



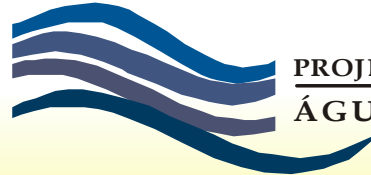
**MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL  
SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA HÍDRICA**



**INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**



*FUNCATE - Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais*



**PROJETO SÃO FRANCISCO  
ÁGUA PARA TODOS**

**PROJETO BÁSICO DE TRANSPOSIÇÃO  
DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO  
PARA O NORDESTE SETENTRIONAL**

**EIXO NORTE – TRECHO I**

**R13 - SISTEMA ELÉTRICO, SUBESTAÇÕES  
AUXILIARES E SISTEMA DE TRANSMISSÃO**



Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco

---



*FUNCATE - Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais*

## **PROJETO BÁSICO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O NORDESTE SETENTRIONAL**

### **EIXO NORTE – TRECHO I**

### **R13 - SISTEMA ELÉTRICO, SUBESTAÇÕES AUXILIARES E SISTEMA DE TRANSMISSÃO**

**Dezembro/2000**

# **PROJETO TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O NORDESTE SETENTRIONAL**

## **MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL**

### **Secretaria de Infra-Estrutura Hídrica**

Ministro de Estado da Integração Nacional: Fernando Luiz Gonçalves Bezerra

Secretário de Infra-Estrutura Hídrica: Rômulo de Macedo Vieira

### **INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**

Diretor: Márcio Nogueira Barbosa

Vice Diretor: Volker W. J. H. Kirchhoff

### **FUNCATE – Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologias Espaciais**

Gerente: José Armando Varão Monteiro

Coordenador: Antônio Carlos de Almeida Vidon

### **ENGEORPS/HARZA**

Coordenadores: Marcos Oliveira Godoi

Fábio Luís Ramos de Abreu

Murillo Dondici Ruiz

Brasília, dezembro de 2000.

ENGEORPS/HARZA.

Projeto Transposição de Águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional;  
Relatório R13 – SISTEMA ELÉTRICO, SUBESTAÇÕES AUXILIARES E SISTEMA DE  
TRANSMISSÃO – São Paulo: ENGEORPS/HARZA, 2000.

178 p.

1. Transposição de Águas;
2. Eixo Norte – Trecho I – R13 - SISTEMA ELÉTRICO, SUBESTAÇÕES AUXILIARES E SISTEMA DE TRANSMISSÃO -

CDU - 556.5:621.3

FUNCATE:

Av. Dr. João Guilhermino, 429, 11º Andar – Centro

São José dos Campos – SP

CEP: 12210-131

Telefone: (0XX 12) 341 1399

Fax: (0XX 12) 341 2829

Projeto				Data			
CIR JSK LC				15/12/2000			
Verificação				Data			
JOPS				15/12/2000			
Aprovação				Data			
MOG CMN				15/12/2000			
Aprovação				Data			
MDR				15/12/2000			
Rev.	Data	Folha	Descrição	Aprovação		FUNCATE	
						Data	Aprovação
0/B	11/04/01		Figuras 1.1 e 1.2 / Pgs 3, 13, 14, 51, 52, 57 e 56	MOG			
0/C	08/05/01		Formatação	MOG			

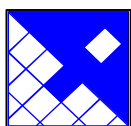
**PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS  
DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O  
NORDESTE SETENTRIONAL**

**PROJETO BÁSICO**

**EIXO NORTE - TRECHO I**

**R13 - SISTEMA ELÉTRICO, SUBESTAÇÕES AUXILIARES E SISTEMA  
DE TRANSMISSÃO**

**Dezembro / 2000**



**FUNCATE**

*Fundação de Ciências  
Aplicações e Tecnologias  
Espaciais*

Verificação	Data
Aprovação	Data
Aprovação	Data
Código FUNCATE	Data
Substitui	Substituído
Número Empresa	Revisão
<b>261-FUN-TSF-RT-B0019</b>	<b>0/C</b>

**PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O  
NORDESTE SETENTRIONAL  
EIXO NORTE – TRECHO I  
EQUIPE PRINCIPAL DO CONSÓRCIO ENGEORPS-HARZA**

- ***Coordenação Geral***
  - Marcos Oliveira Godoi
  - Murillo Dondici Ruiz
  - Fábio Luís Ramos de Abreu
  
- ***Hidráulica e Hidrologia***
  - Antônio Eurides Conte
  - Alberto Lang Filho
  - Luís Antônio Villaça de Garcia
  - Carlos Lloret Ramos
  - Flávio Tonelli Pimenta
  - Marcelo Ferreira Maximiano
  - Mauro Toscano
  
- ***Geologia e Geotecnia***
  - Claudio Michel Nahas
  - Fernão Paes de Barros
  - Ary Paulo Rodrigues
  - Andréa Cristina Parreira
  - Frederico Bohland Neto
  - Hiromit Nakao
  - Tays Ribeiro
  
- ***Levantamentos Topográficos Complementares***
  - Ivan Bustamante
  - Ualfrido Del Carlo Jr.
  
- ***Estruturas e Fundações***
  - Tetsuo Kawano
  - Flavio Rubin
  
- ***Eletromecânica***
  - Bernd Dieter Lukas
  - Coaraci Inajá Ribeiro
  - Angel Jimenez Murillo
  - José Sussumo Komatsu
  - Leonardo Cavalcanti Netto
  - José Orlando Paludetto Silva
  
- ***Planejamento e Orçamento***
  - José Armando Del Grecco Peixoto
  - Luis Edmundo França Ribeiro

---

---

**APRESENTAÇÃO**

---

---

## *APRESENTAÇÃO*

O presente documento se constitui no Relatório R13 – SISTEMA ELÉTRICO, SUBESTAÇÕES AUXILIARES E SISTEMA DE TRANSMISSÃO, parte integrante do PROJETO BÁSICO DO EIXO NORTE – TRECHO I, referente ao PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O NORDESTE SETENTRIONAL, elaborado pelo Consórcio ENGEORPS-HARZA, dentro do contrato com a FUNCATE – Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais.

O Projeto Básico do Eixo Norte – Trecho I é apresentado nos seguintes relatórios:

- R1 - Descrição do Projeto.
- R2 - Critérios de Projeto.
- R3 - Sistema de Captação no Rio São Francisco.
- R4 - Estações de Bombeamento.
- R5 - Sistema Adutor – Canais, Aquedutos, Tomadas D'água para Usos Difusos, Túneis e Estruturas de Controle.
- R6 - Barragens e Vertedores.
- R7 - Sistema de Drenagem.
- R8 - Topografia e Cadastramento.
- R9 - Geologia e Geotecnia.
- R10 - Estudos Hidrológicos.
- R11 - Sistema de Supervisão, Controle e Telecomunicações.
- R12 - Modelo Hidrodinâmico e Esquema Operacional.
- R13 - Sistema Elétrico, Subestações Auxiliares e Sistema de Transmissão.
- R14 - Acessos, Vilas e Canteiros.
- R15 - Cronogramas, Orçamento e Planejamento.
- R16 - Caderno de Desenhos.
- R17 - Dossiê de Licitação.

**FUNCATE – FUNDAÇÃO DE CIÊNCIA,  
APLICAÇÕES E TECNOLOGIA ESPACIAIS**

**PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO  
FRANCISCO PARA O NORDESTE SETENTRIONAL**

**PROJETO BÁSICO**

**R13 – SISTEMA ELÉTRICO, SUBESTAÇÕES  
AUXILIARES E SISTEMA DE TRANSMISSÃO**



**ÍNDICE**

**PÁG.**

<b>PARTE A SISTEMA ELÉTRICO E SUBESTAÇÕES AUXILIARES.....</b>	<b>6</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>7</b>
1.1 OBJETO E OBJETIVO .....	7
1.2 SUBESTAÇÕES ABAIXADORAS 230-6,9 kV.....	7
1.3 ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO.....	10
1.4 ESTRUTURAS DE CONTROLE.....	11
1.5 TOMADAS D' ÁGUA DE USO DIFUSO.....	12
<b>2. DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS ELÉTRICOS.....</b>	<b>13</b>
2.1 NAS SUBESTAÇÕES ABAIXADORAS 230-6,9 kV.....	13
2.2 NAS ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO .....	13
2.3 NAS ESTRUTURAS DE CONTROLE .....	14
2.4 NAS TOMADAS D' ÁGUA DE USO DIFUSO .....	15
<b>3. DETALHAMENTO DOS SISTEMAS ELÉTRICOS.....</b>	<b>16</b>
3.1 SUBESTAÇÕES ABAIXADORAS 230-6,9 kV.....	16
3.2 ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO.....	24
3.3 ESTRUTURAS DE CONTROLE.....	32
3.4 TOMADAS D' ÁGUA DE USO DIFUSO .....	35
<b>4. RELAÇÃO DOS DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.....</b>	<b>38</b>
<b>PARTE B SISTEMA DE TRANSMISSÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>BLOCO 1: ESTUDO DO TRAÇADO DA DIRETRIZ DA LINHA DE TRANSMISSÃO (LT).....</b>	<b>3</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>3</b>
1.1 OBJETO E OBJETIVO .....	3
1.2 PRODUTOS DIRETOS .....	3
1.3 RESSALVAS .....	3
<b>2. REFERÊNCIAS E CRITÉRIOS.....</b>	<b>4</b>
2.1 ELEMENTOS DE PROJETO BÁSICO.....	4
2.2 DISPOSIÇÃO DAS SUBESTAÇÕES.....	4
2.3 NORMAS E RECOMENDAÇÕES.....	4
2.4 CRITÉRIOS ELETROMECÂNICOS .....	5
2.5 INJUNÇÕES COM AERONÁUTICA, DNPVN, CPRH E OUTROS ÓRGÃOS RESTRINGENTES A LT. ....	5
<b>3. CONDICIONANTES DO PROJETO HÍDRICO E SUBESTAÇÕES ELÉTRICAS.....</b>	<b>5</b>
3.1 CONFIGURAÇÃO GERAL .....	5
3.2 CONFIGURAÇÃO ESPECÍFICA.....	6
<b>4. CONDIÇÕES AMBIENTAIS E DO USO DA TERRA.....</b>	<b>7</b>
4.1 CLIMA.....	7
4.2 DADOS POLÍTICOS .....	7
4.3 UTILIZAÇÃO ECONÔMICA DOS TERRENOS .....	8
4.4 VIDA SILVESTRE .....	9

<b>5. CARACTERÍSTICAS TOPOMÓRFICAS E GEOTÉCNICAS</b> .....	<b>10</b>
5.1 TOPOLOGIA DOS TERRENOS .....	10
5.2 PEDOLOGIA ELEMENTAR .....	10
5.3 ASPECTOS DE GEOTECNIA.....	12
<b>6. POSICIONAMENTO DE VÉRTICES E TANGENTES</b> .....	<b>13</b>
6.1 POSICIONAMENTO POR COORDENADAS .....	13
6.2 TABELA RESUMIDA DOS VÉRTICES.....	13
6.3 COMENTÁRIOS SOBRE AS DEFLEXÕES. ....	15
6.4 COMENTÁRIOS SOBRE AS TANGENTES. ....	15
6.5 COMENTÁRIOS SOBRE AS COTAS.....	15
<b>7. TRAVESSIAS E CRUZAMENTOS DE SERVIDÕES</b> .....	<b>16</b>
7.1 TRAVESSIAS DE RODOVIAS FEDERAIS E/OU ESTADUAIS, ASFALTADAS .....	16
7.2 TRAVESSIAS DE RODOVIAS FEDERAIS E/OU ESTADUAIS, NÃO PAVIMENTADAS. ....	17
7.3 TRAVESSIAS DE VIAS FÉRREAS .....	17
7.4 TRAVESSIA DE LINHAS DE SUB- TRANSMISSÃO E DE DISTRIBUIÇÃO.....	18
7.5 TRAVESSIA DE VIA NAVEGÁVEL.....	18
7.6 INTERFERÊNCIA COM PLANO DE PROTEÇÃO AO VÔO DE AERÓDROMO. ....	18
<b>8. ESTIMATIVAS DE DESAPROPRIAÇÕES E INDENIZAÇÕES</b> .....	<b>19</b>
8.1 FAIXA DE SERVIDÃO.....	19
8.2 BENFEITORIAS .....	20
8.3 INDENIZAÇÕES POR DANOS À VEGETAÇÃO.....	20
<b>9. SUMÁRIO E RECOMENDAÇÕES PARA A IMPLANTAÇÃO</b> .....	<b>20</b>
9.1 ÍNDICES.....	20
9.2 CONDIÇÕES LOCAIS.....	21
9.3 RECOMENDAÇÕES PARA IMPLANTAÇÃO DA DIRETRIZ. ....	21
9.4 RESSALVA .....	22
<b>10. RELAÇÃO DOS DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA</b> .....	<b>22</b>
<b>BLOCO 2: SELEÇÃO DOS CONDUTORES</b> .....	<b>1</b>
<b>OBJETO E OBJETIVO</b> .....	<b>1</b>
1.1 ASPECTOS DO DESEMPENHO ELÉTRICO DA LINHA DE TRANSMISSÃO .....	1
<b>2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS CONDUTORES</b> .....	<b>2</b>
2.1 MATERIAL DOS CABOS.....	2
2.2 GEOMETRIA DAS FASES .....	3
<b>3. CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS REGIONAIS</b> .....	<b>4</b>
3.1 CONDICIONANTES MECÂNICAS, DINÂMICAS E DE OXIDAÇÃO .....	4
3.2 – CONDICIONANTES ELÉTRICOS.....	5
<b>4. SUPORTES PRECONIZADOS</b> .....	<b>5</b>
4.1 ESTRUTURAS.....	5
4.2 ISOLADORES E FERRAGENS .....	6
4.3 MONTAGEM.....	6
<b>5. DADOS DA CARGA PREVISTA</b> .....	<b>7</b>
5.1 ASPECTOS GERAIS .....	7
5.2 CURVAS DE CARGA E HORIZONTES.....	7

5.3	PARÂMETROS ELÉTRICOS DAS MÁQUINAS, DOS TRANSFORMADORES E CARACTERÍSTICAS DOS REGULADORES.....	8
<b>6.</b>	<b>AVALIAÇÃO DO MERCADO .....</b>	<b>8</b>
6.1	CUSTO DO CONDUTOR .....	8
6.2	TAXA DE ATUALIZAÇÃO DO CUSTO DAS PERDAS .....	9
6.3	CUSTO DA ENERGIA DAS PERDAS .....	9
6.4	VALOR PRESENTE ATUALIZADO DAS PERDAS DE ENERGIA <i>VERSUS</i> CUSTO DOS CABOS .....	10
<b>7.</b>	<b>EXPLANAÇÃO SUSCINTA DA TÉCNICA DE FEIXES .....</b>	<b>12</b>
7.1	ORIGEM E EXPERIÊNCIA COM CONDUTORES MÚLTIPLOS.....	12
7.2	FEIXE EXPANDIDO, A “LPNE TROPICAL” .....	13
7.3	CUIDADOS PARA O EMPREGO DE FEIXES EXPANDIDOS.....	14
<b>8.</b>	<b>COTEJO DAS ALTERNATIVAS DE CONDUTORES .....</b>	<b>15</b>
8.1	ASPECTOS ECONÔMICOS.....	15
8.2	ASPECTOS TÉCNICOS OPERATIVOS .....	16
8.3	NOVOS FATORES DIFERENCIADORES DO COTEJO.....	17
<b>9.</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>18</b>
9.1	QUANTO A ESCOLHA DO CONDUTOR.....	18
9.2	ASPECTOS LOGÍSTICOS E GERENCIAIS.....	19
<b>10.</b>	<b>RELAÇÃO DOS DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.....</b>	<b>19</b>
	<b><i>BLOCO 3: CRITÉRIOS BÁSICOS DO PROJETO .....</i></b>	<b><i>1</i></b>
<b>1.</b>	<b>OBJETO E OBJETIVO.....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>CARACTERÍSTICAS GERAIS.....</b>	<b>1</b>
<b>3.</b>	<b>CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS REGIONAIS.....</b>	<b>2</b>
3.1	TEMPERATURAS.....	2
3.2	PRESSÕES DE VENTO (CONFORME NBR-5422).....	2
<b>4.</b>	<b>TRANSPOSIÇÃO DAS LT .....</b>	<b>2</b>
<b>5.</b>	<b>DISTÂNCIAS VERTICAIS DE SEGURANÇA.....</b>	<b>2</b>
<b>6.</b>	<b>PLOTAÇÃO DAS ESTRUTURAS.....</b>	<b>3</b>
<b>7.</b>	<b>CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DOS CABOS .....</b>	<b>4</b>
7.1	CABO CONDUTOR .....	4
7.2	CABO PÁRA-RAIOS .....	4
7.3	FIO CONTRAPESO.....	5
<b>8.</b>	<b>ISOLADORES E CADEIAS .....</b>	<b>5</b>
<b>9.</b>	<b>ESTRUTURAS .....</b>	<b>6</b>
<b>10.</b>	<b>CONDIÇÕES DE GOVERNO.....</b>	<b>6</b>
10.1	CONDUTOR .....	6
10.2	PÁRA-RAIOS .....	6
10.3	CADEIAS DE ISOLADORES.....	7

11. FAIXA DE SERVIDÃO .....	7
12. NORMAS .....	7
13. RELAÇÃO DOS DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.....	7
14. APÊNDICES .....	8
14.1 DESENHOS DE CADEIAS .....	8
14.2 DESENHOS DE TORRES .....	8
15. ANEXO.....	8
<b>BLOCO 4: LISTAS DE MATERIAIS, CRONOGRAMA E QUANTITATIVOS .....</b>	<b>1</b>

**ANEXOS****ANEXOS I - RELATÓRIO FOTOGRÁFICO DE DEAMBULAÇÃO****ANEXO II - NOTA TÉCNICA****ANEXO III - NOTA TÉCNICA****ANEXO IV - MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS LINHAS DE TRANSMISSÃO**

**PARTE A**  
**SISTEMA ELÉTRICO E SUBESTAÇÕES AUXILIARES**

---

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1 OBJETO E OBJETIVO**

O objeto deste relatório é o PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O NORDESTE SETENTRIONAL.

Este relatório apresenta o escopo e a descrição geral dos sistemas, equipamentos e materiais elétricos para o Trecho I do PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O NORDESTE SETENTRIONAL.

As figuras 1.1 e 1.2 apresentam respectivamente a planta e perfil esquemáticos do Trecho I destacando os principais sistemas.

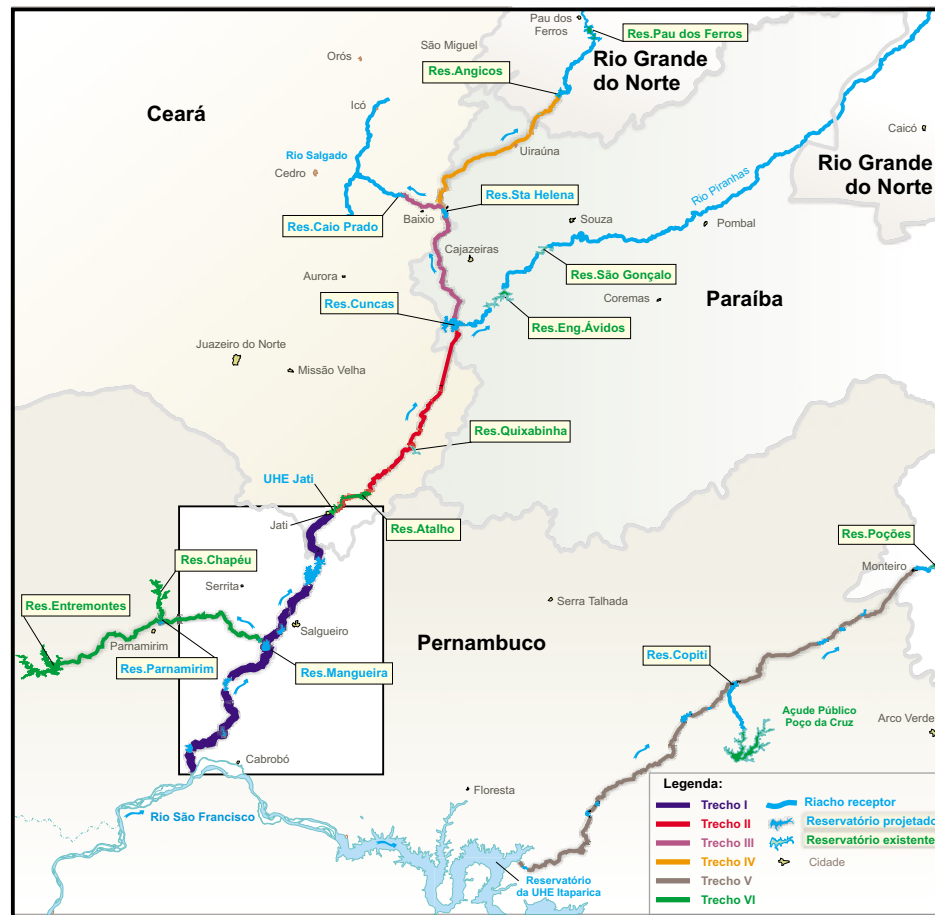
### **1.2 SUBESTAÇÕES ABAIXADORAS 230-6,9 kV**

As subestações serão do tipo convencional, barra simples, 230 kV.

É a partir das Subestações Abaixadoras que serão alimentadas as Estações de Bombeamento, que por sua vez alimentarão as Estruturas de Controle e Tomadas de Uso Difuso do Trecho I.

Serão em número de três (03), sendo uma para cada Estação de Bombeamento.

As subestações foram projetadas na margem direita do canal, aproximadamente a 80 m à montante das Estações de Bombeamento.



Planta Chave

- Legenda:
- Trecho I
  - Trecho II
  - Trecho III
  - Trecho IV
  - Trecho V
  - Trecho VI
  - Riacho receptor
  - Reservatório projetado
  - Reservatório existente
  - Cidade

- Legenda:
- Subestação existente
  - Tomada d'água nos reservatórios
  - Canal
  - Cidade
  - Linha de transmissão existente
  - Linha de transmissão projetada
  - Reservatório projetado
  - Reservatório existente
  - Estação de Bombeamento e Subestação (SE) (extensão da EB e linha de recalque em metro)
  - Estradas existentes
  - Aqueduto (AQ) - (extensão em metro)
  - Túnel (extensão em metro)
  - Galeria (extensão em metro)
  - Vazão de Dimensionamento
  - Trecho em canal (extensão em metro)

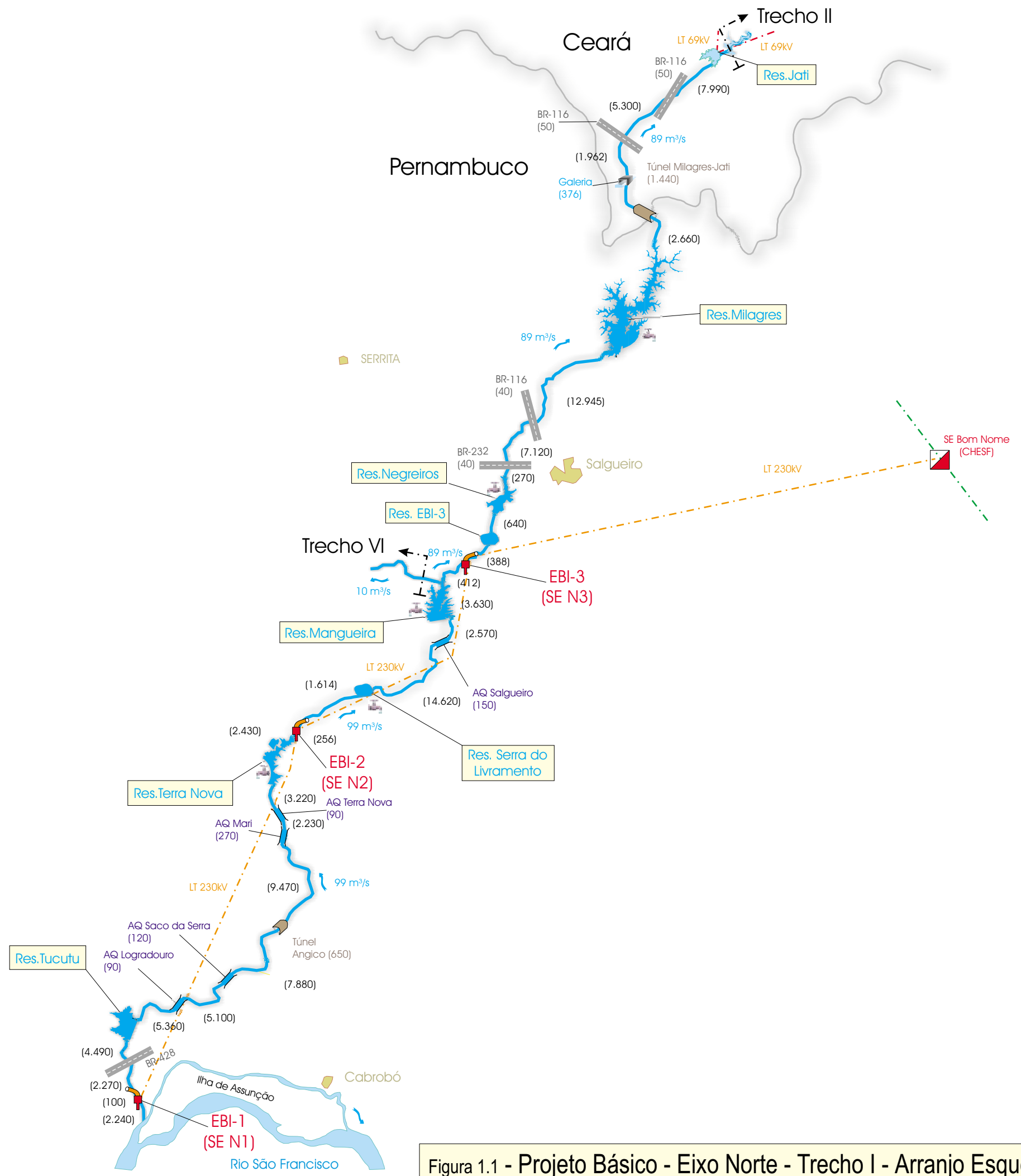


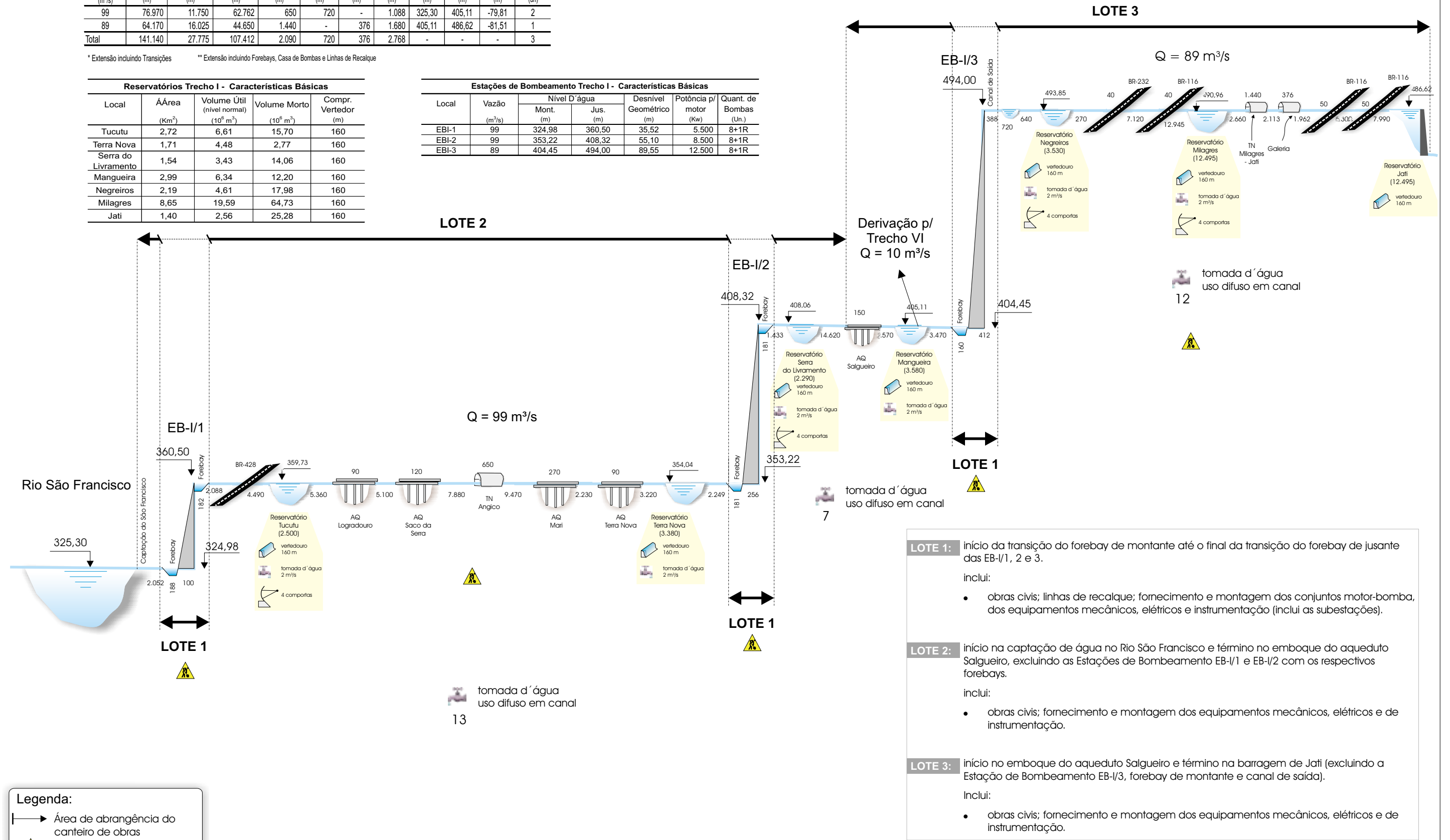
Figura 1.1 - Projeto Básico - Eixo Norte - Trecho I - Arranjo Esquemático

Vazão (m³/s)	Extensão							Níveis D'água			Quant. EB's
	Total (m)	Reservatórios (m)	Canais* (m)	Túneis (m)	Aquadutos (m)	Galerias (m)	EB's** (m)	Inicial	Final	Desnível (m)	
								(m)	(m)		
99	76.970	11.750	62.762	650	720	-	1.088	325,30	405,11	-79,81	2
89	64.170	16.025	44.650	1.440	-	376	1.680	405,11	486,62	-81,51	1
<b>Total</b>	<b>141.140</b>	<b>27.775</b>	<b>107.412</b>	<b>2.090</b>	<b>720</b>	<b>376</b>	<b>2.768</b>	-	-	-	<b>3</b>

\* Extensão incluindo Transições \*\* Extensão incluindo Forebays, Casa de Bombas e Linhas de Recalque

Reservatórios Trecho I - Características Básicas				
Local	Área (Km²)	Volume Útil (10⁶ m³)	Volume Morto (10⁶ m³)	Compr. Vertedor (m)
Tucutu	2,72	6,61	15,70	160
Terra Nova	1,71	4,48	2,77	160
Serra do Livramento	1,54	3,43	14,06	160
Mangueira	2,99	6,34	12,20	160
Negreiros	2,19	4,61	17,98	160
Milagres	8,65	19,59	64,73	160
Jati	1,40	2,56	25,28	160

Estações de Bombeamento Trecho I - Características Básicas						
Local	Vazão (m³/s)	Nível D'água		Desnível Geométrico (m)	Potência p/ motor (Kw)	Quant. de Bombas (Un.)
		Mont. (m)	Jus. (m)			
EBI-1	99	324,98	360,50	35,52	5.500	8+1R
EBI-2	99	353,22	408,32	55,10	8.500	8+1R
EBI-3	89	404,45	494,00	89,55	12.500	8+1R



- LOTE 1:** início da transição do forebay de montante até o final da transição do forebay de jusante das EB-I/1, 2 e 3.  
 inclui:  
 • obras civis; linhas de recalque; fornecimento e montagem dos conjuntos motor-bomba, dos equipamentos mecânicos, elétricos e instrumentação (inclui as subestações).
- LOTE 2:** início na captação de água no Rio São Francisco e término no emboque do aqueduto Salgueiro, excluindo as Estações de Bombeamento EB-I/1 e EB-I/2 com os respectivos forebays.  
 inclui:  
 • obras civis; fornecimento e montagem dos equipamentos mecânicos, elétricos e de instrumentação.
- LOTE 3:** início no emboque do aqueduto Salgueiro e término na barragem de Jati (excluindo a Estação de Bombeamento EB-I/3, forebay de montante e canal de saída).  
 inclui:  
 • obras civis; fornecimento e montagem dos equipamentos mecânicos, elétricos e de instrumentação.

Figura 1.2 - Projeto Básico - Eixo Norte - Trecho I - Principais Características



A alimentação das Subestações será feita através de uma linha de transmissão em circuito simples, 230 kV, fornecida pela concessionária local em um único ponto e distribuída para as demais Subestações (vide Parte B deste relatório).

A subestação N1, que alimenta a Estação de Bombeamento EBI-1, próximo à captação no Rio São Francisco, particularmente terá uma área destinada ao CENTRO DE CONTROLE E OPERAÇÃO (CCO).

As características principais dos equipamentos, bem como os descritivos das instalações serão apresentados a seguir.

### **1.3 ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO**

As Estações de Bombeamento do Trecho I são em número de três (03) entre a captação no Rio São Francisco próximo a Ilha de Assunção e cidade de Salgueiro e ambos no Estado de Pernambuco.

As Estações de Bombeamento EBI-1, EBI-2 e EBI-3 terão capacidade total de bombeamento respectivamente de 99 m<sup>3</sup>/s, 99 m<sup>3</sup>/s e 89 m<sup>3</sup>/s.

Os equipamentos das Estações de Bombeamento estão divididos nos pisos:

- Piso das Bombas;
- Piso dos Auxiliares Mecânicos;
- Piso dos Painéis de Média Tensão;
- Piso de Comando, Controle e Proteção.

As tensões de alimentação dos diversos equipamentos são:

- Distribuição em Média Tensão: sistema trifásico em estrela solidamente aterrada, três fios, 6900 V, 60 Hz;
- Auxiliares: sistema trifásico em estrela, neutro solidamente aterrado destinado a suprir circuitos de potência, demarradores, iluminação, aquecimento dos cubículos e tomadas monopulares, quatro fios, 380/220 V, 60 Hz;

- Controle, Sinalização e Emergência: sistema de corrente contínua, isolado, 125 V, faixa de variação da tensão de + 10% a –20%;
- Telecomunicações: sistema de corrente contínua, positivo aterrado, 48 V, (tensão conseguida através de conversor retirada do 125 Vcc);
- Equipamento do Sistema de Controle e Supervisão Digital (SCSD), níveis 2 sistema monofásico com neutro aterrado, dois fios, 220 V, faixa de variação da tensão de + 2% a –2%, 60 Hz.

Os motores síncronos de eixo vertical terão instalação abrigada e serão em número de nove (09) por Estação de Bombeamento, sendo uma unidade reserva.

Todos os equipamentos elétricos da Estação de Bombeamento serão instalados abrigados, em galerias localizadas próximo aos pontos de utilização.

A sala de controle de cada Estação de Bombeamento será climatizada, as demais áreas da instalação serão apenas ventiladas e de preferência com ventilação natural.

As características principais dos motores e seus sistemas associados, sistemas elétricos auxiliares, bem como os descritivos das instalações serão apresentados a seguir.

## **1.4 ESTRUTURAS DE CONTROLE**

O projeto desenvolvido considerou que as estruturas de controle serão equipadas, cada uma, com quatro comportas do tipo segmento, com controle de nível a montante e a jusante, controle de vazão, pela abertura ou fechamento de cada comporta, telecomandado, ou operacional por comando local. O acionamento das comportas foi idealizado com quatro servomotores óleo-hidráulicos, um em cada lateral da comporta, com uma central de pressurização de óleo única.

Para a manutenção das comportas segmento, foi previsto um jogo de painéis de comportas-ensecadeiras para fechamento a montante e a jusante, isolando uma comporta segmento de cada vez. Para movimentação dos painéis das comportas-ensecadeiras, a montante e a jusante serão utilizados caminhões tipo Munck.

A alimentação dos sistemas elétricos das Estruturas de Controle será através de uma linha de transmissão em 6,9 kV proveniente da Estação de Bombeamento mais próxima.

Nas Estruturas de Controle serão instalados transformadores abaixadores de 6900-380/220 V, com potência necessária a cada tipo de instalação, cujos equipamentos e sistemas serão descritos a seguir.

## **1.5 TOMADAS D' ÁGUA DE USO DIFUSO**

O projeto desenvolvido considerou que as Tomadas de Uso Difuso serão de três (03) tipos diferentes a saber:

- a) Tomadas D' Água de Uso Difuso nas barragens, com capacidade de 2 m<sup>3</sup>/s e que serão equipadas, cada uma, com dois registros, duas válvulas dispersoras de 1,0 m<sup>3</sup>/s cada, com controle e medição de vazão, telecomandados, ou operacional por comando local;
- b) Tomadas D' Água de Uso Difuso nos canais com bombeamento, com capacidades de 0,1 m<sup>3</sup>/s, 0,2 m<sup>3</sup>/s e 0,5 m<sup>3</sup>/s e que serão equipadas com bombas, com controle e medição de vazão, operadas por comando local;
- c) Tomadas D' Água de Uso Difuso nos canais, sem bombeamento, com capacidades de 0,1 m<sup>3</sup>/s, 0,2 m<sup>3</sup>/s e 0,5 m<sup>3</sup>/s e que serão equipadas com controle e medição de vazão, operação por comando local.

A alimentação dos sistemas elétricos das Tomadas D' Água de Uso Difuso será feita através de uma linha de transmissão em 6,9 kV proveniente da Estação de Bombeamento mais próxima.

Nas Tomadas de Uso Difuso serão instalados transformadores abaixadores de 6900-380/220 V, com potência necessária a cada tipo de instalação, cujos equipamentos e sistemas serão descritos a seguir.

## **2. DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS ELÉTRICOS**

### **2.1 NAS SUBESTAÇÕES ABAIXADORAS 230-6,9 kV**

As subestações abaixadoras (N1, N2 e N3), são alimentadas eletricamente através de uma linha de transmissão em circuito simples proveniente do sistema de 230 kV da CHESF. O sistema da CHESF alimenta a subestação N3 que por sua vez através de um circuito simples alimenta a subestação N2 e a N2 alimenta a N1.

Serão instalados os seguintes equipamentos e sistemas:

- Subestação abaixadora 230-6,9 kV;
- Transformadores abaixadores 230-6,9 kV;
- Sistema de comando, controle, proteção e supervisão (apresentado no relatório R-11, Nº 261-FUN-TSF-RT-B0017);
- Sistema de telecomunicação;
- Sistema de serviços auxiliares de corrente alternada (proveniente da estação de bombeamento);
- Sistema de serviços auxiliares de corrente contínua (proveniente da estação de bombeamento);
- Sistema de iluminação;
- Sistema de vias de cabos;
- Sistema de fiação;
- Sistema de aterramento (interligado ao sistema da estação de bombeamento);
- Sistema de proteção atmosférica.

### **2.2 NAS ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO**

As estações de bombeamento (EBI-1, EBI-2 e EBI-3), serão alimentadas eletricamente através das subestações abaixadoras 230-6,9 kV.

Serão instalados os seguintes equipamentos e sistemas:

- Motores e equipamentos associados;
- Sistema de Distribuição de Média Tensão;
- Sistemas de partidas dos conjuntos de motores;
- Sistema de comando, controle, proteção e supervisão (apresentado no relatório R-11, Nº 261-FUN-TSF-RT-B0017);
- Sistema de telecomunicação;
- Sistema de serviços auxiliares de corrente alternada;
- Sistema de serviços auxiliares de corrente contínua;
- Sistema de iluminação;
- Sistema de vias de cabos;
- Sistema de fiação;
- Sistema de aterramento;
- Sistema de proteção atmosférica.

### **2.3 NAS ESTRUTURAS DE CONTROLE**

As estruturas de controle serão alimentadas através de uma linha de transmissão de 6,9 kV proveniente da EB mais próxima.

No total são quatro com comportas de segmento de superfície em cada estrutura de controle.

Serão instalados os seguintes equipamentos e sistemas:

- Sistema de comando, controle e supervisão;
- Sistema de telecomunicação;
- Transformador de distribuição 6900-380/220 V;
- Sistema de distribuição de corrente alternada;
- Sistema de iluminação;
- Sistema de fiação e vias de cabos;
- Sistema de aterramento;

- Sistema de proteção atmosférica.

## **2.4 NAS TOMADAS D'ÁGUA DE USO DIFUSO**

As tomadas d'água de uso difuso serão alimentadas através de uma linha de transmissão de 6,9 kV proveniente da EB mais próxima. São 07 tipos de tomadas de uso difuso:

- Seis unidades de 2 m<sup>3</sup>/s com 02 válvulas dispersoras de 1,0 m<sup>3</sup>/s cada;
- Seis unidades de 0,1 m<sup>3</sup>/s, com bombeamento;
- Cinco unidades de 0,2 m<sup>3</sup>/s, com bombeamento;
- Cinco unidades de 0,5 m<sup>3</sup>/s, com bombeamento;
- Seis unidades de 0,1 m<sup>3</sup>/s, sem bombeamento;
- Cinco unidades de 0,2 m<sup>3</sup>/s, sem bombeamento;
- Cinco unidades de 0,5 m<sup>3</sup>/s, sem bombeamento;

Serão instalados os seguintes equipamentos e sistemas:

- Sistema de comando, controle e supervisão;
- Sistema de telecomunicação;
- Transformador de distribuição 6900-380/220 V;
- Sistema de distribuição de corrente alternada;
- Sistema de iluminação;
- Sistema de fiação e vias de cabos;
- Sistema de aterramento;
- Sistema de proteção atmosférica.

