



Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado MARTE	Aprovado CLIENTE

**ATE XVI**

**ATE XVI Transmissora de Energia S.A.**



**SNC-LAVALIN  
Marte**

**LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A**

**SUBESTAÇÕES – PROJETO BÁSICO**

**MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU**

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA/RJ	DATA
CSF	RTC	ZT	CSF	1977101145	20/06/2013

TÍTULO

**ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE  
GILBUÉS II E BARREIRAS II**

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
<b>ATEXVI-SE-GE-016</b>	<b>1 de 40</b>	<b>0</b>

## SUMÁRIO

<b>SUMÁRIO</b> .....	<b>2</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>4</b>
<b>1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS</b> .....	<b>5</b>
<b>2. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	<b>6</b>
2.1. SE GILBUÉS II 500 KV .....	6
2.2. SE BARRAEIRAS II 500 KV .....	6
2.3. PÁRA-RAIOS E DISTÂNCIAS DE PROTEÇÃO .....	7
<b>3. RECOMENDAÇÕES</b> .....	<b>7</b>
<b>4. CRITÉRIOS Adotados</b> .....	<b>8</b>
<b>5. DADOS Utilizados</b> .....	<b>9</b>
5.1. ARRANJO DA SUBESTAÇÃO GILBUÉS II 500 KV .....	9
5.2. ARRANJO DA SUBESTAÇÃO BARREIRAS II 500 KV .....	9
5.3. LINHAS DE TRANSMISSÃO 525 KV .....	9
5.4. PÁRA-RAIOS .....	9
<b>6. MODELOS UTILIZADOS</b> .....	<b>17</b>
6.1. MODELO DAS SUBESTAÇÕES .....	17
<b>6.1.1 Barramentos Rígidos</b> .....	<b>17</b>
<b>6.1.2 Barramentos Flexíveis</b> .....	<b>17</b>
6.2. REPRESENTAÇÃO DAS LINHAS DE TRANSMISSÃO .....	17
6.3. MODELOS DOS EQUIPAMENTOS DA SUBESTAÇÃO .....	17
6.4. DESCARGAS ATMOSFÉRICAS .....	18
6.5. PÁRA-RAIOS ZNO .....	18
<b>7. METODOLOGIA</b> .....	<b>20</b>
7.1. DESCRIÇÃO DO MÉTODO DE CÁLCULO .....	20
7.2. METODOLOGIA ADOTADA NO ESTUDO .....	20
7.3. TIPOS DE EVENTOS ANALISADOS .....	20
7.3.1 Descargas Diretas .....	20
7.3.2 Descargas Indiretas .....	21
7.4. CONFIGURAÇÕES ANALISADAS .....	22

LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU	ATEXVI-SE-GE-016
ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II	REV. 0 FOLHA 2 de 40

---

<b>8. ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>31</b>
8.1. SE GILBUÉS II 500 KV .....	31
8.1.1 Influência da Tensão de Freqüência Industrial      31	
8.2. SE BARREIRAS II 500 KV .....	32
8.2.1 Influência da Tensão de Freqüência Industrial.....	32
<b>9. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>40</b>

LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU	ATEXVI-SE-GE-016
ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II	REV. 0
	FOLHA 3 de 40

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Máximas sobretensões encontradas na SE Gilbués II 500 kV.....	6
Tabela 2.2 - Máximas sobretensões encontradas na SE Barreiras II 500 kV .....	6
Tabela 8.1 - SE Gilbués II 500 kV – Sobretensões Máximas Encontradas.....	33
Tabela 8.2 - SE Gilbués II 500 kV – Sobretensões Máximas Encontradas.....	34
Tabela 8.3 - SE Barreiras II 500 kV – Sobretensões Máximas Encontradas .....	35
Tabela 8.4 - SE Barreiras II 500 kV – Sobretensões Máximas Encontradas .....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 5.1 – SE Gilbués II - Arranjo Geral da Subestação .....	10
Figura 5.2 – SE Gilbués II - Vista do setor de 500 kV .....	11
Figura 5.3 – SE Gilbués II - Arranjo Geral da Subestação .....	12
Figura 5.4 – SE Barreiras II - Arranjo Geral da Subestação.....	13
Figura 5.5 – SE Barreiras II – Vista do setor de 500 kV .....	14
Figura 5.6 – SE Barreiras II – Vista do setor de 500 kV .....	15
Figura 5.7 – Disposição Geométrica Considerada para as LTs 500 kV Miracema C1 e C2 – Gilbués II – Barreiras II – Bom Jesus da Lapa II .....	16
Figura 7.1 – Distribuição de Correntes Máximas [3] .....	23
Figura 7.2 – Distribuição de Tempos de Crista [3].....	24
Figura 7.3 – Distribuição de Taxas de Crescimento [3].....	24
Figura 7.4 – Subestação Gilbués II 500 kV – Configuração inicial prevista .....	25
Figura 7.5 – Subestação Gilbués II 500 kV – Configuração sem a LT Miracema C2 e sem o Reator de Barra RB2 .....	26
Figura 7.6 – Subestação Gilbués II 500 kV – Configuração sem a LT Miracema C2 e sem o Reator de Barra RB2 e sem a Barra B.....	27
Figura 7.7 – Subestação Barreiras II 500 kV – Configuração inicial prevista.....	28
Figura 7.8 – Subestação Barreiras II 500 kV – Configuração sem reator de barra e sem a LT Rio das Éguas .....	29
Figura 7.9 – Subestação Barreiras II 500 kV – Configuração sem reator de barra, sem a LT Rio das Éguas e sem a Barra II .....	30
Figura 8.1 – SE Gilbués II 500 kV – Descarga Indireta na LT Miracema C1 .....	37
Figura 8.2 – SE Gilbués II 500 kV – Descarga Indireta na LT Miracema C1 .....	37
Figura 8.3 – SE Gilbués II 500 kV – Descarga Indireta na LT Miracema C1 .....	38
Figura 8.4 – SE Barreiras II 500 kV – Descarga Indireta na LT Gilbués.....	38
Figura 8.5 – SE Barreiras II 500 kV – Descarga Indireta na LT Gilbués.....	39
Figura 8.6 – SE Barreiras II 500 kV – Descarga Indireta na LT Gilbués.....	39

LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU	ATEXVI-SE-GE-016
ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II	REV. 0 FOLHA 4 de 40

## 1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O presente documento tem por objetivo apresentar os resultados do estudo efetuado para avaliação das sobretensões no interior das subestações de Gilbués II e Barreiras II 500 kV em função de ocorrência de descargas atmosféricas atingindo as linhas que se conectam as estas subestações.

Para tal foram conduzidos estudos de descargas diretas e indiretas atingindo as linhas de transmissão de 500 kV Miracema – Gilbués II – Barreiras II nas proximidades destas subestações, considerando-se, dentre outras, as seguintes análises principais:

- variação do número de linhas e transformadores conectados na subestação;
- tipo de operação da SE (número de barras energizadas);
- disjuntores de linha abertos ou fechados;
- variação do local de impacto, tipo e amplitude da descarga atmosférica.

LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU	ATEXVI-SE-GE-016
ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II	REV. 0
	FOLHA 5 de 40

## 2. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Apresenta-se a seguir as principais conclusões obtidas com o estudo realizado.

### 2.1. SE GILBUÉS II 500 KV

A Tabela 2.1 resume as máximas sobretensões encontradas nos equipamentos no interior da subestação de Gilbués II 500 kV devido a descargas incidindo sobre as linhas de transmissão Miracema – Gilbués II. Estes valores correspondem às máximas sobretensões obtidas para as configurações com a subestação completa e para as configurações correspondentes a situações com elementos fora de operação.

**Tabela 2.1 – Máximas sobretensões encontradas na SE Gilbués II 500 kV**

SE	Máximas Sobretensões Encontradas (kV)			
	Saídas de LT	Barra-mentos	Reatores	Figuras
Gilbués II 500 kV	1200	1144	1453	8.1 a 8.3

Não se encontrou, para estas configurações, valores superiores ao critério adotado nestes estudos (margem de 5% para o nível de isolamento considerado). A situação mais severa, correspondente a sobretensão de 1453 kV, ocorreu junto ao reator da LT Miracema C1. Este valor foi obtido considerando a ocorrência do surto no instante de mínima tensão (-1 pu), reduzindo bastante a probabilidade de ocorrência.

### 2.2. SE BARRAEIRAS II 500 KV

A Tabela 2.2 resume as máximas sobretensões encontradas nos equipamentos no interior da subestação de Barreiras II 500 kV devido a descargas incidindo sobre a linha de transmissão Gilbués II – Barreiras II. Estes valores correspondem às máximas sobretensões obtidas para as configurações com a subestação completa e para as configurações correspondentes a situações com elementos fora de operação.

**Tabela 2.2 - Máximas sobretensões encontradas na SE Barreiras II 500 kV**

SE	Máximas Sobretensões Encontradas (kV)			
	Saídas de LT	Barra-mentos	Reatores	Figuras
Barreiras II 500 kV	1201	1326	1453	8.4 a 8.6

Não se encontrou, para estas configurações, valores superiores ao critério adotado nestes estudos (margem de 5% para o nível de isolamento considerado). A situação mais severa, correspondente a sobretensão de 1453 kV, ocorreu junto ao reator da LT Gilbués. Este valor foi obtido considerando a ocorrência do surto no instante de mínima tensão (-1 pu), reduzindo bastante a probabilidade de ocorrência.

Importante ressaltar que a tensão no reator, apesar de inferior ao critério adotado, apresenta valores bem superiores ao nível de proteção oferecido pelo pára-raios localizado nas suas proximidades. Isto se deve a distância entre estes dois elementos que alcança cerca de 10 metros (distância elétrica), conforme mostram a Figura 5.4.

LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU	ATEXVI-SE-GE-016
ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II	REV. 0
	FOLHA 6 de 40

### 2.3. PÁRA-RAIOS E DISTÂNCIAS DE PROTEÇÃO

Os pára-raios 420 kV escolhidos mostram-se adequados para a proteção dos demais equipamentos no interior das subestações analisadas. As distâncias entre os pára-raios e os equipamentos, obtidas dos projetos básicos destas subestações, são adequadas e devem ser mantidas de forma a garantir a proteção fornecida por estes elementos.

## 3. RECOMENDAÇÕES

- 3.1** Conforme apresentado no item de conclusões (ver item 2), para as configurações analisadas de elementos energizados nas subestações de Gilbués II e Barreiras II 500 kV, não foi encontrada nenhuma sobretensão superior ao critério estabelecido (margem de 5% para o nível de isolamento dos equipamentos a serem instalados). Desta forma, recomenda-se adotar o níveis de isolamento de 1550 kV para os equipamentos a serem instalados nas subestações Gilbués II e Barreiras II 500 kV.
- 3.2** Recomenda-se verificar para estas duas subestações, no projeto executivo, a possibilidade de redução da distância entre os pára-raios e os reatores de linhas, inicialmente definidas no projeto básico como 10 metros.
- 3.3** Recomenda-se adotar pára-raios ZnO 420 kV para proteção dos equipamentos do setor de 500 kV das SEs Gilbués II e Barreiras II.

LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU	ATEXVI-SE-GE-016
ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II	REV. 0
	FOLHA 7 de 40

#### 4. CRITÉRIOS ADOTADOS

Considerou-se que a máxima sobretensão admissível no interior das subestações de Gilbués II e Barreiras II 500 kV, devido à ocorrência de surtos atmosféricos nas linhas de transmissão a ela interligada, deveria manter uma margem de proteção de 5% em relação aos níveis de isolamento dos equipamentos. Desta forma os seguintes valores foram considerados:

Nível de Isolamento	500 kV
Transformadores/Reatores	1550
Demais equipamentos	1550
Sobretensão Máxima Admissível	
Transformadores	1472,5
Demais equipamentos	1472,5

LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU	ATEXVI-SE-GE-016
ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II	REV. 0 FOLHA 8 de 40

## **5. DADOS UTILIZADOS**

### **5.1. ARRANJO DA SUBESTAÇÃO GILBUÉS II 500 KV**

A Figura 5.1 apresenta o arranjo físico geral da SE Gilbués II e as Figuras 5.2 e 5.3 os cortes dos vãos de entrada das LTs 500 kV e do reator de barra, com indicação das distâncias em metros entre os equipamentos. As dimensões indicadas foram obtidas através dos seguintes desenhos:

Desenhos SNC-Lavalin Marte n<sup>os</sup>: ATEXVI-SE-GI-203 e ATEXVI-SE-GI-204

### **5.2. ARRANJO DA SUBESTAÇÃO BARREIRAS II 500 KV**

A Figura 5.4 apresenta o arranjo físico geral da SE Barreiras II e as Figuras 5.5 e 5.6 os cortes vãos de entrada das LTs 500 kV e do reator de barra, com indicação das distâncias em metros entre os equipamentos. As dimensões indicadas foram obtidas através dos seguintes desenhos:

Desenhos SNC-Lavalin Marte n<sup>os</sup>: ATEXVI-SE-BA-206 e ATEXVI-SE-BA-207

### **5.3. LINHAS DE TRANSMISSÃO 525 KV**

A Figura 5.7 apresenta a disposição geométrica considerada para as linhas de transmissão 500 kV Miracema C1 e C2 – Gilbués II – Barreiras II – Bom Jesus da Lapa II, em circuito simples.

### **5.4. PÁRA-RAIOS**

Os setores de 500 kV das SEs Gilbués II e Barreiras II estão protegidos através de pára-raios de óxido de zinco de tensão nominal 420 kV localizados na entrada de cada linha e junto aos reatores.

LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU	ATEXVI-SE-GE-016
ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II	REV. 0
	FOLHA 9 de 40

