

---

**LT 500 kV ESTREITO – FERNÃO DIAS CD**

**PROJETO BÁSICO**

CAPÍTULO 7

CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS BÁSICAS

---

## **CONTEÚDO**

1. DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO CABO CONDUTOR
    - 1.1 Critérios básicos
  2. LIMITE TÉRMICO, CAPACIDADE DE CORRENTE E FLECHA MÁXIMA
  3. POTÊNCIA NATURAL (SIL)
  4. PARÂMETROS PRINCIPAIS DE DESEMPENHO ELÉTRICO
    - 4.1 Cálculo do Gradiente de Potencial
    - 4.2 Cálculo do Gradiente de Corona Crítico
  5. CÁLCULO DAS IMPEDÂNCIAS DA LT
    - 5.1 Dados da LT
    - 5.2 Parâmetros Elétricos da LT
  6. PERDAS JOULE MÁXIMAS
    - 6.1 Perdas nos Cabos Condutores
    - 6.2 Perdas no Cabo Pára-raios
  7. NECESSIDADE DE TRANSPOSIÇÃO
  8. DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS CABOS CONDUTORES E PÁRA-RAIOS
    - 8.1 Dimensionamento do Cabo Condutor
    - 8.2 Dimensionamento dos Cabos Pára-raios
  9. GEOMETRIA DA LT E CARACTERÍSTICAS DOS CABOS
    - 9.1 Características do Cabo Condutor
    - 9.2 Características dos Cabos Pára-raios
    - 9.3 Número de Condutores e Arranjo Geométrico dos Condutores
    - 9.4 Desenho da Cabeça de Torre com Indicação das Distâncias
  10. COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO
    - 10.1 Relatório dos Estudos de Coordenação de Isolamento à Tensão Operativa, Sobretensões de Manobra e Sobretensões de Origem Atmosférica
    - 10.2 Desempenho à tensão máxima operativa
    - 10.3 Desempenho a sobretensões de manobra
- ANEXO 1: CÁLCULO DAS PERDAS NOS CABOS PÁRA-RAIOS
- ANEXO 2: DIMENSIONAMENTO DOS CABOS PÁRA-RAIOS
- ANEXO 3: CÁLCULO DOS PARÂMETROS PRINCIPAIS DE DESEMPENHO ELÉTRICO
- ANEXO 4: CÁLCULO DOS GRADIENTES DE POTENCIAL AO LONGO DA SUPERFÍCIE DOS CONDUTORES
- ANEXO 5: CÁLCULO DE IMPEDÂNCIAS - SAÍDAS DO ATP

## CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS BÁSICAS

### 1 DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO CABO CONDUTOR

#### 1.1 Critérios básicos

A seleção dos condutores para uma linha de transmissão, em particular para a LT 500kV Estreito – Fernão Dias CD, se baseia, de forma geral, nos seguintes critérios:

- Capacidade de corrente exigida para condições permanentes e de curta duração;
- Máxima resistência ôhmica admissível a certa temperatura, destinada a limitar as perdas de potência e energia a um valor máximo aceitável;
- Potência natural (Surge Impedance Loading ou abreviadamente, SIL) mínima, necessária em alguns casos por questões do sistema elétrico;
- Otimização da alternativa de condutores de forma a contemplar a solução com menor custo atual (Valor presente mínimo), abrangendo investimentos iniciais, perdas e custos de manutenção ao longo de certo período ou número de anos de análise.

Estudos e considerações preliminares de otimização, aplicáveis ao caso presente, mostram que, para a gama de potências prováveis estimadas para a LT 500 kV em pauta, durante a sua vida e para os custos usuais de perdas, a solução mais econômica recomendada é o feixe 4 x ACAR 1000 MCM (30/7), com distâncias entre subcondutores de 600 mm. Foi determinada a alternativa de solução estrutural mais adequada, sendo a torre estaiada de suspensão CEL, a mais freqüente na LT. Também serão utilizadas outras torres da série, conforme pode ser visto no capítulo 10.

Assim sendo, acrescido da realização de uma análise de sensibilidade, concluiu-se que o feixe quádruplo de condutores acima se mostra especialmente vantajoso, por ser suficiente para transmitir, tanto em condições permanentes quanto em emergência, os valores de corrente estabelecidos no Edital 001/2014 da ANEEL.

A seguir se mostrará que o feixe de condutores selecionado atende os outros critérios necessários para a LT em pauta.

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

O limite térmico é um importante parâmetro a ser determinado para a LT 500 kV, pois permitirá a seleção de sua temperatura de locação, já que representa o limite ou teto superior que a linha poderá transmitir, inclusive para atendimento emergencial da transmissão.

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

- 3400 A, correspondentes à potência normal de aproximadamente 2944 MVA;
- 4285 A, correspondentes a uma potência de emergência, no valor aproximado de 3711 MVA.

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

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

No caso presente, o limite térmico será superior à potência natural da linha, pois, conforme mostra a Tabela 1, utilizar-se-ão as correntes mencionadas e, a partir delas, se determinarão as temperaturas de locação correspondente, para a condição normal e de emergência, a fim de atender os valores estabelecidos no Edital da ANEEL.

Considera-se, para a determinação das temperaturas do condutor, uma combinação de parâmetros meteorológicos, que são para o caso:

- Temperatura ambiente: Adotou-se, conservativamente o valor de 30° C;
- Velocidade de vento: tomada no caso igual a 1,0 m/s;
- Coeficiente de emissividade do condutor, tomado como sendo igual a 0,6;
- Coeficiente de absorção do condutor, tomado neste caso como igual a 0,7;
- Radiação solar: considerado tempo limpo, com sol máximo e radiação solar muito elevada, no valor de 1000 W/m<sup>2</sup>;
- Correntes em regime de longa e de curta duração;
- Altitude média: Considerado o valor de 900 m;
- Latitude média: ≈ 21,5°(S);

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

**Tabela 1: Cálculo das temperaturas em função das correntes  
Condutor 4 x ACAR 1000 MCM – 30/7**

Condição	Corrente (A)	$\theta_c$ (°C)	$\theta_a$ (°C)
Normal	<b>3400 (4x850)</b>	<b>69,3</b>	<b>70</b>
Emergência	<b>4285 (4x1071,25)</b>	<b>87,4</b>	<b>88</b>

$\theta_c$  → temperatura calculada em (°C)

$\theta_a$  → temperatura adotada em (°C)

Diante dos valores de corrente constantes da Tabela 1, podem os condutores ser locados com a temperatura de 70°C, pois nesta condição poderá ser transmitida, em condições permanentes, corrente total de 3400 A, e em emergência, à temperatura de 88°C, poderá ser transmitida a corrente de 4285 A, pelo feixe de condutores.

Os acessórios, conexões e demais componentes que conduzem corrente deverão ser capazes de conduzir uma corrente de 4285 A totais por fase e de operar a uma temperatura constante de 90°C.

Tem-se o seguinte sumário representativo:

- Conductor 4 x ACAR 1000 MCM (30/7)
- Tração de ruptura: 9254 kgf
- Peso: 1,397 kgf/m
- Temperatura da condição EDS: 19 °C
- Valor da tensão de maior duração (EDS): 2128,42 kgf
- Vão de 550 m
- Flecha na condição EDS a 20°C: 24,9 m
- Flecha a 50°C: 26,4 m

### **3. POTÊNCIA NATURAL (SIL)**

Para a LT 500 kV Estreito – Fernão Dias CD foi determinada uma potência natural (SIL) de 1151 MW.

### **4. PARÂMETROS PRINCIPAIS DE DESEMPENHO ELÉTRICO**

Para uma potência transmitida de 1200 MW, valor ligeiramente superior ao SIL, os principais parâmetros de desempenho referidos à tensão nominal de 500 kV, acham-se indicados na Tabela 2 a seguir.

Os valores constantes dessa Tabela foram calculados e obtidos diretamente de programas específicos, elaborado em ambiente EXCEL/Visual Basic. Estes programas se baseiam, para cálculo dos parâmetros elétricos, principalmente nas equações hiperbólicas precisas das linhas de transmissão [2].

Para determinação da intensidade dos efeitos elétricos de Rádio-Interferência (RI), Ruído Audível (RA), gradiente crítico e dos gradientes de potencial de superfície dos condutores, a base de cálculo são as referências [1], [3] e [4]. Os parâmetros calculados e indicados na Tabela 2 se referem à tensão nominal de 500 kV, à exceção do gradiente máximo, da Rádio-Interferência (RI) e do Ruído-Audível (RA), que estão referidos à tensão máxima operativa de 550 kV.

No Anexo 3 constam os dados principais de entrada e saída, considerando as respectivas rotinas de cálculos.

**Tabela 2: Parâmetros de desempenho elétrico da  
LT 500 kV Estreito – Fernão Dias CD  
Extensão aproximada - 327 km**

<b>Faixa(m)</b>	<b>Pr(MW)</b>	<b>Cos<math>\phi</math></b>	<b>Ig(A)</b>	<b>Ir(A)</b>
65	1200,00	1	1378,57	1385,64
<b>Dsubc</b>	<b>Vr(kV)</b>	<b>MVAR</b>	<b>Vg(kV)</b>	<b>Pg(MW)</b>
600	500,00	24,19	515,84	1231,45
<b>Altitude</b>	<b>Reg(%)</b>	<b>Ecrit(kVef/cm)</b>	<b>Perd(%)</b>	<b>Perd(MW)</b>
900	3,17	19,33	2,55	31,45
<b>L(km)</b>	<b>RA(db)</b>	<b>RI(dB)</b>	<b>E(kV/cm)</b>	<b>SIL(MW)</b>
327	51,9	27,46	17,33	1151,18

Simbologia dos parâmetros da Tabela 2:

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

#### 4.1 Cálculo do Gradiente de Potencial

No cálculo do gradiente de potencial na superfície dos condutores utilizou-se a rotina de cálculo (*Conductor Surface Gradient 2D*) referência [1]. Os resultados dos cálculos são apresentados na Tabela 3, sendo os valores calculados para a tensão máxima de 550 kV. A Tabela 3 mostra os valores do gradiente ao longo da periferia dos condutores do feixe, sendo indicados também os máximos absolutos.

Os dados de entrada do programa utilizado nos cálculos são listados a seguir:

- Tensão de Operação (kV): 550,0;
- Numero de Circuitos: 2;
- Numero de Condutores Por Fase: 4;
- Diâmetro dos Condutores Fase (m): 0,02924;

- Espaçamento do Bundle (m): 0,600m;
- Posição (X,Y) em metros de cada fase do circuito (Sequencia A1,B1 e C1 ):
 

-13,7	29,0
-6,7	39,9
-6,7	29,0
- Posição (X,Y) em metros de cada fase do circuito (Sequencia A2,B2 e C2 ):
 

13,7	29,0
6,7	39,9
6,7	29,0
- Numero de Cabos Pára-Raios: 2;
- Diâmetro dos Cabos Pára-raios (m): 0,009254 (Aço 3/8" EHS) e 0,0134 (OPGW 13,4 mm)
- Posicao (X,Y) em metros dos cabos pára-raios:
 

-10,4	49,0
10,4	49,0

**Tabela 3: Valores do Gradiente de Potencial (kV/cm)**

Emed	Emed dos máx	Fases
15,67	<b>17,33</b>	Fase A1
13,25	<b>14,65</b>	Fase B1
15,32	<b>16,94</b>	Fase C1
15,67	<b>17,33</b>	Fase A2
13,26	<b>14,67</b>	Fase B2
15,32	<b>16,94</b>	Fase C2

#### 4.2 Cálculo do Gradiente de Corona Crítico

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

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

Onde  $\delta$  representa a densidade relativa do ar:

$$\delta = \frac{0,386.(760 - 0,086.h)}{273 + t}$$

Sendo:

$h$  → altura em relação ao nível do mar

$t$  → temperatura ambiente em °C

$E_{op}$  → kVpico/cm e  $E_{crit} = E_{op} / \sqrt{2}$  em KVef/cm.

$m$  → o fator de rugosidade

$d$  → diâmetro do condutor em cm

A Tabela 4 apresenta os valores de alguns parâmetros adotados no cálculo do gradiente de corona crítico bem como o próprio gradiente.

**Tabela 4: Gradiente de Corona Crítico**

Fator m (m)	t (°C)	h (m)	$\delta$	d (cm)	$E_{crit}$ (kV/cm)
0,8	19	900	0,90	2,924	<b>19,33</b>

Observa-se a partir da Tabela 3 que os valores de gradiente indicados estão abaixo do valor crítico que poderia ocasionar o aparecimento de corona visível, que corresponde a um gradiente crítico de aproximadamente 19,33 kV/cm, conforme indicado na Tabela 4. Deve-se observar que todas as ferragens da cadeia e acessórios, sujeitos aos potenciais de fase, deverão ser igualmente projetados de forma a serem isentos de corona durante a operação das linhas.

## 5. CÁLCULO DAS IMPEDÂNCIAS DA LT

A seguir são apresentados os resultados dos cálculos de parâmetros elétricos da LT 500 kV em pauta. Os cálculos foram realizados por meio do software ATP, sendo os dados de entrada e saída para o cálculo dos parâmetros elétrico apresentados no Anexo 5.

### 5.1 Dados da LT

**Tabela 5**  
**LT 500 kV Estreito – Fernão Dias CD**

Nº	Dados	Valor
1	Torre típica	CEL
2	Número de cabos por fase	4
3	Condutor fase	ACAR 1000 MCM (30/7)
4	Distância entre os Cabos (feixe)	0,600 m
5	Cabos pára-raios	CAA Dotterel, Aço 3/8" EHS e OPGW 17,9mm, OPGW 13,4mm
6	Comprimento da LT	327 km

## 5.2 Parâmetros Elétricos da LT

O circuito “ $\Pi$ ” nominal se obtém pelo simples produto das impedâncias unitárias pelo comprimento da LT, sendo a susceptância dividida em duas partes iguais. Já o circuito “ $\Pi$ ” equivalente de seqüência positiva foi determinado por um programa simples baseado nas equações hiperbólicas de linhas de transmissão.