### **3. DETALHAMENTO DOS SISTEMAS ELÉTRICOS**

#### **3.1 SUBESTAÇÕES ABAIXADORAS 230-6,9 kV**

As subestações abaixadoras N1, N2 e N3 são constituídas pelos vãos:

- 01 Vão de entrada;
- 01 Vão de saída (exceto N1);
- 04 Vãos de transformadores.

##### **3.1.1 Vão de Entrada / Saída**

O vão de entrada é constituído dos seguintes equipamentos:

###### **3.1.1.1 Subestação N1, N2 e N3**

- 03 Pára-raios, monofásicos, 192 kV;
- 03 Transformadores de Potencial, monofásicos, 245 kV, relação 1200/2000:1, relação 0,6WXYZ e 0,3WXY;
- 01 Seccionador com lamina de terra, trifásico, 245 kV, 1250 A, motorizada, abertura vertical;
- 01 Seccionador sem lamina de terra, trifásico, 245 kV, 1250 A, motorizada, abertura vertical;
- 03 Transformadores de Corrente, monofásicos, 245 kV, RM 400-5-5 A, classe de precisão para proteção 10B400, medição 0,6C50;
- 01 Disjuntor, trifásico, 245 kV, 1250 A, 40 kA;
- 03 Transformadores de Potencial, monofásicos, 245 kV, relação 1200/2000:1, relação 0,6WXYZ e 0,2WXY (para medição de faturamento, somente entrada da N3);

- 03 Transformadores de Corrente, monofásicos, 245 kV, RM 400-5 A, classe de precisão para medição 0,3C25 (para medição de faturamento); (somente entrada da N3).

### **3.1.2 Vão de Transformador**

O vão de transformador é constituído dos seguintes equipamentos:

#### **3.1.2.1 Subestação N1**

- 03 Pára-raios, monofásicos, 192 kV;
- 03 Pára-raios, monofásicos, 7,2 kV;
- 01 Seccionador sem lamina de terra, trifásico, 245 kV, 1250 A, motorizada, abertura vertical;
- 03 Transformadores de Corrente, monofásicos, 245 kV, RM 400-5-5 A, classe de precisão para proteção 10B400;
- 01 Disjuntor, trifásico, 245 kV, 1250 A, 40 kA;
- 01 Transformador de Corrente, monofásico, 7,2 kV, relação 2000-5 A, classe de precisão para proteção 0,3C25 (para medição de faturamento);
- 01 Transformador de Força, trifásico, 230 (+/-2X2,5%)-6,9 kV, 18/23 MVA, a óleo, ONAN/ONAF, conforme norma NBR 5356.

#### **3.1.2.2 Subestação N2**

- 03 Pára-raios, monofásicos, 192 kV;
- 03 Pára-raios, monofásicos, 7,2 kV;
- 01 Seccionador sem lamina de terra, trifásico, 245 kV, 1250 A, motorizada, abertura vertical;
- 03 Transformadores de Corrente, monofásicos, 245 kV, RM 400-5-5 A, classe de precisão para proteção 10B400;
- 01 Disjuntor, trifásico, 245 kV, 1250 A, 40 kA;
- 01 Transformador de Corrente, monofásico, 7,2 kV, relação 2000-5 A, classe de precisão para proteção 0,3C25 (para medição de faturamento);



- 01 Transformador de Força, trifásico, 230 (+/-2X2,5%)-6,9 kV, 28/36MVA, a óleo, ONAN/ONAF, conforme norma NBR 5356.

### **3.1.2.3 Subestação N3**

- 03 Pára-raios, monofásicos, 192 kV;
- 03 Pára-raios, monofásicos, 7,2 kV;
- 01 Seccionador sem lamina de terra, trifásico, 245 kV, 1250 A, motorizada, abertura vertical;
- 03 Transformadores de Corrente, monofásicos, 245 kV, RM 400-5-5 A, classe de precisão para proteção 10B400;
- 01 Disjuntor, trifásico, 245 kV, 1250 A, 40 kA;
- 01 Transformador de Corrente, monofásico, 7,2 kV, relação 2000-5 A, classe de precisão para proteção 0,3C25 (para medição de faturamento);
- 01 Transformador de Força, trifásico, 230 (+/-2X2,5%)-6,9 kV, 40/50MVA, a óleo, ONAN/ONAF, conforme norma NBR 5356.

### **3.1.3 Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Alternada**

Os Serviços Auxiliares em corrente alternada estão projetados de forma a garantir a segurança de pessoal e de equipamentos, bem como a integridade estrutural das Subestações considerando uma operação automática e não atendida da instalação.

O quadro do sistema de serviços auxiliares de corrente alternada (QDSE) da subestação será alimentado através de 02 (dois) circuitos provenientes do QDCA da Estação de Bombeamento respectiva.

As características do quadro são:

- Tensão nominal..... 380/220 Vca;
- Formação.....Trifásico+Neutro;
- Frequência.....60 Hz;
- Corrente Nominal..... 150 A;

- Corrente de Curto Circuito .....15 kA

### **3.1.4 Sistema de serviços auxiliares de corrente contínua**

Os Serviços Auxiliares em Corrente Contínua estão projetados de forma a alimentar com alta segurança os dispositivos de comando, controle e proteção das Subestações, considerando-se uma operação automática e não atendida da instalação.

O sistema de corrente contínua da subestação será alimentado através de 01 (um) circuito proveniente do QDCC da Estação de Bombeamento respectiva.

As características do sistema são:

- Tensão nominal..... 125 Vcc;
- Formação.....Positivo e Negativo isolados;
- Corrente Nominal.....30 A;
- Corrente de Curto Circuito .....10 kA.

### **3.1.5 Sistema de Iluminação e Tomadas**

O sistema de iluminação proporcionará o iluminamento adequado às diversas áreas das Subestações, dimensionado de acordo com a importância do ambiente atendido ou do tipo de serviço que determinado equipamento realiza, levando-se em conta que, certos ambientes, um nível mínimo de iluminamento deverá ser mantido sob quaisquer condições de operação, bem como o regime de operação não assistida.

Na área interna da casa de relés haverá dois níveis de iluminamento com valores definidos de acordo com a NBR-5413, um para operação normal e outro para serviços de manutenção, além de iluminação suplementar localizada, quando necessário. A iluminação de emergência, nas áreas onde podem ser realizados serviços, será dimensionada para níveis de 30 lux.

Além do previsto acima haverá iluminação de balizamento nas áreas externas e onde possa ocorrer circulação de pessoal, a iluminação será projetada para

garantir um iluminamento mínimo de 5 lux. Nas áreas com equipamentos manobráveis, será previsto um iluminamento mínimo de 15 lux além de iluminamento localizado de 150 lux para a sala de painéis elétricos bem como a possibilidade de instalação de projetores portáteis.

Serão instaladas nas áreas externas:

- Projetores de uso interno ou externo para lâmpada vapor de sódio 400W, instalado nas estruturas;
- Tomadas para distribuição de energia no pátio em circuito monofásico 220 Vca;
- Tomadas para tratamento de óleo dos transformadores em circuito trifásico 380 Vca.

Serão instaladas nas áreas internas da casa de relés:

- Luminária de sobrepor/embutir (2x) 32W, para uso interno, instalado na casa de relés;
- Tomadas para distribuição de energia na casa de relés em circuito monofásico 220 Vca;

### **3.1.6 Sistema de Vias de Cabos**

O sistema de vias de cabos da subestação deverá ser implantado em canaletas de alvenaria no pátio de manobras e em eletrodutos de aço galvanizado a fogo para a interligação com os equipamentos de pátio.

Internamente nas canaletas, os cabos deverão ser suportados e separados em níveis de acordo com funções específicas (media tensão/baixa tensão ca/controle/telecomunicação).

Os eletrodutos para acoplamento aos equipamentos também deverão conter cabos de mesma função e ser em eletrodutos flexíveis.

### **3.1.7 Sistema de Fiação**

O sistema de fiação compreenderá o conjunto de cabos e fios isolados necessários à interligação dos equipamentos entre a Subestação e Casa de Relés, entre a Casa de Relés e a Estação de Bombeamento. Estão considerados todos os cabos utilizados na distribuição de energia, comando, controle, proteção, telefonia e iluminação.

Serão considerados os seguintes requisitos gerais na definição dos cabos :

- resistência térmica;
- resistência mecânica;
- resistência à umidade e aos agentes externos;
- resistência ao fogo e características de não propagação de chama;
- características de dobramento e flexibilidade.

#### **3.1.7.1 Tipos de Cabos**

As categorias de cabos são as seguintes:

- Cabos de Controle, com isolamento termoplástico ou termoestável, classe 600 V multipolares, blindados ou não, com condutores de cobre;
- Cabos de iluminação, com isolamento termoplástico de PVC, classe 600 V, podendo ser unipolares ou multipolares, com condutores de cobre têmpera mole, e bitola mínima de 2,5 mm<sup>2</sup>;
- Cabos de energia, em baixa tensão (0,6 a 1 kV) com três (03) condutores de seção mínima de 4 mm<sup>2</sup> e máxima de 50 mm<sup>2</sup> e cabos de 1 condutor para seções superiores a 50 mm<sup>2</sup>;
- Cabos de energia, em média tensão (maior que 1 kV) com um (01) condutor com seção mínima de 25 mm<sup>2</sup>;
- Cabos tipo telefônico, multipares, blindados para Sistema de Controle Digital.

Serão utilizados cabos de quatro (04) condutores para ligação de transformadores de instrumentos, cabos de até doze (12) condutores para os sistemas de controle

de 125 Vcc e cabos de até 50 pares no Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC).

Os cabos serão dimensionados de acordo com suas aplicações, respeitando-se as quedas máximas de tensões ditadas por normas ou suportadas pelas cargas, e pelas elevações máximas de temperatura em regime e em condições de curto-circuito. Porém, em qualquer condição, as quedas de tensão entre os terminais de saída dos transformadores de serviços auxiliares e as cargas serão no máximo de 6% sobre o valor nominal, para circuitos de iluminação 8%, para outras utilizações, respeitando-se uma queda parcial de 2% nos circuitos terminais de iluminação. Os circuitos terminais para motores serão dimensionados para no mínimo 125% do valor nominal da corrente de carga.

### **3.1.8 Sistema de Aterramento**

O sistema de aterramento foi dimensionado conforme norma IEEE 80/1976 levando em consideração um solo com resistividade de 1000  $\Omega$ m.

Para cálculo da resistência de aterramento da instalação, bem como de potenciais perigosos, nas Subestações e Estações de Bombeamento, no projeto executivo, deverão ser realizadas medições para obtenção da resistividade do solo na região das instalações, através do método de WERNER.

As subestações deverão ser providas de um sistema de aterramento constituído por cabos de cobre nu enterrados a uma profundidade mínima de 60 cm, interconectados por soldagem decorrente de processo exotérmico.

Os condutores principais da malha de aterramento serão lançados longitudinalmente aos vãos para receber os cabos de aterramento dos equipamentos e estruturas.

Junto aos equipamentos que operam aterrados, como pára-raios, e nos locais de aterramento de neutros de transformadores, o sistema deverá ser complementado com a instalação de hastes de aterramento.

No dimensionamento do cabo da malha foi adotado um tempo de eliminação da falta de um (01) segundo, para cálculo dos potenciais deverá ser adotado um tempo de falta de 0,5 segundo.

O espaçamento entre condutores da malha foi estabelecido em função do controle das tensões de toque, passo e corrente de malha. A bitola dos cabos da malha será definida em função das correntes de curto circuito previstas para o local, adotando-se como bitola mínima por 95 mm<sup>2</sup> razão dos esforços mecânicos do lançamento e instalação.

O alambrado das subestações foi incluído no sistema de aterramento, seccionando-se o mesmo sob as saídas ou entradas de linhas.

Os alambrados foram conectados a malha de aterramento e foi estendido externamente à área por eles delimitada para controle da tensão de toque nos mesmos, um cabo à distância de 1,0 metro.

As estruturas e partes metálicas não energizadas dos equipamentos foram conectadas à malha de aterramento por meio de cabos de cobre nu de bitola mínima 70 mm<sup>2</sup>.

A malha tem características suficientes para garantir que as diferenças de potencial locais se situem dentro dos limites aceitáveis por norma inclusive no tocante à resistência de aterramento.

O Sistema de aterramento das Subestações serão interligados ao Sistema de Aterramento das Estações de Bombeamento.

### **3.1.9 Sistema de Proteção Atmosférica**

Todas as subestações deverão ter seus equipamentos e instalações protegidas contra descargas atmosféricas.

Para tanto deverão ser empregadas hastes, pára-raios e utilizados cabos guarda em posições estudadas para que se consiga uma proteção adequada a todas as instalações.

Todos os equipamentos utilizados para a proteção atmosférica deverão ser rigidamente conectados na malha de terra da subestação.

### **3.2 ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO**

#### **3.2.1 Motores e Equipamentos Associados**

São considerados Equipamentos Associados todos os sistemas auxiliares elétricos ou mecânicos diretamente ligados aos motores como por exemplo: sistema de excitação, sistema de resfriamento (se aplicável), sistema de freios (se aplicável), sistema de óleo (se aplicável), etc.

Os Motores e Equipamentos Associados da EBI-1 são os seguintes:

- 9 motores síncronos, partida suave soft starter, sendo 1 motor de reserva, com as características:

Potência Nominal	5.500 kW
Tensão Nominal	6.900 V
Frequência Nominal	60 Hz
Fator de Potência	1
Rotação Nominal	360 rpm

Os Motores e Equipamentos Associados da EBI-2 são os seguintes:

- 9 motores síncronos, partida suave soft starter, sendo 1 motor de reserva, com as características:

Potência Nominal	8.500 kW
Tensão Nominal	6.900 V
Frequência Nominal	60 Hz
Fator de Potência	1
Rotação Nominal	360 rpm

Os Motores e Equipamentos Associados da EBI-3 são os seguintes:

- 9 motores síncronos, partida suave soft starter, sendo 1 motor de reserva, com as características:

Potência Nominal	12.500 kW
Tensão Nominal	6.900 V
Frequência Nominal	60 Hz
Fator de Potência	1
Rotação Nominal	450 rpm

### **3.2.2 Sistema de Distribuição de Média Tensão**

O Sistema de Distribuição de Média Tensão é constituído de cubículos equipados com disjuntores, transformadores de corrente, transformadores de potencial, sistema de medição, sistema de proteção, etc. que, recebendo alimentação proveniente dos transformadores abaixadores, alimentarão os motores, os circuitos de 6,9 kV, os transformadores auxiliares.

#### **3.2.2.1 Sistema de Distribuição de Média Tensão para EBI-1, EBI-2 e EBI-3**

O Sistema de Distribuição de Média Tensão, na tensão de 6900 V, trifásico das EB's acima é constituído por:

- 4 cubículos de entrada proveniente de transformadores abaixadores, cada um composto por: disjuntor, transformadores de corrente, sistema de proteção, sistema de medição e sistema de intertravamento;
- 9 cubículos para alimentação dos motores, cada um composto por: disjuntor, transformadores de corrente, transformadores de potencial, sistema de proteção e sistema de medição;



- 3 cubículos de interligação compostos por: disjuntor, sistema de intertravamento;
- 2 cubículos para alimentação dos transformadores de serviços auxiliares, cada um composto por: disjuntor, transformadores de corrente, transformadores de potencial, sistema de proteção e sistema de medição;
- 2 cubículos para alimentação das linhas de transmissão 6,9 kV, cada um composto por: disjuntor, transformadores de corrente, transformadores de potencial, pára-raios, sistema de proteção e sistema de medição;

### **3.2.3 Sistemas de Partidas dos Conjuntos de Motores**

Os sistemas de partida estão especificados para que durante o processo de partida ou de parada dos conjuntos moto-bombas não transmitam esforços desnecessários as instalações e aos condutos.

Nessas condições esta sendo especificado o processo de partida suave ou Soft Starter, uma unidade para cada motor, em 6900 V, trifásico, que deverão ser fornecidas de acordo com a potência dos motores, apresentadas no item 3.2.1.

### **3.2.4 Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Alternada**

O Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Alternada é constituído por transformadores de serviços auxiliares, quadros de distribuição das estações de bombeamento, quadros de distribuição das subestações e grupos diesel geradores. As tensões de utilização para os serviços auxiliares de corrente alternada é de 380/220 Vca.

#### **3.2.4.1 Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Alternada para EBI-1, EBI-2 e EBI-3**

O Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Alternada, na tensão de 380/220 V, trifásico de cada EBI é constituído por:

- 2 transformadores trifásicos, 6900-380/220 Vca, 500 kVA, seco, AN, encapsulados em epóxi, conforme norma NBR10295, completo com todos os acessórios de norma, transformador de corrente de neutro;

- 1 quadro de distribuição de corrente alternada QDCA, completo com alimentadores provenientes dos transformadores de serviços auxiliares, alimentador proveniente do grupo diesel gerador, disjuntor de interligação, alimentadores de cargas, demarradores de motores, transformadores de corrente, sistema de proteção, sistema de medição, sistema de intertravamento;
- 1 quadro de distribuição de corrente alternada da subestação QDSE, completo com alimentadores provenientes do quadro QDCA, alimentadores de cargas, transformadores de corrente, sistema de proteção, sistema de medição, sistema de intertravamento;
- 1 grupo diesel gerador trifásico, 150kVA, 380/220 Vca, completo com painel PCGD com alimentador para QDCA, transformadores de corrente, sistema de proteção, sistema de medição, sistema de intertravamento.

### **3.2.5 Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Contínua**

O Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Contínua é constituído por carregadores de baterias, baterias, quadros de distribuição.

As tensões de utilização para os serviços auxiliares de corrente contínua é de 125 Vcc para comando, controle e proteção, a tensão 48 Vcc a ser utilizada em telecomunicação será proveniente de conversores 125-48 Vcc a ser instalado nos quadros de telecomunicação.

#### **3.2.5.1 Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Contínua para EBI-1, EBI-2 e EBI-3**

O Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Contínua, na tensão de 125 Vcc, positivo e negativo isolados de cada EB é constituído por:

- 2 carregadores de baterias entrada trifásica 380 Vca, saída 125 Vcc, 10 kVA, 75A, alimentados através do QDCA, com unidade de diodos de queda;
- 1 bateria com 60 elementos tensão nominal 125 V, 300 Ah/10horas, alimentada pelos carregadores;

- 1 quadro de distribuição de corrente contínua QDCC, completo com alimentador proveniente dos retificadores através da unidade de diodos de queda, alimentadores de cargas, shunt, sistema de proteção, sistema de medição.

### **3.2.6 Sistema de Iluminação e Tomadas**

O sistema de iluminação proporcionará o iluminamento adequado às diversas áreas da Estação de Bombeamento, dimensionado de acordo com a importância do ambiente atendido ou do tipo de serviço que determinado equipamento realiza, levando-se em conta que, certos ambientes, um nível mínimo de iluminamento deverá ser mantido sob quaisquer condições de operação, bem como o regime de operação não assistida.

Na área interna da Estação de Bombeamento haverá dois níveis de iluminamento com valores definidos de acordo com a NBR-5413, um para operação normal e outro para serviços de manutenção, além de iluminação suplementar localizada, quando necessário. A iluminação de emergência, nas áreas onde podem ser realizados serviços, será dimensionada para níveis de 30 lux.

Além do previsto acima haverá iluminação de balizamento nas áreas externas e onde possa ocorrer circulação de pessoal, a iluminação será projetada para garantir um iluminamento mínimo de 5 lux. Nas áreas com quadros elétricos, vestiários, sala de baterias, será previsto um iluminamento mínimo de 150 lux além de iluminamento localizado de 350 lux para a sala de controle bem como a possibilidade de instalação de projetores portáteis.

Serão instaladas nas áreas externas:

- Projetores de uso interno ou externo para lâmpada vapor de sódio 400W, instalado nas estruturas;
- Serão instaladas nas áreas internas da Estação de Bombeamento:
  - Luminária de sobrepor/embutir (2x) 40 W, para uso interno, instalada na sala de painéis elétricos, sala de controle, vestiários, sala de quadros elétricos;

- Luminária para lâmpada incandescente (1x) 150 W para uso interno, instalado na área do grupo diesel gerador e compressor;
- Luminária para lâmpada incandescente (1x) 150 W a prova de gases e vapores para uso interno, instalada na sala de baterias;
- Tomadas para distribuição de energia na Estação de Bombeamento em circuito monofásico 220 Vca;
- Tomadas para distribuição de energia na Estação de Bombeamento em circuito trifásico 380 Vca.

### **3.2.7 Sistema de Vias de Cabos**

O sistema de vias de cabos das estações de bombeamento deverá ser implantado em bandejas de aço galvanizado, largura 400 mm, aba 100 mm e em eletrodutos flexíveis com conectores para ligação aos equipamentos e motores.

Internamente às bandejas, os cabos deverão ser suportados e separados em níveis de acordo com funções específicas (média tensão/baixa tensão ca/controle/telecomunicação).

Os eletrodutos para acoplamento aos equipamentos também deverão conter cabos de mesma função.

### **3.2.8 Sistema de Fiação**

O sistema de fiação compreenderá o conjunto de cabos e fios isolados necessários à interligação dos equipamentos, entre os equipamentos e o sistema de proteção, entre os equipamentos e o sistema de controle, estão considerados todos os cabos utilizados na distribuição de energia, comando, controle, proteção, telefonia e iluminação.

Serão considerados na definição dos cabos os seguintes requisitos gerais:

- resistência térmica;
- resistência mecânica;
- resistência à umidade e aos agentes externos;

- resistência ao fogo e características de não propagação de chama;
- características de dobramento e flexibilidade.

### 3.2.8.1 Tipos de Cabos

As categorias de cabos são as seguintes:

- Cabos de Controle, serão cabos com isolamento termoplástico ou termoestável, classe 600 V, multipolares, blindados ou não, com condutores de cobre;
- Cabos de iluminação, serão cabos com isolamento termoplástico de PVC, classe 600 V, podendo ser unipolares ou multipolares, com condutores de cobre têmpera mole, e bitola mínima de 2,5 mm<sup>2</sup>;
- Cabos de energia, em baixa tensão (0,6 a 1 kV) serão cabos de três (03) condutores com seção mínima de 4 mm<sup>2</sup> e máxima de 50 mm<sup>2</sup> e, cabos de 1 condutor para seções superiores a 50 mm<sup>2</sup>;
- Cabos de energia, em média tensão (maior que 1 kV) serão cabos de um (01) condutor com seção mínima de 25 mm<sup>2</sup>;
- Cabos tipo telefônico, multipares, blindados para Sistema de Controle Digital.

Serão utilizados cabos de quatro (04) condutores para ligação de transformadores de instrumentos, cabos de até doze (12) condutores para os sistemas de controle de 125 Vcc e cabos de até 50 pares no Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC).

Os cabos serão dimensionados de acordo com suas aplicações, respeitando-se as quedas máximas de tensões ditadas por normas ou suportadas pelas cargas, e pelas elevações máximas de temperatura em regime e em condições de curto-circuito. Porém, em qualquer condição, as quedas de tensão entre os terminais de saída dos transformadores de serviços auxiliares e as cargas serão no máximo de 6% sobre o valor nominal, para circuitos de iluminação 8%, para outras utilizações, respeitando-se uma queda parcial de 2% nos circuitos terminais de iluminação. Os circuitos terminais para motores serão dimensionados para no mínimo 125% do valor nominal da corrente de carga.

### 3.2.9 Sistema de Aterramento

O sistema de aterramento foi dimensionado conforme norma IEEE 80/1976 levando em consideração um solo com resistividade de 1000  $\Omega\text{m}$ .

Para cálculo da resistência de aterramento da instalação, bem como de potenciais perigosos, nas Estações de Bombeamento e Subestações, no projeto executivo, deverão ser realizadas medições para obtenção da resistividade do solo na região das instalações, através do método de WERNER.

As Estações de Bombeamento foram providas de um sistema de aterramento constituído por cabos de cobre nu sobre o solo escavado interconectados por soldagem decorrente de processo exotérmico, interligação da malha com as ferragens estruturais também através de conexões exotérmicas.

Os condutores principais que sobem para os níveis superiores serão conectados a placas de aterramentos, possibilitando a conexão dos equipamentos e partes metálicas não energizáveis ao sistema de aterramento.

A bitola mínima dos condutores principais foi adotada em 95 mm<sup>2</sup> em função dos esforços mecânicos do lançamento e instalação.

No dimensionamento do cabo da malha foi adotado um tempo de eliminação da falta de um (01) segundo, para cálculo dos potenciais deverá ser adotado um tempo de falta de 0,5 segundo.

As estruturas e partes metálicas não energizadas dos equipamentos serão conectadas à malha de aterramento por meio de cabos de cobre nu de bitola mínima 25 mm<sup>2</sup>.

A malha terá características suficientes para garantir que as diferenças de potencial locais se situem dentro dos limites aceitáveis por norma inclusive no tocante à resistência de aterramento.

O Sistema de aterramento das Estações de Bombeamento serão interligados ao Sistema de Aterramento das Subestações.

### **3.2.10 Sistema de Proteção Atmosférica**

Todas as Estações de Bombeamento deverão ter seus equipamentos e instalações protegidas contra descargas atmosféricas.

Para tanto deverão ser empregadas hastes, pára-raios e utilizados cabos guarda em posições estudadas para que se consiga uma proteção adequada a todas as instalações.

Todos os equipamentos utilizados para a proteção atmosférica deverão ser rigidamente conectados na malha de terra da estação de bombeamento.

## **3.3 ESTRUTURAS DE CONTROLE**

O sistema elétrico de cada Estrutura de Controle é alimentado em 6900 V proveniente da Estação de Bombeamento mais próxima e é constituído por:

### **3.3.1 Transformador de Distribuição 6900-380/220 V**

1 transformador de distribuição trifásico, 6900-380/220 V, 30 kVA a óleo, instalado em poste.

### **3.3.2 Sistema de Distribuição de Corrente Alternada**

O Sistema de Distribuição de Corrente Alternada, na tensão de 380/220 V, trifásico de cada Estrutura de Controle é constituído por:

- 1 quadro de distribuição de corrente alternada QDRE para instalação abrigada, completo com alimentador proveniente do transformador de distribuição, alimentadores de cargas, demarradores de motores da central oleodinâmica, com espaço para instalação de uma UAC de fornecimentos do sistema de comando e controle.

### **3.3.3 Sistema de Iluminação e Tomadas**

O sistema de iluminação proporcionará o iluminamento adequado às diversas áreas da Estrutura de Controle.

Na casa com central oleodinâmica e quadro elétrico o nível de iluminação previsto é de 150 lux, na área externa o nível previsto é de 15 lux.

Serão instaladas nas áreas externas:

- Projetores de uso interno ou externo para lâmpada vapor de sódio 250W, instalado nas estruturas;
- Serão instaladas nas áreas internas da central oleodinâmica;
- Luminária de sobrepor/embutir (2x) 40 W, para uso interno, instalada na sala de painéis elétricos, sala de controle, vestiários, sala de quadros elétricos;
- Tomadas para distribuição de energia em circuito monofásico 220 Vca;
- Tomadas para distribuição de energia em circuito trifásico 380 Vca.

### **3.3.4 Sistema de Vias de Cabos**

O sistema de vias de cabos das estruturas de controle deverá ser implantado em eletrodutos de aço galvanizado e em eletrodutos flexíveis com conectores para ligação aos equipamentos e motores.

### **3.3.5 Sistema de Fiação**

O sistema de fiação compreenderá o conjunto de cabos e fios isolados necessários à interligação dos equipamentos, entre os equipamentos e o sistema de proteção, entre os equipamentos e o sistema de controle, estão considerados todos os cabos utilizados na distribuição de energia, comando, controle, proteção, telefonia e iluminação.

Serão considerados na definição dos cabos os seguintes requisitos gerais:

- resistência térmica;
- resistência mecânica;
- resistência à umidade e aos agentes externos;



- resistência ao fogo e características de não propagação de chama;
- características de dobramento e flexibilidade.

### **3.3.5.1 Tipos de Cabos**

As categorias de cabos são as seguintes:

- Cabos de Controle, serão cabos com isolamento termoplástico ou termoestável, classe 600 V, multipolares, blindados ou não, com condutores de cobre;
- Cabos de iluminação, serão cabos com isolamento termoplástico de PVC, classe 600 V, podendo ser unipolares ou multipolares, com condutores de cobre têmpera mole, e bitola mínima de 2,5 mm<sup>2</sup>;
- Cabos de energia, em baixa tensão (0,6 a 1 kV) serão cabos de três (03) condutores com seção mínima de 4 mm<sup>2</sup> e máxima de 50 mm<sup>2</sup> e, cabos de 1 condutor para seções superiores a 50 mm<sup>2</sup>;
- Cabos tipo telefônico, multipares, blindados para Sistema de Controle Digital.

Os cabos serão dimensionados de acordo com suas aplicações, respeitando-se as quedas máximas de tensões ditadas por normas ou suportadas pelas cargas, e pelas elevações máximas de temperatura em regime e em condições de curto-circuito. Porém, em qualquer condição, as quedas de tensão entre os terminais de saída dos transformadores de distribuição e as cargas serão no máximo de 6% sobre o valor nominal, para circuitos de iluminação 8%, para outras utilizações, respeitando-se uma queda parcial de 2% nos circuitos terminais de iluminação. Os circuitos terminais para motores serão dimensionados para no mínimo 125% do valor nominal da corrente de carga.

### **3.3.6 Sistema de Aterramento**

O sistema de aterramento considerado foi o de triângulo de terra.

O sistema de aterramento constituído por hastes de aterramento, cabos de cobre nu interconectados por soldagem decorrente de processo exotérmico.

As estruturas e partes metálicas não energizadas dos equipamentos, cercas serão conectadas ao sistema de aterramento por meio de cabos de cobre nu de bitola mínima 25 mm<sup>2</sup>.

### **3.3.7 Sistema de Proteção Atmosférica**

As Estruturas de Controle deverão ter seus equipamentos e instalações protegidas contra descargas atmosféricas.

Para tanto deverão ser empregadas hastes, pára-raios e utilizados cabos guarda em posições estudadas para que se consiga uma proteção adequada a todas as instalações.

Todos os equipamentos utilizados para a proteção atmosférica deverão ser rigidamente conectados ao sistema de aterramento da estrutura de controle.

## **3.4 TOMADAS D'ÁGUA DE USO DIFUSO**

O sistema elétrico de cada Tomada D'água de Uso Difuso é alimentado em 6900 V proveniente da Estação de Bombeamento mais próxima e é constituído por:

### **3.4.1 Transformador de Distribuição 6900-380/220 V**

1 transformador de distribuição trifásico, 6900-380/220 V, a óleo, potência de acordo com o tipo de tomada d'água de uso difuso.

### **3.4.2 Sistema de Distribuição de Corrente Alternada**

O Sistema de Distribuição de Corrente Alternada, na tensão de 380/220 V, trifásico de cada Tomada D'Água de Uso Difuso é constituído por:

- 01 quadro de distribuição de corrente alternada QDUD para instalação ao tempo, completo com alimentador proveniente do transformador de distribuição, alimentadores de cargas, demarradores de motores da central oleodinâmica, com espaço para instalação de uma UAC de fornecimentos do sistema de comando e controle.

### **3.4.3 Conjunto Moto-bomba**

A quantidade de conjunto moto-bomba é para cada tipo de tomada d'água de uso difuso, podendo ser com 02 conjuntos, 03 conjuntos ou 06 conjuntos.

Cada Conjunto Moto-bomba é constituído por:

- 1 Bomba do tipo vertical de poço úmido com sistema de acoplamento e desacoplamento com capacidade de bombeamento de 0,1 m<sup>3</sup>/s e elevação de 15m;
- 1 Motor do tipo vertical com potência para acionamento da bomba acima;
- 1 Conjunto de materiais e equipamentos de instalação;

### **3.4.4 Sistema de Iluminação e Tomadas**

O sistema de iluminação proporcionará o iluminamento adequado às diversas áreas da Tomada D'Água de Uso Difuso.

O nível de iluminamento previsto é de 15 lux e serão instalados:

- Projetores de uso interno ou externo para lâmpada vapor de sódio 250W, instalado no poste.

### **3.4.5 Sistema de Vias de Cabos**

O sistema de vias de cabos das tomadas d'água de uso difuso deverá ser implantado em eletrodutos de aço galvanizado e em eletrodutos flexíveis com conectores para ligação aos equipamentos e motores.

### **3.4.6 Sistema de Fiação**

O sistema de fiação compreenderá o conjunto de cabos e fios isolados necessários à interligação dos equipamentos, entre os equipamentos e o sistema de proteção, entre os equipamentos e o sistema de controle, estão considerados

todos os cabos utilizados na distribuição de energia, comando, controle, proteção, telefonia e iluminação.

Serão considerados na definição dos cabos os seguintes requisitos gerais:

- resistência térmica;
- resistência mecânica;
- resistência à umidade e aos agentes externos;
- resistência ao fogo e características de não propagação de chama;
- características de dobramento e flexibilidade.

#### **3.4.6.1 Tipos de Cabos**

As categorias de cabos são as seguintes:

- Cabos de Controle, serão cabos com isolamento termoplástico ou termoestável, classe 600 V, multipolares, blindados ou não, com condutores de cobre;
- Cabos de iluminação, serão cabos com isolamento termoplástico de PVC, classe 600 V, podendo ser unipolares ou multipolares, com condutores de cobre têmpera mole, e bitola mínima de 2,5 mm<sup>2</sup>;
- Cabos de energia, em baixa tensão (0,6 a 1 kV) serão cabos de três (03) condutores com seção mínima de 4 mm<sup>2</sup> e máxima de 50 mm<sup>2</sup> e, cabos de 1 condutor para seções superiores a 50 mm<sup>2</sup>;
- Cabos tipo telefônico, multipares, blindados para Sistema de Controle Digital.

Os cabos serão dimensionados de acordo com suas aplicações, respeitando-se as quedas máximas de tensões ditadas por normas ou suportadas pelas cargas, e pelas elevações máximas de temperatura em regime e em condições de curto-circuito. Porém, em qualquer condição, as quedas de tensão entre os terminais de saída dos transformadores de distribuição e as cargas serão no máximo de 6% sobre o valor nominal, para circuitos de iluminação 8%, para outras utilizações,

respeitando-se uma queda parcial de 2% nos circuitos terminais de iluminação. Os circuitos terminais para motores serão dimensionados para no mínimo 125% do valor nominal da corrente de carga.

#### **3.4.7 Sistema de Aterramento**

O sistema de aterramento considerado foi o de triangulo de terra.

O sistema de aterramento constituído por hastes de aterramento, cabos de cobre nu interconectados por soldagem decorrente de processo exotérmico.

As estruturas e partes metálicas não energizadas dos equipamentos, cercas serão conectadas ao sistema de aterramento por meio de cabos de cobre nu de bitola mínima 25 mm<sup>2</sup>.

#### **3.4.8 Sistema de Proteção Atmosférica**

A Tomadas D'Água de Uso Difuso deverá ter seus equipamentos e instalações protegidas contra descargas atmosféricas.

Para tanto deverão ser empregado pára-raios tipo Franklin em posição estudada para que se consiga uma proteção adequada a toda instalação.

Todos os equipamentos utilizados para a proteção atmosférica deverão ser rigidamente conectados ao sistema de aterramento da tomada d'água de uso difuso.

### **4. RELAÇÃO DOS DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA**

- 261-FUN-TSF-RT-B0023 - R17 – Dossiê de Licitação – Tomo IV – Parte 1 – Disjuntores – Especificações Técnicas.
- 261-FUN-TSF-RT-B0023 - R17 – Dossiê de Licitação – Tomo IV – Parte 2 – Transformadores de Potencial – Especificações Técnicas.
- 261-FUN-TSF-RT-B0023 - R17 – Dossiê de Licitação – Tomo IV – Parte 3 – Seccionadores – Especificações Técnicas.