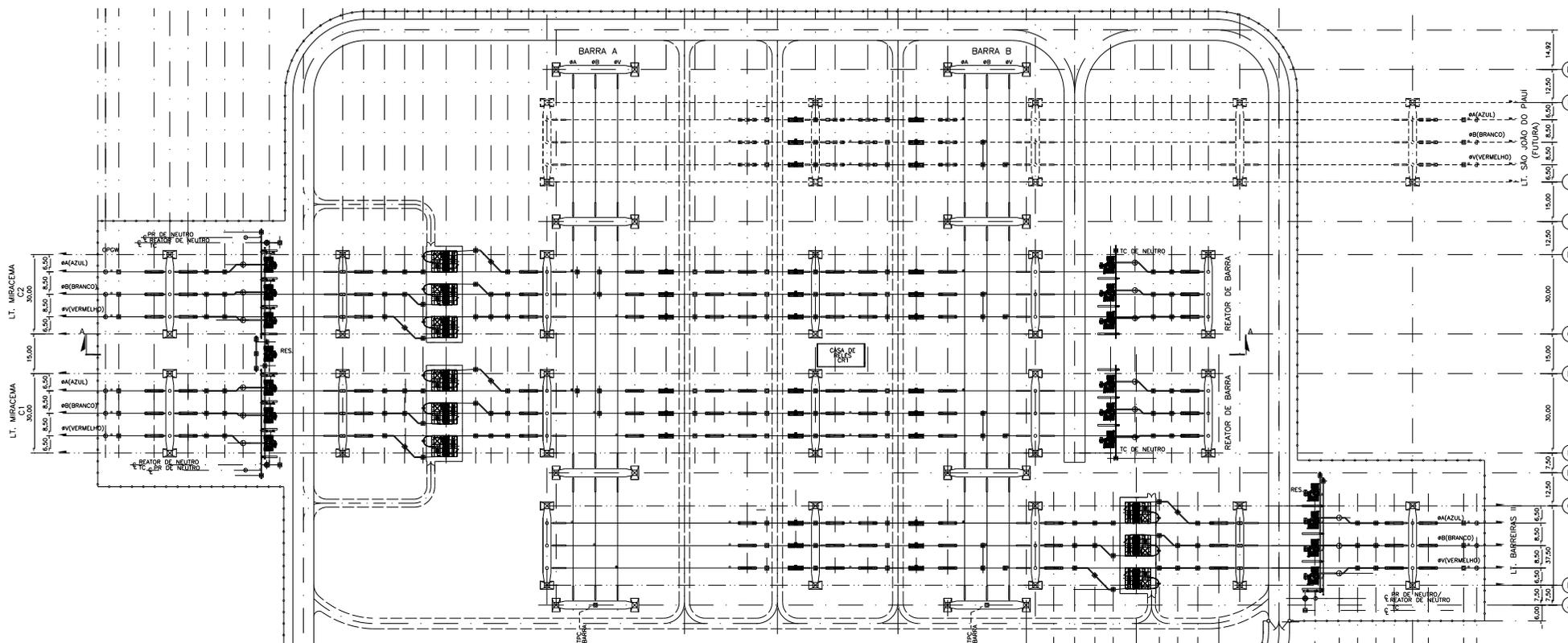
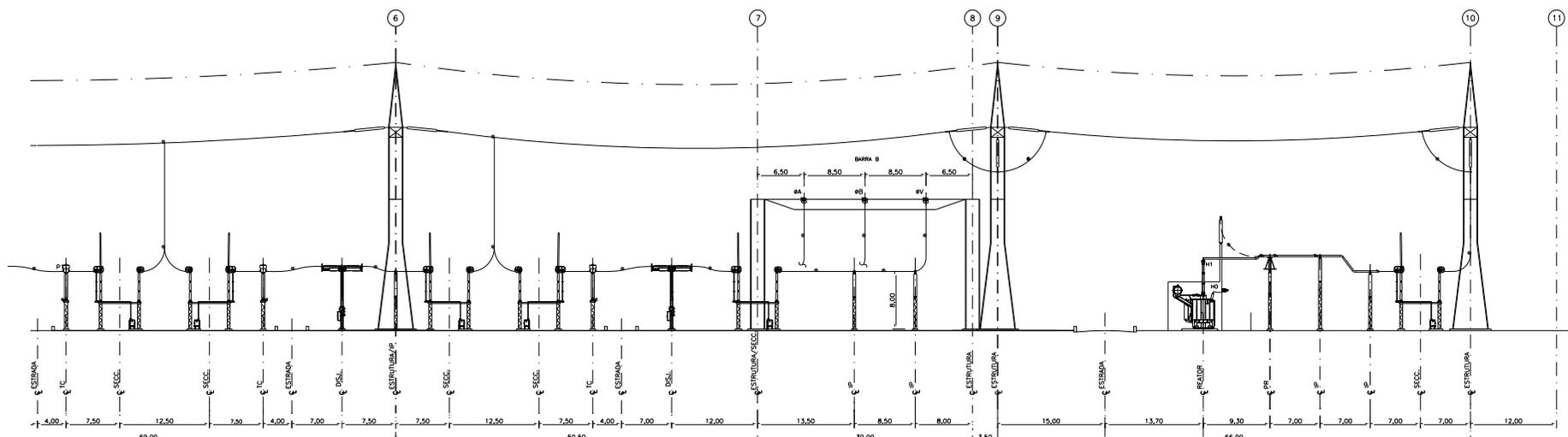


Figura 5.1 – SE Gilbués II - Arranjo Geral da Subestação

<p>LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU</p>	<p>ATEXVI-SE-GE-016</p>
<p>ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II</p>	<p>REV. 0 FOLHA 10 de 40</p>





