf)	FV LONGIT (kgf)
1	60.500							850.	850.
		4.783	12.665	53.824	2.830	2.837	2.525		
2	51.500							4758.	4758.
		14.275	11.684	43.993	3.189	2.741	2.447		
3	37.500							3119.	3119.
		2.656	2.656	35.760	3.170	3.170	2.369		
4	34.500							1148.	1148.
		3.098	3.098	32.511	3.284	3.284	2.333		
5	31.000							1877.	1877.
		6.191	6.191	27.850	3.316	3.316	2.276		
6	25.000							2468.	2468.
		6.741	6.741	21.690	3.388	3.388	2.186		
7	19.000							2629.	2629.
		6.929	6.929	15.701	3.463	3.463	2.076		
8	13.000							3762.	3762.
		11.503	11.503	7.407	3.656	3.656	1.841		
9	0.000							1752.	1752.

2.4 – VENTO EXTREMO LONGITUDINAL

NIVEL	H (m)	AREA (m2)	ALTURA C.P. (m)	Cxt	Gt	FV (kgf)
1	60.500					1140.
		12.665	53.324	2.837	2.525	
2	51.500					6667.
		11.684	43.786	2.741	2.447	
3	37.500					3196.
		2.656	35.760	3.170	2.369	
4	34.500					1353.
		3.098	32.511	3.284	2.333	
5	31.000					2212.
		6.191	27.850	3.316	2.276	
6	25.000					2908.
		6.741	21.690	3.388	2.186	
7	19.000					3098.
		6.929	15.701	3.463	2.076	
8	13.000					4434.
		11.503	7.407	3.656	1.841	
9	0.000					2065.

2.5 – VENTO DE ALTA INTENSIDADE TRANSVERSAL

NIVEL	H (m)	AREA (m2)	ALTURA C.P. (m)	Cxt	FV (kgf)
1	60.500				1043.
		4.783	55.149	2.830	
2	51.500				5646.
		14.275	44.163	3.189	
3	37.500				5205.
		2.656	35.760	3.170	
4	34.500				1763.
		3.098	32.511	3.284	
5	31.000				2952.
		6.191	27.850	3.316	
6	25.000				3993.
		6.741	21.690	3.388	
7	19.000				4446.
		6.929	15.701	3.463	
8	13.000				7059.
		11.503	7.407	3.656	
9	0.000				3437.

2.6 – VENTO DE ALTA INTENSIDADE À 45°

NIVEL	H (m)	AREA TRANSV (m2)	AREA LONGIT (m2)	ALTURA C.P. (m)	Cxt1	Cxl2	FV TRANSV (kgf)	FV LONGIT (kgf)
1	60.500						1030.	1030.
		4.783	12.665	53.824	2.830	2.837		
2	51.500						5858.	5858.
		14.275	11.684	43.993	3.189	2.741		
3	37.500						3922.	3922.
		2.656	2.656	35.760	3.170	3.170		
4	34.500						1496.	1496.
		3.098	3.098	32.511	3.284	3.284		
5	31.000						2505.	2505.
		6.191	6.191	27.850	3.316	3.316		
6	25.000						3388.	3388.
		6.741	6.741	21.690	3.388	3.388		
7	19.000						3773.	3773.
		6.929	6.929	15.701	3.463	3.463		
8	13.000						5990.	5990.
		11.503	11.503	7.407	3.656	3.656		
9	0.000						2917.	2917.

2.7 – VENTO DE ALTA INTENSIDADE LONGITUDINAL

NIVEL	H (m)	AREA (m2)	ALTURA C.P. (m)	Cxt	FV (kgf)
1	60.500				1384.
		12.665	53.324	2.837	
2	51.500				8176.
		11.684	43.786	2.741	
3	37.500				4025.
		2.656	35.760	3.170	
4	34.500				1763.
		3.098	32.511	3.284	
5	31.000				2952.
		6.191	27.850	3.316	
6	25.000				3993.
		6.741	21.690	3.388	
7	19.000				4446.
		6.929	15.701	3.463	
8	13.000				7059.
		11.503	7.407	3.656	
9	0.000				3437.



<b>TABELA DE DIMENSIONAMENTO</b>
----------------------------------

1 – TENSÕES LIMITES

1.1 – ESCOAMENTO	AÇO ASTM A36	= 2531 KGF/CM <sup>2</sup>
	AÇO ASTM A572-Gr.50	= 3515 KGF/CM <sup>2</sup>
	AÇO ASTM A572-Gr.60	= 4218 KGF/CM <sup>2</sup>

1.2 – COMPRESSÃO	DESIGN OF STEEL TRANSMISSION STRUCTURES – ASCE 10-97
------------------	---

CORREÇÃO DE CURVA (K)	PARA L/R < 120
	(1) KL/R = L/R
	(2) KL/R = 0.75 x L/R +30
	(3) KL/R = 0.50 x L/R +60
	PARA L/R > 120
	(4) KL/R = L/R

1.3 – CISALHAMENTO	(ISO 4016 – 5.8)	= 3100 KGF/CM <sup>2</sup>
--------------------	------------------	----------------------------

1.4 – ESMAGAMENTO	(ASTM A36)	= 6117 KGF/CM <sup>2</sup>
	(ASTM A572-Gr.50)	= 6855 KGF/CM <sup>2</sup>
	(ASTM A572-Gr.60)	= 7910 KGF/CM <sup>2</sup>

2 – QUALIDADE DOS PERFIS :	ASTM A572 – Gr.50
	ASTM A572 – Gr.60 (INDICADO COM “G”)

3 – PARAFUSOS INDICADOS COM ASTERISCO (\*) SÃO CALCULADOS COM 2 x A ÁREA DE CISALHAMENTO.

4 – PARA IDENTIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS DA ESTRUTURA, VER O DESENHO DE SILHUETA DA TORRE.

BARRA	CARGAS CRÍTICAS (kgf)				PERFIS (mm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )		L cm	R cm	L/R	K	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )			PARAFUSOS		
	COMPRESS		TRAÇÃO			BRUTA	LIQU					COMPRESS		TRAÇ ATU	QUANT & DIA	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )	
	LIM	ATU	LIM	ATU								CISA	ESMA				
1	2	75941	1	65695	127 X 12.7	30.65	24.76	279	3.91	71	1	2741	2478	2654	9 M20	2686	3322
2	1	50076	1	48595	127 X 9.5	23.29	19.80	268	3.96	68	2	2508	2150	2455	6 M20	2657	4393
3	1	45924	1	44013	2L 100 X 7.0	27.40	23.29	347	4.57	76	1	2602	1676	1890	3 M20*	2436	5467
4	1	58651	2	41870	127 X 9.5	23.29	18.88	268	3.96	68	1	2805	2518	2217	7 M20	2667	4410
5	1	50796	1	52399	127 X 9.5	23.29	19.80	208	3.96	53	2	2768	2181	2647	6 M20	2780	4596
6	2	6961	2	6163	60 X 4.0	4.72	3.18	178	1.84	97	1	2043	1475	1936	2 M16	1731	5438
7	1	4366	1	4773	60 X 4.0	4.72	3.95	205	1.84	111	3	1507	925	1208	2 M16	1187	3729
8	9H	32532	1	13930	100 X 7.0	13.70	11.65	170	3.10	55	2	2706	2375	1196	4 M20	2589	5809
9	2	3859	9H	29681	90 X 7.0	12.20	10.37	424	2.75	154	4	848	316	2862	4 M20	2362	5300
10	10	3543	9F	29509	90 X 7.0	12.20	10.37	286	1.77	162	4	766	290	2846	4 M20	2348	5270
11	1	70551	1	61466	2L 100 X 8.0	31.00	26.35	300	4.68	64	1	2886	2276	2333	4 M20*	2807	5512
12	9F	15338	7A	6483	75 X 6.0	8.75	6.45	186	2.29	81	1	2508	1753	1006	3 M16	2543	5326
13	1	50251	1	52361	2L 90 X 7.0	24.40	20.74	180	2.75	65	1	2866	2059	2525	4 M20*	2083	4675
14	1	56099	1	54437	127 X 9.5	23.29	18.88	240	3.96	61	1	2944	2409	2883	7 M20	2551	4218
15	1	59902	1	55296	127 X 9.5	23.29	18.88	220	3.96	56	1	3034	2572	2929	8 M20	2383	3941
16	1	44940	1	47706	100 X 10.0 G	19.20	14.56	220	3.04	72	1	3072	2341	3276	6 M20	2531	3975
17	2	9519	2	8381	75 X 5.0	7.36	6.26	240	2.31	104	3	1603	1293	1340	2 M16	2367	5949
18	1	335	9C	1195	50 X 4.0	3.90	3.13	240	1.52	158	4	805	86	382	1 M16	595	1868
19	1	660	1	604	50 X 4.0	3.90	3.13	240	1.52	158	4	805	169	193	1 M16	328	1031
20	7B	1970	7B	1348	50 X 4.0	3.90	3.13	152	0.98	155	4	837	505	430	1 M16	980	3077
21	1	20231	1	24202	100 X 8.0	15.50	13.18	211	1.96	108	3	1547	1305	1837	3 M20	2568	5042
22	1	24109	1	20303	100 X 10.0	19.20	16.32	211	1.95	108	3	1547	1256	1244	3 M20	2558	4018
23	1	20443	1	23930	100 X 8.0	15.50	13.18	211	1.96	108	3	1547	1319	1816	3 M20	2539	4985

BARRA	CARGAS CRÍTICAS (kgf)				PERFIS (mm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )		L cm	R cm	L/R	K	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )			PARAFUSOS		
	COMPRESS		TRAÇÃO			BRUTA	LIQU					COMPRESS		TRAÇ ATU	QUANT & DIA	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )	
	LIM	ATU	LIM	ATU								CISA	ESMA				
24	1	23837	1	20516	100 X 10.0	19.20	16.32	211	1.95	108	3	1547	1242	1257	3 M20	2529	3973
25	1	20690	1	23616	100 X 8.0	15.50	13.18	211	1.96	108	3	1547	1335	1792	3 M20	2506	4920
26			9H	12152	65 X 6.0	7.48	6.09	180	1.28	141	4	1011		1996	2 M20	1934	5063
31	1	5144	1	6988	65 X 4.0	5.13	4.36	170	1.30	131	4	1172	1003	1602	2 M16	1738	5459
32	1	1464	1	1652	65 X 4.0	5.13	4.36	240	1.30	185	4	588	285	379	1 M16	821	2581
33	8B	3026	8B	3352	60 X 4.0	4.72	3.95	163	1.19	137	4	1071	641	848	1 M16	1667	5238
34	8B	3352	8B	3026	60 X 4.0	4.72	3.95	163	1.19	137	4	1071	710	766	1 M16	1667	5238
35	8B	3040	8B	3335	60 X 4.0	4.72	3.95	163	1.19	137	4	1071	644	844	1 M16	1659	5211
40	9H	2029	1	670	2L 90 X 7.0	24.40	20.74	240	2.75	87	3	1871	83	32	2 M16	505	906
45	8C	8190	8C	8152	75 X 6.0	8.75	7.44	185	1.47	126	4	1267	936	1096	2 M16	2037	4266
46	8C	6539	8C	6550	75 X 6.0	8.75	7.44	217	1.47	148	4	918	747	881	2 M16	1629	3411
47	8C	5137	8C	5103	75 X 6.0	8.75	7.44	237	1.47	161	4	776	587	686	2 M16	1277	2675
48	2	5646	2	5876	75 X 7.0	10.10	8.59	263	1.47	179	4	628	559	684	2 M16	1461	2623
49	2	4964	2	4736	90 X 6.0	10.55	8.97	287	1.77	162	4	766	470	528	1 M16	2469	5170
50	2	4110	2	4272	90 X 6.0	10.55	8.97	311	1.77	176	4	649	390	476	1 M16	2125	4450
61	1	3827	1	3789	75 X 5.0	7.36	6.26	252	1.49	169	4	704	520	606	1 M16	1904	4784
62	1	3343	1	3345	75 X 5.0	7.36	6.26	270	1.49	181	4	614	454	535	1 M16	1664	4182
63	1	2999	1	2966	75 X 5.0	7.36	6.26	288	1.49	193	4	540	407	474	1 M16	1492	3749
71			8B	8471	2L 100 X 10.0	38.40	32.64	120	3.04	39	3	2545		260	2 M20	1348	2118
72	9H	6161			65 X 6.0	7.48	6.09	180	1.28	141	4	1011	824		1 M20	1961	5134
73	9H	4054			75 X 5.0	7.36	6.26	240	1.49	161	4	776	551		1 M16	2016	5068
74			9H	7311	50 X 5.0	4.80	3.84	216	0.97	223	4	404		1904	2 M16	1818	4569
75	10	20949	10	13807	100 X 8.0	15.50	13.18	275	3.08	89	3	1839	1352	1048	3 M20	2223	4364

BARRA	CARGAS CRÍTICAS (kgf)				PERFIS (mm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )		L cm	R cm	L/R	K	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )			PARAFUSOS		
	COMPRESS		TRAÇÃO			BRUTA	LIQU					COMPRESS		TRAÇ ATU	QUANT & DIA	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )	
	LIM	ATU	LIM	ATU								CISA	ESMA				
76	1	4255	1	3786	90 X 6.0	10.55	8.97	275	1.77	155	4	837	403	422	2 M16	1058	2216
77	8A	4493	8A	4472	75 X 6.0	8.75	7.44	389	2.29	170	4	696	513	601	1 M16	2235	4680
80	9H	5441	8A	5312	60 X 4.0	4.72	3.95	147	1.19	124	4	1308	1153	1344	2 M16	1353	4251
81	8A	5303	9H	5454	60 X 4.0	4.72	3.95	147	1.19	124	4	1308	1124	1380	2 M16	1356	4261
82	9C	524	9H	4824	60 X 4.0	4.72	3.95	219	1.19	184	4	594	111	1221	2 M16	1200	3769
83	9H	7472	9C	970	60 X 5.0	5.81	4.85	129	1.18	109	3	1534	1286	200	2 M16	1858	4670
84	9H	1045	9H	16335	2L 60 X 5.0	11.62	9.70	90	1.84	49	1	3146	90	1684	2 M16*	2031	5105
86	1	404	9H	4347	2L 90 X 7.0	24.40	20.74	240	2.75	87	3	1871	17	210	2 M20	692	1553
88	8A	5528	8A	5255	60 X 5.0	5.81	4.85	150	1.18	127	4	1247	951	1084	2 M16	1375	3455
89			8A	8471	2L 100 X 10.0	38.40	32.64	240	4.88	49	3	2419		260	2 M20	1348	2118
121	1	102770	1	90733	152 X 12.7 G	37.10	31.21	144	3.00	48	1	3709	2770	2907	12 M20	2726	3372
122	1	107708	1	94544	152 X 12.7 G	37.10	31.21	165	3.00	55	1	3549	2903	3030	10 M20*	1714	4240
123	1	105096	1	91555	152 X 12.7 G	37.10	31.21	120	3.00	40	1	3864	2833	2934	10 M20*	1673	4138
124	1	112588	1	97409	152 X 12.7 G	37.10	31.21	129	3.00	43	1	3809	3035	3121	10 M20*	1792	4433
125	1	109379	1	93896	152 X 12.7 G	37.10	31.21	120	3.00	40	1	3864	2948	3009	10 M20*	1741	4306
126	1	115573	1	98359	152 X 12.7 G	37.10	31.21	129	3.00	43	1	3809	3115	3152	10 M20*	1839	4550
127	1	112816	1	95392	152 X 12.7 G	37.10	31.21	120	3.00	40	1	3864	3041	3057	10 M20*	1796	4442
128	1	118417	1	99196	152 X 12.7 G	37.10	31.21	129	3.00	43	1	3809	3192	3179	10 M20*	1885	4662
129	1	116002	1	96586	152 X 12.7 G	37.10	31.21	120	3.00	40	1	3864	3127	3095	10 M20*	1846	4567
130	2	122619	2	101271	152 X 12.7 G	37.10	31.21	129	3.00	43	1	3809	3305	3245	10 M20*	1952	4828
131	2	122755	2	101164	152 X 12.7 G	37.10	31.21	135	3.00	45	1	3770	3309	3242	10 M20*	1954	4833
141	8C	5624	8C	5390	75 X 5.0	7.36	6.26	331	2.31	143	4	983	764	862	2 M16	1399	3515
142	8C	4691	8C	4858	75 X 5.0	7.36	6.26	340	2.31	147	4	931	637	776	2 M16	1208	3036

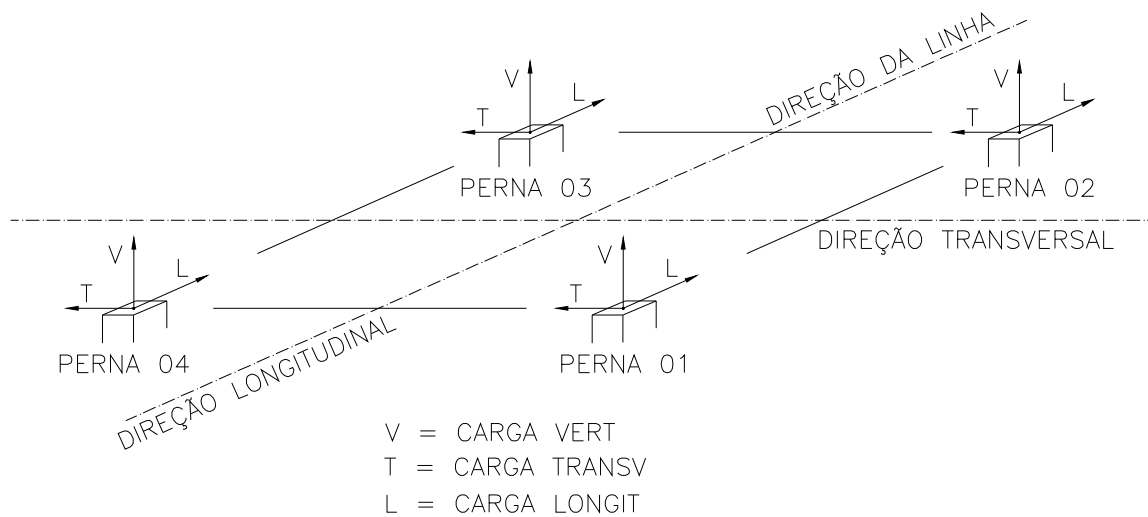
BARRA	CARGAS CRÍTICAS (kgf)				PERFIS (mm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )		L cm	R cm	L/R	K	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )			PARAFUSOS		
	COMPRESS		TRAÇÃO			BRUTA	LIQU					COMPRESS		TRAÇ	QUANT & DIA	TENSÕES (kgf/cm <sup>2</sup> )	
	LIM	ATU	LIM	ATU								ATU	CISA			ESMA	
145	8C	5641	8C	5600	90 X 7.0	12.20	10.37	524	2.75	191	4	551	462	540	1 M16	2806	5037
150	1	4033	4	3595	65 X 5.0	6.31	5.35	193	1.29	149	4	906	639	672	1 M16	2006	5041
152	4	4143	1	4559	2L 50 X 4.0	7.80	6.26	380	2.32	164	4	748	531	728	1 M16*	1134	3562
153	4	8073	4	8040	2L 50 X 4.0	7.80	6.26	273	2.32	118	1	1444	1035	1283	2 M16*	1004	3153
154	1	5153	1	5008	90 X 7.0	12.20	10.37	524	2.75	191	4	551	422	483	1 M16	2563	4601
155	4	5888	4	5664	75 X 7.0	10.10	8.59	244	1.47	166	4	730	583	660	2 M16	1464	2629
157	4	2862	4	3194	2L 50 X 4.0	7.80	6.26	380	2.32	164	4	748	367	510	1 M16*	794	2495
158	4	9251	4	9150	2L 60 X 4.0	9.44	7.90	325	2.69	121	4	1373	980	1158	2 M16*	1150	3614
159	1	5289	1	5053	90 X 7.0	12.20	10.37	524	2.75	191	4	551	434	487	1 M16	2630	4722
160	4	8712	4	8577	100 X 6.0	11.65	9.90	295	1.97	150	4	894	748	866	2 M16	2166	4537
162	4	4869	4	5040	2L 50 X 4.0	7.80	6.26	380	2.32	164	4	748	624	805	1 M16*	1253	3937
163	4	11331	4	11127	2L 65 X 5.0	12.62	10.70	397	3.01	132	4	1154	898	1040	2 M16*	1409	3541
164	4	6069	4	5697	90 X 7.0	12.20	10.37	524	2.75	191	4	551	497	549	1 M16	3019	5419
165	4	11699	4	11693	90 X 6.0	10.55	8.97	346	2.76	125	4	1287	1109	1304	3 M16	1939	4062
167	4	7732	4	7834	2L 60 X 5.0	11.62	9.70	380	2.82	135	4	1103	665	808	1 M16*	1948	4896
168	4	13964	4	13619	2L 75 X 6.0	17.50	14.88	480	3.47	138	4	1056	798	916	2 M16*	1736	3636
170	4	14081	4	13546	90 X 6.0	10.55	8.97	295	2.76	107	2	1654	1335	1511	3 M16	2334	4889
171	4	13419	4	12871	90 X 6.0	10.55	8.97	295	2.76	107	2	1654	1272	1435	3 M16	2225	4660
172	4	12651	4	12087	90 X 6.0	10.55	8.97	295	2.76	107	2	1654	1199	1348	3 M16	2097	4393
173	4	11750	4	11181	90 X 6.0	10.55	8.97	298	2.76	108	2	1632	1114	1247	3 M16	1948	4080
174	4	10722	4	10158	90 X 6.0	10.55	8.97	304	2.76	110	2	1589	1016	1133	2 M16	2666	5584
175	4	9624	4	9077	90 X 6.0	10.55	8.97	194	1.77	109	2	1610	912	1012	2 M16	2393	5013
176	4	8691	4	8156	90 X 6.0	10.55	8.97	383	2.76	139	4	1041	824	910	2 M16	2161	4526

## CARGAS NAS FUNDAÇÕES

NOTAS:

1 – AS CARGAS ESTÃO EM KGF E NÃO INCLUEM NENHUM FATOR ADICIONAL.

2 – AS CARGAS SEGUEM A ORIENTAÇÃO ABAIXO:



TORRE D5A - EXT. 24.0 – PERNAS NIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-115036	-23153	-19244	-89505	-18031	15535	84093	-17103	-14563	59511	-13704	9840
1R	-104548	-21369	-17555	-80142	-16439	13848	93458	-18696	-16251	69996	-15488	11528
2	-118319	-23044	-22391	-42314	-9575	4924	87515	-17251	-17557	12180	-4992	-617
2R	-107832	-21260	-20703	-32951	-7982	3236	96880	-18844	-19246	22666	-6775	1070
3	-74846	-12903	-15541	9379	1622	-4403	44245	-7485	-10483	-39715	6579	-9721
3R	-64359	-11120	-13853	18741	3214	-6091	53610	-9078	-12171	-29231	4796	-8034
4	-80612	-18380	-13519	-68007	-15850	11755	49904	-12763	-8578	37777	-11089	6319
4R	-70124	-16596	-11830	-58643	-14257	10067	59269	-14357	-10267	48262	-12872	8006
5	-107534	-22211	-21819	-24867	-7835	696	76865	-16666	-16838	-5400	-3003	-4697
5R	-97047	-20427	-20131	-15505	-6242	-991	86230	-18259	-18526	5085	-4787	-3009
6	-76953	-13262	-17273	11486	1980	-6134	46352	-7843	-12214	-41822	6937	-11452
6R	-66466	-11478	-15584	20848	3572	-7822	55717	-9436	-13902	-31338	5154	-9765
7A	-47220	-8435	-7744	-17239	-2677	3221	16336	-2516	-2931	-12634	1747	-2309
7AR	-36724	-6663	-6054	-7867	-1097	1532	25549	-4097	-4593	-2300	-22	-648
7B	-46746	-7918	-7956	-17512	-3194	2976	16608	-3032	-2684	-13107	2264	-2098
7BR	-36411	-6147	-6293	-8301	-1614	1314	25982	-4613	-4375	-2614	493	-409
8A	-52076	-10090	-7948	-8427	-179	2345	20635	-2246	-4456	-19919	2156	-4343
8AR	-41349	-8370	-6230	1009	1317	634	28848	-3751	-5963	-10458	443	-2844
8B	-50985	-8829	-8617	-8751	-1441	1545	20958	-3507	-3656	-21010	3418	-3674
8BR	-40890	-7112	-7008	72	59	-62	29785	-5010	-5266	-10917	1702	-2066
8C	-49894	-7568	-9287	-9075	-2703	746	21282	-4770	-2858	-22102	4680	-3005
8CR	-40430	-5853	-7786	-863	-1199	-759	30721	-6268	-4569	-11377	2960	-1288
9A	-13615	-2201	-2322	-13602	-2194	2315	-9711	1779	1658	-9698	1772	-1651
9B	-14953	-2496	-2550	-14941	-2490	2543	-9364	1652	1599	-9351	1646	-1592
9C	-21528	-4449	-3536	-20516	-4070	3621	-9014	960	1543	-9584	850	-1629
9D	-25509	-4437	-4207	-24579	-4083	4318	-4950	947	847	-5604	862	-957
9E	-29469	-4414	-4868	-28662	-4105	5024	-868	925	141	-1644	885	-296
9F	-32083	-6391	-5194	-30154	-5664	5397	-4600	255	791	-5836	66	-994
9G	-40024	-6356	-6527	-38300	-5699	6799	3544	220	-610	2104	101	338
9H	-46598	-8309	-7513	-43875	-7279	7877	3895	-472	-667	1871	-695	302
10	-58224	-9991	-9936	10260	1756	-1774	27685	-4685	-4810	-40658	6826	-7024
10R	-47737	-8207	-8247	19622	3348	-3461	37050	-6278	-6499	-30173	5044	-5336

TORRE D5A - EXT. 24.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (1.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-107622	-21607	-17998	-93867	-21165	17176	89794	-17146	-15817	51583	-12073	8208
1R	-97869	-19976	-16401	-83972	-19399	15242	98342	-18591	-17339	62907	-14026	10067
2	-113345	-22100	-20672	-44705	-11777	4279	89223	-16678	-17946	8715	-4305	-1304
2R	-103592	-20469	-19074	-34811	-10011	2345	97772	-18122	-19467	20039	-6258	553
3	-74111	-12874	-14433	9354	1647	-6138	43020	-7217	-10179	-38375	6256	-9398
3R	-64358	-11243	-12836	19248	3414	-8072	51568	-8661	-11701	-27051	4302	-7539
4	-74548	-17071	-12449	-70046	-19428	12892	53167	-11869	-9411	31315	-9713	4942
4R	-64795	-15440	-10851	-60152	-17662	10958	61715	-13313	-10932	42640	-11666	6800
5	-103104	-21397	-19765	-25938	-10454	-968	76381	-15270	-16816	-7450	-2594	-5106
5R	-93351	-19765	-18168	-16043	-8687	-2902	84930	-16715	-18338	3873	-4548	-3248
6	-75732	-13192	-15631	10939	1990	-8630	44721	-7483	-11800	-40041	6497	-11012
6R	-65978	-11560	-14033	20834	3756	-10564	53270	-8927	-13321	-28716	4543	-9154
7A	-46076	-8196	-7681	-17747	-2810	3764	17950	-2909	-3249	-14059	2035	-2596
7AR	-36311	-6576	-6081	-7835	-1065	1828	26338	-4333	-4744	-2890	94	-765
7B	-45285	-7619	-7701	-17924	-3676	3293	17880	-3154	-2952	-14602	2569	-2403
7BR	-35675	-5998	-6127	-8203	-1914	1388	26459	-4597	-4479	-3279	629	-545
8A	-52256	-10109	-8413	-8505	572	3227	22329	-3097	-4757	-20531	2273	-4459
8AR	-42233	-8532	-6774	1529	2168	1256	29655	-4392	-6088	-10254	396	-2797
8B	-50316	-8689	-8537	-8622	-1588	1772	21718	-3651	-3812	-21743	3569	-3825
8BR	-40901	-7115	-7004	681	75	-80	29771	-5012	-5263	-10855	1690	-2054
8C	-48376	-7270	-8662	-8738	-3749	316	21106	-4206	-2867	-22955	4865	-3190
8CR	-39569	-5696	-7233	-167	-2016	-1419	29888	-5631	-4438	-11456	2983	-1310
9A	-12597	-1998	-2162	-13632	-2369	2581	-8588	1547	1438	-10734	1978	-1857
9B	-13810	-2266	-2365	-15033	-2735	2829	-8175	1436	1362	-10516	1879	-1825
9C	-19859	-4091	-3302	-20552	-4855	4068	-7732	998	1250	-11424	1238	-2017
9D	-23680	-4067	-3956	-25374	-4457	4869	-2919	554	442	-7592	1259	-1354
9E	-27481	-4033	-4605	-30211	-4073	5684	1913	103	-375	-3788	1292	-704
9F	-29728	-5890	-4892	-30893	-6577	6108	-2476	115	329	-8500	619	-1547
9G	-37351	-5833	-6196	-40552	-5795	7725	7169	-778	-1294	-864	673	-233
9H	-43400	-7658	-7132	-46071	-7916	8965	7612	-1217	-1407	-1772	32	-425
10	-58988	-10134	-10081	11817	1896	-1926	26907	-4530	-4664	-39847	6675	-6872
10R	-49235	-8503	-8483	21711	3663	-3860	35455	-5974	-6186	-28523	4720	-5013