A Tabelas 6 indica os parâmetros unitários obtidos a partir da execução do ATP considerando as torres mais frequentes, bem como os parâmetros nominais e equivalentes da LT 500 kV em pauta.

**Tabela 6**  
**Sumário dos Parâmetros Elétricos ( $\theta = 50^{\circ}\text{C}$ )**  
**LT 500 kV Estreito – Fernão Dias CD - 327 km**

Impedância	Tipo de Parâmetros		
	R( $\Omega/\text{km}$ )	X <sub>L</sub> ( $\Omega/\text{km}$ )	B( $\mu\text{S}/\text{km}$ )
Z <sub>1unit</sub>	0,01676	0,27832	5,912
Z <sub>0unit</sub>	0,34833	1,22849	3,028
Equiv. LT	R( $\Omega$ )	X <sub>L</sub> ( $\Omega$ )	B/2( $\mu\text{S}$ )
" $\Pi$ "nomZ <sub>1</sub>	5,48078	91,01031	966,614
" $\Pi$ "nomZ <sub>0</sub>	113,90358	401,71623	495,091
" $\Pi$ "eqZ <sub>1</sub>	5,16355	88,37433	981,039

## 6. PERDAS JOULE MÁXIMAS

### 6.1 Perdas nos Cabos Condutores

A locação da linha será feita para a temperatura de 70°C do condutor, mas normalmente a LT operará com temperatura da ordem de 50°C, temperatura para a qual o Edital estabeleceu um limite de resistência.

Conforme Edital da ANEEL, se deve ter:

$$R_{1ca}/\text{fase} \leq 0,0174 \Omega/\text{km}$$

Fazendo-se a conferência da resistência elétrica a 50°C diretamente de catálogos ou manuais modernos, que já a fornecem, foram utilizadas duas fontes distintas, que fornecem valores iguais, ou seja:

- Diretamente do catálogo da Aluminum Association ou através do livro do EPRI “Transmission Line Reference Book 345 kV and Above” /Second Edition – 1982. Para o condutor ACAR 1000 MCM 30/7, a resistência unitária tem o seguinte valor:

$$R_{ca} \text{ a } 50^{\circ}\text{C} = 0,108 \Omega/\text{Milha} = \mathbf{0,067108 \Omega/\text{km}}.$$

Para o feixe 4 x ACAR 1000 MCM 30/7, se terá portanto:

$$R_{ca}/4 \text{ a } 50^{\circ}\text{C} = 0,067108 / 4 = \mathbf{0,01678 \Omega/km},$$

Igualmente a reatância indutiva de sequência positiva por fase é estabelecida no Relatório R2 como devendo ser:  $\mathbf{X1 \leq 0,281 \Omega/km}$

A saída do ATP para a impedância de sequência positiva mostra:

$$\mathbf{Z_1 = 0,01676 + j 0,27832 \Omega/km}$$

Tanto o valor da resistência ôhmica a 50°C quanto o da reatância indutiva mostrados acima atendem requisitos previstos no Edital e Relatório R2.

Para a temperatura de 50°C, a corrente por fase na linha atinge o valor da ordem de 1800 A (ou a potência de 1559 MVA), a um fator de potência de 1,0. As perdas de potência ativa serão da ordem de 53,4 MW (3,42%) por circuito, para a LT em pautas.

## 6.2 Perdas nos Cabos Pára-raios

Conforme tabela a seguir, verifica-se que para a LT 500 kV em pautas as perdas nos cabos para-raios são inferiores a 5% das perdas totais nos cabos condutores.

**Tabela 7 – Relação de Perdas nos Cabos Condutores e Para-Raios**

OPERAÇÃO A 50°C (I = 1800 A)	Perdas nos Condutores Por Circuito (MW)	Perdas nos Para-raios (MW)	% Perdas Totais P.Raios/Cond.
LT 500 kV Estreito – Fernão Dias CD	53,325	3,570	<b>3,35</b>
OPERAÇÃO NORMAL 70°C (I = 3400 A)	Perdas nos Condutores Por Circuito (MW)	Perdas nos Para-raios (MW)	% Perdas Totais P.Raios/Cond.
LT 500 kV Estreito – Fernão Dias CD	202,939	12,830	<b>3,16</b>
OPERAÇÃO EM EMERGÊNCIA 88°C (I = 4285 A)	Perdas nos Condutores Por Circuito (MW)	Perdas nos Para-raios (MW)	% Perdas Totais P.Raios/Cond.
LT 500 kV Estreito – Fernão Dias CD	340,465	20,432	<b>3,00</b>

## 7. NECESSIDADE DE TRANSPOSIÇÃO

Devido à extensão da LT 500 kV em foco e tendo em vista a prática usual, será necessária a execução de um ciclo completo de transposições no segmento da LT 500 kV Estreito – Fernão Dias CD, pois as assimetrias nas impedâncias de seqüências da linha e os conseqüentes desbalanços resultantes nas tensões de seqüências negativa e zero seriam superiores aos valores máximos aceitáveis.

A Figura 1 ilustra o esquema de transposição a ser empregado em cada um dos segmentos da LT 500 kV em pauta, sendo **L** o comprimento da linha.

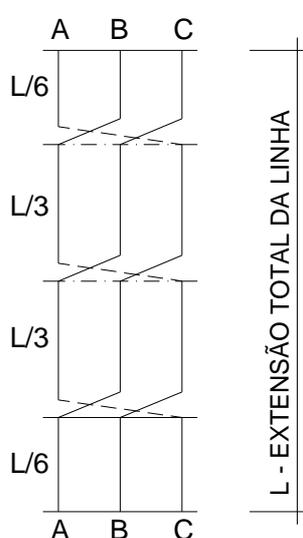


Figura 1: Esquema típico de transposição

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

### 8.1 Dimensionamento dos Cabos Condutores

Os condutores foram definidos através de estudo de otimização e dos valores estabelecidos para a corrente máxima, tendo sido conferidas também as correntes para a operação a 88°C, que são aceitáveis para curta duração. O cabo condutor selecionado é 4 x ACAR 1000 MCM (30/7) / fase. A potência natural foi determinada como sendo 1151 MW.

### 8.2 Dimensionamento dos Cabos Pára-raios

Na determinação do comportamento térmico dos cabos para-raios para a LT 500 kV Estreito - Fernão Dias CD foram utilizados os seguintes dados básicos:

Número de circuitos na LT: 2

Número de cabos para-raios por estrutura: 2

Torre típica da LT: CEL

Separação vertical entre condutor superior e para-raios na estrutura: 6,1m

Temperatura ambiente: 30°C  
 Temperatura limite do cabo de aço 3/8" EHS: 400°C  
 Temperatura limite do cabo CAA-EF 176,9 MCM Dotterel: 200°C  
 Temperatura limite dos cabos OPGW: 180°C  
 Resistividade do solo: 1000 Ω.m  
 Resistência das malhas de terra das SEs terminais: 1 Ω para efeito do dimensionamento dos cabos para-raios  
 Resistência de aterramento das estruturas: 20 Ω  
 Comprimento do primeiro vão: 100 m  
 Comprimento do vão típico: 500 m

Conforme o Anexo 6F do Edital 01/2014 da ANEEL (LOTE F) adotaram-se intensidades de correntes de curto-circuito fase-terra no dimensionamento dos cabos para-raios e/ou OPGW, no valor de 50 kA nos barramentos de 500 kV das SEs.

Considerando-se uma temperatura máxima admissível de 400°C para o cabo de aço 3/8" EHS, de 200°C para cabo CAA-EF 176,9 MCM Dotterel e de 180°C para os cabos OPGW, os mesmos são dimensionados para as correntes máximas durante o tempo de operação da proteção de retaguarda local de 0,25 segundos.

É utilizada a norma NBR 8449: "*Dimensionamento de Cabos Para-Raios para Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica*", cujo modelo de dimensionamento se baseia na equação de aquecimento dos cabos, em uma transformação considerada adiabática. Daí se obtém os seguintes valores máximos admissíveis:

- Cabo de Aço 3/8" EHS: 7,7 kA
- Cabo CAA-EF 176,9 MCM Dotterel: 24,7 kA
- Cabo OPGW 13,4 mm: 10,9 kA
- Cabo OPGW 17,9 mm: 27,4 kA

Efetuada-se o estudo da distribuição da corrente de curto-circuito ao longo das linhas e procurando-se estabelecer configurações de cabos de forma aos mesmos não circularem correntes superiores às que suportam, obtém-se as configurações de cabos indicadas nas figuras a seguir (para detalhes ver Anexo 2).

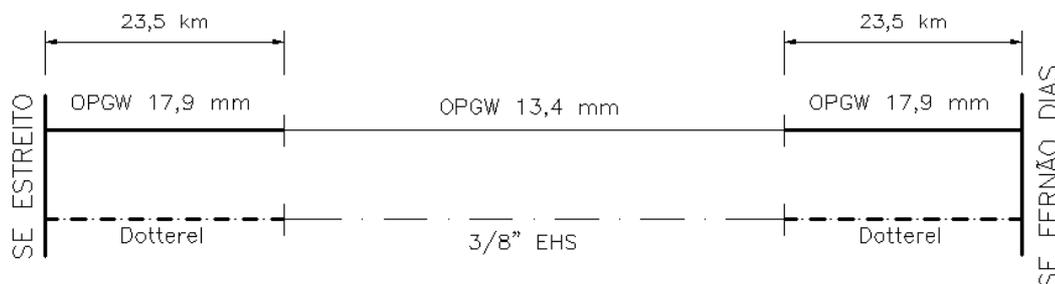


Figura 2: Esquema dos Cabos Para-Raios da LT 500 kV Estreito - Fernão Dias CD.

## 9. GEOMETRIA DA LT E CARACTERÍSTICAS DOS CABOS

As características dos cabos condutores e pára-raios definidos acima, encontram-se nas Tabelas 8, 9, 10, 11 e 12, a seguir:

### 9.1 Características do Cabo Conductor ACAR 1000 MCM - 30/7

**Tabela 8: Conductor ACAR 1000 MCM - 30/7 - Dados Técnicos**

Descrição	Unidade	Dados
FORMAÇÃO	-	30/7
DIÂMETRO TOTAL	cm	2,924
SEÇÃO TRANSVERSAL	(cm <sup>2</sup> )	5,0664
PESO PRÓPRIO	Kgf/m	1,397
CARGA DE RUPTURA	kgf	9254
MOD. ELASTICIDADE INICIAL	(kgf/cm <sup>2</sup> )	5,342x10 <sup>5</sup>
MOD. ELASTICIDADE FINAL	(kgf/cm <sup>2</sup> )	6,536x10 <sup>5</sup>
COEF. DE DILATAÇÃO TÉRMICA INICIAL	(°C <sup>-1</sup> )	2,3x10 <sup>-5</sup>
COEF. DE DILATAÇÃO TÉRMICA FINAL	(°C <sup>-1</sup> )	2,3x10 <sup>-5</sup>
RESISTÊNCIA A 50° CA 60 Hz	(Ohms/km)	0,067108
RESISTÊNCIA A 20° CC	(Ohms/km)	0,058278

### 9.2 Características dos Cabos Pára-raios e OPGW

**Tabela 9: Cabo Pára-Raios Ø 3/8" EHS - Dados Técnicos**

Descrição	Unidade	Dados
FORMAÇÃO	-	7 FIOS
DIÂMETRO TOTAL	cm	0,952
SEÇÃO TRANSVERSAL	(cm <sup>2</sup> )	0,5114
PESO PRÓPRIO	Kgf/m	0,406
CARGA DE RUPTURA	kgf	6990
MOD. ELASTICIDADE	(kgf/cm <sup>2</sup> )	18,5x10 <sup>5</sup>
COEF. DE DILATAÇÃO TÉRMICA FINAL	(°C <sup>-1</sup> )	1,15x10 <sup>-5</sup>

**Tabela 10: Cabo Pára-raios CAA Dotterel – Dados Técnicos**

Descrição	Unidade	Dados
FORMAÇÃO	-	12/7
DIÂMETRO TOTAL	cm	1,542
SEÇÃO TRANSVERSAL	(cm <sup>2</sup> )	1,4193
PESO PRÓPRIO	Kgf/m	0,657
CARGA DE RUPTURA	kgf	7865
MOD. ELASTICIDADE INICIAL	(kgf/cm <sup>2</sup> )	9,72x10 <sup>5</sup>
MOD. ELASTICIDADE FINAL	(kgf/cm <sup>2</sup> )	10,60x10 <sup>5</sup>
COEF. DE DILATAÇÃO TÉRMICA INICIAL	(°C <sup>-1</sup> )	1,47x10 <sup>-5</sup>
COEF. DE DILATAÇÃO TÉRMICA FINAL	(°C <sup>-1</sup> )	1,54x10 <sup>-5</sup>

**Tabela 11: Cabo Pára-Raios OPGW-17,9 mm 24 FO - Dados Técnicos**

Descrição	Unidade	Dados
FORMAÇÃO	-	12/12
DIÂMETRO TOTAL	cm	1,79
SEÇÃO TRANSVERSAL	(cm <sup>2</sup> )	1,85
PESO PRÓPRIO	Kgf/m	1,002
CARGA DE RUPTURA	kgf	16083
MOD. ELASTICIDADE	(kgf/cm <sup>2</sup> )	12,31x10 <sup>5</sup>
COEF. DE DILATAÇÃO TÉRMICA FINAL	(°C <sup>-1</sup> )	1,47x10 <sup>-5</sup>

**Tabela 12: Cabo Pára-Raios OPGW-13,4 mm 24 FO - Dados Técnicos**

Descrição	Unidade	Dados
DIÂMETRO TOTAL	cm	1,34
SEÇÃO TRANSVERSAL	(cm <sup>2</sup> )	1,03
PESO PRÓPRIO	Kgf/m	0,6820
CARGA DE RUPTURA	kgf	9477
MOD. ELASTICIDADE	(kgf/cm <sup>2</sup> )	13,8x10 <sup>5</sup>
COEF. DE DILATAÇÃO TÉRMICA FINAL	(°C <sup>-1</sup> )	1,32x10 <sup>-5</sup>

### 9.3 Número de Condutores e Arranjo Geométrico dos Condutores

- Número de condutores por fase: 4
- Arranjo: Circuito Simples com disposição triangular dos condutores

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

- Torre Típica: Estaiada, tipo “Danúbio” denominada CEL.