**Figura 5.3 – SE Gilbués II - Arranjo Geral da Subestação**

<p>LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU</p>	<p>ATEXVI-SE-GE-016</p>
<p>ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II</p>	<p>REV. 0 FOLHA 12 de 40</p>

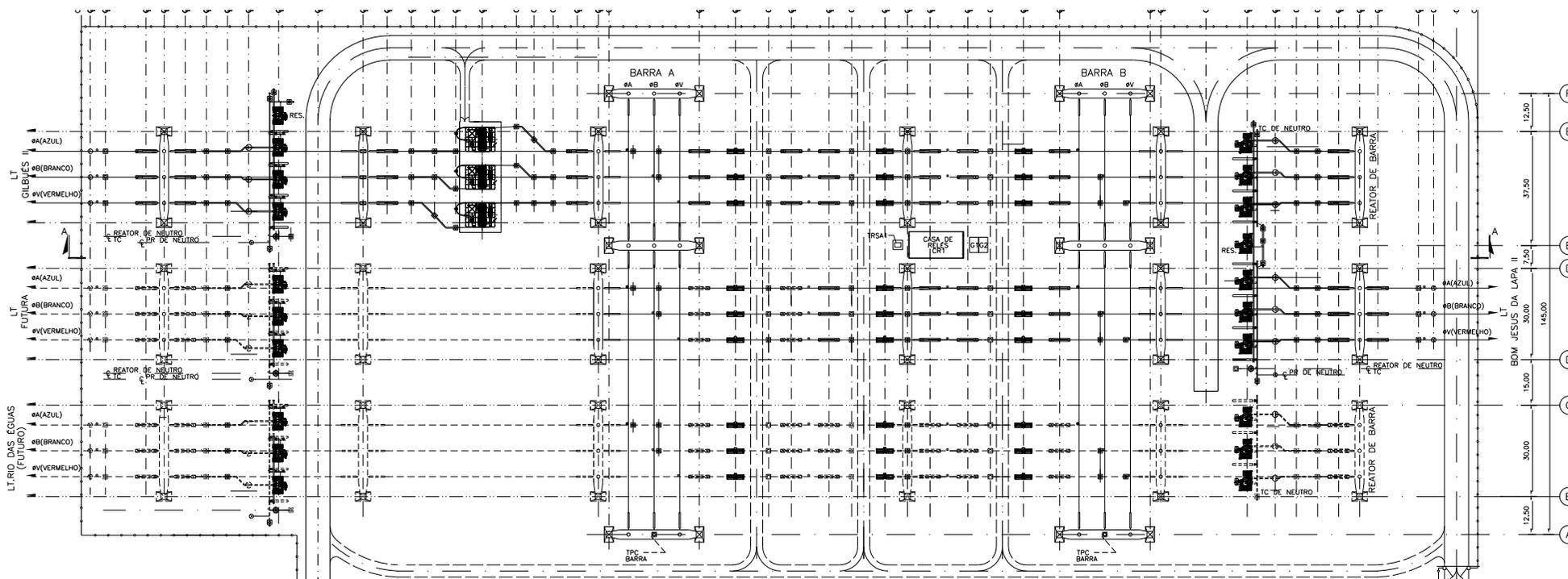


Figura 5.4 – SE Barreiras II - Arranjo Geral da Subestação

<p>LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU</p>	<p>ATEXVI-SE-GE-016</p>
<p>ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II</p>	<p>REV. 0 FOLHA 13 de 40</p>