TORRE D5A - EXT. 24.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (1.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-107616	-21636	-17728	-94713	-18021	16676	89666	-20067	-16001	52552	-12267	8621
1R	-96289	-19682	-15868	-86167	-16578	15155	99562	-21835	-17936	62303	-13897	10218
2	-110196	-21342	-20690	-48475	-9926	6292	92276	-19925	-20462	6283	-3669	-782
2R	-98868	-19387	-18830	-39930	-8483	4772	102172	-21693	-22397	16034	-5298	813
3	-70675	-12026	-14663	5332	805	-3547	46847	-8038	-12908	-41616	7071	-9031
3R	-59347	-10071	-12804	13878	2248	-5067	56743	-9806	-14843	-31865	5441	-7435
4	-75693	-17322	-12461	-69766	-14715	12274	52207	-15964	-9270	33140	-10080	5433
4R	-64365	-15368	-10602	-61220	-13271	10753	62103	-17732	-11205	42890	-11710	7030
5	-99810	-20535	-20144	-29785	-7567	1895	79654	-19782	-20083	-10169	-1831	-4324
5R	-88483	-18581	-18285	-21239	-6123	374	89550	-21551	-22019	-419	-3460	-2728
6	-72340	-12267	-16277	7033	1071	-5167	48432	-8380	-15400	-43237	7389	-10229
6R	-61013	-10312	-14418	15580	2515	-6687	58328	-10149	-17336	-33486	5758	-8632
7A	-45962	-8201	-7510	-18696	-3078	3489	18459	-2557	-3285	-13731	1955	-2458
7AR	-34636	-6260	-5651	-10120	-1637	1964	28181	-4319	-5191	-4123	335	-885
7B	-45418	-7666	-7703	-18626	-3323	3192	18635	-3423	-2814	-14522	2531	-2438
7BR	-34247	-5724	-5871	-10241	-1900	1699	28549	-5170	-4752	-4760	913	-839
8A	-50526	-9806	-7663	-11042	-1237	2811	23226	-1614	-5491	-20621	2297	-4058
8AR	-39024	-7924	-5783	-2262	186	1242	31798	-3349	-7230	-11816	725	-2631
8B	-49313	-8510	-8298	-10430	-1792	1866	23341	-3775	-4036	-22561	3717	-3935
8BR	-38423	-6629	-6525	-2379	-432	416	32646	-5441	-5891	-13149	2143	-2402
8C	-48102	-7214	-8933	-9819	-2347	922	23458	-5935	-2580	-24500	5137	-3811
8CR	-37822	-5336	-7268	-2496	-1052	-408	33495	-7534	-4553	-14481	3561	-2172
9A	-14405	-2366	-2487	-12939	-2151	2171	-9276	2065	1852	-8930	1611	-1536
9B	-15702	-2652	-2705	-14258	-2413	2398	-8950	1885	1791	-8623	1493	-1484
9C	-22107	-4555	-3641	-19437	-3648	3432	-9013	747	1770	-9010	745	-1560
9D	-25937	-4533	-4303	-24250	-4091	4239	-4190	1146	969	-5188	768	-904
9E	-29743	-4500	-4954	-29083	-4542	5057	645	1530	154	-1386	802	-256
9F	-32342	-6436	-5239	-29429	-5326	5273	-4252	7	947	-5575	20	-980
9G	-39978	-6381	-6552	-39074	-6219	6897	5404	790	-668	2048	77	323
9H	-46383	-8285	-7488	-44254	-7453	7931	5343	-348	-689	1662	-671	247
10	-56002	-9563	-9508	8071	1326	-1351	30556	-5087	-5306	-42738	7231	-7378
10R	-44675	-7607	-7648	16618	2770	-2872	40452	-6855	-7242	-32987	5600	-5781

TORRE D5A - EXT. 24.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (1.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-117688	-22327	-19910	-84000	-16882	14386	78543	-15945	-13356	63032	-16838	10448
1R	-108061	-20697	-18390	-73758	-15116	12525	86965	-17355	-14833	74262	-18823	12266
2	-117155	-21738	-22219	-41298	-9377	4726	84583	-16728	-15988	13757	-7018	-2161
2R	-107529	-20108	-20699	-31056	-7612	2866	93005	-18136	-17464	24987	-9004	-343
3	-71007	-12101	-14717	5550	799	-3581	45811	-7922	-9691	-40465	7037	-12160
3R	-61381	-10471	-13198	15792	2564	-5441	54233	-9332	-11168	-29235	5051	-10342
4	-81125	-16846	-13809	-64013	-14967	10872	46006	-11898	-7737	39021	-14371	6650
4R	-71499	-15215	-12290	-53771	-13203	9012	54428	-13307	-9213	50251	-16356	8468
5	-104350	-20214	-21264	-25292	-7920	782	74647	-16303	-15043	-5117	-5278	-7131
5R	-94723	-18585	-19746	-15050	-6155	-1077	83070	-17712	-16519	6112	-7264	-5313
6	-72710	-12368	-16337	7216	1040	-5195	47432	-8240	-10888	-42050	7379	-14652
6R	-63083	-10738	-14819	17458	2805	-7055	55854	-9650	-12365	-30821	5394	-12834
7A	-45905	-8036	-7496	-18220	-2869	3413	17164	-2682	-2989	-12970	1705	-2691
7AR	-36249	-6408	-5972	-7979	-1118	1553	25443	-4080	-4441	-1913	-273	-903
7B	-45736	-7769	-7754	-18570	-3405	3187	17761	-3259	-2936	-13386	2551	-2260
7BR	-36271	-6158	-6262	-8484	-1653	1353	26195	-4658	-4415	-2139	588	-440
8A	-49481	-9084	-7469	-9983	-482	2648	21338	-2404	-4134	-20838	1610	-5446
8AR	-39461	-7444	-5895	270	1177	774	28661	-3733	-5432	-10774	-361	-3849
8B	-49181	-8446	-8262	-10456	-1779	1884	22540	-3825	-3883	-21867	3692	-4141
8BR	-39909	-6876	-6814	-790	-114	111	30451	-5149	-5280	-11054	1780	-2418
8C	-48882	-7809	-9055	-10927	-3077	1120	23743	-5247	-3632	-22896	5773	-2835
8CR	-40359	-6309	-7734	-1851	-1406	-552	32241	-6567	-5130	-11335	3921	-987
9A	-12952	-2156	-2179	-14387	-2357	2478	-8944	1619	1541	-9267	2053	-1841
9B	-14272	-2419	-2406	-15684	-2643	2697	-8636	1502	1490	-8942	1875	-1781
9C	-20277	-3907	-3325	-21080	-4165	3716	-8437	863	1474	-9772	499	-1865
9D	-25007	-4330	-4106	-25005	-4171	4406	-4531	860	797	-5022	930	-1097
9E	-29716	-4745	-4876	-28956	-4189	5108	-606	847	114	-287	1377	-345
9F	-31012	-5818	-5025	-30402	-5693	5426	-4331	222	781	-5853	-444	-1183
9G	-40450	-6655	-6576	-38279	-5718	6818	3499	205	-578	3631	434	336
9H	-46456	-8143	-7495	-43676	-7240	7838	3698	-432	-594	2802	-941	252
10	-54911	-9360	-9281	6950	1102	-1119	30827	-5311	-5320	-42978	7476	-7822
10R	-45285	-7731	-7762	17193	2867	-2980	39249	-6720	-6797	-31748	5491	-6004

TORRE D5A - EXT. 18.0 – PERNAS NIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-110799	-21998	-18456	-85311	-16787	14836	82500	-16356	-14355	57809	-13035	9543
1R	-100522	-20256	-16821	-76296	-15260	13201	91513	-17883	-15989	68087	-14777	11178
2	-112223	-21619	-20884	-40929	-8886	5105	84043	-16260	-16605	13308	-4850	-9
2R	-101945	-19877	-19250	-31915	-7358	3469	93057	-17787	-18240	23586	-6592	1624
3	-70753	-12202	-14314	7962	1410	-3684	42749	-7256	-9774	-35759	5860	-8540
3R	-60476	-10460	-12679	16976	2937	-5319	51764	-8783	-11408	-25480	4117	-6905
4	-76049	-16950	-12690	-63419	-14370	10973	47952	-11786	-8287	35716	-10138	5981
4R	-65771	-15208	-11056	-54405	-12842	9337	56966	-13314	-9922	45993	-11880	7615
5	-100780	-20498	-20058	-23520	-7004	1027	72717	-15413	-15606	-4215	-2695	-3915
5R	-90503	-18756	-18423	-14506	-5477	-607	81731	-16941	-17241	6061	-4437	-2280
6	-72470	-12493	-15794	9679	1702	-5166	44465	-7548	-11256	-37475	6151	-10021
6R	-62192	-10751	-14160	18693	3229	-6800	53480	-9075	-12890	-27197	4409	-8386
7A	-45883	-8231	-7453	-15898	-2391	3003	17659	-2736	-3204	-11497	1477	-2110
7AR	-35587	-6500	-5815	-6865	-876	1365	26511	-4251	-4810	-1381	-252	-502
7B	-45459	-7666	-7708	-16095	-2956	2710	17857	-3301	-2910	-11921	2042	-1855
7BR	-35344	-5936	-6101	-7243	-1440	1103	26888	-4816	-4548	-1624	312	-217
8A	-50671	-9983	-7571	-7282	202	2235	22025	-2349	-4837	-18723	1767	-4229
8AR	-40068	-8303	-5892	1876	1634	563	29799	-3786	-6276	-9538	94	-2796
8B	-49630	-8590	-8351	-7458	-1189	1307	22201	-3742	-3910	-19763	3161	-3449
8BR	-39736	-6913	-6796	1009	244	-247	30668	-5176	-5465	-9869	1483	-1893
8C	-48590	-7196	-9131	-7634	-2583	380	22377	-5136	-2982	-20804	4554	-2669
8CR	-39406	-5523	-7699	140	-1146	-1059	31535	-6567	-4654	-10200	2874	-991
9A	-12021	-1876	-2012	-12024	-1879	2015	-7938	1455	1318	-7941	1457	-1321
9B	-13310	-2171	-2231	-13313	-2174	2234	-7642	1329	1268	-7645	1330	-1270
9C	-19381	-4145	-3117	-18305	-3734	3228	-7775	639	1295	-8481	530	-1407
9D	-23867	-4132	-3873	-22874	-3748	4012	-3206	626	513	-3994	545	-652
9E	-28341	-4109	-4620	-27456	-3771	4805	1374	603	-279	479	567	94
9F	-29938	-6106	-4759	-27865	-5308	5008	-3339	-63	539	-4830	-255	-789
9G	-38898	-6069	-6261	-37017	-5345	6583	5810	-99	-1035	4129	-218	712
9H	-44968	-8043	-7146	-42008	-6906	7579	5677	-789	-1008	3293	-1018	575
10	-56851	-9739	-9677	11509	1995	-2015	28900	-4919	-5060	-39357	6569	-6791
10R	-46573	-7997	-8042	20523	3523	-3649	37913	-6446	-6694	-29080	4827	-5157

TORRE D5A - EXT. 18.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (1.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-102742	-20299	-17076	-90461	-19810	16721	89123	-16842	-15810	49107	-11226	7734
1R	-93262	-18726	-15545	-80855	-18090	14810	97233	-18199	-17257	60315	-13160	9561
2	-107074	-20626	-19325	-43659	-10897	4816	86294	-16014	-17106	9469	-4079	-781
2R	-97594	-19054	-17794	-34054	-9177	2905	94404	-17370	-18553	20675	-6013	1045
3	-70236	-12215	-13481	8104	1503	-5169	41513	-6995	-9463	-34351	5518	-8199
3R	-60756	-10642	-11950	17709	3222	-7081	49623	-8352	-10909	-23143	3584	-6372
4	-69546	-15530	-11519	-66074	-17699	12293	51923	-11378	-9276	28725	-8636	4479
4R	-60066	-13958	-9988	-56468	-15980	10382	60033	-12736	-10723	39932	-10571	6306
5	-96383	-19680	-18278	-24760	-9302	-251	72607	-14384	-15659	-6434	-2246	-4364
5R	-86903	-18107	-16746	-15155	-7583	-2162	80717	-15740	-17106	4772	-4180	-2537
6	-71541	-12483	-14535	9363	1798	-7324	42796	-7188	-10825	-35588	5684	-9554
6R	-62061	-10910	-13003	18968	3517	-9235	50906	-8546	-12272	-24382	3749	-7726
7A	-44722	-7983	-7384	-16504	-2494	3589	19428	-3183	-3553	-12992	1781	-2414
7AR	-35219	-6422	-5849	-6868	-799	1674	27365	-4521	-4972	-1952	-138	-616
7B	-43887	-7338	-7416	-16575	-3475	3035	19186	-3440	-3196	-13513	2374	-2187
7BR	-34559	-5777	-5912	-7158	-1760	1156	27339	-4796	-4650	-2298	453	-357
8A	-51120	-10053	-8113	-7440	1142	3215	23995	-3315	-5178	-19257	1865	-4327
8AR	-41275	-8530	-6523	2394	2675	1253	30773	-4515	-6420	-9173	10	-2712
8B	-48977	-8452	-8264	-7346	-1314	1525	22971	-3902	-4067	-20469	3308	-3596
8BR	-39819	-6933	-6795	1650	298	-305	30581	-5174	-5444	-9694	1448	-1858
8C	-46835	-6851	-8415	-7251	-3772	-165	21946	-4488	-2955	-21682	4751	-2865
8CR	-38361	-5335	-7065	906	-2077	-1864	30391	-5835	-4469	-10215	2886	-1003
9A	-10988	-1672	-1835	-12129	-2022	2266	-6771	1193	1091	-8956	1659	-1522
9B	-12133	-1935	-2025	-13479	-2401	2509	-6405	1084	1021	-8811	1566	-1506
9C	-17597	-3750	-2843	-18316	-4595	3693	-6493	677	985	-10455	959	-1836
9D	-21929	-3734	-3589	-23822	-4123	4596	-1005	177	70	-6106	971	-1079
9E	-26247	-3710	-4329	-29333	-3666	5515	4495	-328	-854	-1777	995	-332
9F	-27393	-5550	-4406	-28658	-6318	5780	-1092	-229	34	-7749	364	-1409
9G	-36042	-5509	-5893	-39675	-5389	7603	9896	-1235	-1805	928	400	94
9H	-41507	-7325	-6711	-44511	-7583	8787	9807	-1642	-1841	-715	-206	-235
10	-57820	-9929	-9850	13230	2206	-2241	27911	-4734	-4867	-38292	6364	-6586
10R	-48340	-8356	-8318	22835	3925	-4152	36021	-6092	-6314	-27085	4430	-4759

TORRE D5A - EXT. 18.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (1.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-102410	-20267	-16725	-91572	-17220	16205	88948	-19275	-16098	50065	-11415	8187
1R	-91204	-18333	-14899	-83462	-15862	14758	98553	-20994	-18009	59545	-12987	9718
2	-103211	-19717	-18982	-48028	-9622	6681	89716	-18945	-19561	6552	-3330	-533
2R	-92004	-17783	-17156	-39918	-8265	5235	99321	-20663	-21472	16032	-4903	997
3	-66096	-11215	-13327	3501	519	-2731	45848	-7966	-12068	-38223	6474	-8187
3R	-54888	-9281	-11500	11611	1876	-4178	55453	-9685	-13978	-28743	4901	-6656
4	-70559	-15763	-11504	-65876	-13693	11645	50837	-14769	-9182	30627	-9020	5017
4R	-59351	-13828	-9676	-57766	-12336	10197	60443	-16488	-11092	40107	-10593	6548
5	-92276	-18643	-18202	-29287	-7180	2417	76383	-18451	-18797	-9791	-1336	-3972
5R	-81069	-16708	-16375	-21176	-5824	971	85988	-20170	-20707	-311	-2909	-2441
6	-67334	-11379	-14681	4784	712	-4093	47108	-8261	-14222	-39529	6741	-9241
6R	-56126	-9445	-12854	12894	2070	-5541	56713	-9980	-16133	-30049	5168	-7709
7A	-44315	-7933	-7155	-17686	-2852	3338	20031	-2829	-3665	-12820	1734	-2282
7AR	-33098	-6012	-5326	-9532	-1496	1884	29448	-4544	-5544	-3492	172	-777
7B	-43794	-7341	-7383	-17442	-3109	2981	20102	-3810	-3111	-13655	2379	-2250
7BR	-32753	-5421	-5585	-9506	-1773	1563	29737	-5505	-5026	-4153	818	-715
8A	-48789	-9632	-7220	-10503	-1010	2813	24946	-1644	-6092	-19476	1926	-3903
8AR	-37323	-7767	-5357	-2059	335	1301	33104	-3339	-7791	-11003	411	-2554
8B	-47576	-8188	-7950	-9478	-1597	1703	24851	-4102	-4401	-21618	3528	-3753
8BR	-36801	-6329	-6212	-1868	-323	325	33849	-5716	-6232	-12459	2009	-2283
8C	-46363	-6745	-8681	-8454	-2184	592	24756	-6560	-2711	-23760	5129	-3601
8CR	-36280	-4890	-7066	-1677	-984	-649	34593	-8092	-4673	-13917	3606	-2012
9A	-12764	-2035	-2171	-11401	-1829	1876	-7496	1726	1482	-7183	1296	-1187
9B	-14001	-2318	-2378	-12663	-2087	2095	-7231	1538	1430	-6934	1181	-1146
9C	-19843	-4221	-3193	-17145	-3258	3035	-7900	322	1496	-7972	448	-1338
9D	-24191	-4208	-3950	-22634	-3758	3950	-2394	794	592	-3641	463	-592
9E	-28521	-4185	-4696	-28134	-4264	4875	3115	1252	-326	677	488	147
9F	-30034	-6112	-4764	-27116	-4929	4890	-3064	-421	657	-4679	-270	-783
9G	-38711	-6077	-6269	-38105	-5935	6730	7952	508	-1164	3969	-229	701
9H	-44553	-7980	-7083	-42587	-7106	7670	7282	-707	-1099	2932	-963	511
10	-54161	-9211	-9149	8910	1497	-1502	32098	-5437	-5688	-41817	7058	-7203
10R	-42955	-7277	-7323	17020	2854	-2949	41703	-7156	-7599	-32337	5486	-5672

TORRE D5A - EXT. 18.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (1.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-114064	-21499	-19267	-79098	-15476	13525	76272	-15042	-13007	61918	-16160	10317
1R	-104733	-19929	-17819	-69118	-13758	11700	84232	-16363	-14402	73051	-18125	12091
2	-111342	-20542	-20775	-39615	-8622	4842	80954	-15696	-15209	15032	-6756	-1253
2R	-102012	-18973	-19328	-29635	-6904	3016	88914	-17017	-16603	26165	-8722	520
3	-66718	-11336	-13443	3975	547	-2821	44627	-7760	-9295	-36854	6361	-10753
3R	-57388	-9767	-11996	13955	2266	-4648	52587	-9081	-10689	-25723	4394	-8978
4	-77047	-15819	-13093	-58980	-13382	9985	43667	-10825	-7370	37388	-13219	6454
4R	-67717	-14249	-11646	-49000	-11664	8160	51627	-12146	-8764	48520	-15184	8227
5	-97760	-18788	-19534	-23864	-7072	1095	70601	-15064	-14115	-3948	-4686	-5999
5R	-88430	-17219	-18088	-13883	-5354	-729	78561	-16385	-15510	7183	-6653	-4225
6	-68003	-11529	-14805	5214	712	-4176	45932	-8027	-10349	-38114	6656	-12907
6R	-58672	-9960	-13358	15194	2430	-6002	53892	-9349	-11743	-26983	4691	-11134
7A	-44447	-7780	-7186	-16871	-2580	3193	18468	-2897	-3263	-11940	1376	-2507
7AR	-35073	-6212	-5731	-6882	-875	1365	26276	-4207	-4631	-995	-584	-765
7B	-44418	-7499	-7498	-17172	-3172	2926	19084	-3542	-3193	-12284	2332	-1998
7BR	-35261	-5951	-6080	-7359	-1467	1129	27067	-4853	-4592	-1122	390	-220
8A	-47673	-8835	-7022	-8900	-111	2550	22578	-2482	-4461	-19827	1068	-5469
8AR	-37832	-7245	-5502	1157	1500	697	29352	-3720	-5661	-9958	-895	-3935
8B	-47659	-8156	-7961	-9273	-1553	1671	23886	-4083	-4165	-20776	3432	-3948
8BR	-38670	-6643	-6584	114	62	-65	31328	-5318	-5480	-10054	1540	-2272
8C	-47645	-7475	-8900	-9647	-2996	793	25194	-5684	-3869	-21725	5796	-2425
8CR	-39506	-6042	-7667	-927	-1376	-828	33304	-6916	-5299	-10150	3974	-608
9A	-11401	-1829	-1876	-12765	-2037	2173	-7183	1295	1187	-7496	1727	-1484
9B	-12663	-2087	-2094	-14002	-2319	2379	-6934	1180	1146	-7230	1539	-1431
9C	-18011	-3538	-2899	-18739	-3794	3288	-7275	568	1230	-8835	52	-1620
9D	-23414	-4014	-3784	-23188	-3814	4079	-2860	555	461	-3399	563	-755
9E	-28806	-4486	-4660	-27656	-3844	4879	1568	530	-313	2033	1089	94
9F	-28763	-5465	-4588	-27925	-5289	4988	-3201	-56	545	-5003	-922	-944
9G	-39557	-6412	-6349	-36843	-5340	6578	5642	-95	-999	5864	113	770
9H	-44906	-7863	-7155	-41580	-6815	7488	5300	-707	-915	4259	-1371	581
10	-53166	-9019	-8942	7848	1264	-1283	32364	-5618	-5643	-42018	7280	-7677
10R	-43835	-7451	-7495	17828	2982	-3108	40324	-6939	-7038	-30886	5313	-5902

TORRE D5A - EXT. 12.0 – PERNAS NIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-106817	-20962	-17708	-81450	-15648	14214	80884	-15634	-14143	55989	-12404	9207
1R	-96688	-19250	-16119	-72765	-14181	12623	89567	-17101	-15733	66119	-14117	10798
2	-106528	-20325	-19484	-39720	-8267	5295	80667	-15310	-15705	14187	-4709	502
2R	-96400	-18613	-17895	-31036	-6800	3704	89350	-16777	-17294	24317	-6422	2092
3	-66993	-11570	-13191	6541	1191	-2997	41236	-7013	-9098	-32180	5205	-7476
3R	-56863	-9858	-11601	15226	2658	-4587	49919	-8480	-10688	-22050	3492	-5885
4	-71793	-15640	-11916	-59159	-13000	10263	45980	-10841	-7988	33577	-9226	5619
4R	-61663	-13927	-10326	-50475	-11532	8671	54664	-12308	-9577	43706	-10939	7209
5	-94458	-18917	-18413	-22348	-6249	1361	68667	-14205	-14426	-3253	-2388	-3224
5R	-84330	-17205	-16824	-13664	-4781	-229	77349	-15672	-16016	6876	-4102	-1633
6	-68326	-11797	-14426	7875	1417	-4231	42570	-7239	-10332	-33513	5432	-8711
6R	-58197	-10085	-12836	16559	2885	-5822	51252	-8706	-11921	-23383	3719	-7120
7A	-44676	-8070	-7181	-14763	-2139	2840	18849	-2916	-3451	-10624	1247	-1971
7AR	-34516	-6370	-5586	-6047	-684	1244	27358	-4371	-5011	-669	-454	-409
7B	-44387	-7459	-7507	-14793	-2751	2470	18880	-3528	-3081	-10914	1859	-1645
7BR	-34432	-5758	-5947	-6284	-1296	910	27594	-4983	-4677	-753	158	-49
8A	-49285	-9928	-7168	-6486	559	2230	23390	-2396	-5243	-17863	1404	-4220
8AR	-38720	-8275	-5518	2432	1928	586	30719	-3771	-6620	-8914	-242	-2849
8B	-48434	-8392	-8119	-6349	-976	1111	23252	-3932	-4123	-18714	2940	-3270
8BR	-38677	-6743	-6609	1776	395	-399	31376	-5304	-5635	-8956	1290	-1758
8C	-47584	-6856	-9070	-6211	-2511	-8	23115	-5468	-3004	-19565	4476	-2319
8CR	-38635	-5210	-7699	1119	-1136	-1386	32034	-6836	-4648	-9000	2823	-668
9A	-10699	-1606	-1762	-10704	-1612	1768	-6386	1185	1029	-6390	1190	-1035
9B	-11924	-1902	-1971	-11929	-1906	1976	-6153	1059	990	-6158	1064	-995
9C	-17329	-3898	-2722	-16184	-3445	2867	-6894	371	1122	-7788	262	-1266
9D	-22471	-3885	-3589	-21402	-3459	3762	-1677	357	227	-2645	277	-400
9E	-27617	-3862	-4447	-26616	-3481	4664	3537	334	-675	2499	300	457
9F	-27877	-5882	-4340	-25657	-4996	4652	-2418	-331	359	-4275	-523	-671
9G	-38164	-5845	-6064	-36088	-5033	6450	8012	-368	-1438	6012	-487	1053
9H	-43570	-7842	-6816	-40345	-6570	7341	7271	-1056	-1306	4383	-1288	782
10	-55635	-9528	-9457	12564	2195	-2217	29910	-5107	-5268	-38234	6347	-6601
10R	-45507	-7815	-7867	21249	3662	-3807	38594	-6575	-6859	-28105	4633	-5010