## 10. COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO

### 10.1 Relatório dos Estudos de Coordenação de Isolamento à Tensão Operativa, Sobretensões de Manobra e Sobretensões de Origem Atmosférica

Ver Estudo de Coordenação de Isolamento, capítulo 6 que é também parte integrante do Projeto Básico da LT 500 kV em pauta.

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

- Tipo e número de isoladores nas cadeias:
  - a) Cadeias de suspensão simples tipo I, contendo 22 unidades de isoladores concha - bola 170 mm x 280 mm, 160 kN;
  - b) Cadeias de suspensão simples de Jumper, contendo 22 unidades de isoladores concha - bola 170 mm x 280 mm, 160 kN;
  - b) Cadeias de ancoragem dupla, contendo 23 unidades de isoladores (por penca) concha - bola 170 mm x 280 mm, 240 kN.
- Desempenho a descargas atmosféricas (Valor estatístico válido para um período mínimo de 10 anos).
- Para nível cerâmico de 91 dias de trovoada por ano e resistência de aterramento média na ordem de 20,0  $\Omega$  (impedância de surto de 14,0  $\Omega$ )
- Número de falhas por 100 km por ano para a linha com 22 isoladores:
  - Índice menor que **1 falha / 100km / ano**

### 10.2 Desempenho à tensão máxima operativa

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

### 10.3 Desempenho a sobretensões de manobra

Na Tabela 13 acham-se os índices de desempenho requeridos e os obtidos em simulações. Os surtos de manobra fase - terra poderiam ser parcialmente dimensionantes para esta LT de 500 kV, tendo em vista as sobretensões de valor médio que foram encontradas nas simulações; quanto aos surtos fase-fase, os mesmos são pouco significativos em linhas com espaçamentos convencionais como a atual.

Foram consideradas distribuições muito conservativas para surtos de manobra de energização e religamento, com base nos estudos existentes; calcularam-se para a série de torres ofertadas os Riscos de Falha (PFO) fase-terra e fase-fase abaixo indicados. Obtiveram-se índices baixos, quase tendentes a zero. Pode-se garantir um desempenho tal que praticamente não venham a ocorrer desligamentos da linha por surtos de manobra durante a sua vida útil.

**Tabela 13: Índices de desempenho sob surtos de manobra requeridos e ofertados**

Manobra	Risco de Falha			
	Fase – Terra		Fase-Fase	
	Requerido	Obtido	Requerido	Obtido
Energização	$10^{-3}$	$5,27 \times 10^{-4}$	$10^{-4}$	$7,37 \times 10^{-13}$
Religamento	$10^{-2}$	$2,75 \times 10^{-4}$	$10^{-3}$	$2,90 \times 10^{-13}$

---

## REFERÊNCIAS:

- [1] EPRI AC – Transmission Line Reference Book 200kV and Above - Third Edition.
- [2] William D. Stephenson, Jr: Elements of Power System Analysis – 2<sup>nd</sup> Edition 1962 .
- [3] H. Happoldt and D. Oeding: Elektrische Kraftwerke und Netze (Electrical Power Plants and Systems). Springer Verlag, 1978.
- [4] F. Kiessling et al: Overhead Power Lines – Springer – 2003.
- [5] Kuffel, E. & Zaengl, W. S. – “High-Voltage Engineering – Fundamentals” – Pergamon Press – 498 p. – 1984.
- [6] Singer, H.; Steinbigler, H.; Weiss, P. – “A Charge Simulation Method for the Calculation of High Voltage Fields” – IEEE Transation on PAS – Vol. 93 – pp.1660 – 1668 Ano:1974.
- [7] Standard Handbook for electrical engineers – D. G. Fink – 4<sup>th</sup> chapter – 12<sup>th</sup> edition

---

**LT 500 kV ESTREITO – FERNÃO DIAS CD**  
**PROJETO BÁSICO**

**ANEXO 1**

**CÁLCULO DE PERDAS JOULE NOS CABOS PÁRA-RAIOS**

---

## **CONTEÚDO**

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

## PERDAS NOS CABOS PARA-RAIOS

### 1. OBJETIVO

O presente relatório tem o objetivo de apresentar as perdas por efeito Joule nos cabos para-raios da LT 500 kV Estreito - Fernão Dias CD. Foram calculadas as perdas nos cabos para-raios para três correntes de operação diferentes na LT.

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

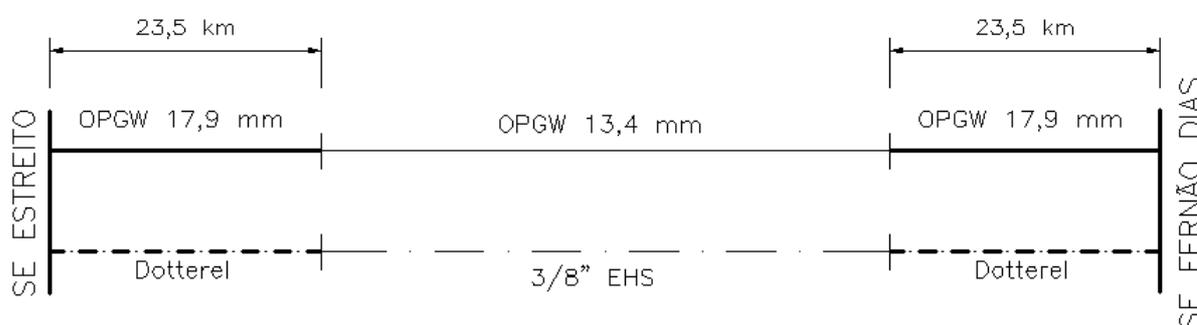


Figura 1 – Configuração dos cabos para-raios na LT 500 kV Estreito - Fernão Dias.

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

#### 2.1 Introdução

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

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

#### 2.2 Modelagem de Cálculo

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

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

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

- os comprimentos dos vãos podem ser considerados com seus valores reais, ou seja, eles podem variar vão a vão (podem ser simulados até 800 vãos);

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

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

## 2.3 Dados

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

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

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

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

Tabela 1  
Dados da LT 500 kV Estreito – Fernão Dias

Nº	Dado	Valor
	<b>SE Inicial</b>	<b>ESTREITO</b>
1	Resistência da malha de aterramento ( $\Omega$ )	1
	<b>SE Final</b>	<b>FERNÃO DIAS</b>
2	Resistência da malha de aterramento ( $\Omega$ )	1
	<b>LT</b>	
3	Torre típica	CEL
4	Número de torres / km	2,0
5	Comprimento da LT (km)	327
6	Resistência média dos pés-de-torre de projeto ( $\Omega$ )	20
7	Número de cabos por fase	4
8	Condutor fase	ACAR 1000 MCM (30/7)
9	Cabos para-raios convencionais	CAA Dotterel Aço 3/8" EHS
10	Cabos para-raios do tipo OPGW	OPGW 17,9 mm OPGW 13,4 mm

Tabela 2  
Parâmetros dos cabos para-raios considerados nos cálculos

Cabo	Ra ( $\Omega/\text{km}$ ) a 40°C <sup>(1)</sup>	RMG (mm)
CAA Dotterel	0,3801	2,7
Aço 3/8" EHS	4,2320	1,2E-5
OPGW 17,9 mm	0,3120	6,0
OPGW 13,4 mm	0,7834	4,0

(1) Os valores de resistência elétrica dos cabos foram ajustados considerando as temperaturas máximas dos mesmos em função das correntes induzidas para cada condição de operação.

Tabela 3  
Parâmetros do cabo fase considerado nos cálculos

Cabo	Ra ( $\Omega/\text{km}$ ) a 50°C	RMG (mm)
ACAR 1000 MCM 30/7	0,0670	11,22

## 2.4 Perdas Joule nos cabos para-raios da LT 500 kV Estreito - Fernão Dias

Neste item são apresentadas as perdas Joule nos cabos para-raios da LT 500 kV Estreito - Fernão Dias para a configuração de cabos para-raios indicada na Figura 1.

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

Estimou-se uma perda, nos cabos para-raios, por efeito Joule de 3570 kW na LT 500 kV Estreito - Fernão Dias para uma corrente de operação de 1800 A por fase.

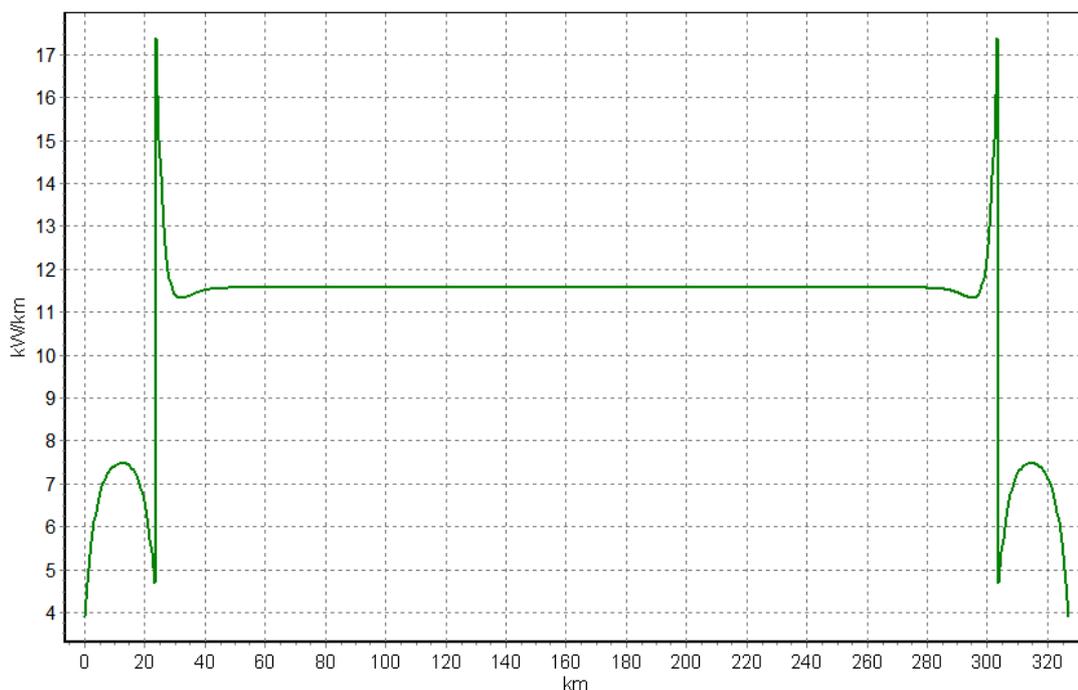


Figura 2 - Perdas Joule por km nos cabos para-raios da LT 500 kV Estreito - Fernão Dias para uma corrente na LT de 1800 A (Perdas = 3570 kW).

Estimou-se uma perda, nos cabos para-raios, por efeito Joule de 12830 kW na LT 500 kV Estreito - Fernão Dias para uma corrente de operação de 3400 A por fase (capacidade operativa de longa duração).

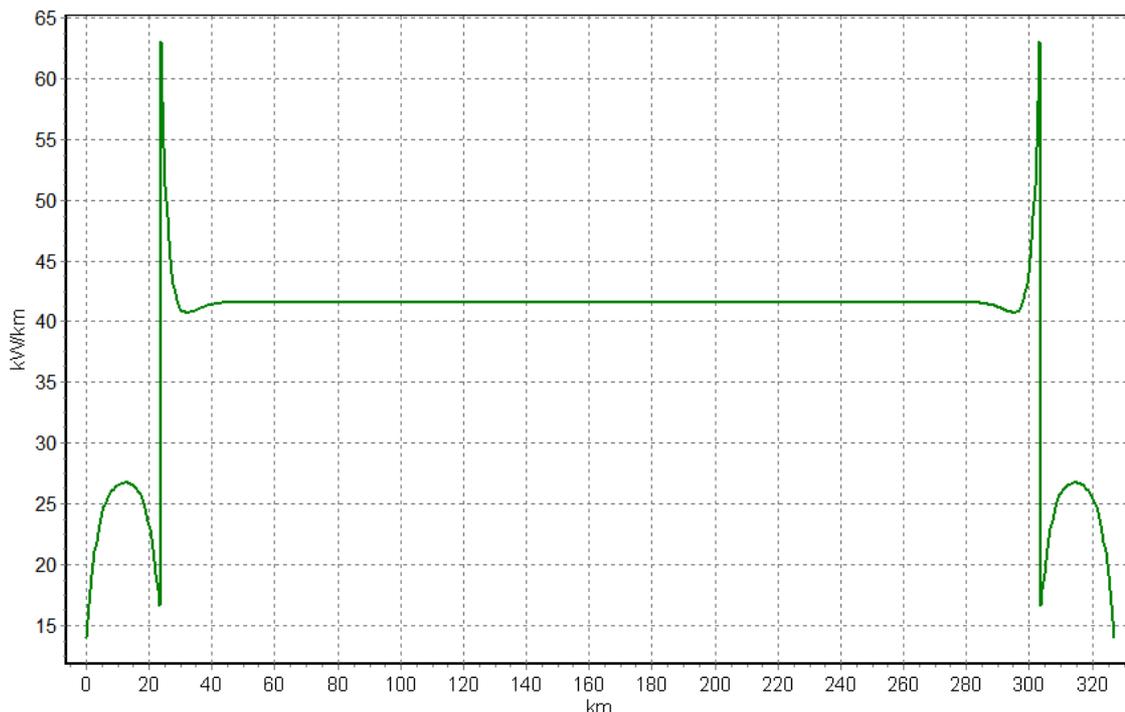


Figura 3 - Perdas Joule por km nos cabos para-raios da LT 500 kV Estreito - Fernão Dias para uma corrente na LT de 3400 A (Perdas = 12830 kW).

Estimou-se uma perda, nos cabos para-raios, por efeito Joule de 20432 kW na LT 500 kV Estreito - Fernão Dias para uma corrente de operação de 4285 A por fase (capacidade operativa de curta duração).