- 261-FUN-TSF-RT-B0023 - R17 – Dossiê de Licitação – Tomo IV – Parte 4 – Transformador de Força – Especificações Técnicas
- 261-FUN-TSF-RT-B0023 - R17 – Dossiê de Licitação – Tomo IV – Parte 5 – Isoladores – Especificações Técnicas.
- 261-FUN-TSF-RT-B0023 - R17 – Dossiê de Licitação – Tomo IV – Parte 6 – Transformadores de Corrente – Especificações Técnicas.
- 261-FUN-TSF-RT-B0023 - R17 – Dossiê de Licitação – Tomo IV – Parte 7 – Estruturas e Suportes – Especificações Técnicas.
- 261-FUN-TSF-RT-B0023 - R17 – Dossiê de Licitação – Tomo IV – Parte 8 – Quadros de Distribuição MT-7.2 KV e Dispositivos de Partida – Especificações Técnicas.
- 261-FUN-TSF-RT-B0023 - R17 – Dossiê de Licitação – Tomo IV – Parte 9 – Quadros de Serviços Auxiliares CA e CC – Especificações Técnicas.
- 261-FUN-TSF-RT-B0023 - R17 – Dossiê de Licitação – Tomo IV – Parte 10 – Para Raios – Especificações Técnicas.
- 261-FUN-TSF-RT-B0023 - R17 – Dossiê de Licitação – Tomo IV – Parte 11 – Baterias e Carregadores – Especificações Técnicas.
- 261-FUN-TSF-RT-B0023 - R17 – Dossiê de Licitação – Tomo IV – Parte 12 – Motores Síncronos – Especificações Técnicas.
- 261-FUN-TSF-RT-B0023 - R17 – Dossiê de Licitação – Tomo IV – Parte 13 – Grupo Diesel Gerador – Especificações Técnicas.
- 261-FUN-TSF-RT-B0023 - R17 – Dossiê de Licitação – Tomo IV – Parte 14 – Sistema de Proteção – Especificações Técnicas.
- 261-FUN-TSF-A1-B0028 - Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Casa de Bombas - Arranjo Geral - Planta Elev. Plataforma - 331,60m
- 261-FUN-TSF-A1-B0029 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Casa de Bombas - Arranjo Geral - Planta Elev. Fundo do Poço - 317,43m e 335,60m
- 261-FUN-TSF-A1-B0030 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Casa de Bombas - Arranjo Geral - Corte Transversal
- 261-FUN-TSF-A1-B0031 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Casa de Bombas - Arranjo Geral - Corte Longitudinal

- 261-FUN-TSF-A1-B0032 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Subestação N1 230/6,9 kV - Arranjo Geral - Planta
- 261-FUN-TSF-A1-B0033 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Subestação N1 230/6,9 kV - Arranjo Geral - Cortes A e B
- 261-FUN-TSF-A1-B0034 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Subestação N1 230/6,9 kV - Diagrama Unifilar de Proteção e Medição
- 261-FUN-TSF-A1-B0035 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Sistema 7,2kV – Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 1/3
- 261-FUN-TSF-A1-B0036 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Sistema 7,2kV – Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 2/3
- 261-FUN-TSF-A1-B0037 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Sistema 7,2kV – Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 3/3
- 261-FUN-TSF-A1-B0038 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 1/18
- 261-FUN-TSF-A1-B0039 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 2/18
- 261-FUN-TSF-A1-B0040 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 3/18
- 261-FUN-TSF-A1-B0041 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 4/18
- 261-FUN-TSF-A1-B0042 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 5/18
- 261-FUN-TSF-A1-B0043 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 6/18
- 261-FUN-TSF-A1-B0044 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 7/18
- 261-FUN-TSF-A1-B0045 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 8/18
- 261-FUN-TSF-A1-B0046 Eixo Norte-Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição-FL. 9/18
- 261-FUN-TSF-A1-B0047 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 10/18

- 261-FUN-TSF-A1-B0048 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 11/18
- 261-FUN-TSF-A1-B0049 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 12/18
- 261-FUN-TSF-A1-B0050 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 13/18
- 261-FUN-TSF-A1-B0051 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 14/18
- 261-FUN-TSF-A1-B0052 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 15/18
- 261-FUN-TSF-A1-B0053 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 16/18
- 261-FUN-TSF-A1-B0054 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 17/18
- 261-FUN-TSF-A1-B0055 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 18/18
- 261-FUN-TSF-A1-B0056 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Serv. Aux. 125Vcc - Quadro Principal QDCC – Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 1/14
- 261-FUN-TSF-A1-B0057 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Serv. Aux. 125Vcc - Quadro Principal QDCC – Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 2/14
- 261-FUN-TSF-A1-B0058 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Serv. Aux. 125Vcc - Quadro Principal QDCC – Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 3/14
- 261-FUN-TSF-A1-B0059 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Serv. Aux. 125Vcc - Quadro Principal QDCC – Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 4/14
- 261-FUN-TSF-A1-B0060 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Serv. Aux. 125Vcc - Quadro Principal QDCC – Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 5/14



- 261-FUN-TSF-A1-B0061 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Serv. Aux. 125Vcc - Quadro Principal QDCC – Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 6/14
- 261-FUN-TSF-A1-B0062 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Serv. Aux. 125Vcc - Quadro Principal QDCC – Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 7/14
- 261-FUN-TSF-A1-B0063 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Serv. Aux. 125Vcc - Quadro Principal QDCC – Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 8/14
- 261-FUN-TSF-A1-B0064 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Serv. Aux. 125Vcc - Quadro Principal QDCC – Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 9/14
- 261-FUN-TSF-A1-B0065 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Serv. Aux. 125Vcc - Quadro Principal QDCC – Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 10/14
- 261-FUN-TSF-A1-B0066 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Serv. Aux. 125Vcc - Quadro Principal QDCC – Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 11/14
- 261-FUN-TSF-A1-B0067 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Serv. Aux. 125Vcc - Quadro Principal QDCC – Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 12/14
- 261-FUN-TSF-A1-B0068 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Serv. Aux. 125Vcc - Quadro Principal QDCC – Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 13/14
- 261-FUN-TSF-A1-B0069 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Serv. Aux. 125Vcc - Quadro Principal QDCC – Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 14/14
- 261-FUN-TSF-A1-B0089 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Sistema de Aterramento – Casa de Bombas - Planta e Corte
- 261-FUN-TSF-A1-B0090 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Subestação N1 - 230/6,9KV - Sistema de Aterramento – Planta
- 261-FUN-TSF-A1-B0091 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 Sistema de Iluminação – Casa de Bombas - Plantas

- 261-FUN-TSF-A1-B0092 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 Sistema de Iluminação – Casa de Bombas - Corte Transversal
- 261-FUN-TSF-A1-B0093 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Sistema de Iluminação – Subestação N1 230kV – Plantas
- 261-FUN-TSF-A1-B0094 Eixo Norte - Trecho I - Uso Difuso de Reservatório - Serviços Auxiliares de Corrente Alternada - Diagrama Unifilar de Proteção e Medição – QDUD - (Típico) - fl.07/07
- 261-FUN-TSF-A1-B0095 Eixo Norte - Trecho I - Estruturas de Controle e Tomadas d'Água para Uso Difuso - Distribuição 6,9kV
- 261-FUN-TSF-A1-B0096 Eixo Norte - Trecho I - Subestação N1 - Serviços Auxiliares de corrente alternada - Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDSE fl.01/04
- 261-FUN-TSF-A1-B0097 Eixo Norte - Trecho I - Subestação N1- Serviços Auxiliares de corrente alternada - Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDSE fl.02/04
- 261-FUN-TSF-A1-B0098 Eixo Norte - Trecho I - Subestação N1- Serviços Auxiliares de corrente alternada - Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDSE fl.03/04
- 261-FUN-TSF-A1-B0099 Eixo Norte - Trecho I - Subestação N1- Serviços Auxiliares de corrente alternada - Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDSE fl.04/04
- 261-FUN-TSF-A1-B 0105 Eixo Norte -Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Casa de Bombas - Arranjo Geral - Planta Elev. Plataforma - 356,51m
- 261-FUN-TSF-A1-B 0106 Eixo Norte -Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Casa de Bombas - Arranjo Geral - Planta Elev. Fundo do Poço - 343,27m e 361,21m
- 261-FUN-TSF-A1-B 0107 Eixo Norte -Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Casa de Bombas - Arranjo Geral - Corte Transversal
- 261-FUN-TSF-A1-B 0108 Eixo Norte -Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Casa de Bombas - Arranjo Geral - Corte Longitudinal
- 261-FUN-TSF-A1-B 0109 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Subestação N2 230/6,9 kV - Arranjo Geral - Planta

- 261-FUN-TSF-A1-B 0110 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Subestação N2 230/6,9 kV - Arranjo Geral - Cortes A e B
- 261-FUN-TSF-A1-B 0111 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Subestação N2 230/6,9 kV - Diagrama Unifilar de Proteção e Medição
- 261-FUN-TSF-A1-B 0112 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Sistema 7,2kV – Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 1/3
- 261-FUN-TSF-A1-B 0113 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Sistema 7,2kV – Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 2/3
- 261-FUN-TSF-A1-B 0114 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Sistema 7,2kV – Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 3/3
- 261-FUN-TSF-A1-B 0115 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL. 1/18
- 261-FUN-TSF-A1-B 0116 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL. 2/18
- 261-FUN-TSF-A1-B 0117 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL. 3/18
- 261-FUN-TSF-A1-B 0118 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL. 4/18
- 261-FUN-TSF-A1-B 0119 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL. 5/18
- 261-FUN-TSF-A1-B 0120 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL. 6/18
- 261-FUN-TSF-A1-B 0121 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL. 7/18

- 261-FUN-TSF-A1-B 0122 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL.8/18
- 261-FUN-TSF-A1-B 0123 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL.9/18
- 261-FUN-TSF-A1-B 0124 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL.10/18
- 261-FUN-TSF-A1-B 0125 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL.11/18
- 261-FUN-TSF-A1-B 0126 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL.12/18
- 261-FUN-TSF-A1-B 0127 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL.13/18
- 261-FUN-TSF-A1-B 0128 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL.14/18
- 261-FUN-TSF-A1-B 0129 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL.15/18
- 261-FUN-TSF-A1-B 0130 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL.16/18
- 261-FUN-TSF-A1-B 0131 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL.17/18
- 261-FUN-TSF-A1-B 0132 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL.18/18

- 261-FUN-TSF-A1-B 0133 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Serv. Aux. CC–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - QDCC - FL. 1/14
- 261-FUN-TSF-A1-B 0134 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Serv. Aux. CC–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - QDCC- Legenda - FL. 2/14
- 261-FUN-TSF-A1-B 0135 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Serv. Aux. CC–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - QDCC - FL. 3/14
- 261-FUN-TSF-A1-B 0136 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Serv. Aux. CC–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - QDCC - FL. 4/14
- 261-FUN-TSF-A1-B 0137 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Serv. Aux. CC–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - QDCC - FL. 5/14
- 261-FUN-TSF-A1-B 0138 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Serv. Aux. CC–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - QDCC - FL. 6/14
- 261-FUN-TSF-A1-B 0139 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Serv. Aux. CC–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - QDCC - FL. 7/14
- 261-FUN-TSF-A1-B 0140 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Serv. Aux. CC–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - QDCC - FL. 8/14
- 261-FUN-TSF-A1-B 0141 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Serv. Aux. CC–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - QDCC - FL. 9/14
- 261-FUN-TSF-A1-B 0142 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Serv. Aux. CC–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - QDCC - FL. 10/14
- 261-FUN-TSF-A1-B 0143 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Serv. Aux. CC–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - QDCC - FL. 11/14

- 261-FUN-TSF-A1-B 0144 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Serv. Aux. CC–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - QDCC - FL. 12/14
- 261-FUN-TSF-A1-B 0145 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Serv. Aux. CC–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - QDCC - FL. 13/14
- 261-FUN-TSF-A1-B 0146 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Serv. Aux. CC–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - QDCC - FL. 14/14
- 261-FUN-TSF-A1-B 0148 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Sistema de Aterramento – Casa de Bombas - Planta e Corte
- 261-FUN-TSF-A1-B 0149 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Sistema de Aterramento – Subestação 230kV– Planta
- 261-FUN-TSF-A1-B 0150 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 Sistema de Iluminação – Casa de Bombas - Plantas
- 261-FUN-TSF-A1-B 0151 Eixo Norte - Trecho I - Subestação N2 - Serviços Auxiliares de corrente alternada - Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDSE fl.01/04
- 261-FUN-TSF-A1-B 0152 Eixo Norte - Trecho I - Subestação N2 - Serviços Auxiliares de corrente alternada - Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDSE fl.02/04
- 261-FUN-TSF-A1-B 0153 Eixo Norte - Trecho I - Subestação N2 - Serviços Auxiliares de corrente alternada - Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDSE fl.03/04
- 261-FUN-TSF-A1-B 0154 Eixo Norte - Trecho I - Subestação N2 - Serviços Auxiliares de corrente alternada - Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDSE fl.04/04
- 261-FUN-TSF-A1-B 0155 Eixo Norte - Trecho I - Subestação N3 - Serviços Auxiliares de corrente alternada - Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDSE fl.01/04
- 261-FUN-TSF-A1-B 0156 Eixo Norte - Trecho I - Subestação N3 - Serviços Auxiliares de corrente alternada - Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDSE fl.02/04

- 261-FUN-TSF-A1-B 0157 Eixo Norte - Trecho I - Subestação N3 - Serviços Auxiliares de corrente alternada - Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDSE fl.03/04
- 261-FUN-TSF-A1-B 0158 Eixo Norte - Trecho I - Subestação N3 - Serviços Auxiliares de corrente alternada - Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDSE fl.04/04
- 261-FUN-TSF-A1-B 0160 Eixo Norte -Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Casa de Bombas - Arranjo Geral - Planta Elev. Plataforma 407,51
- 261-FUN-TSF-A1-B 0161 Eixo Norte -Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Casa de Bombas - Arranjo Geral - Planta Elev. Fundo do Poço 393,96 e 412,21
- 261-FUN-TSF-A1-B 0162 Eixo Norte -Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Casa de Bombas - Arranjo Geral - Corte Longitudinal
- 261-FUN-TSF-A1-B 0163 Eixo Norte -Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Casa de Bombas - Arranjo Geral - Corte Transversal
- 261-FUN-TSF-A1-B 0164 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Subestação N3 230/6,9 kV - Arranjo Geral - Planta
- 261-FUN-TSF-A1-B 0165 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Subestação N3 230/6,9 kV - Arranjo Geral - Cortes A e B
- 261-FUN-TSF-A1-B 0166 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Subestação N3 230/6,9 kV - Diagrama Unifilar de Proteção e Medição
- 261-FUN-TSF-A1-B 0167 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Sistema 7,2kV – Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 1/3
- 261-FUN-TSF-A1-B 0168 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Sistema 7,2kV – Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 2/3
- 261-FUN-TSF-A1-B 0169 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Sistema 7,2kV – Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - FL. 3/3
- 261-FUN-TSF-A1-B 0170 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL. 1/18

- 261-FUN-TSF-A1-B 0171 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL.2/18
- 261-FUN-TSF-A1-B 0172 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL.3/18
- 261-FUN-TSF-A1-B 0173 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL.4/18
- 261-FUN-TSF-A1-B 0174 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL.5/18
- 261-FUN-TSF-A1-B 0175 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL.6/18
- 261-FUN-TSF-A1-B 0176 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL.7/18
- 261-FUN-TSF-A1-B 0177 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL.8/18
- 261-FUN-TSF-A1-B 0178 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL.9/18
- 261-FUN-TSF-A1-B 0179 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL.10/18
- 261-FUN-TSF-A1-B 0180 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL.11/18
- 261-FUN-TSF-A1-B 0181 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL.12/18



- 261-FUN-TSF-A1-B 0182 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL.13/18
- 261-FUN-TSF-A1-B 0183 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL.14/18
- 261-FUN-TSF-A1-B 0184 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL.15/18
- 261-FUN-TSF-A1-B 0185 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL.16/18
- 261-FUN-TSF-A1-B 0186 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL.17/18
- 261-FUN-TSF-A1-B 0187 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Serv. Aux. CA–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCA - FL.18/18
- 261-FUN-TSF-A1-B 0188 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Serv. Aux. 125Vcc–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCC - FL.1/14
- 261-FUN-TSF-A1-B 0189 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Serv. Aux. 125Vcc–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCC - FL.2/14
- 261-FUN-TSF-A1-B 0190 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Serv. Aux. 125Vcc–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCC - FL.3/14
- 261-FUN-TSF-A1-B 0191 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Serv. Aux. 125Vcc–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCC - FL.4/14
- 261-FUN-TSF-A1-B 0192 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Serv. Aux. 125Vcc–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCC - FL.5/14

- 261-FUN-TSF-A1-B 0193 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Serv. Aux. 125Vcc–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCC - FL.6/14
- 261-FUN-TSF-A1-B 0194 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Serv. Aux. 125Vcc–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCC - FL.7/14
- 261-FUN-TSF-A1-B 0195 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Serv. Aux. 125Vcc–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCC - FL.8/14
- 261-FUN-TSF-A1-B 0196 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Serv. Aux. 125Vcc–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCC - FL.9/14
- 261-FUN-TSF-A1-B 0197 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Serv. Aux. 125Vcc–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCC - FL.10/14
- 261-FUN-TSF-A1-B 0198 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Serv. Aux. 125Vcc–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCC - FL.11/14
- 261-FUN-TSF-A1-B 0199 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Serv. Aux. 125Vcc–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCC - FL.12/14
- 261-FUN-TSF-A1-B 0200 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Serv. Aux. 125Vcc–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCC - FL.13/14
- 261-FUN-TSF-A1-B 0201 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Serv. Aux. 125Vcc–Diagrama Unifilar de Proteção e Medição QDCC - FL.14/14
- 261-FUN-TSF-A1-B 0203 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Sistema de Aterramento – Casa de Bombas - Planta e Corte
- 261-FUN-TSF-A1-B 0204 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Sistema de Aterramento – Subestação 230kV/6,9KV– Planta

- 261-FUN-TSF-A1-B 0205 Eixo Norte - Trecho I - Uso Difuso - Serviços Auxiliares de Corrente Alternada - Diagrama Unifilar de Proteção e Medição – QDUD - (Típico) - fl.01/07
- 261-FUN-TSF-A1-B 0206 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 Sistema de Iluminação – Casa de Bombas - Plantas
- 261-FUN-TSF-A1-B 0207 Eixo Norte - Trecho I - Uso Difuso - Serviços Auxiliares de Corrente Alternada - Diagrama Unifilar de Proteção e Medição – QDUD - (Típico) - fl.02/07
- 261-FUN-TSF-A1-B 0208 Eixo Norte – Trecho I - Uso Difuso com Bombeamento 0,1 m<sup>3</sup>/s – Serviços Auxiliares de Corrente Alternada - Diagrama Unifilar de Proteção e Medição – QDUD - (Típico) - fl.03/07
- 261-FUN-TSF-A1-B 0209 Eixo Norte – Trecho I - Uso Difuso com Bombeamento 0,2 m<sup>3</sup>/s – Serviços Auxiliares de Corrente Alternada - Diagrama Unifilar de Proteção e Medição – QDUD - (Típico) - fl.04/07
- 261-FUN-TSF-A1-B 0210 Eixo Norte – Trecho I - Uso Difuso com Bombeamento 0,5 m<sup>3</sup>/s – Serviços Auxiliares de Corrente Alternada - Diagrama Unifilar de Proteção e Medição – QDUD - (Típico) - fl.05/07
- 261-FUN-TSF-A1-B 0211 Eixo Norte - Trecho I - Uso Difuso sem Bombeamento - Serviços Auxiliares de Corrente Alternada - Diagrama Unifilar de Proteção e Medição – QDUD - (Típico) - fl.06/07
- 261-FUN-TSF-A1-B 0212 Eixo Norte - Trecho I - Reservatórios - Serviços Auxiliares de Corrente Alternada - Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - QDRE - (Típico) - FL.01/04
- 261-FUN-TSF-A1-B 0213 Eixo Norte - Trecho I - Reservatórios - Serviços Auxiliares de Corrente Alternada - Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - QDRE - (Típico) - FL.02/04
- 261-FUN-TSF-A1-B 0469 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - SE N1 - Casa de Relés e Caixa Separadora de Água/Óleo - Detalhes Construtivos Típicos
- 261-FUN-TSF-A1-B 0470 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Subestação N1 - 230/6,9 kV Arranjo das Fundações - Planta

- 261-FUN-TSF-A1-B 0471 Eixo Norte - Trecho I - Estações de Bombeamento EB I-1/I-2/I-3 - Subestações N1,N2,N3 - 230/6,9 kV Detalhe de Fundação das Bases B1 a B4 - Plantas e Cortes
- 261-FUN-TSF-A1-B 0472 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-1 - Subestações N1 - 230/6,9 kV Detalhe de Fundação das Bases B5 e B6 - Plantas e Cortes
- 261-FUN-TSF-A1-B 0473 Eixo Norte - Trecho I - Estações de Bombeamento EB I-2/I-3 - Subestações N2 e N3 - 230/6,9 kV Detalhe de Fundação das Bases B5 e B6 - Plantas e Cortes
- 261-FUN-TSF-A1-B 0474 Eixo Norte - Trecho I - Reservatórios - Serviços Auxiliares de Corrente Alternada - Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - QDRE - (Típico) - FL.03/04
- 261-FUN-TSF-A1-B 0475 Eixo Norte - Trecho I - Reservatórios - Serviços Auxiliares de Corrente Alternada - Diagrama Unifilar de Proteção e Medição - QDRE - (Típico) - FL.04/04
- 261-FUN-TSF-A1-B 0476 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Subestação N2 - 230/6,9 kV Arranjo das Fundações - Planta
- 261-FUN-TSF-A1-B 0477 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Subestação N3 - 230/6,9 kV Arranjo das Fundações - Planta
- 261-FUN-TSF-A1-B 0478 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - SE N2 - Casa de Relés e Caixa Separadora de Água/Óleo - Detalhes Construtivos Típicos
- 261-FUN-TSF-A1-B 0479 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - SE N3 - Casa de Relés e Caixa Separadora de Água/Óleo - Detalhes Construtivos Típicos
- 261-FUN-TSF-A1-B 0480 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 Sistema de Iluminação – Casa de Bombas - Corte Transversal
- 261-FUN-TSF-A1-B 0481 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-2 - Sistema de Iluminação – Subestação 230kV – Plantas
- 261-FUN-TSF-A1-B 0482 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 Sistema de Iluminação – Casa de Bombas - Corte Transversal
- 261-FUN-TSF-A1-B 0483 Eixo Norte - Trecho I - Estação de Bombeamento EB I-3 - Sistema de Iluminação – Subestação 230kV – Plantas.

**PARTE B**  
**SISTEMA DE TRANSMISSÃO**

---

## APRESENTAÇÃO

O desenvolvimento do **Projeto Básico do Sistema de Transmissão** associado ao Trecho I, Eixo Norte da Transposição do Rio São Francisco, ou seja, da Linha de Transmissão em 230 kV que terá seu início no ponto de entrega da energia elétrica, situado na Subestação de Bom Nome, de propriedade da CHESF, e seu percurso até as três subestações conectadas a igual número de estações de bombeamento do trecho referido, é apresentado nas páginas a seguir, obedecendo à seqüência abaixo:

- **Bloco 1:** Estudo do Traçado da Diretriz da Linha de Transmissão
- **Bloco 2:** Estudos da Seleção dos Condutores
- **Bloco 3:** Critérios Básicos do Projeto
- **Bloco 4:** Listas de Materiais, Cronograma e Quantitativo

---

**BLOCO 1: ESTUDO DO TRAÇADO DA DIRETRIZ DA LINHA DE TRANSMISSÃO (LT)****1. INTRODUÇÃO****1.1 OBJETO E OBJETIVO**

Este Bloco tem como objetivo apresentar o resultado dos estudos de traçado da diretriz da linha de transmissão de energia elétrica, em 230 kV, destinada ao abastecimento de energia às estações de bombeamento do Projeto de Transposição do Rio São Francisco, no Trecho I - Eixo Norte, a partir da SE Bom Nome - CHESF, compreendendo o estabelecimento dos elementos que fundamentarão os demais componentes do Projeto Básico

Os estudos se constituem, basicamente, na adequação aos condicionantes de locação das instalações hídricas e de suas subestações e aos condicionantes locais do trajeto entre essas instalações, do percurso mínimo e das deflexões ótimas, em função da boa prática vigente na realização de empreendimentos de linhas de transmissão de energia elétrica em alta tensão.

**1.2 PRODUTOS DIRETOS**

O trabalho se consubstancia em uma Tabela de Vértices e Tangentes com suas características geométricas e cartográficas, um jogo de cartas ilustrativas na escala 1:50.000, fotografias atuais das áreas características e de pontos específicos, descrição esquemática das travessias de servidões viárias e de transmissão elétrica, avaliação inicial de benfeitorias e edificações com desapropriações previstas, bem como textos qualificativos pertinentes.

**1.3 RESSALVAS**

Devido à indisponibilidade de elementos e à dispensa tácita justificada pelas características peculiares do empreendimento global, não foi adotada qualquer referência de Relatório de Impacto Ambiental, embora as premissas gerais de respeito ao meio ambiente tenham sido implicitamente consideradas.

Não se considerou a avaliação econômica da aquisição de terrenos, considerando sua característica exclusivamente rural e a faculdade de uso de decreto de desapropriação a bem do interesse público da faixa de servidão e indenização eventual de benfeitorias. Entretanto, foi objetivo fundamental dos ajustes o desvio de povoações e núcleos suburbanos bem como de templos e campos santos existentes.

## **2. REFERÊNCIAS E CRITÉRIOS**

### **2.1 ELEMENTOS DE PROJETO BÁSICO.**

Adotaram-se como premissas do presente estudo de diretriz das LT, de modo geral, os parâmetros contidos no “Estudo de Viabilidade – R28 – Dimensionamento de Equipamentos Elétricos, Subestações, Linhas de Transmissão e Sistema de Telecomando”, documento Nº 261-FUN-TSF-RT-V360, exceto quanto a estruturas e condutor, e as cartas “Chorrochó”, “Salgueiro”, “Tupanací” e “São José do Belmonte” de SUDENE/SGE que foram reproduzidas naquele documento.

### **2.2 DISPOSIÇÃO DAS SUBESTAÇÕES.**

Também foram admitidas as coordenadas e disposições das Estações de Bombeamento e Subestações dos desenhos N.º 261-FUN-TSF-A1-B0424 a B0435, exceto quanto aos vãos das LT de “Alta Tensão” ali ilustrados.

Quanto à Subestação de Bom Nome, deverá ser feito uso do “bay” ocidental meridional, hoje ligando a LT 69kV 03C2 Cabrobó (para Salgueiro), da CELPE, considerando o remanejamento desta para a planejada ampliação adjacente e seu devido re- equipamento para 230kV.

### **2.3 NORMAS E RECOMENDAÇÕES**

Foram adotadas as recomendações e exigências das normas ABNT-NBR-5422 e demais normas ABNT pertinentes nesta citadas, respeitando-se os requisitos do DNER e da RFFSA para travessias e a Portaria Nº 1.141/GMS de 8/12/87 do Min. da Aeronáutica.



Também se observam as recomendações da ELETROBRÁS para Projetos de LT.

## **2.4 CRITÉRIOS ELETROMECAÑICOS**

Em consonância com a escolha de torres, preliminarmente adotada a geometria da série padrão atual da CHESF, foi admitida a largura de 50m para a faixa de segurança, e no mínimo 30m para o eixo da LT 138kV, quando paralela.

Os vértices se situam a 50m, no mínimo, dos eixos de rodovia e ferrovia e dos pórticos de Subestações, e a 20m dos limites das obras civis do complexo hídrico.

As deflexões são limitadas a 60°, e a 30° quando adjacentes a pórticos de Subestações.

## **2.5 INUNÇÕES COM AERONÁUTICA, DNPVN, CPRH E OUTROS ÓRGÃOS RESTRINGENTES A LT.**

Não ocorrem travessias de vias navegáveis ou interferências com jazidas nem aproximações de aeródromos homologados, além de Salgueiro (classe 3, VFR). A mais de 4,05km da cabeceira da pista, as torres da LT não atingirão a cota máxima (acima de 400m + 60m), mas o COMAR deve aprovar o projeto de sinalização.

Também não foram constatados terrenos instáveis, fracos ou inundados, e foi evitado local a jusante de barragem (exceto R. Tucutú). Outros obstáculos que surgirem no campo, como a futura Ferrovia Transnordestina, navegação recreativa no Açude Boa Vista, locais com poeiras, explosões e desmontes deverão ser examinados quando da implantação.

## **3. CONDICIONANTES DO PROJETO HÍDRICO E SUBESTAÇÕES ELÉTRICAS**

### **3.1 CONFIGURAÇÃO GERAL**

Foi abandonada a possibilidade de mudança no “lay-out” dos pórticos de entrada e saída de linhas para acompanhar a diretriz geral reta de uma a outra SE, conveniente devido à proximidade das Subestações SE–N1, N2 e N3 às

instalações das bombas, canais e tubulações e suas obras de arte, como cortes e aterros. Prevalece a orientação destas, dada em seu Projeto Básico, ditada pelo acompanhamento do relevo, pois de todo modo a locação das torres mais próximas implicaria em deflexões severas.

Ao invés disso, o ônus de mais uma torre de ancoragem pesada junto à de Fim-de-Linha pode ser evitado com a definição desta torre para ângulo até 30°, associada à torre de ancoragem média apenas no final de cada LT. A viabilidade desta otimização será função, entretanto, do ajuste preciso destes vértices após a locação definitiva das EBI's e SE-N's, bem como da aceitação pelos pórticos de ângulo de entrada de até 10° (como é de praxe), com tração reduzida nos condutores.

Admitiu-se, em princípio, que distância de 10m (suficiente para a diagonal da maior torre) entre o centro e as construções de acessos, taludes, etc. permita a estabilidade destas durante a escavação e carregamento máximo das fundações junto às EBI's.

Também as travessias dos canais, duas em cada LT intermediária às EB's, e de aproximações, uma em cada, observaram afastamento mínimo de 20m para o centro de vértices e pontos prováveis de plotação de torres.

Os vãos de pórtico entre 50m e 100m e desnível máximo de 20% permitem pequena variação de altura e esforços, durante construção / manutenção, suficientes para os dimensionamentos usuais de estruturas e descida para equipamentos, mesmo com 10°.

### **3.2 CONFIGURAÇÃO ESPECÍFICA**

Todos estes ajustes foram estudados nos desenhos de planta para implantação das EBI's, apresentados nos desenhos 261-FUN-TSF-A1-B0424 à B0435.

## **4. CONDIÇÕES AMBIENT AIS E DO USO DA TERRA**

### **4.1 CLIMA**

As condições gerais são as típicas do alto sertão pernambucano (altitude 540 m em Bom Nome a 340 m nas margens do S. Francisco), com dias secos e quentes (70% a 85% e 25°C a 40°C) e noites menos cálidas no inverno e mais úmidas (15°C a 30°C e 80% a 100%, principalmente nas madrugadas do vale do S. Francisco). A precipitação média é baixa (menos de 600 mm/ano) concentrada nos meses de maio a julho e às vezes novembro ou dezembro.

O vento é geralmente moderado e pouco turbulento, com rajadas mais comuns de novembro a março do quadrante Es- Sudeste alcançando 22m/s, porém por conta do fenômeno “El Niño” de 1997 a 1999 estimaram-se rajadas canalizadas e tesouras de até 30m/s, descendentes do Cariri (Es-Nordeste), que desligaram temporariamente linhas e devastaram a região entre Bom Nome e Salgueiro.

A insolação é elevada, com 200 dias a 250 dias de céu claro por ano, máxima coincidente com vento calmo (1m/s). O nível ceráunico é baixo, com média de 20 dias de trovada por ano, de média intensidade (40kA de pico, curta duração).

A poluição natural é classificada como média a severa (ESDD de 20 a 40 micro Siemens por cm<sup>2</sup>), particularmente pela eventual ocorrência de depósitos de NaCl e KCl superficiais, mais intensos em pontos semi- áridos de bacias sedimentares. A única poluição industrial a temer advém do transporte rodoviário aberto dos minérios metálicos da Caraíba Metais S/A pela BR- 482, queima de lixo junto ao vértice obrigatório em Salgueiro (MV-10), além da prática esporádica de queimadas de pasto.

### **4.2 DADOS POLÍTICOS**

Inteiramente dentro do Estado de Pernambuco, a diretriz da LT atravessa os seguintes Municípios, conforme último senso do IBGE:

- São José do Belmonte, 31 250 hab. em 1491 km<sup>2</sup>, onde se acha a SE Bom Nome, com 15km (73ha) da LT B. Nome / SE-N3;
- Mirandiba, 12 640 hab. em 773 km<sup>2</sup>, 10km (49ha) da mesma LT;

- Verdejante, com 11km (53ha) da mesma LT;
- Salgueiro, 50 510 hab. em 1 734 km<sup>2</sup>, onde se acha a SE-N3, com 29 km (142 ha) da LT B. Nome / SE-N3 e 20 km (97 ha) da LT SE-N3 / SE-N2;
- Cabrobó, 27 040 hab. em 1 630 km<sup>2</sup>, onde se acham as SE-N2 e –N1, com 3 km (13ha) da LT SE-N3 / SE-N2 e 35 km (174 ha) da LT SE-N2 / SE-N1;

Além destes, o Município de Terra Nova, 7 210 hab. em 262 km<sup>2</sup>, com a Sede a 5km da SE - N1, apresenta boas condições de apoio aos serviços, com infraestrutura viária, de telecomunicações e comercial, porém Salgueiro por certo seria como opção única a escolha mais favorável para sediar os trabalhos de campo.

Os muitos povoados rurais são pequenos (em média, menos de 20% da população do município) e pobres, nucleando minifúndios e propriedades abandonadas pelo êxodo rural, prevendo-se dificuldades e atrasos para o levantamento cadastral.

Não se localizam próximo à diretriz aldeias indígenas, áreas de reassentamento agrícola ou acampamentos de “sem- terra”.

### **4.3 UTILIZAÇÃO ECONÔMICA DOS TERRENOS**

A maior parte da área rural é de terras devolutas ou pastos abandonados. Cerca de 15% é improdutiva por falta de solo e mais de 25% são usados como pastagens de caprinos e bovinos. A criação de aves e suínos é marginal e a agricultura de subsistência ocupa os 5% restantes da área.

Apesar da relativamente extensa eletrificação rural e rede de estradas rurais, alguma disponibilidade de meios de irrigação e açudes cheios pela última estação chuvosa, não se nota hoje na faixa percorrida pela LT qualquer indício de investimento financeiro ou valorização da atividade agro- pastoril. Exceto no Rio S. Francisco, não se pratica piscicultura sistemática, apesar de ter dois Açudes de porte suficiente e possíveis terrenos impermeáveis / represáveis para tanques.

Embora sem latifúndios ativos, a única faixa com evidência econômica é a da LT SE-N3 / SE-N2, onde se encontram alguns criadores de eqüinos e uma bem equipada estação de rodeios (a mais de 1km do eixo), entre os vértices V1 e V2

desta LT, bem como pequenas fazendas, relativamente prósperas, entre os vértices V2 e V4, no sopé da Serra do Livramento, pouco ao Norte da Diretriz estudada.

Pelo acima delineado, exceto poucos casos inevitáveis, o custo de desapropriação de benfeitorias e constituição de servidão de faixa deve ficar abaixo da média regional, conservativamente adotada. A estimativa preliminar de benfeitorias atingidas, essencialmente moradias rurais com menos de 80m<sup>2</sup> (poucas com até 150m<sup>2</sup>) totalizou 25 unidades, assim distribuídas, por LT:

- LT BN / SE-N3 = **16** edificações ( 2 com 100 a 150m<sup>2</sup>), sendo por município:
  - **2** em S. José do Belmonte, **6** em Mirandiba, **2** em Verdejante e **6** em Salgueiro;
- LT SE-N3 / SE-N2 = **2** no Município de Salgueiro;
- LT SE-N2 / SE-N1 = **7** no Município de Cabrobó.

#### 4.4 VIDA SILVESTRE

A vegetação de caatinga é predominante, com poucas árvores lenhosas preservadas, leguminosas e cactáceas alternando-se com arbustos e gramíneas resistentes à seca e líquens e fungos nos terrenos rochosos. Pequenas capoeiras de montanha aparecem entre os municípios de Salgueiro e Cabrobó, bastante depredadas pela extração de lenha.

Neste ambiente devastado por queimadas e acuado pelo pastoreio (ainda que pouco intenso) e pela caça predatória, não se tem vestígio de mamíferos grandes. Poucas aves canoras e de porte subsistem aos rapinantes médios e pequenos que se nutrem dos répteis e insetos abundantes. Também não se notaram com freqüência colônias de cupins, formigas, marimbondos e semelhantes.

Não foi encontrada qualquer reserva silvestre nem se teve notícia de projeto de preservação animal ou vegetal em andamento.

## **5. CARACTERÍSTICAS TOPOMÓRFICAS E GEOTÉCNICAS**

### **5.1 TOPOLOGIA DOS TERRENOS**

O altiplano é dominado por colinas com afloramentos rochosos e vales sedimentares, classificado como medianamente acidentado a plano, ocorrendo aproximações da diretriz a meia- encostas (~1/3 de declividade) de maciços rochosos no final das LT Bom Nome / SE – N3 e SE – N3 / SE – N2.

Trechos de perfil simulados a partir das curvas de nível permitem prever plotação de torres compatível com gabaritos de catenária para CAA 26/7 a 60°C de vão equivalente de 500m para “EDS” de 20%.

O segmento de perfil mais acidentado ocorre na parte final da LT SE-N3 / SE-N2 (tangentes entre o V4 e o V7), onde as encostas íngremes e transversas terão de ser analisadas na implantação do traçado, para não se terem dificuldades na plotação e locação das torres. O caminhamento pelo passo da Serra do Livramento é imposição da locação da EBI-1 ao Sul e do Reservatório desta, que de outra forma conduziria ao contorno mais longo em terras melhor aproveitadas próximas à cidade de Terra Nova.

A planura do vale do São Francisco é entremeada de montes encimados por afloramentos rochosos e com encostas de blocos, obstáculos evitados pelo eixo da diretriz, que promovem grande número de talvegues e riachos temporários, o que exigirá cuidados na plotação para minimizar locais inadequados às fundações.

### **5.2 PEDOLOGIA ELEMENTAR**

Embora não tenha influenciado o Traçado da Diretriz, o exame do manto superficial de solo revela pontos concernentes às fundações que requerem cuidados prospectivos.

Entre Bom Nome e a SE-N3, a ocorrência de latossóis amarelos (silto arenosos) se alterna com areias sedimentares pedregulhosas, sempre de pequena espessura, recobrando afloramentos areníticos. O material é predominantemente duro e freqüentemente insuficiente para evitar fundações em rocha, que nem

sempre apresenta sanidade / integridade superficial, por exposição prolongada ao intemperismo.

Próximo à SE-N2, embora dificultada pela vegetação exuberante após inverno particularmente chuvoso, a inspeção para este estudo indicou sítios extremamente variados de solos medianamente profundos, com argilas médias escuras entremeadas por leitos de cascalho e matacões de blocos ora graníticos, ora metamórficos areníticos, que a geologia tumultuada desta área prenuncia com características geomecânicas variáveis e antecipação difícil.

Nos terços médio (V2) e final da LT SE-N2 / SE-N1, os solos mais profundos de residual “in situ” e sedimentar são mais seguramente reconhecíveis pelo relevo, estimando-se que nos últimos 20% do eixo da LT (70% da quilometragem deste elo), mais da metade das locações incidam em depósitos sedimentares recentes superficiais, porosos e pouco densos, e mais facilmente escaváveis, porém apresentam pouca coesão (“lp”), e densidade. Mesmo não ocorrendo hidromorficidade do material (comum em argilas colapsíveis, pouco prováveis no local), a saturação por água pode reduzir muito a resistência do material inferida pelos resultados de “SPT” obtidos em estação de seca, sem considerar-se o efeito do empuxo hidrostático nas fundações.

O nível d’água é geralmente profundo, exceto nas proximidades de açudes e talvegues, e na planície próxima à SE – N1. É relevante observar a ocorrência de horizonte rochoso impermeável pouco profundo que permite o afloramento do lençol freático, alimentado por mananciais de encosta. Particularmente na planície próxima de Terra Nova, evitada pela diretriz e adotada para o Reservatório da Serra do Livramento, observaram-se alagados durante as visitas. Índícios de que ocorra tal efeito surgiram no talvegue junto à EBI-2, também evitado pela Diretriz.

Embora seja conhecida na região a ocorrência de depósitos salinos arqueológicos, não foram notadas ocorrências de NaCl superficial, que devem ser pesquisadas por seus efeitos corrosivos. O material tem PH ligeiramente ácido, e a resistividade do solo seco esperada é elevada (1 a 3 MΩ.m), na maior parte da diretriz.

### 5.3 ASPECTOS DE GEOTECNIA

Os terrenos de metade da faixa do primeiro elo da LT ( Bom Nome / SE-N3 ) apresentam menos de 2m capa de solo e freqüentes afloramentos rochosos pouco são e fraturados, não satisfatórios para ancoragem direta, resultando necessária escavação laboriosa em material muito compacto, moledo e rocha alterada. A outra metade é predominantemente de solo compacto até 3m a 5m, satisfatória para fundações diretas.

Entre a SE-N3 e o MV2 do elo intermediário, a ocorrência predominante é de argila silto-arenosa medianamente dura/ compacta, mais profunda, passando a argila arenosa média menos profunda até o vértice MV3, onde o maciço granítico predomina com afloramentos e blocos até a SE-N2, exigindo novamente eventuais escavações em rocha, talvez com uso de explosivos. Nesta área é conveniente o exame da estabilidade da encosta a montante dos locais de torres para eventual fixação de matacões.

Nos 10km seguintes à SE-N2, o material é de boa densidade e facilmente escavável, exceto pela ocorrência esporádica de afloramentos e leitos de pedregulhos e cascalho. Nas proximidades do MV2, seguinte a presença de material pouco compacto, preocupa quanto à necessidade de contenção próximo aos pequenos riachos aí presentes e erosão futura em talvegues.

Do MV3 até a SE-N1, a ocorrência de material resistente é mais rara, predominando silte arenoso em terreno alagável e saturável, quer na época de chuva pelos inúmeros regatos, quer na seca devido a infiltrações do próprio canal de transposição, o que pode exigir fundações profundas, especialmente para os estais.

Os materiais locais fornecem agregados satisfatórios para fundação direta e concreto "in loco", sem necessidade de empréstimos, desde que evitadas as pequenas ocorrências de filito observadas na LT SE – N3 / SE – N2.

Pelo acima exposto, recomenda-se campanha de prospecções e sondagens em 3 etapas, por amostragem, para definições especiais e para escolha e confirmação de obra.



## **6. POSICIONAMENTO DE VÉRTICES E TANGENTES**

### **6.1 POSICIONAMENTO POR COORDENADAS**

Os desenhos de traçado (desenhos nº 261-FUN-TSF-A1-B0439 e B0440), apresentam os vértices e tangentes definidos em Coordenadas UTM no sistema SA-69, obtidas dos desenhos de locação das SE-N. Os demais vértices tiveram as coordenadas estimadas pelas cartas 1:100.000 apresentadas no item 6.2.

### **6.2 TABELA RESUMIDA DOS VÉRTICES**

A seguir são apresentadas as Coordenadas UTM, deflexões e progressivas calculadas analiticamente para estes vértices preliminares, que deverão ser conferidas e/ou reajustadas durante a implantação definitiva. Não foram incluídos os barramentos das SEs.

VÉRTICE	COORDENADAS UTM		DEFLEXÃO/SENTIDO (GRÁU MIN.) E/ D	PROGRESSIVA (km)	
	BN/ SE-N3	LESTE (m)		NORTE (m)	PARCIAL
MV-00	541.281	9.116.146	05° 00' D	00,00	=
MV-01	541.300	9.116.100	29° 24' D	00,05	=
MV-02	541.266	9.115.841	59° 24' D	00,31	=
MV-03	540.960	9.115.710	13° 29' D	00,64	=
MV-04	534.950	9.114.680	00° 29' E	06,74	=
MV-05	526.550	9.113.180	01° 55' E	15,27	=
MV-06	525.800	9.113.020	01° 59' D	16,04	=
MV-07	511.040	9.110.400	00° 01' E	31,03	=
MV-08	498.320	9.108.410	13° 28' E	43,95	=
MV-09	492.950	9.105.800	25° 09' D	49,81	=
MV-10	486.540	9.105.980	18° 55' E	56,22	=
MV-11	480.890	9.104.220	18° 04' D	62,14	=
MV-12	477.993	9.104.259	27° 13' E	65,04	=
MV-13	477.812	9.104.169	26° 14' E	65,24	=
PÓRTICO	477.767	9.104.110	04° 22' E	65,31	=
SE-N3/-N2	-	-	-	-	-
MV-00	477.743	9.104.073	00° 01' D	00,00	65,31
MV-01	477.709	9.104.021	21° 55' E	00,06	65,37
MV-02	476.050	9.095.530	52° 37' D	08,71	74,02
MV-03	470.070	9.092.570	10° 43' D	15,38	80,69
MV-04	465.740	9.091.360	28° 34' E	19,88	85,19
MV-05	465.030	9.090.670	12° 59' D	20,87	86,18
MV-06	463.290	9.089.616	28° 39' E	22,90	88,21
MV-07	463.060	9.089.220	27° 53' E	23,36	88,67
PÓRTICO	463.058	9.089.163	08° 18' E	23,42	88,73
SE-N2/-N1	-	-	-	-	-
MV-00	463.062	9.089.119	05° 10' D	00,00	88,73
MV-01	463.063	9.089.069	19° 24' D	00,05	88,78
MV-02	459.070	9.077.430	13° 06' D	12,33	101,06
MV-03	451.620	9.065.450	04° 04' E	26,47	115,20
MV-04	448.760	9.060.040	39° 37' E	32,59	121,32
MV-05	449.205	9.057.900	29° 33' E	34,78	123,51
MV-06	449.533	9.057.526	28° 42' E	35,28	124,01
PÓRTICO	449.581	9.057.509	09° 00' E	35,33	124,06

### **6.3 COMENTÁRIOS SOBRE AS DEFLEXÕES.**

Verifica-se que apenas uma deflexão em cada elo de LT necessitou ultrapassar os 30°, o que é satisfatório, dado que o rumo da linha é perpendicular à orientação do tronco de LT da CHESF e à das EBI, e as entradas nas SEs lhes devem ser paralelas.