TORRE D5A - EXT. 12.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (1.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-98088	-19092	-16186	-87397	-18607	16394	88524	-16562	-15828	46399	-10386	7190
1R	-88806	-17564	-14710	-78080	-16931	14492	96217	-17838	-17208	57552	-12314	8995
2	-101206	-19280	-18069	-42791	-10112	5369	83514	-15377	-16329	9923	-3843	-364
2R	-91924	-17752	-16592	-33475	-8435	3468	91207	-16654	-17710	21076	-5771	1440
3	-66720	-11637	-12622	6863	1361	-4255	39985	-6752	-8773	-30689	4840	-7111
3R	-57439	-10109	-11145	16179	3037	-6157	47678	-8028	-10154	-19536	2912	-5306
4	-64848	-14100	-10643	-62412	-16125	11801	50708	-10907	-9151	25992	-7576	3968
4R	-55567	-12572	-9166	-53096	-14448	9900	58400	-12183	-10532	37145	-9504	5774
5	-90124	-18099	-16894	-23741	-8244	463	68955	-13520	-14557	-5650	-1899	-3714
5R	-80843	-16571	-15417	-14424	-6568	-1438	76647	-14796	-15938	5503	-3827	-1909
6	-67727	-11859	-13536	7809	1615	-6078	40861	-6872	-9878	-31506	4928	-8207
6R	-58445	-10331	-12059	17126	3292	-7980	48554	-8148	-11259	-20353	3000	-6401
7A	-43545	-7824	-7122	-15445	-2203	3486	20796	-3420	-3836	-12186	1567	-2291
7AR	-34226	-6306	-5638	-6080	-553	1579	28299	-4674	-5186	-1215	-345	-518
7B	-42703	-7102	-7181	-15302	-3321	2806	20237	-3676	-3383	-12611	2218	-2004
7BR	-33586	-5585	-5732	-6192	-1646	938	27991	-4952	-4774	-1436	304	-196
8A	-50169	-10085	-7834	-6729	1757	3352	25752	-3499	-5637	-18267	1467	-4283
8AR	-40397	-8599	-6277	2940	3224	1381	31968	-4607	-6793	-8340	-378	-2712
8B	-47832	-8264	-8036	-6225	-1072	1319	24011	-4101	-4278	-19367	3077	-3407
8BR	-38851	-6786	-6618	2462	495	-502	31198	-5291	-5589	-8637	1222	-1690
8C	-45495	-6444	-8238	-5722	-3901	-715	22271	-4702	-2919	-20465	4687	-2530
8CR	-37306	-4974	-6961	1984	-2234	-2387	30427	-5975	-4385	-8936	2823	-668
9A	-9678	-1408	-1578	-10874	-1718	2003	-5183	902	800	-7359	1381	-1226
9B	-10733	-1664	-1751	-12154	-2114	2240	-4881	795	738	-7308	1296	-1227
9C	-15414	-3454	-2406	-16090	-4426	3368	-5651	420	791	-9952	750	-1753
9D	-20443	-3464	-3281	-22486	-3836	4390	702	-142	-252	-4882	734	-857
9E	-25477	-3466	-4152	-28867	-3260	5427	7054	-711	-1306	180	727	29
9F	-25126	-5255	-3936	-26422	-6149	5518	-67	-517	-199	-7527	188	-1383
9G	-35187	-5266	-5680	-39199	-4982	7578	12638	-1650	-2297	2605	166	399
9H	-39869	-7057	-6335	-43134	-7294	8705	11867	-2025	-2244	-37	-379	-126
10	-56869	-9776	-9672	14499	2489	-2529	28651	-4877	-5015	-36843	6072	-6326
10R	-47588	-8248	-8195	23816	4165	-4431	36344	-6153	-6396	-25689	4144	-4520



TORRE D5A - EXT. 12.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (1.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-97269	-18968	-15715	-88935	-16544	15857	88297	-18571	-16253	47347	-10564	7681
1R	-86118	-17042	-13911	-81243	-15268	14476	97614	-20246	-18154	56629	-12092	9158
2	-96466	-18178	-17338	-47890	-9409	7120	87317	-18063	-18786	6477	-2962	-389
2R	-85314	-16251	-15533	-40196	-8132	5739	96635	-19738	-20686	15758	-4491	1088
3	-61753	-10450	-12070	1592	200	-1924	44881	-7903	-11308	-35281	5963	-7459
3R	-50601	-8522	-10265	9286	1477	-3306	54198	-9578	-13208	-26000	4436	-5982
4	-65621	-14291	-10568	-62412	-12784	11115	49501	-13659	-9123	27970	-7973	4552
4R	-54468	-12364	-8763	-54718	-11508	9734	58818	-15334	-11023	37252	-9501	6028
5	-85039	-16839	-16335	-29069	-6882	2980	73265	-17225	-17630	-9717	-813	-3717
5R	-73887	-14912	-14531	-21375	-5606	1598	82582	-18901	-19530	-435	-2341	-2241
6	-62570	-10537	-13165	2468	321	-3030	45828	-8157	-13131	-36288	6185	-8372
6R	-51417	-8610	-11361	10162	1597	-4411	55145	-9833	-15031	-27006	4658	-6896
7A	-42723	-7694	-6804	-16980	-2687	3263	21541	-3064	-4043	-12218	1564	-2180
7AR	-31549	-5779	-4995	-9224	-1411	1872	30652	-4737	-5909	-3102	47	-730
7B	-42297	-7042	-7090	-16420	-2944	2810	21399	-4181	-3362	-13060	2287	-2121
7BR	-31328	-5129	-5317	-8916	-1688	1459	30763	-5830	-5268	-3742	768	-636
8A	-47004	-9499	-6739	-10539	-861	2960	26737	-1571	-6786	-18604	1571	-3837
8AR	-35476	-7635	-4878	-2383	411	1493	34444	-3238	-8457	-10415	101	-2559
8B	-45904	-7888	-7616	-8799	-1462	1601	26233	-4401	-4752	-20942	3393	-3635
8BR	-35177	-6035	-5901	-1613	-272	289	34921	-5967	-6572	-11961	1914	-2217
8C	-44806	-6279	-8493	-7058	-2064	242	25730	-7231	-2718	-23279	5213	-3433
8CR	-34880	-4434	-6923	-842	-956	-914	35400	-8698	-4689	-13507	3727	-1876
9A	-11381	-1757	-1913	-10155	-1569	1641	-5896	1450	1165	-5660	1033	-893
9B	-12536	-2034	-2103	-11340	-1822	1848	-5710	1247	1121	-5490	923	-867
9C	-17588	-3919	-2742	-14942	-2924	2681	-7160	-92	1283	-7418	225	-1221
9D	-22659	-3936	-3640	-21297	-3488	3725	-764	497	260	-2389	216	-347
9E	-27723	-3941	-4526	-27647	-4056	4779	5615	1074	-775	2643	214	523
9F	-27711	-5820	-4278	-24897	-4588	4557	-2214	-842	422	-4317	-481	-701
9G	-37845	-5843	-6063	-37602	-5720	6655	10562	324	-1636	5744	-493	1044
9H	-42898	-7728	-6702	-41203	-6821	7487	9111	-1015	-1474	3816	-1191	690
10	-52369	-8873	-8802	9458	1601	-1589	33504	-5763	-6057	-41154	6943	-7093
10R	-41217	-6946	-6998	17152	2878	-2971	42821	-7438	-7958	-31872	5414	-5615

TORRE D5A - EXT. 12.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (1.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-110735	-20782	-18688	-74372	-14133	12699	73826	-14122	-12612	60720	-15612	10169
1R	-101628	-19258	-17299	-64647	-12460	10903	81345	-15362	-13934	71814	-17567	11900
2	-105959	-19465	-19450	-38017	-7916	4944	77323	-14680	-14433	16092	-6551	-453
2R	-96852	-17940	-18061	-28293	-6243	3147	84842	-15921	-15756	27186	-8507	1277
3	-62773	-10645	-12275	2417	289	-2096	43392	-7578	-8899	-33596	5746	-9492
3R	-53666	-9122	-10887	12141	1962	-3891	50911	-8819	-10221	-22502	3791	-7761
4	-73314	-14902	-12452	-54171	-11875	9138	41228	-9756	-6965	35696	-12173	6256
4R	-64208	-13379	-11065	-44446	-10202	7341	48747	-10998	-8288	46790	-14129	7987
5	-91627	-17479	-17930	-22562	-6287	1399	66609	-13857	-13200	-2980	-4137	-4971
5R	-82520	-15955	-16542	-12837	-4615	-396	74127	-15098	-14523	8112	-6093	-3240
6	-63650	-10766	-13380	3233	377	-3191	44398	-7800	-9812	-34543	6001	-11315
6R	-54542	-9242	-11993	12957	2050	-4987	51917	-9042	-11136	-23449	4045	-9584
7A	-43102	-7570	-6897	-15688	-2314	3015	19582	-3057	-3493	-11171	1062	-2387
7AR	-33934	-6046	-5499	-5941	-655	1215	26935	-4288	-4788	-283	-891	-690
7B	-43345	-7286	-7299	-15858	-2963	2682	20170	-3778	-3390	-11347	2149	-1757
7BR	-34428	-5784	-5942	-6315	-1305	919	27725	-5009	-4720	-206	219	-20
8A	-45752	-8614	-6532	-8144	241	2548	23646	-2475	-4769	-19161	488	-5648
8AR	-35984	-7057	-5050	1751	1808	705	29858	-3628	-5878	-9455	-1484	-4179
8B	-46288	-7908	-7695	-8267	-1362	1497	25016	-4291	-4398	-19874	3201	-3805
8BR	-37504	-6438	-6375	846	203	-207	32006	-5445	-5642	-9178	1318	-2176
8C	-46822	-7201	-8858	-8389	-2966	446	26386	-6107	-4027	-20586	5914	-1962
8CR	-39023	-5819	-7701	-57	-1400	-1122	34152	-7260	-5404	-8902	4120	-173
9A	-10152	-1566	-1636	-11389	-1763	1918	-5657	1028	889	-5895	1458	-1172
9B	-11338	-1820	-1844	-12543	-2039	2108	-5487	918	864	-5708	1254	-1128
9C	-15823	-3229	-2508	-16386	-3437	2860	-6555	355	1088	-8346	-397	-1440
9D	-22099	-3769	-3521	-21556	-3490	3793	-1446	312	189	-2006	237	-461
9E	-28379	-4305	-4526	-26733	-3552	4735	3655	263	-713	4346	885	502
9F	-26583	-5178	-4185	-25400	-4889	4545	-2514	-250	413	-4643	-1415	-773
9G	-39139	-6254	-6202	-35746	-5003	6420	7696	-342	-1388	8048	-133	1170
9H	-43623	-7663	-6866	-39589	-6403	7173	6628	-905	-1164	5410	-1785	857
10	-51543	-8712	-8632	8517	1377	-1399	33708	-5882	-5923	-41243	7124	-7589
10R	-42435	-7189	-7244	18241	3051	-3195	41227	-7122	-7245	-30149	5168	-5859

TORRE D5A - EXT. 6.0 – PERNAS NIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-102979	-20046	-16971	-77919	-14626	13676	79343	-14972	-13956	54027	-11828	8820
1R	-92938	-18351	-15419	-69567	-13217	12124	87696	-16381	-15508	64068	-13524	10372
2	-101163	-19163	-18181	-38660	-7726	5483	77488	-14430	-14891	14807	-4588	902
2R	-91122	-17468	-16629	-30308	-6317	3931	85841	-15839	-16443	24847	-6282	2454
3	-63513	-11005	-12175	5179	976	-2363	39781	-6771	-8483	-28975	4612	-6541
3R	-53472	-9310	-10623	13531	2385	-3915	48133	-8179	-10035	-18935	2917	-4990
4	-67793	-14466	-11182	-55222	-11758	9625	44091	-9970	-7702	31396	-8384	5235
4R	-57753	-12772	-9631	-46870	-10349	8073	52443	-11379	-9254	41436	-10080	6787
5	-88553	-17486	-16897	-21314	-5579	1676	64841	-13083	-13341	-2500	-2110	-2639
5R	-78513	-15790	-15345	-12963	-4170	123	73194	-14492	-14893	7540	-3806	-1086
6	-64494	-11172	-13177	6160	1143	-3365	40762	-6938	-9485	-29956	4779	-7544
6R	-54453	-9477	-11626	14512	2552	-4917	49114	-8346	-11037	-19916	3083	-5992
7A	-43484	-7938	-6899	-13834	-1921	2739	20018	-3077	-3702	-10046	1056	-1901
7AR	-33395	-6255	-5339	-5434	-525	1179	28178	-4473	-5221	-199	-626	-382
7B	-43509	-7296	-7352	-13508	-2564	2235	19691	-3719	-3197	-10023	1699	-1449
7BR	-33660	-5613	-5833	-5348	-1167	716	28093	-5115	-4757	66	15	111
8A	-47685	-9894	-6670	-6182	875	2383	24963	-2421	-5746	-17475	1078	-4368
8AR	-37063	-8256	-5035	2528	2183	753	31805	-3733	-7062	-8727	-554	-3057
8B	-47326	-8225	-7907	-5387	-791	949	24168	-4089	-4313	-17833	2746	-3131
8BR	-37641	-6591	-6435	2388	518	-523	31945	-5399	-5785	-8149	1111	-1658
8C	-46966	-6557	-9144	-4593	-2460	-483	23373	-5757	-2880	-18193	4414	-1894
8CR	-38218	-4925	-7833	2248	-1146	-1800	32085	-7065	-4509	-7572	2777	-260
9A	-9596	-1379	-1562	-9593	-1381	1563	-4974	958	776	-4972	960	-778
9B	-10735	-1674	-1755	-10733	-1677	1757	-4828	831	751	-4825	834	-753
9C	-15221	-3694	-2320	-14036	-3192	2517	-6350	137	1014	-7545	38	-1210
9D	-21248	-3681	-3336	-20110	-3204	3558	-276	123	-27	-1518	52	-196
9E	-27310	-3666	-4349	-26148	-3220	4602	5762	109	-1070	4543	67	817
9F	-25734	-5701	-3900	-23413	-4719	4317	-1797	-570	236	-4239	-742	-653
9G	-37824	-5673	-5930	-35526	-4748	6403	10315	-598	-1848	7851	-713	1375
9H	-42310	-7693	-6494	-38830	-6263	7162	8793	-1292	-1585	5130	-1509	918
10	-54511	-9344	-9261	13466	2362	-2388	30762	-5260	-5448	-37244	6149	-6446
10R	-44470	-7649	-7710	21818	3771	-3940	39114	-6668	-7000	-27204	4453	-4893

TORRE D5A - EXT. 6.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (1.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-93710	-18029	-15336	-84494	-17534	16169	87960	-16303	-15862	43553	-9607	6599
1R	-84509	-16521	-13894	-75526	-15912	14276	95270	-17507	-17192	54678	-11531	8379
2	-95754	-18088	-16907	-41987	-9406	5894	80902	-14775	-15628	10148	-3639	-46
2R	-86553	-16580	-15465	-33020	-7786	4002	88213	-15980	-16959	21273	-5563	1734
3	-63525	-11141	-11858	5687	1246	-3439	38501	-6497	-8132	-27354	4204	-6134
3R	-54325	-9633	-10415	14655	2867	-5332	45812	-7702	-9463	-16229	2280	-4353
4	-60533	-12824	-9827	-58898	-14707	11392	49495	-10459	-9029	23245	-6589	3439
4R	-51332	-11316	-8385	-49931	-13087	9500	56806	-11664	-10360	34369	-8513	5220
5	-84365	-16688	-15629	-22783	-7280	1117	65480	-12695	-13535	-5020	-1596	-3153
5R	-75165	-15180	-14186	-13816	-5659	-775	72790	-13900	-14866	6103	-3520	-1373
6	-64265	-11327	-12642	6344	1471	-4955	39008	-6548	-8994	-27776	4217	-6981
6R	-55065	-9819	-11199	15311	3091	-6847	46318	-7753	-10325	-16652	2291	-5200
7A	-42507	-7720	-6883	-14524	-1909	3460	22146	-3630	-4116	-11624	1379	-2224
7AR	-33249	-6220	-5429	-5484	-318	1558	29244	-4812	-5412	-704	-529	-479
7B	-41763	-6920	-7002	-13948	-3183	2561	20976	-3853	-3494	-11775	2076	-1826
7BR	-32746	-5424	-5592	-5211	-1559	703	28372	-5060	-4838	-607	164	-37
8A	-49307	-10206	-7541	-6503	2459	3715	27924	-3688	-6213	-17654	1073	-4364
8AR	-39441	-8726	-5985	2987	3835	1730	33558	-4710	-7294	-7904	-759	-2852
8B	-46856	-8129	-7850	-5190	-833	1131	24858	-4248	-4446	-18353	2852	-3237
8BR	-37934	-6668	-6465	3124	676	-685	31646	-5364	-5706	-7637	997	-1544
8C	-44407	-6054	-8160	-3875	-4126	-1452	21793	-4809	-2679	-19051	4629	-2109
8CR	-36427	-4611	-6946	3262	-2483	-3101	29732	-6019	-4118	-7369	2752	-235
9A	-8660	-1210	-1393	-9798	-1415	1760	-3782	669	562	-5803	1113	-930
9B	-9596	-1455	-1543	-10975	-1836	1989	-3576	566	512	-5880	1039	-959
9C	-13167	-3181	-1954	-13659	-4362	3083	-5245	213	662	-9988	620	-1791
9D	-19226	-3262	-3030	-21260	-3553	4224	2243	-412	-530	-3817	518	-662
9E	-25324	-3341	-4108	-28808	-2754	5374	9692	-1038	-1726	2379	424	460
9F	-22797	-4988	-3441	-23944	-6078	5316	574	-765	-380	-7926	99	-1494
9G	-34954	-5148	-5596	-39093	-4471	7608	15512	-2018	-2770	4442	-96	757
9H	-38525	-6874	-6007	-41777	-6996	8701	13843	-2371	-2620	334	-516	-74
10	-56086	-9674	-9542	15667	2766	-2815	29151	-4962	-5111	-35422	5777	-6074
10R	-46886	-8166	-8100	24635	4386	-4707	36462	-6167	-6442	-24298	3853	-4293

TORRE D5A - EXT. 6.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (1.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-92108	-17750	-14675	-86736	-15989	15624	87688	-17981	-16491	44465	-9754	7110
1R	-80983	-15826	-12895	-79426	-14783	14293	96656	-19600	-18382	53665	-11263	8553
2	-89920	-16735	-15753	-47965	-9275	7583	85045	-17299	-18172	6149	-2598	-344
2R	-78796	-14811	-13973	-40655	-8070	6252	94015	-18920	-20065	15349	-4106	1097
3	-57597	-9722	-10892	-314	-134	-1151	43966	-7862	-10672	-32744	5531	-6848
3R	-46472	-7798	-9112	6995	1070	-2482	52934	-9482	-12563	-23545	4022	-5405
4	-60816	-12918	-9633	-59331	-11993	10687	48218	-12694	-9121	25238	-6974	4044
4R	-49692	-10994	-7853	-52021	-10788	9356	57187	-14313	-11013	34438	-8483	5486
5	-78100	-15145	-14556	-29027	-6666	3551	70288	-16150	-16639	-9850	-297	-3556
5R	-66975	-13220	-12775	-21718	-5461	2221	79257	-17771	-18532	-650	-1805	-2114
6	-58018	-9735	-11740	191	-83	-2012	44622	-8086	-12187	-33484	5717	-7632
6R	-46894	-7811	-9959	7501	1121	-3343	53590	-9707	-14080	-24285	4208	-6189
7A	-41047	-7461	-6421	-16619	-2587	3278	23110	-3278	-4462	-11954	1446	-2158
7AR	-29879	-5548	-4632	-9225	-1380	1934	31848	-4902	-6318	-2939	-50	-747
7B	-40896	-6762	-6818	-15449	-2810	2656	22534	-4552	-3563	-12699	2244	-2037
7BR	-29976	-4855	-5075	-8352	-1627	1359	31575	-6142	-5463	-3441	745	-585
8A	-44904	-9371	-6147	-11435	-824	3325	28849	-1392	-7693	-18051	1227	-3888
8AR	-33221	-7494	-4273	-3495	384	1887	35988	-3035	-9342	-10072	-215	-2674
8B	-44206	-7593	-7274	-8369	-1385	1559	27535	-4685	-5109	-20500	3303	-3578
8BR	-33489	-5738	-5582	-1582	-270	299	35851	-6194	-6925	-11579	1842	-2194
8C	-43509	-5815	-8401	-5303	-1946	-207	26220	-7978	-2525	-22950	5379	-3268
8CR	-33758	-3982	-6889	329	-923	-1289	35713	-9354	-4510	-13086	3899	-1714
9A	-10185	-1514	-1696	-9185	-1363	1461	-4366	1221	876	-4307	814	-641
9B	-11217	-1779	-1859	-10271	-1615	1657	-4288	994	841	-4250	714	-638
9C	-15057	-3589	-2215	-12739	-2647	2374	-6779	-577	1084	-7483	106	-1243
9D	-21230	-3691	-3345	-20228	-3274	3567	821	230	-56	-1424	25	-166
9E	-27426	-3785	-4468	-27677	-3900	4764	8368	1029	-1206	4674	-52	911
9F	-25069	-5500	-3700	-22697	-4308	4284	-1669	-1341	186	-4656	-583	-771
9G	-37439	-5696	-5953	-37634	-5560	6673	13478	266	-2103	7501	-742	1383
9H	-41279	-7507	-6308	-40104	-6594	7390	10988	-1305	-1860	4269	-1350	778
10	-50541	-8536	-8453	9749	1646	-1621	34800	-6075	-6432	-40697	6871	-7038
10R	-39417	-6612	-6672	17058	2852	-2952	43768	-7695	-8323	-31497	5362	-5596

TORRE D5A - EXT. 6.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (1.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-107481	-20158	-18128	-69811	-12857	11907	71294	-13212	-12190	59309	-15246	9980
1R	-98473	-18650	-16771	-60421	-11252	10159	78411	-14391	-13459	70395	-17179	11641
2	-100900	-18504	-18236	-36431	-7249	5006	73728	-13692	-13675	16915	-6463	217
2R	-91892	-16995	-16878	-27040	-5644	3258	80846	-14872	-14945	28000	-8396	1878
3	-59196	-10041	-11238	1035	68	-1454	42069	-7363	-8501	-30599	5149	-8370
3R	-50187	-8532	-9880	10426	1671	-3202	49187	-8543	-9771	-19512	3216	-6710
4	-69823	-14099	-11872	-49545	-10448	8315	38776	-8721	-6535	33901	-11309	6069
4R	-60815	-12592	-10515	-40154	-8845	6568	45894	-9902	-7807	44988	-13242	7729
5	-85939	-16301	-16472	-21284	-5554	1651	62715	-12701	-12313	-2181	-3702	-4065
5R	-76930	-14793	-15115	-11894	-3949	-96	69834	-13881	-13584	8903	-5634	-2405
6	-59702	-10092	-12099	1458	79	-2301	42809	-7549	-9285	-31254	5374	-9886
6R	-50694	-8584	-10742	10848	1684	-4049	49927	-8728	-10555	-20169	3441	-8225
7A	-41777	-7399	-6616	-14597	-2045	2863	20537	-3158	-3686	-10672	722	-2324
7AR	-32683	-5889	-5246	-5162	-452	1106	27471	-4326	-4925	181	-1212	-700
7B	-42573	-7145	-7179	-14437	-2737	2409	20978	-3953	-3512	-10476	1955	-1481
7BR	-33778	-5660	-5855	-5251	-1149	698	28153	-5124	-4794	680	53	187
8A	-43402	-8385	-5925	-7810	581	2676	24621	-2379	-5096	-18951	-177	-6057
8AR	-33540	-6829	-4449	1902	2089	847	30251	-3457	-6120	-9414	-2162	-4680
8B	-45043	-7707	-7467	-7323	-1173	1330	25909	-4437	-4579	-19085	2957	-3687
8BR	-36337	-6248	-6176	1435	319	-324	32479	-5526	-5769	-8377	1095	-2132
8C	-46684	-7028	-9009	-6835	-2928	-15	27198	-6494	-4061	-19219	6092	-1316
8CR	-39134	-5666	-7903	966	-1450	-1496	34708	-7596	-5418	-7340	4352	416
9A	-9190	-1363	-1459	-10184	-1516	1699	-4312	812	640	-4358	1224	-879
9B	-10275	-1613	-1655	-11216	-1781	1862	-4254	713	637	-4281	996	-843
9C	-13582	-2985	-2150	-13748	-3035	2361	-6359	247	1074	-8369	-937	-1283
9D	-21019	-3589	-3312	-20004	-3172	3526	-248	135	-24	-789	-81	-189
9E	-28495	-4195	-4471	-26233	-3315	4697	5824	18	-1122	6843	781	896
9F	-24326	-4960	-3806	-22535	-4427	4025	-2352	-330	411	-4877	-2015	-629
9G	-39238	-6171	-6127	-35020	-4706	6361	9829	-559	-1785	10335	-297	1551
9H	-42546	-7542	-6621	-37551	-5959	6859	7725	-1024	-1348	6247	-2231	1111
10	-50055	-8449	-8367	9093	1481	-1507	34801	-6083	-6148	-40530	6959	-7521
10R	-41047	-6942	-7010	18484	3086	-3255	41919	-7263	-7419	-29444	5025	-5860

TORRE D5A - EXT. 0.0 – PERNAS NIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-99151	-19224	-16217	-74586	-13666	13214	77805	-14322	-13785	51837	-11289	8356
1R	-89126	-17531	-14696	-66592	-12319	11694	85801	-15669	-15306	61861	-12981	9876
2	-95970	-18102	-16924	-37692	-7225	5695	74410	-13575	-14126	15155	-4471	1201
2R	-85944	-16409	-15403	-29697	-5878	4175	82406	-14924	-15648	25179	-6163	2721
3	-60220	-10497	-11223	3860	763	-1744	38350	-6520	-7893	-26086	4066	-5705
3R	-50194	-8804	-9702	11855	2110	-3264	46346	-7868	-9414	-16063	2374	-4185
4	-63903	-13391	-10461	-51449	-10590	9045	42196	-9125	-7412	29059	-7576	4804
4R	-53877	-11698	-8941	-43455	-9243	7525	50192	-10473	-8932	39083	-9268	6324
5	-82856	-16154	-15449	-20375	-4962	1997	61091	-11991	-12299	-1954	-1844	-2143
5R	-72829	-14461	-13928	-12382	-3615	477	69086	-13339	-13820	8069	-3536	-623
6	-60846	-10603	-12000	4487	869	-2521	38976	-6626	-8670	-26711	4173	-6483
6R	-50819	-8910	-10479	12480	2216	-4041	46971	-7975	-10191	-16688	2481	-4963
7A	-42275	-7843	-6597	-13064	-1722	2708	21196	-3211	-3959	-9770	896	-1915
7AR	-32177	-6163	-5064	-4997	-386	1175	28974	-4547	-5443	35	-783	-431
7B	-42793	-7172	-7242	-12182	-2392	2000	20314	-3882	-3252	-9252	1566	-1268
7BR	-32985	-5492	-5759	-4406	-1058	517	28383	-5218	-4785	843	-112	263
8A	-45834	-9920	-6047	-6358	1198	2721	26776	-2380	-6375	-17529	743	-4701
8AR	-35025	-8283	-4413	2171	2442	1091	33042	-3629	-7628	-8956	-890	-3453
8B	-46259	-8090	-7710	-4546	-632	824	24963	-4211	-4477	-17105	2573	-3039
8BR	-36568	-6454	-6268	2850	612	-616	32362	-5457	-5919	-7415	938	-1598
8C	-46683	-6260	-9372	-2734	-2462	-1073	23151	-6041	-2579	-16680	4403	-1377
8CR	-38109	-4625	-8122	3530	-1216	-2324	31683	-7287	-4212	-5873	2767	256
9A	-8699	-1191	-1413	-8686	-1185	1407	-3644	770	554	-3631	763	-548
9B	-9717	-1486	-1586	-9704	-1480	1580	-3617	644	550	-3605	636	-543
9C	-12899	-3536	-1887	-11682	-2964	2157	-6224	-61	996	-7869	-146	-1265
9D	-20172	-3525	-3113	-18957	-2976	3404	1050	-72	-251	-596	-135	-40
9E	-27530	-3521	-4345	-26146	-2980	4645	8240	-76	-1491	6762	-130	1191
9F	-23354	-5575	-3413	-20935	-4462	3982	-1556	-778	194	-4861	-918	-762
9G	-37986	-5559	-5871	-35400	-4477	6470	12908	-793	-2293	9770	-904	1695
9H	-41168	-7609	-6171	-37377	-5962	7047	10301	-1499	-1848	5506	-1687	973
10	-53426	-9186	-9089	14227	2499	-2527	31463	-5375	-5598	-36358	5969	-6329
10R	-43401	-7493	-7568	22220	3846	-4047	39459	-6723	-7120	-26335	4277	-4809