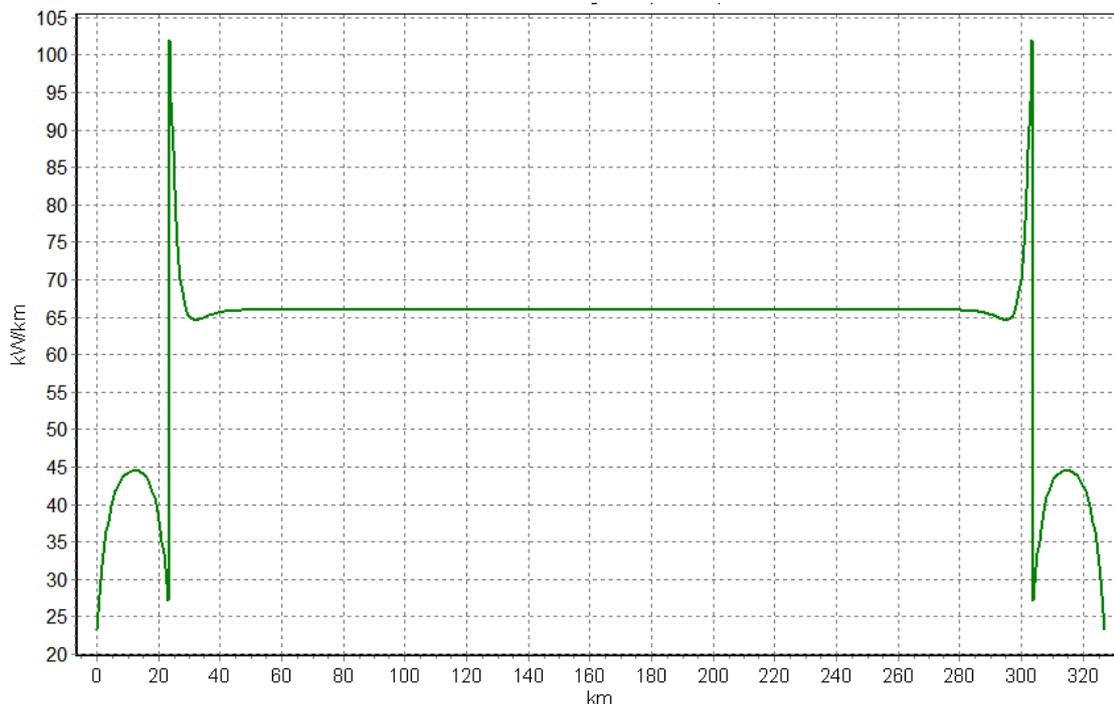


Figura 4 - Perdas Joule por km nos cabos para-raios da LT 500 kV Estreito - Fernão Dias para uma corrente na LT de 4285 A (Perdas = 20432 kW).

### 3. CONCLUSÃO

As perdas por efeito joule nos cabos para-raios da LT 500 kV Estreito – Fernão Dias foram estimadas conforme apresentado a seguir:

- 3570 kW para uma corrente na LT de 1800 A por fase;
- 12830 kW para uma corrente na LT de 3400 A por fase;
- 20432 kW para uma corrente na LT de 4285 A por fase.

---

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

---

**LT 500 KV ESTREITO – FERNÃO DIAS CD**

**PROJETO BÁSICO**

ANEXO 2

DIMENSIONAMENTO DOS CABOS PÁRA-RAIOS

---

## **CONTEÚDO**

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

## **DIMENSIONAMENTO DOS CABOS PARA-RAIOS**

### **1. Objetivo**

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

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

#### **2.1 Introdução**

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

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

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

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

#### **2.2 Modelagem de Cálculo**

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

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

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

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

- as resistências de aterramento são simuladas individualmente, com seus valores reais (podem ser simuladas individualmente até 800 torres);
- no caso de linhas de circuito duplo, a corrente de falta nos dois circuitos é calculada;
- a distribuição de corrente entre os cabos para-raios (quando existir mais de um) é feita considerando suas impedâncias próprias e as impedâncias mútuas entre si e entre eles e os condutores da fase em falta.

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

### **2.3 Dados**

Os dados básicos utilizados nos cálculos das correntes de curto-circuito na LT são apresentados nas Tabelas 1 a 3.

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

As Tabelas 2 e 3 apresentam os parâmetros elétricos e geométricos dos cabos fase e para-raios utilizados nos cálculos. De forma conservativa, os parâmetros foram avaliados a 50°C.

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

Tabela 4  
Dados da LT 500 kV Estreito – Fernão Dias CD

Nº	Dado	Valor
	<b>SE Inicial</b>	<b>ESTREITO</b>
1	Nível de curto-circuito fase-terra (kA)	50
2	Resistência da malha de aterramento ( $\Omega$ )	1
	<b>SE Final</b>	<b>FERNÃO DIAS</b>
3	Nível de curto-circuito fase-terra (kA)	50
4	Resistência da malha de aterramento ( $\Omega$ )	1
	<b>LT</b>	
5	Torre típica	CEL
6	Número de torres / km	2,0
7	Comprimento da LT (km)	327
8	Resistência média dos pés-de-torre de projeto ( $\Omega$ )	20
9	Número de cabos por fase	4
10	Condutor fase	ACAR 1000 MCM (30/7)
11	Cabos para-raios convencionais	CAA Dotterel Aço 3/8" EHS
12	Cabos para-raios do tipo OPGW	OPGW 17,9 mm OPGW 13,4 mm

Tabela 5  
Parâmetros dos cabos para-raios considerados nos cálculos

Cabo	Ra ( $\Omega$ /km) a 50°C	RMG (mm)
CAA Dotterel	0,4145	2,7
Aço 3/8" EHS	4,8664	1,2E-5
OPGW 17,9 mm	0,3224	6,0
OPGW 13,4 mm	0,8131	4,0

Tabela 6  
Parâmetros do cabo fase considerado nos cálculos

Cabo	Ra ( $\Omega$ /km) a 50°C	RMG (mm)
ACAR 1000 MCM 30/7	0,0670	11,22

(1) A LT possuirá 4 condutores por fase.

A Tabela 7 apresenta a máxima corrente que poderá circular pelos cabos para-raios (no caso do OPGW ela é função do  $I^2t$  do mesmo). É importante observar que o valor de  $kA^2s$  do cabo OPGW foi estabelecido de forma que a temperatura nas fibras atinja no máximo 180°C, a partir de uma temperatura inicial de 50°C.

Considerou-se o tempo de eliminação de faltas fase-terra na LT igual a 0,25 s.

Tabela 7  
Corrente máxima admissível para os cabos para-raios

Cabo	$kA^2s$	$I_{rms\_max}$ (kA) em 0,25 s de eliminação da falta
CAA Dotterel	-	24,7 <sup>(1)</sup>
Aço 3/8" EHS	-	7,7 <sup>(1)</sup>
OPGW 17,9 mm	188 <sup>(2)</sup>	27,4
OPGW 13,4 mm	30 <sup>(2)</sup>	10,9

(1) A máxima corrente que poderá circular pelos cabos para-raios convencionais foi avaliada de acordo com a NBR 8449/1984;

(2) Capacidade do OPGW considerando temperatura inicial de 50°C e final de 180°C.

## 2.4 Análise da LT 500 kV Estreito – Fernão Dias CD

Neste item são apresentados os valores das máximas correntes de curto-circuito fase-terra que circularão pelos cabos para-raios a serem instalados na LT 500 kV Estreito – Fernão Dias, considerando a seguinte configuração:

### CPR 1 (Cabo convencional):

- no trecho de, no mínimo, 23,5 km adjacente à SE Estreito, deverá ser instalado o cabo para-raios CAA Dotterel;
- no trecho de, no mínimo, 23,5 km adjacente à SE Fernão Dias, deverá ser instalado o cabo para-raios CAA Dotterel;
- no restante da LT, trecho intermediário, deverá ser instalado o cabo para-raios de Aço Galvanizado 3/8" EHS.

**CPR 2 (OPGW):**

- no trecho de, no mínimo, 23,5 km adjacente à SE Estreito, deverá ser instalado o OPGW 17,9 mm;
- no trecho de, no mínimo, 23,5 km adjacente à SE Fernão Dias, deverá ser instalado o OPGW 17,9 mm;
- no restante da LT, trecho intermediário, deverá ser instalado o OPGW 13,4 mm.

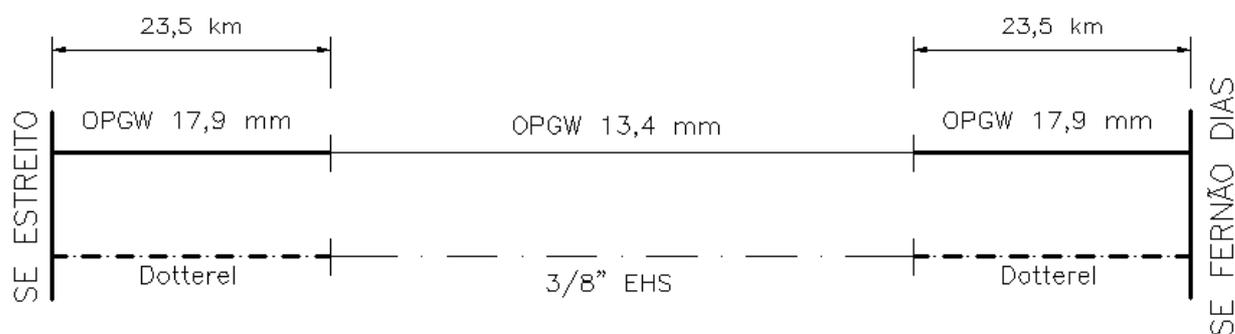


Figura 1 – Configuração final dos cabos para-raios da LT 500 kV Estreito – Fernão Dias.

A Tabela 8 apresenta a distribuição de corrente na LT para curto-circuito fase-terra nas torres próximas às SEs terminais e próximas aos pontos de transição dos cabos para-raios.

Tabela 8  
Distribuição de Corrente na LT

Torre em falta	If1 (kA)	If2 (KA)	CPR1		CPR2		I5 (kA)
			I1 (kA)	I2 (kA)	I3 (kA)	I4 (kA)	
OPGW 17,9 mm + CAA Dotterel							
Torre adjacente à SE Estreito	48,2	1,8	27,4	0,6	21,5	0,6	0,03
OPGW 17,9 mm + CAA Dotterel							
Torre de transição de cabos para-raios a 23,5 km da SE Estreito	16,3	1,8	7,7	3,5	5,9	0,7	0,3
OPGW 13,4 mm + Aço 3/8" EHS							
Torre após a transição de cabos para-raios a 23,5 km da SE Estreito	16,0	1,8	10,9	3,9	2,1	0,8	0,3
Torre anterior a transição de cabos para-raios a 23,5 km da SE Fernão Dias	1,8	16,0	3,9	10,9	0,8	2,1	0,3
OPGW 13,4 mm + Aço 3/8" EHS							
Torre de transição de cabos para-raios a 23,5 km da SE Fernão Dias	1,8	16,3	3,5	7,7	0,7	5,9	0,3
OPGW 17,9 mm + CAA Dotterel							
Torre adjacente à SE Fernão Dias	1,8	48,2	0,6	27,4	0,6	21,5	0,03

If1 - Corrente de falta vinda da SE Estreito;

If2 - Corrente de falta vinda da SE Fernão Dias;

I1 - Corrente no cabo para-raios 1 no vão anterior ao ponto de curto;

I2 - Corrente no cabo para-raios 1 no vão posterior ao ponto de curto;

I3 - Corrente no cabo para-raios 2 no vão anterior ao ponto de curto;

I4 - Corrente no cabo para-raios 2 no vão posterior ao ponto de curto;

I5 - Corrente na torre em curto.

Para facilitar a identificação das correntes nos cabos quando da ocorrência de faltas em pontos críticos, as figuras a seguir apresentam a distribuição de corrente nos cabos para-raios da LT para o curto-circuito fase-terra nas torres que acarretam os maiores valores de correntes nos cabos para-raios.

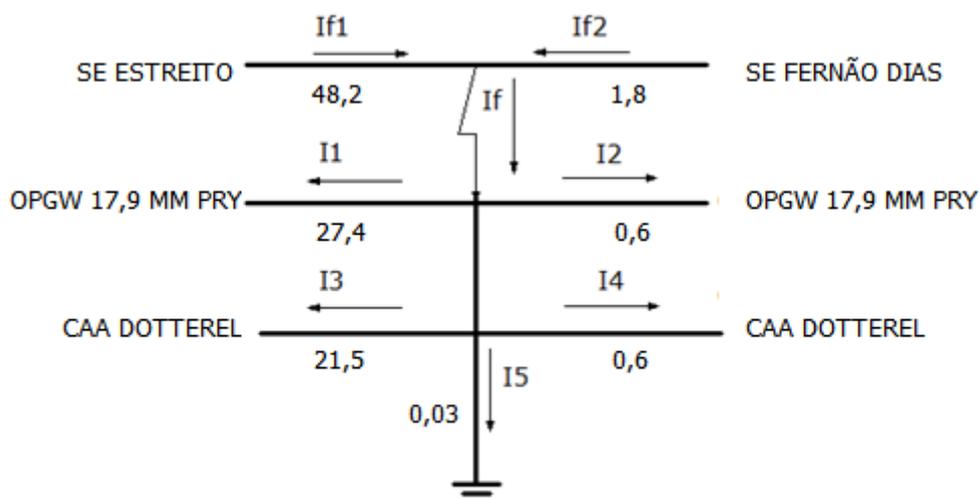


Figura 2 - Distribuição de corrente (em kA) na LT para curto-circuito fase-terra na torre adjacente à SE Estreito.