Além das torres de fim de linha, do mesmo tipo das usadas nestas deflexões grandes, é conveniente reservar mais uma, pois os ângulos próximos de 30° foram muitos (9), particularmente junto às SE-N, onde a implantação da diretriz pode superar este limite.

### **6.4 COMENTÁRIOS SOBRE AS TANGENTES.**

Apenas duas tangentes no final e duas no início da LT ultrapassam 10km (duas entre 14km e 15km em cada ponto), o que pode criar alguma dificuldade de implantação. Não obstante, pequenas deflexões intermediárias de ajuste são aceitáveis, podendo mesmo ser adequadas pelo projeto executivo à plotação, e até ser convenientes para desviar de algum obstáculo particular.

As pequenas tangentes –de fato um vão – nas proximidades das SEs, são críticas para o ajuste do eixo da LT às SE / EBI, como antes mencionado, e devem ser implantadas com cuidado. Além destas, só uma tangente pequena (770m) no início da LT, e outra no final do elo intermediário (990m) tornaram-se necessárias para atravessar o açude e povoado da Barriguda e o passo da Serra do Livramento. Em ambos os casos, a implantação deve ajustá-las com cuidado.

### **6.5 COMENTÁRIOS SOBRE AS COTAS.**

As cotas apresentadas na tabela de Vértices e tangentes do desenho da diretriz foram tiradas das cartas em referência, e não requerem exatidão. As únicas cotas que necessitam de levantamento preciso durante a implantação da diretriz são as dos pontos característicos do perfil entre o MV9 e o MV10, a serem medidas desde a pista do aeroporto de Salgueiro, em poligonal fechada da LT ao Marco da RN-469, para subsidiar o projeto de sinalização das torres para aprovação pelo COMAR.

As outras amarrações de altitude convenientes são com a RN-509, na BR-232, um quilômetro adiante do segundo cruzamento, e os marcos de Ref. de Nível das SE.

## **7. TRAVESSIAS E CRUZAMENTOS DE SERVIDÕES**

### **7.1 TRAVESSIAS DE RODOVIAS FEDERAIS E/OU ESTADUAIS, ASFALTADAS**

Não foram cruzadas rodovias estaduais no traçado da diretriz.

Foram feitas quatro travessias sobre Estradas Federais Asfaltadas, a saber.

- BR-232: a primeira vez no km 6,5 da LT, a 6,1 km do trevo de entrada de Bom Nome, com um ângulo de cruzamento estimado em  $19^{\circ}$ , sem restrições no atendimento das normas e recomendações;
- a segunda vez no km 17 da LT, a 1,6km da ponte- barragem Barriguda, (a 17 km da entrada de Bom Nome) e 1km antes do Marco RN=509m de altitude; esta travessia, quase paralela à da LT 138kV (operando em 69kV, da CELPE) teve um ângulo estimado em  $15^{\circ} 39'$ , o que é crítico e deve ser conferido durante a implantação do eixo, tendo em vista o ajuste dos vértices V6 e V5 no povoado próximo;
- BR-116: no km 56,5 da LT, a 2,2km do trevo com a BR-232 (a 300m da cabeceira da ponte sobre o rio Salgueiro), com um ângulo de cruzamento estimado em  $70^{\circ}$ ; a dificuldade desta travessia é que deve ser conjunta com a RFFSA e LT 138kV em um mesmo vão a partir da torre de ancoragem locada em V10 sendo recomendado que durante a implantação da diretriz se verifique a praça logo após a travessia, com vistas à locação de outra torre de ancoragem, conveniente para desonerar o critério de abaixamento de cabos por hipótese de rompimento no vão subsequente);
- BR-428: no km 33 do elo final SE-N2 /SE-N1 (km 121,8 desde Bom Nome), a 18,3 km do trevo com a BR-316 em Cabrobó (perto da estrada da Ilha de Assunção, onde se fará o acesso para a EBI-1), com um ângulo estimado em  $77^{\circ}$ ; a única dificuldade desta travessia poderá advir da elevação futura do “grade” da pista de modo a cruzar por cima do canal de adução, previsto a 300m adiante do ponto, o que deverá ser considerado no projeto executivo.

## **7.2 TRAVESSIAS DE RODOVIAS FEDERAIS E/OU ESTADUAIS, NÃO PAVIMENTADAS.**

- BR-316: no km 15,8 do último elo da LT (km 104,5 desde Bom Nome), a 19km do trevo com a BR-428 em Cabrobó, com um ângulo estimado em 66° (a dificuldade maior desta travessia é que o eixo viário exato não foi confirmado pelos agentes locais do DNER, em razão do labirinto de estradas rurais na região; existe uma variante entre o eixo considerado neste estudo e a estrada municipal que demanda Terra Nova, 4km a ré, e outra 4,5km a vante na direção de Logradouro; na implantação do traçado deve-se confirmar com exatidão a posição, direção e largura de faixa, documentando a possível retificação no projeto de pavimentação).

Não foram localizados outras possíveis rodovias estaduais ou projetos, o que deve ser confirmado no DER/PE quando da implantação do traçado. As possibilidades examinadas neste estudo, as ligações de Salgueiro a Umãs e de Cabrobó a Terra Nova, são hoje de jurisdição municipal, dispensando submissão à aprovação.

## **7.3 TRAVESSIAS DE VIAS FÉRREAS**

A única Ferrovia existente na região, pertencente ao ramal Serra Talhada – Salgueiro, encontra-se hoje desativada. Foi cruzada no km 56,4 da LT a 1,7 km da Estação de Salgueiro, com ângulo estimado em 66° (tangente à curva no ponto). Além da dificuldade de ser conjunta com a BR-116, conforme acima exposto, apresenta possível envolvimento com a duplicação ou derivação dos trilhos para o ramal da Ferrovia Transnordestina que está previsto passar pela área do “lixão” municipal adiante do MV10 e deve ser projetado com vistas ao cruzamento com a LT.

Outro ponto de travessia desta Ferrovia planejada para a ligação Salgueiro – Petrolina ocorrerá provavelmente até 5km do segmento SE-N3 / SE-N2, pouco interferindo com a LT, dada sua direção geral quase perpendicular mas interferindo com o canal e impactando com o Reservatório de Mangueira. Como não existe detalhamento suficiente desse projeto ao nível de “grades” de trilhos, curvas, etc., compete ao projeto executivo da LT encaminhar os dados da linha ao

órgão incumbido do planejamento da Transnordestina para a adequação da ferrovia e minimização das interferências.

#### **7.4 TRAVESSIA DE LINHAS DE SUB- TRANSMISSÃO E DE DISTRIBUIÇÃO**

LT 138kV (operando em 69kV) Salgueiro / Monte Santo / Cabrobó, cruzada no km 56,5 da LT, a 1km da SE da CELPE, com ângulo estimado em 70°; de fato, continuação da LT Bom Nome / Salgueiro que necessita ser remanejada para liberar o "bay" no início da LT, não deve apresentar dificuldade, a menos da proximidade com a faixa da BR-116 a Leste e a caixa do Riacho Salgueiro a Oeste. Os detalhes plani-altimétricos da praça para a torre da travessia múltipla devem ser detalhados na implantação da diretriz para a adequação do projeto e redução de impactos.

LD 69 kV Cabrobó / Brígida / Caraíbas / St<sup>a</sup>. Maria da B. Vista, cruzada no km 28,8 do último segmento da LT (km 117,6 de B. Nome), a 12km da SE da CELPE, com ângulo estimado de 60°, não apresenta dificuldades para o projeto executivo.

#### **7.5 TRAVESSIA DE VIA NAVEGÁVEL**

Não ocorrem. Entretanto, foi constatado que o Açude da Boa Vista, cruzado no km 44,3 da LT, a 6km da barragem, apresenta potencial para esportes náuticos. Nesse caso, é recomendado que o projeto mantenha altura da água 2m maior do que aquela que o levantamento topográfico venha a medir na paralela LT 138kV da CELPE, que se constitui assim em baliza e barreira para mastros de veleiros.

#### **7.6 INTERFERÊNCIA COM PLANO DE PROTEÇÃO AO VÔO DE AERÓDROMO.**

No estudo da diretriz, foram atendidos as Normas e Regulamentos pertinentes. Assim, a LT tem seu ponto mais próximo (MV-10, km 56,2) a 4,05km da cabeceira do aeroporto de Salgueiro, em cota abaixo da pista. Seu eixo é cruzado a 6,3km, no meio da tangente MV9-MV10 (que não tem pontos mais elevados). Como o projeto não disporá de torres com mais de 45m de altura total, e seriam necessários mais de 55m para ultrapassar em 60m a cota da pista (440m), a plotação pode ser liberada.

Não obstante, o Ministério das Forças Armadas / DAC / COMAR exige no decreto antes mencionado a apresentação de projeto específico de Sinalização para LT que se aproxime a menos de 15km de aeródromo homologado. Recomendamos que durante a implantação do traçado sejam feitas as amarrações necessárias para o detalhamento e apresentação do projeto executivo.

## **8. ESTIMATIVAS DE DESAPROPRIAÇÕES E INDENIZAÇÕES**

### **8.1 FAIXA DE SERVIDÃO**

A faixa de servidão pode ter área calculada em 50m de largura (conforme cálculo no ANEXO IV, Apêndice 5) pelo comprimento total do eixo, com os seguintes descontos:

- 0,26+0,77km de paralelismo com LT de 138kV, o que reduz de 25m para 20m sua largura de um lado (25m + 5m estrutura atual – 10m ½ faixa atual) .....**0,51ha**
- cruzamentos de faixas de LT (20m/sen70°) e LD (15m/sen60°).....**0,19ha**
- 5 travessias da BR 50m(1/sen19°+1/sen16°+1/sen70° + 1/ sen60°+1/sen66°) .....**2,5ha**
- 2 travessias de açudes ~ 0,5hm(1,2hm + 2,2hm).....**1,7ha**
- 4 travessias de futuro canal ~ 0,5x0,45 (1/s37°+1/s73°+1/s50° +1/s68°).....**1,15ha**
- área na SE da CHESF : 0,5hmx0,5hm .....**0,25ha**
- área nas SE-N / EBI: 0,5hm(2,1+1,9+1,1) .....**2.55ha**
- total bruto menos subtotal acima : 0,5hmx1240,6hm – **8.85ha**.....611,45ha
- TOTAL (estimando 2% de áreas sem titulo regular) 98%611,55..... **599,2ha**

Embora a valoração do uso do espaço aéreo mais a locação de torres e o direito de passagem para construção e manutenção sejam simbólicos em latifúndios e terras inaproveitadas, a negociação em minifúndios e povoados rurais tende a ser complexa e onerosa. O custo poderá também ser inflacionado pela propaganda oficial dos benefícios e importância social da obra hidráulica, e pela expectativa

gerada pela aquisição de terras para essa mesma obra. Entretanto, na falta de indicador seguro, é válida a referência de preços históricos pagos pela CHESF.

## **8.2 BENFEITORIAS**

O nível das edificações, basicamente moradias rurais, é baixo até para a região, como se vê em fotos (ANEXO I), com muitas casas em taipa e várias mal conservadas. A baixa densidade também desonera a remoção, dada a facilidade de afastar para alguns metros e reconstruir sem mudança.

Em que pesem as observações do parágrafo anterior, em parte válidas, objetivamente é tranqüilo orçar materiais usados (ou substitutos até melhores) em área construída, caso a caso, até por procedimento padronizado para os processos dos reservatórios e canais, que certamente governarão o mercado.

## **8.3 INDENIZAÇÕES POR DANOS À VEGETAÇÃO.**

Não são esperadas multas do IMA por danos da LT ao ecossistema, dado o porte e a degradação atual da vegetação, e não há expectativa de criação de áreas preservadas.

Também não foram observados pomares e plantações permanentes; sendo pouco freqüentes e sazonais as culturas de subsistência. Os poucos danos não evitados pela Construtora poderão por ela ser assumidos.

# **9. SUMÁRIO E RECOMENDAÇÕES PARA A IMPLANTAÇÃO**

## **9.1 ÍNDICES**

A diretriz reportada apresenta os seguintes índices:

Extensão: 124,06km (0,75% abaixo do previsto), sendo 52,64% no 1º elo da LT, 18,88% no 2º e 28,48% no último segmento da LT. A corda por segmento é de 99,14%, de 89,59% no 2º e 97,27% no 3º. A corda total da LT, que não tem significado devido à passagem obrigatória nas SE-N3 e - N2, tem 108,84km no rumo 57º SO. O índice médio de desvio de rota é então de 3,30%.



Deflexões (não incluídas as dos pórticos) são 26, uma a cada 4,77km de LT, sendo 5 até 5°, 18 de 5° a 30° (porém 6 em fim de linha) e 3 entre 30° e 60°. A deflexão média em módulo foi de 13° e a máxima foi de 59°24'.

Tangentes: a média geral de 5,38km se distribui nos segmentos de LT como segue.

- 5,43 km até a SE-N3, 3,88km desta até a SE-N2 e 7,05km desta até o final, não se computando os vãos de tração reduzida.

## **9.2 CONDIÇÕES LOCAIS**

Típicas da Região, não apresentam dificuldades maiores para a implantação do empreendimento, nem ambientais, nem de interferências, nem de custos.

Destacam-se apenas os aspectos atípicos de ajustes de engenharia e topografia às aproximações das EBI e da entrada / saída das SE-N. Para a construção, ressalta-se a conveniência de estudos geotécnicos e adequação aos terrenos rochosos dominantes bem como aos solos fracos saturados; este particular, pouco freqüente na região, alerta para as interações hídricas das fundações com a transposição das águas.

## **9.3 RECOMENDAÇÕES PARA IMPLANTAÇÃO DA DIRETRIZ.**

Durante a implantação, atenção especial deve ser dada aos ajustes dos vértices V5 e V6 (tanto no paralelismo da tangente quanto na travessia da BR e paralelismo à frente), à adequação do V10 e local da próxima torre às travessias múltiplas (inclusive a aproximação ao aeroporto), o ajuste do V5 do 2º segmento às meia-encostas do passo da Serra do Livramento, sem esquecer da adequação dos 2 últimos vértices ao projeto executivo das EBI e SE-N.

Recomenda-se que se faça tão logo se inicie o projeto, para subsidiar suas possíveis revisões da diretriz, liberar o levantamento de perfil e travessias e desencadear a campanha de sondagens e prospecções.

## **9.4 RESSALVA**

Não foram verificadas travessias de vias navegáveis ou interferências com jazidas nem aproximações de aeródromos homologados, além de Salgueiro (classe 3, VFR). A mais de 4,05km da cabeceira da pista, as torres da LT não atingirão a cota máxima (acima de 400m + 60m), mas o COMAR deve aprovar o projeto de sinalização.

Também não foram verificadas ocorrências de terrenos instáveis, fracos ou inundados, e foram evitados locais a jusante de barragens (exceto R. Tucutú). Outros obstáculos que surjam no campo, como a futura Ferrovia Transnordestina, navegação recreativa no Açude Boa Vista, locais com poeiras, explosões e desmontes serão examinados quando da implantação.

Na hipótese de ocorrerem eventuais restrições natureza ambiental, esse projeto deverá ser revisado de forma a atender as exigências apresentadas.

## **10. RELAÇÃO DOS DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA**

- 261-FUN-TSF-RT-V360 – Estudo de Viabilidade – R28
- Cartas da SUDENE/SGE – SB.24-Z-C-IV – São José do Belmonte, SC.24-X-A-I – Tupanaci, SC.24-C-II – Salgueiro e SC.24-C-IV - Chorrochó
- 261-FUN-TSF-A1-B0424 – Eixo Norte – Trecho I – Estação de Bombeamento EBI-1 – Implantação – Planta
- 261-FUN-TSF-A1-0427 – Eixo Norte – Trecho I – Estação de Bombeamento EBI-2 – Implantação – Planta
- 261-FUN-TSF-A1-0430 – Eixo Norte – Trecho I – Estação de Bombeamento EBI-3 – Implantação – Planta Fl. 1/3
- 261-FUN-TSF-A1-B0431 – Eixo Norte – Trecho I – Estação de Bombeamento EBI-3 – Implantação – Planta Fl. 2/3
- 261-FUN-TSF-A1-B0432 – Eixo Norte – Trecho I – Estação de Bombeamento EBI-3 – Implantação – Planta Fl. 3/3

- 261-FUN-TSF-A1-B0433 – Eixo Norte – Trecho I – Estação de Bombeamento EBI-3 – Implantação – Cortes A e B
- 261-FUN-TSF-A1-B0434 – Eixo Norte – Trecho I – Estação de Bombeamento EBI-3 – Implantação – Cortes C, D e E
- 261-FUN-TSF-A1-B0435 – Eixo Norte – Trecho I – Estação de Bombeamento EBI-3 – Implantação – Dique - Cortes F e G, Detalhe da Crista e Granulometria dos Materiais.
- Mapas polivisuais – Político e Rodoviário de Pernambuco e do Nordeste – Edições Trieste
- Norma ABNT-NBR-5422 - Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica - Procedimento - Fev/1985
- Portaria nº 1.141/GMS, de 08/12/87, do Ministério da Aeronáutica
- 261-FUN-TSF-A1-B0439 – Eixo Norte - Trecho I- Linha de Transmissão – Traçado – Esc. 1:50.000 - Folha 1/2
- 261-FUN-TSF-A1-B0440 – Eixo Norte - Trecho I- Linha de Transmissão – Traçado – Esc. 1:50.000 – Folha 2/2
- 261-FUN-TSF-A1-B0032 - Estação de Bombeamento EBI-1 – Subestação N1 – 239 / 6,9 kV – Arranjo Geral – Planta
- 261-FUN-TSF-A1-B0109 - Estação de Bombeamento EBI-2 – Subestação N2 – 239 / 6,9 kV – Arranjo Geral - Planta
- 261-FUN-TSF-A1-B0164- Estação de Bombeamento EBI-3 – Subestação N3 – 239 / 6,9 kV – Arranjo Geral – Planta

---

**BLOCO 2: SELEÇÃO DOS CONDUTORES****OBJETO E OBJETIVO**

Este bloco tem por objetivo apresentar os Critérios de Projeto Básico da LT 230kV Bom Nome / SE-N3 / SE-N2 / SE-N1 adotados para subsidiar a escolha do condutor, bem como orientar decisões e ações do Projeto Executivo.

O estudo tem por objeto básico a análise técnica -econômica das alternativas de cabos condutores nos seus aspectos de custos operacionais, de investimento e do nos aspectos de desempenho eletromecânico, e desempenho operacional do sistema de transmissão de energia elétrica.

**1.1 ASPECTOS DO DESEMPENHO ELÉTRICO DA LINHA DE TRANSMISSÃO**

A oportunidade das análises deste estudo enseja também documentar o mais relevante aspecto elétrico de uma linha em Alta Tensão, além dos aspectos econômicos e dos técnicos (mecânico, dinâmico, e térmico) também abordados e subsidiados pelo ANEXO II.

Enfocado pelo prisma da otimização dos Parâmetros Elétricos da Linha de Transmissão com a técnica moderna de ajuste da geometria das fases, o estudo compara o desempenho elétrico em regime e dinâmico de um Condutor Singelo com um Feixe Duplo Expandido, no atendimento de carga tão incomum, predominantemente de Máquinas Síncronas.

Embora ainda pouco empregadas fora da CHESF (Companhia Hidro Elétrica do São Francisco), onde tem apresentado excelentes resultados de aumento da potência disponível a largas distâncias, as técnicas advindas da chamada LPNE (Linha de Potência Natural Elevada) estão largamente difundidas no setor e comprovadas pela adoção nas LT 500kV de Interligação de Sistemas Elétricos .

A Nota Técnica, ANEXO III, que fundamenta o estudo, é apenas a parte mais expressiva de diversas simulações realizadas com os outros cabos e feixes

discutidos no ANEXO II, todas convergindo para resultados semelhantes, independentemente da seção calculada.

Também neste aspecto, o presente estudo objetiva subsidiar não só as ações do projeto executivo da Linha de Transmissão, como também dar elementos da linha para o Projeto das Subestações Abaixadoras, na definição de seus equipamentos e da filosofia de proteção operativa.

Em que pese os estudos tratados no Anexo III terem sido desenvolvidos considerando a tensão secundária dos transformadores 13,8 KV, as conclusões também são válidas quando considerado o nível atual de 6,9 KV.

## **2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS CONDUTORES**

### **2.1 MATERIAL DOS CABOS**

Sem especulações acadêmicas quanto ao material constituinte, o presente estudo está limitado apenas ao cotejo das alternativas do CAA – Cabo de Alumínio com Alma de Aço (ACSR) e do CAL – Cabo de Alumínio com Alma em Liga de Alumínio (ACAR, *código norte- americano*).

Os cabos CALT (liga térmica) não são competitivos para linhas médias e longas (mais “frias”), enquanto os CA (alumínio puro) mostram-se menos resistentes perante as pressões do vento, principalmente nas seções menores e vãos grandes, anulando a vantagem de menor carga vertical nas torres, mesmo que fossem para eles otimizadas.

Os cabos CAL mostraram-se competitivos, até ligeiramente vantajosos, quando utilizados com série de torres para eles otimizada, em razão do menor peso e área exposta ao vento, para a mesma condutividade, com aproximadamente igual custo por quilômetro. Entretanto, em face de, pouca utilização não se tem segurança do real preço de aquisição e, o que foi decisivo, não tem a mesma experiência operacional para critérios de projeto e riscos de manutenção. Sua maior vantagem seria a aplicação em áreas agressivas para a alma de aço, o que não ocorre na Linha de Transmissão em questão.

A família CAA, opção de padrão conservativo, é mais onerosa com graxa na alma, e até a galvanização “classe B” da ABNT pode ser dispensada, em favor da economia, dadas as condições ambientais da região atravessada.

Em relação à formação (relação entre as seções de alumínio e aço), não é necessária a do tipo extraforte (30fios Al / 7fios Aço), que é mais pesada (e cara) para as seções em estudo. A formação 54xAl / 7xAço apesar de 6% menos resistente à tração é 5% mais leve, com a vantagem adicional de maior amortecimento vibratório, entretanto os fios mais finos os tornam mais sensíveis ao manuseio; poderia ser cogitada para os cabos de 307 e 322mm<sup>2</sup>, porém não é disponível para seções menores, o que é a principal razão para se ter optado por estudar os cabos na formação tradicional de 26 fios de Al / 7 fios de Aço.

## 2.2 GEOMETRIA DAS FASES

Basicamente função da concepção da “Cabeça de Torre”, a geometria das fases afeta diretamente os parâmetros elétricos da linha e o desempenho do isolamento para surtos de tensão e para aproximações quando da oscilação das cadeias “I” ao vento. Teoricamente, a análise e escolha dos condutores deveriam ser feitas em convolação com o estudo e dimensionamento da série de torres adequada para cada alternativa de cabos. Esta otimização ideal, embora resulte em economia para o projeto, requer um tempo apreciável, ora não disponível, e só se torna imperativa em linhas de maior vulto e/ou em condições de operação atípicas.

Considerando a adoção “a priori” da série de torres padrão atual da CHESF, descrita no item 4 deste estudo, a única adequação da geometria das fases é alcançada pelo ajuste da distância entre os cabos dos feixes, com a técnica exposta no item 7 adiante.

Estão citados aqui apenas que os materiais usados nas ferragens de isoladores e de cabos são do mesmo tipo padrão, quer para os condutores singelos, quer para os feixes duplos verticais preconizados, apresentando aproximadamente o mesmo custo e risco de falha, quer para a cotejo entre as alternativas, quer para o valor relativo ao empreendimento em si.

Foi adotada a geometria plana das fases, separadas na largura média de 7,7m das torres e 6m abaixo dos para-raios e, no caso, com feixe vertical de 1,8m e 1,2m (central) na maioria das torres.

### **3. CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS REGIONAIS**

#### **3.1 CONDICIONANTES MECÂNICAS, DINÂMICAS E DE OXIDAÇÃO**

As condições típicas regionais, definidas nos Critérios de Projeto Básico consoante com a ABNT, confirmam a viabilidade dos cabos CAA 26/7 para vãos até 1000m, nas condições de governo estabelecidas.

As condições predominantes de vento brando, obtidas dos registros em Paulo Afonso e em Milagres com as Estações Meteorológicas do Convênio CEPTEL-CHESF, nos últimos 8 anos, mostram velocidades pouco freqüentes acima de 5m/s, direção dominante Este- Sudeste e ocorrência predominante diurna, quando a tração diuturna de 20%CR não é superada. Em consequência, apenas os vãos mais longos, orientados Norte- Sul, nas planuras do elo SE-N2 / SE-N1, poderão apresentar comportamento vibratório acima do normal. É recomendado , ainda assim, o uso generalizado de grampos de suspensão pré-formados, dada a possibilidade de indentação da camada interna sobre a alma dos CAA 26/7, não obstante os amortecedores usuais controlarem satisfatoriamente as vibrações. Neste aspecto, a maior diferença entre as configurações de condutor estudadas se mostra favorável aos feixes, onde a falta de sincronismo dos cabos no feixe reduz o “batimento”, além de se poder contar com a maior efetividade prática dos amortecedores espiralados, especialmente eficazes nos cabos mais finos.

Não se conhece qualquer análise de agressividade atmosférica, porém as linhas da CELPE (Companhia Energética de Pernambuco) ainda que por poucos anos, dão testemunho satisfatório do desempenho dos cabos CAA e dos de aço galvanizado, que puderam ser examinados de perto nos estaiamentos de postes com suas ferragens. O exame vale de referência, especialmente para os estais e pára-raios 3/8” EAR, galvanização Classe A, projetados para esta LT.

### **3.2 – CONDICIONANTES ELÉTRICOS**

Além da agressividade (baixa, no caso), a poeira da região pode ser tomada como condicionante do fator de emissividade superficial, usado para estabelecer a tensão limiar de início/ extinção de eflúvios. Mesmo com o lançamento sob tração, recomendável para minimizar danos e acelerar o processo, a poeira local, por experiência na CHESF, indica um fator de rugosidade superficial não muito baixo, na situação de cabo “envelhecido”.

O outro elemento de cálculo da tensão de “corona” (eflúvio oneroso e perturbador) é a densidade do ar, tomada em função da altitude. A média do primeiro elo é de 510m acima do mar, chegando a 610m; a dos dois últimos é de 370m, apresentando o mínimo de 336m. O valor representativo, tomado conservativamente para cálculo, deve ser de 550m, que nas condições climáticas de maior duração (tempo seco, 25°C) corresponde a 0,94atm .

Quanto às temperaturas coincidentes com a máxima potência, de acordo com ABNT e GCOI, admitiu-se a média máxima de 36°C com insolação de verão de 1.038W/m<sup>2</sup>, o que é compatível com o projeto das alturas de segurança. Para efeito de estimativa econômica das perdas Joule, a temperatura dos cabos resulta, porém, algo acima do esperado no pretendido bombeamento noturno, favorecendo conservativamente seções maiores.

## **4. SUPORTES PRECONIZADOS**

### **4.1 ESTRUTURAS**

A série adotada, cedida pela CHESF como antes mencionado, foi desenvolvida para o condutor de maior seção dos estudados e ,graças a coeficientes de segurança generosos à época de sua especificação, atende ainda o maior feixe cotejado, 7% mais pesado e com área de vento 45% maior.

Caso a plotação no terreno mais ondulado não fosse limitada pela altura máxima das torres (39m úteis), a escolha de condutor singelo de seção mínima seria favorecida pela menor incidência de torres por quilômetro. Para avaliação correta da influência no custo seria necessário anteprojeto com trechos representativos do perfil, o que só pode ser feito ao nível de projeto executivo, estabelecendo-se



gráficos de utilização para as alternativas apontadas neste estudo como mais vantajosas economicamente. Simulações feitas com as curvas de nível mostraram redução da ordem de 6% no número de torres de suspensão por quilômetro com o cabo singelo de menor seção, o que por si não constitui vantagem decisória.

## **4.2 ISOLADORES E FERRAGENS**

A classe de isoladores e ferragens usados neste tipo de linha, nominal 80kN, atende todas as alternativas indiferentemente. A diferença única reside na duplicação de grampos e amortecedores, ainda que de menor capacidade e custo unitário. Orçou-se para o feixe o mesmo custo da ferragem e menos R\$14.400,00 para amortecedores, em relação ao cabo singelo equivalente. Isto se deveu ao cabo singelo se situar em classe de ferragem bem mais pesada (mais do dobro), por casualidade, para o grupo de seções cotejadas.

Da mesma forma que a influência das estruturas, a parcela de custo de ferragens e isoladores só será favorável ao condutor singelo, caso avaliação mais precisa, função dos resultados de plotação no perfil real com a adequação a cada alternativa, venha ocasionalmente mostrar índices que possam distorcer estas estimativas.

## **4.3 MONTAGEM**

Igualmente desconsiderada nos estudos de escolha de condutores, a influência dos custos de construção tem dois aspectos, a do custo individual e a das quantidades. Se mantida a série única com fundações padronizadas (“stubs” em concreto), características do terreno local, a influência se traduz apenas nas quantidades de plotação, já que o custo é orçado em proporção à tonelagem das estruturas, e os índices são os acima apontados.

Caso se mantenha o lançamento sob tração, a diferença estimada é R\$125.000,00 a maior para o feixe duplo, em relação a qualquer seção de cabo (dois cabos custando 30% mais).

## 5. DADOS DA CARGA PREVISTA

### 5.1 ASPECTOS GERAIS

No nível do Projeto Básico da Linha de Transmissão, as informações disponíveis são as constantes do Estudo de Viabilidade 261-FUN-TSF-RT-V360. Constituída basicamente pelas máquinas de bombeamento da água, do tipo síncrono (já que serviços auxiliares e atendimentos locais de irrigação, pouco indutivos, não devem ultrapassar 10% da carga), revela-se insolitamente atípica como carga de porte das linhas no Sistema Regional.

Em termos gerais, seu comportamento e requisitos podem ser mal-comparados aos de mini-usinas hidroelétricas operando em reversão, o que, por seu ineditismo, requer especial atenção do Projeto Básico da Linha de Transmissão. Adiante, apresentamos os principais aspectos determinantes para a escolha do condutor, contemplados neste estudo e detalhados nas Notas Técnicas dos ANEXOS II e III.

### 5.2 CURVAS DE CARGA E HORIZONTES

Um aspecto essencial para a escolha econômica do condutor é a estimativa operacional das perdas de energia, cujo ônus é cotejado em conjunto com o custo inicial da seção de alumínio, e cujo valor é função inversa desta seção e direta do quadrado da intensidade de corrente da Demanda. Esta é uma definição característica das intenções operacionais.

Em complemento à potência de máquinas instaladas, foi estabelecido um escalonamento de datas de início de operação, mostrado na tabela do item 2.1 do ANEXO II. Os horizontes colimados permitem o cálculo do valor presente das perdas mas a demanda que as gera é função horária diuturna, nas sazonalidades e condições econômico-climáticas esperadas.

A curva de carga média anual estipulada é elementarmente descrita pela demanda TOTAL em metade do tempo e 1/8 desta na outra metade, em todos os horizontes e simultânea em todas as máquinas. Resulta em volume transposto anual muito elevado, que na distribuição em histograma retangular binário (e não

triangular, como é usual), para a mesma energia total implica em perdas exageradas (em +35%, com 96% de diversificação).

A curva de carga estipulada pode levar à seleção de condutor de seção anti econômica por investimento inicial em cabo de seção maior que a ideal para operação melhor distribuída.

### **5.3 PARÂMETROS ELÉTRICOS DAS MÁQUINAS, DOS TRANSFORMADORES E CARACTERÍSTICAS DOS REGULADORES**

Como as características exatas das máquinas e equipamentos só serão conhecidas após sua contratação, foram adotados valores típicos da literatura do setor, mostrados nas tabelas do *Apêndice B* do ANEXO III. São suficientes para uma análise conclusiva e, inversamente, poderão ser encomendados em função dos resultados deste estudo ou aprofundamentos posteriores, como o ângulo de excursão das máquinas, o controle de tensão e operação do eixo, os ajustes e parâmetros dos reguladores de tensão dos motores e os requisitos para o religamento monopolar das linhas.

## **6. AVALIAÇÃO DO MERCADO**

### **6.1 CUSTO DO CONDUTOR**

As licitações de grandes lotes do tipo de condutor indicado, nos últimos anos realizadas por Empresas Estatais Nacionais, alcançaram preços entre R\$4,00/kg e R\$4,50/kg, regulados por valor de mercado internacional, sem grandes oscilações desde a alta do início da última década, recuperada há mais de 5 anos. Afetados pelas taxas cambiais, hoje estabilizadas, seu insumo principal (o custo da energia elétrica) apresenta ligeira tendência de alta, mas a expectativa de aumento entre 10% e 20%, assumida pelo planejamento do Setor para os próximos 2 anos, deve-se mais ao “boom” de obras anunciado pela ANEEL.

A análise de sensibilidade mostrada no *Apêndice C* do ANEXO III leva a concluir que o efeito do preço do cabo, no entorno parametrizado, não afeta significativamente a posição relativa das 6 alternativas cotejadas. Adotou-se sem maior discussão o valor de R\$5,00/kg. No entanto verificações recentes indicaram

tendências altistas, apontando para o valor de R\$7,00/kg, o que resultará nas simulações apresentadas no item 6.4 adiante.

## **6.2 TAXA DE ATUALIZAÇÃO DO CUSTO DAS PERDAS**

Semelhante à taxa de atratividade do investimento, é usada para converter à base do valor presente à época de referência de compra do condutor aos custos de perdas operacionais distribuídos ao longo do período de operação. Atenua a influência decisória dos custos escalonados nos horizontes mais afastados. É um índice definido pela alta gerência empresarial e mede a expectativa de lucratividade e o interesse no empreendimento. Quanto menor, maior a influência dos custos remotos e menor a vantagem dos cabos leves.

A taxa hoje praticada pelos empreendimentos no Setor é da ordem de 15% e foi feita análise de sensibilidade entre 10% e 20%, porém não houve inversão de predomínio em relação ao que é mostrado no Apêndice B do ANEXO II, para 12%, 15% e 18%, nas 6 seções.

## **6.3 CUSTO DA ENERGIA DAS PERDAS**

O valor presente das perdas de energia foi também discutido no cotejo econômico, já que hoje é ponto de controvérsia na matriz energética por soffrear a disseminação das usinas a gás que acompanham taxa cambial e preço internacional do petróleo. O atual patamar de referência para os planejamentos do setor em curto prazo, de R\$40,00/MWh, tem uma expectativa segura de ultrapassar os R\$50,00/MWh em médio prazo (10 anos) e o valor em longo prazo pouco afeta o custo presente no cotejo das alternativas. Além disso, sua influência em curto prazo é oposta à do custo do condutor, que depende desse preço, de modo que o valor decisório é a expectativa de médio prazo.

O ANEXO II mostra no Apêndice A análise de sensibilidade com resultados bastante similares nas 6 alternativas, para valores de R\$40,00/MWh, R\$50,00/MWh e R\$70,00/MWh. No índice maior, o feixe de seção intermediária alarga a vantagem para o cabo de seção média, e se torna quase tão econômico quanto o feixe de seção menor. O caso modal dessas análises de sensibilidade é visto no ANEXO II.

**6.4 VALOR PRESENTE ATUALIZADO DAS PERDAS DE ENERGIA *VERSUS* CUSTO DOS CABOS**

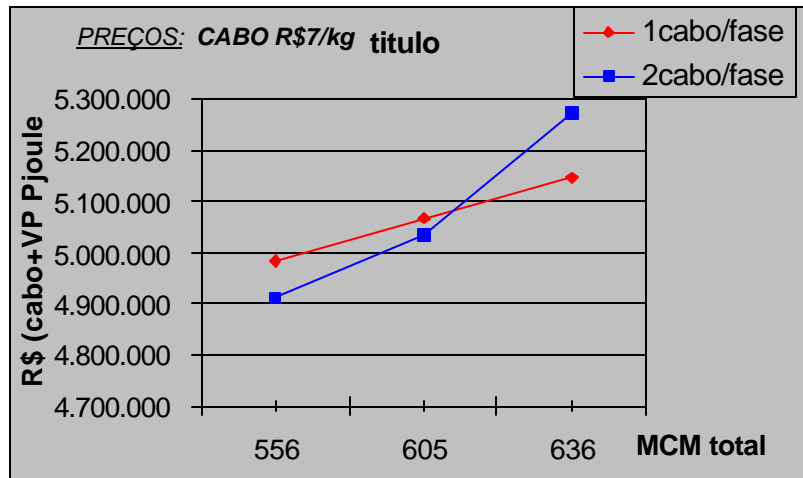
Consoante as últimas tendências do mercado, a varredura de alternativas apresentada no ANEXO II foi complementada para um custo atual de R\$7,00/kg do cabo CAA 26/7 com a correspondente expectativa do Custo das Perdas variando de R\$70,00 a R\$50,00 / MWh, cujo resultado não altera as posições anteriores. O valor médio da tarifa mostra uma vantagem a favor do menor feixe de R\$81.697,00.

**SENSIBILIDADE AO CUSTO DAS PERDAS DE ENERGIA DE R\$70/MWH A R\$50/MWH**

**Valor Presente (perdas+cabo)  
Perdas Joule = R\$70/MWh**

2x336MCM=R\$5.272.708,  
... 636MCM=R\$5.144.046,  
  
... 605MCM=R\$5.065.320,  
2x300MCM=R\$5.032.725,

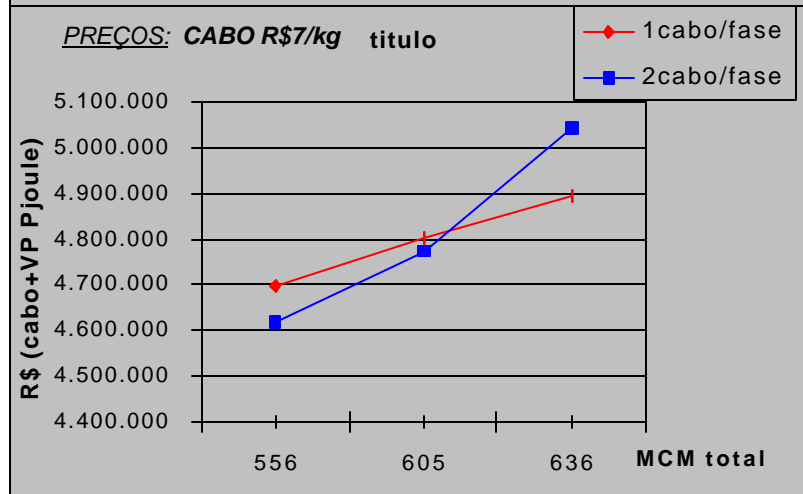
... 556MCM=R\$4.983.702,  
2x267MCM=R\$4.910.330,  
**DIFERENÇA = R\$73.372,00**



**Perdas Joule = R\$60/MWh**

2x336MCM=R\$5.042.013,  
... 636MCM=R\$4.895.875,  
  
... 605MCM=R\$4.803.906,  
2x300MCM=R\$4.773.201,

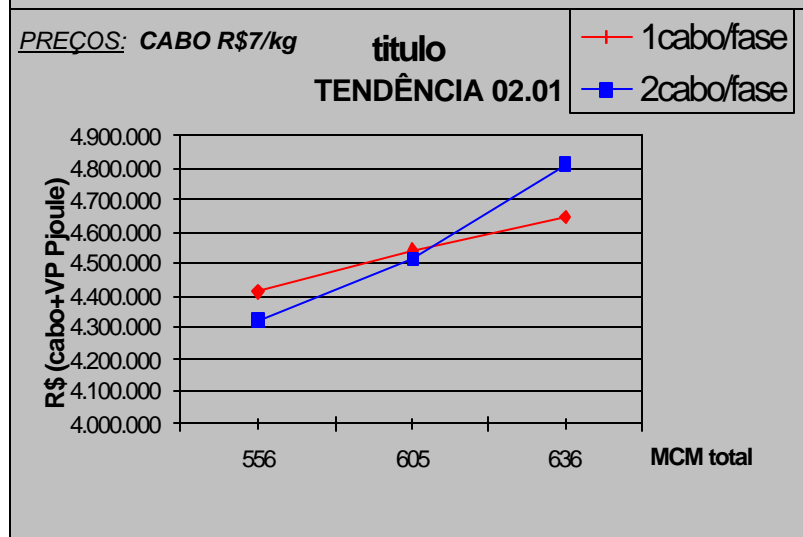
... 556MCM=R\$4.698.540,  
2x267MCM=R\$4.616.843,  
**DIFERENÇA = R\$81.697,00**



**Perdas Joule = R\$50/MWh**

2x336MCM=R\$4.811.317,  
... 636MCM=R\$4.647.704,  
  
... 605MCM=R\$4.542.491,  
2x300MCM=R\$4.513.676,

... 556MCM=R\$4.413.378,  
2x267MCM=R\$4.323.356,  
**DIFERENÇA = R\$90.022,00**



## **7. EXPLANAÇÃO SUSCINTA DA TÉCNICA DE FEIXES**

### **7.1 ORIGEM E EXPERIÊNCIA COM CONDUTORES MÚLTIPLOS**

Há mais de 60 anos usados em linhas de alta tensão, os condutores empregando cabos enfeixados são necessários para reduzir os efeitos indesejáveis dos eflúvios, decorrentes da concentração das cargas elétricas superficiais que saltam para o ar, através de sua dispersão em uma superfície maior, que o feixe oferece com a mesma seção condutora. As linhas acima de 230kV usam obrigatoriamente mais de um cabo por fase. Verifica-se que a reatância própria do feixe é menor que a do cabo singelo, permitindo melhor regulação da tensão no transporte de maior potência a distâncias mais largas.