TORRE D5A - EXT. 0.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (1.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-89293	-16949	-14719	-80982	-17230	16640	87452	-15717	-16023	39575	-8604	5672
1R	-80123	-15473	-13256	-72439	-15599	14597	94223	-16831	-17265	50946	-10596	7492
2	-89998	-16874	-15592	-41265	-9231	6409	78397	-13954	-15017	9616	-3315	45
2R	-80829	-15398	-14129	-32722	-7601	4367	85169	-15068	-16259	20988	-5308	1866
3	-59978	-10627	-10782	3869	1147	-2999	37253	-6318	-7536	-24393	3609	-5248
3R	-50809	-9150	-9318	12413	2777	-5041	44025	-7432	-8778	-13022	1617	-3428
4	-56276	-11529	-9198	-54412	-14317	11481	47837	-9434	-8936	19602	-5401	2629
4R	-47107	-10053	-7735	-45869	-12687	9438	54608	-10548	-10178	30974	-7393	4449
5	-78120	-15231	-14006	-21935	-7036	1406	61729	-11464	-12525	-4921	-1220	-2767
5R	-68951	-13754	-12542	-13393	-5405	-636	68501	-12579	-13768	6450	-3212	-947
6	-60199	-10750	-11248	3908	1359	-4451	37409	-6315	-8147	-24366	3519	-5828
6R	-51030	-9274	-9785	12451	2988	-6493	44180	-7428	-9389	-12994	1526	-4008
7A	-41602	-7654	-6806	-13798	-1506	3856	23964	-4008	-4505	-11632	1289	-2307
7AR	-32347	-6183	-5327	-5133	73	1804	30480	-5089	-5708	-500	-681	-533
7B	-40805	-6710	-6844	-12383	-3339	2405	21469	-3880	-3572	-11349	2049	-1751
7BR	-31847	-5249	-5418	-4123	-1688	401	28371	-5007	-4833	98	65	85
8A	-49094	-10556	-7740	-7274	4215	5122	31846	-4689	-7155	-17578	671	-4629
8AR	-39006	-9080	-6117	2150	5454	2962	36569	-5532	-8107	-7820	-1202	-3140
8B	-45865	-8003	-7698	-4353	-627	1083	25765	-4419	-4635	-17647	2688	-3153
8BR	-36923	-6567	-6282	3481	886	-895	31998	-5440	-5805	-6664	759	-1419
8C	-42636	-5449	-7655	-1433	-5469	-2955	19684	-4147	-2113	-17716	4704	-1677
8CR	-34841	-4054	-6446	4813	-3681	-4753	27427	-5348	-3504	-5508	2722	301
9A	-7758	-1042	-1249	-9170	-1065	1595	-2231	378	324	-4395	885	-670
9B	-8527	-1265	-1369	-10116	-1586	1825	-2214	323	292	-4682	842	-748
9C	-10650	-2844	-1549	-10095	-5011	3086	-5692	425	595	-11133	719	-2132
9D	-18122	-3078	-2888	-20226	-3308	4329	4010	-734	-851	-3233	412	-587
9E	-25693	-3320	-4240	-30237	-1609	5575	13615	-1881	-2293	4743	101	959
9F	-20246	-4658	-3068	-20206	-6733	5590	532	-633	-548	-9685	290	-1972
9G	-35289	-5135	-5760	-40347	-3331	8079	19840	-2940	-3438	6192	-327	1118
9H	-37412	-6714	-5940	-40326	-6755	9340	16362	-2838	-3134	-259	-448	-265
10	-55281	-9587	-9389	16565	3043	-3111	29549	-5045	-5187	-34082	5497	-5856
10R	-46112	-8112	-7926	25108	4673	-5153	36320	-6159	-6429	-22711	3505	-4036



TORRE D5A - EXT. 0.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (1.5M)			PERNA 4 (10.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-86278	-16432	-13425	-84588	-15111	15521	86176	-18042	-17250	41442	-8916	6723
1R	-74903	-14438	-11603	-77819	-13998	14280	94719	-19673	-19294	50608	-10391	8186
2	-82888	-15187	-14009	-47963	-8821	8133	81547	-17134	-18447	6055	-2232	168
2R	-71512	-13194	-12188	-41194	-7709	6893	90089	-18765	-20491	15222	-3707	1631
3	-53357	-8964	-9690	-2212	-422	-344	42313	-7898	-10682	-29991	5097	-5848
3R	-41982	-6971	-7869	4556	691	-1585	50855	-9530	-12726	-20824	3622	-4386
4	-55728	-11505	-8575	-55710	-10627	10267	45734	-12594	-9356	22455	-5955	3641
4R	-44353	-9512	-6754	-48941	-9515	9027	54277	-14226	-11401	31622	-7430	5103
5	-70746	-13329	-12623	-28536	-5921	4152	65495	-15901	-16634	-9462	199	-2788
5R	-59371	-11336	-10802	-21766	-4808	2911	74038	-17532	-18677	-294	-1275	-1325
6	-53329	-8874	-10270	-2058	-424	-956	42351	-8110	-12134	-30212	5222	-6315
6R	-41954	-6880	-8449	4710	687	-2196	50894	-9742	-14179	-21045	3746	-4851
7A	-39311	-7268	-6021	-16698	-2650	3399	24755	-3279	-5061	-11814	1317	-2080
7AR	-27861	-5281	-4182	-9797	-1525	2140	33015	-4931	-7066	-2858	-143	-654
7B	-39594	-6507	-6578	-14202	-2522	2466	23340	-5110	-3609	-12611	2260	-2042
7BR	-28460	-4535	-4801	-7688	-1443	1264	32006	-6694	-5663	-3358	790	-563
8A	-42502	-9319	-5446	-14220	-1611	4095	31525	-103	-9619	-16903	673	-3432
8AR	-30289	-7335	-3465	-6479	-411	2705	37772	-1893	-11419	-9110	-720	-2223
8B	-42433	-7302	-6921	-8140	-1340	1574	28604	-4944	-5579	-20132	3227	-3475
8BR	-31445	-5372	-5186	-1908	-319	404	36441	-6461	-7561	-11193	1792	-2058
8C	-42364	-5285	-8397	-2058	-1069	-947	25684	-9787	-1540	-23362	5781	-3518
8CR	-32603	-3410	-6907	2661	-227	-1897	35110	-11028	-3703	-13276	4306	-1895
9A	-9353	-1361	-1583	-8464	-1265	1314	-2786	1191	677	-2951	591	-407
9B	-10200	-1602	-1703	-9341	-1464	1487	-2954	870	647	-3044	510	-432
9C	-12183	-3228	-1579	-9611	-1975	1993	-7731	-1578	942	-8045	71	-1355
9D	-20083	-3536	-3123	-19313	-3135	3441	2398	124	-300	-573	-163	-17
9E	-28060	-3846	-4671	-28918	-4283	4883	12409	1823	-1547	6997	-404	1334
9F	-22067	-5161	-3000	-19583	-3647	3948	-2378	-2323	-5	-5576	-601	-941
9G	-37943	-5779	-6091	-38890	-5954	6838	17762	1078	-2495	9467	-1077	1749
9H	-39927	-7405	-5968	-39159	-6466	7344	12985	-1370	-2200	4465	-1516	825
10	-48570	-8177	-8080	9825	1678	-1595	35783	-6414	-6946	-40287	6821	-6922
10R	-37195	-6184	-6259	16594	2791	-2836	44325	-8046	-8990	-31119	5346	-5459

TORRE D5A - EXT. 0.0 – PERNAS DESNIVELADAS

HIP	PERNA 1 (10.5M)			PERNA 2 (10.5M)			PERNA 3 (10.5M)			PERNA 4 (1.5M)		
	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT	VERT	TRANSV	LONGIT
1	-103112	-18715	-17450	-64916	-11464	11012	68361	-12156	-11660	56418	-16166	9667
1R	-94256	-17225	-16138	-55758	-9908	9284	74822	-13233	-12801	67797	-18133	11224
2	-95097	-16982	-16933	-34830	-6583	5052	69602	-12600	-12517	17075	-7209	243
2R	-86240	-15493	-15621	-25672	-5027	3324	76063	-13677	-13658	28455	-9177	1802
3	-55470	-9390	-10165	-632	-251	-729	40365	-7113	-7686	-27512	4567	-7986
3R	-46613	-7901	-8854	8526	1303	-2458	46826	-8189	-8827	-16132	2599	-6427
4	-65255	-12483	-11190	-44727	-8950	7405	36252	-7615	-6113	30483	-11633	5874
4R	-56399	-10994	-9878	-35569	-7394	5676	42712	-8693	-7255	41862	-13601	7432
5	-79432	-14522	-14914	-20168	-4880	1916	58242	-11460	-10917	-1890	-4088	-3978
5R	-70576	-13033	-13601	-11010	-3325	187	64703	-12536	-12058	9488	-6057	-2420
6	-55625	-9387	-10777	-661	-342	-1309	40586	-7236	-8151	-27549	4779	-9437
6R	-46769	-7898	-9464	8497	1212	-3038	47047	-8313	-9293	-16170	2811	-7878
7A	-39849	-6969	-6225	-13773	-1802	2788	21457	-3215	-3794	-10903	106	-2532
7AR	-30862	-5467	-4895	-4538	-254	1043	27707	-4277	-4898	192	-1881	-1013
7B	-41860	-7039	-7087	-13093	-2545	2153	21880	-4146	-3689	-9996	1851	-1141
7BR	-33259	-5584	-5814	-4175	-1011	470	28428	-5217	-4847	1505	-66	425
8A	-39255	-7357	-4935	-8168	894	3025	24946	-2063	-4898	-19623	-1833	-7594
8AR	-29175	-5733	-3461	1543	2376	1156	29662	-3011	-5743	-10138	-3992	-6355
8B	-43483	-7407	-7182	-6723	-1059	1250	26749	-4570	-4685	-18642	2677	-3786
8BR	-34895	-5962	-5932	1758	375	-379	32632	-5554	-5737	-7602	781	-2353
8C	-47713	-7458	-9430	-5279	-3013	-522	28553	-7077	-4472	-17661	7188	21
8CR	-40616	-6191	-8403	1975	-1626	-1914	35600	-8098	-5732	-5066	5555	1647
9A	-8476	-1269	-1321	-9330	-1352	1574	-2963	598	411	-2786	1178	-664
9B	-9353	-1468	-1495	-10177	-1593	1693	-3055	517	435	-2953	857	-634
9C	-10185	-2219	-1681	-10692	-2543	1735	-6512	243	1122	-10182	-2188	-1175
9D	-19892	-3370	-3099	-18654	-2892	3321	956	-22	-226	16	-424	5
9E	-29696	-4533	-4524	-26539	-3238	4903	8327	-281	-1562	10336	1343	1183
9F	-20724	-4122	-3287	-19168	-3842	3362	-2498	-298	458	-7211	-3471	-534
9G	-40235	-6436	-6130	-35017	-4537	6530	12341	-822	-2225	13307	61	1824
9H	-41067	-7188	-6316	-35531	-5488	6573	8884	-1096	-1539	6078	-2984	1283
10	-48222	-8131	-8031	9112	1456	-1485	35903	-6302	-6286	-40042	6885	-7741
10R	-39366	-6643	-6720	18270	3011	-3212	42364	-7380	-7428	-28663	4917	-6183

## CÁLCULO DO STUB

### 1. ESFORÇO MÁXIMO ATUANTE :

#### 1.1 – Compressão

$$\begin{aligned} - FV &= 118319 \times 1.028494 &= & 121690 \text{ kgf (HIP. 2 – Pag. 21)} \\ - FT &= 118319 \times 0.170000 - 23044 &= & 2930 \text{ kgf} \\ - FL &= 118319 \times 0.170000 - 22391 &= & 2277 \text{ kgf} \end{aligned}$$

#### 1.2 – Arranque

$$\begin{aligned} - FV &= 102172 \times 1.028494 &= & 105083 \text{ kgf (HIP. 2R – Pag. 23)} \\ - FT &= 102172 \times 0.170000 - 21693 &= & 4324 \text{ kgf} \\ - FL &= 102172 \times 0.170000 - 22397 &= & 5028 \text{ kgf} \end{aligned}$$

### 2. RESISTENCIA DE CONCRETO :

$$2.1 - \text{Resistência mínima} = f_{ck} = = 200 \text{ kgf/cm}^2$$

### 3. CALCULO DO STUB

#### 3.1 – CAPACIDADE DO STUB (item 7.4.1 - ASCE 10-1997)

L 152 x 152 x 1.59 G

##### 3.1.1 – Verificação a Compressão

$$\begin{aligned} A_{nec} &= FV / f_y + V / 0.75f_y \\ &= 121690 / 4218 + (2930^2 + 2277^2)^{0.5} / 0.75 \times 4218 \\ A_{nec} &= 30.02 \text{ cm}^2 < A_n = 0,93 \times 45.87 \text{ cm}^2. \end{aligned}$$

##### 3.1.2 – Verificação ao Arranque

$$\begin{aligned} A_{nec} &= FV / f_y + V / 0.75f_y \\ &= 105083 / 4218 + (4324^2 + 5028^2)^{0.5} / 0.75 \times 4218 \\ A_{nec} &= 27.01 \text{ cm}^2 < A_n = 0,93 \times 38.56 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

#### 3.2 - CAPACIDADE DOS CLEATS (item 7.6.2 – ASCE 10-1997)

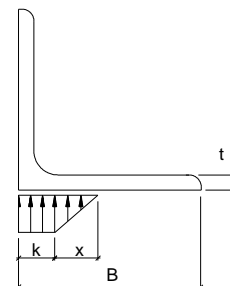
L 127 x 127 x 12.7 H - 6 cleats por stub

LC = 22 cm

$$\begin{aligned} x &= t \times [f_y / 1.19f_c]^{0.5} & f_y &= 3515 \text{ kgf/cm}^2 & t &= 1.27 \text{ cm} & k &= 2.54 \text{ cm} \\ x &= 1.27 \times [0,93 \times 3515 / (1.19 \times 200)]^{0.5} & &= & 4.71 \\ RC &= n^\circ \text{ cleats} \times 1.19 \times f_{cd} \times LC \times (k + x/2) \\ RC &= 6 \times 1.19 \times 200 \times 22 \times (2.54 + 4.71/2) \\ RC &= 153781 \text{ kgf} > FV \end{aligned}$$

PARAFUSOS : 3 M20 por cleat

$$\begin{aligned} \tau_{cort} &= 121690 / (6 \times 3 \times 3.14) \\ &= 2153 \text{ kgf/cm}^2 < \tau_{lim} = 0,93 \times 3100 \text{ kgf/cm}^2 \\ \sigma_{apl} &= 121690 / (6 \times 3 \times 2.00 \times 1.27) \\ &= 2662 \text{ kgf/cm}^2 < \sigma_{lim} = 0,93 \times 6855 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$





São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN

ute  
engenharia

CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

LEME  
ENGENHARIA

---

## **LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – PARANAÍTA**

### **PROJETO BÁSICO**

#### **CAPÍTULO 11**

#### **FAIXA DE PASSAGEM E DISTANCIAS DE SEGURANÇA**

---



São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN

ute  
engenharia

CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

LEME  
ENGENHARIA

## CONTEÚDO

- 1.0 OBJETIVO
- 2.0 INFORMAÇÕES E DADOS ADOTADOS
- 3.0 DEFINIÇÃO DA LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO
- 4.0 DEFINIÇÃO DAS DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA
- 5.0 REFERÊNCIAS
- 6.0 ANEXOS

## 1 OBJETIVO

Este documento tem como objetivo apresentar a memória de cálculo da faixa de passagem a ser adotada para a linha de transmissão em 500 kV que irá interligar a UHE São Manoel à SE Paranaíta, ambas localizadas no Estado do Pará.

## 2 INFORMAÇÕES E DADOS ADOTADOS

As informações e dados, a seguir listados, deverão ser considerados nos estudos a serem aqui desenvolvidos.

### 2.1 Localização da linha de transmissão

A linha de transmissão em estudo estará localizada no Estado do Pará e na altitude média de 250 metros.

### 2.2 Velocidade de vento para estudos de balanço dos condutores

A velocidade de vento adotada para os estudos de balanço dos cabos condutores terá período de retorno mínimo de 30 anos. Tendo por base a velocidade de vento com período de retorno de 50 anos, tempo de integração de 10 minutos, altura de 10 metros, terreno classe B e temperatura de 17°C de 20,83 m/s, que corrigida conforme [5.1] para 30 anos resulta em 19,68 m/s e considerando-se a altura média adotada para os condutores [5.2] de 22 metros, a velocidade de vento com período de retorno de 30 anos correspondente será conforme [5.4] 22,33 m/s a 17°C. A pressão dinâmica de referência correspondente será de 294,68 N/m<sup>2</sup> ou 30 kgf/m<sup>2</sup>, considerando-se a massa específica do ar de 1,181969 kg/m<sup>3</sup> a 17°C e 250 metros de altitude.

### 2.3 Estrutura típica adotada

Para os estudos objeto deste documento foi adotada a estrutura tipo A58. Sua silhueta está mostrada no item 6.1 deste estudo.

## 2.4 Tensão máxima operativa

Para os estudos objeto deste documento a tensão máxima operativa é de 550 kV.

## 2.5 Intensidades de corrente na linha

Conforme [5.8], as intensidades de corrente nos condutores, por fase, na linha serão as indicadas no quadro a seguir.

Condição de transporte	Intensidade de Corrente (A)	Temperatura (°C)
Longa duração	851	55
Curta duração	1132	60

## 2.6 Dados do cabo condutor

Para o caso específico, serão considerados os seguintes dados da linha e do condutor CAA 954 kCmil (RAIL), na configuração de fase de 3 cabos afastados de 457 mm e que será utilizado na linha, para fins de cálculo da flecha e dos ângulos de balanço.

- vão: 550 metros;
- espaçamento entre fase na estrutura típica: 11,0 metros;
- diâmetro do cabo condutor: 0,02961 m;
- comprimento da cadeia: 4,80 metros;
- tração de ruptura do condutor: 11764 kgf;
- peso unitário do condutor: 1,6002 kgf/m
- temperatura de EDS: 27°C;
- carga axial no EDS: 2353 kgf.
- flecha no EDS: 25,79 m.

## 3 DEFINIÇÃO DA LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO

### 3.1 Critério do balanço de condutores

Para a pressão de 30,0 kgf/m<sup>2</sup> a 17°C e um vão de 550 metros a flecha correspondente será  $f = 26,04$  metros e atração axial igual a 2713 kgf. O ângulo de balanço  $\beta$  do vão, calculado conforme o Método de Hornisgrinde ou do equivalente [5.1] será calculado para a relação entre



o vão de peso V e o vão de vento H tomada igual 0,40 (condição pessimista), considerando-se  $k = 0,32$  conforme [5.1]. Para o caso em estudo, tem-se:

$$tg\beta_R = \frac{Q * d}{p * (v / h)} = \frac{294,68 * 0,02961}{15,696 * 0,40} = 1,38976$$

Então, temos considerando  $k = 0,32$ , que:

$$\beta = arctg(k * tg\beta_R) = arctg(0,32 * 1,38976) = arctg0,44472 = 23,97^\circ$$

Então resulta em  $\beta = 23,97^\circ$ , tendo sido adotado o valor  $\beta = 24^\circ$

A distância de segurança do condutor em balanço a obstáculos externos será calculada conforme [5.1] e tomada conservativamente como sendo  $D = 3,67$  m. A determinação da largura mínima de faixa L para cobrir a condição de balanço dos condutores se faz conforme a Figura 19 de [5.1], por:

$$L = 2 * E + 2 * [(C + f) * sen\beta + D]$$

Onde:

E = espaçamento horizontal igual a 11,0 m na torre típica A58;

D = distância elétrica de segurança tomada como igual a 3,67 m;

C = comprimento da cadeia, tomado igual a 4,80 m;

F = flecha do condutor = 26,04 m a 17°C com pressão de vento de 30,0 kgf/m<sup>2</sup>.

Então:

$$L = 2 * 11 + 2[(4,8 + 26,04) * sen24^\circ + 3,67] = 22 + 2[(1,95 + 10,59) + 3,67] = 22 + 2 * 16,21$$

$$L = 54,42 \text{ m.}$$

Por este critério se adotaria um mínimo de 55 m para a largura da faixa de servidão. Entretanto, a efetiva largura da faixa deverá ser obtida dos estudos de efeitos eletromagnéticos, conforme mostrado a seguir.





### 3.2 Critério da Rádio-interferência (RI)

Foram feitas várias simulações de largura de faixa, partindo-se dos 55 metros definidos pelo critério de balanço de cabos. Destas simulações a que se mostrou mais favorável, considerando-se os limites de campos elétricos e magnéticos máximos estabelecidos em [5.9] é a de 75 metros. Considerando esta largura de faixa de 75 m, será verificada, inicialmente, a relação sinal-ruído a ser obtida no limite da faixa com a tensão operativa máxima de 550 kV. A determinação dos níveis de RI será feita considerando-se o método indicado em [5.5]. O cálculo será feito, conforme a seguir, sendo a distância horizontal da fase externa ao limite da faixa de 70 metros de largura igual a 26,5 m, conforme mostrado na figura do item 6.1 deste estudo. Para este estudo será adotado, no limite da faixa de 75 metros de largura, um sinal padrão de rádio igual a 66 dB, conforme estabelecido pelo DENTEL. Serão consideradas as condições mais críticas para as alturas cabo-solo nos cálculos a seguir mostrados:

a) cabos condutores ao solo na condição de curta duração (60°C-1132 A/fase-550kV-vão 550 metros-flecha 27,21 metros): 11,5 metros;

b) cabos pára-raios ao solo na condição de curta duração (40°C): 23,59 metros.

Para o caso dos campos elétricos e magnéticos consideraremos, ainda, as condições de longa duração seguintes:

a) cabos condutores ao solo na condição de longa duração (50°C-851 A/fase-550kV): 12,0 metros;

b) cabos pára-raios ao solo nas condições de longa e curta duração (40°C): 23,59 metros.

De acordo com [5.5] o nível de rádio-interferência, em dB referido a 1  $\mu\text{V/m}$ , para condições de tempo seco, em um ponto de observação situado a 1,5 m de altura do solo, pode ser calculado por:

$$RI_{\text{total}} = (RI_1 + RI_2)/2 + 1,5$$

Onde  $RI_1$  é o nível de RI para a fase mais próxima (fase A-distância  $D_1=28,3$  metros) e  $RI_2$  é o nível de RI para a 2ª fase mais próxima (fase B-distância  $D_2= 38,8$  metros), valores esses válidos para tempo seco. O valor de  $r$  é o raio do condutor, em centímetros. No caso  $r = 1,4805$  centímetros. Para a fase A se terá:

$$RI_1 = 3,5E1 + 12r - 33 \log (D_1 / 20) - 30$$

Para a fase B se terá:



$$RI2 = 3,5E2 + 12r - 33 \log (D2 / 20) - 30$$

E1 e E2 são os gradientes superficiais dos condutores das fases A e B e D1 e D2 são as distâncias de tais fases ao ponto de observação, situado no limite da faixa a 1,5 m do solo. Os gradientes nas fases A, B e C, foram calculados conforme as diretrizes de [5.6] e se referem à menor distância cabo-solo que é de 11,5 metros e que corresponde à condição de trabalho de curta duração. Considerando a disposição de fases ABC, os gradientes são:

$$E1 = E_A = 17,90 \text{ kVef/cm} = \text{fase A}$$

$$E2 = E_B = 19,05 \text{ kVef/cm} = \text{fase B}$$

$$E3 = E_C = 17,90 \text{ kVef/cm} = \text{fase C}$$

Para segurança, nos cálculos seguintes serão considerados os dois gradientes mais elevados das duas fases mais próximas do ponto de observação (fase A com  $E1 = 17,90 \text{ kV/cm}$  e fase B com  $E2 = 19,05 \text{ kV/cm}$ ), bem como a condição de curta duração. Calculados os níveis de RI para a condição de tensão máxima operativa (550 kV), chega-se aos resultados indicados a seguir.

$$RI1 = 3,5 \cdot 17,90 + 12 \cdot 1,4805 - 33 \cdot \log (28,30/20) - 30 \approx 45,4 \text{ dB}$$

$$RI2 = 3,5 \cdot 19,05 + 12 \cdot 1,4805 - 33 \cdot \log (38,8/20) - 30 \approx 44,6 \text{ dB}$$

O valor do RI total será dado por:

$$RI_{\text{total}} = (RI1 + RI2)/2 + 1,5 = (45,4 + 44,8)/2 + 1,5 \approx 46,5 \text{ dB}$$

Para uma largura de faixa de 75 m, ter-se-á um nível de ruído máximo igual a 46,5 dB em seu limite. Este ruído de 46,5 dB é válido para condições de tempo bom ocorrendo em 90% do tempo. Para cerca de 10% de tempo chuvoso ou condutor molhado haverá um acréscimo para a condição de 50% de todos os tempos da ordem de, no máximo, 1,5 dB no nível de ruído ou:

$$RI_{50\%} = 46,5 + 1,5 = 48 \text{ dB}$$

O nível de RI de 48 dB é calculado para resistividade de 100 Ohm.m. Corrigindo-se para a resistividade média típica da região (3000 Ohm.m) obtém-se, conforme [5.6] o nível de RI final no limite da faixa:

$$RI_{50\%} = 48 - 7,0 \approx 41 \text{ dB}$$



Tendo como referência a relação sinal-ruído mínima de 24 dB, prescrita usualmente em editais da ANEEL, bem como se considerados os níveis de sinal padrão do DENTEL de 74 e 66 dB, respectivamente, obtêm-se para o pior dos casos acima (DENTEL 66 dB) a relação sinal-ruído seguinte:

$$\text{Relação sinal – ruído} = 66 - 41 = 25 \text{ dB} > 24 \text{ dB.}$$

### 3.3 Critério do Ruído audível (RA)

Considerando-se a mesma largura de faixa de 75 metros, é calculado o nível de ruído audível (RA), a ser obtido no limite da faixa de 75 metros de largura. A avaliação do RA será feita com base em [5.5], para a tensão máxima operativa (550 kV).

A distância horizontal D da fase mais próxima ao limite da faixa de 75 metros de largura será:

$$D_A = L/2 - x$$

Sendo:

$$L = 75 \text{ m}$$

$$x = 11 \text{ m}$$

Então:

$$D_A = 75/2 - 11 = 37,5 - 11 = 26,5 \text{ m.}$$

De acordo com [5.5] o nível de ruído audível, em dBA referido a  $1\mu\text{VA/m}$ , para condições de tempo seco, pode ser calculado por:

$$RA = 10 \log \left\{ \sum_{i=1}^{i=n} \exp[0,23(NP_k - 11,4 \log D_{Li} - 5,8)] \right\}$$

$$NP_k = -164,6 + 120 \log E + 55 \log r_{ei}$$

$$NP_A = -164,6 + 120 \log 17,90 + 55 \log 14,805 \approx 50,1 \text{ dBA}$$

$$NP_B = -164,6 + 120 \log 19,05 + 55 \log 14,805 \approx 53,4 \text{ dBA}$$

$$NP_C = -164,6 + 120 \log 17,90 + 55 \log 14,805 \approx 50,1 \text{ dBA}$$



E é o gradiente superficial do condutor mais próximo em kV/m,  $r_{ei}$  é o raio do condutor em milímetros e  $D_{li}$  é a distância da fase mais próxima ao ponto de observação em metros. Calculando-se o valor do ruído audível (RA), no limite da faixa de 75 m chega-se aos resultados indicados no quadro a seguir.

Fases	RA (dBA)
$R_A$	30,8
$R_B$	32,5
$R_C$	30,8
Ruído tempo bom	32,5
RA 50%(chuva fina)	34,0

O valor do ruído audível (RA), no limite da faixa de 75 m, em condições de tempo bom, seria, pois de 32,5 dBA. Para tempo chuvoso ou condutor molhado, admitido como existente em cerca de 10% do tempo, haverá um acréscimo da ordem de 1,5 dB (A), no máximo, no nível de ruído, conforme [5.6]. Assim sendo, o ruído com chuva fina será:  $RA = 32,5 + 1,5 = 34$  dBA

O RA máximo admissível estabelecido conforme usualmente em editais da ANEEL é de 58 dBA no limite da faixa, para quaisquer das seguintes condições, não simultâneas:

- durante chuva fina;
- durante névoa de 4 horas de duração;
- durante os primeiros 15 minutos após a ocorrência de chuva.

Verifica-se que essa limitação de 58 dBA está muito longe de ser atingida no limite da faixa de 75 metros de largura.