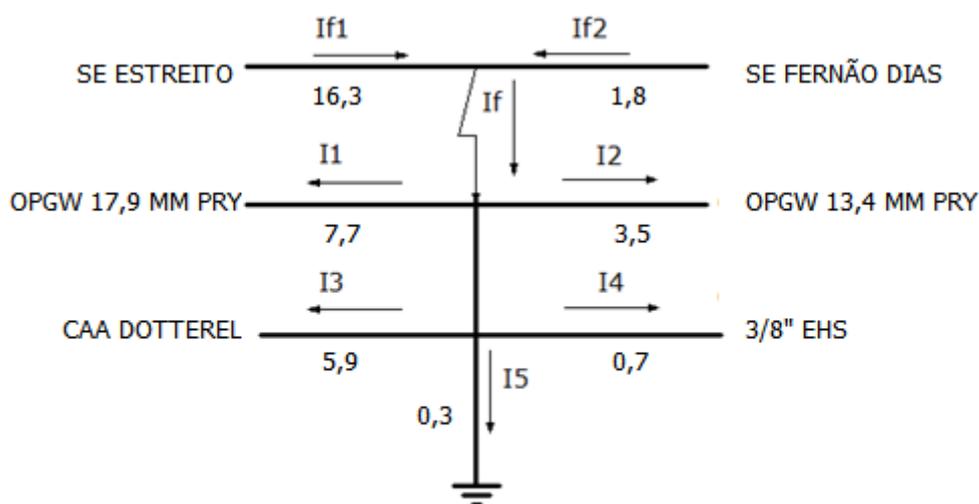


Figura 3 - Distribuição de corrente (em kA) na LT para curto-circuito fase-terra na torre de transição dos cabos para-raios (a 23,5 km da SE Estreito).

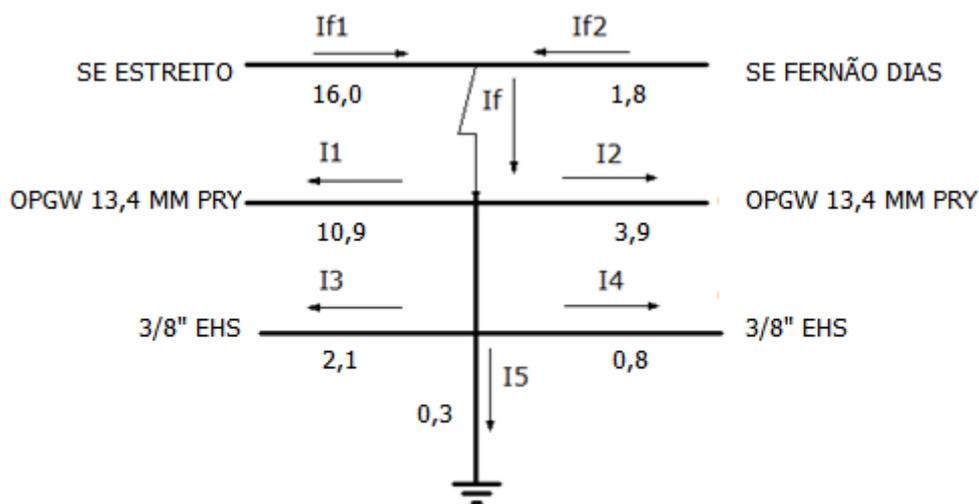


Figura 4 - Distribuição de corrente (em kA) na LT para curto-circuito fase-terra na torre após à transição dos cabos para-raios (a cerca de 24 km da SE Estreito).

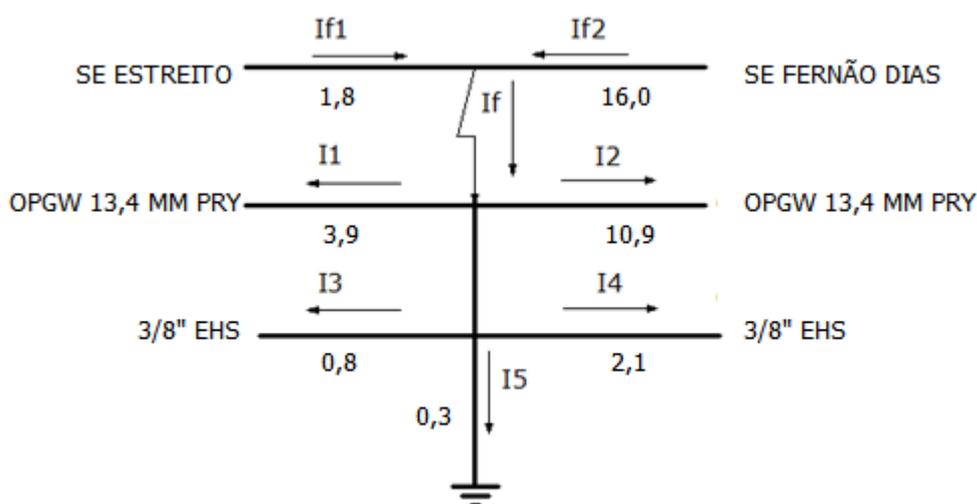


Figura 5 - Distribuição de corrente (em kA) na LT para curto-circuito fase-terra na torre anterior a transição dos cabos para-raios (a cerca de 24 km SE Fernão Dias).

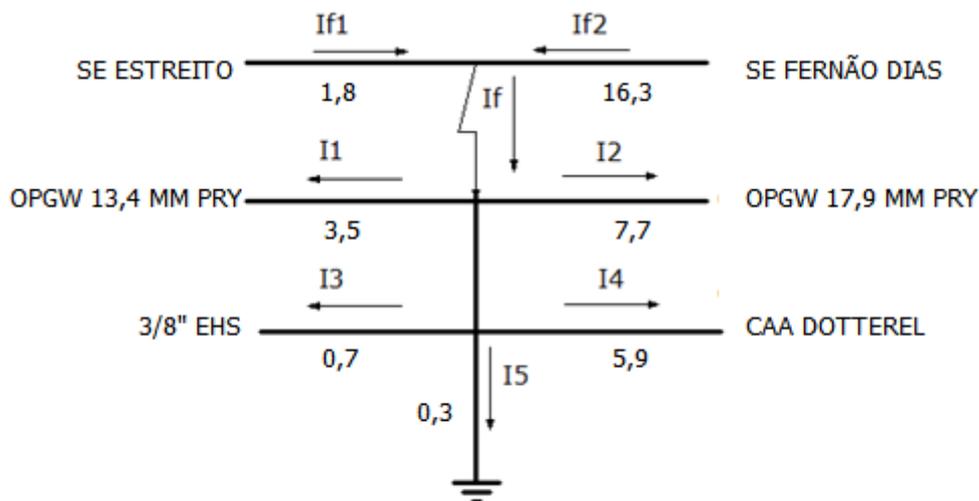


Figura 6 - Distribuição de corrente (em kA) na LT para curto-circuito fase-terra na torre de transição dos cabos para-raios (a 23,5 km da SE Fernão Dias).

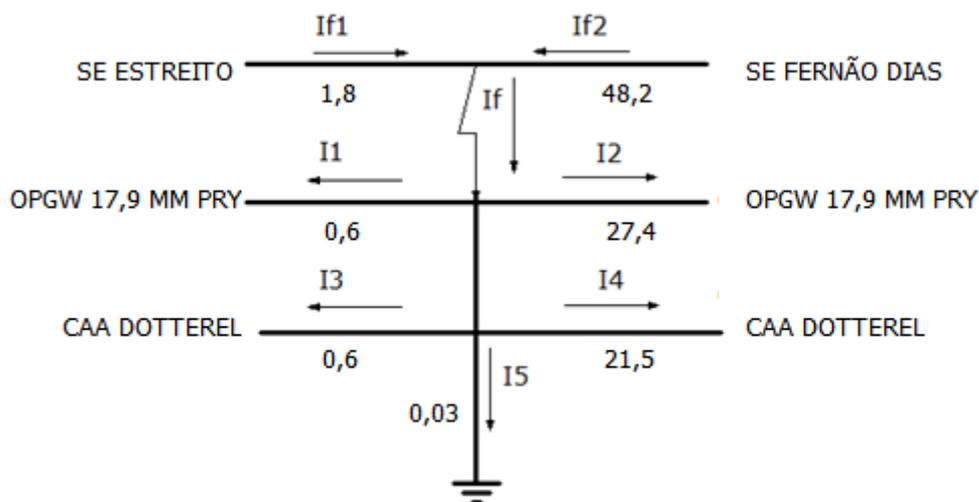


Figura 7 - Distribuição de corrente (em kA) na LT para curto-circuito fase-terra na torre adjacente à SE Fernão Dias.

Tabela 9  
Correntes máximas nos cabos para-raios

Cabo	I <sub>max</sub> (kA)
CAA Dotterel	21,5
Aço 3/8" EHS	2,1
OPGW 17,9 mm	27,4
OPGW 13,4 mm	10,9

Verifica-se que a capacidade de condução de corrente dos cabos para-raios não será ultrapassada.

### 3. Configuração Recomendada

Na LT 500 kV Estreito – Fernão Dias deverá ser instalada a seguinte configuração de cabos para-raios:

#### CPR 1 (Cabo convencional) :

- no trecho de, no mínimo, 23,5 km adjacente à SE Estreito, deverá ser instalado o cabo para-raios CAA Dotterel;
- no trecho de, no mínimo, 23,5 km adjacente à SE Fernão Dias, deverá ser instalado o cabo para-raios CAA Dotterel;
- no restante da LT, trecho intermediário, deverá ser instalado o cabo para-raios de Aço Galvanizado 3/8" EHS.

#### CPR 2 (OPGW):

- no trecho de, no mínimo, 23,5 km adjacente à SE Estreito, deverá ser instalado o OPGW 17,9 mm;
- no trecho de, no mínimo, 23,5 km adjacente à SE Fernão Dias, deverá ser instalado o OPGW 17,9 mm;
- no restante da LT, trecho intermediário, deverá ser instalado o OPGW 13,4 mm.

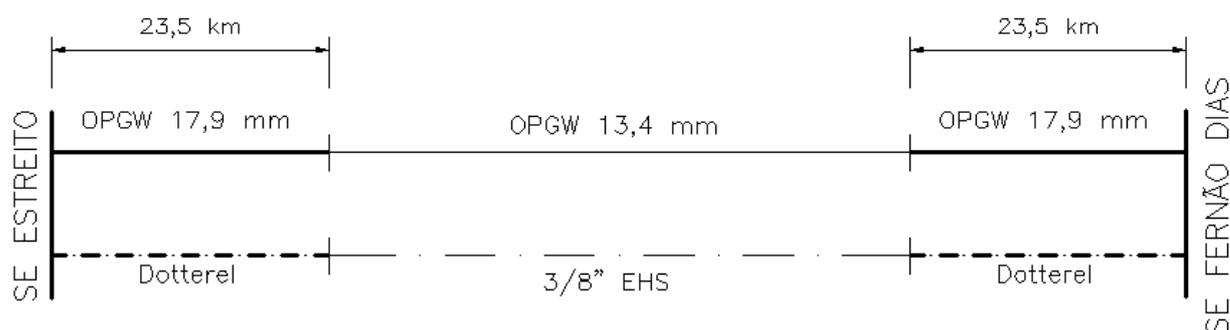


Figura 8 – Configuração final dos cabos para-raios da LT 500 kV Estreito – Fernão Dias.

#### 4. Referências Bibliográficas

- [1] Transmission Line Reference Book - 345 kV and Above.
- [2] Dimensionamento de Cabos Pára-Raios Para Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica - Norma Brasileira NBR 8449, Abril 1984.
- [3] Elilson E. Ribeiro; Manuel Losada y Gonzalez e Mário F. Alves Interferências Eletromagnéticas entre LT's e Dutos - II Simpósio Franco-Brasileiro Sobre Cálculo de Campos Elétricos e Magnéticos - São Paulo, SP - Mar/1989.
- [4] Elilson E. Ribeiro; Manuel L. y G., Mário F. Alves; José A. Martins; Paulo S. Azambuja e Sérgio R. O. - Análise dos Acoplamentos Resistivo e Magnético entre Gasoduto e Linhas de Transmissão na Região Metropolitana de Belo Horizonte -X Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica - Curitiba, PR - Out/1989.
- [5] Elilson E. Ribeiro; Mário F. Alves e Manuel L. Gonzalez - Um Modelo Eficiente para Cálculo de Interferências Devidas às Linhas de Transmissão e Distribuição - I Seminário Internacional de Distribuição de Energia Elétrica - Belo Horizonte, MG - Nov/1990.
- [6] Elilson E. Ribeiro; Leonardo S. Amaral; Manuel L. Gonzalez; Mário F. Alves e Paulo C. O. Teixeira Um Pacote Computacional para o Cálculo de Interferências Eletromagnéticas Devidas às Linhas de Transmissão - Congresso Brasileiro de Eletromagnetismo Aplicado - Belo Horizonte, MG - Jun/1992 pp. 253-264.