No entanto, o equilíbrio da capacitância entre fases e a reatância do feixe é complexo, levando a Engenharia a consagrar o uso de feixes padronizados em formas “regulares” e “seguros” tamanhos pequenos, em benefício da indústria de ferragens e da manutenção da linhas. Todas as Empresas de Transmissão brasileiras usam feixes, com dois, três e quatro cabos, com diversas seções e espaçados de 30cm (10”) a 46cm (18”), apesar de seus inconvenientes, que são a maior área sujeita à pressão do vento (exigindo suportes mais robustos), a multiplicidade de grampos de fixação dos cabos (componente mais caro das cadeias de isolador) e o uso de espaçadores a intervalos curtos ao longo dos vãos, para reduzir o número de choques entre os cabos e impedir seu “enrocamento”.

O feixe vertical, em uso no NE a mais de 15anos, reduz o ônus operacional dos espaçadores, substituindo-os pelos amortecedores, cujo menor custo paga a altura em torre necessária ao espaçamento. Usado nos 670km da Linha Transformável 2x230kV que passa por Bom Nome, trouxe um benefício comprovado de 25% na capacidade de transmissão, mais do que pagando a altura extra (3% do custo), disponível para a futura conversão desta linha para 500kV. Na oportunidade deste projeto, desenvolveu-se a técnica do Feixe Expandido, que otimiza o espaçamento entre cabos, usando as ferragens padrão com dimensões vantajadas, graças aos programas de cálculo desenvolvidos com o CEPEL.

## 7.2 FEIXE EXPANDIDO, A “LPNE TROPICAL”

Com o desenvolvimento dos programas computacionais de simulação de campos e o aumento da capacidade e acesso às máquinas, ficou mais fácil investigar problemas físicos complexos, como os campos elétricos superficiais dos condutores. Caíram então os padrões de feixes, notadamente na Rússia, de onde a ELETROBRAS trouxe pesquisadores com a idéia de equalizar os gradientes elétricos em todos os cabos de linha, para aproveitar o isolamento do ar de uma maneira uniforme. Inicialmente voltada para extra- alta tensão, no programa da transmissão da Amazônia, as ferramentas computacionais mostraram que os maiores ganhos na capacidade de transmissão estavam nas tensões menores, com padrões de geometria mais antiquada e maior acesso para investigação e implantação. Inicialmente movida pela urgência no atendimento de sistemas saturados, a CHESF foi pioneira na alteração de projetos em implantação e reformas de linhas existentes, onde seria inviável uma otimização completa, principalmente quanto a torres redesenhadas, ferragens radicalmente novas e cabos especiais, como preconizavam os pesquisadores.

Considerando-se apenas a necessidade de aumentar a potência a transmitir, de forma prática, ágil e econômica, comprovou-se então que o limite não está só na tensão da linha, mas no fluxo de carga em todo o sistema de transmissão, para o qual os parâmetros elétricos devem ser otimizados, de forma a propiciar um ganho equilibrado de todas as linhas, em harmonia com a coordenação de isolamento e os sistemas de regulação e proteção das subestações. Passou-se então a perseguir o ajuste dos parâmetros de forma a alcançar a **Potência Natural Elevada** mais próxima da potência a transmitir.

A par de benefícios econômicos, constato-se que o feixe bem dimensionado apresentava boa estabilidade dinâmica e maior flexibilidade operacional. Também foi evidenciado que, com torres mais largas, como as do padrão CHESF, feixes maiores alcançavam melhores resultados. E que, com engenharia de projeto cuidadosa, a otimização torre a torre viabilizava, médias de desempenho acima da expectativa. Sem mudança em qualquer material padronizado de linha, apenas adequando-se a geometria de seu emprego, atingiram-se resultados equivalentes às “Hi-SIL” dos pesquisadores russos.



Hoje existem com feixe expandido no Nordeste (fora as LPNE da Rússia, de Cuba e de Furnas) dois trechos de linha para pesquisa, três trechos experimentais em operação e as seguintes linhas comerciais, operando desde o ano citado:

- LT 2x230kV Banabuiú- Fortaleza, 2 cabos CAA 636KCM por fase, 185km, 1996;
- LT 2x230kV Paulo Afonso- Milagres, 2 cabos CAA 636KCM por fase, 245km, 1997;
- LT 2x230kV Milagres- Banabuiú, 2 cabos CAA 636KCM por fase, 220km, 1997;
- LT 2x230kV Milagres- Banabuiú, CAA 636KCM + CA 4/0 por fase, 218km, 1998;
- LT 2x230kV Banabuiú- Fortaleza, CAA 636KCM + CA 4/0 por fase, 182km, 1999;
- LT 230kV Bom Nome- Milagres, CAA 636KCM + CAA 336KCM p/ fase, 85km, 2000;
- LT 500kV Xingó- Jardim, 4 cabos CAA 636MCM por fase externa, 160km, 1999;
- LT 500kV Pres. Dutra- Teresina, 4 cabos CAA 954MCM por fase, 205km, 2000;
- LT 500kV Teresina- Sobral, 4 cabos CAA 954MCM por fase, 335km, 2000;
- LT 500kV Sobral- Fortaleza, 4 cabos CAA 954MCM por fase, 220km, 2000.

Além disso, encontra-se em construção 3 linhas de 230kV (total de 415km); em contratação a transformação das 3 primeiras para 500kV (total 620km) e 4 novas de 500kV para a interligação CHESF- Tronco Norte- Sul da ANEEL, (1050km) em Feixe Expandido.

### **7.3 CUIDADOS PARA O EMPREGO DE FEIXES EXPANDIDOS**

Em razão da complexidade e diversidade de condições dos Sistemas de Transmissão, tanto nos horizontes de planejamento quanto na conjuntura operacional, o planejamento e os estudos elétricos constituem as fases de maior capacidade de engenharia para bem utilizar a gama de variáveis disponibilizada pela quebra dos padrões de feixes de cabo e geometria de torres. As linhas radiais, como no presente estudo, são as de mais fácil equacionamento.

O projeto executivo requer, para bons resultados, cuidadoso exame caso a caso, embora se disponha hoje de programas de cálculo e planilhas “inteligentes” que respaldam suficientemente o bom senso de projetistas experientes.

A construção é inteiramente similar a de linhas convencionais, mas a fase de elaboração de proposta, planejamento de equipe e logística de aferições requer atenção às peculiaridades do projeto; as Construtoras Regionais acham-se hoje habilitadas para tal.

## **8. COTEJO DAS ALTERNATIVAS DE CONDUTORES**

### **8.1 ASPECTOS ECONÔMICOS**

Consoante as atuais tendências do mercado mostradas no item 6 e o cotejo apresentado no ANEXO II, verifica-se inquestionável vantagem para a seção de 556KCM  $\cong$  2x267KCM dos menores cabos tecnicamente viáveis. Conforme mencionado no parágrafo 5.2, a curva de carga estipulada e usada nestes cotejos é extremamente favorável às maiores seções. Caso se admitisse que as perdas mais prováveis fossem entre as usadas e as sugeridas naquele parágrafo (forma triangular, com redução de 35% dos MWh) isto é 17% abaixo, a projeção de 15% de taxa (para R\$70,00/MWh num custo de R\$7,00/kg de Al) passaria a diferença de R\$73.372,00 entre o 2x266KCM e o 556KCM para R\$83.279,00; passaria também a diferença deste cabo para o maior de R\$160.344,00 para R\$204.363,00, acentuando-se as vantagens para a menor seção.

Quanto aos demais custos de materiais e serviços, os cabos de seção superior a esta só apresentam desvantagens, embora a avaliação seja complexa pela não linearidade dos preços dos itens e de simulação complexa. Apenas caso se considerasse a adequação das estruturas a cada combinação de cargas dos vários cabos e ao perfil real da LT é que seria válida a elaboração plena deste cotejo, que acentuaria ainda mais a vantagem das seções mínimas, e, provavelmente, do cabo singelo sobre o feixe de qualquer seção.

A série de torres da CHESF adotada pode se valer de uma pequena melhoria que foi estudada em suas LT para adequação ao relevo típico da Região e ao condutor singelo de seção maior, válida para o presente cotejo. Consiste no acréscimo de até 6m na altura das torres estaiadas, sem sobrecarga estrutural

apreciável e permitindo menor número de estruturas por quilômetro, embora podendo onerar a largura da faixa média autorizada devido a ponto de ancoragem dos estais e ao balanço lateral nos vãos maiores resultantes, sobretudo com cabos de menor diâmetro.

Para este cotejo foi feita uma simulação de perfil nos primeiros 9km da LT SE-N3 /SE-N2, usando-se os detalhes das plantas na escala 1:10.000, principalmente as hisoietas de 5m de desnível. Os desenhos anexos mostram as locações obtidas para feixe de dois cabos “Partridge” e para condutor singelo “Dove”, ambas considerando mais 6m na altura máxima nominal das torres estaiadas. O custeio mostrou diferença de menos uma torre e 8,5t de torres (R\$22.500,00) a favor do cabo singelo. Não considerando o acréscimo de 25% nos estais e redução de 13% nas cadeias de suspensão e isoladores compostos, a extrapolação para a quilometragem total da LT resulta em diferença de R\$299.500,00.

O cômputo final do cotejo aponta vantagem econômica da ordem de R\$100.000,00 a favor da seção mínima. Nesta, considerando válida a influência do feixe duplo na simulação de plotação de torres, a vantagem reverte em R\$ 330.000,00 a favor do cabo singelo “Dove”.

Perante o orçamento global da LT, revisado com a retirada de um para- raios em metade da LT, porém não atualizado em relação aos preços do momento, a diferença acima representa 2% do custo total da LT.

## **8.2 ASPECTOS TÉCNICOS OPERATIVOS**

As Notas Técnicas do ANEXO III mostram claramente a viabilidade operacional das alternativas de cabo singelo e feixe duplo na seção mínima, podendo-se considerá-las representativas nesta dicotomia para as demais seções.

Resumidamente, o cotejo não descarta a viabilidade de nenhuma das alternativas, tanto em regime permanente quanto transitório. A alternativa em feixe mostrou-se um pouco mais favorável, principalmente quanto à estabilidade, destacando-se apenas a aparente dificuldade de religação trifásica com o cabo singelo, e maior probabilidade de religamento monofásico com o feixe duplo.

Como foi antes ressaltado, as características das máquinas e equipamentos pode alterar significativamente o desempenho da LT, sendo o cabo singelo muito mais susceptível de desempenho insuficiente e o feixe duplo mais complacente com características elétricas desfavoráveis ou manobras mais críticas.

O custo refletido para as máquinas e equipamentos das Estações, para as duas alternativas cotejadas, tomando em consideração diferenças de excursão dos ângulos de fase, sobre-tensões em transitórios e “afundamentos de tensão” em falhas, aponta o uso do feixe duplo.

### **8.3 NOVOS FATORES DIFERENCIADORES DO COTEJO**

Recentemente, o desenvolvimento dos estudos foi reorientado no sentido de incorporar cabo OPGW (cabo pára-raio com fibra ótica) em parte da linha de transmissão, compreendendo o trecho SE-N3/SE-N1 e para a redução da tensão e dos grupos motobombas de 13,8 para 6,9 kV.

Quanto à introdução de um cabo com 66% a maior de área exposta a vento, e de 25% a 60% mais pesado que o inicialmente adotado, o reflexo sobre a escolha do condutor é consequência da limitação dos vãos permitidos pela sobrecarga localizada na treliça dos para-raios. A conclusão teórica é que a vantagem de menor uso de torres pelo cabo singelo seria minimizada pelo OPGW, em metade da LT. A torre mais usada, que permitia vãos da ordem de 800m para o cabo Dove e 600m para os dois Partridge, ficaria limitada a 700m pelo OPGW, cortando a vantagem teórica à metade. Entretanto, as injunções com o perfil e as condicionantes e recursos da plotação, levaram na simulação mencionada, a resultados indiferentes com o OPGW e com o pára-raios de aço. Caso a amostragem feita se revele representativa do restante dos trechos entre estações, o OPGW não afetará a escolha do condutor, mesmo sem uso do recurso de reforço da torre de suspensão leve.

Os cálculos mostraram que o condutor singelo leva a um desempenho transitório do sistema desfavorável em relação ao desempenho obtido com a utilização do feixe duplo, requerendo assim recursos especiais para estabilização da tensão. O feixe duplo apresenta melhor desempenho minimizando tais inconvenientes. No entanto, somente com o conhecimento das características elétricas reais da

carga e dos parâmetros elétricos nessa nova tensão é que o desempenho operativo da LT com o cabo singelo poderá ser devidamente quantificado.

Um aprofundamento dessa análise deverá ser feita quando do projeto executivo, à medida que se disponha dos parâmetros elétricos definitivos dos equipamentos de bombeamento e de transformação.

## **9. CONCLUSÕES**

### **9.1 QUANTO A ESCOLHA DO CONDUTOR**

- a) O condutor não necessita ter seção de alumínio maior que  $290\text{mm}^2$ , isto é, deve ser do tipo CAA “Dove” ou duplo “Partridge”;
- b) O feixe duplo (2xPartridge) resulta em vantagem econômica com relação ao cabo singelo quando analisado sob os aspectos de perdas operacionais na transmissão e de investimento, sem consideração da série de estruturas-suporte utilizadas.
- c) O cabo singelo “Dove” resulta em vantagem econômica da ordem de 1,5% do investimento global do projeto mais perdas operacionais, em relação ao duplo “Partridge”;
- c) O feixe duplo apresenta as vantagens operacionais do ponto de vista de desempenho elétrico do sistema em condições transitórias e em situações de variação da carga devido a sua baixa reatância em relação ao condutor singelo;
- d) O feixe duplo apresenta maior capacidade de transporte em virtude de sua baixa reatância, possibilitando atendimento a eventual aumento de carga e outros usos do sistema de transmissão;

### **ALTERNATIVA ESCOLHIDA**

Da análise efetuada com base nos dados e informações atualmente disponíveis, as alternativas estudadas apresentam diferenças marginais nos aspectos técnicos e de custo, optando-se pela escolha da alternativa do feixe duplo (2XPartridge) em

virtude de essa alternativa proporcionar um melhor desempenho operacional do sistema elétrico.

Essa escolha não impede de, no futuro, quando da etapa de desenvolvimento do projeto executivo, vir a ser reavaliada levando conta à evolução dos custos de materiais, de serviços e tarifas e preços de energia elétrica bem como de levantamento topográfico da diretriz da linha de transmissão e parâmetros elétricos dos equipamentos de bombeamento e de transformação.

## **9.2 ASPECTOS LOGÍSTICOS E GERENCIAIS**

Considerando que a solução de cabo singelo é corriqueira, a possibilidade de sua implementação é imediata, a partir de projeto original de condutor em feixe, já que ambas utilizam basicamente os mesmos materiais e processos de aplicação. Ao contrário, a técnica de otimização elétrica ainda é restrita a poucos centros de conhecimento, o que inviabilizaria a conversão do cabo singelo em feixe durante as fases de projeto executivo e fabricação. Portanto a opção do projeto básico pelo feixe duplo é mais prudente.

Tão logo se disponha de informações precisas sobre as características e parâmetros elétricos das máquinas e equipamentos e procedimentos de regulação e proteção, é conveniente revisar os cálculos elétricos, principalmente considerando a alternativa do cabo singelo.

Durante a fase do projeto executivo, assim que se obtenha parte do levantamento topográfico, é conveniente ensaiar plotações de torres em amostragens significativas, tanto com cabo singelo quanto com feixe duplo, de forma a confirmar a opção, antecipar expectativas logísticas e precisar quantitativos de fabricação.

## **10. RELAÇÃO DOS DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA**

- 261-FUN-TSF-RT-V360 – Estudo de Viabilidade – R28
- DESENHO PTSF-PBLT-5B.dwg Rev.1A PROJETO BÁSICO PLOTAÇÃO SIMULADA - FEIXE COM DOIS CABOS PARTRIDGE A 1,8 M

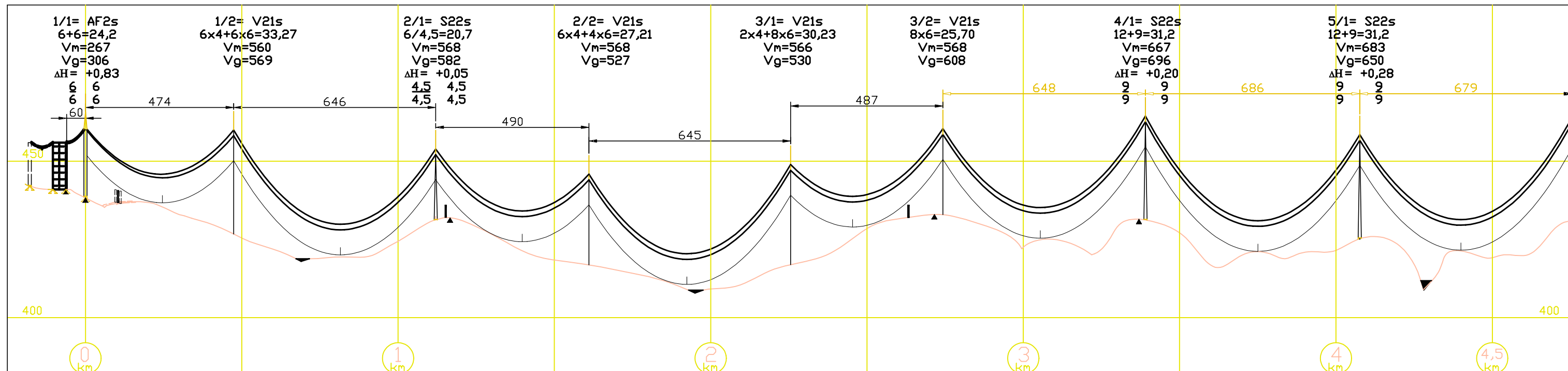
- DESENHO PTSF-PBLT-5B.dwg Rev.1B PROJETO BÁSICO PLOTAÇÃO SIMULADA - COM CABO SINGELO DOVE E OPGW

## ANEXOS

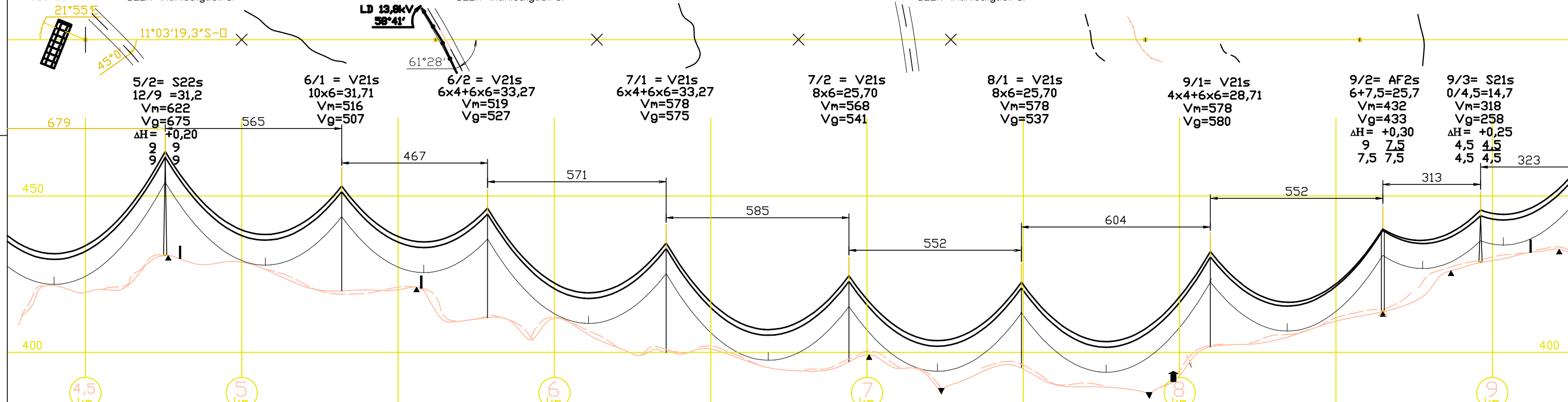
Fazem parte integrante do presente Estudo de Seleção do Condutor os seguintes documentos

**ANEXO II -** NOTA TÉCNICA SOBRE CONFIGURAÇÃO DE FASES: ESCOLHA DO CONDUTOR - CÁLCULO DA SEÇÃO ECONÔMICA E TEMPERATURAS DE PLOTAÇÃO.

**ANEXO III -** NOTA TÉCNICA SOBRE DESEMPENHO ELÉTRICO DO SISTEMA: ESCOLHA DO CONDUTOR – COMPORTAMENTOS ESTÁTICO E DINÂMICO COM CONDUTOR SINGELO OU FEIXE DUPLO.



MARCO/UTM	MA1	MA2	MA3	MA4	MA5	MA6	MA7
UTM 9104.021N 477.709E	9.102.876,6N; 477.485,6E	9.101.355,9N; 477.188,3E	9.100.713,7N; 477.062,86E	9.099.258N, 476.778,4E	9.098.565N, 476.643E	9.097.144N, 476.365E	9.095.530N-476.050E
DIST. MARCO-TORRE	-45,70	-459,80	+20,90	-9,80	+227,30	-31,80	+0,00
PROGR. TORRE (km+m)	0+474,48	1+610,38	2+742,67	3+755,03	4+786,40	5+975,10	6+998,41
CDTA ABSOLUTA	426,73	431,97	432,92	431,00	419,67	399,02	394,92
PROPRIETÁRIO	Fazenda "A"	Fazenda "B"	Fazenda "C"	Fazenda "E"	Fazenda "F"	Sítio "G"	Sra. "H" / Sr. "I"



MARCO/UTM	MA4	MA5	MA6	MA7	MA8
UTM 9099.258N, 476.778,4E	9.099.258N, 476.778,4E	9.098.565N, 476.643E	9.097.144N, 476.365E	9.095.530N-476.050E	9.095.433,3N, 475.854,6E
DIST. MARCO-TORRE	-9,80	-239,40	-649,40	-551,59	+94,54
PROGR. TORRE (km+m)	4+755,03	5+975,10	6+975,10	7+998,41	8+998,41
CDTA ABSOLUTA	431,00	419,67	399,02	394,92	413,00
PROPRIETÁRIO	Fazenda "E"	Fazenda "F"	Fazenda "E"	Sítio "G"	Sra. "H" / Sr. "I"



**CARTAS** Esc. 1:100 000 SGE-REGIÃO NE SC.24-C-II = SALGUEIRO E C-IV = CHORROCHÓ  
**PLANTA DAS EBI** (Esc. 1:1500 Dlg.) DES. Nº 261-FUN-TSF-AI-0424, -0427 E -0430  
 MAPAS POLIVISUAIS - POLÍTICO E RODOVIÁRIO DE PERNAMBUCO E DO NE ED. TRIESTE  
 DESENHO DO TRAÇADO BÁSICO - PTRS-PBLT-1B.  
**CRITÉRIOS DE PROJETO BÁSICO - PTRS-PBLT-2A.**  
 GEOMETRIA DAS TORRES DA SÉRIE, ANEXO AOS DOCUMENTOS P/ ANEEL PTRS-PBLT-2C.

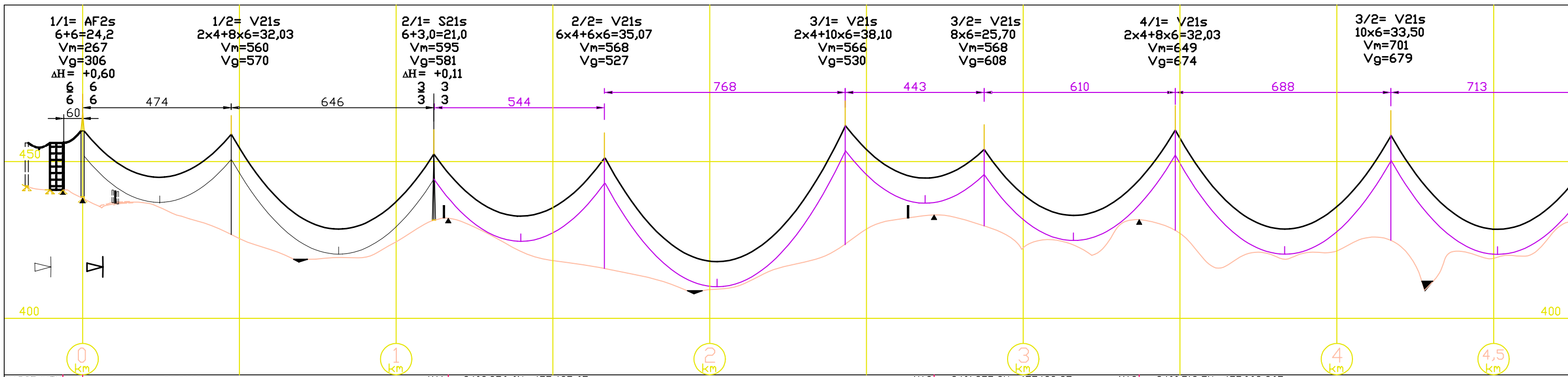
**REFERÊNCIAS**

**NOTAS**

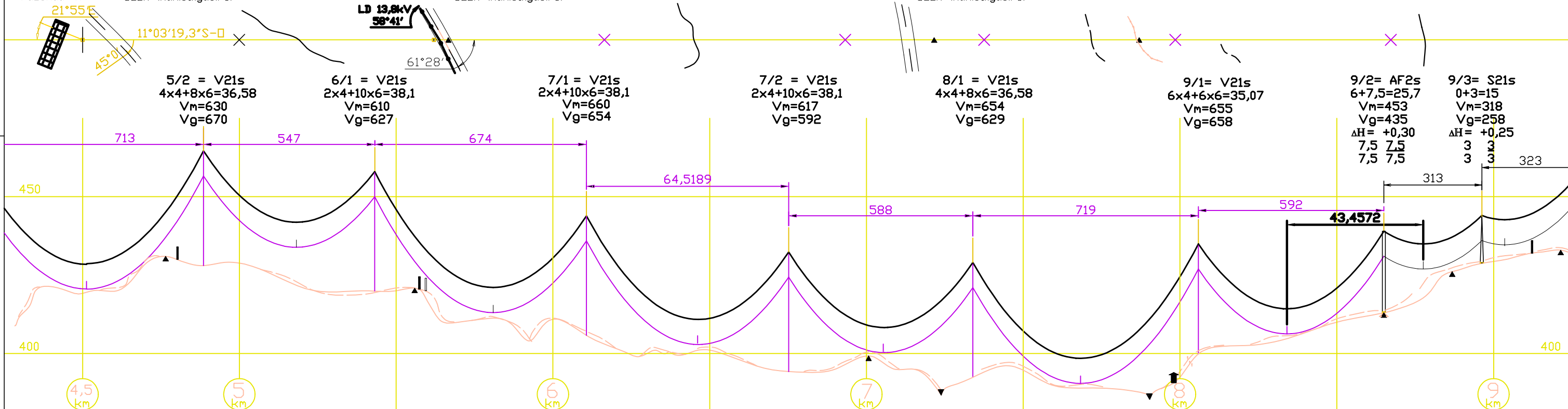
- A ESCALA DO PERFIL COM A PLOTAGEM É 1:10 NA HORIZONTAL/ 1:1 NA VERTICAL EM UNIDADES "CAD", O FORMATO DA IMPRESSÃO DEVE PRODUZIR A ESCALA ADEQUADA.
- AS COTAS DOS PONTOS FORAM ESTIMADAS A PARTIR DAS CURVAS DE NÍVEL DAS CARTAS PLANI-ALTIMÉTRICAS DA FUNCATE.
- AS CATENÁRIAS FORAM CALCULADAS PARA 50°C A PARTIR DOS CRITÉRIOS DE PROJETO (25°FINALC/"CREEP" APÓS VENTO DE 110km/h) PARA VÃO BÁSICO DE 600m.
- A NOTAÇÃO DAS TORRES AUTOPORTANTES INDICA EXTENSÃO + PÉ BÁSICO, A DAS ESTAIADAS INDICA A QUANTIDADE DE ELEMENTOS DE 4,5m + A DE 6,0m
- ESTE DESENHO É SÓ ILUSTRATIVO, NÃO SERVE DE MODELO DE PLANTA & PERFIL.

<b>FUNGATE</b> FUNDAÇÃO DE CIÊNCIAS, APLICAÇÕES E TECNOLOGIAS ESPACIAIS		<b>PROJETO DA TRANSPOSIÇÃO DAS ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO</b> EIXO NORTE - TRECHO I	
PROJETO/DATA: 15.02.2001 / 15.02.2001 DESENHO/DATA: 15.02.2001 / 15.02.2001 S.J. GUSMÃO C. / 15.02.2001 VISTO/DATA: 15.02.2001 / 15.02.2001		LT 230KV BNO/SE-N3/SE-N2/SE-N1 ELO SE-N3/SE-N2 PROJETO BÁSICO - PLOTAGEM SIMULADA FEIXE COM CABOS PARTRIDGE A 1,8 m	
EMISSÃO ORIGINAL: SÃO PAULO, 25.02.01 Nº PTSF-PBLT-5B.dwg ESCALAS: (V=1:500 H=1:5.000) FL. 1 de 1 REV. 1A			

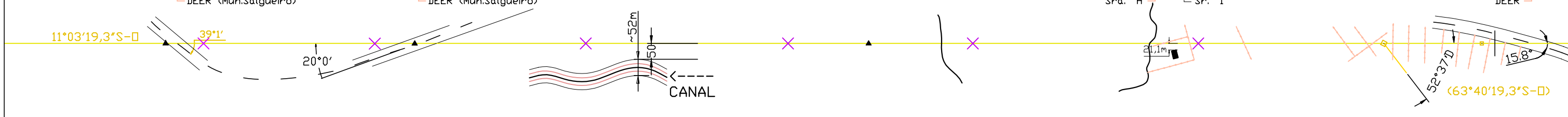




MARCO/UTMMV0 MV1/9104.021N477.709E	MA1' = 9.102.876,6N; 477.485,6E	MA2' = 9.101.355,9N; 477.188,3E	MA3' = 9.100.713,7N; 477.062,86E
DIST.MARCO-TORRE	-45,70	+159,70	+112,00
PROGR.TORRE (km+m)	0+474,48	1+664,30	2+875,14
CDTA ABSOLUTA	426,73	415,90	429,52
PROPRIETÁRIO: 438,34	431,31	432,99	431,49
Fazenda "A"	Fazenda "B"	Fazenda "C"	Fazenda "D"
DEER (Mun.Salgueiro)	DEER (Mun.Salgueiro)	DEER (Mun.Salgueiro)	DEER (Mun.Salgueiro)



MARCO/UTM	MA4' / 9.099.258N, 476.778,4E	MA5' / 9.098.565N, 476.643E	MA6' / 9.097.144N, 476.365E	MV2/9095.530N-476.050E	MA7' / 9.095.433,3N, MA8'
DIST.MARCO-TORRE	+120,90	-127,80	+547,50	-591,78	+0,00
PROGR.TORRE (km+m)	4+885,70	5+431,85	6+106,61	7+339,38	8+650,00
CDTA ABSOLUTA	430,97	428,01	419,89	405,79	413,00
PROPRIETÁRIO: 430,97	428,01	420,94	394,22	399,22	392,41
Fazenda "E"	Fazenda "F"	Fazenda "E"	Sítio "G"	Sra. "H"	Sr. "I"
DEER (Mun.Salgueiro)	DEER (Mun.Salgueiro)	DEER (Mun.Salgueiro)	Sítio "G"	Sra. "H"	Sr. "I"



**CARTAS** Esc. 1:100 000 SGE-REGIÃO NE SC.24-C-II = SALGUEIRO E C-IV = CHORROCHÓ  
**PLANTA DAS EBI** (Esc. 1:1500 Dlg.) DES. Nº 261-FUN-TSF-AI-0424, -0427 E -0430  
 MAPAS POLIVISUAIS - POLÍTICO E ROUVIDÁRIO DE PERNAMBUCO E DO NE ED. TRIESTE  
 DESENHO DO TRACADO BÁSICO - PTRS-PBLT-1B.  
 CRITÉRIOS DE PROJETO BÁSICO - PTRS-PBLT-2A.  
 GEOMETRIA DAS TORRES DA SÉRIE, ANEXO AOS DOCUMENTOS P/ ANEEL PTRS-PBLT-2C.

1 - A ESCALA DO PERFIL COM A PLOTAGEM É 1:10 NA HORIZONTAL/ 1:1 NA VERTICAL EM UNIDADES "CAD", O FORMATO DA IMPRESSÃO DEVE PRODUZIR A ESCALA ADEQUADA.  
 2 - AS COTAS DOS PONTOS FORAM ESTIMADAS A PARTIR DAS CURVAS DE NÍVEL DAS CARTAS PLANI-ALTIMÉTRICAS DA FUNCATE.  
 3 - AS CATENÁRIAS FORAM CALCULADAS PARA 50°C A PARTIR DOS CRITÉRIOS DE PROJETO (25°FINALC/"CREEP" APÓS VENTO DE 110km/h) PARA VÃO BÁSICO DE 600m.  
 4 - A NOTAÇÃO DAS TORRES AUTOPORTANTES INDICA EXTENSÃO + PÉ BÁSICO, A DAS ESTAIADAS INDICA A QUANTIDADE DE ELEMENTOS DE 4,5m + A DE 6,0m  
 5 - ESTE DESENHO É SÓ ILUSTRATIVO, NÃO SERVE DE MODELO DE PLANTA & PERFIL.

8					
7					
6					
5					
4					
3					
2					
1	COND. DOVE+OPGW	25.2.01	S.G.C.	S.G.C.	

REFERÊNCIAS

NOTAS

REV. DESCRIÇÃO DATA FEITO APROV. CREA Nº / /

**FUNCATE**  
 FUNDAÇÃO DE CIÊNCIAS,  
 APLICAÇÕES E TECNOLOGIAS ESPACIAIS

**PROJETO DA TRANSPOSIÇÃO DAS ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO**  
 EIXO NORTE - TRECHO I

LT 230KV BNO/SE-N3/SE-N2/SE-N1 ELO SE-N3/SE-N2

EMISSÃO ORIGINAL: SÃO PAULO, 27.02.01  
 Nº PTSF-PBLT-5B.dwg  
 ESCALAS: (V=1:500 H=1:5.000)  
 FL. 1 de 1 REV. 1B



### **3. CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS REGIONAIS**

#### **3.1 TEMPERATURAS**

- Média (EDS)..... 25°C
- Mínima média (coincidente c/vento máximo)..... 20°C
- Máxima média (coincidente c/demanda máxima)..... 35°C
- Mínima absoluta (arrancamento)..... 10°C
- Máxima absoluta ..... 40°C

#### **3.2 PRESSÕES DE VENTO (CONFORME NBR-5422)**

<b>VENTOS</b>	<b>PRES. VENTO MAX. (daN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>PRES. VENTO RED. (daN/m<sup>2</sup>)</b>
Condutor	60	20
Pára-raios	62	
Cadeia de isoladores	90	35

### **4. TRANSPOSIÇÃO DAS LT**

Não necessária.

### **5. DISTÂNCIAS VERTICAIS DE SEGURANÇA**

Adotar na plotação preliminar (60 graus final), para o primeiro trecho e (50 graus final) para o segundo e terceiro trecho.

---

- Terreno aberto:.....	8,0m
- Estradas: Rurais e Municipais .....	9,5m
- Estaduais e Federais (conforme Norma) .....	DNER(mín.9,5 m)
- Ferrovias (conforme Norma).....	RFFSA
- Linhas de transmissão até 138kV.....	3,0m
- Linhas de distribuição e telecomunicações.....	3,0m
- Represas e açudes (nível máximo d'água) .....	8,0m
- Vias navegáveis .....	20,0m (DNPVN)
- Árvores preservadas (acima da altura máxima) .....	5,0m
- Canavial.....	12,0m

## **6 . PLOTAÇÃO DAS ESTRUTURAS**

Na plotação serão definidas a posição, altura e tipo das estruturas que melhor atenderão, técnica e economicamente, às condições do terreno, travessias, cruzamentos e aproximações existentes ao longo do traçado da linha.

Durante a plotação serão evitados, tanto quanto possível, pontos que possam trazer problemas para áreas de preservação ambiental e para construção, tais como locais pantanosos, brejos, terrenos rochosos, etc. Ao mesmo tempo serão sempre consultadas as cartas de aplicação para evitar a utilização indevida de qualquer estrutura.

Quando não for possível evitar as áreas de preservação ambiental, serão utilizadas as estruturas de altura máxima disponíveis e posicionadas em locais que causem o menor impacto possível ao meio ambiente.

**7. CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DOS CABOS**

**7.1 CABO CONDUTOR**

- Tipo.....	CAA
- Código .....	Partridge
- Bitola.....	266,8 MCM
- Formação.....	26 A1/7 aço
- Seção total .....	157,2 mm <sup>2</sup>
- Diâmetro total.....	16,3 mm
- Massa.....	0,546 kg/m
- Carga de ruptura .....	5.126 daN
- Coeficiente de dilatação linear final.....	18,9 x 10 <sup>-6</sup> /°C
- Galvanização .....	Classe A

**7.2 CABO PÁRA-RAIOS**

Está previsto na linha de transmissão no trecho de Bom Nome a SEI-N3 (65,31km) a aplicação de dois cabos pára-raios tipo EAR em aço galvanizado em toda essa extensão. No trecho SEI-N3/SEI-N2/SEI-N1 na extensão de 58,75 km, está previsto a aplicação de uma cabo pára-raios do tipo EAR, similar ao do trecho anterior e o segundo cabo do tipo OPGW (Optical Phiber Ground Wire) para possibilitar simultaneamente a transmissão de dados para o sistema de controle do projeto e de telecomunicação.

- Tipo.....	Aço Galv.
- Código .....	EAR
- Formação.....	7 aço
- Seção total .....	51,14 mm <sup>2</sup>
- Diâmetro total.....	9,14 mm
- Massa.....	406 kg/km
- Carga de ruptura .....	6.990 daN
- Galvanização .....	Classe A

**7.3 FIO CONTRAPESO**

- Tipo.....	Aço recoberto de cobre Nº 4 AWG (Copperweld)
- Formação.....	1 fio
- Seção total .....	21,16 mm <sup>2</sup>
- Diâmetro total.....	5,19 mm
- Massa.....	0,172 kg/km
- Carga de ruptura .....	1.145 daN

**8. ISOLADORES E CADEIAS**

- Tipo.....	Composto
- Material.....	Fibro-epóxi, Polím. Si
- Engate .....	Concha e bola IEC 52
- Passo.....	~ 2.500 mm
- Carga de ruptura mecânica.....	1.200 Kgf

- Distância de escoamento ..... 6.550 mm
- Cadeia de suspensão ..... tipo I com 1 isolador
- Cadeia de ancoragem dupla ..... com 2x1 isolador

## 9. ESTRUTURAS

- V21s: Suspensão em alinhamento (estaiada).
- S21s: Suspensão em alinhamento (autoportante).
- S22s: Suspensão em ângulo (idem).
- A21s: Ancoragem em ângulo médio até 30°
- AF2s: Ancoragem em ângulo grande até 60° ou fim de linha.

## 10. CONDIÇÕES DE GOVERNO

### 10.1 CONDUTOR

TEMPERATURA	“CREEP”	VENTO	LIMITE
10 °C	Inicial	Sem	33,0 %
25 °C	Final	Sem	18,0 %
20 °C	Inicial	Máximo	33,0 %

### 10.2 PÁRA-RAIOS

TEMPERATURA	VENTO	LIMITE
10 °C	Sem	25,0 %
25 °C	Sem	15,0 %
20 °C	Máximo	25,0 %

**10.3 CADEIAS DE ISOLADORES**

- Tração máxima prolongada ..... 40 % CR
- Tração máxima de montagem/manutenção ..... 50 % CR
- Tração máxima de curta duração ..... 60 % CR

**11. FAIXA DE SERVIDÃO**

A LT ocupará uma faixa de servidão de..... 50 m

**12. NORMAS**

- NBR 182/5422 - Projeto de linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica.- Procedimentos
- DNER - Normas para ocupação ou travessia das faixas das Estradas de Rodagem Federais ou outras sob jurisdição do Departamento por Linhas de Transmissão ou Redes de Distribuição de Energia Elétrica.
- RFFSA-IGE-1 - TRAVESSIA VIA FÉRREA

**13. RELAÇÃO DOS DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA**

- Desenho 261-FUN-TSF-A1-B0439 – Eixo Norte – Trecho I – Linha de Transmissão – Traçado – Esc. 1:50.000 – Folha 1/2
- Desenho 261-FUN-TSF-A1-B0440 – Eixo Norte – Trecho I – Linha de Transmissão – Traçado – Esc. 1:50.000 – Folha 2/2
- Documentos de projeto das torres metálicas, de propriedade da CHESF e liberados por aquela Empresa, compreendendo:
  - Listas de materiais;
  - Listas de parafusos;



- Desenhos de fabricação e montagem das estruturas V21s, S21s, S22s, A21s e AF2s;
- Diagramas com as hipóteses de carregamento.