### 3.4 Campos elétricos e magnéticos

Calculou-se o campo elétrico para as condições de tensão máxima (550 kV) e o campo magnético para as correntes de regime permanente e de regime de curta duração que poderão circular nas três fases da linha. Foram consideradas as alturas cabo-solo definidas em 3.2.

Os valores obtidos ao longo do perfil transversal da faixa de 75 metros de largura encontram-se no anexo 6.2 (campos elétricos e campos magnéticos). Neles são mostrados os valores de campo elétrico (em kV/m) e de campo magnético (em  $\mu T$ ). São também mostrados os perfis dos campos, em cada caso.

Verifica-se, pela inspeção dos resultados dos cálculos mostrados no anexo 6.2 que, mesmo no interior da faixa e sob os condutores, os valores encontrados se situam muito abaixo dos máximos admitidos na Resolução Normativa nº 398, da ANEEL.

### 3.5 Corona Visível

Os valores do gradiente de campo elétrico na superfície dos condutores estão mostrados no item 3.2 do presente documento. Eles não superam 19,05 kVef/cm.

Tais valores devem ser inferiores ao valor do gradiente de campo elétrico de início de corona obtido pela fórmula de PEEK a seguir:

$$E_{c_{RMS}} = \frac{30}{\sqrt{2}} \cdot m \cdot \delta \cdot \left( 1 + \frac{0,3}{\sqrt{\delta \cdot r}} \right) \text{ kVef / cm}$$

m - fator de superfície do cabo adotado = 0,80;

$\delta$  - densidade relativa do ar = 0,95;

r - raio do condutor = 1,4805 cm.

Calculando-se o valor do gradiente de PEEK, tem-se:

$$E_{c_{rms}} = \frac{30}{\sqrt{2}} * 0,80 * 0,95 * \left[ 1 + \frac{0,3}{\sqrt{0,95 * 1,4805}} \right] = 15,7828(1,25566) = 20,2 \text{ kVef / cm}$$

O quadro abaixo mostra a comparação dos valores de gradiente:

Gradientes superficiais	
Gradiente máximo (kVef/cm)	Gradiente de PEEK (kVef/cm)
19,05	20,2

Analisando-se os dados mostrados no quadro acima é imediato verificar-se que o gradiente máximo calculado na superfície do condutor representa, aproximadamente, 94% do gradiente crítico ou gradiente de PEEK.



### 3.6 Conclusões

Os resultados dos estudos efetuados permitem as seguintes conclusões:

Pelo critério mecânico de balanço dos cabos condutores foi verificado que o valor de 75 m para largura da faixa atende às distâncias de segurança (ver croquis no item 6.1).

Para atender ao critério do RI, foi adotada a mesma largura da faixa de servidão de 75 m. O valor de rádio interferência máximo calculado para 50% do período de um ano foi de 41 dB a 37,5 m do eixo da LT, que conduz à relação sinal/ruído de 25 dB superior ao limite mínimo de 24 dB estabelecido usualmente em editais da ANEEL.

Os valores de campo elétrico para operação em regime contínuo (851 A/fase, 55°C no condutor, 550 kV e 40°C nos pára-raios) a 1,5 m do solo, são inferiores aos limites estabelecidos pela Resolução Normativa nº398 da ANEEL, ficando em aproximadamente 1,03 kV/m no limite da faixa de servidão (onde o limite é de 4,17 kV/m) e 7,25 kV/m no interior desta faixa (onde o limite é de 8,33 kV/m). Os resultados obtidos consideraram a altura mínima dos cabos condutores ao solo de 12 metros, bem como a altura cabo-solo de 25,13 metros para os cabos pára-raios.

O campo magnético para operação em regime contínuo (851 A/fase, 55°C no condutor, 550kV e 40°C nos pára-raios) a 1,5 m do solo apresentou valores inferiores aos limites estabelecidos pela Resolução Normativa nº398 da ANEEL, ficando em aproximadamente 2,30  $\mu$ T no limite da faixa de servidão (onde o limite é de 83,33  $\mu$ T) e 13,60  $\mu$ T no interior desta faixa (onde o limite é de 416,67  $\mu$ T). Os resultados obtidos consideraram a altura mínima dos cabos condutores ao solo de 12 metros, bem como a altura cabo-solo de 25,13 metros para os cabos pára-raios.

Os valores de campo elétrico em condições de curta duração (1132 A/fase, 60°C no condutor, 550 kV e 40°C nos pára-raios) a 1,5 m do solo são inferiores aos limites estabelecidos pela Resolução Normativa nº 398 da ANEEL, ficando em aproximadamente 1,0 kV/m no limite da faixa de servidão (onde o limite é de 4,17 kV/m) e 7,751 kV/m no interior desta faixa (onde o limite é de 8,33 kV/m). Os resultados obtidos consideraram a altura mínima dos cabos condutores ao solo de 11,5 metros, bem como a altura cabo-solo de 24,82 metros para os cabos pára-raios.



O campo magnético em condições de curta duração (1132 A/fase, 60°C no condutor, 550 kV e 40°C nos pára-raios) a 1,5 m do solo apresentou valores inferiores aos limites estabelecidos pela Resolução Normativa nº398 da ANEEL, ficando em aproximadamente 3,1  $\mu$ T no limite da faixa de servidão (onde o limite é de 83,33  $\mu$ T) e 19,14  $\mu$ T no interior desta faixa (onde o limite é de 416,67  $\mu$ T). Os resultados obtidos consideraram a altura mínima dos cabos condutores ao solo de 11,5 metros, bem como a altura cabo-solo de 24,82 metros para os cabos pára-raios.

O valor calculado para Ruído Audível na condição de chuva fina, no limite da faixa de segurança da LT, foi de 34 dBA, sendo inferior ao limite estabelecido de 58 dBA em editais da ANEEL.

Não haverá corona visível, pois o gradiente de campo elétrico superficial máximo dos cabos condutores é inferior ao valor de gradiente de campo elétrico de início de corona (PEEK).

Examinando-se os valores obtidos conforme calculados nos itens 3.1(critério do balanço de condutores), 3.2 (critério da rádio-interferência-RI), 3.3(critério do ruído audível-RA) e 3.4(campos elétricos e magnéticos), verifica-se que a largura mínima da faixa de servidão de 75,0 metros é suficiente.

No quadro a seguir estão indicados os valores obtidos nos cálculos para avaliação dos efeitos eletromagnéticos na faixa da linha.

Efeitos elétricos	Máximo no limite da faixa	Máximo sob a faixa	Limites conforme ONS/ANEEL	
			sob a faixa	limite da faixa
campo elétrico E regime contínuo	1,03 kV/m	7,25 kV/m	≤ 8,33 kV/m	≤ 4,17 kV/m
campo elétrico E curta duração	1,0 kV/m	7,75 kV/m	≤ 8,33 kV/m	≤ 4,17 kV/m
campo magnético B(*) regime contínuo	2,30 μT	13,60 μT	≤ 416,67 μT	≤ 83,33 μT
campo magnético B(*) curta duração	3,10 μT	19,14 μT	≤ 416,67 μT	≤ 83,33 μT
relação sinal/ruído	25 dB	-	-	≥ 24 dB
ruído audível RA sob chuva fina	34 dBA	-	-	≤ 58 dBA

(\*) 1 mG = 0,1μT.

#### 4.0 DEFINIÇÃO DAS DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA

Neste item o objetivo é apresentar as distâncias mínimas, verticais e/ou horizontais, do condutor ao solo ou a obstáculos que dele se aproxime.

##### 4.1 Distâncias Verticais Mínimas

Estão apresentadas a seguir as distâncias mínimas, verticais e/ou horizontais, do condutor ao solo ou a obstáculos, em condições normais de operação, sendo utilizada a fórmula indicada no item 10.3.1 de [5.1], onde o valor de "a" é extraído da Tabela 5 da referida norma. No caso de  $U > 87$  kV, tem-se:

$$D = a + 0,01(DU/\sqrt{3} - 50) = a + 0,01(550/\sqrt{3} - 50) \approx a + 2,7$$

Onde:

U = tensão máxima de operação da linha, em kV = 550 kV;

DU = distância, em metros, numericamente igual a U = 550 kV;

a = Distância básica.



Desta forma tem-se:

$$D = a + 2,7$$

Nesta situação, as distâncias aos obstáculos deverão ser verificadas com o cabo condutor com corrente normal de operação, na condição final, sem vento, na temperatura máxima de operação de 60°C.

É importante ressaltar que as distâncias mínimas de segurança para “Locais acessíveis a pedestres” e “Locais onde circulam máquinas agrícolas” foram elevadas ao valor de 12,0 m devido aos níveis de campo elétrico a 1,5 m do solo encontrados, conforme mostrado no item 3.4 deste estudo. Esta distância foi adotada como a mínima entre cabo e solo em regime de longa duração.

A tabela a seguir apresenta as distâncias mínimas calculadas e as adotadas para cada obstáculo em que a LT se aproxima ou atravessa.

<b>Distâncias Verticais Mínimas do Condutor aos Obstáculos (m)</b> <b>Método Convencional</b>			
<b>Natureza da Região ou Obstáculo Atravessado pela Linha ou que dela se aproxime (**)</b>	<b>Distância Básica a (m)</b>	<b>Distância Calculada D (m)</b>	<b>Distância Adotada D (m)</b>
Locais acessíveis apenas a pedestres	6,0	8,7	12,0(*)
Locais onde circulam máquinas agrícolas	6,5	9,2	12,0(*)
Rodovias, ruas e avenidas	8,0	10,7	12,0(*)
Ferrovias não eletrificadas	9,0	11,7	12,0
Ferrovias eletrificadas ou eletrificáveis	12,0	14,7	15,0
Suporte de linha pertencente à ferrovia	4,0	6,7	7,0
Águas navegáveis	H + 2,0	H+4,7	H + 5,0
Águas não navegáveis	6,0	8,7	9,0
Linhas de telecomunicações	1,8	4,5	5,0
Veículos rodoviários e ferroviários	3,0	5,7	6,0
Mata de preservação permanente (topo da vegetação)	4,0	6,7	7,0
Linhas de energia elétrica com cabos pára-raios	1,2	3,9	4,0

(\*) Critério campo elétrico definido no item 3.3

(\*\*) Ver notas.

Notas:

- a) Os espaçamentos relacionados na tabela são os valores mínimos que devem ser respeitados entre os obstáculos e os condutores da LT, considerando a flecha máxima destes condutores na condição final de trabalho ("creep" de 10 anos), sem vento;
- b) Nos cruzamentos de linhas, o espaçamento a ser adotado será o indicado para a linha de tensão mais elevada;
- H = altura do maior mastro a ser fixada pela autoridade responsável pela navegação na via considerada;
- c) Se a LT atravessada não tiver pára-raios e a tensão da LT atravessada for superior a 87 kV, ao valor "D" deverá ser adicionada uma parcela relativa à LT atravessada, igual a  $0,01(DU/\sqrt{3} - 50)$ , onde DU corresponde a sua tensão máxima de operação, em kV;
- d) O valor do espaçamento sobre rodovias federais deverá ser de  $11,63 + 0,01 \times \text{vão (DNIT)}$ , referenciado à cota da pista. O espaçamento deverá ser mantido em toda a faixa de domínio da rodovia.

#### 4.2 Distâncias Mínimas em Condições de Emergência

As distâncias de segurança para condições de emergência (curta duração) foram calculadas considerando-se a metodologia indicada na regra 232D em [5.7]. Nesta situação, as distâncias aos obstáculos deverão ser verificadas com o cabo condutor na condição final, sem vento, na temperatura máxima de projeto de 60°C.

Natureza da região ou obstáculo atravessado pela LT ou que dela se aproxime (*)	Distância Calculada D (m)	Distância Adotada D (m)
Locais acessíveis apenas a pedestres	6,5	11,5
Locais onde circulam máquinas agrícolas	8,0	11,5
Rodovias, ruas e avenidas	10,0	11,5
Ferrovias não eletrificadas	10,0	11,5

(\*)

As distâncias de segurança indicadas aplicam-se a condições de emergência com período de duração de até quatro dias e desde que o somatório de tais períodos não ultrapasse 5% do tempo anual de operação da LT conforme item 10.4.1 de [5.1]. Os valores de campo elétrico calculados com a tensão máxima de 550 kV conforme aqui mostrado para a distância cabo/solo indicada acima resultam em um valor máximo de 7,75 kV/m ao nível do solo, na faixa da linha.



### 4.3 Travessias e Aproximações

- a) Deverão ser observadas as recomendações da norma NBR-5422, bem como as exigências dos órgãos aos quais as instalações estão subordinadas, adotando-se sempre as condições mais críticas;
- b) Nos casos de rodovias e ferrovias, as estruturas devem situar-se sempre fora das faixas de domínio das vias atravessadas e a uma distância tal que numa eventual queda de estrutura, a mesma não atinja a borda exterior do acostamento, no caso de rodovias, ou o trilho mais próximo, no caso de ferrovias;
- c) Nos casos de cruzamentos com outras linhas de transmissão deverão ser indicadas no projeto, as recomendações prescritas pela norma da referência [5.10];
- d) Nas travessias sobre tubulações metálicas de grande porte, recomenda-se que os suportes sejam locados o mais afastado possível da tubulação e o cruzamento seja em ângulo reto o mais possível.

### 5.0 REFERENCIAS

- 5.1 NBR-5422-Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica. Procedimento
- 5.2 Projeto básico. Capítulo 5. Velocidades de vento e cargas de vento.
- 5.3 Projeto básico. Capítulo 9. Regulação mecânica dos cabos.
- 5.4 IEC-60826- Design Criteria of Overhead Transmission Lines.
- 5.5 Overhead Power Lines. Planning, Design, Construction. F.Kiessling et all. Springer.
- 5.6 Transmission Line Reference Book. 345 kV and Above. EPRI.
- 5.7 ANSI C2 – 2002 – National Electrical Safety Code
- 5.8 Projeto básico. Capítulo 7. Características elétricas.
- 5.9 Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Resolução Normativa Nº 398, de 23 de Março de 2010.
- 5.10 NBR 6535: Sinalização de linhas de transmissão com vista à segurança da inspeção aérea – Procedimento;



São Manoel  
ENERGIA



 **CONSTRAN**

CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

 **ute**  
engenharia

**LEME**  
ENGENHARIA

---

## **LT 500 KV UHE SÃO MANOEL – PARANAÍTA**

### **PROJETO BÁSICO**

#### CAPÍTULO 11

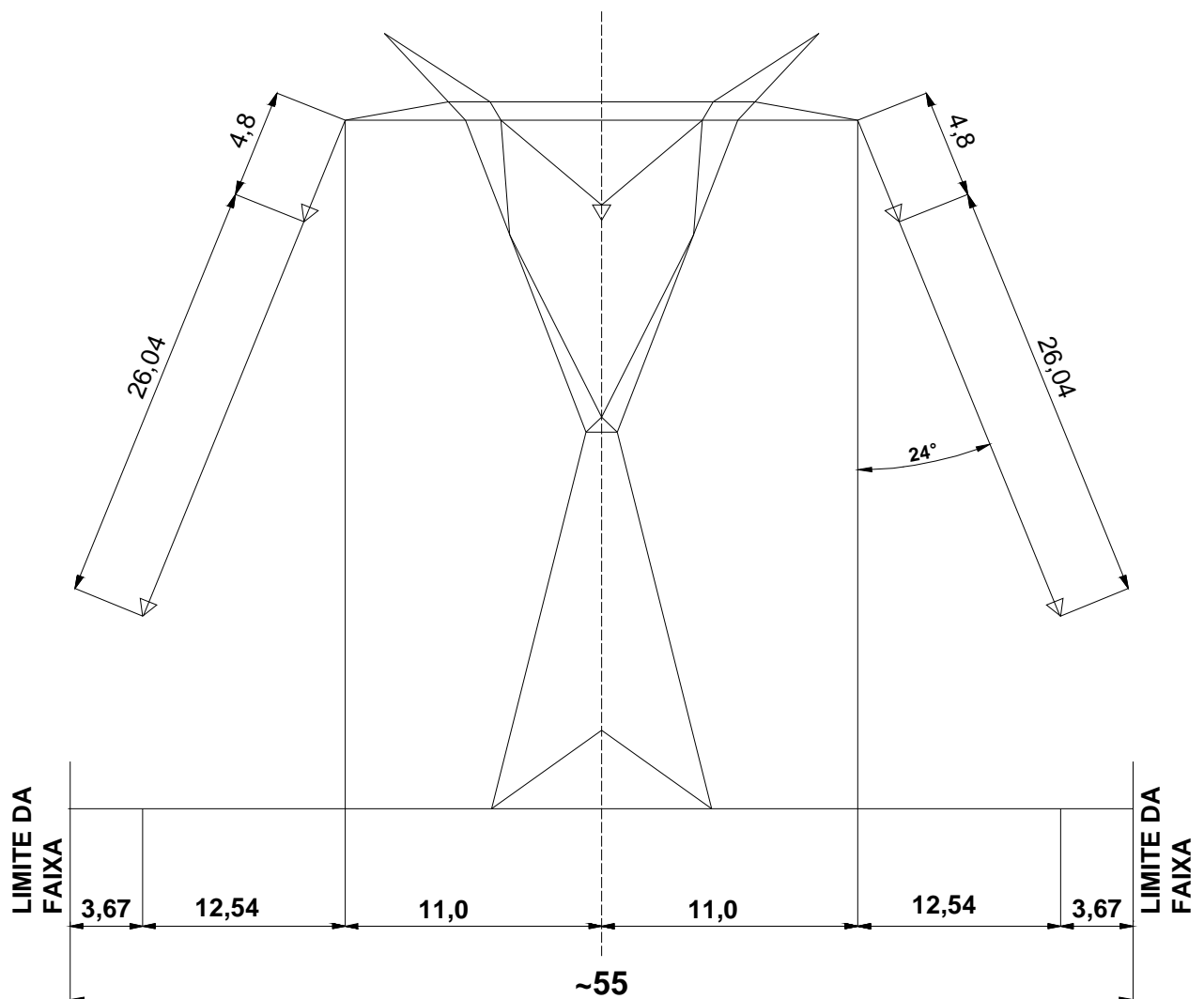
#### ANEXOS

#### FAIXA DE PASSAGEM E DISTANCIAS DE SEGURANÇA

---

6 ANEXOS

6.1 Croquis da faixa. Critério de balanço de condutores. Torre tipo A58.



Sem escala-dimensões em metro

## 6.2 Campos elétricos e magnéticos

a) para regime de longa duração (851 A/fase e 550 kV)

LT 500kV UHE SAO MANOEL-SE PARANAITA  
Regime permanente 851A/fase

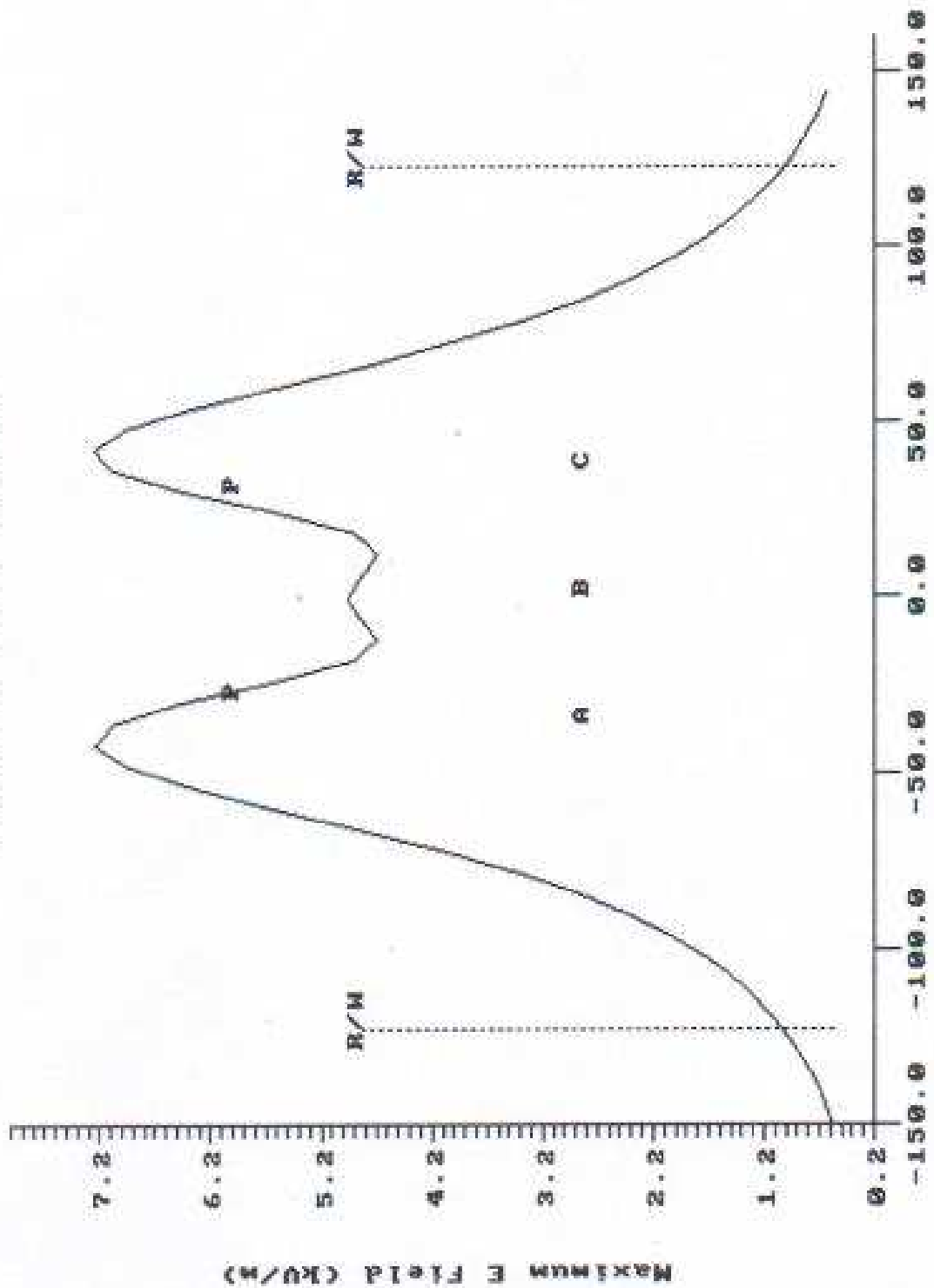
ELECTRIC FIELD VALUES

---

DISTANCE (Feet)	E in X (kV/m)	E in Y (kV/m)	E Product (kV/m)	E Max (kV/m)
-150	0.034	0.569	0.570	0.570
-144	0.040	0.643	0.644	0.644
-138	0.047	0.729	0.730	0.730
-132	0.055	0.830	0.832	0.832
-126	0.066	0.951	0.953	0.953
-120	0.079	1.095	1.098	1.098
-114	0.095	1.268	1.272	1.272
-108	0.115	1.477	1.481	1.481
-102	0.139	1.729	1.735	1.735
-96	0.169	2.036	2.043	2.043
-90	0.206	2.409	2.418	2.418
-84	0.248	2.861	2.872	2.872
-78	0.296	3.405	3.418	3.418
-72	0.344	4.046	4.061	4.061
-66	0.383	4.780	4.795	4.795
-60	0.396	5.571	5.585	5.585
-54	0.359	6.341	6.351	6.351
-48	0.263	6.957	6.962	6.961
-42	0.219	7.250	7.253	7.250
-36	0.415	7.081	7.093	7.084
-30	0.679	6.456	6.491	6.468
-24	0.880	5.594	5.662	5.610
-18	0.961	4.896	4.989	4.902
-12	0.918	4.685	4.774	4.685
-6	0.804	4.838	4.904	4.839
0	0.737	4.954	5.009	4.954
6	0.804	4.838	4.904	4.839
12	0.918	4.685	4.774	4.685
18	0.961	4.896	4.989	4.902
24	0.880	5.594	5.662	5.610
30	0.679	6.456	6.491	6.468
36	0.415	7.081	7.093	7.084
42	0.219	7.250	7.253	7.250
48	0.263	6.957	6.962	6.961
54	0.359	6.341	6.351	6.351
60	0.396	5.571	5.585	5.585
66	0.383	4.780	4.795	4.795
72	0.344	4.046	4.061	4.061
78	0.296	3.405	3.418	3.418
84	0.248	2.861	2.872	2.872
90	0.206	2.409	2.418	2.418
96	0.169	2.036	2.043	2.043
102	0.139	1.729	1.735	1.735
108	0.115	1.477	1.481	1.481
114	0.095	1.268	1.272	1.272
120	0.079	1.095	1.098	1.098
126	0.066	0.951	0.953	0.953
132	0.055	0.830	0.832	0.832



LT 500KV UHE SÃO MANOEL-SE PARANAÍTA  
Regime permanente 851A/fase  
ELECTRIC FIELD PROFILE



File: SMANOELX.FLD Distance From Reference (Feet)



Input File: SMANOELX.FLD

LT 500kv UHE SAO MANOEL-SE PARANAITA  
Regime permanente 851A/fase

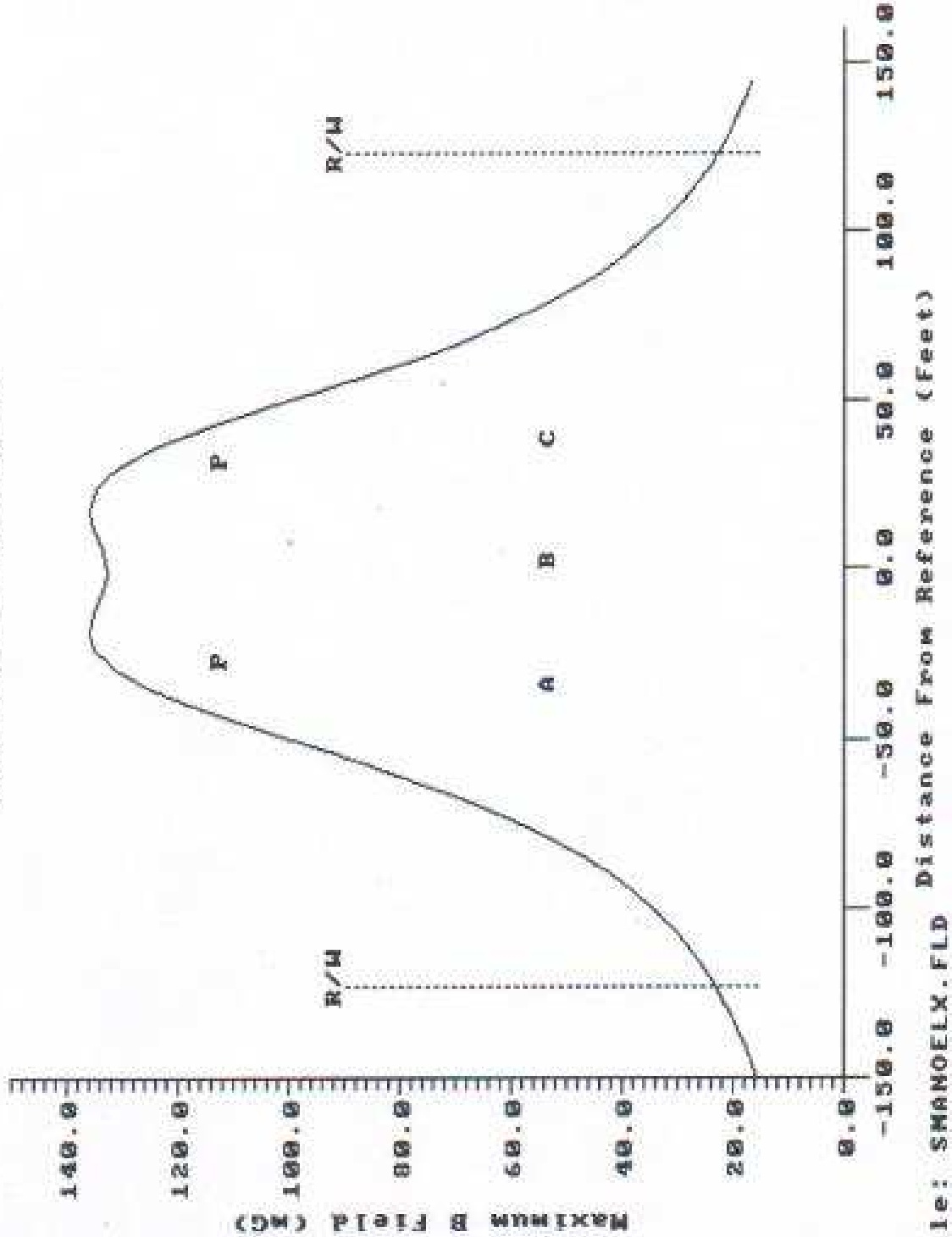
MAGNETIC FIELD VALUES

DISTANCE (Feet)	B in X (mG)	B in Y (mG)	B Product (mG)	B Max (mG)
-150	7.543	13.586	15.540	15.532
-144	8.514	14.544	16.852	16.843
-138	9.656	15.588	18.336	18.324
-132	11.006	16.724	20.021	20.005
-126	12.614	17.956	21.944	21.923
-120	14.539	19.282	24.149	24.122
-114	16.859	20.693	26.692	26.656
-108	19.673	22.170	29.640	29.593
-102	23.105	23.671	33.078	33.013
-96	27.311	25.119	37.106	37.016
-90	32.482	26.384	41.847	41.722
-84	38.840	27.251	47.447	47.270
-78	46.619	27.384	54.067	53.811
-72	56.007	26.291	61.870	61.496
-66	67.026	23.385	70.989	70.432
-60	79.310	18.553	81.451	80.614
-54	91.776	15.517	93.079	91.812
-48	102.368	24.981	105.372	103.450
-42	108.262	45.607	117.476	114.578
-36	107.018	70.877	128.360	124.052
-30	98.432	95.587	137.207	130.932
-24	85.826	115.304	143.740	134.844
-18	75.401	127.599	148.212	136.044
-12	72.175	132.730	151.085	135.278
-6	74.450	133.335	152.712	133.744
0	76.194	132.960	153.244	132.960
6	74.450	133.335	152.712	133.744
12	72.175	132.730	151.085	135.278
18	75.401	127.599	148.212	136.044
24	85.826	115.304	143.740	134.844
30	98.432	95.587	137.207	130.932
36	107.018	70.877	128.360	124.052
42	108.262	45.607	117.476	114.578
48	102.368	24.981	105.372	103.450
54	91.776	15.517	93.079	91.812
60	79.310	18.553	81.451	80.614
66	67.026	23.385	70.989	70.432
72	56.007	26.291	61.870	61.496
78	46.619	27.384	54.067	53.811
84	38.840	27.251	47.447	47.270
90	32.482	26.384	41.847	41.722
96	27.311	25.119	37.106	37.016
102	23.105	23.671	33.078	33.013
108	19.673	22.170	29.640	29.593
114	16.859	20.693	26.692	26.656
120	14.539	19.282	24.149	24.122
126	12.614	17.956	21.944	21.923
132	11.006	16.724	20.021	20.005