---

**LT 500 KV ESTREITO – FERNÃO DIAS CD**  
**PROJETO BÁSICO**

**ANEXO 3**

**CÁLCULO DOS PARÂMETROS PRINCIPAIS DE DESEMPENHO  
ELÉTRICO**

---

## ANEXO 2: Cálculo dos Parâmetros de Desempenho Elétrico da LT 500 KV Estreito – Fernão Dias CD

### a) Dados de entrada

#### Dados da linha de transmissão

- Cabo Condutor: 4 x ACAR 1000 MCM 30/7;
- Cabos Para-Raios de Maior Incidência: 1 x AÇO 3/8” EHS e 1 x OPGW 13,4 mm

Tensão Nominal (kV)	Tensão Máxima (kV)	Extensão (km)	Faixa (m)	$\rho$ ( $\Omega^*m$ )	F (Hz)	Vão (m)	Hméd. Cond. (m)	Hméd. P. Raios (m)	Hmín. Cabo-Solo (m)	Flecha EDS (m)
500	550	327	65,0	1000	60	550	29,0	44,0	13,0	24,9

Torre Típica	Fase	A1	B1	C1
	x	-13,7	-6,7	-6,7
	Fase	A2	B2	C2
	x	13,7	6,7	6,7

Torre Típica	P.Raios	1	2
	X	-10,4	10,4

Torre Típica	Distância Condutor Inferior – Superior (m)	Distância Condutor Superior – Para-Raios (m)
	10,9	6,65

#### Gradientes na Superfície dos Condutores (Originários da saída do Programa – Anexo 4)

Emed	Emed dos máx	Fases
15,67	17,33	Fase A1
13,25	14,65	Fase B1
15,32	16,94	Fase C1
15,67	17,33	Fase A2
13,26	14,67	Fase B2
15,32	16,94	Fase C2

#### Impedâncias Unitárias (Originários da saída do ATP – Anexo 5)

Impedância	Tipo de Parâmetros		
	R( $\Omega/km$ )	X <sub>L</sub> ( $\Omega/km$ )	B( $\mu S/km$ )
Z <sub>1unit</sub>	0,01676	0,27832	5,912
Z <sub>0unit</sub>	0,34833	1,22849	3,028

## b) Dados de saída

### Principais Parâmetros de Desempenho Elétrico da LT 500 kV em pauta

Faixa(m)	Pr(MW)	Cos $\phi$	Ig(A)	Ir(A)
65	1200,00	1	1378,57	1385,64
Dsubc	Vr(kV)	MVAR	Vg(kV)	Pg(MW)
600	500,00	24,19	515,84	1231,45
Altitude	Reg(%)	Ecrit(kVef/cm)	Perd(%)	Perd(MW)
900	3,17	19,33	2,55	31,45
L(km)	RA(db)	RI(dB)	E(kV/cm)	SIL(MW)
327	51,9	27,46	17,33	1151,18

### Gradiente crítico

Fator m (m)	t (°C)	h (m)	$\delta$	d (cm)	E <sub>crit</sub> (kV/cm)
0,8	19	900	0,90	2,924	<b>19,33</b>

### Radio Interferência (RI50%)

(Maiores Detalhes Ver Capítulo 13)

RI(db) Tempo Bom	Ritot. <sub>50</sub> (db)	Ritot-cor(db)	Sinal-Ruido
42,04	43,54	38,54	<b>27,46</b>

### Ruído Audível (Audible Noise)

(Maiores Detalhes Ver Capítulo 13)

Limite Semi-Faixa (m)	L50Rain EPRI (dbA)	L5Rain EPRI (dbA)	Fair Weather Range (dbA)
32,5	<b>51,9</b>	56,4	22,2 a 40,0

---

# **LT 500 KV ESTREITO – FERNÃO DIAS CD**

## **PROJETO BÁSICO**

### **ANEXO 4**

#### **CÁLCULO DOS GRADIENTES DE POTENCIAL AO LONGO DA SUPERFICIE DOS CONDUTORES**

---

No cálculo do gradiente de potencial na superfície dos condutores utilizou-se a rotina de cálculo (“Conductor Surface Gradient 2D”) referência [1].

### DADOS DE ENTRADA DO PROGRAMA

---- List of Conductors ----

Bundle ID(#)	Conductor ID(#)	Diameter (cm)	Voltage (kV)	Phase Angle (degree)	Horizontal Coordinate X(m)	Height above Ground H(m)
1A	1	2.92	317.5	0.0	-13.40	28.70
1A	2	2.92	317.5	0.0	-13.40	29.30
1A	3	2.92	317.5	0.0	-14.00	29.30
1A	4	2.92	317.5	0.0	-14.00	28.70
1B	1	2.92	317.5	-120.0	-6.40	39.60
1B	2	2.92	317.5	-120.0	-6.40	40.20
1B	3	2.92	317.5	-120.0	-7.00	40.20
1B	4	2.92	317.5	-120.0	-7.00	39.60
1C	1	2.92	317.5	120.0	-6.40	28.70
1C	2	2.92	317.5	120.0	-6.40	29.30
1C	3	2.92	317.5	120.0	-7.00	29.30
1C	4	2.92	317.5	120.0	-7.00	28.70
2A	1	2.92	317.5	0.0	14.00	28.70
2A	2	2.92	317.5	0.0	14.00	29.30
2A	3	2.92	317.5	0.0	13.40	29.30
2A	4	2.92	317.5	0.0	13.40	28.70
2B	1	2.92	317.5	-120.0	7.00	39.60
2B	2	2.92	317.5	-120.0	7.00	40.20
2B	3	2.92	317.5	-120.0	6.40	40.20
2B	4	2.92	317.5	-120.0	6.40	39.60
2C	1	2.92	317.5	120.0	7.00	28.70
2C	2	2.92	317.5	120.0	7.00	29.30
2C	3	2.92	317.5	120.0	6.40	29.30
2C	4	2.92	317.5	120.0	6.40	28.70
5	1	0.95	0.0	0.0	-10.40	49.00
6	1	1.34	0.0	0.0	10.40	49.00

## SAÍDA DO PROGRAMA

----- Results -----

Conductor or Bundle	Bundle ID(#)	Conductor ID(#)	Average (kV/cm)	Maximum (kV/cm)
C	1A	1	16.09	17.86
C	1A	2	16.27	18.07
C	1A	3	15.26	16.82
C	1A	4	15.07	16.59
C	1B	1	13.39	14.84
C	1B	2	12.71	13.98
C	1B	3	13.11	14.48
C	1B	4	13.78	15.32
C	1C	1	14.55	15.99
C	1C	2	15.01	16.56
C	1C	3	16.05	17.85
C	1C	4	15.65	17.38
C	2A	1	15.07	16.59
C	2A	2	15.26	16.82
C	2A	3	16.27	18.07
C	2A	4	16.09	17.86
C	2B	1	13.79	15.33
C	2B	2	13.13	14.50
C	2B	3	12.72	13.99
C	2B	4	13.40	14.85
C	2C	1	15.65	17.37
C	2C	2	16.05	17.85
C	2C	3	15.01	16.56
C	2C	4	14.55	15.99
C	5	1	20.07	20.18
C	6	1	14.87	14.99
<b>B</b>	<b>1A</b>		<b>15.67</b>	<b>17.33</b>
<b>B</b>	<b>1B</b>		<b>13.25</b>	<b>14.65</b>
<b>B</b>	<b>1C</b>		<b>15.32</b>	<b>16.94</b>
<b>B</b>	<b>2A</b>		<b>15.67</b>	<b>17.33</b>
<b>B</b>	<b>2B</b>		<b>13.26</b>	<b>14.67</b>
<b>B</b>	<b>2C</b>		<b>15.32</b>	<b>16.94</b>
B	5		20.07	20.18
B	6		14.87	14.99

**Tabela Resumo**  
**Valores do Gradiente de Potencial (kV/cm)**

Emed	Emed dos máx	Fases
15,67	<b>17,33</b>	Fase A1
13,25	<b>14,65</b>	Fase B1
15,32	<b>16,94</b>	Fase C1
15,67	<b>17,33</b>	Fase A2
13,26	<b>14,67</b>	Fase B2
15,32	<b>16,94</b>	Fase C2

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] EPRI AC – Transmission Line Reference Book 200kV and Above - Third Edition

---

**LT 500 KV ESTREITO – FERNÃO DIAS CD**  
**PROJETO BÁSICO**

ANEXO 5  
SAÍDA DO ATP

---

### Saída do ATP

```

--- 20 cards of disk file read into card cache cells 1 onward.
Alternative Transients Program (ATP), GNU Linux or DOS. All rights reserved by Can/Am user group of Portland, Oregon, USA.
Date (dd-mth-yy) and time of day (hh.mm.ss) = 21-Aug-14 15:12:53 Name of disk plot file is estreito.pl4
Consult the 860-page ATP Rule Book of the Can/Am EMTP User Group in Portland, Oregon, USA. Source code date is 09 July 2008.
Total size of LABCOM tables = 234075 INTEGER words. VARDIM List Sizes follow : 752 900 1500 150 7500 120
2100 5250 225 480 150 150 15K 60 10800 120 12 15 4800 2580 300 1050 12K 9 1200 252 76 21K 1100 1 200
-----
Descriptive interpretation of input data cards. | Input data card images are shown below, all 80 columns, character by character
0 1 2 3 4 5 6 7 8
01234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
-----
Comment card. KOMPAR > 0. | C data:ESTREITO.ATP
Marker card preceding new EMTP data case. | BEGIN NEW DATA CASE
Compute overhead line constants. Limit = 100 | LINE CONSTANTS
Erase all of 0 cards in the punch buffer. | $ERASE
New XOPT, COPT = 6.00000000E+01 6.00000000E+01 | $UNITS, 60., 60.
Pairs of 6-character bus names for each phase. | BRANCH IN__AOUT__AIN__BOUT__BIN__COUT__CIN__DOUT__DIN__EOUT__EIN__FOUT__F
Request for metric (not English) units. | METRIC
Line conductor card. 2.860E-01 6.480E-02 4 | 10.2860.064804 4 2.924 -13.7 40.6 13.3 60. 45. 4
Line conductor card. 2.860E-01 6.480E-02 4 | 20.2860.064804 4 2.924 -6.7 51.5 24.2 60. 45. 4
Line conductor card. 2.860E-01 6.480E-02 4 | 30.2860.064804 4 2.924 -6.7 40.6 13.3 60. 45. 4
Line conductor card. 2.860E-01 6.480E-02 4 | 40.2860.064804 4 2.924 13.7 40.6 13.3 60. 45. 4
Line conductor card. 2.860E-01 6.480E-02 4 | 50.2860.064804 4 2.924 6.7 51.5 24.2 60. 45. 4
Line conductor card. 2.860E-01 6.480E-02 4 | 60.2860.064804 4 2.924 6.7 40.6 13.3 60. 45. 4
Line conductor card. 5.000E-01 4.176E+00 4 | 0 0.5 4.1758 4 0.952 -10.4 57.85 34.65 0.0 0.0 1
Line conductor card. 2.310E-01 8.131E-01 4 | 00.2310.813052 4 1.34 10.4 57.85 34.65 0.0 0.0 1
Blank card terminating conductor cards. | BLANK CARD ENDING CONDUCTOR CARDS
Frequency card. 1.000E+03 6.000E+01 3.270E+02 | 1.E3 60. 000111 111000 0 327. 44

```

Line conductor table after sorting and initial processing.

Table	Phase	Skin effect	Resistance	Reactance data	Diameter	Horizontal	Avg height	
Row	Number	R-type	R (ohm/km)	X-type X(ohm/km) or GMR	( cm )	X (mtrs)	Y (mtrs)	Name
1	1	.28600	.06480	4 .000000	2.92400	-13.400	22.100	
2	2	.28600	.06480	4 .000000	2.92400	-6.400	33.000	
3	3	.28600	.06480	4 .000000	2.92400	-6.400	22.100	
4	4	.28600	.06480	4 .000000	2.92400	14.000	22.100	
5	5	.28600	.06480	4 .000000	2.92400	7.000	33.000	
6	6	.28600	.06480	4 .000000	2.92400	7.000	22.100	
7	1	.28600	.06480	4 .000000	2.92400	-14.000	22.100	
8	1	.28600	.06480	4 .000000	2.92400	-14.000	22.700	
9	1	.28600	.06480	4 .000000	2.92400	-13.400	22.700	
10	2	.28600	.06480	4 .000000	2.92400	-7.000	33.000	
11	2	.28600	.06480	4 .000000	2.92400	-7.000	33.600	
12	2	.28600	.06480	4 .000000	2.92400	-6.400	33.600	
13	3	.28600	.06480	4 .000000	2.92400	-7.000	22.100	

14	3	.28600	.06480	4	.000000	2.92400	-7.000	22.700
15	3	.28600	.06480	4	.000000	2.92400	-6.400	22.700
16	4	.28600	.06480	4	.000000	2.92400	13.400	22.100
17	4	.28600	.06480	4	.000000	2.92400	13.400	22.700
18	4	.28600	.06480	4	.000000	2.92400	14.000	22.700
19	5	.28600	.06480	4	.000000	2.92400	6.400	33.000
20	5	.28600	.06480	4	.000000	2.92400	6.400	33.600
21	5	.28600	.06480	4	.000000	2.92400	7.000	33.600
22	6	.28600	.06480	4	.000000	2.92400	6.400	22.100
23	6	.28600	.06480	4	.000000	2.92400	6.400	22.700
24	6	.28600	.06480	4	.000000	2.92400	7.000	22.700
25	0	.50000	4.17580	4	.000000	.95200	-10.400	42.383
26	0	.23100	.81305	4	.000000	1.34000	10.400	42.383

Matrices are for earth resistivity = 1.00000000E+03 ohm-meters and frequency 6.00000000E+01 Hz. Correction factor = 1.00000000E-06

Susceptance matrix, in units of [mhos/kmeter] for the system of physical conductors.  
Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

```

1  4.455050E-06
2 -3.742179E-08  4.444326E-06
3 -8.678024E-08 -4.957329E-08  4.454274E-06
4 -5.518744E-09 -1.055600E-08 -1.379478E-08  4.437521E-06
5 -9.471257E-09 -4.216306E-08 -2.140389E-08 -4.278988E-08  4.442389E-06
6 -1.240617E-08 -2.030956E-08 -3.771990E-08 -8.904100E-08 -4.779924E-08  4.464225E-06
7 -1.250644E-06 -3.571382E-08 -6.773524E-08 -5.074766E-09 -8.951074E-09 -1.087457E-08  4.437480E-06
8 -7.194408E-07 -4.510618E-08 -6.355296E-08 -4.935045E-09 -1.015138E-08 -1.028383E-08 -1.258707E-06  4.437503E-06
9 -1.240842E-06 -4.757845E-08 -8.166811E-08 -5.338750E-09 -1.073743E-08 -1.173122E-08 -7.195210E-07 -1.250292E-06  4.455723E-06
10 -4.392721E-08 -1.253089E-06 -4.814043E-08 -8.944939E-09 -3.347429E-08 -1.693293E-08 -4.290607E-08 -5.494843E-08 -5.679602E-08
    4.442058E-06
11 -3.771050E-08 -7.254682E-07 -3.791708E-08 -8.897083E-09 -3.483383E-08 -1.501386E-08 -3.810543E-08 -4.853852E-08 -4.863980E-08
    -1.257569E-06  4.435953E-06
12 -3.182901E-08 -1.255287E-06 -3.903533E-08 -1.044451E-08 -4.349317E-08 -1.808066E-08 -3.148930E-08 -3.956631E-08 -4.037331E-08
    -7.255359E-07 -1.259206E-06  4.438174E-06

```

---

13 -1.185852E-07 -4.678205E-08 -1.238044E-06 -1.086889E-08 -1.692031E-08 -2.860966E-08 -8.906492E-08 -8.414972E-08 -1.124429E-07  
-4.786674E-08 -3.787917E-08 -3.686423E-08 4.464211E-06