## **14. APÊNDICES**

### **14.1 DESENHOS DE CADEIAS**

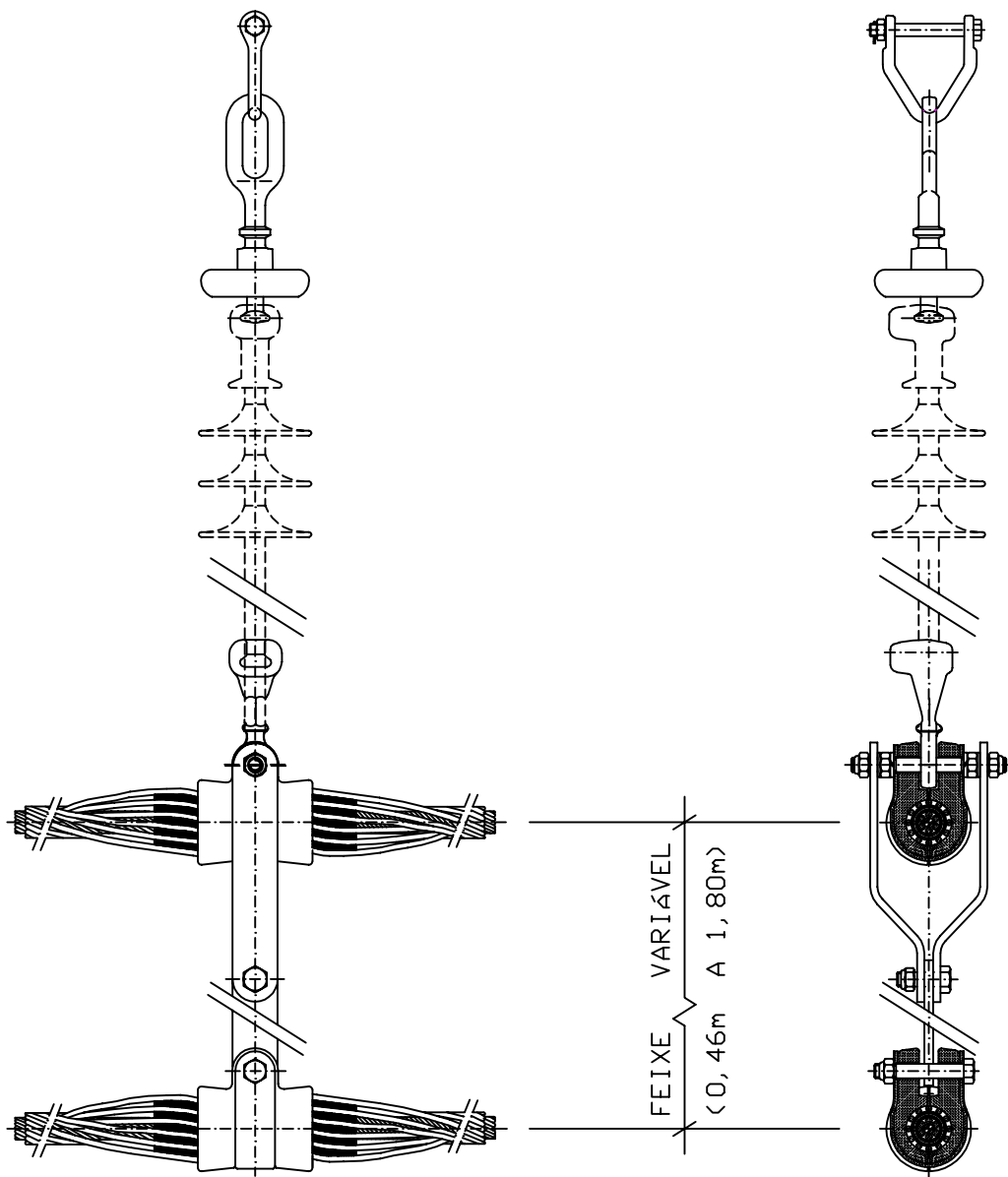
- Desenho da Cadeia Suspensão I (PTSF-PBLT-2A=CadSC)
- Desenho da Cadeia de Ancoragem (PTSF-PBLT-2A=2CadSC)
- Desenho do Conjunto de Ancoragem do Pára-raios (PTSF-PBLT-2AD)
- Desenho do Conjunto de Suspensão do Cabo Pára-raios (PTSF-PBLT-2AD)

### **14.2 DESENHOS DE TORRES**

- Desenho da Torre com Suspensão Estaiada (PTSF-PBLT-2C9A)
- Desenho da Torre com Suspensão Autoportante Leve (PTSF-PBLT-2C9B)
- Desenho da Torre com Suspensão Autoportante Pesada (PTSF-PBLT-2C9C)
- Desenho da Torre com Ancoragem Autoportante Média (PTSF-PBLT-2C9D)
- Desenho da Torre em Ângulo Grande ou Fim de Linha (PTSF-PBLT-2C9E)

## **15. ANEXO**

- **ANEXO IV:** Memória de Cálculo da Linha de Transmissão (destinado à regularização prévia junto a ANEEL)



3			
2			
1	MODIFICADO TÍTULO	SGC	NORTRON
ORIG.		15.03.01	15.03.01
REV. No.	DESCRIÇÃO	VISTO DATA	APROV. DATA

**LT 230 kV BOM NOME  
/ SE-N3 / SE-N2 / SE-N1**

**Cadeia de Suspensão I**

MINISTÉRIO da  
INTEGRAÇÃO NACIONAL  
- FUNCATE

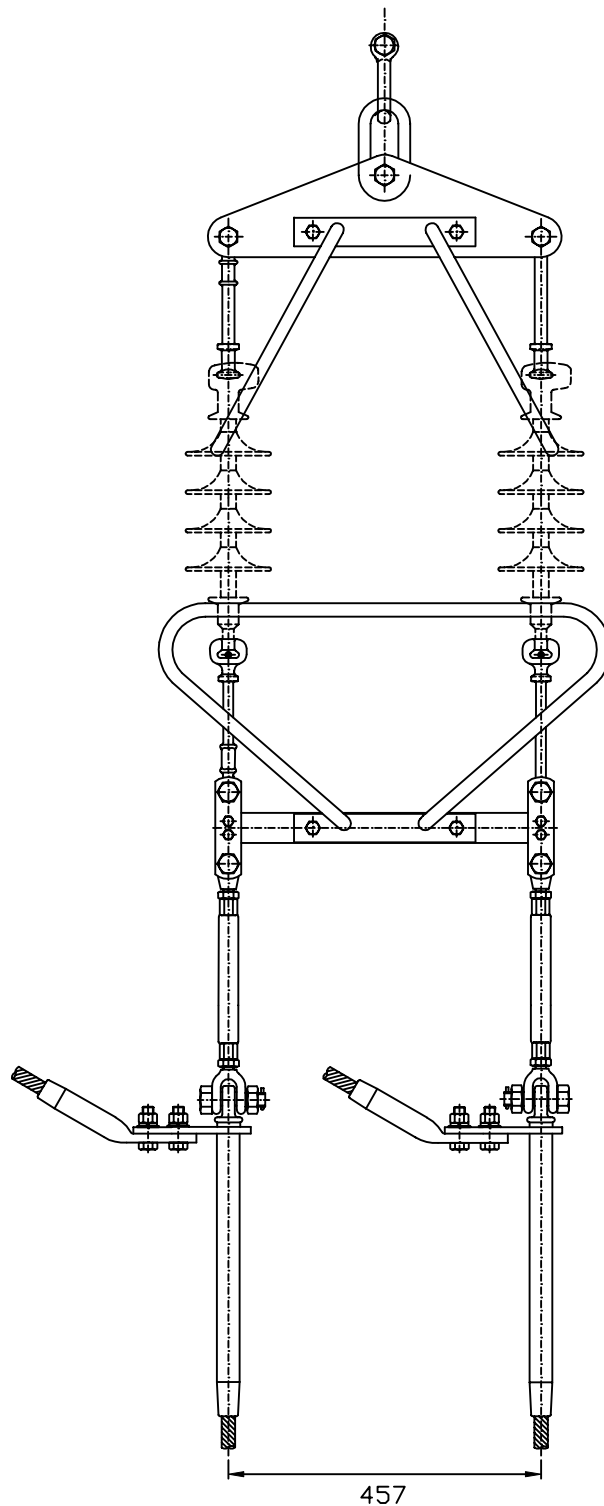
ESCALA S/E

RECIFE, 05/01/01

DES. Nº PTSF-PBLT-2AA=CadSC

Fl. 1 de 1

Rev. 1



Obs: Cotas em milímetros.

3			
2			
1	MODIFIC. N° DE -2A=CadSC P/ -2AB=CadAC E TÍTULO	SGC 15. 03. 01	NORTRON 15. 03. 01
ORIG.			
REV. No.	DESCRIÇÃO	VISTO DATA	APROV. DATA

LT 230 kV BOM NOME  
/ SE-N3 / SE-N2 / SE-N1

Cadeia de Ancoragem

MINISTÉRIO da  
INTEGRAÇÃO NACIONAL  
- FUNCATE

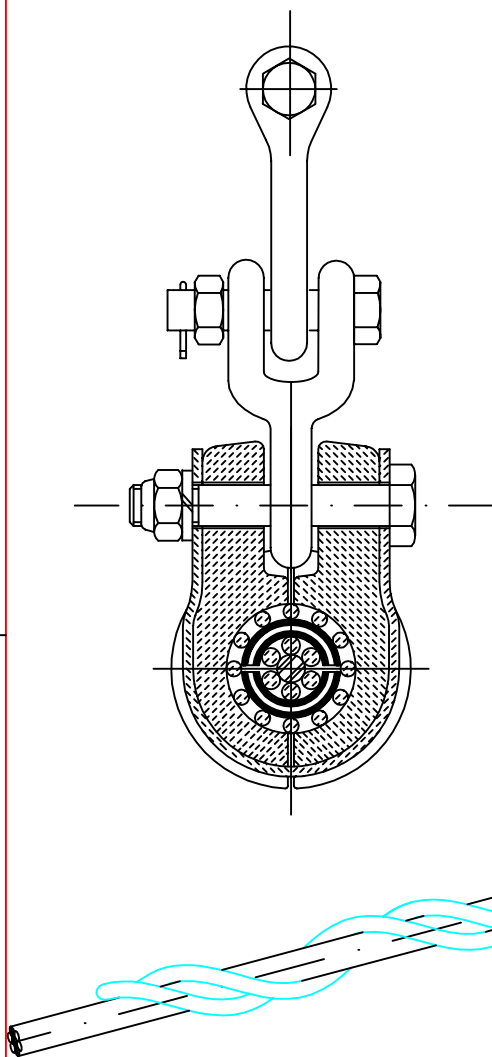
ESCALA S/E

RECIFE, 5/01/01

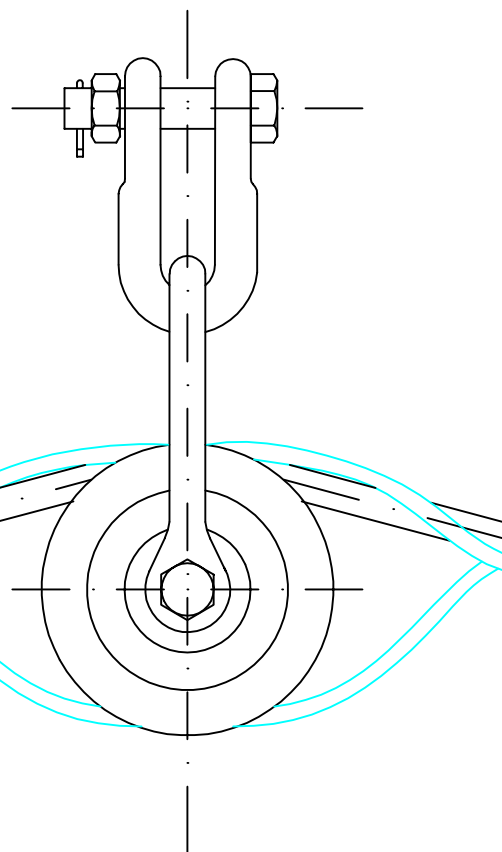
DES. No. PTSF-PBLT-2AB=CadAC

Fl. 1 de 1

Rev. 1



**ALTERNATIVA**



3			
2			
1	MODIFIC. TÍTULO, Nº DE -2D P/ -2AC=CJSPR E ALTERNATIVA	SGC 15.03.01	NORTRON 15.03.01
ORIG.			
REV. No.	DESCRIÇÃO	VISTO DATA	APROV. DATA

**LT 230 kV BOM NOME  
/ SE-N3 / SE-N2 / SE-N1**

**Conjunto de Suspensão do  
Cabo Pára-Raios**

MINISTÉRIO da  
INTEGRAÇÃO NACIONAL  
- FUNCATE

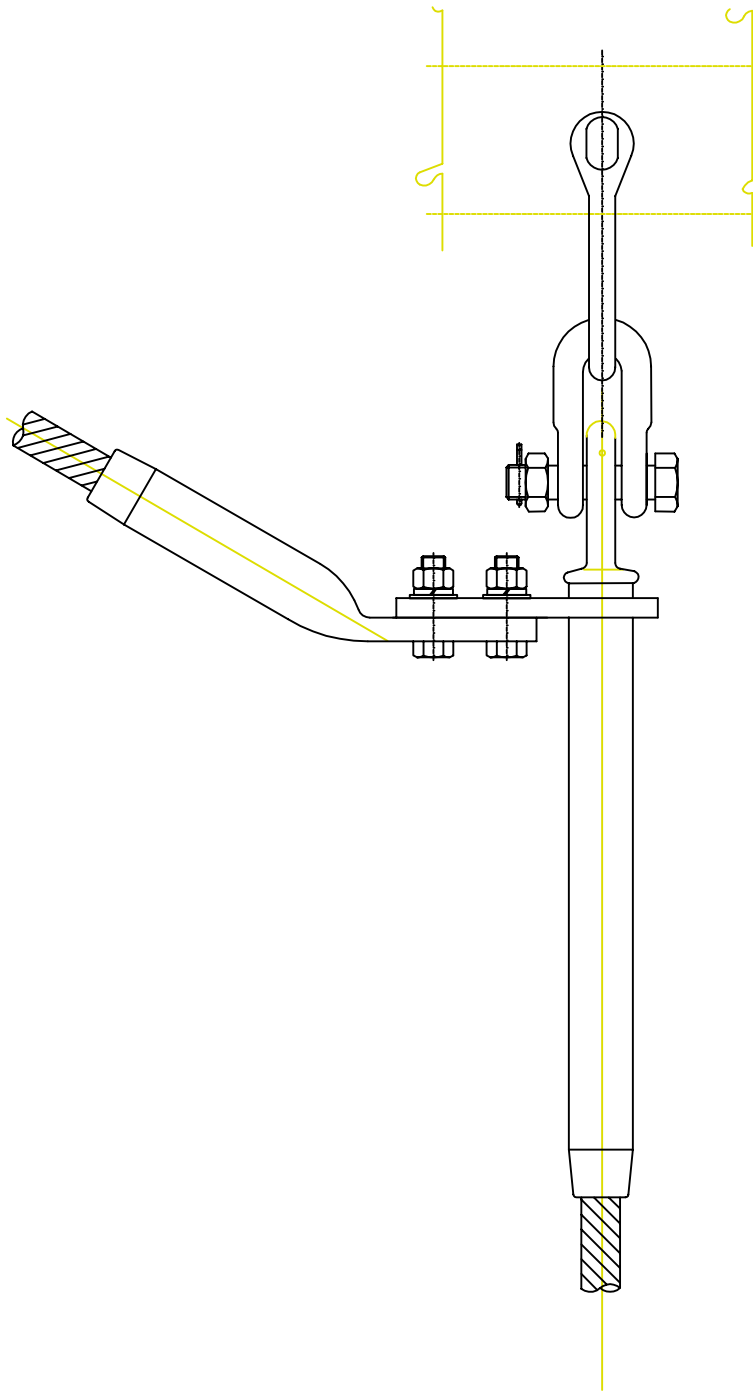
ESCALA S/E

SÃO PAULO, 05/01/01

DES. No. PTSF-PBLT-2AC=CJSPR

Fl. 1 de 1

Rev. 1



3			
2			
1	MODIFIC. TÍTULO E Nº DE -2AD P/ -2AD=CJAPR	VISTO DATA	APROV. DATA
ORIG.			
REV. No.	DESCR I Ç Ã O	VISTO DATA	APROV. DATA

**LT 230 kV BOM NOME  
/ SE-N3 / SE-N2 / SE-N1**

**Conjunto de Ancoragem  
do Cabo Pára-raios**

MINISTÉRIO da  
INTEGRAÇÃO NACIONAL  
- FUNCATE

ESCALA S/E

SÃO PAULO, 05/01/01

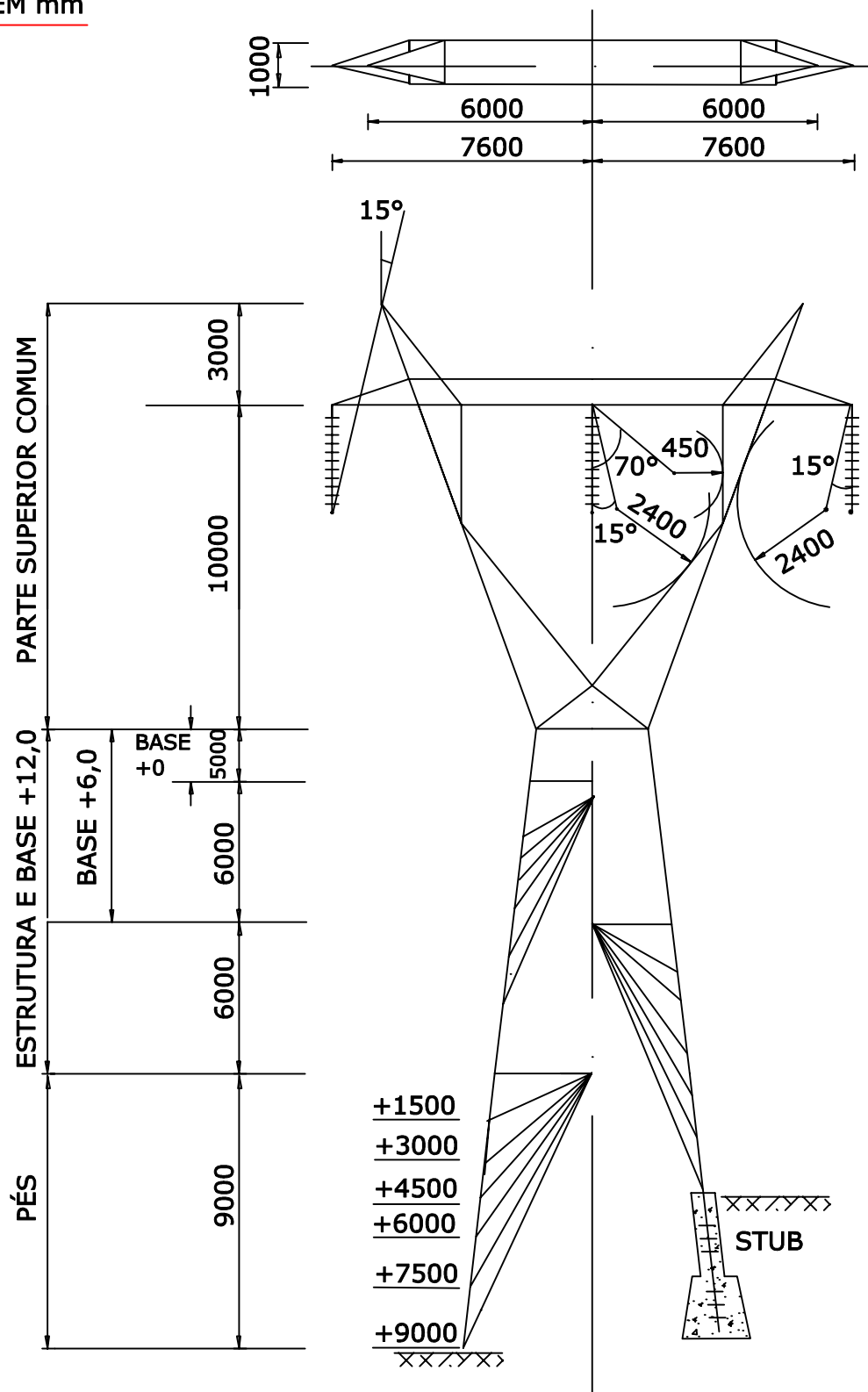
DES. Nº PTSF-PBLT-2AD=CJAPR

Fl.\_1\_\_de\_1\_\_

Rev.\_1\_\_\_\_\_

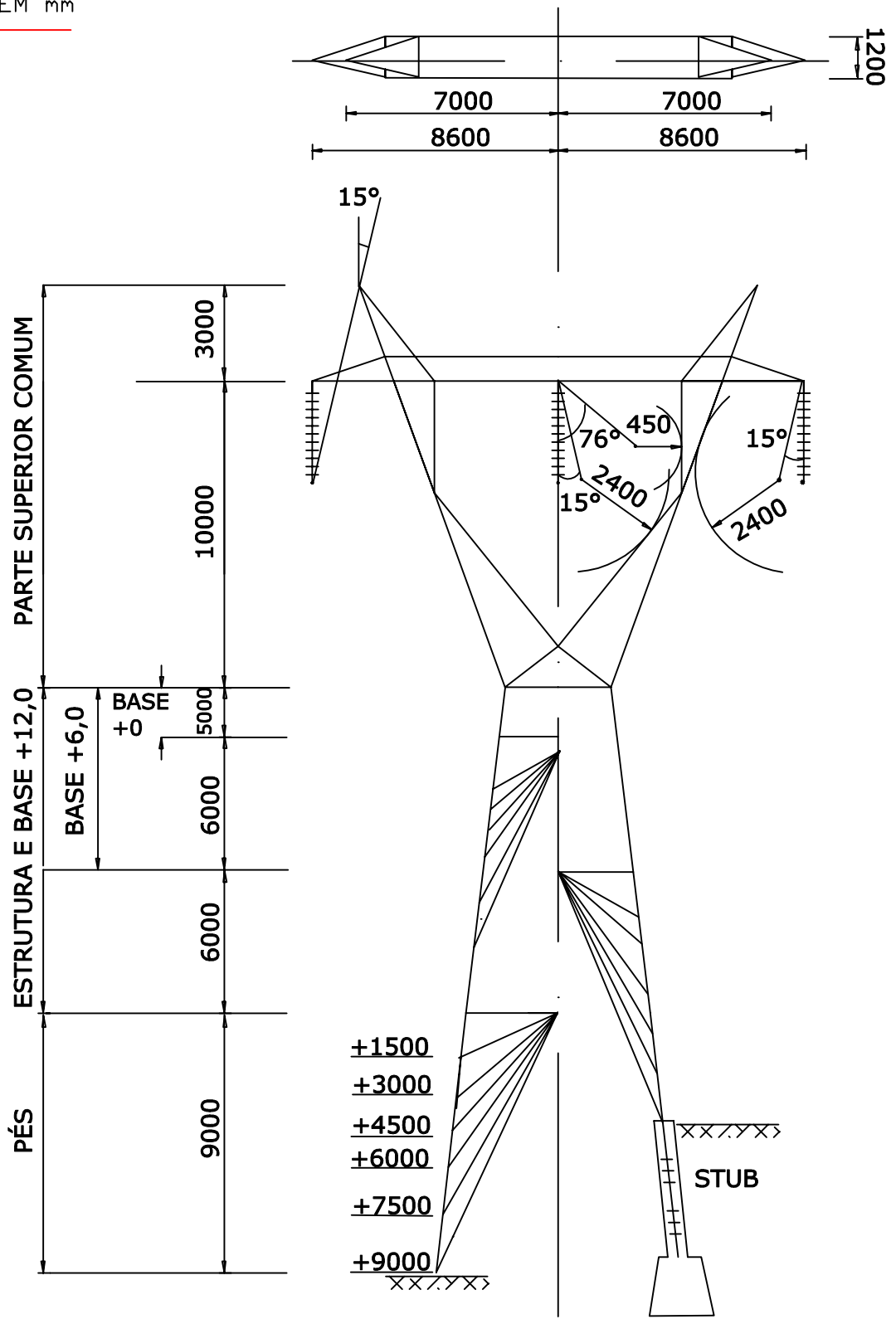


COTAS EM mm



3				MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL - FUNCATE	CONSÓRCIO
2				PROJ. de TRANSPOSIÇÃO das ÁGUAS do	ENGENHARIA
1	REDESENHADO EM A.CAD	28.01.01		R. SÃO FRANCISCO EIXO NORTE-TRECHO I	-HARZA
ORIG.				PROJETO BÁSICO da LT 230 kV	ESCALA S/E
REV. No.	DESCRIÇÃO	VISTO DATA	APROV. DATA	BOM NOME / SE-N3 / SE-N2 / SE-N1	S. PAULO, 15.01.2001
				SILHUETA da TORRE TIPO S21s	DES. No. PTSF-PBLT-2C9B
				SUSPENSÃO AUTOPORTANTE LEVE	Fl._1__de_1__ Rev._0_____

CDTAS EM mm

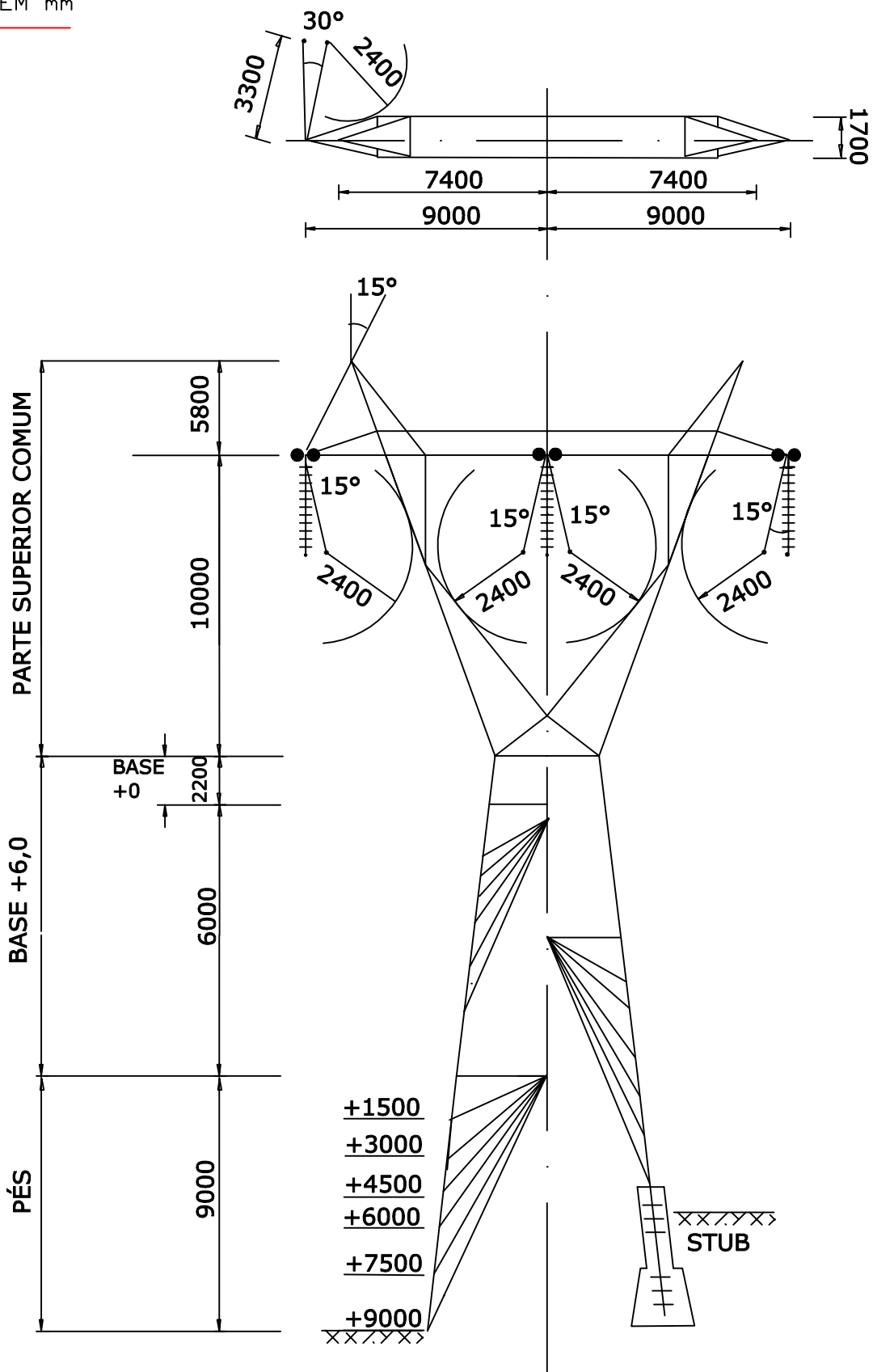


3				MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL - FUNCATO	CONSÓRCIO
2				PROJ. de TRANSPOSIÇÃO das ÁGUAS do	ENGECORPS
1	REDESENHADO EM A.CAD	28.01.01		R. SÃO FRANCISCO EIXO NORTE-TRECHO I	-HARZA
ORIG.				PROJETO BÁSICO da LT 230 kV	ESCALA S/E
REV. No.	DESCRIÇÃO	VISTO DATA	APROV. DATA	BOM NOME / SE-N3 / SE-N2 / SE-N1	S. PAULO, 15.01.2001
				SILHUETA da TORRE TIPO S22s	DES. No. PTSF-PBLT-2C9C
				SUSPENSÃO AUTOPORTANTE PESADA	Fl._1__de_1__ Rev._1_____





COTAS EM mm



3				MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL - FUNCATE	CONSÓRCIO
2				PROJ. de TRANSPOSIÇÃO das ÁGUAS do	ENGECORPS
1				R. SÃO FRANCISCO EIXO NORTE-TRECHO I	-HARZA
ORIG.				PROJETO BÁSICO da LT 230 kV	ESCALA S/E
REV. No.	DESCRIÇÃO	VISTO DATA	APROV. DATA	BOM NOME / SE-N3 / SE-N2 / SE-N1	S. PAULO, 25.01.2001
				SILHUETA da TORRE TIPO AF2s	DES. No. PTSF-PBLT-2C9E
				ANCORAGEM AUTOPORTANTE PESADA em	Fl._1__de_1__
				ÂNGULO GRANDE ou FIM DE LINHA	Rev._0_____

## **BLOCO 4: LISTAS DE MATERIAIS, CRONOGRAMA E QUANTITATIVOS**

- Lista do Material das Torres Metálicas
- Lista de Material
- Cronograma
- Quantitativos do Empreendimento

## Lista de Material das Torres Metálicas

ESTRUTURAS		S21s					S22s					OBSERVAÇÃO
COMPOSIÇÃO	ALTURA	QUANTIDADE		PESO UNIT. (kg)	PESO PROJ. (ton.)	PESO ADQ. (ton.)	QUANTIDADE		PESO UNIT. (kg)	PESO PROJ. (ton.)	PESO ADQ. (ton.)	
		PROJ.	ADQ.				PROJ.	ADQ.				
PARTE SUPERIOR		97		2051,20	198,97		30		2186,40	65,59		
EXTENSÃO	0,0	30		743,20	22,30				785,20	0,00		
	6,0	20		1697,60	33,95				1820,00	0,00		
	12,0	47		2773,00	130,33		20		2988,70	59,77		
	18,0				0,00		10		3680,90	36,81		
PÉS	1,5			44,00	0,00				47,70	0,00		
	3,0			83,40	0,00				87,80	0,00		
	4,5			134,90	0,00				138,90	0,00		
	6,0	388		197,30	76,55				203,90	0,00		
	7,5			283,70	0,00		120		296,80	35,62		
9,0			361,20	0,00				380,90	0,00			
FUNDAÇÃO	STUB	388		25,80	10,01		120		27,70	3,32		
<b>TOTAIS</b>					472,11					201,12		
ESTRUTURAS		A21s					AF2s					OBSERVAÇÃO
COMPOSIÇÃO	ALTURA	QUANTIDADE		PESO UNIT. (kg)	PESO PROJ. (ton.)	PESO ADQ. (ton.)	QUANTIDADE		PESO UNIT. (kg)	PESO PROJ. (ton.)	PESO ADQ. (ton.)	
		PROJ.	ADQ.				PROJ.	ADQ.				
PARTE SUPERIOR		13		3517,50	45,73		10		5008,30	50,08		
EXTENSÃO	0,0			426,10	0,00		5		652,20	3,26		
	6,0	7		1702,20	11,92		5		2258,40	11,29		
	12,0	6		2820,60	16,92					0,00		
	18,0				0,00					0,00		
PÉS	1,5			53,60	0,00				77,40	0,00		
	3,0			93,30	0,00				133,60	0,00		
	4,5			145,00	0,00				203,30	0,00		
	6,0	52		207,40	10,78		40		276,00	11,04		
	7,5			293,70	0,00				421,60	0,00		
9,0			385,50	0,00				505,00	0,00			
FUNDAÇÃO	STUB	52		38,00	1,98		40		72,60	2,90		
<b>TOTAIS</b>					87,33					78,58		
PROJETO : ENGECORPS-HARZA						PROJETO BÁSICO DA TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O NORDESTE SETENTRIONAL EIXO NORTE - TRECHO I						
Responsável técnico:						LT 230 kV BOM NOME / SE-N3 / SE-N2 / SE-N1						EMIÇÃO INICIAL:
						LISTA DO MATERIAL DE TORRES METÁLICAS						S. Paulo, 15.01.01
												LM Nº
												PTSF-PBLT-03A.xlt
No.	REVISÃO	VISTO	APORV.	DATA	CREA							FL. 01/02 REV. 0

ESTRUTURAS		V21s									OBSERVAÇÃO
COMPOSIÇÃO	ALTURA	QUANTIDADE		PESO UNIT. (kg)	PESO PROJ. (ton.)						
		PROJ.	ADQ.								
TORRE BÁSICA		102		1353,10	138,02						
EXTENSÃO	4,5	374		133,60	49,97						
	6,0	576		179,00	103,10						
ELEMENTO DE LIGAÇÃO		776		23,90	18,55						
<b>TOTAIS</b>					309,63						
				PROJETO : ENGECORPS-HARZA		PROJETO BÁSICO DA TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O NORDESTE SETENTRIONAL EIXO NORTE - TRECHO I					
				Responsável técnico:		LT 230 kV BOM NOME / SE-N3 / SE-N2 / SE-N1					EMISSÃO INICIAL:
						LISTA DO MATERIAL DE TORRES METÁLICAS					S. Paulo, 15.01.01
											LM Nº
											PTSF-PBLT-03A.xlt
No.	REVISÃO	VISTO	APORV.	DATA	CREA						FL. 02/02 REV. 0

ITEM	DESCRIÇÃO	UNID.	DESENHO, CATÁLOGO CÓDIGO	ESTRUTURAS														QUANTIDADE		OBSERVAÇÃO			
				S21s			S22s			A21s			AF2s			V21s			PROJ.		ADQ.		
				No.	P/EST.	TOTAL	No.	P/EST.	TOTAL	No.	P/EST.	TOTAL	No.	P/EST.	TOTAL	No.	P/EST.	TOTAL					
1	MATERIAL DA CADEIA DE ISOLADORES																						
1.1	ISOLADOR COMPOSTO A BASE DE SILICONE 170mm, ENGATE CONCHA-BOLA, IEC-120-24, 160kN DE CARGA ELET. DE RUPTURA MÍNIMA	UN		97	3	291	30	3	90	13	14	182	10	14	140	102	3	306	1009				
1.2	CONJUNTO DE FERRAGENS DA CADEIA DE SUSPENSÃO EM "I" P/ CABO CONDUTOR CAA 266.8 MCM PARTRIDGE	CJ		97	3	291	30	3	90	13	2	26	10	2	20	102	3	306	733				
1.3	CONJUNTO DE FERRAGENS DA CADEIA DE ANCORAGEM PARA CABO CONDUTOR CAA 266.8 MCM PARTRIDGE	CJ		97	0		30	0		13	6	78	10	6	60	102	0		138				
2	MATERIAL P/ CABO PARA-RAIOS E ATERRAMENTO																						
2.1	CONJUNTO DE FERRAGENS DA CADEIA DE SUSPENSÃO P/ CABO EAR 3/8"	CJ		97	2	194	30	2	60	13	0		10	0		102	2	204	458				
2.2	CONJUNTO DE FERRAGENS DA CADEIA DE ANCORAGEM P/ CABO EAR 3/8"	CJ		97	0		30	0		13	4	52	10	4	40	102	0		92				
2.3	GRAMPO PARALELO EM AÇO GALVANIZADO P/ CONEXÃO DE DOIS CABOS EAR 3/8" C/ 2 PARAF.	UN		97	2	194	30	2	60	13	4	52	10	4	40	102	2	204	550				
2.4	GRAMPO CONECTOR EM AÇO GALVANIZADO P/ FIXAÇÃO DO CABO EAR 3/8" A EST. METALICA	UN		97	2	194	30	2	60	13	2	26	10	2	20	102	2	204	504				
2.5	GRAMPO CONECTOR BIMETALICO PARA FIXAÇÃO DE DOIS FIOS DE AÇO RECOBERTO DE COBRE 4 AWG A EST. METALICA DE AÇO GALV.	UN		97	4	388	30	4	120	13	4	52	10	4	40	102	2	204	804				
2.6	HASTE DE ATERRAMENTO TIPO COPPERWELD																						
	DE 19mm x 3m AÇO RECOBERTO DE COBRE	UN		97			30			13			10			102			100		Pendente Resist. Solo		
2.7	FIO DE AÇO RECOBERTO DE COBRE 4 AWG 5.189mm COPPERWELD OU SIMILAR	m		97	140	13580	30	140	4200	13	140	1820	10	140	1400	102	140	14280	35280		Pendente Resist. Solo		
2.8	LUVA DE EMENDA SEM TENSAO PARA FIO DE AÇO RECOBERTO DE COBRE No. 4AWG DE DIAMETRO 5.19mm	UN		97	2	194	30	2	60	13	2	26	10	2	20	102	2	204	504				
				PROJETO : ENGEORPS-HARZA							PROJETO BÁSICO DA TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O NORDESTE SETENTRIONAL EIXO NORTE-TRECHO I												
				Responsável técnico:							LT 230 kV BOM NOME / SE-N3 / SE-N2 / SE-N1											EMISSÃO INICIAL:	
											LISTA DE MATERIAL											S. Paulo, 15.01.01	
																						LM N°	
																						PTSF-PBLT-3B	
No.	REVISÃO	VISTO	APORV.	DATA	CREA																FL. 01/02 REV.		



**CRONOGRAMA DE OBRA**  
**PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O NORDESTE SETENTRIONAL**  
**OBRA: LT 230kV BOM NOME / SE-N3 / SE-N2 / SE-N1**

No.	DESCRIÇÃO	ANO 2000												ANO 2001												ANO 2002												OBS
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1	ENGENHARIA																																					
1.1	Projeto Básico																																					
1.2	Projeto Executivo																																					
1.3	Levantamentos de Campo																																				Vinculado a 1.2	
1.4	Aprovação/ Inspeção Materiais																																				Vinculado a 2	
1.5	Assessoria/ Fiscalização Obra																																				Vinculado a 3	
2	SUPRIMENTO																																					
3	CONSTRUÇÃO																																				Vinculado a 2	
OBSERVAÇÕES:		<p>As datas correspondem ao Prazo Mínimo normal e podem ser prorrogadas <b>sem</b> dilação dos prazos, desde que respeitada a vinculação das atividades.</p> <p>b) As atividades 1.4, 1.5, 2 e 3 só devem iniciar após o licenciamento da obra.</p> <p>c) A atividade 1.3 deve ser avaliada pelo projeto e pode ter complementações.</p> <p>d) O Suprimento só deve ser iniciado após aprovação de protótipo e processo.</p> <p>e) A construção só deve ser iniciada após o suprimento mínimo de estruturas.</p>																																				
		<p>DATA DE INÍCIO: 02/01/2002 <span style="float:right">DURAÇÃO DA OBRA: 12 meses</span></p> <p>DATA DE CONCLUSÃO: 30/12/2002</p> <p>ASSINATURA: _____</p> <p>ENGENHEIRO: _____ <span style="float:right">CREA No. _____</span></p> <p>_____ <span style="float:right">REGIÃO : _____</span></p>																																				



**Quantitativos do Empreendimento**

<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>UNIDADE</b>	<b>QUANTIDADE</b>
<b>SERVIÇOS DE ENGENHARIA</b>		
Projeto Executivo	km	125
Levantamento Topográfico	km	125
Locação de Estruturas	km	125
Sondagem e Resistividade	km	125
Estudos Ambientais	km	125
Aprovação de Materiais, Qualidade e Inspeção	km	125
Fiscalização e Assessoria Técnica da Obra	km	125
<b>MATERIAIS</b>		
Estruturas Metálicas	t	1148,77
Cabo Condutor Partridge	t	430
Cabo Pára-Raios 3/8" EAR	t	81,7
Fio Contra Peso	t	6,5
Ferragens em Geral	km	125
Conjunto de Fixação de Estais	cj	420
Cabo Estai 1/2" EAR	t	12
Isolador do Condutor	ud	1009
Amortecedores dos Condutores	ud	9000
Amortecedores dos Pára-raios	ud	3000
<b>CONSTRUÇÃO</b>		
	km	125
<b>DESAPROPRIAÇÕES</b>		
Servidão	hectare	600
Benfeitorias	ud	25
<b>TOTAL</b>		
<b>EVENTUAIS</b>		
	%	5



**A N E X O I**

**RELATÓRIO FOTOGRÁFICO DE DEAMBULAÇÃO**

---



Foto – 1D1: Estruturas da LT 138kV (operando em 69kV) 03C2 B. Nome – Cabrobó (CELPE), a remanejar na saída de Bom Nome.