LT 500KV UHE SAO MANOEL-SE PARAMAITA  
Regime permanente 851A/fase  
MAGNETIC FIELD PROFILE



File: SMANOELX.FLD Distance From Reference (Feet)



b) para regime de curta duração (1132 A/fase e 550 kV)

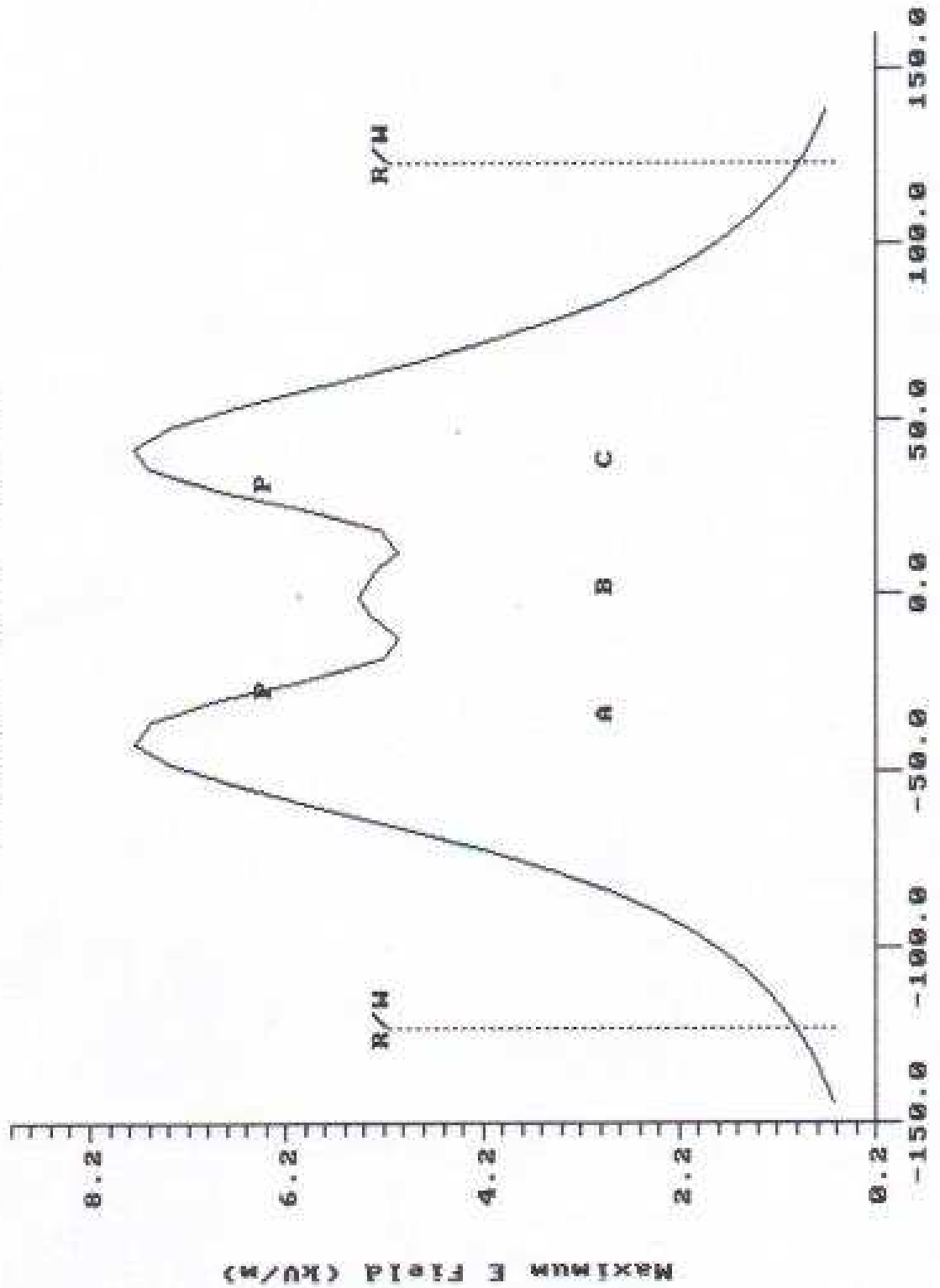
LT 500kV UHE SAO MANOEL-SE PARANAITA  
Regime de curta duracao-1132 A/fase

ELECTRIC FIELD VALUES

DISTANCE (Feet)	E in X (kV/m)	E in Y (kV/m)	E Product (kV/m)	E Max (kV/m)
-144	0.039	0.626	0.628	0.628
-138	0.046	0.711	0.713	0.713
-132	0.055	0.812	0.813	0.813
-126	0.066	0.931	0.933	0.933
-120	0.079	1.074	1.077	1.077
-114	0.095	1.247	1.251	1.251
-108	0.116	1.456	1.461	1.461
-102	0.141	1.711	1.717	1.717
-96	0.173	2.023	2.030	2.030
-90	0.212	2.405	2.414	2.414
-84	0.258	2.873	2.884	2.884
-78	0.312	3.441	3.455	3.455
-72	0.369	4.122	4.139	4.139
-66	0.418	4.914	4.932	4.932
-60	0.441	5.787	5.804	5.804
-54	0.410	6.659	6.671	6.671
-48	0.306	7.381	7.387	7.386
-42	0.230	7.751	7.754	7.751
-36	0.439	7.598	7.610	7.601
-30	0.742	6.914	6.954	6.928
-24	0.970	5.957	6.035	5.975
-18	1.059	5.209	5.315	5.215
-12	1.004	5.052	5.150	5.052
-6	0.861	5.305	5.375	5.307
0	0.777	5.468	5.523	5.468
6	0.861	5.305	5.375	5.307
12	1.004	5.052	5.150	5.052
18	1.059	5.209	5.315	5.215
24	0.970	5.957	6.035	5.975
30	0.742	6.914	6.954	6.928
36	0.439	7.598	7.610	7.601
42	0.230	7.751	7.754	7.751
48	0.306	7.381	7.387	7.386
54	0.410	6.659	6.671	6.671
60	0.441	5.787	5.804	5.804
66	0.418	4.914	4.932	4.932
72	0.369	4.122	4.139	4.139
78	0.312	3.441	3.455	3.455
84	0.258	2.873	2.884	2.884
90	0.212	2.405	2.414	2.414
96	0.173	2.023	2.030	2.030
102	0.141	1.711	1.717	1.717
108	0.116	1.456	1.461	1.461
114	0.095	1.247	1.251	1.251
120	0.079	1.074	1.077	1.077
126	0.066	0.931	0.933	0.933
132	0.055	0.812	0.813	0.813
138	0.046	0.711	0.713	0.713



LT 500KV UHE SÃO MANOEL-SE PARANAÍTA  
Regime de curta duração-1132 A/fase  
ELECTRIC FIELD PROFILE



File: smanoely.FLD Distance From Reference (Feet)



Input File: SMANOELX.FLD

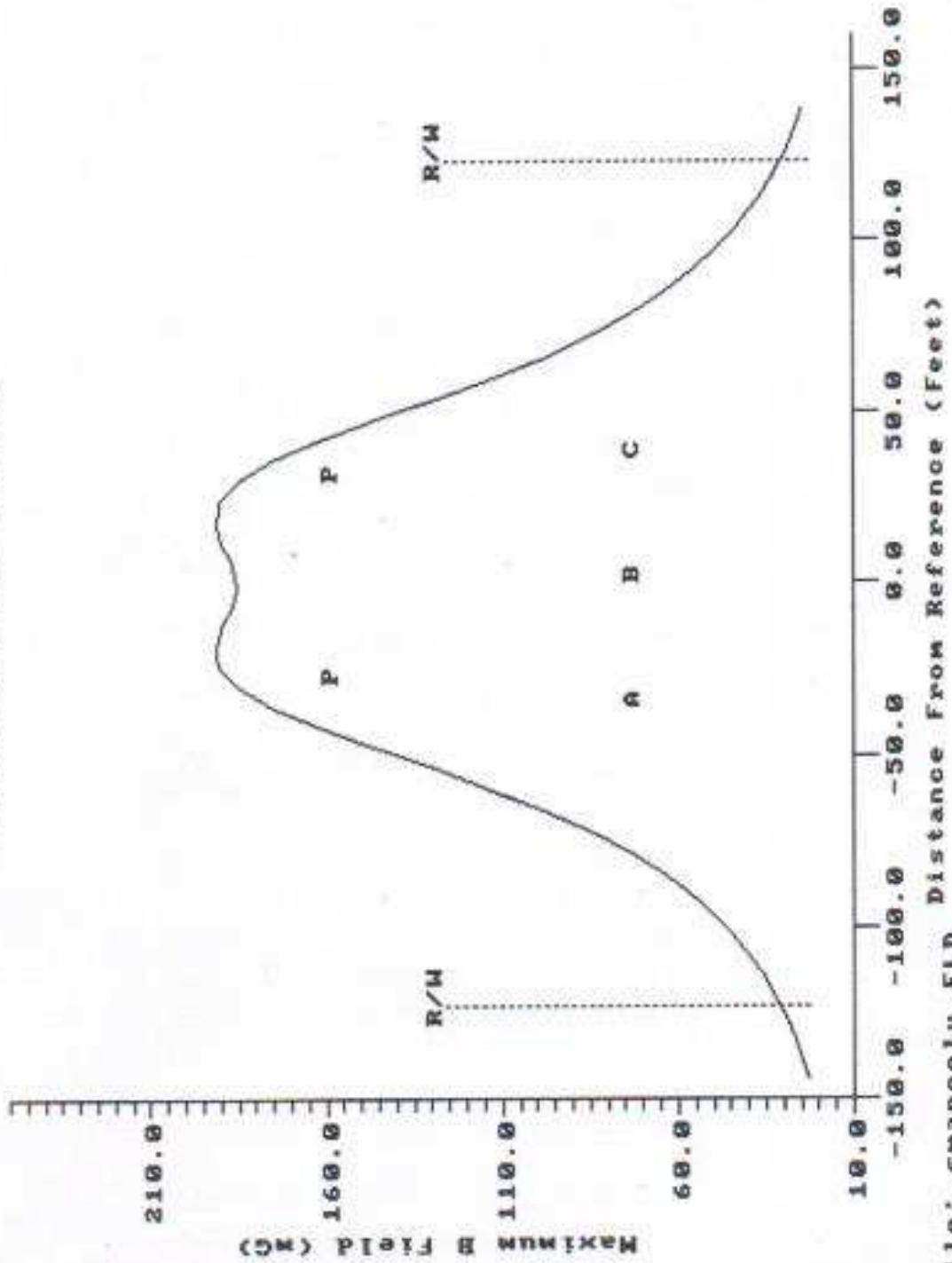
LT 500kV UHE SAO MANOEL-SE PARANAITA  
Regime permanente 851A/fase

MAGNETIC FIELD VALUES

DISTANCE (Feet)	B in X (mG)	B in Y (mG)	B Product (mG)	B Max (mG)
-150	7.543	13.586	15.540	15.532
-144	8.514	14.544	16.852	16.843
-138	9.656	15.588	18.336	18.324
-132	11.006	16.724	20.021	20.005
-126	12.614	17.956	21.944	21.923
-120	14.539	19.282	24.149	24.122
-114	16.859	20.693	26.692	26.656
-108	19.673	22.170	29.640	29.593
-102	23.105	23.671	33.078	33.013
-96	27.311	25.119	37.106	37.016
-90	32.482	26.384	41.847	41.722
-84	38.840	27.251	47.447	47.270
-78	46.619	27.384	54.067	53.811
-72	56.007	26.291	61.870	61.496
-66	67.026	23.385	70.989	70.432
-60	79.310	18.553	81.451	80.614
-54	91.776	15.517	93.079	91.812
-48	102.368	24.981	105.372	103.450
-42	108.262	45.607	117.476	114.578
-36	107.018	70.877	128.360	124.052
-30	98.432	95.587	137.207	130.932
-24	85.826	115.304	143.740	134.844
-18	75.401	127.599	148.212	136.044
-12	72.175	132.730	151.085	135.278
-6	74.450	133.335	152.712	133.744
0	76.194	132.960	153.244	132.960
6	74.450	133.335	152.712	133.744
12	72.175	132.730	151.085	135.278
18	75.401	127.599	148.212	136.044
24	85.826	115.304	143.740	134.844
30	98.432	95.587	137.207	130.932
36	107.018	70.877	128.360	124.052
42	108.262	45.607	117.476	114.578
48	102.368	24.981	105.372	103.450
54	91.776	15.517	93.079	91.812
60	79.310	18.553	81.451	80.614
66	67.026	23.385	70.989	70.432
72	56.007	26.291	61.870	61.496
78	46.619	27.384	54.067	53.811
84	38.840	27.251	47.447	47.270
90	32.482	26.384	41.847	41.722
96	27.311	25.119	37.106	37.016
102	23.105	23.671	33.078	33.013
108	19.673	22.170	29.640	29.593
114	16.859	20.693	26.692	26.656
120	14.539	19.282	24.149	24.122
126	12.614	17.956	21.944	21.923
132	11.006	16.724	20.021	20.005



LT 500KV UHE SAO MANOEL-SE PARANAÍTA  
Regime de curta duração-1132 A/fase  
MAGNETIC FIELD PROFILE



File: smanoely.FLD Distance From Reference (Feet)



São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN

CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

utc  
engenharia

LEME  
ENGENHARIA

---

## LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA

### PROJETO BÁSICO

#### CAPÍTULO 12

#### FUNDAÇÕES

---

## CONTEÚDO

### 1. CRITÉRIOS DE PROJETO

- 1.1 Introdução
- 1.2 Normas Aplicáveis

### 2. PARÂMETROS GEOTÉCNICOS

- 2.1 Introdução
- 2.2 Solo Tipo I
- 2.3 Solo Tipo II
- 2.4 Solo Tipo III
- 2.5 Solo Tipo IV
- 2.6 Rocha

### 3. PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS

- 3.1 Objetivo
- 3.2 Considerações Iniciais
- 3.3 Tipos de Sondagens e Ensaios
  - 3.3.1 Sondagem de Simples Reconhecimento (SPT)
    - 3.3.1.1 Profundidade Mínima
    - 3.3.1.2 Critérios de Paralisação
    - 3.3.1.3 Amostragem e Resistência à Perfuração
- 3.4 Registro do Nível D'água
- 3.5 Localização das Sondagens
  - 3.5.1 Orientação e Nomenclatura dos Pés da Torre
  - 3.5.2 Localização dos Pontos de Sondagem
- 3.6 Relatórios
  - 3.6.1 Sondagens SPT
- 3.7 Outras Informações a Incluir no Relatório
- 3.8 Documentação
  - 3.8.1 Registros

### 4. FUNDAÇÕES

- 4.1 Torres Autoportantes

### 5. CRITÉRIOS PARA DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES

- 5.1 Cargas nas Fundações
- 5.2 Dimensionamento das Fundações
- 5.3 Dimensionamento das Estruturas em Concreto Armado

### 6. FIGURAS

- 6.1 Estruturas Autoportantes

## FUNDAÇÕES

### 1 - CRITÉRIOS DE PROJETO

#### 1.1 Introdução

O presente documento tem como objetivo apresentar os critérios para a elaboração do projeto de fundações da LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA.

Serão abordados os principais critérios e procedimentos utilizados no cálculo, dimensionamento e definição das fundações das torres da linha de transmissão.

Os carregamentos atuantes nas fundações serão definidos em função dos esforços transmitidos pelas estruturas ( torres a serem utilizadas ao longo da LT) às fundações majorados pelo fator mínimo de 1.10.

Para cada tipo de torre, serão analisadas as fundações para os diferentes tipos de solos, em função de parâmetros geotécnicos pré-estabelecidos.

Desta maneira serão elaborados projetos típicos de fundações, considerando os diversos tipos de solos e os tipos de torres utilizadas. Na presença de solos com baixa capacidade de suporte e/ou ocorrência do nível d'água a baixa profundidade, serão elaborados projetos de fundações especiais, constituídos por blocos em concreto armado apoiados em estacas de concreto, preferencialmente.

A escolha do tipo de fundação a ser utilizada em cada torre, se dará em função do tipo do carregamento atuante e do tipo e capacidade suporte do solo, definidos através dos ensaios geotécnicos a serem realizados.

A estabilidade das fundações será verificada através dos procedimentos clássicos de análise de estabilidade, adotando-se fatores de segurança globais para determinação das cargas admissíveis nas fundações.

Serão utilizados programas computacionais de uso corrente para a determinação das solicitações devidas aos carregamentos e das tensões aplicadas ao solo da fundação, bem como para o dimensionamento estrutural das peças em concreto armado.





## 1.2 Normas Aplicáveis

Na execução dos serviços especificados, deverão ser atendidas as disposições estabelecidas na última edição das seguintes Normas Brasileiras e demais normas que indiretamente sejam necessárias:

- NBR 6118 – Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado;
- NBR 6122 – Projeto e Execução de Fundações;
- NBR 6484 – Execução de Sondagens de Simples Reconhecimento dos Solos – Método de ensaio;
- NBR 6502 – Rochas e Solos – Terminologia;
- NBR 7185 – Determinação da massa Específica aparente “in situ” com emprego do Frasco de Areia;
- NBR 7250 – Identificação e Descrição de Amostras de Solos Obtidas em Sondagens de Simples Reconhecimento dos Solos – Procedimento;
- NBR 8813 – Determinação da massa Específica aparente “in situ” com emprego do Cilindro de Cravação
- NBR 9604 – Abertura de Poço e Trincheira de Inspeção em Solo com Retirada de Amostra Deformada e Indeformada – Procedimento;
- NBR 9820 – Coleta de Amostras Indeformadas de Solos em Furos de Sondagem - Procedimento.

## 2 PARÂMETROS GEOTÉCNICOS

### 2.1 Introdução

Os Parâmetros Geotécnicos indicados a seguir serão utilizados como referência para a elaboração dos projetos típicos de fundações.

Estes parâmetros deverão ser confirmados após a conclusão da campanha de investigações geológico-geotécnicas a ser realizada ao longo da LT, constituídas por sondagens a trado e SPT (Standard Penetration Test).

A partir destes parâmetros e dos carregamentos para cada tipo de torre, serão elaborados os projetos de fundação a serem utilizados na LT em referência, desde que as características do solo/rocha reveladas durante a construção confirmem as indicadas pelas investigações realizadas.

A escolha do tipo de fundação a ser utilizado para as diversas torres será definida considerando os aspectos técnicos e econômicos observados em cada situação.

Caso as condições reveladas pela construção indiquem solos/rochas de características diferentes das consideradas nos projetos típicos, as fundações para estas torres serão objeto de projetos específicos.

## 2.2 Solo Tipo I

Solo residual maduro/jovem e rocha extremamente decomposta escavável a picareta, com ou sem cobertura de solo coluvionar/solo transportado, sem presença de nível d'água.

- Coesão: 0,4 kgf / cm<sup>2</sup>
- Ângulo de atrito interno: 30°
- Peso específico: 1600 kgf / m<sup>3</sup>
- Tensão admissível à compressão: 0,3 Mpa
- Ângulo de arrancamento (método do cone): 25°

## 2.3 Solo Tipo II

Solo transportado, sem presença de nível d'água.

- Coesão: 0,2 kgf / cm<sup>2</sup>
- Ângulo de atrito interno: 25°
- Peso específico: 1500 kgf / m<sup>3</sup>
- Tensão admissível à compressão: 0,2 MPa
- Ângulo de arrancamento (método do cone): 20°

## 2.4 Solo Tipo III

Solo transportado, sem presença de nível d'água.

- Coesão: 0,1 kgf / cm<sup>2</sup>
- Ângulo de atrito interno: 20°
- Peso específico: 1200 kgf / m<sup>3</sup>
- Tensão admissível à compressão: 0,1 MPa
- Ângulo de arrancamento (método do cone): 20°

## 2.5 Solo Tipo IV

Solo transportado, com presença de nível d'água.

- Coesão: 0,1 kgf / cm<sup>2</sup>
- Ângulo de atrito interno: 15°
- Peso específico: 1000 kgf / m<sup>3</sup>
- Tensão admissível à compressão: 0,10 MPa
- Ângulo de arrancamento (método do cone): 20°

## 2.6 Rocha

Presença de afloramento de rocha ou rocha sub-superficial, sã ou pouco decomposta ou rocha medianamente decomposta.



### **Rocha medianamente decomposta:**

Escavável por rompedor, apresentando fraturas abertas e decompostas e/ou preenchidas por material decomposto. Fora das imediações das juntas decompostas, a matriz apresenta-se apenas parcialmente decomposta e descolorida.

- Peso específico: 2000 kgf / m<sup>3</sup>
- Tensão admissível à compressão horizontal: 0,35 MPa
- Tensão de aderência concreto/rocha medianamente decomposta: 1,65 kgf/cm<sup>2</sup>
- Tensão de aderência rocha/rocha medianamente decomposta: 0,50 kgf/cm<sup>2</sup>

### **Rocha sã ou pouco decomposta:**

Somente escavável a fogo, com poucas fraturas, podendo apresentar oxidação superficial, sem ou com pouca decomposição da rocha, com matriz sã.

- Peso específico: 2400 kgf / m<sup>3</sup>
- Tensão admissível à compressão horizontal: 0,7 MPa
- Tensão de aderência concreto/rocha sã ou pouco decomposta: 4,00 kgf/cm<sup>2</sup>
- Tensão de aderência rocha/rocha sã ou pouco decomposta: 1,00 kgf/cm<sup>2</sup>
- Ângulo de atrito interno: 45°
- Ângulo de espraiamento com a vertical das tensões na rocha: 30°
- Tensão admissível à compressão: 1,0 MPa

## **3 PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS**

### **3.1 Objetivo**

O presente programa de investigações geotécnicas tem por objetivo estabelecer os procedimentos básicos, normas, critérios e diretrizes gerais para a definição dos quantitativos e tipos de sondagens, entre outros elementos necessários que deverão ser observados na realização dos serviços de coleta de informações geotécnicas, para fins do projeto das fundações da LT 500 KV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA.

### **3.2 Considerações Iniciais**

As sondagens devem ser executadas por profissional capacitado, bem como ser aplicado processo executivo e equipamentos que garantam uniformidade e qualidade constantes ao longo de toda a extensão do trabalho.

Os serviços de sondagem devem ser assistidos e supervisionados por profissional qualificado.



### 3.3 Tipos de Sondagens e Ensaios

Considerando as características dos solos da região será utilizado o seguinte tipo de sondagem:

Sondagem SPT – sondagens de simples reconhecimento e/ou rotativa.

#### 3.3.1 Sondagem de Simples Reconhecimento (SPT)

Será elaborado um programa de sondagem a percussão, contemplando todas as estruturas autoportantes que se mostrarem necessárias.

Serão contemplados locais indicativos de solo de baixa resistência (brejos, banhados, áreas inundáveis) e os casos particulares identificados como necessários para a definição do tipo de fundação a ser adotada. Após o término da locação das estruturas em perfil e planta, serão definidos os pontos a serem sondados.

As sondagens do tipo SPT devem seguir rigorosamente as disposições da Norma NBR 6484 – Execução de Sondagens de Simples Reconhecimento dos Solos, tanto nos procedimentos aplicados, como no equipamento utilizado (o diâmetro do amostrador, o peso e a altura de queda serão aqueles padronizados pela Norma).

##### 3.3.1.1 Profundidade Mínima

A profundidade mínima da sondagem SPT deve ser determinada a partir dos critérios de paralisação descritos abaixo:

##### 3.3.1.2 Critérios de Paralisação

A sondagem poderá ser paralisada mediante o enquadramento do perfil de resistência em um dos critérios indicados a seguir:

- a) Se for obtido penetração inferior ou igual a 5 cm durante 10 golpes consecutivos;
- b) Se em 30cm ou menos de cravação, for obtido um NSPT representativo igual ou superior a 50 golpes, garantindo-se assim o impenetrável;
- c) Após se atingir 7 metros de profundidade forem obtidos 3 metros sucessivos com penetração igual ou superior a 30 golpes para a cravação dos 30 cm finais do amostrador;
- d) Se após 10 metros de profundidade forem obtidos 5 metros sucessivos com penetração igual ou superior a 12 golpes para a cravação dos 30 cm finais do amostrador;



### 3.3.1.3 Amostragem e Resistência à Perfuração

- e) Até 1,0 m de profundidade devem ser coletadas com o trado duas amostras de solo (uma a cada 0,5 m); a partir daí devem ser obtidas amostras a cada metro de perfuração através do amostrador padrão;
- f) A cada metro de profundidade, o número de golpes do amostrador padrão (diâmetro interno 1 1/3" e externo 2") sob ação de peso de 65 kg sob queda a uma altura de 75 cm, deve ser anotado para penetrar três séries de 15 cm, sucessivamente. Os valores a serem considerados como representativos correspondem às duas últimas séries, isto é, o número de golpes para penetrar os 30 cm finais;
- g) As amostras de solos coletadas através do trado ou do amostrador padrão deverão ser devidamente acondicionadas, com clara indicação do local e profundidade onde foram extraídas, para envio ao laboratório e posterior análises e verificações.