14 -1.121568E-07 -6.335417E-08 -7.053545E-07 -1.023580E-08 -1.977605E-08 -2.689971E-08 -8.390956E-08 -8.724780E-08 -1.164725E-07  
-6.482890E-08 -5.040021E-08 -4.905160E-08 -1.230419E-06 4.467831E-06

15 -8.144157E-08 -6.636249E-08 -1.240205E-06 -1.309933E-08 -2.463830E-08 -3.584335E-08 -6.336576E-08 -6.579278E-08 -8.454402E-08  
-6.477170E-08 -5.015631E-08 -5.138663E-08 -7.054444E-07 -1.234274E-06 4.458200E-06

16 -6.076111E-09 -1.125796E-08 -1.585466E-08 -1.250609E-06 -4.382609E-08 -1.185645E-07 -5.519523E-09 -5.317669E-09 -5.830335E-09  
-9.468137E-09 -9.183821E-09 -1.088241E-08 -1.240168E-08 -1.165771E-08 -1.504125E-08 4.455080E-06

17 -5.829678E-09 -1.286012E-08 -1.503636E-08 -7.194767E-07 -5.666939E-08 -1.124169E-07 -5.338970E-09 -5.313873E-09 -5.776430E-09  
-1.073138E-08 -1.058046E-08 -1.261742E-08 -1.172516E-08 -1.145305E-08 -1.475432E-08 -1.240803E-06 4.455771E-06

18 -5.316173E-09 -1.206083E-08 -1.307546E-08 -1.258657E-06 -5.480613E-08 -8.412036E-08 -4.934422E-09 -4.957480E-09 -5.312924E-09  
-1.014209E-08 -1.023441E-08 -1.209096E-08 -1.027651E-08 -1.006651E-08 -1.285530E-08 -7.193974E-07 -1.250238E-06 4.437564E-06

19 -1.127049E-08 -5.391933E-08 -2.565022E-08 -3.561306E-08 -1.252804E-06 -4.672509E-08 -1.057260E-08 -1.208269E-08 -1.287767E-08  
-4.219529E-08 -4.357859E-08 -5.525009E-08 -2.030525E-08 -2.410667E-08 -2.995522E-08 -3.733431E-08 -4.746870E-08 -4.498260E-08  
4.444569E-06

20 -1.089392E-08 -5.523662E-08 -2.240304E-08 -3.135870E-08 -7.251650E-07 -3.678964E-08 -1.046059E-08 -1.211264E-08 -1.263423E-08  
-4.351942E-08 -4.665138E-08 -5.859192E-08 -1.807187E-08 -2.173184E-08 -2.649026E-08 -3.171552E-08 -4.023103E-08 -3.940621E-08  
-1.254970E-06 4.438587E-06

21 -9.184859E-09 -4.352919E-08 -1.858862E-08 -3.795747E-08 -1.257147E-06 -3.779274E-08 -8.901527E-09 -1.024212E-08 -1.058450E-08  
-3.482421E-08 -3.770185E-08 -4.660714E-08 -1.499580E-08 -1.776604E-08 -2.167569E-08 -3.758166E-08 -4.847854E-08 -4.835736E-08  
-7.251032E-07 -1.258732E-06 4.436491E-06

22 -1.586121E-08 -2.566103E-08 -5.023045E-08 -6.771313E-08 -4.807843E-08 -1.238032E-06 -1.380278E-08 -1.308559E-08 -1.504496E-08  
-2.142343E-08 -1.861533E-08 -2.242001E-08 -3.772152E-08 -3.570597E-08 -4.802322E-08 -8.676113E-08 -8.164405E-08 -6.352578E-08  
-4.952175E-08 -3.896744E-08 -3.783746E-08 4.454284E-06

```

23 -1.504854E-08 -2.996617E-08 -4.802265E-08 -6.333807E-08 -6.469390E-08 -7.054293E-07 -1.310830E-08 -1.286671E-08 -1.476395E-08
    -2.465978E-08 -2.170534E-08 -2.650816E-08 -3.584476E-08 -3.548675E-08 -4.774442E-08 -8.141762E-08 -8.451388E-08 -6.575875E-08
    -6.629751E-08 -5.130121E-08 -5.005650E-08 -1.240191E-06  4.458217E-06
24 -1.166273E-08 -2.411041E-08 -3.570359E-08 -8.387973E-08 -6.474460E-08 -1.230402E-06 -1.024222E-08 -1.007483E-08 -1.145989E-08
    -1.978991E-08 -1.778616E-08 -2.174068E-08 -2.689932E-08 -2.662034E-08 -3.548454E-08 -1.121310E-07 -1.164400E-07 -8.721119E-08
    -6.328284E-08 -4.895829E-08 -5.029232E-08 -7.053395E-07 -1.234255E-06  4.467852E-06
25 -4.500859E-08 -1.334922E-07 -3.094384E-08 -1.538537E-08 -5.172308E-08 -1.622149E-08 -5.131547E-08 -6.257094E-08 -5.602016E-08
    -1.490060E-07 -1.884688E-07 -1.709625E-07 -3.233917E-08 -4.009185E-08 -3.835691E-08 -1.438905E-08 -1.704955E-08 -1.804450E-08
    -5.909313E-08 -6.972955E-08 -6.161230E-08 -1.847224E-08 -2.181527E-08 -1.939956E-08  2.391027E-06
26 -1.509989E-08 -6.186719E-08 -1.930890E-08 -5.344005E-08 -1.551951E-07 -3.369655E-08 -1.615446E-08 -1.895327E-08 -1.789943E-08
    -5.424213E-08 -6.464403E-08 -7.304094E-08 -1.697081E-08 -2.029970E-08 -2.280847E-08 -4.687458E-08 -5.834024E-08 -6.515950E-08
    -1.390730E-07 -1.780930E-07 -1.962863E-07 -3.225099E-08 -3.997415E-08 -4.177261E-08 -1.667634E-07  2.487522E-06

```

Susceptance matrix, in units of [mhos/kmeter ] for the system of equivalent phase conductors.  
Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

```

1  4.906862E-06
2 -6.806502E-07  4.808201E-06
3 -1.398910E-06 -8.043703E-07  5.137036E-06
4 -8.639089E-08 -1.709525E-07 -2.021968E-07  4.907574E-06
5 -1.711290E-07 -7.155694E-07 -3.444791E-07 -6.785766E-07  4.814195E-06
6 -2.023175E-07 -3.447234E-07 -5.925601E-07 -1.398477E-06 -8.031390E-07  5.137279E-06

```

Susceptance matrix, in units of [mhos/kmeter ] for symmetrical components of the equivalent phase conductor  
Rows proceed in the sequence (0, 1, 2), (0, 1, 2), etc.; columns proceed in the sequence (0, 2, 1), (0, 2, 1), etc.

```

0  3.028079E-06
   0.000000E+00
1 -1.003889E-07  1.350209E-07
   1.124174E-07  5.096140E-07

```

```

2 -1.003889E-07  5.912010E-06  1.350209E-07
  -1.124174E-07 -7.024478E-23 -5.096140E-07

0 -9.434396E-07  2.418011E-07  2.418011E-07  3.032887E-06
  0.000000E+00 -2.656082E-08  2.656082E-08  0.000000E+00

1  2.419497E-07  8.392309E-08 -2.255404E-07 -1.011838E-07  1.342041E-07
  -2.643582E-08  5.353250E-08 -8.660907E-11  1.145512E-07  5.089007E-07

2  2.419497E-07 -2.255404E-07  8.392309E-08 -1.011838E-07  5.913080E-06  1.342041E-07
  2.643582E-08  8.660907E-11 -5.353250E-08 -1.145512E-07  2.692645E-22 -5.089007E-07

```

Impedance matrix, in units of [ohms/kmeter ] for the system of physical conductors.  
 Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

```

1  1.237650E-01
  9.286463E-01

2  5.793209E-02  1.232762E-01
  4.036496E-01  9.291714E-01

3  5.817815E-02  5.793278E-02  1.237650E-01
  4.497948E-01  4.166672E-01  9.286463E-01

4  5.816765E-02  5.792692E-02  5.817263E-02  1.237650E-01
  3.469061E-01  3.599432E-01  3.691481E-01  9.286463E-01

5  5.792692E-02  5.768765E-02  5.793025E-02  5.793209E-02  1.232762E-01
  3.599432E-01  4.013608E-01  3.819541E-01  4.036496E-01  9.291714E-01

6  5.817263E-02  5.793025E-02  5.817618E-02  5.817815E-02  5.793278E-02  1.237650E-01
  3.691481E-01  3.819541E-01  4.008358E-01  4.497948E-01  4.166672E-01  9.286463E-01

7  5.817888E-02  5.793197E-02  5.817801E-02  5.816716E-02  5.792657E-02  5.817226E-02  1.237650E-01
  6.350285E-01  4.017313E-01  4.435942E-01  3.452730E-01  3.582323E-01  3.669626E-01  9.286463E-01

8  5.816524E-02  5.791852E-02  5.816438E-02  5.815356E-02  5.791314E-02  5.815865E-02  5.816525E-02  1.237378E-01
  6.089120E-01  4.045644E-01  4.433745E-01  3.452702E-01  3.591132E-01  3.669463E-01  6.350430E-01  9.286753E-01

9  5.816525E-02  5.791864E-02  5.816451E-02  5.815405E-02  5.791349E-02  5.815902E-02  5.816524E-02  5.815161E-02  1.237378E-01
  6.350430E-01  4.066358E-01  4.495334E-01  3.469025E-01  3.608649E-01  3.691300E-01  6.089120E-01  6.350575E-01  9.286753E-01

10 5.793220E-02  5.769004E-02  5.793278E-02  5.792657E-02  5.768743E-02  5.793002E-02  5.793209E-02  5.791864E-02  5.791876E-02
  4.055005E-01  6.355536E-01  4.165532E-01  3.582323E-01  3.980582E-01  3.799321E-01  4.036496E-01  4.066358E-01  4.086426E-01

1.232762E-01
9.291714E-01

```

11	5.791876E-02 4.024700E-01	5.767677E-02 6.094369E-01	5.791933E-02 4.125390E-01	5.791314E-02 3.573523E-01	5.767417E-02 3.980034E-01	5.791658E-02 3.783705E-01	5.791864E-02 4.007595E-01	5.790521E-02 4.036785E-01	5.790532E-02 4.055294E-01
	5.767677E-02 6.355680E-01	1.232497E-01 9.292002E-01							
12	5.791864E-02 4.007595E-01	5.767677E-02 6.355680E-01	5.791933E-02 4.126415E-01	5.791349E-02 3.590223E-01	5.767439E-02 4.012997E-01	5.791681E-02 3.803075E-01	5.791852E-02 3.989802E-01	5.790509E-02 4.017602E-01	5.790521E-02 4.036785E-01
	5.767677E-02 6.094369E-01	5.766351E-02 6.355824E-01	1.232497E-01 9.292002E-01						
13	5.817827E-02 4.565514E-01	5.793278E-02 4.165532E-01	5.817888E-02 6.350285E-01	5.817226E-02 3.669626E-01	5.793002E-02 3.799321E-01	5.817593E-02 3.975332E-01	5.817815E-02 4.497948E-01	5.816451E-02 4.495334E-01	5.816463E-02 4.562360E-01
	5.793278E-02 4.166672E-01	5.791933E-02 4.126415E-01	5.791933E-02 4.125390E-01	1.237650E-01 9.286463E-01					
14	5.816463E-02 4.562360E-01	5.791933E-02 4.208229E-01	5.816524E-02 6.089120E-01	5.815865E-02 3.669463E-01	5.791658E-02 3.815015E-01	5.816231E-02 3.974785E-01	5.816451E-02 4.495334E-01	5.815089E-02 4.498238E-01	5.815101E-02 4.565804E-01
	5.791933E-02 4.209506E-01	5.790590E-02 4.166961E-01	5.790589E-02 4.165821E-01	5.816525E-02 6.350430E-01	1.237378E-01 9.286753E-01				
15	5.816451E-02 4.495334E-01	5.791933E-02 4.209506E-01	5.816525E-02 6.350430E-01	5.815902E-02 3.691300E-01	5.791681E-02 3.836110E-01	5.816255E-02 4.007747E-01	5.816438E-02 4.433745E-01	5.815075E-02 4.436232E-01	5.815089E-02 4.498238E-01
	5.791933E-02 4.208229E-01	5.790589E-02 4.165821E-01	5.790590E-02 4.166961E-01	5.816524E-02 6.089120E-01	5.815161E-02 6.350575E-01	1.237378E-01 9.286753E-01			
16	5.816813E-02 3.485754E-01	5.792726E-02 3.616824E-01	5.817299E-02 3.713989E-01	5.817888E-02 6.350285E-01	5.793220E-02 4.055005E-01	5.817827E-02 4.565514E-01	5.816765E-02 3.469061E-01	5.815405E-02 3.469025E-01	5.815454E-02 3.485710E-01
	5.792692E-02 3.599432E-01	5.791349E-02 3.590223E-01	5.791383E-02 3.607178E-01	5.817263E-02 3.691481E-01	5.815902E-02 3.691300E-01	5.815938E-02 3.713788E-01	1.237650E-01 9.286463E-01		
17	5.815454E-02 3.485710E-01	5.791383E-02 3.626474E-01	5.815938E-02 3.713788E-01	5.816524E-02 6.089120E-01	5.791876E-02 4.086426E-01	5.816463E-02 4.562360E-01	5.815405E-02 3.469025E-01	5.814047E-02 3.469351E-01	5.814095E-02 3.486044E-01
	5.791349E-02 3.608649E-01	5.790007E-02 3.599721E-01	5.790041E-02 3.617113E-01	5.815902E-02 3.691300E-01	5.814542E-02 3.691771E-01	5.814577E-02 3.714279E-01	5.816525E-02 6.350430E-01	1.237378E-01 9.286753E-01	
18	5.815405E-02 3.469025E-01	5.791349E-02 3.608649E-01	5.815902E-02 3.691300E-01	5.816525E-02 6.350430E-01	5.791864E-02 4.066358E-01	5.816451E-02 4.495334E-01	5.815356E-02 3.452702E-01	5.813998E-02 3.453020E-01	5.814047E-02 3.469351E-01
	5.791314E-02 3.591132E-01	5.789973E-02 3.582612E-01	5.790007E-02 3.599721E-01	5.815865E-02 3.669463E-01	5.814505E-02 3.669916E-01	5.814542E-02 3.691771E-01	5.816524E-02 6.089120E-01	5.815161E-02 6.350575E-01	1.237378E-01 9.286753E-01