Foto – 1D2: Início da LT 138 kV (operando em 69 kV) 03C2 e eixo da LT 230 kV em estudo. Atrás do topógrafo, à direita, a tangente V2 – V3.



Foto – 1D3: Travessia de LT 69 kV e 138 kV (CELPE), na BR –232, a 6,1 km de B. Nome. Eixo da LT 230 kV em estudo à direita, antes do Vértice V4.



Foto - 1D4: Chegada da LT 138 kV em Salgueiro, cruzando RFFSA e BR-116. Eixo da LT230 kV em estudo à esquerda, tangente V10 – V11.



**Foto – 1D5: Área próxima da SE-N3, ao sopé da Serra dos Negreiros. Na meia encosta, a tangente V11 – V12.**



**Foto - 1D6: Área da EBI-3 e SE-N3, vistas do V1 da LT SE-N3 / SE-N2. O pasto ralo e a capoeira de montanha são típicos.**



**Foto – 1D7: Meia encosta da Serra do Livramento, tangente V4 – V5 da LT SE-N3 / SE-N2. Caatinga e capoeira, parede de rocha à direita.**



**Foto - 1D8: Marco de adutora ao pé do topógrafo, próximo ao V5 da LT SE-N3 / SE-N2, no passo da Serra do Livramento.**



**Foto – 1D9: Cascalheira de talvegue, junto à tangente V1 – V2 da LT SE-N2 / SE-N1, A área é rica em sedimento sílico-feldspático.**



**Foto - 1D10: Povoado de Curralinho, entre a Serra da Bandeira e o V2 da LT SE-N2 / SE-N1. Moradias rurais típicas da região.**





**Foto – 1D11: Baixada silto-arenosa próxima ao V2 da LT SE-N2 / SE-N1. As estradas são prejudicadas por valetas de erosão pluvial.**



**Foto - 1d12: Povoado próximo da travessia da br-428, após o v4 da lt se-n2 / se-n1, evitado pelo eixo em estudo, no km 28.**

**A N E X O II – NOTA TÉCNICA**

**SOBRE CONFIGURAÇÃO DE FASES: ESCOLHA DO  
CONDUTOR – CÁLCULOS DA SEÇÃO ECONÔMICA E  
TEMPERATURAS DE PLOTAÇÃO**

---

## 1. OBJETIVO

Esta Nota Técnica tem o objetivo de avaliar os aspectos relacionados à configuração do cabo condutor da linha de transmissão 230 kV, prevista para a conexão das 3 (três) estações de bombeamento de água da Transposição de Águas do Rio São Francisco / Trecho I à subestação 230kV de Bom Nome, esta integrante do Sistema Primário de Transmissão de Energia Elétrica da Região Nordeste.

Serão avaliados os aspectos técnico-econômicos para dimensionamento da configuração de fase e seção total de condutor, bem como determinada a futura temperatura máxima de operação dos cabos condutores, para uma adequada definição da temperatura de projeto de plotação da referida linha de transmissão.

## 2. PROCEDIMENTOS E PREMISSAS BÁSICAS

O caso em análise tem três trechos de linha de transmissão desde a subestação de Bom Nome até a última estação de bombeamento, e adotou-se como premissa que a seleção do condutor deveria apontar uma única solução a ser adotada nos três trechos.

Para a avaliação econômica é necessário considerar a potência prevista que será transmitida pela linha. Estão incluídas nestas informações: o regime anual de operação, ou seja, o número de horas em cada patamar de carga, máxima e mínima, por exemplo; os estágios de evolução da carga ao longo do tempo, até o ano horizonte do estudo; e, no caso específico, a distribuição da carga por trecho da LT (item 2.1).

Também, a partir de critérios e parâmetros técnicos, além de bom senso e experiência de outros estudos, é necessário pré-definir um conjunto de cabos candidatos. Além das bitolas foram também indicadas configurações com 1 e 2 cabos/fase, pois, em certos casos, esta última tem mostrado vantagens técnicas e econômicas (item 2.2).

Como procedimento para avaliação da alternativa mais atraente sob o ponto de vista econômico, adotou-se o método de cálculo do *Valor Presente* do custo das perdas para cada cabo candidato, no horizonte de 25 anos. Este valor, somado

ao investimento na aquisição do condutor, apontará a alternativa de menor valor total.

Nesta avaliação, adotou-se para o chamado *Caso Base* um conjunto de dados típicos de estudos similares do setor. Para o custeamento das perdas adotou-se um preço de R\$50/MWh para a energia (E), e uma taxa de desconto (J) de 15% para o cálculo do *Valor Presente*, além de R\$5,00/kg de cabo para o investimento no condutor. Em seguida, foi feita uma análise de sensibilidade para variações nestes valores adotados.

## **2.1 REGIME DE OPERAÇÃO, ESTÁGIOS DE CRESCIMENTO, E DISTRIBUIÇÃO DA CARGA POR SE E LT**

A seguir são informados os valores adotados no estudo.

### **2.1.1 Regime de Operação**

Considerando 8.760 horas por ano, que é o equivalente de 365 dias x 24 horas/dia, foram adotados dois regimes:

- Carga máxima-100% da carga, por estágio da evolução temporal, e por trecho da LT, durante 4.380horas/ano (50% do tempo).
- Carga mínima-1/8 da carga máxima, respeitando os estágios e trechos anteriores, durante 4.380horas/ano (50% do tempo).



**3. AVALIAÇÃO DA AMPACIDADE (CORRENTE VS TEMPERATURA) & TEMPERATURA DE PROJETO**

Para a avaliação da *ampacidade* utilizou-se o método determinístico, onde são fixados os dados do ambiente e dos condutores, e verificada qual a temperatura atingida pelo cabo para uma dada corrente, conforme a equação de equilíbrio térmico. Esta temperatura deve levar em conta as condições do fim do horizonte de operação da linha e deve ser usada como temperatura de projeto de plotação, para garantir as distâncias mínimas de segurança do condutor energizado para os objetos e propriedades de terceiros sob o mesmo.

**3.1 PREMISSAS PARA CÁLCULO**

Foram adotados dados típicos e procedimentos obtidos na norma NBR-5422 e em recomendações dos antigos GCPS/GCOI da Eletrobrás, dados estes a seguir relacionados:

- Velocidade do vento: .....1m/s
- Temperatura ambiente máxima-média:.....36°C
- Insolação: equivalente a 12h no verão ..... (1038W/m<sup>2</sup>)
- Coeficiente de emissividade de 0,7 e de absorção de 0,9 , equivalentes a cabo enegrecido pelo uso em operação.....
- Cálculo da corrente a 1 p.u. de tensão .....(230 kV)

**3.2 RESULTADOS DA AMPACIDADE**

A avaliação da temperatura de operação versus a corrente nos cabos condutores foi feita para os três estágios de evolução da carga no trecho de linha mais carregado, que ligará a subestação de Bom Nome (BN) à SE-N3. O estágio 1 corresponde ao período do ano 0 ao ano 6, o estágio 2 corresponde ao período do ano 7 ao ano 16, o estágio 3 corresponde ao período do ano 17 ao ano 25.

Para efeito de temperatura de projeto deve ser adotada aquela do estágio 3, para o condutor que for selecionado. Segue-se tabela com temperaturas calculadas para o trecho da LT BN/ SE-N3:

Temperatura máxima de operação por estágio de carga - °C

Código do cabo	Partridge	Ostrich	Linnet	Dove	Squab	Grosbeak
Estágio 1-210,9A	48,5	47,7	47,7	49,9	49,8	49,7
Estágio 2-421,7A	54,2	52,2	51,6	58,0	57,0	56,4
Estágio 3-562,3A	60,1	58,5	55,7	66,7	64,7	63,6

Sob o ponto de vista de ampacidade não há qualquer restrição aos condutores e configurações pré-selecionados, pois mesmo a maior temperatura encontrada (Dove – estágio 3) é considerada normal pela bibliografia internacionalmente aceita.

#### **4. AVALIAÇÃO ECONÔMICA**

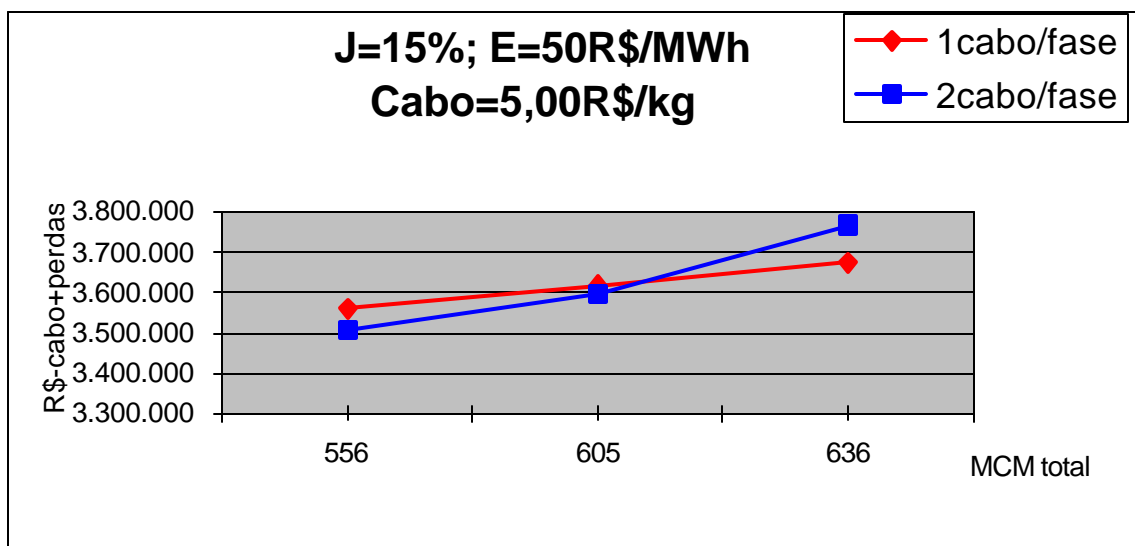
O método aqui aplicado para avaliação do condutor econômico, a saber, cálculo do *Valor Presente* das perdas nos condutores somado ao preço de compra dos mesmos, e busca do menor valor total, é um procedimento consagrado para comparação de alternativas e seleção da configuração mais competitiva.

Portanto, os valores aqui apresentados **não** se aplicam para estimativa do preço final do empreendimento. Todas as particularidades e eventualidades, inclusive as de aspecto comercial e/ou conjuntural, deverão atingir de forma equânime as alternativas analisadas, mantendo a posição relativa entre elas.

##### **4.1 CASO BASE**

Para avaliação de perdas foi feita correção da resistência com a temperatura até o ponto estimado de operação, para cada patamar de corrente previsto e cada condutor analisado. Foi utilizado o fator de correção da resistência  $\alpha=0,4\%/^{\circ}\text{C}$ .

Segue-se gráfico e tabela com resultados da avaliação.



Total LT BN/SE-N3/-N2/-N1	2x266,8	2x300	2x336	556	605	636
Preço do cabo	2.039.944	2.297.180	2.612.743	2.133.977	2.311.014	2.433.463
VP perdas	1.467.434	1.297.624	1.153.477	1.425.810	1.307.072	1.240.856
Soma	3.507.378	3.594.804	3.766.220	3.559.787	3.618.086	3.674.319

A análise destes resultados mostra uma tendência favorável para as bitolas menores, seja no caso de um ou de dois cabos por fase, sendo que a configuração com dois cabos Partridge 266,8 MCM por fase é a mais indicada. Ressalte-se que na pré-seleção as bitolas mínimas foram definidas por critério de limitação do efeito corona.

#### 4.2 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Foram avaliadas as repercussões das seguintes variações: preço da energia (E)- 40,00 a 70,00 R\$/MWh, taxa de atualização (J)-12 a 18%; preço do cabo-4,50 a 5,50R\$/kg. Os gráficos comparativos estão apresentados após o item 5 (Conclusões).

A análise destes resultados mostra que a configuração selecionada no caso base mostrou-se ainda adequada dentro das variações de cenários avaliados, sendo portanto uma solução robusta.



## 5. CONCLUSÕES

Na avaliação sob o ponto de vista econômico aplicou-se o método de cálculo do *Valor Presente* das perdas nos condutores, e somado ao preço de compra dos mesmos, buscou-se o menor valor total. Este é um procedimento consagrado para comparação de alternativas e seleção da configuração mais competitiva.

Adotou-se para o chamado *Caso Base* um conjunto de dados típicos (preço da energia, taxa de desconto e preço dos cabos) em estudos similares do setor. Em seguida, foi feita uma análise de sensibilidade para variações, dentro de intervalos plausíveis, nestes valores adotados.

Os valores aqui apresentados **não** se aplicam para estimativa do preço final do empreendimento, sendo entretanto um método adequado para a análise comparativa de alternativas e seleção daquela com menor custo.

Os baixos carregamentos nos anos iniciais tendem a levar a escolha para as bitolas menores tanto na configuração de um como dois cabos por fase. As bitolas mínimas incluídas no conjunto de cabos candidatos foram limitadas de forma a evitar o surgimento de corona visível.

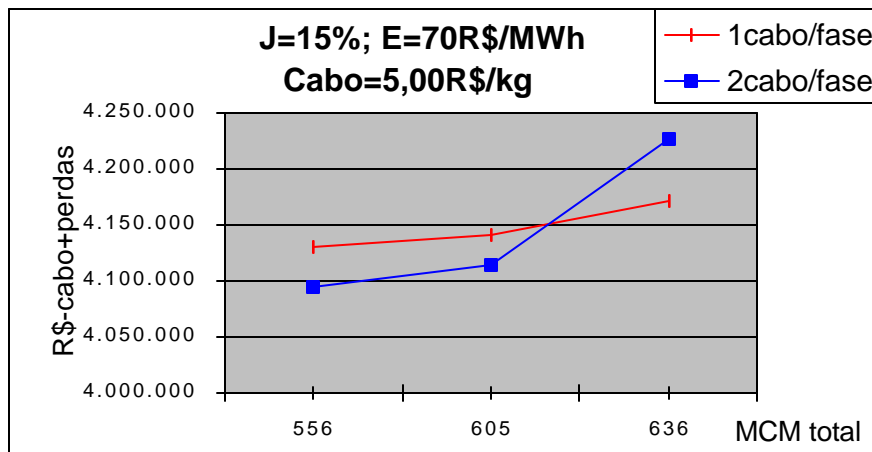
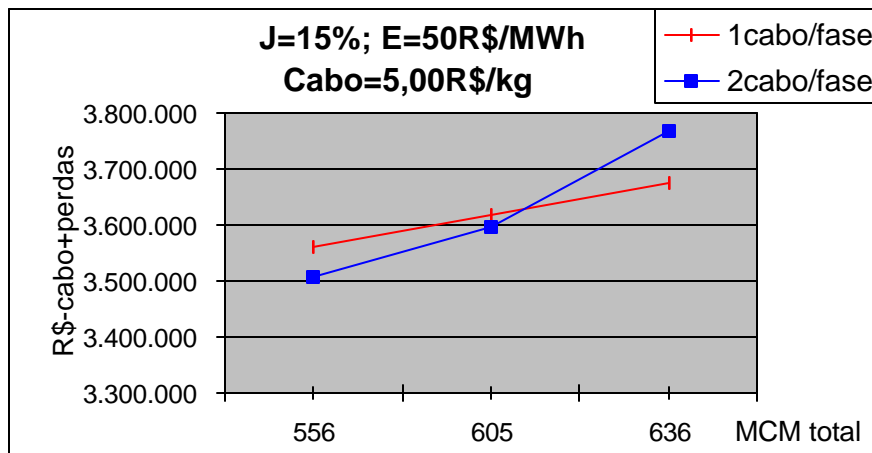
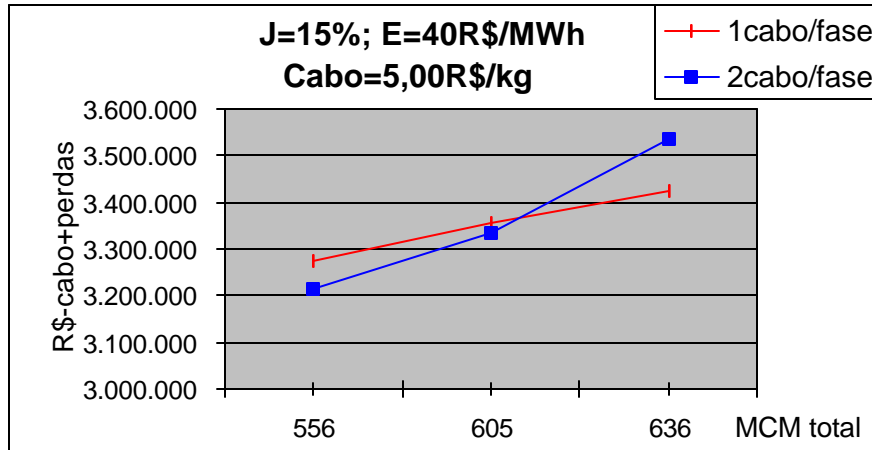
No *Caso Base* a configuração de menor custo foi a alternativa com 2x266,8MCM (Partridge), e em segundo lugar a alternativa 1x556MCM (Dove). A análise de sensibilidade, dentro do intervalo estudado, mostrou o mesmo resultado o que indica que a solução encontrada apresenta-se robusta.

Sob o ponto de vista técnico quanto à avaliação de ampacidade, as 2 configurações apontadas não apresentam restrições. Entretanto a alternativa 1xDove precisará de uma temperatura de projeto de plotação para 67 °C , enquanto que o 2xPartridge deverá ser plotado para 60 °C. Para os trechos de LT SE-N3 / SE-N2 e LT SE-N2 / SE-N1, no caso do 2xPartridge pode ser adotado temperatura de projeto de 50°C.

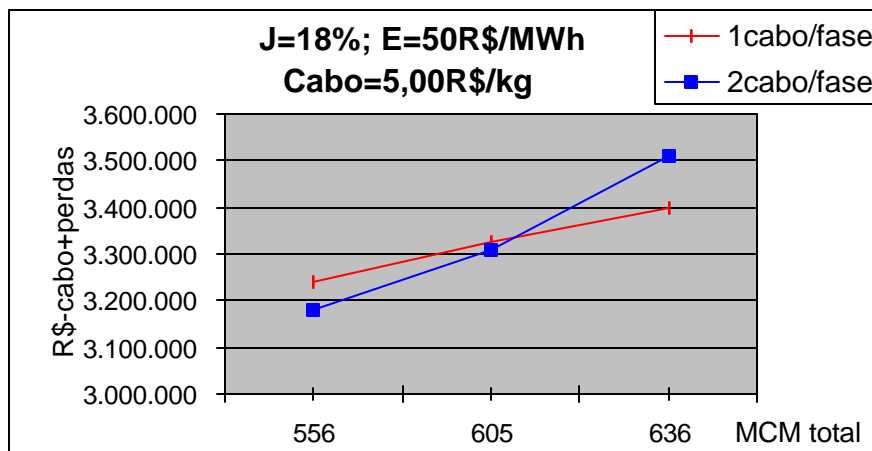
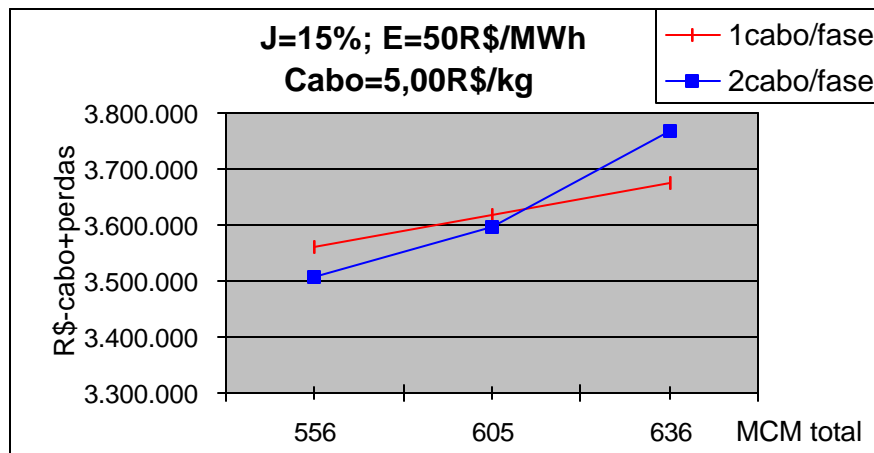
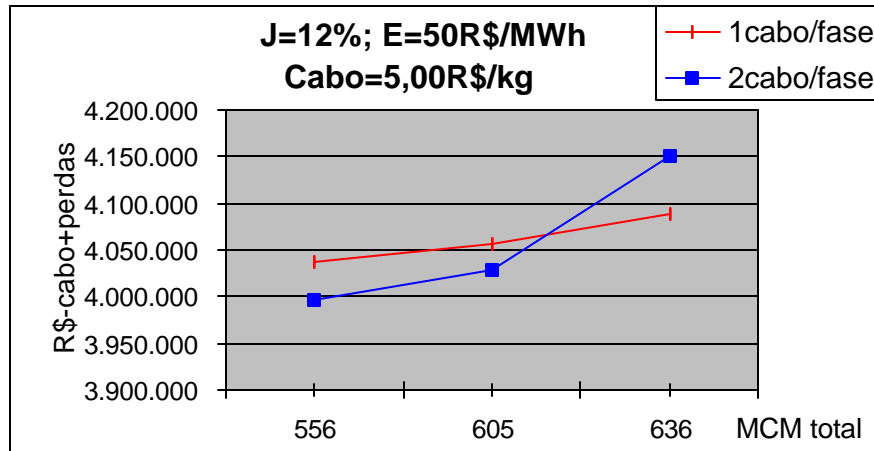
Uma avaliação de sistemas, com estudos de estabilidade, deveria endossar a alternativa aqui selecionada, pois o arranjo de 2 cabos por fase oferece menor reatância e deve trazer benefícios adicionais a operação do sistema elétrico.

APÊNDICE: Gráficos de Análise de Sensibilidade

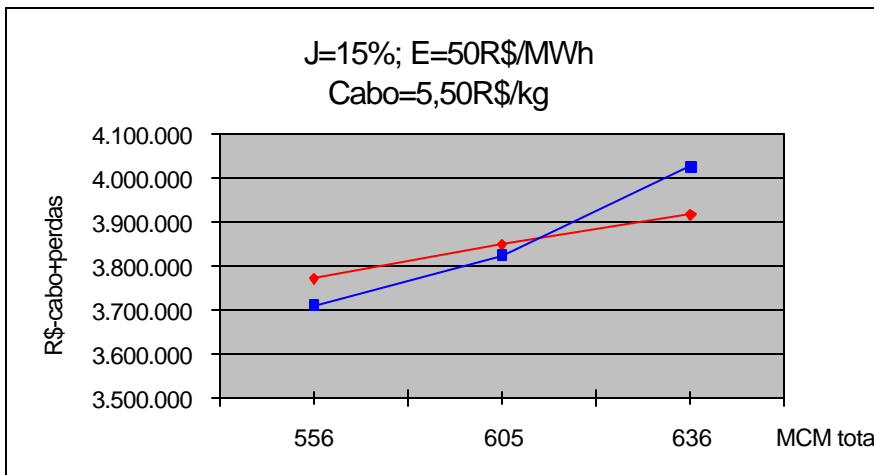
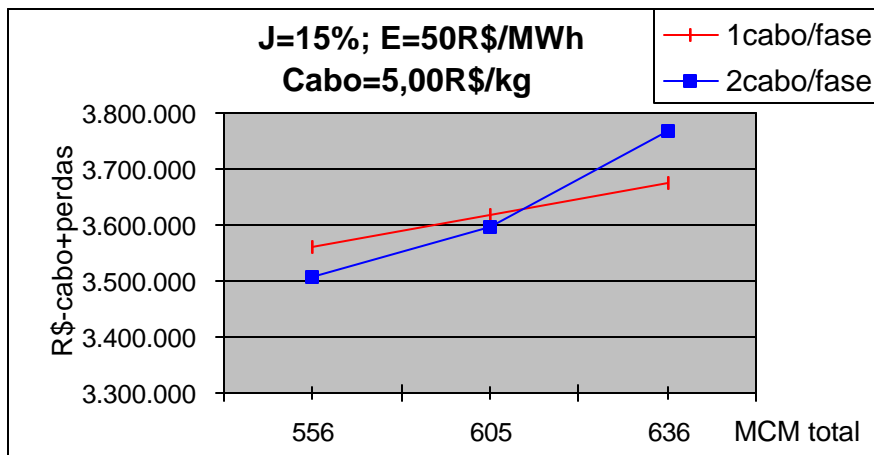
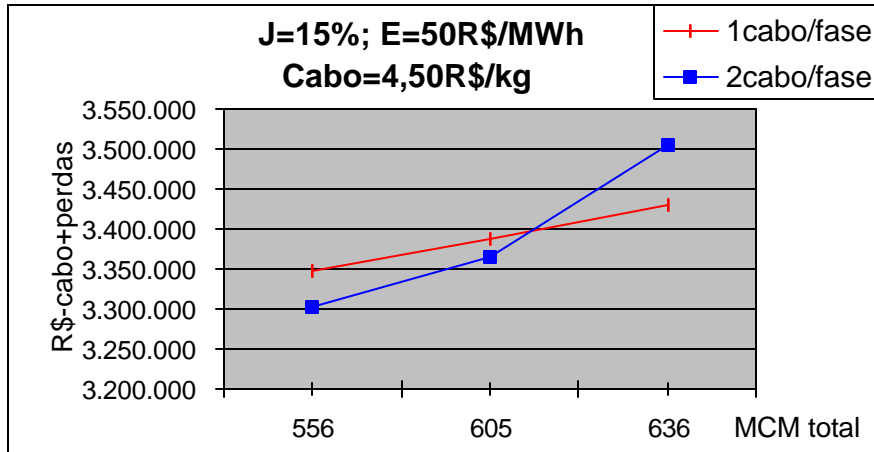
A - Análise de Sensibilidade - Variações no Preço da Energia (E)



B - Análise de Sensibilidade - Variações na Taxa de Atualização (J)



C - Análise de Sensibilidade - Variações no Preço do Cabo



**ANEXO III – NOTA TÉCNICA**  
**SOBRE DESEMPENHO ELÉTRICO DO SISTEMA: ESCOLHA DO**  
**CONDUTOR – COMPORTAMENTOS ESTÁTICO E DINÂMICO**  
**COM CONDUTOR SINGELO OU COM FEIXE DUPLO**

---

## 1. OBJETIVO

Analisar as alternativas de projeto com cabo DOVE, ou *Feixe Expandido* em dois cabos PARTRIDGE, do ponto de vista de desempenho elétrico no sistema, e fornecer elementos para definição do projeto das linhas de transmissão em 230 kV que atendem as estações de bombeamento do PTSF – Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco / Trecho I.

## 2. PREMISSAS

Para a realização dos estudos de sistema foram utilizados os dados genéricos conhecidos e disponíveis na fase atual do projeto, relacionados adiante, no Apêndice A.

Os dados não disponíveis ou não fornecidos, foram estimados com base em valores e parâmetros típicos encontrados na literatura técnica, relacionados no Apêndice B.

O ponto de conexão do sistema de transmissão em 230 kV que atende as estações de bombeamento é o barramento de 230 kV da subestação de Bom Nome, de propriedade da CHESF.

Os motores das bombas são alimentados na tensão de 13,8 kV e são do tipo síncrono, oferecendo um recurso para controle de tensão nas estações de bombeamento e do fluxo de potência reativa no ponto de conexão.

Foram consideradas as alternativas com cabo DOVE e cabo 2xPARTRIDGE, em função dos indicativos do estudo econômico do cabo. A consideração de outras alternativas de cabos é indiferente para os objetivos dos estudos descritos neste relatório.

Nas simulações em regime dinâmico não foram representados os reguladores de tensão dos motores.

**3. ESTUDOS DE SISTEMA**

**3.1 ANÁLISE EM REGIME PERMANENTE**

**3.1.1 Objetivo**

Os estudos de fluxo de carga em regime permanente têm como objetivo gerar os casos base para os estudos em regime dinâmico e analisar o desempenho das alternativas quanto aos fluxos de potência ativa e reativa, perdas de transmissão e condições de regulação de tensão.

**3.1.2 Casos Simulados**

Nas simulações de fluxo de carga em regime permanente foram consideradas as configurações e condições operativas descritas na Tabela 1, com tensão de 1,0 pu na barra de 230 kV da subestação de Bom Nome.

**TABELA 1  
DESCRIÇÃO DOS CASOS SIMULADOS EM REGIME PERMANENTE**

<b>CASO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
1	Linhas de transmissão 230 kV com cabo DOVE, com os motores das estações de bombeamento desligados (sem carga)
2	Linhas de transmissão 230 kV com cabo 2xPARTRIDGE, com os motores das estações de bombeamento desligados (sem carga)
3	Linhas de transmissão 230 kV com cabo DOVE, configuração inicial, motores operando subexcitados com fator de potência 0,90.
4	Linhas de transmissão 230 kV com cabo DOVE, configuração final, motores operando subexcitados com fator de potência 0,90.
5	Linhas de transmissão 230 kV com cabo 2xPARTRIDGE, configuração inicial, motores operando subexcitados com fator de potência 0,90.
6	Linhas de transmissão 230 kV com cabo 2xPARTRIDGE, configuração final, motores operando subexcitados com fator de potência 0,90.
7	Linhas de transmissão 230 kV com cabo DOVE, configuração inicial, motores controlando a tensão na barra de 13,8 kV em 1,0 pu (sobrecitados).
8	Linhas de transmissão 230 kV com cabo DOVE, configuração final, motores controlando a tensão na barra de 13,8 kV em 1,0 pu (sobrecitados).
9	Linhas de transmissão 230 kV com cabo 2xPARTRIDGE, configuração inicial, motores controlando a tensão na barra de 13,8 kV em 1,0 pu (sobrecitados).

<b>CASO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
10	Linhas de transmissão 230 kV com cabo 2xPARTRIDGE, configuração final, motores controlando a tensão na barra de 13,8 kV em 1,0 pu (sobrecitados).
11	Linhas de transmissão 230 kV com cabo DOVE, configuração inicial, motores com fator de potência unitário.
12	Linhas de transmissão 230 kV com cabo DOVE, configuração final, motores com fator de potência unitário.
13	Linhas de transmissão 230 kV com cabo 2xPARTRIDGE, configuração inicial, motores com fator de potência unitário.
14	Linhas de transmissão 230 kV com cabo 2xPARTRIDGE, configuração final, motores com fator de potência unitário.
15	Linhas de transmissão 230 kV com cabo DOVE, configuração inicial, motores com fator de potência unitário e barras de 13,8 kV separadas.
16	Linhas de transmissão 230 kV com cabo DOVE, configuração final, motores com fator de potência unitário e barras de 13,8 kV separadas.
17	Linhas de transmissão 230 kV com cabo 2xPARTRIDGE, configuração inicial, motores com fator de potência unitário e barras de 13,8 kV separadas.
18	Linhas de transmissão 230 kV com cabo 2xPARTRIDGE, configuração final, motores com fator de potência unitário e barras de 13,8 kV separadas.

### **3.1.3 Apresentação e Análise dos Resultados**

Com os motores das estações de bombeamento desligados e as linhas de 230 kV operando em vazio, ocorre uma elevação de tensão de 1,0, 1,1 e 1,2% nas barras de 230 kV das estações EBI-3, EBI-2 e EBI-1, respectivamente. Neste aspecto, as duas alternativas de linhas apresentaram desempenhos semelhantes.

Na Tabela 2 estão resumidos os resultados das simulações para os casos 3 a 14, relacionados na Tabela 1. Os casos 15 a 18, com barras separadas, apresentaram resultados idênticos aos casos 11 a 14, respectivamente.



**TABELA 2  
RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES DE FLUXO DE C<sub>CARGA</sub>**

<b>Caso</b>	<b>P (MW)</b>	<b>Q (MVar)</b>	<b>I (A)</b>	<b>DV (%)</b>	<b>Dq (°)</b>	<b>DP (MW)</b>
3	76,7	13,5	196	5,6	5,6	1,1
4	212,5	145,9	650	18,0	13,7	10,9
5	76,6	13,0	195	4,4	4,3	1,0
6	211,5	113,4	602	12,8	9,1	9,9
7	76,6	-18,1	198	0,0	5,7	1,0
8	208,6	-23,2	527	0,0	12,7	7,0
9	76,7	-30,2	207	0,0	4,6	1,1
10	209,1	-48,6	539	0,0	9,6	7,5
11	76,5	-13,4	195	0,6	5,7	0,9
12	208,7	22,6	527	4,8	12,9	7,1
13	76,6	-25,2	202	0,5	4,5	1,0
14	208,8	1,0	524	4,0	9,4	7,2

Legenda:

P (MW) – Potência ativa na barra de 230 kV de Bom Nome.

Q (Mvar) – Potência reativa na barra de 230 kV de Bom Nome.

I (A) – Corrente na linha Bom Nome / EBI-3, em Bom Nome.

$\Delta V$  (%) – Diferença, em percentual, entre os módulos das tensões na barra de 230 kV de Bom Nome e na barra de 13,8 kV da EBI-1.

$\Delta \theta$  (°) – Diferença entre o ângulo da tensão na barra de 230 kV de Bom Nome e o ângulo da tensão na barra de 13,8 kV da EBI-1.

$\Delta P$  (MW) – Perdas nas linhas de 230 kV de Bom Nome à EBI-1 230kV.

A utilização de motores síncronos nas estações de bombeamento permite melhores condições para a regulação de tensão no eixo e controle do fluxo de potência reativa no ponto de conexão com a subestação de Bom Nome. Entretanto, as simulações realizadas indicam a necessidade de uma operação coordenada das estações com relação ao controle da tensão terminal dos motores. As duas alternativas de projeto, com cabo DOVE ou 2xPARTRIDGE, mostraram esta necessidade, mas a alternativa com cabo 2xPARTRIDGE é menos sensível a eventuais problemas operativos ou dificuldades para regulação de tensão.

Nos casos com operação dos motores subexcitados, a alternativa com 2xPARTRIDGE apresenta melhores condições em termos de perdas, regulação de tensão e estabilidade. Por outro lado, na operação com os motores

sobrecitados, a alternativa com cabo DOVE apresenta melhores condições em termos de perdas e fluxo de potência reativa, mas a alternativa com cabo 2xPARTRIDGE permanece mais atrativa em termos de estabilidade.

Para minimizar as perdas nas linhas de 230 kV e aumentar a reserva de potência reativa, sem sacrificar a regulação de tensão, a condição de operação mais indicada consiste na operação dos motores com fator de potência unitário. Neste caso, as duas alternativas apresentam desempenhos semelhantes em termos de perdas e regulação de tensão, mas a alternativa com cabo 2xPARTRIDGE permanece mais atrativa em termos de estabilidade.

## **3.2 ANÁLISE DE CURTO-CIRCUITO**

### **3.2.1 Objetivos**

Os estudos de curto-circuito têm como objetivo analisar o desempenho das alternativas quanto aos níveis de curto-circuito (MVA) monofásico e trifásico e fornecer dados para os estudos em regime dinâmico.

### **3.2.2 Casos Simulados**

Nas simulações de curto-circuito foram consideradas as configurações e condições operativas descritas na Tabela 3.

**TABELA 3  
DESCRIÇÃO DOS CASOS SIMULADOS DE CURTO-CIRCUITO**

<b>CASO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
1	Linhas de transmissão 230 kV com cabo DOVE, configuração inicial, barras de 13,8 kV interligadas.
2	Linhas de transmissão 230 kV com cabo DOVE, configuração final, barras de 13,8 kV interligadas.
3	Linhas de transmissão 230 kV com cabo 2xPARTRIDGE, configuração inicial, barras de 13,8 kV interligadas.
4	Linhas de transmissão 230 kV com cabo 2xPARTRIDGE, configuração final, barras de 13,8 kV interligadas.
5	Linhas de transmissão 230 kV com cabo DOVE, configuração final, barras de 13,8 kV separadas.
6	Linhas de transmissão 230 kV com cabo 2xPARTRIDGE, configuração final, barras de 13,8 kV separadas.

**3.2.3 Apresentação e Análise dos Resultados**

Nas Tabelas 4 e 5, são apresentados os níveis de curto-circuito trifásico e monofásico, obtidos nas simulações, em cada barra de 230 kV ou 13,8 kV das estações de bombeamento.

**TABELA 4**  
**NÍVEIS DE CURTO-CIRCUITO TRIFÁSICO (MVA)**

Caso	EBI-1		EBI-2		EBI-3	
	230 kV	13,8 kV	230 kV	13,8 kV	230 kV	13,8 kV
1	841	344	1.133	605	1.358	751
2	1.116	647	1.586	1.127	1.874	1.390
3	1.069	367	1.388	650	1.630	803
4	1.369	695	1.854	1.206	2.156	1.481
5	1.116	222	1.586	422	1.874	528
6	1.369	227	1.854	433	2.156	540

**TABELA 5**  
**NÍVEIS DE CURTO-CIRCUITO MONOFÁSICO (MVA)**

Caso	EBI-1		EBI-2		EBI-3	
	230 kV	13,8 kV	230 kV	13,8 kV	230 kV	13,8 kV
1	875	328	1.290	603	1.592	760
2	1.207	691	1.871	1.250	2.178	1.563
3	1.044	342	1.513	633	1.755	796
4	1.410	727	2.126	1.314	2.441	1.639
5	1.207	214	1.871	414	2.178	525
6	1.410	217	2.126	421	2.441	533

De acordo com os resultados apresentados acima, na configuração final os níveis de curto-circuito nas barras de 13,8 kV das estações EBI-2 e EBI-3 serão bastante elevados, mesmo com a alternativa de cabo DOVE. Para eliminar a necessidade de especificação de características especiais para os equipamentos de 13,8 kV, poderá ser indicado operar as estações de bombeamento com as barras de 13,8 kV separadas.

A alternativa com cabo 2xPARTRIDGE provoca uma elevação nos níveis de curto-circuito, entretanto não representa qualquer requisito extra quanto à especificação da corrente de curto-circuito nominal dos equipamentos das instalações. Com as barras de 13,8 kV separadas, a alternativa com cabo 2xPARTRIDGE representa uma elevação inferior a 3% no nível de curto-circuito trifásico das barras de 13,8 kV.

### **3.3 ANÁLISE EM REGIME DINÂMICO**

#### **3.3.1 Objetivo**

Os estudos em regime dinâmico têm como objetivo analisar o desempenho das alternativas quanto à estabilidade eletromecânica durante defeitos nas instalações de 230 kV e 13,8 kV das estações de bombeamento, nas linhas de transmissão de 230 kV e também quanto aos afundamentos de tensão provenientes de defeitos no sistema de transmissão da Rede Básica.

#### **3.3.2 Casos Simulados**

Nas simulações em regime dinâmico foram consideradas as configurações e condições operativas descritas na Tabela 6, utilizando como casos base de regime permanente apenas os obtidos com os motores operando com fator de potência unitário (Casos 11 a 18, da Tabela 1).

**TABELA 6  
DESCRIÇÃO DOS CASOS SIMULADOS EM REGIME DINÂMICO**

<b>CASO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
1	Afundamento de 15% na tensão da barra de 230 kV da subestação Bom Nome. Linhas de transmissão 230 kV com cabo DOVE, configuração inicial e barras interligadas.
2	Afundamento de 15% na tensão da barra de 230 kV da subestação Bom Nome. Linhas de transmissão 230 kV com cabo DOVE, configuração final e barras interligadas.
3	Afundamento de 15% na tensão da barra de 230 kV da subestação Bom Nome. Linhas de transmissão 230 kV com cabo 2xPARTRIDGE, configuração inicial e barras interligadas.
4	Afundamento de 15% na tensão da barra de 230 kV da subestação Bom Nome. Linhas de transmissão 230 kV com cabo 2xPARTRIDGE, configuração final e barras interligadas.
5	Afundamento de 15% na tensão da barra de 230 kV da subestação Bom Nome.