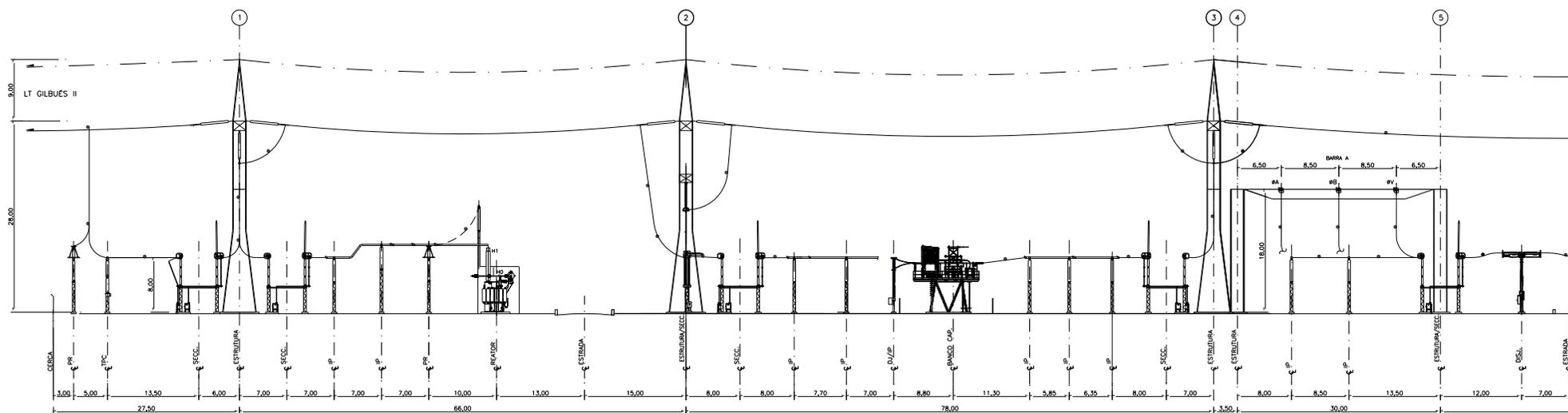


Figura 5.5 – SE Barreiras II – Vista do setor de 500 kV

<p>LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU</p>	<p>ATEXVI-SE-GE-016</p>
<p>ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II</p>	<p>REV. 0 FOLHA 14 de 40</p>

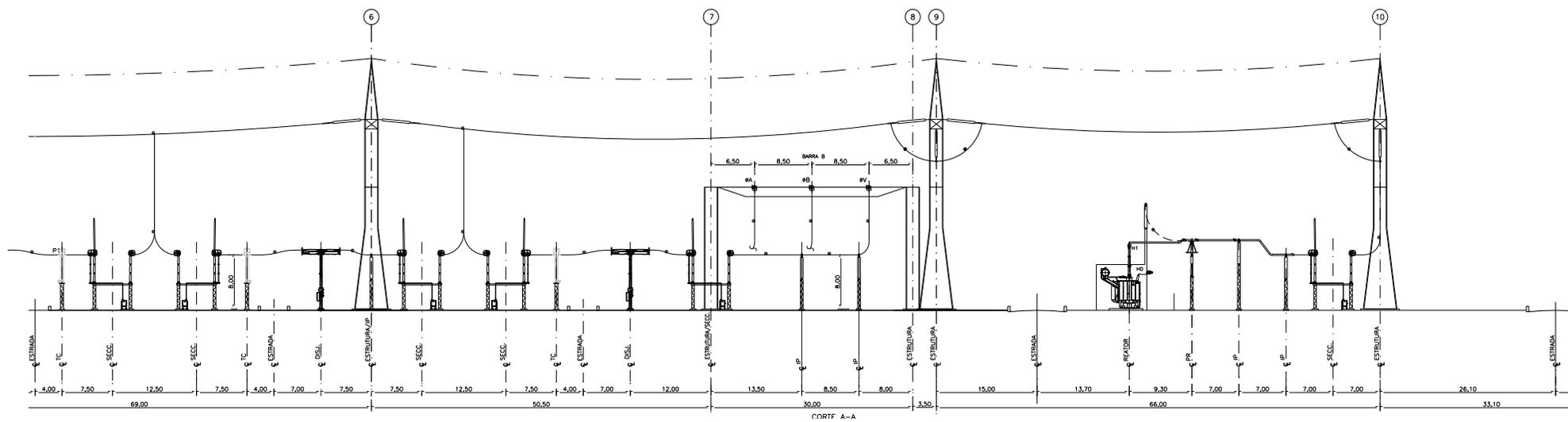
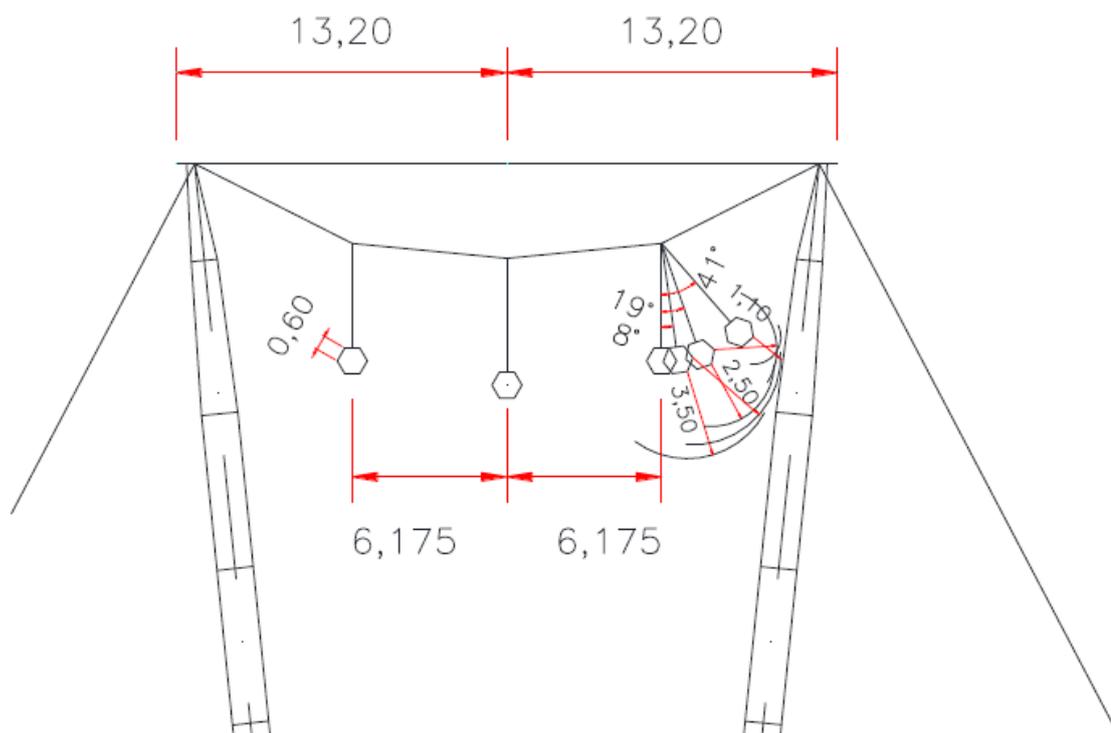