### 3.4 Registro do Nível D'água

- a) Ao realizar as sondagens, deve-se estar atento quanto à presença de nível d'água durante o processo de furação, tendo-se o cuidado para que águas superficiais não penetrem no furo;
- b) O sondador deve registrar o nível d'água na planilha sempre que ficar evidenciada

de forma clara a existência de lençol freático elevado no local (próximo a banhado, lago, arroio, rio, etc).

- c) Se ocorrer presença de água, no final da perfuração, deve-se seguir as recomendações da Norma NBR 9603, isto é, fazer leituras do nível d'água de 5 em 5 minutos, durante 30 minutos seguidos.
- d) Havendo nível d'água proveniente de lençol freático elevado, necessariamente após 24 horas, pelo menos uma nova leitura do nível d'água no furo deverá ser registrada.



### 3.5 Localização das Sondagens

#### 3.5.1 Orientação e nomenclatura dos da torre

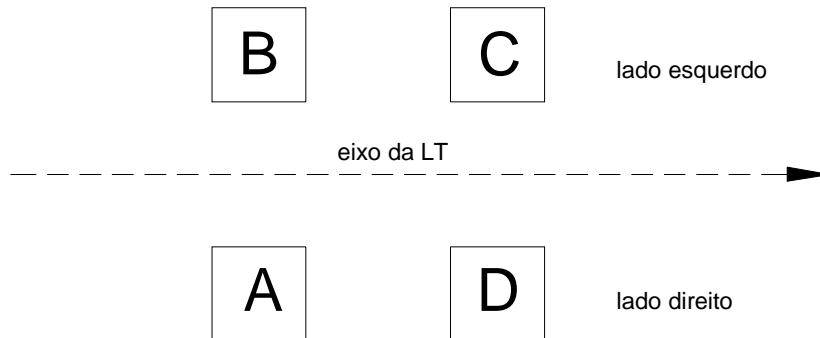


Figura 1:Esquema para nomenclatura dos pés e estais

#### 3.5.2 Localização dos Pontos de Sondagem

- a) As sondagens serão realizadas nos locais de implantação das torres, a uma distância  $D = 1,0$  m a vante do marco de centro da torre.
- b) Os documentos de projeto referentes à localização dos pontos a serem sondados são os seguintes:
  - Lista de Torres com os dados de identificação e locação de cada torre onde serão realizadas sondagens tipo SPT.
- a) O sondador, ao localizar o marco da torre, pintado de vermelho, deve ter o cuidado de verificar se a estaca de identificação existente ao lado do marco confere com o número da torre;
- b) Adicionalmente, para garantir que a sondagem será executada no lugar certo, deve-se ainda verificar com uma trena, a distância a um dos piquetes de amarração correspondente, a ré ou a vante. A amarração contém o número da estaca e a distância, precedida de um sinal (+) ou (-), em relação ao marco de centro da torre. Se o sinal for positivo (+), significa que estando-se sobre o piquete de amarração, a distância a medir até o marco de centro da torre, tem o sentido do destino da LT, a vante. Para distância negativa (-), significa que a medida da distância do piquete de amarração até a torre é no sentido contrário ao crescente da LT, isto é, deve-se voltar em direção à origem da LT;
- c) A execução da sondagem deve ser feita somente quando o sondador não tiver dúvidas do posicionamento da torre. Sempre que ocorrer algum tipo de problema, como, por exemplo, não for encontrado o marco ou piquetes de amarração ou os



alinhamentos dos eixos da torre, o fato deve ser levado ao conhecimento da fiscalização, para providências.

### 3.6 Relatórios

Os resultados das sondagens SPT deverão ser apresentados por meio de planilhas e deverão conter, no mínimo, as informações descritas no item abaixo.

#### 3.6.1 Sondagens SPT

Os resultados deverão ser apresentados individualmente, por torre, via boletim, e deverão conter no mínimo, as seguintes informações:

- a) Identificação do furo (local da sondagem, nº da torre) e data da execução;
- b) Especificação do equipamento empregado: diâmetro interno e externo do amostrador, peso do pilão e altura de queda, tubo de revestimento, etc;
- c) Indicação do nível a partir do qual o ensaio foi feito com processo de lavagem;
- d) Cota do terreno referida aos piquetes do levantamento topográfico;
- e) Perfil da sondagem com as cotas e classificação das camadas de solo;
- f) Posição das amostras retiradas;
- g) Resistência à penetração do barrilete amostrador (NSPT) registrado a cada metro de profundidade, com o respectivo gráfico representativo;
- h) Descrição detalhada dos casos de ocorrência de impenetrabilidade;
- i) Nível do lençol d'água (inicial e após 24 horas);
- j) Utilização ou não de revestimento;
- k) Outras eventuais informações importantes ao projeto.

#### 3.7 Outras Informações a Incluir no Relatório

O relatório deverá conter a identificação, registro no CREA e assinatura do(s) responsável (is) técnico(s) pelas sondagens.

### 3.8 Documentação

#### 3.8.1 Registros

- Planilha de Sondagem SPT (perfil)
- Relatório Descritivo Resumido

## 4 FUNDAÇÕES

### 4.1 Torres Autoportantes

Serão utilizadas torres autoportantes de suspensão tipos D1SM, D1SP e D1TR e torres de ancoragem tipos D1AA e D1AT.

As fundações para as torres autoportantes poderão ser executadas em tubulões, sapatas, tubulões ancorados em rocha ou Blocos ancorados em Rocha. A escolha de cada tipo será definida em função das características do solo e das condições de acesso ao local da fundação.

A solução em tubulão é constituída por elementos moldados "in loco", em concreto armado, com dimensões e profundidades racionalmente determinadas, onde são fixados os stubs.

A solução em sapata é constituída por elementos moldados "in loco", em concreto armado, com o fuste acompanhando o ângulo de inclinação dos stubs.

A solução em tubulão ou bloco ancorado em rocha é constituída por elementos moldados "in loco", sem alargamento de base, em concreto armado, com dimensões e profundidades racionalmente determinadas, ancorados na rocha através de tirantes.

## 5 CRITÉRIOS PARA DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES

### 5.1 Cargas nas Fundações

As cargas nas fundações serão obtidas a partir das memórias de cálculo das torres que compõem a série a ser utilizada.

### 5.2 Dimensionamento das Fundações

O dimensionamento à tração (arrancamento) será elaborado à partir da metodologia desenvolvida pelo professor J. Biarez (Universidade de Grenoble) e pelo eng<sup>o</sup> Y. Barraud (EDF) ou pelo método clássico do cone de arrancamento.

O dimensionamento à compressão, com as cargas horizontais associadas, utilizará o método da tensão admissível, combinada com os momentos devidos às cargas horizontais, resultando em um caso de dimensionamento por flexão composta.



### 5.3 Dimensionamento das Estruturas em Concreto Armado

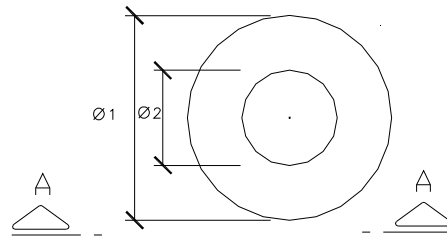
Para o dimensionamento das estruturas em concreto armado, serão utilizados os valores indicados a seguir, referidos ao estado limite último.

Critério de Dimensionamento	Valor Adotado
a) Deformação específica do concreto comprimido	$\varepsilon_c \leq 3,5 \text{ ‰}$
b) Deformação específica da armadura tracionada	$\varepsilon_s \leq 10 \text{ ‰}$
c) Resistência à Compressão do concreto	
c.1) Concreto moldado "in situ"	$f_{ck} \geq 20 \text{ MPa}$
c.2) Concreto pré-moldado	$f_{ck} \geq 20 \text{ MPa}$
c.3) Concreto simples	$f_{ck} \geq 10 \text{ MPa}$
d) Tensão de cálculo no concreto	$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\delta_c}$ $\delta_c = 1,4$
e) Tensão de cálculo no aço	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\delta_s}$ $\delta_s = 1,15$
f) Tensão de cálculo nos chumbadores	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\delta_s}$ $\delta_s = 1,5$
g) Aço da armadura	CA 50
h) Cobrimento da armadura	4 cm

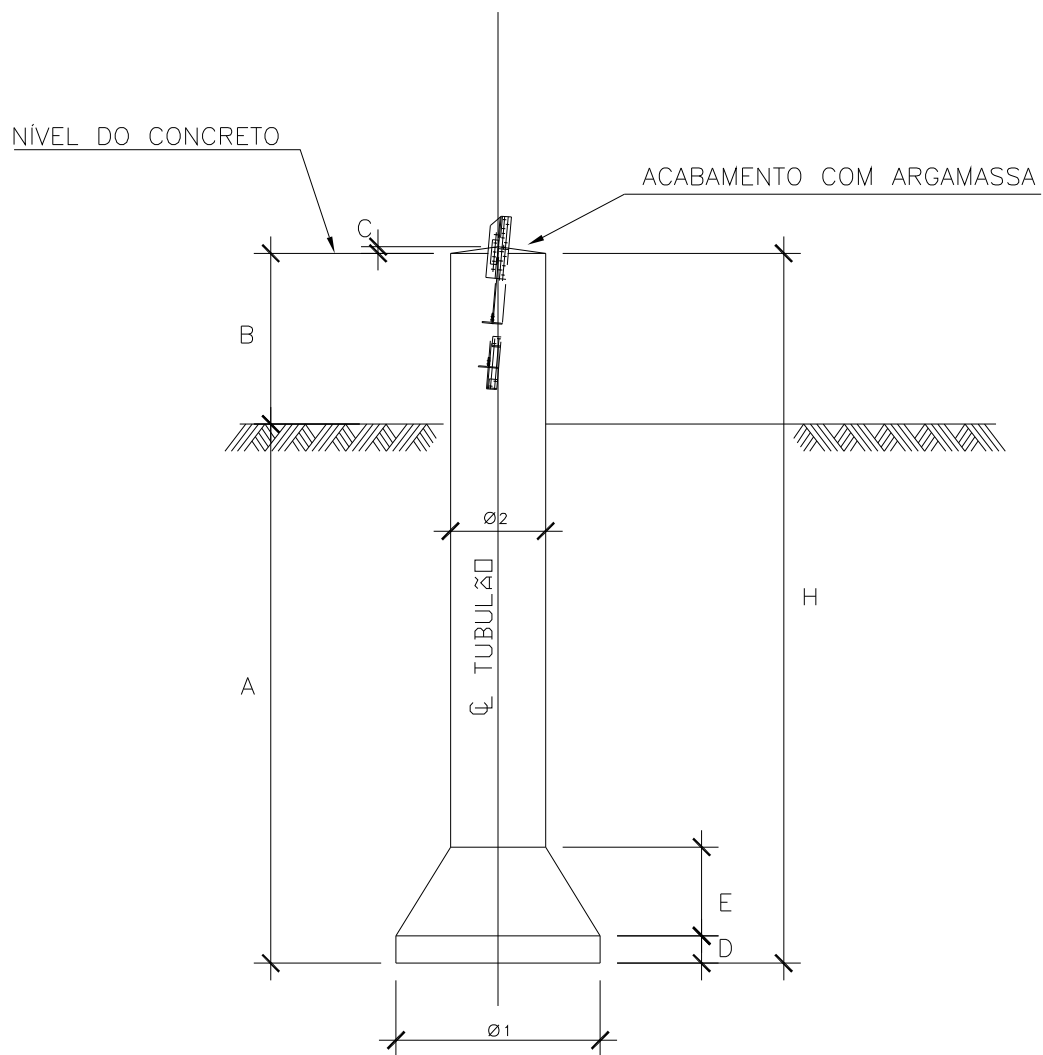
## 6 FIGURAS

### 6.1 Estruturas Autoportantes

#### - Fundação em Tubulão



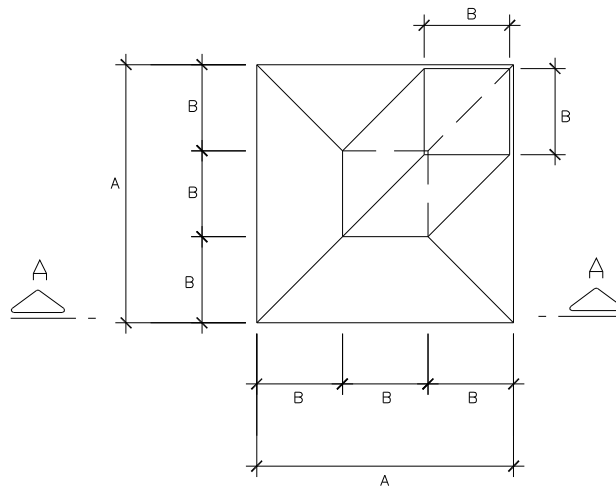
FORMA - PLANTA



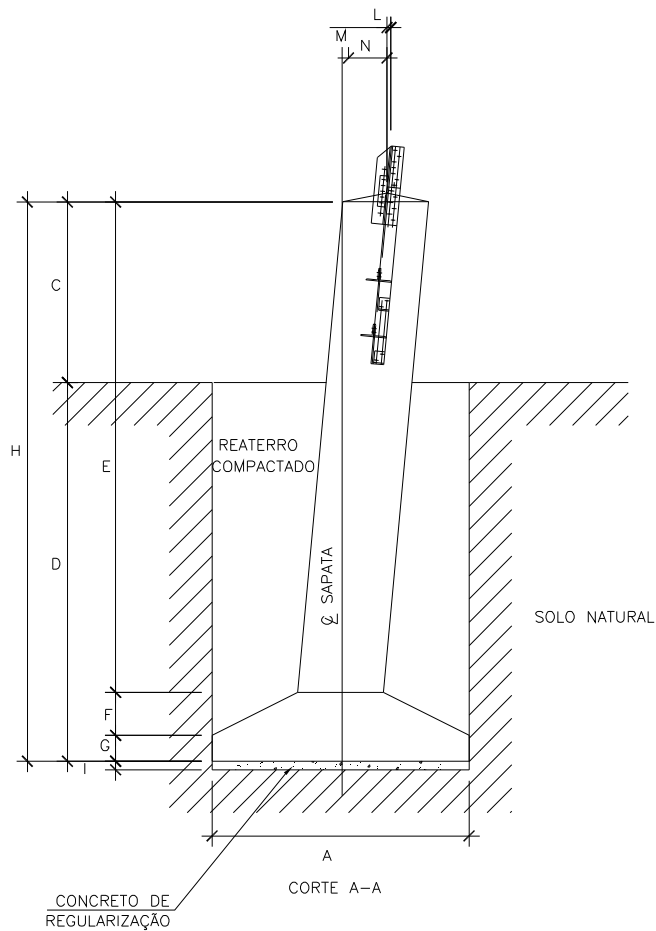
CORTE A-A



- **Fundação em Sapata**

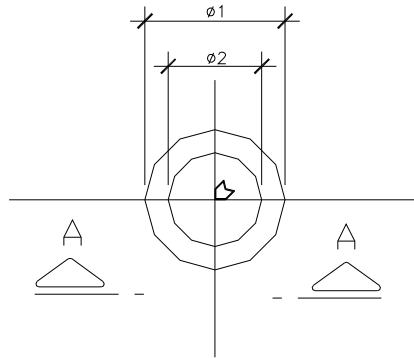


FORMA - PLANTA

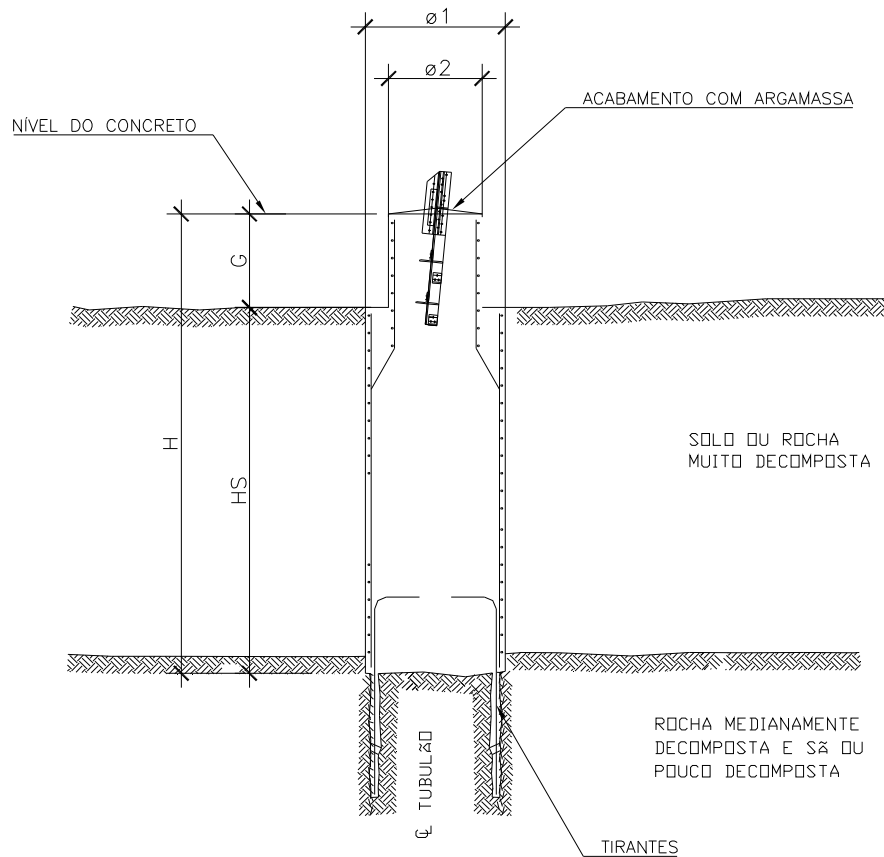




- **Fundação em Tubulão Ancorado em Rocha**



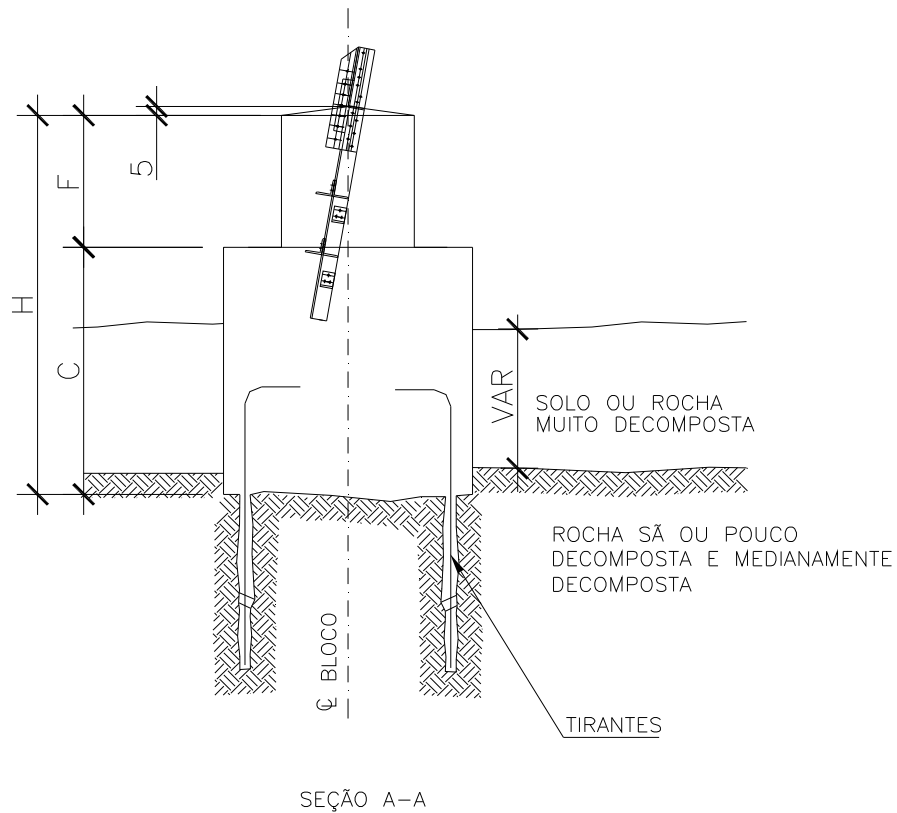
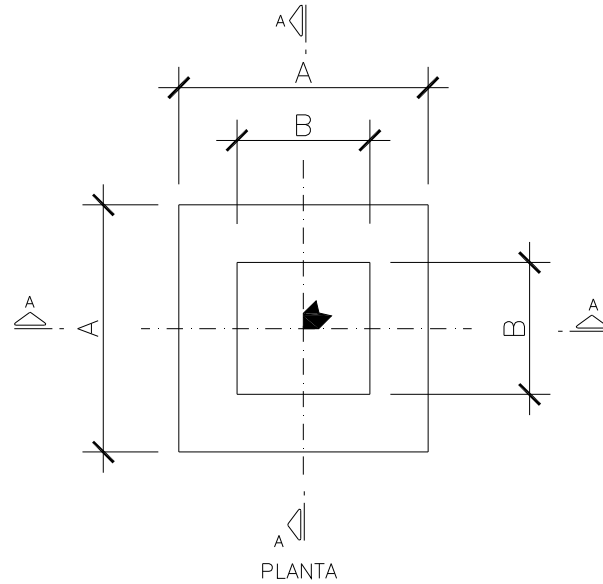
FORMA - PLANTA



CORTE A-A



- **Fundação em Bloco Ancorado em Rocha**





São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN  
CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

utc  
engenharia

LEME  
ENGENHARIA

---

## **LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA**

### **PROJETO BÁSICO**

#### **CAPÍTULO 13**

#### **SISTEMA DE ATERRAMENTO**

---



São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN

utc  
engenharia

CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

LEME  
ENGENHARIA

## CONTEÚDO

1. OBJETIVO
2. DADOS
3. RESISTIVIDADE DO SOLO DA REGIÃO
4. METODOLOGIA DE CÁLCULO DA RESISTÊNCIA DOS FIOS CONTRAPESOS
5. SISTEMA DE ATERRAMENTO PROPOSTO
  - 5.1. Etapas dos Sistemas de Aterramento Propostos
  - 5.2. Forma de Identificação das Fases de Aterramento no Projeto Definitivo
  - 5.3. Aterramentos Especiais
  - 5.4. Metodologia para Casos Especiais
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



## SISTEMA DE ATERRAMENTO

### 1. OBJETIVO

A redução das resistências de aterramento das estruturas de uma linha de transmissão constitui um dos meios efetivos de controlar as sobretensões provocadas pelas descargas atmosféricas.

Essa redução deve obedecer a um compromisso econômico entre o custo do sistema de aterramento e a performance desejada da linha.

No presente caso o sistema de aterramento das estruturas da LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA deve ser compatível com a taxa de desligamentos de 1 desligamentos / 100 km / ano.

Portanto, para a LT em questão, adotou-se uma solução considerada econômica que se aproxima de um desempenho viável.

### 2. DADOS

- Resistência de aterramento média esperada.....20  $\Omega$
- Fio contrapeso adotado.....3/8" SM
- Diâmetro do fio contrapeso..... $9,53 \times 10^{-3}$  m
- Profundidade do fio contrapeso .....0,80 m (para áreas cultiváveis 1,0 m)

### 3. RESISTIVIDADE DO SOLO DA REGIÃO

A expectativa é de que a região a ser atravessada pela linha de transmissão apresente resistividades elétricas do solo da ordem de 1000  $\Omega$ .m.

A seguir são definidas as configurações de aterramento a serem utilizadas.

Na fase do projeto definitivo, deverão ser feitas medições de resistividade em todos os pontos onde serão montadas as torres e, a partir delas e das configurações de aterramento aqui indicadas, deverá ser feita a identificação da fase de aterramento mais adequada para cada torre.



#### 4. METODOLOGIA DE CÁLCULO DA RESISTÊNCIA DOS FIOS CONTRAPESOS

As resistências dos aterramentos, cujas geometrias são citadas a seguir, foram calculadas utilizando-se um método matricial que consiste basicamente na resolução do sistema linear apresentado a seguir.

$$\begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & \dots & R_{1N} \\ R_{21} & R_{22} & \dots & R_{2N} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ R_{N1} & R_{N2} & \dots & R_{NN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \vdots \\ I_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \vdots \\ V_N \end{bmatrix}$$

onde:

$N \rightarrow$  número de trechos de condutor em que o sistema de aterramento é subdividido (quanto maior o número de trechos em que um condutor é subdividido melhor a representação do fato da dispersão de corrente não ser uniforme ao longo de seu comprimento);

$R_{ij} \rightarrow$  coeficiente de indução do trecho de condutor  $i$  em um ponto na superfície do trecho de condutor  $j$  (localizado simetricamente em relação às extremidades);

$R_{ji} \rightarrow$  coeficiente de indução do trecho de condutor  $j$  em um ponto na superfície do trecho de condutor  $i$  (localizado simetricamente em relação às extremidades do trecho de condutor  $i$ );

$I_i \rightarrow$  corrente que fluirá do trecho de condutor  $i$  para o solo;

$V_i \rightarrow$  potencial imposto ao condutor  $i$ , em relação ao terra remoto.

Como todos os condutores estão metalicamente interconectados, para tensões de 60 Hz pode-se assumir que todos eles estão em um mesmo potencial  $V_m$ . Para um valor arbitrário de  $V_m$ , por exemplo 1,0 pode-se calcular as correntes em cada trecho de condutor. Com isto a resistência do aterramento será dada por :

$$R_{aterramento} = \frac{V_m}{\sum_{i=1}^N I_i}$$

Os coeficientes de indução  $R_{ij}$  são definidos como a elevação de potencial em um ponto  $i$  por unidade de corrente injetada no trecho de condutor  $j$ . Com isto, tais coeficientes são função dos seguintes parâmetros:

- geometria dos trechos de condutor (raio e comprimento);
- posição relativa de cada trecho de condutor em relação à superfície do solo;
- posição do ponto de cálculo em relação ao trecho de condutor para o qual se está calculando o coeficiente de indução;
- resistividade do solo (ou estratificação do solo em camadas, no caso do solo ser estratificado em duas camadas).

De forma geral as equações de cálculo dos coeficientes de indução podem ser escritas de forma semelhante à equação apresentada a seguir, que é específica para o cálculo do coeficiente de indução de um fio horizontal  $j$  em um ponto  $i$  de um condutor horizontal, estando os dois condutores instalados na primeira camada de um solo estratificado em duas camadas horizontais.

Cálculo do coeficiente de indução para o caso específico de dois condutores horizontais na primeira camada do solo

$$R_{ij} = \frac{\rho_1}{4\pi L_j} \left\{ \begin{array}{l} \sum_{n=0}^{\infty} K^n [M(2nH + Z_i + Z_j)] + [M(2nH - Z_i + Z_j)] \\ + \sum_{n=1}^{\infty} K^n [M(2nH - Z_i + Z_j)] + [M(2nH - Z_i - Z_j)] \end{array} \right\}$$

onde

$K = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1} \rightarrow$  coeficiente de reflexão na interface entre camadas do solo

$\rho_2 \quad \rho_1 \quad H \rightarrow$  estratificação do solo em camadas (resistividade da primeira e da segunda camadas e espessura da primeira camada, respectivamente); (resistividades em  $\Omega.m$  e espessura em m)

$L_j \rightarrow$  comprimento do condutor (ou trecho de condutor)  $j$  (em m)

$Z_j \rightarrow$  profundidade do condutor (ou trecho de condutor)  $j$  (em m)

$Z_i \rightarrow$  profundidade do ponto  $i$  na superfície do condutor  $i$  (ou trecho de condutor)  $i$  (em m)

$$M(z) = \int_{L_j} \frac{1}{r_{ij}} dl_j$$

$z \rightarrow$  diferença de coordenadas  $z$  entre a imagem  $n$  do condutor  $j$  e o ponto  $i$  na superfície do condutor  $i$  (em m)

$r_{ij} \rightarrow$  distância do elemento infinitesimal  $dl_j$ , ao longo de uma imagem do condutor  $j$ , e o ponto  $i$  na superfície do condutor  $i$  (em m)

$n \rightarrow$  se refere ao número de imagens (é utilizado o método das imagens para considerar as reflexões de campo no solo)

Os raios dos condutores são utilizados na especificação dos pontos onde os coeficientes de indução são calculados (superfície dos condutores).

A Ref. [1] apresenta em detalhes as equações que permitem o cálculo dos coeficientes de indução.