19	5.792726E-02 3.616824E-01	5.768786E-02 4.048147E-01	5.793047E-02 3.839945E-01	5.793197E-02 4.017313E-01	5.769004E-02 6.355536E-01	5.793278E-02 4.165532E-01	5.792692E-02 3.599432E-01	5.791349E-02 3.608649E-01	5.791383E-02 3.626474E-01
	5.768765E-02 4.013608E-01	5.767439E-02 4.012997E-01	5.767459E-02 4.047464E-01	5.793025E-02 3.819541E-01	5.791681E-02 3.836110E-01	5.791703E-02 3.857449E-01	5.793209E-02 4.036496E-01	5.791864E-02 4.066358E-01	5.791852E-02 4.045644E-01
	1.232762E-01 9.291714E-01								
20	5.791383E-02 3.607178E-01	5.767459E-02 4.047464E-01	5.791703E-02 3.822577E-01	5.791852E-02 3.989802E-01	5.767677E-02 6.094369E-01	5.791933E-02 4.125390E-01	5.791349E-02 3.590223E-01	5.790007E-02 3.599721E-01	5.790041E-02 3.617113E-01
	5.767439E-02 4.012997E-01	5.766113E-02 4.013896E-01	5.766134E-02 4.048435E-01	5.791681E-02 3.803075E-01	5.790338E-02 3.819830E-01	5.790360E-02 3.840234E-01	5.791864E-02 4.007595E-01	5.790521E-02 4.036785E-01	5.790509E-02 4.017602E-01
	5.767677E-02 6.355680E-01	1.232497E-01 9.292002E-01							
21	5.791349E-02 3.590223E-01	5.767439E-02 4.012997E-01	5.791681E-02 3.803075E-01	5.791864E-02 4.007595E-01	5.767677E-02 6.355680E-01	5.791933E-02 4.126415E-01	5.791314E-02 3.573523E-01	5.789973E-02 3.582612E-01	5.790007E-02 3.599721E-01
	5.767417E-02 3.980034E-01	5.766092E-02 3.980870E-01	5.766113E-02 4.013896E-01	5.791658E-02 3.783705E-01	5.790315E-02 3.799610E-01	5.790338E-02 3.819830E-01	5.791876E-02 4.024700E-01	5.790532E-02 4.055294E-01	5.790521E-02 4.036785E-01
	5.767677E-02 6.094369E-01	5.766351E-02 6.355824E-01	1.232497E-01 9.292002E-01						
22	5.817299E-02 3.713989E-01	5.793047E-02 3.839945E-01	5.817642E-02 4.042897E-01	5.817801E-02 4.435942E-01	5.793278E-02 4.165532E-01	5.817888E-02 6.350285E-01	5.817263E-02 3.691481E-01	5.815902E-02 3.691300E-01	5.815938E-02 3.713788E-01
	5.793025E-02 3.819541E-01	5.791681E-02 3.803075E-01	5.791703E-02 3.822577E-01	5.817618E-02 4.008358E-01	5.816255E-02 4.007747E-01	5.816279E-02 4.042214E-01	5.817815E-02 4.497948E-01	5.816451E-02 4.495334E-01	5.816438E-02 4.433745E-01
	5.793278E-02 4.166672E-01	5.791933E-02 4.126415E-01	5.791933E-02 4.125390E-01	1.237650E-01 9.286463E-01					
23	5.815938E-02 3.713788E-01	5.791703E-02 3.857449E-01	5.816279E-02 4.042214E-01	5.816438E-02 4.433745E-01	5.791933E-02 4.208229E-01	5.816524E-02 6.089120E-01	5.815902E-02 3.691300E-01	5.814542E-02 3.691771E-01	5.814577E-02 3.714279E-01
	5.791681E-02 3.836110E-01	5.790338E-02 3.819830E-01	5.790360E-02 3.840234E-01	5.816255E-02 4.007747E-01	5.814894E-02 4.008647E-01	5.814917E-02 4.043186E-01	5.816451E-02 4.495334E-01	5.815089E-02 4.498238E-01	5.815075E-02 4.436232E-01
	5.791933E-02 4.209506E-01	5.790590E-02 4.166961E-01	5.790589E-02 4.165821E-01	5.816525E-02 6.350430E-01	1.237378E-01 9.286753E-01				
24	5.815902E-02 3.691300E-01	5.791681E-02 3.836110E-01	5.816255E-02 4.007747E-01	5.816451E-02 4.495334E-01	5.791933E-02 4.209506E-01	5.816525E-02 6.350430E-01	5.815865E-02 3.669463E-01	5.814505E-02 3.669916E-01	5.814542E-02 3.691771E-01

	5.791658E-02	5.790315E-02	5.790338E-02	5.816231E-02	5.814869E-02	5.814894E-02	5.816463E-02	5.815101E-02	5.815089E-02
	3.815015E-01	3.799610E-01	3.819830E-01	3.974785E-01	3.975621E-01	4.008647E-01	4.562360E-01	4.565804E-01	4.498238E-01
	5.791933E-02	5.790589E-02	5.790590E-02	5.816524E-02	5.815161E-02	1.237378E-01			
	4.208229E-01	4.165821E-01	4.166961E-01	6.089120E-01	6.350575E-01	9.286753E-01			
25	5.772350E-02	5.748342E-02	5.772341E-02	5.771564E-02	5.747976E-02	5.771956E-02	5.772345E-02	5.771016E-02	5.771021E-02
	3.692520E-01	4.221564E-01	3.686295E-01	3.363325E-01	3.722674E-01	3.492766E-01	3.688985E-01	3.711058E-01	3.714805E-01
	5.748348E-02	5.747036E-02	5.747030E-02	5.772347E-02	5.771018E-02	5.771012E-02	5.771603E-02	5.770276E-02	5.770237E-02
	4.238005E-01	4.281840E-01	4.263428E-01	3.690231E-01	3.712378E-01	3.708206E-01	3.374312E-01	3.383816E-01	3.372557E-01
	5.748002E-02	5.746691E-02	5.746665E-02	5.771983E-02	5.770655E-02	5.770628E-02	4.233108E+00		
	3.743006E-01	3.754414E-01	3.733482E-01	3.503756E-01	3.517164E-01	3.505786E-01	1.019530E+00		
26	5.771603E-02	5.748002E-02	5.771983E-02	5.772345E-02	5.748348E-02	5.772347E-02	5.771564E-02	5.770237E-02	5.770276E-02
	3.374312E-01	3.743006E-01	3.503756E-01	3.688985E-01	4.238005E-01	3.690231E-01	3.363325E-01	3.372557E-01	3.383816E-01
	5.747976E-02	5.746665E-02	5.746691E-02	5.771956E-02	5.770628E-02	5.770655E-02	5.772350E-02	5.771021E-02	5.771016E-02
	3.722674E-01	3.733482E-01	3.754414E-01	3.492766E-01	3.505786E-01	3.517164E-01	3.692520E-01	3.714805E-01	3.711058E-01
	5.748342E-02	5.747030E-02	5.747036E-02	5.772341E-02	5.771012E-02	5.771018E-02	5.727416E-02	8.703716E-01	
	4.221564E-01	4.263428E-01	4.281840E-01	3.686295E-01	3.708206E-01	3.712378E-01	3.686585E-01	9.861535E-01	

Impedance matrix, in units of [ohms/kmeter ] for the system of equivalent phase conductors.  
 Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

1	1.210079E-01								
	6.037874E-01								
2	1.118597E-01	1.366865E-01							
	2.957419E-01	5.834913E-01							
3	1.061127E-01	1.135960E-01	1.241563E-01						
	3.488933E-01	3.055314E-01	5.978435E-01						
4	1.064885E-01	1.139614E-01	1.082815E-01	1.258236E-01					
	2.429486E-01	2.454066E-01	2.619916E-01	5.909266E-01					
5	1.148827E-01	1.235967E-01	1.170196E-01	1.184722E-01	1.455897E-01				
	2.425433E-01	2.720054E-01	2.609226E-01	2.785053E-01	5.610276E-01				
6	1.072421E-01	1.148466E-01	1.090364E-01	1.100113E-01	1.191480E-01	1.270882E-01			
	2.647155E-01	2.668778E-01	2.931266E-01	3.385426E-01	2.910525E-01	5.900898E-01			

Both "R" and "X" are in [ohms]; "C" are in [microMhos].

Impedance matrix, in units of [ohms/kmeter ] for symmetrical components of the equivalent phase conductor  
 Rows proceed in the sequence (0, 1, 2), (0, 1, 2), etc.; columns proceed in the sequence (0, 2, 1), (0, 2, 1), etc.

```

0 3.483292E-01
  1.228485E+00

1 1.481218E-02 2.647923E-02
  1.524493E-02 -7.116575E-03

2 -2.416106E-02 1.676080E-02 -2.660853E-02
  4.692533E-03 2.783185E-01 -6.518379E-03

0 3.384519E-01 4.246465E-03 -1.408497E-02 3.645881E-01
  7.835127E-01 -1.143705E-02 -2.186818E-02 1.186082E+00

1 9.356634E-03 5.042500E-03 2.286707E-04 2.058029E-02 2.603871E-02
  -9.546770E-03 -6.739762E-03 1.222267E-02 1.872985E-02 -6.981020E-03

2 -1.907705E-02 4.411326E-04 -5.139615E-03 -3.086133E-02 1.695665E-02 -2.650734E-02
  -2.361906E-02 1.234532E-02 -6.023996E-03 3.163041E-03 2.779812E-01 -6.069037E-03

```

Sequence	Surge impedance		Attenuation	velocity	Wavelength	Resistance	Reactance	Susceptance
	magnitude(ohm)	angle(degr.)	db/km	km/sec	km	ohm/km	ohm/km	mho/km
<b>Zero :</b>	<b>6.49377E+02</b>	<b>-7.91517E+00</b>	<b>2.35198E-03</b>	<b>1.93564E+05</b>	<b>3.22606E+03</b>	<b>3.48329E-01</b>	<b>1.22849E+00</b>	<b>3.02808E-06</b>
<b>Positive:</b>	<b>2.17168E+02</b>	<b>-1.72314E+00</b>	<b>3.35335E-04</b>	<b>2.93762E+05</b>	<b>4.89604E+03</b>	<b>1.67608E-02</b>	<b>2.78319E-01</b>	<b>5.91201E-06</b>

Request for flushing of punch buffer. |\$PUNCH

A listing of 80-column card images now being flushed from punch buffer follows.

```

=====
123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789
=====
C <+++++> Cards punched by support routine on 21-Aug-14 15:12:53 <+++++>
C LINE CONSTANTS
C $ERASE
C $UNITS, 60., 60.
C BRANCH IN__AOUT__AIN__BOUT__BIN__COUT__CIN__DOUT__DIN__EOUT__EIN__FOUT__
C METRIC
C 10.2860.064804 4 2.924 -13.7 40.6 13.3 60. 45.
C 20.2860.064804 4 2.924 -6.7 51.5 24.2 60. 45.
C 30.2860.064804 4 2.924 -6.7 40.6 13.3 60. 45.
C 40.2860.064804 4 2.924 13.7 40.6 13.3 60. 45.
C 50.2860.064804 4 2.924 6.7 51.5 24.2 60. 45.
C 60.2860.064804 4 2.924 6.7 40.6 13.3 60. 45.
C 0 0.5 4.1758 4 0.952 -10.4 57.85 34.65 0.0 0.0
C 00.2310.813052 4 1.34 10.4 57.85 34.65 0.0 0.0
C BLANK CARD ENDING CONDUCTOR CARDS
C 1.E3 60. 000111 111000 0 327. 44
$VINTAGE, 1
$UNITS, 60., 60.
1IN__AOUT__A 3.95695853E+01 1.97438466E+02 1.60454371E+03
2IN__BOUT__B 3.65781315E+01 9.67075947E+01 -2.22572602E+02

```

3IN__COUT__C	4.46965008E+01	1.90801648E+02	1.57228169E+03
	3.46988430E+01	1.14088115E+02	-4.57443606E+02
	3.71458869E+01	9.99087650E+01	-2.63029100E+02
4IN__DOUT__D	4.05991169E+01	1.95494813E+02	1.67981066E+03
	3.48217547E+01	7.94442009E+01	-2.82498222E+01
	3.72653916E+01	8.02479701E+01	-5.59014812E+01
	3.54080384E+01	8.56712545E+01	-6.61183394E+01
5IN__EOUT__E	4.11443092E+01	1.93232993E+02	1.60477655E+03
	3.75666437E+01	7.93116706E+01	-5.59591759E+01
	4.04161257E+01	8.89457770E+01	-2.33991191E+02
	3.82654167E+01	8.53216759E+01	-1.12644656E+02
	3.87404247E+01	9.10712260E+01	-2.21894561E+02
6IN__FOUT__F	4.76078325E+01	1.83456034E+02	1.57424192E+03
	3.50681728E+01	8.65619724E+01	-6.61578287E+01
	3.75548327E+01	8.72690276E+01	-1.12724558E+02
	3.56549060E+01	9.58524110E+01	-1.93767164E+02
	3.59736878E+01	1.10703424E+02	-4.57301976E+02
	3.89613855E+01	9.51741527E+01	-2.62626442E+02
	4.15578291E+01	1.92959369E+02	1.67989012E+03

\$VINTAGE, -1,

\$UNITS, -1., -1., { Restore values that existed b4 preceding \$UNITS

=====< End of LUNIT7 punched cards as flushed by \$PUNCH request >====

Blank card terminating frequency cards.

|BLANK CARD ENDING FREQUENCY CARDS

Blank card ending "LINE CONSTANTS" cases.

|BLANK CARD ENDING LINE CONSTANT

Total case timing (CP, I/O, tot), sec:   0.016       0.000       0.016