Figura 5.6 – SE Barreiras II – Vista do setor de 500 kV

<p>LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU</p>	<p>ATEXVI-SE-GE-016</p>
<p>ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II</p>	<p>REV. 0 FOLHA 15 de 40</p>



**Figura 5.7 – Disposição Geométrica Considerada para as LTs 500 kV Miracema C1 e C2 – Gilbués II – Barreiras II – Bom Jesus da Lapa II**

<p>LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU</p>	<p>ATEXVI-SE-GE-016</p>
<p>ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II</p>	<p>REV. 0 FOLHA 16 de 40</p>

## 6. MODELOS UTILIZADOS

Para a representação no programa ATP, cada um dos diversos elementos do sistema elétrico foi modelado de acordo com a natureza do fenômeno que está em análise, ou seja, para altas frequências. Descreve-se a seguir os modelos adotados.

### 6.1. MODELO DAS SUBESTAÇÕES

#### 6.1.1 Barramentos Rígidos

Para os barramentos rígidos dos pátios de 500 kV das SEs Gilbués II e Barreiras II foram adotados 4 cabos CALA 2250 mcm “Manaus”, com espaçamentos de 45,7 cm [3 e 4].

#### 6.1.2 Barramentos Flexíveis

Os barramento flexíveis dos pátios de 500 kV das SEs Gilbués II e Barreiras II são compostos de 4 cabos Rail (954 mcm), com espaçamentos de 45,7 cm [3 e 4].

### 6.2. REPRESENTAÇÃO DAS LINHAS DE TRANSMISSÃO

As linhas de transmissão foram representadas por impedâncias de surto, tendo-se adotado os valores a seguir indicados:

Linha de Transmissão	Impedância de Surto ( $\Omega$ )
Miracema – Gilbués II – Barreiras II 500 kV	170

### 6.3. MODELOS DOS EQUIPAMENTOS DA SUBESTAÇÃO

Os equipamentos de 500 kV foram representados pela sua capacitância correspondente a resposta a um impulso de tensão tendo sido adotados, para cada um, os seguintes valores típicos:

- transformador de potencial capacitivo = 4,0 nF
- autotransformadores = 4,0 nF
- disjuntores = 0,1 nF
- chaves seccionadoras = 0,1 nF
- bobina de bloqueio = 0,05 nF
- transformadores de corrente = 0,5 nF

LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU	ATEXVI-SE-GE-016
ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II	REV. 0
	FOLHA 17 de 40

#### 6.4. DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

As descargas atmosféricas foram modeladas por fontes de tensão com a forma de onda apresentada na Figura 6.1. Assim, as descargas diretas nos condutores de fase foram representadas por uma fonte de tensão atrás de uma resistência cujo valor é igual à impedância de surto da linha. Esta resistência tem por objetivo fazer com que toda onda refletida da subestação não retorne à própria subestação.