## 5. SISTEMA DE ATERRAMENTO PROPOSTO

O sistema de aterramento consistirá na instalação de fios contrapesos em disposição radial com 4 ou 6 fios, conforme croquis apresentados a seguir, sendo adotada uma das fases indicadas na Tabela 1 de acordo com as resistividades efetivamente obtidas no local de cada estrutura (ver Item 5.2).

### 5.1 Etapas dos sistemas de aterramento propostos

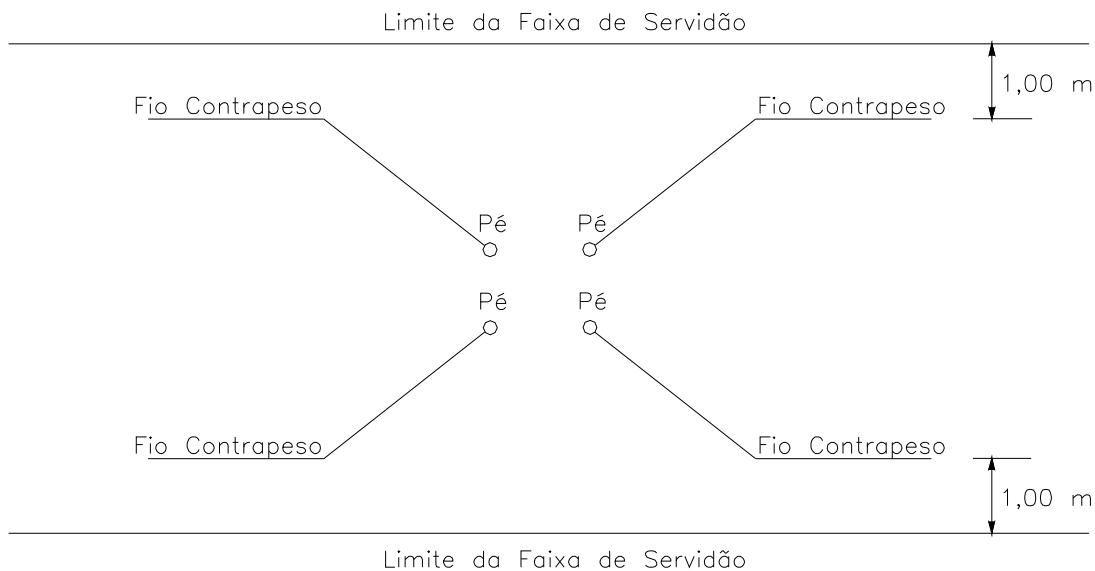
Para efeito de definição do sistema de aterramento foram analisadas diversas configurações de contrapeso. Em todos os casos considerou-se a utilização das seguintes premissas:

- fio de aço galvanizado 3/8" SM;
- profundidade de instalação do fio: 0,80 m (para áreas cultiváveis 1,0 m);
- resistividade do solo: 1000  $\Omega$ .m (valor utilizado no cálculo da resistência dos aterramentos, para efeito de comparação de valores apresentados por cada um deles);
- configurações conforme croquis das Figuras 1 e 2, a seguir.

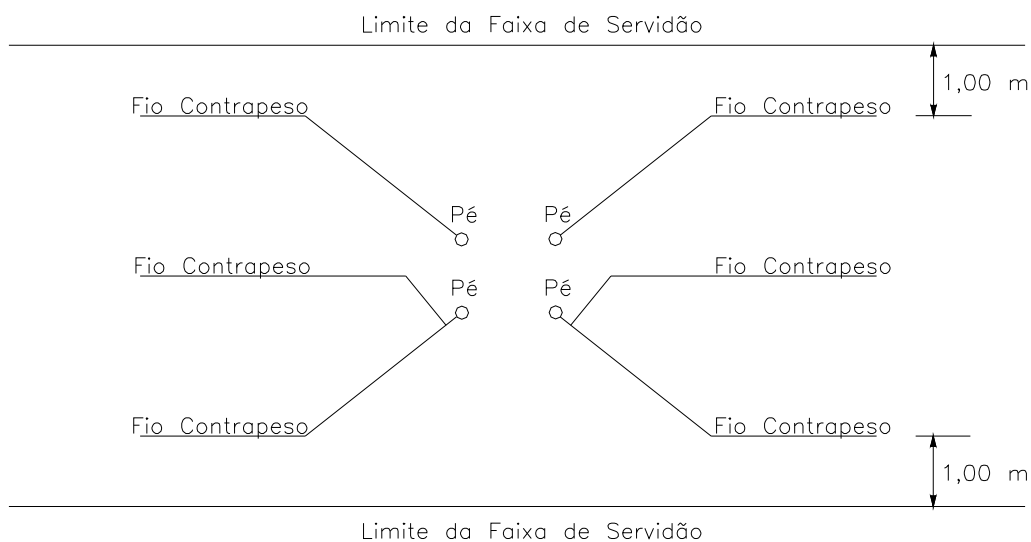
Quanto aos comprimentos propostos dos fios contrapesos para as diversas fases de aterramento, os mesmos acham-se indicados na Tabela 1.

Na Tabela 2 são apresentadas as resistências que as diversas fases de aterramento apresentarão quando instaladas em um solo uniforme de resistividade 1000  $\Omega$ .m.

A Tabela 3 apresenta os valores de resistividade do solo (uniforme) para os quais as diversas fases de aterramento implicarão em um valor de resistência igual ou inferior a 20  $\Omega$ .



**Figura 1**  
**Configuração de 4 pernas, de comprimento L cada uma, para estruturas autoportantes**



**Figura 2**  
**Configuração de 6 pernas, de comprimento L cada uma, para estruturas autoportantes**



**Tabela 1: Comprimentos dos fios de aterramento**

Fase de Aterramento	Comprimento total de fios contrapesos (para 4 ou 6 pernas) (m)
Fase I	4 x 15
Fase II	4 x 30
Fase III	4 x 60
Fase IV	4 x 90
Fase V	6 x 90

**Tabela 2: Resistência dos aterramentos quando instalados em um solo de resistividade uniforme de 1000  $\Omega$ .m**

Fase de Aterramento	Comprimento total de fios contrapesos (para 4 ou 6 pernas) (m)	$R_{\text{aterramento}}^{(1,2)}$ ( $\Omega$ )
Fase I	4 x 15	32,1
Fase II	4 x 30	18,8
Fase III	4 x 60	10,7
Fase IV	4 x 90	7,7
Fase V	6 x 90	6,2

Utilizou-se para a Fase V uma configuração de 6 pernas de 90 m no lugar de uma configuração de 4 pernas de 120 m devido à menor impedância de surto que a primeira apresenta (as resistências de aterramento dessas duas configurações são praticamente iguais). Esta configuração será utilizada apenas onde o solo apresentar resistividades mais elevadas.



**Tabela 3: Resistividade de um solo uniforme para a qual cada fase implicará em uma resistência de aterramento igual ou inferior a 20  $\Omega$ .**

Fase de Aterramento	Comprimento total de fios contrapesos (para 4 ou 6 pernas) (m)	Resistividade para se ter $R_{\text{aterramento}}$ de até 20 $\Omega$ ( $\Omega.m$ )
Fase I	4 x 15	623
Fase II	4 x 30	1065
Fase III	4 x 60	1869
Fase IV	4 x 90	2600
Fase V	6 x 90	3226

## 5.2 Forma de identificação das fases de aterramento no projeto definitivo

Na fase do projeto definitivo, a identificação da fase de aterramento a ser adotada será feita da seguinte forma:

- deverão ser feitas medições de resistividade em todos os pontos onde serão montadas as torres;
- para cada local de medição (local de montagem de uma torre) deverá ser feita a estratificação do solo em camadas;
- a fase a ser instalada em um dado local será aquela que apresentar uma resistência igual ou inferior a 20  $\Omega$ , no solo estratificado do local, e que possua o menor comprimento de cabo (o cálculo da resistência deverá ser feito utilizando-se metodologias de cálculo que impliquem em uma avaliação mais precisa da resistência, como a citada no Item 4).

Além deste processo, recomenda-se que durante a construção da LT, após a instalação das fases identificadas no processo citado acima, sejam feitas medições de resistência de aterramento em cada torre. Caso em uma dada torre seja encontrada uma resistência superior a 20  $\Omega$ , um comprimento adicional de cabo contrapeso deverá ser instalado, de forma a se passar para a fase seguinte à já instalada (processo a ser feito até se instalar a Fase V).



### 5.3 Aterramentos especiais

Em solos de altíssimas resistividades ou quando a estrutura for instalada em um maciço rochoso, haverá uma grande dificuldade de se obter valores baixos de resistência de aterramento. Como o aumento do comprimento dos fios contrapeso acima de 90 m é ineficiente para reduzir a impedância de surto apresentada pelo sistema de aterramento, em tais situações não será viável a obtenção de resistências de aterramento iguais ou inferiores a 20  $\Omega$ .

Por outro lado, o fato das resistências de aterramento de algumas estruturas apresentarem valores muito superiores a 20  $\Omega$  em um pequeno percentual da LT não deverá alterar de forma significativa o desempenho final da mesma, desde que a média se situe abaixo de 20  $\Omega$ , não podendo ocorrer resistências de aterramento altas para estruturas seqüenciais em trechos longos, bem como para torres localizadas em regiões críticas de incidência de descargas atmosféricas.

Assim, na fase de projeto definitivo, só se justificará o projeto de sistemas de aterramento especiais para algumas torres (onde não seja possível obter valores aceitáveis de resistência) caso se identifique que, ao se instalar apenas as fases de aterramento citadas nos itens anteriores, não será obtido um valor médio de resistência abaixo de 20  $\Omega$  ao longo da LT.

É importante observar que na presente fase dos estudos (projeto básico), trabalha-se com uma resistência média de aterramento de 20  $\Omega$ . No que se refere ao comportamento do sistema de aterramento a impulso, para o caso de solos de alta resistividade, deve ser levada em conta a natureza do fenômeno. Para avaliação da taxa de desligamento, os fenômenos envolvidos são de natureza atmosférica. O mecanismo fundamental é o da incidência de raios por descargas diretas na torre ("back-flashover"). De acordo com a literatura sobre o assunto, as solicitações no topo da torre, advindas das ondas trafegantes causadas pela descarga, atingem o sistema formado pelos cabos pára-raios/torre/sistema de aterramento e conduzem a uma sobretensão de surto com duração de cerca de 1,5  $\cdot$ s. Aplicada sobre as cadeias de isoladores, essa sobretensão poderá acarretar uma descarga, propiciando condição para a ocorrência de um defeito, seguido do desligamento da linha. Desta forma, é de fundamental importância que o valor a ser considerado para o sistema de aterramento, no modelo do circuito para as ondas trafegantes, seja determinado para um tempo da ordem de 1,5  $\cdot$ s.

Cabe assinalar que o programa utilizado para a simulação de cálculo do desempenho da linha frente a descargas atmosféricas (**Flash**) utiliza modelagem simplificada, tanto para as torres como para os sistemas de aterramento destas. Apesar de tudo, a prática tem demonstrado que esse programa tem apresentado resultados satisfatórios.



#### 5.4 Metodologia para casos especiais

Conforme citado no Item 5.3, ao se utilizar o processo indicado no Item 5.2, caso se identifique que a resistência de aterramento média da LT não será igual ou inferior a  $20 \Omega$ , será necessário realizar estudos e cálculos específicos, considerando as resistividades elétricas medidas e que tenham levado a valores muito elevados de resistência, especialmente se estiverem concentrados numa região mais extensa.

A partir das resistividades medidas (ou estimadas) para cada uma das torres e utilizando programa especialmente desenvolvido para tal fim, poderão ser determinados novos arranjos e calculados os comprimentos de contrapesos para que seja atingido o valor médio de  $20 \Omega$  para a resistência de aterramento. Os dados obtidos poderão permitir que sejam definidas algumas faixas para a resistividade do solo às quais se associem diferentes esquemas de instalação de contrapesos.

Em adição, poderá ser considerado o uso de hastes ou poços de aterramento profundo com o objetivo de reduzir a resistência de aterramento de torres localizadas em solos de altos valores de resistividade em sua primeira camada.

Dentro do contexto de casos especiais enquadram-se também aquelas estruturas que se encontram em regiões urbanas ou regiões com trânsito intenso de pessoas, podendo-se nestas circunstâncias utilizar arranjos em anel com hastes de aterramento, de forma a se garantir níveis de tensão de passo e toque que atendam aos requisitos de segurança.

O processo aqui descrito visa a obtenção de valores de resistência abaixo de  $20 \Omega$  na maioria das estruturas, bem como a obtenção das resistências mais baixas possíveis em situações críticas (onde a obtenção de valores próximos de  $20 \Omega$  for inviável por questões de custo), de forma que a resistência média da LT seja igual ou inferior a  $20 \Omega$ .

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] - Dawalibi, F. and Mukhedkar, D. - "Optimum Design of Substation Grounding in Two Layer Earth Structure; Parte I - Analytical Study", IEEE Trans. on PAS, vol. PAS-94, No. 2, 1975 - pp. 252-272.
- [2] - Hepe, R.J. - "Computation of Potential at Surface Above na Energized Grid or Other Electrode, Allowing for Non Uniform Current Distribution"- IEEE Trans. on PAS, vol. PAS-98, Dec. 1979. pp-1978-1989.
- [3] - Ewy. A. K. & Smolleck, H. A. - " A Graphical Explanation of The Resistance and Surface-Potential Calculations For Grounding Systems in Two-Layer Earth" - IEEE Trans. on PAS, vol. PAS-103, No. 3, Mar. 1984 . pp. 631-639.





São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN  
CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

utc  
engenharia

LEME  
ENGENHARIA

---

## **LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA**

### **PROJETO BÁSICO**

#### **CAPÍTULO 14**

#### **VIBRAÇÕES EÓLICAS - SISTEMA DE AMORTECIMENTO**

---

## CONTEÚDO

1. OBJETIVOS
2. O FENÔMENO VIBRAÇÃO EM LINHAS DE TRANSMISSÃO
  - Generalidades
  - Origem dos Fenômenos
3. TIPIFICAÇÃO DOS FENÔMENOS
4. DEFINIÇÕES
5. NORMAS APLICÁVEIS
  - Normas Brasileiras
  - Normas ASTM
  - Normas da IEC
6. Requisitos de Projeto
  - 6.1 Níveis de amortecimento para vibrações eólicas
  - 6.2 Vida Útil dos Condutores da Linha de Transmissão
  - 6.3 Requisitos Elétricos
    - 6.3.1 Curto-circuito
    - 6.3.2 Tensão de Rádio Interferência (RIV)
  - 6.4 Proteção Anti-corrosiva
  - 6.5 Instalação e Manutenção
7. ENSAIOS
  - 7.1 Ensaios de Qualificação
  - 7.2 Ensaios de tipo
  - 7.3 Ensaios de rotina ou fabricação
  - 7.4 Ensaios de recebimento
8. ACONDICIONAMENTO E MARCAÇÃO
9. MODELAGEM DA PROTEÇÃO



São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN

CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL



LEME  
ENGENHARIA

## VIBRAÇÕES EÓLICAS - SISTEMA DE AMORTECIMENTO

### 1. OBJETIVO

Este estudo preliminar e especificação básica têm por objetivo apresentar os requisitos mínimos aplicáveis à definição do sistema de amortecimento e espaçamento dos cabos condutores e cabos pára-raios da LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA. Tratando-se de linhas com três condutores por fase, será considerada a instalação de espaçadores no feixe de cabos condutores, amortecedores anti-vibratórios nos cabos condutores e amortecedores anti-vibratórios nos cabos pára-raios.

### 2. O FENÔMENO VIBRAÇÃO EM LINHAS AÉREAS DE TRANSMISSÃO

#### 2.1 Generalidades

A ação do vento atuante sobre os cabos das linhas de transmissão causa nos mesmos o aparecimento de forças dinâmicas que vão induzir-lhes movimentos de natureza vibratória.

De acordo com o tipo de movimento causado aos cabos, as interferências vibratórias mais usuais podem ser classificadas como:

#### - Vibrações Eólicas

As vibrações eólicas representam a forma mais crítica de movimentação dos cabos, sendo descritos pelos vórtices de ar (vórtices de Karman) a sotavento do condutor, durante a atuação de frentes uniformes de vento de determinadas velocidades. São caracterizadas por intensidades de vento de baixa a moderada, com velocidades na faixa de 1 a 7 m/s, com frequência variando na faixa de 3 a 100 Hz.

#### - Oscilação de sub-vãos ou de sub-condutores

As oscilações de sub-vãos ocorrem exclusivamente em casos de condutores múltiplos, devido ao efeito da blindagem aerodinâmica que o primeiro condutor sob vento causa ao outro em seu mesmo nível. Aparece de forma combinada, provocando rolamento, espiralamento, variação de distância entre os cabos e ainda como onda que se desloca ao longo do vão. Este tipo de fenômeno é caracterizado por ventos mais elevados de 4 m/s até aproximadamente 18 m/s, sendo a frequência baixa, na faixa de 0,2 a 10 Hz. Para o caso presente, esta situação é aplicável, uma vez que se trata de linhas com quatro cabos por fase.

- Galope

O galope ocorre sobre condutores envolvidos por camadas assimétricas de gelo. Para o caso presente, esta situação não é aplicável, tendo em vista a inexistência de gelo na região da linha.

## 2.2 Origem dos fenômenos

Os cabos utilizados nas linhas da transmissão, por serem de seção circular, assemelham-se a um cilindro; esta semelhança permite que se usem as equações de hidrodinâmica como base para os cálculos dos fenômenos vibratórios decorrentes da ação do vento sobre os cabos.

- Strouhal define que

$$F_s = S \frac{V}{D}$$

Onde:

S (Número de Strouhal) = 0,2 (para nº de Reynolds,  $400 \leq Re \leq 40.000$ )

V = Velocidade do fluido

D = Diâmetro do cilindro

- Podemos também definir:

$$U = \sqrt{\frac{T}{M}}$$

onde:

U = velocidade transversal da onda

T = tração do cabo, em Newton

M = Massa do cabo, em kg/m.

Sabendo-se que a inclinação inicial do cabo é função do ângulo de vibração (função de  $Y/\lambda$ ), temos de forma aproximada que:

$$\varepsilon = \alpha d \sqrt{\frac{T}{EI}}$$

onde :

$\varepsilon$  = deformação do cabo junto ao grampo.

$\alpha$  = ângulo de vibração ou flexão do cabo junto do ponto de fixação.

E = módulo de elasticidade do cabo.

I = momento de inércia do cabo

Como o módulo de elasticidade do cabo se mantém constante para pequenas variações de tração nos cabos, também o momento de inércia é pouco influenciado por essas pequenas variações (por similaridade vemos que o momento de inércia de uma barra cilíndrica apoiada, em relação ao eixo vertical, depende do comprimento desta), podendo-se dizer que a variação de frequência de vibração e do ângulo de vibração se faz com a raiz quadrada da variação da tração nos cabos.

### 3. TIPIFICAÇÃO DOS FENÔMENOS

Os fenômenos vibratórios que ocorrerão na LT 500 kV UHE SÃO MANOEL – SE PARANAÍTA são definidos e tem seus valores conforme o quadro abaixo:

<b>Vibrações eólicas</b>	
<b>Linhas afetadas</b>	<b>Todas</b>
Frequência Hz	3-100
Amplitude (diam. Cabo)	0,01 a 1
Condições Atmosféricas	Tempo bom
Velocidade do vento	0,85 a 7 m/s
Características do vento	Contínuo e perpendicular
Superfície do cabo	Normal
Tipo de proteção	Armadura pré-formada e amortecedores
Tempo de ocorrência de danos	de 3 meses a 20 anos
Causas de danos	Fadiga dos cabos
Componentes da linha mais afetados.	Cabos

### 4. Definições

O sistema de amortecimento e espaçamento, objeto desse documento, engloba, em linhas gerais, os seguintes itens:

- Conjunto de amortecedores vibratórios e de espaçadores, a serem aplicados nos condutores da linha de transmissão em pauta, com as quantidades a serem definidas pelo fornecedor, em função das características da linha e do regime meteorológico, especialmente anemométrico, da região por ela atravessada e características do feixe de cabos;
- Amortecedores de vibrações a serem utilizados nos cabos pára raios, se for o caso;
- A tabela de instalação dos amortecedores e espaçadores para os condutores e de amortecedores para os cabos pára-raios, com o respectivo conjunto de instruções, indicando sua quantidade e posicionamento para cada vão da linha de transmissão;

- Cálculo teórico dos valores acima, relacionando-os com o nível de vibração resultante nos condutores e indicando os esforços nos grampos de suspensão das cadeias e nos grampos de fixação do amortecedor mais solicitado. Para isso, deverão ser usados os perfis de ventos que favorecem vibrações eólicas e os parâmetros do amortecedor obtidos antes e após os ensaios de fadiga realizados em protótipo desse dispositivo.

## 5. NORMAS APLICÁVEIS

O fornecimento dos amortecedores, que será objeto de especificações técnicas próprias, deverá seguir a versão mais atual das normas indicadas a seguir:

### 5.1 Normas Brasileiras

NBR 5422 – Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão em Alta Tensão

### 5.2 Normas ASTM

ASTM D 395-89	Test methods for rubber property – compression set
ASTM D 412-87	Test method for rubber properties in tension
ASTM D 575-88	Test method for rubber properties in compression
ASTM D 624-86	Test methods for rubber property – tear resistance
ASTM D 991-89	Test methods for rubber property – volume resistivity of electrically conductive and antistatic products
ASTM D 1171-86	Test method for rubber deterioration – surface ozone cracking outdoors or chamber (triangular specimens)
ASTM D 1229-87	Test method for rubber property – compression set at low temperatures
ASTM D 1630-83	Test method for rubber property – abrasion resistance (NBS abrader)
ASTM D 2240-86	Test method for rubber property – durometer hardness

### 5.3 Normas IEC

IEC 61897	Overhead lines - Requirements and tests for Stockbridge type aeolian vibration dampers
IEC 61284:1997	Overhead lines - Requirements and tests for fittings
IEC 61854:1998	Overhead lines - Requirements and tests for spacers



## 6. REQUISITOS DE PROJETO

### 6.1 Níveis de amortecimento para vibrações eólicas

As deformações unitárias máximas correspondentes às flexões vibratórias nas zonas unitárias do último contato dos condutores com os grampos de suspensão e dos amortecedores ou cabo pára-raios CAA e aço galvanizado com o grampo de suspensão e garras dos amortecedores não poderão exceder a:

- 150  $\mu$ S, pico a pico, durante 100% dos ciclos de vibrações.

### 6.2 Vida Útil dos Condutores da Linha de Transmissão

A vida útil resultante dos cabos condutores e pára-raios das linhas de transmissão, calculada em função dos níveis de vibração residuais obtidos com a instalação dos amortecedores, não poderá ser inferior a 35 anos.

### 6.3 Requisitos Elétricos

#### 6.3.1 Curto-circuito

Os amortecedores e espaçadores deverão suportar, sem danos permanentes que alterem quaisquer das suas características, esforços provenientes de corrente de curto-circuito fase a terra da LT, cuja intensidade em kA (valor eficaz) e tempo de circulação em milisegundos, serão definidos nas Especificações Técnicas para o fornecimento destes acessórios.

#### 6.3.2 Tensão de Rádio Interferência (RIV)

O nível máximo de rádio-interferência, medido sobre um amortecedor ou sobre um espaçador, será definido nas Especificações Técnicas para o fornecimento destes acessórios.

### 6.4 Proteção Anti-corrosiva

Todos os materiais deverão ter adequada proteção contra a corrosão.

### 6.5 Instalação e Manutenção

Os amortecedores e espaçadores deverão ter características tais que permitam sua instalação com técnicas usuais de linha energizada, bem como possibilitar sua remoção e reinstalação sem provocar danos aos cabos condutores.

## 7. ENSAIOS

São aplicáveis aos amortecedores e espaçadores 4(quatro) categorias de ensaios, as quais são descritas a seguir.

### 7.1 Ensaios de Qualificação



São os ensaios que já deverão ter sido realizados com sucesso em modelo idêntico ao proposto, com resultados comprovados mediante Certificados emitidos por laboratório reconhecido internacionalmente, sem os quais o fabricante/proponente não poderá candidatar-se ao fornecimento para as linhas de transmissão aqui indicadas. Os ensaios aplicáveis são:

- a) Resistência à fadiga
- b) Características elétricas e de amortecimento.

## 7.2 Ensaios de tipo

Estes ensaios deverão ser realizados em protótipos, pelo Fornecedor, antes do início da fabricação dos amortecedores e espaçadores. A fabricação só será autorizada após se obterem resultados satisfatórios nos ensaios de tipo. Nesta categoria, os ensaios aplicáveis são:

- a) Resistência à fadiga;
- b) Características elásticas e de amortecimento;
- c) Eficiência dos grampos de fixação dos cabos;
- d) Aperto e resistência do grampo;
- e) Tração e compressão;
- f) Corona e rádio-interferência;
- g) Curto-circuito.

## 7.3 Ensaios de rotina ou fabricação

São os ensaios que deverão ser realizados durante a produção dos materiais. Deverão fazer parte de um Programa de Controle de Qualidade a ser proposto pelo fornecedor, para ser examinado e previamente aprovado pelo Contratante. O Programa de Controle de Qualidade referido deverá incluir, pelo menos, os seguintes ensaios:

- a) Controle da matéria prima;
- b) Controle de peças fundidas e forjadas;
- c) Visual;
- d) Dimensional;
- e) Propriedades mecânicas dos materiais amortecedores.





#### 7.4 Ensaios de recebimento

São os ensaios que deverão ser executados antes da entrega dos materiais (CIF). Resultados satisfatórios permitirão liberar o material para embarque, devidamente documentado pelos Boletins de Inspeção do Contratante. Nesta categoria, os ensaios aplicáveis são:

- a) Deslizamento das garras do amortecedor;
- b) Tração e compressão;
- c) Galvanização;
- d) Visual;
- e) Dimensional.

#### 8. ACONDICIONAMENTO E MARCAÇÃO

Os amortecedores e espaçadores deverão ser acondicionados em caixas reforçadas. Todos os materiais deverão ser preparados e carregados para embarque, de maneira a protegê-los de danos e de corrosão durante o transporte, manuseio e armazenamento ao tempo. Tanto a embalagem final, quanto o acondicionamento parcial deverão ser feitos de modo que o peso e as dimensões sejam mantidos dentro de limites razoáveis.

A embalagem deverá ser apropriada para transporte por caminhão desde a fábrica (ou do porto de destino) até o canteiro de obras, independentemente da condição das estradas (pavimentadas ou não). Quando o material for transportado por via marítima, as caixas usadas deverão possuir proteção apropriada contra a água salgada, sendo que as embalagens individuais não poderão ser com materiais absorventes de umidade.

Todas as peças deverão ser marcadas, em alto ou baixo relevo, com letras que correspondam ao seu código de identificação, cabo aplicável e outras informações consideradas necessárias.

#### 9. MODELAGEM DA PROTEÇÃO

Nesta fase de projeto básico, onde as características reais da região por onde a linha de transmissão irá ser implantada ainda não são de todo conhecidas, bem como não se conhecem os valores de vãos da mesma, só se define a proteção anti-vibratória em termos qualitativos, não sendo, pois, possível definir em termos quantitativos a proteção necessária aos cabos.

No entanto, em linhas gerais, da mesma forma, recomenda-se que a proteção dos condutores seja feita com o uso de amortecedores de vibração eólica (provavelmente tipo "Stockbridge") em pontos apropriados, sendo que as quantidades e

posicionamento de cada dispositivo serão definidas após a locação das estruturas, conforme recomendações e estudos do fabricante.



São Manoel  
ENERGIA



CONSTRAN

CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL

utc  
engenharia

LEME  
ENGENHARIA

Porém, pode-se concluir que, nos cabos condutores e pára-raios, deverão ser aplicados amortecedores, provavelmente do tipo "Stockbridge", que terão suas quantidades por vão e distância de aplicação em relação aos grampos e entre si definidos após a locação das estruturas. No feixe de cabos condutores deverão ser aplicados espaçadores, adequados à configuração e características do feixe e dos vãos.