CASO	DESCRIÇÃO
	Linhas de transmissão 230 kV com cabo DOVE, configuração final e barras separadas.
6	Afundamento de 15% na tensão da barra de 230 kV da subestação Bom Nome. Linhas de transmissão 230 kV com cabo 2xPARTRIDGE, configuração final e barras separadas.
7	Curto-circuito monofásico na barra de 230 kV da subestação Bom Nome, com duração de 100 ms. Linhas de transmissão 230 kV com cabo DOVE, configuração final e barras separadas.
8	Curto-circuito monofásico na barra de 230 kV da subestação Bom Nome, com duração de 100 ms. Linhas de transmissão 230 kV com cabo 2xPARTRIDGE, configuração final e barras separadas.
9	Curto-circuito trifásico na barra de 13,8 kV da EBI-1, com duração de 100 ms e perda de um transformador de 20 MVA. Linhas de transmissão 230 kV com cabo DOVE, configuração final e barras separadas.
10	Curto-circuito trifásico na barra de 13,8 kV da EBI-1, com duração de 100 ms e perda de um transformador de 20 MVA. Linhas de transmissão 230 kV com cabo 2xPARTRIDGE, configuração final e barras separadas.
11	Curto-circuito trifásico na barra de 13,8 kV da EBI-2, com duração de 100 ms e perda de um transformador de 20 MVA. Linhas de transmissão 230 kV com cabo DOVE, configuração final e barras separadas.
12	Curto-circuito trifásico na barra de 13,8 kV da EBI-2, com duração de 100 ms e perda de um transformador de 20 MVA. Linhas de transmissão 230 kV com cabo 2xPARTRIDGE, configuração final e barras separadas.
13	Curto-circuito trifásico na barra de 230 kV da EBI-1, com duração de 100 ms e perda da LT 230 kV EBI-2/EBI-1. Linhas de transmissão 230 kV com cabo DOVE, configuração final e barras separadas.
14	Curto-circuito trifásico na barra de 230 kV da EBI-1, com duração de 100 ms e perda da LT 230 kV EBI-2/EBI-1. Linhas de transmissão 230 kV com cabo 2xPARTRIDGE, configuração final e barras separadas.
15	Curto-circuito monofásico na barra de 230 kV da EBI-1, com duração de 100 ms e perda da LT 230 kV EBI-2/EBI-1. Linhas de transmissão 230 kV com cabo DOVE, configuração final e barras separadas.
16	Curto-circuito monofásico na barra de 230 kV da EBI-1, com duração de 100 ms e perda da LT 230 kV EBI-2/EBI-1. Linhas de transmissão 230 kV com cabo 2xPARTRIDGE, configuração final e barras separadas.
17	Curto-circuito monofásico na barra de 230 kV da EBI-2, com duração de 100 ms e perda da LT 230 kV EBI-2/EBI-1. Linhas de transmissão 230 kV com cabo DOVE, configuração final e barras separadas.
18	Curto-circuito monofásico na barra de 230 kV da EBI-2, com duração de 100 ms e perda da LT 230 kV EBI-2/EBI-1. Linhas de transmissão 230 kV com cabo 2xPARTRIDGE, configuração final e barras separadas.
19	Curto-circuito monofásico na barra de 230 kV da EBI-3, com duração de 100 ms, seguido de abertura e religamento monofásico da LT 230 kV Bom Nome/EBI-3. Linhas de transmissão 230 kV com cabo DOVE, configuração final e barras separadas.
20	Curto-circuito monofásico na barra de 230 kV da EBI-3, com duração de 100 ms, seguido de abertura e religamento monofásico da LT 230 kV Bom Nome/EBI-3. Linhas de transmissão 230 kV com cabo 2xPARTRIDGE, configuração final e barras separadas.

**3.3.3 Apresentação e Análise dos Resultados**

A Tabela 7 apresenta um resumo dos resultados obtidos nas simulações em regime dinâmico, tomando como referência as medições em um motor de 12,5 MVA na estação EBI-3.

**TABELA 7  
RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES EM REGIME DINÂMICO**

<b>CASO</b>	<b>DV (%)</b>	<b>Dq (o)</b>	<b>DP (MW)</b>	<b>DQ (MVAR)</b>
1	14,5	9,6	2,3	5,6
2	17,0	16,5	2,2	3,9
3	14,6	9,2	2,3	5,9
4	16,2	14,6	2,2	4,3
5	17,0	16,8	2,2	3,9
6	16,2	14,8	2,3	4,3
7	26,7	24,8	5,1	8,4
8	28,4	22,4	5,3	9,3
9	9,7	3,8	0,7	3,5
10	8,6	2,6	0,6	3,4
11	18,7	8,1	1,6	6,6
12	16,4	5,5	1,3	6,2
13	55,1	55,2	8,8	14,8
14	60,0	64,8	11,4	15,6
15	22,7	12,3	3,4	7,6
16	23,1	11,3	3,4	8,1
17	35,0	21,9	5,0	11,0
18	34,4	18,8	5,0	11,3
19	43,0	48,6	3,7	12,9
20	41,1	32,1	2,8	12,8

Legenda:

$\Delta V$  (%) – Variação da tensão terminal de uma máquina da EBI-3 (12,5 MVA).

$\Delta \theta$  (°) – Variação de ângulo do eixo  $q$  de uma máquina da EBI-3 (12,5 MVA).

P (MW) – Variação de potência ativa em uma máquina da EBI-3 (12,5 MVA).

$\Delta Q$  (Mvar) – Variação de potência reativa em uma máquina da EBI-3 (12,5 MVA).

As duas alternativas apresentaram comportamentos estáveis durante os casos simulados. No caso específico de um curto-circuito trifásico no terminal de um

motor da EBI-1, com duração de 100ms e com abertura apenas do disjuntor do motor, as duas alternativas apresentaram comportamentos instáveis na configuração final, estando as barras de 13,8kV separadas ou interligadas. Uma vantagem da operação com as barras de 13,8kV separadas é que para defeitos nos setores de 13,8kV pode ser aberto o disjuntor de 13,8kV do transformador correspondente, isolando as duas máquinas afetadas, mantendo as demais unidades em operação numa condição estável.

Conforme já indicado nas simulações em regime permanente, a alternativa com cabo 2xPARTRIDGE apresentou melhor desempenho em todos os casos analisados, em termos de menor amplitude a maior amortecimento das oscilações eletromecânicas e, portanto, apresenta maior margem de estabilidade. Este ganho em margem de estabilidade torna-se importante no sentido de garantir um melhor desempenho das instalações diante das perturbações originadas no sistema de transmissão da Rede Básica, nas linhas de transmissão em 230 kV ou nas instalações das estações de bombeamento.

Nos casos de defeitos no sistema de transmissão da Rede Básica ou nas linhas de 230 kV que atendem as estações de bombeamento, sem considerar o religamento monopolar das linhas com defeito, a alternativa com cabo DOVE apresentou, de uma forma geral, melhor desempenho quanto às variações de tensão e potência ativa e reativa nos motores. Nos casos de defeitos nos setores de 13,8 kV das estações de bombeamento, a alternativa com cabo 2xPARTRIDGE apresentou melhor desempenho em todos os aspectos.

Para aumentar a confiabilidade do atendimento às estações de bombeamento, no sentido de reduzir os riscos de interrupção do fornecimento de energia, pode ser implantado o religamento automático nos disjuntores dos terminais das linhas de transmissão em 230 kV que atendem as estações de bombeamento. Entretanto, as simulações realizadas indicaram que no religamento tripolar o sistema é instável, sendo recomendável, neste caso, a implantação do religamento monopolar. Considerando o religamento monopolar das linhas de transmissão em 230 kV, a alternativa com cabo 2xPARTRIDGE apresentou melhor desempenho em todos os aspectos, garantindo uma maior probabilidade de sucesso do religamento sem perda de estabilidade e menor magnitude e duração dos afundamentos momentâneos de tensão nas barras de 13,8 kV das estações de bombeamento.

No Apêndice C, apresentam-se gráficos obtidos dos resultados das simulações mostrando o comportamento do ângulo do eixo  $\delta$  de um motor da estação EBI-1 e da tensão na barra de 13,8 kV da EBI-1.

#### **4. CONCLUSÃO**

A utilização de motores síncronos nas estações de bombeamento permite melhores condições para a regulação de tensão no eixo e controle do fluxo de potência reativa no ponto de conexão com a subestação de Bom Nome. Entretanto, as simulações realizadas indicam a necessidade de uma operação coordenada das estações com relação ao controle da tensão terminal dos motores. Para minimizar as perdas nas linhas de 230 kV e aumentar a reserva de potência reativa, as simulações indicam a operação dos motores com fator de potência unitário.

As análises em regime permanente indicam que as duas alternativas apresentam desempenhos semelhantes em termos de perdas e regulação de tensão, mas a alternativa com cabo 2xPARTRIDGE é mais atrativa em termos de estabilidade e é menos sensível a eventuais problemas operativos ou dificuldades para regulação de tensão, e apresenta comportamento semelhante à alternativa com cabo DOVE em condições de carga leve ou com os motores desligados.

As análises de curto-circuito mostram que a alternativa com cabo 2xPARTRIDGE provoca uma elevação nos níveis de curto-circuito com relação à alternativa com cabo DOVE, entretanto esta elevação não representa qualquer requisito extra quanto à especificação da corrente de curto-circuito nominal dos equipamentos das instalações.

As análises em regime dinâmico mostram que as duas alternativas apresentaram comportamentos estáveis durante perturbações na Rede Básica, nas linhas de transmissão em 230 kV ou nas próprias instalações das estações. Entretanto, a alternativa com cabo 2xPARTRIDGE apresenta melhor desempenho em termos de menor amplitude a maior amortecimento das oscilações eletromecânicas e, portanto, apresenta maior margem de estabilidade, garantindo menores riscos de desligamentos durante perturbações.



A operação com as barras de 13,8 kV separadas apresentou nos estudos realizados vantagens como a redução dos níveis de curto-circuito nas barras de 13,8 kV, importante principalmente na configuração final, e maior probabilidade de manutenção da estabilidade do sistema quando de defeitos nos setores de 13,8 kV das estações de bombeamento, de forma independente da alternativa de cabo a ser utilizada.

Para aumentar a confiabilidade do atendimento às estações de bombeamento, os estudos realizados indicaram a vantagem da implantação do religamento monopolar nas linhas de transmissão em 230 kV. As vantagens são ressaltadas com a alternativa de cabo 2xPARTRIDGE.

Recomenda-se, na fase final do projeto, quando estiverem disponíveis os parâmetros definitivos, a realização de estudos de sistema mais detalhados com o objetivo de definir as melhores estratégias para o controle de tensão e operação do eixo, os ajustes e parâmetros dos reguladores de tensão dos motores e os requisitos para o religamento monopolar das linhas de transmissão em 230 kV.

## **APÊNDICE A– DADOS FORNECIDOS**

### **A.1 DADOS DOS MOTORES DAS BOMBAS**

	<b>EBI-1</b>	<b>EBI-2</b>	<b>EBI-3</b>
Tipo	Síncrono	Síncrono	Síncrono
Tensão nominal (kV)	13,8	13,8	13,8
Potência nominal Sn (MVA)	5	10	12,5
Carga / unidade (MW)	4,6	9,0	11,6
Unidades	8	8	8

OBS: Cada motor é equipado com disjuntor de 13,8 kV, permitindo o seu isolamento do sistema.

### **A.2 DADOS DOS TRANSFORMADORES ABAIXADORES**

	<b>EBI-1</b>	<b>EBI-2</b>	<b>EBI-3</b>
Relação nominal	230 / 13,8 kV	230 / 13,8 kV	230 / 13,8 kV
Impedância (%)	10	10	10
Potência nominal Sn (MVA)	20	40	50
Quantidade (und.)	4	4	4

OBS: Cada transformador é equipado com disjuntor nos lados de 230 kV e 13,8 kV, permitindo o seu isolamento do sistema.

## A.3 DADOS DE LINHAS DE 230 kV

	R1 (ohm/km)	X1 (ohm/km)	B1 (mmho/km)	R0 (ohm/km)	X0 (ohm/km)	B0 (mmho/km)
Cabo DOVE (556 MCM)	0,1164	0,5219	3,182	0,4837	1,657	2,283
Cabo 2xPARTRIDGE (266.8 MCM)	0,1209	0,3440	4,834	0,4836	1,480	2,961

Trecho	Comprimento (km)
Bom Nome (CHESF) / EBI-3	65
EBI-3 / EBI-2	21
EBI-2 / EBI-1	35

OBS: Cada trecho de linha é equipado com disjuntores de 230 kV nas duas extremidades.

## A.4 EQUIVALENTE NA SUBESTAÇÃO DE BOM NOME 230 kV

$$Z1 = 0,4362 + j3,3820 \text{ (\% na base de 100 MVA)}$$

$$Z0 = 1,0431 + j4,2952 \text{ (\% na base de 100 MVA)}$$

## A.5 CONFIGURAÇÕES E CONDIÇÕES DE CARGA

### A.5.1 Configuração Inicial

Cada estação de bombeamento é equipada com dois transformadores e três motores síncronos, operando com as barras de 13,8 kV interligadas.

### A.5.2 Configuração Final

Cada estação de bombeamento é equipada com quatro transformadores e oito motores síncronos, operando com as barras de 13,8 kV interligadas.

**APÊNDICE B – DADOS ESTIMADOS**

**B.1 DADOS DOS MOTORES DAS BOMBAS**

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Xd ( % )	94
Ra ( % )	0,65
Xq ( % )	46
X'd ( % )	30
Xl ( % )	4,98
X''d( % )	18,9
Xo ( % )	5,0
T'd ( s )	0,66
T''d( s )	0,01
T''q ( s )	0,095
H ( MWs/MVA )	0,8

(\*) Parâmetros na base da potência nominal da unidade.

OBS: Considerou-se nos estudos de curto-circuito que o enrolamento de estator de cada unidade é ligado em estrela aterrada.

**B.2 DADOS DOS TRANSFORMADORES ABAIXADORES**

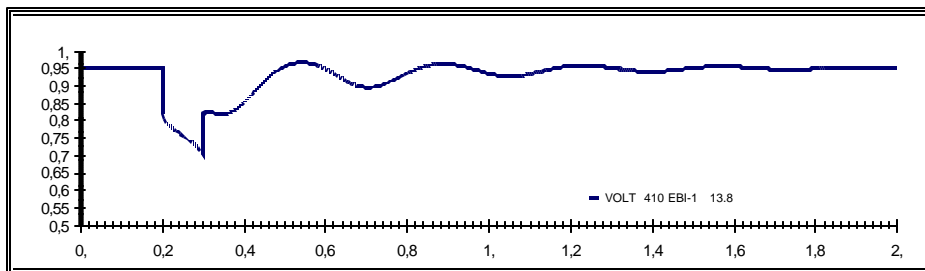
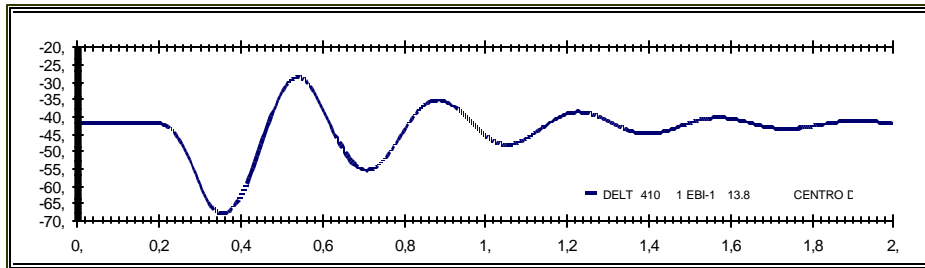
	<b>EBI-1</b>	<b>EBI-2</b>	<b>EBI-3</b>
Número de enrolamentos	2	2	2
Zo ( % )	10	10	10

OBS: Considerou-se nos estudos de curto-circuito que o enrolamento de 230 kV é ligado em estrela aterrada e o enrolamento de 13,8 kV é ligado em delta.

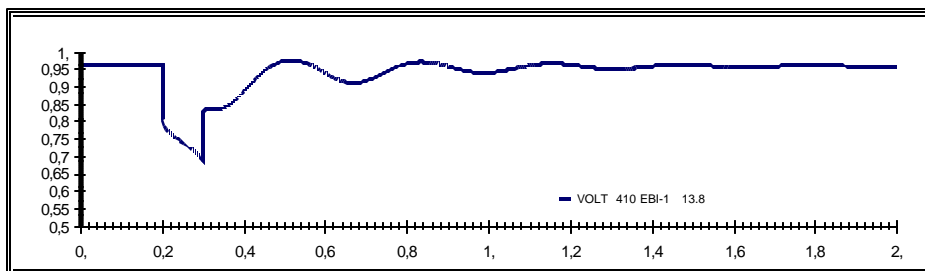
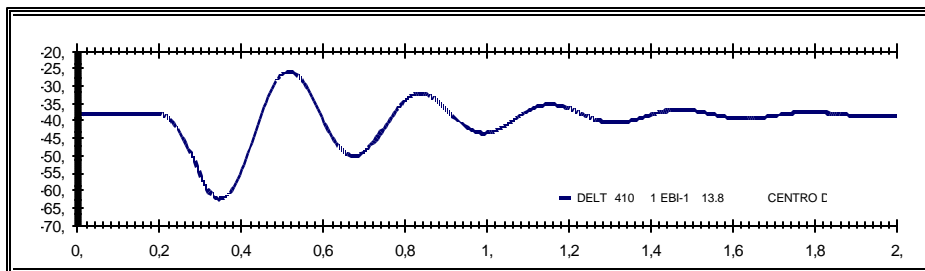
APÊNDICE C – RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES DINÂMICAS

C.1 CASOS 7 E 8 DA TABELA 6

CABO DOVE

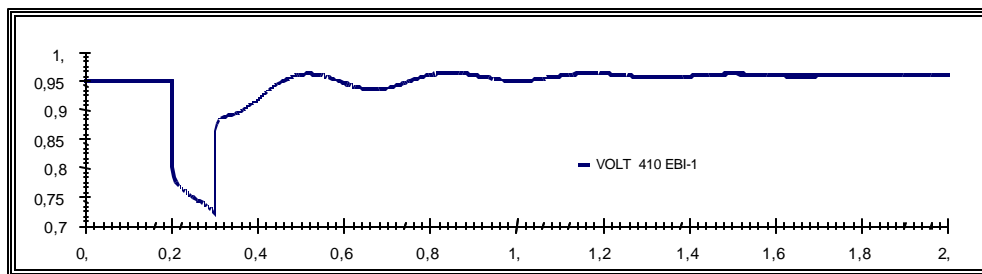
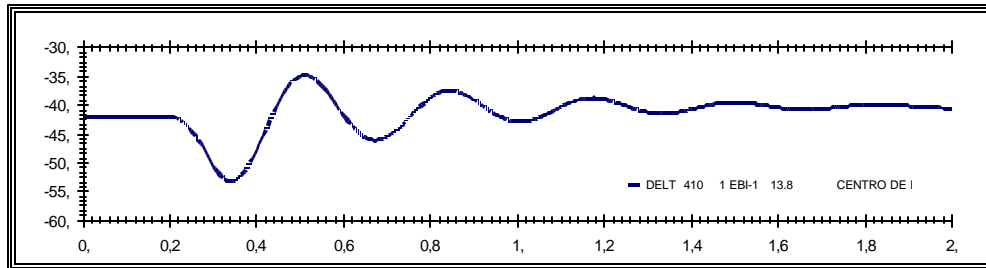


CABO 2xPARTRIDGE

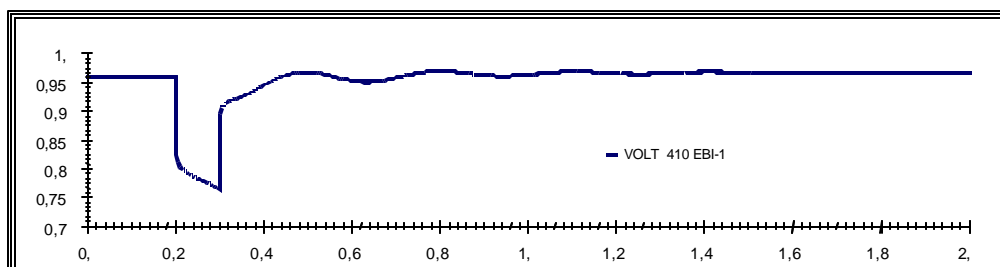
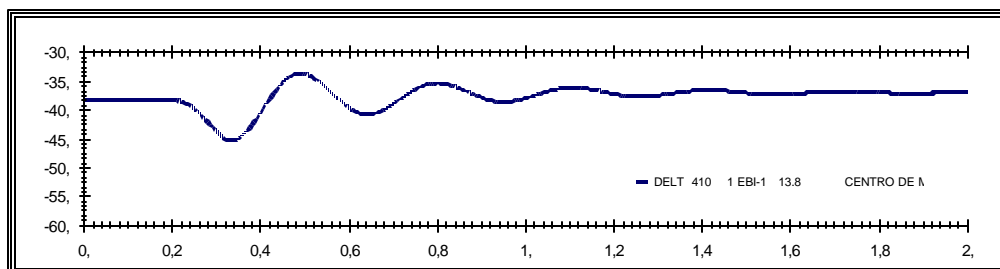


## C.2-CASOS 11 E 12 DA TABELA 6

### CABO DOVE

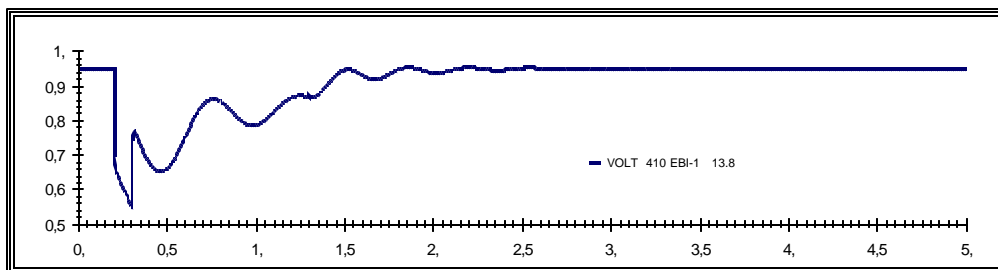
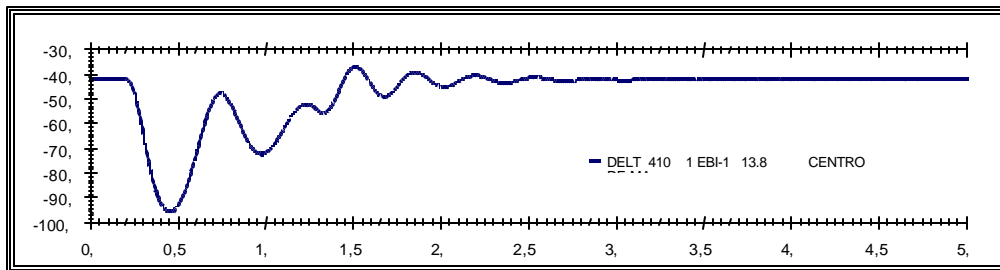


### CABO 2xPARTRIDGE

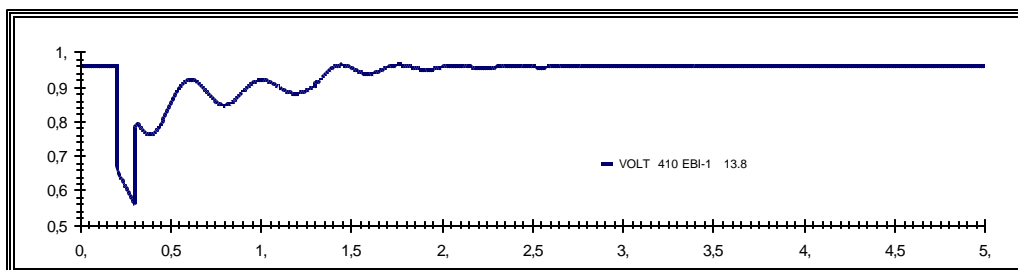
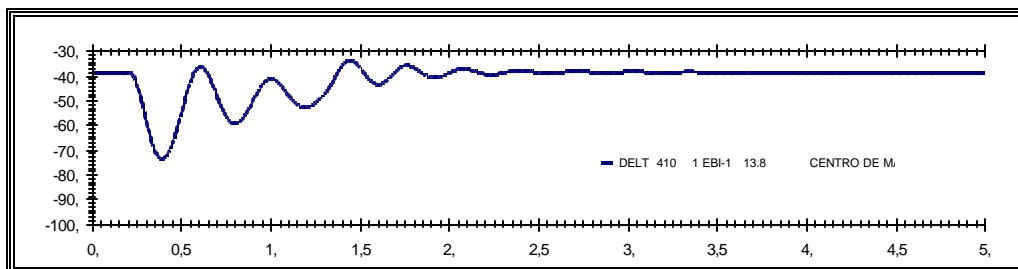


## C.3-CASOS 19 E 20 DA TABELA 6

### CABO DOVE



### CABO 2xPARTRIDGE



**ANEXO IV**

**MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS LINHAS DE TRANSMISSÃO**

---

# ENGECORPS – HARZA

---

## ÍNDICE

- Memorial Técnico Descritivo	Apêndice 1
- Características Elétricas	Apêndice 2
- Características Mecânicas	Apêndice 3
- Termo de Responsabilidade das Travessias	Apêndice 4
- Cálculo da Faixa de Servidão	Apêndice 5
- Quantitativos	Apêndice 6
- Cronograma	Apêndice 7
- Planta do Traçado	Apêndice 8
- Esquema das Estruturas	Apêndice 9
- Planta de Localização e Interligação	Apêndice 10



# ENGECORPS – HARZA

---

## APÊNDICE 1

### MEMORIAL TÉCNICO-DESCRIPTIVO DE LINHAS AÉREAS DE TRANSMISSÃO

<b>MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL – FUNCATE</b>
<b>PTSF – PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO - EIXO NORTE/ TRECHO I</b>
<b>LT 230 kV BOM NOME / SE-N3 / SE-N2 / SE-N 1</b>

Data de início da Obra
------------------------

Data da Conclusão
-------------------

#### 1. FINALIDADE

O presente projeto tem a finalidade de construir a linha de transmissão aérea, que tem origem na SE Bom Nome, de propriedade da CHESF com a função de interligar com a SE-N1, tendo as SE-N2 e SE-N3, como intermediárias, todas de propriedade do governo federal, localizadas, respectivamente, nos municípios de São José do Belmonte, Cabrobó e Salgueiro (neste, as intermediárias) no Estado de PE.

#### 2. CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DA LINHA

- 2.1- A linha terá tensão entre fases de 230kV, seção dos condutores de 2x266,8 MCM, tipo CAA, sendo 2 cabos por fase, 3 fases por circuito e 1 circuito, e terá extensão total de 125 km.
- 2.2- A linha terá capacidade, a 60°C de temperatura do condutor e 38°C do ambiente, de 240 MVA, com fator de potência a 1%, regulação 2% e perdas 3%.
- 2.3- O orçamento total da obra será contemplado no Relatório R15 – Cronogramas, Orçamentos e Planejamento.
- 2.4- As normas e padrões seguidos no projeto foram NBR-5422.

#### 3. CONSIDERAÇÕES GERAIS

- 3.1- Justificativa Técnico- Econômica

Obra necessária para possibilitar a transposição de águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional

## APÊNDICE 2

### CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DAS LINHAS AÉREAS DE TRANSMISSÃO

<b>MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL – FUNCATE</b>	Data de início da Obra
<b>PTSF – PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO - EIXO NORTE/ TRECHO I</b>	
<b>LT 230 kV BOM NOME / SE-N3 / SE-N2 / SE-N 1</b>	Data da Conclusão

#### 1. CAPACIDADE DE TRANSPORTE DE ENERGIA

Para o primeiro trecho a capacidade da linha, a 60°C de temperatura do condutor, a 38°C do ambiente, será de 240 MVA, sendo transmitida uma carga inicial de 82 MVA com fator de potência a 0,95%, regulação 1% e perdas 1%, podendo transmitir na etapa final 224 MVA com fator de potência de 0,90%, regulação 3%.

#### 2. CONSTANTES ELÉTRICAS DA LINHA

A impedância de seqüência positiva será  $15,11 + j43$  ohms, fase para neutro por circuito; a impedância de seqüência zero própria  $60,45 + j185$  ohms, fase para neutro, por circuito; e a reatância capacitiva 1656 ohms por fase.

#### 3. DADOS ELÉTRICOS DO ISOLAMENTO

O nível de impulso, positivo, a seco, será 1280kV, sendo 1 isolador usado em cadeia de suspensão, e 2 isoladores em cadeia de ancoragem, devendo-se aplicar isoladores do tipo composto protegidos por anéis equipotenciais e de resistência eletro- mecânica de 12 000 daN.

#### 4. DADOS DOS CABOS PÁRA-RAIOS

Serão usados 2 cabos tipo EAR 3/8", em ângulo médio de proteção de 18° no trecho SE-Bom Nome/SEI-N3 na extensão de 65,31 km e um cabo tipo EAR 3/8" e cabo tipo OPGW no trecho SEI-N3/SEI-N2/SEI-N1, na extensão de 58,75 km

#### 5. DADOS DOS CABOS OU FIOS CONTRA-PESO

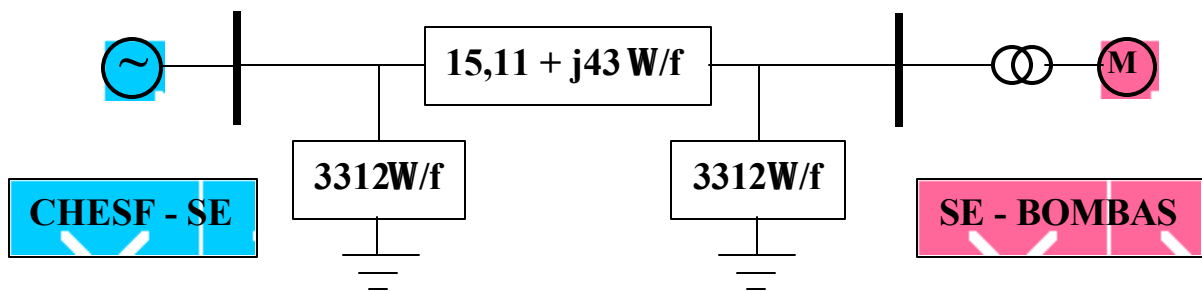
Serão usados de bitola número 4 AWG, tipo aço recoberto de cobre, condutividade 30%, fio singelo, e extensão aproximada por suporte de 160 metros para 20 ohms / torre.

## APÊNDICE 2

### 6. CONSIDERAÇÕES GERAIS

6.1- O número de desligamentos causados por descarga atmosféricas é calculado em 0,1 desligamento/100km/ano para o nível cerâmico médio da região estimado em 10 dias / ano.

6.2- Circuito equivalente da linha:



## APÊNDICE 3

### CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DAS LINHAS AÉREAS DE TRANSMISSÃO

<b>MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL – FUNCATE</b>	Data de início da Obra
<b>PTSF – PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO - EIXO NORTE/ TRECHO I</b>	
<b>LT 230 KV BOM NOME / SE-N3 / SE-N2 / SE-N 1</b>	Data da Conclusão

#### 1. DADOS GERAIS MECÂNICOS DA LINHA

- 1.1- A linha deverá ter disposição horizontal e espaçamento entre fases de 7,7 metros, condutores com 2 cabos em disposição vertical com feixes de 1,8m nas fases externas e 1,2m na central.
- 1.2- A distância mínima do condutor ao solo, a 60°C (1º elo) e a 50°C (2º e 3º elos), sem vento, será de 8 metros, o vão médio será de 500 metros, o maior vão não devendo ultrapassar 750m.

#### 2. CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DOS CABOS CONDUTORES, CONTRA-PESO E PÁRA-RAIOS

- 2.1- O condutor deve ter 2 cabos do tipo PARTRIDGE-266,8 MCM, seção 157,23 mm<sup>2</sup>, formação com 26 / 7 fios, carga de ruptura 5 124 daN, peso próprio 0,545 kg/m;
- 2.2- O fio contra-peso deve ser do tipo aço recoberto de cobre, seção 21,16 mm<sup>2</sup>, formação singela, carga de ruptura 1145 daN, peso próprio 0,172 kg/m;
- 2.3- Os cabos pára-raios devem ser 2 do tipo EAR diâmetro 3/8", seção 51,14 mm<sup>2</sup>, formação 7 fios, carga de ruptura 6920 daN, peso próprio 0,406 kg/m.
- 2.4- Para o cabo condutor Partridge é condição máxima de carga 33% da ruptura do cabo a 20°C, com pressão de vento de 60 kgf/m<sup>2</sup> equivalente a 105 km/h; sendo a condição normal de carga 20% da ruptura do cabo a 25°C sem pressão do vento. Para os cabos pára-raios EAR é a condição máxima de carga 25% da ruptura do cabo a 20°C, com pressão de vento de 62 kgf/m<sup>2</sup> equivalente a 110 km/h, sendo a condição normal de carga de 15% da ruptura do cabo a 25°C, sem pressão de vento.
- 2.5- A condição de flecha máxima do condutor é a 60°C sem vento; e o vento máximo admitido é de 105 km/h, pressão equivalente a 60 kgf/m<sup>2</sup>.

## APÊNDICE 3

### 3. CARACTERÍSTICAS DAS ESTRUTURAS

A linha terá 252 estruturas metálicas e serão de tipos e respectivas quantidades:

3.1- <u>Em Suspensão</u>	TIPO	QUANT.
	V21s	102
	S21s	97
	S22s	30
3.2- <u>Em Ancoragem</u>		
	A21s	13
	AF2s	10

# ENGENCORPS – HARZA

---

## APÊNDICE 4

### TERMO DE RESPONSABILIDADE DE TRAVESSIA

<b>MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL – FUNCATE</b>	Data de início da Obra
<b>PTSF – PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO - EIXO NORTE/ TRECHO I</b>	
<b>LT 230 kV BOM NOME / SE-N3 / SE-N2 / SE-N 1</b>	Data da Conclusão

**TRSF - TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO/ TRECHO I**, com sede em \_\_\_\_\_, através de seu engenheiro abaixo-assinado e caracterizado, responsável pelo projeto da **LT 230kV BOM NOME / SE-N3 / SE-N2 / SE N 1** declara, em cumprimento às normas vigentes da Agência Nacional de Energia Elétrica– ANEEL, que os projetos detalhados em planta e perfil das travessias indicadas na planta do traçado Nº ..... e relacionadas abaixo:

<b>OBSTÁCULO</b>	<b>KM DA LT</b>
------------------	-----------------

**ELO BOM NOME / SE-N3:**

BR 232	6,5
BR 232	16,7
LINHA FÉRREA	56,3
BR 116	56,5

**ELO SE-N2 / SE-N1:**

BR 316	15,8
BR 482	33,1

Serão apresentados, de acordo com as normas e padrões exigidos pela ANEEL, junto com a comunicação de conclusão da obra.

Outrossim, a declarante deixa bem claro que a construção física das travessias descritas acima serão de sua única responsabilidade, assim como se compromete a obter as autorizações dos órgãos públicos sob cuja jurisdição está cada travessia, devendo ficar tais autorizações à disposição do ANEEL para futuras e eventuais solicitações

# ENGECORPS – HARZA

---

## APÊNDICE ANEXO 5

### CÁLCULO DA FAIXA DE SERVIDÃO

<b>MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL – FUNCATE</b>	Data de início da Obra
<b>PTSF – PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO - EIXO NORTE/ TRECHO I</b>	
<b>LT 230 kV BOM NOME / SE-N3 / SE-N2 / SE-N 1</b>	Data da Conclusão

#### 1. CÁLCULO

Conforme o item 12 da NBR-5422, que se refere à faixa de segurança, teremos os seguintes valores para largura mínima da mesma:

$$L = 2.(b + d + D) \text{ - para uma única LT}$$

Onde:

b - distância horizontal do eixo do suporte ao ponto de fixação do condutor mais afastado deste eixo, em metros;

d - soma da projeção horizontal da flecha do condutor com a da altura do feixe e da cadeia verticais, após deslocamento angular, devido à ação do vento, em metros;

D - Distância de segurança, em metros, igual a  $DU/150$ , no mínimo 0,5m, sendo DU numericamente igual a tensão nominal da LT, em quilovolts;

Substituindo-se os valores típicos dessa LT temos:

$$L = 2.(7,7 + 15,67 + 1,61) = 49,98$$

#### 2. VALOR ADOTADO

- 50,00 m

# ENGENCORPS – HARZA

## APÊNDICE 6

### QUANTITATIVO DE OBRAS DE TRANSMISSÃO

<b>MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL – FUNCCATE</b>
<b>PTSF – PROJETO DE TRANSMISSÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO - EIXO NORTE/ TRECHO I</b>
<b>LT 230 kV BOM NOME / SE-N3 / SE-N2 / SE-N 1</b>

Data de início da Obra
------------------------

Data da Conclusão
-------------------

DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE
<b>SERVIÇOS DE ENGENHARIA</b>		
Projeto Executivo	km	125
Levantamento Topográfico	km	125
Locação de Estruturas	km	125
Sondagem e Resistividade	km	125
Estudos Ambientais	km	125
Aprovação de Materiais, Qualidade e Inspeção	km	125
Fiscalização e Acessoria Técnica da Obra	km	125
<b>MATERIAIS</b>		
Estruturas Metálicas	t	1148,77
Cabo Condutor Partridge	t	430
Cabo Pára-Raios 3/8" EAR	t	81
Fio Contra Peso	t	6,5
Ferragens em Geral	km	125
Conjunto de Fixação de Estais	cj	420
Cabo Estai 1/2" EAR	t	12
Isolador do Condutor	ud	1009
Amortecedores dos Condutores	ud	9000
Amortecedores dos Pára-raios	ud	3000
<b>CONSTRUÇÃO</b>		
	km	125
<b>DESAPROPRIAÇÕES</b>		
Servidão	hectare	600
Benfeitorias	ud	25
<b>TOTAL</b>		
<b>EVENTUAIS</b>		
	%	5



# ENGENHARIA – HARZA

---

## APÊNDICE 7

### CRONOGRAMA

<b>MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL – FUNDATE</b>	Data de início da Obra
<b>PTSF – PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO - EIXO NORTE/ TRECHO I</b>	
<b>LT 230 kV BOM NOME / SE-N3 / SE-N2 / SE-N 1</b>	Data da Conclusão

O Cronograma Básico do Empreendimento encontra-se em ANEXO.

## ANEXO 7

### CRONOGRAMA DE OBRA

#### PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O NORDESTE SETENTRIONAL OBRA: LT 230KV BOM NOME / SE-N3 / SE-N2 / SE-N1

No.	DESCRIÇÃO	ANO 2000												ANO 2001												ANO 2002												OBS
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1	ENGENHARIA																																					
1.1	Projeto Básico																																					
1.2	Projeto Executivo																																					
1.3	Levantamentos de Campo																																				Vinculado a 1.2	
1.4	Aprovação/ Inspeção Materiais																																				Vinculado a 2	
1.5	Assessoria/ Fiscalização Obra																																				Vinculado a 3	
2	SUPRIMENTO																																					
3	CONSTRUÇÃO																																				Vinculado a 2	
OBSERVAÇÕES:		<p>a ) As Datas correspondem ao Prazo Mínimo normal e podem ser prorrogadas <b>sem</b> dilação dos prazos, desde que respeitada a vinculação das atividades.</p> <p>b) As atividades 1.4, 1.5, 2 e 3 só devem iniciar após o licenciamento da obra.</p> <p>c) A atividade 1.3 deve ser avaliada pelo projeto e pode ter complementações.</p> <p>d) O Suprimento só deve ser iniciado após aprovação de protótipo e processo.</p> <p>e) A construção só deve ser iniciada após o suprimento mínimo de estruturas.</p>																																				
		<p>DATA DE INÍCIO: 02/01/2002</p> <p>DATA DE CONCLUSÃO: 30/12/2002</p> <p>ASSINATURA: _____</p> <p>ENGENHEIRO: _____</p> <p>DURAÇÃO DA OBRA: 12 meses</p> <p>CREA No. _____</p> <p>REGIÃO : _____</p>																																				

**APÊNDICE 8****PLANTA DO TRAÇADO**

<b>MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL – FUNCATE</b>	Data de início da Obra
<b>PTSF – PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO - EIXO NORTE/ TRECHO I</b>	
<b>LT 230 kV BOM NOME / SE-N3 / SE-N2 / SE-N 1</b>	Data da Conclusão

O desenho Básico da Diretriz da LT encontra-se nos Desenhos 261-FUN-TSF-A1-B0439 e B0440.

- 261-FUN-TSF-A1-B0439 – Eixo Norte – trecho I – Linha de Transmissão – Traçado – Esc. 1:50000 – Fl. 1/2.
- 261-FUN-TSF-A1-B0440 – Eixo Norte – trecho I – Linha de Transmissão – Traçado – Esc. 1:50000 – Fl. 2/2.

**APÊNDICE 9****ESQUEMA DAS ESTRUTURAS**

<b>MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL – FUNCATE</b>	<b>Data de início da Obra</b>
<b>PTSF – PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO - EIXO NORTE/ TRECHO I</b>	
<b>LT 230 kV BOM NOME / SE-N3 / SE-N2 / SE-N 1</b>	<b>Data da Conclusão</b>

Em anexo, encontram-se os desenhos PTSF-PBLT-2C9A, 2C9B, 2C9C, 2C9D e 2C9E, respectivamente das torres estaiadas, e autoportantes de suspensão leve e média, de ancoragem média e pesada. (apresentados no item 14 do Bloco 3).

**APÊNDICE 10****PLANTA DE LOCALIZAÇÃO E INTERLIGAÇÃO**

<b>MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL – FUNCATE</b>	<b>02/01/2002</b> Data de início da Obra
<b>PTSF – PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO - EIXO NORTE/ TRECHO I</b>	
<b>LT 230 kV BOM NOME / SE-N3 / SE-N2 / SE-N 1</b>	<b>30/12/2002</b> Data da Conclusão

Em ANEXO, encontra-se o desenho esquemático de Planta de Localização e Interligação da LT no Sistema Regional, PTSF-PBLT-2C=A10.dwg.