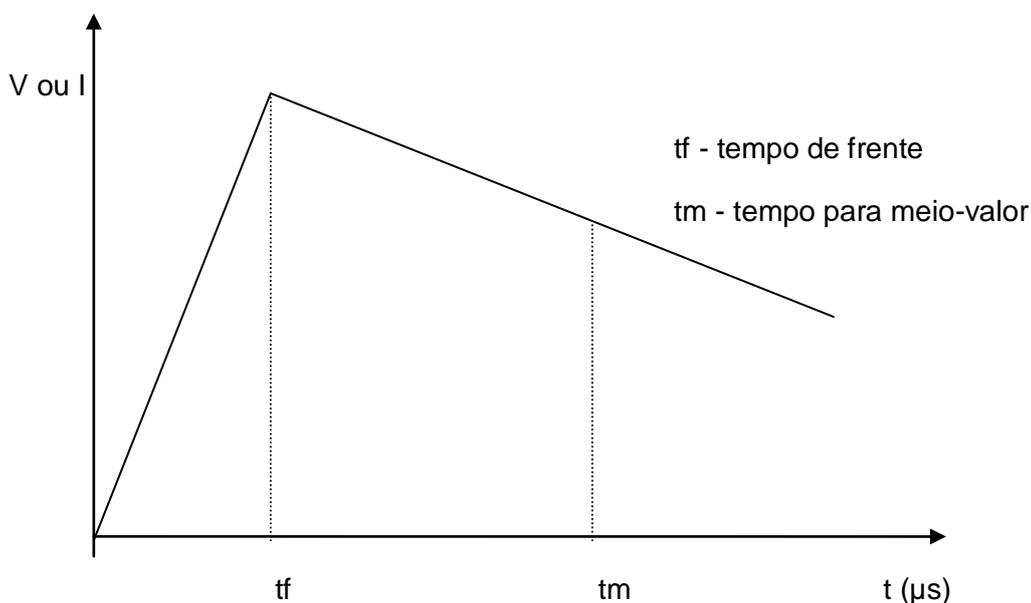


Figura 6.1 – Forma de Onda da Descarga Atmosférica

#### 6.5. PÁRA-RAIOS ZNO

Os pára-raios foram representados através de resistências não lineares variáveis com a tensão, utilizando o modelo 92 do programa ATP específico para modelagem de pára-raios ZnO. Os valores adotados para a tensão residual (característica V x I) são os seguintes:

Tabela 6.1.2 - Características V x I dos Pára-Raios - Curva 8/20 µs

I (kA)	Pára-Raios 420 kV
0,1	815
0,5	860
1,0	884
2,0	926
3,0	935
5,0	962
10,0	1004
20,0	1057
40,0	1152

LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU	ATEXVI-SE-GE-016
ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II	REV. 0
	FOLHA 18 de 40

Para representação do deslocamento da característica  $V \times I$  destes pára-raios em função de sobretensões com tempos de frente muito íngremes, considerou-se uma indutância equivalente em série com o elemento não-linear. Para cálculo desta indutância, adotou-se os valores de variação da tensão de descarga indicados pelo fabricante e sumarizados na Tabela 6.2.

**Tabela 6.1.2 - Variação da Tensão de Descarga dos Pára-Raios**

Corrente (kA)	Tempo de Frente ( $\mu$ s)	V (pu)	$\Delta V$ (pu)
3	$\infty$	1,37	-
	6	1,47	-
20	6	1,72	1,72-1,47=0,25
	$\infty$	1,37+0,25=1,62	-
	0,5	1,98	1,98-1,62=0,36

Os valores de indutância adotados foram os seguintes:

$$V = L \, di/dt \quad \implies \quad L = V / di/dt$$

Pára-raios de 420 kV:  $1 \text{ pu} = \sqrt{2} \times 420 \text{ kV} = 593,9 \text{ kV}$

$$V = 0,36 \text{ pu}$$

$$L = (0,36 \times 593,9) / (20 \text{ kA} / 0,5 \mu\text{s}) = 5,34 \mu\text{H}$$

LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU	ATEXVI-SE-GE-016
ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II	REV. 0
	FOLHA 19 de 40

## 7. METODOLOGIA

Neste item apresenta-se uma descrição sucinta da metodologia de cálculo adotada para o estudo de Coordenação de Isolamento das SEs Gilbués II 500 kV e Barreiras II 500 kV.

### 7.1. DESCRIÇÃO DO MÉTODO DE CÁLCULO

O método de cálculo do programa ATP para este tipo de estudo, baseia-se em ondas trapezoidais e integração trapezoidal. Desta forma, os elementos envolvidos no estudo de descargas atmosféricas (linhas de transmissão e distâncias de barramentos no interior da subestação) foram modelados por parâmetros distribuídos (com valores de impedância de surto, velocidade de propagação e comprimento), permitindo obter-se o comportamento das sobretensões ao longo do tempo em qualquer ponto de interesse no interior das SEs.

### 7.2. METODOLOGIA ADOTADA NO ESTUDO

A metodologia adotada para a realização do estudo consistiu na determinação das máximas sobretensões que podem ser esperadas no interior da subestação em função de ocorrência de descargas atmosféricas atingindo as linhas de transmissão de 500 kV.

Os cálculos realizados procuraram maximizar as sobretensões através da consideração das condições mais severas a que estes elementos estão sujeitos, incluindo a conjugação dos seguintes aspectos:

- máximas amplitudes para as descargas atmosféricas;
- maiores taxas de crescimento (kA/μs);
- locais mais críticos para a ocorrência da descarga;
- configurações mais pessimistas.

### 7.3. TIPOS DE EVENTOS ANALISADOS

Foram analisados os seguintes eventos:

- Descargas Diretas
- Descargas Indiretas

Para definição das amplitudes, tempos de frente e taxas de crescimento para as descargas atmosféricas foram adotados os valores recomendados pela referência [4] e apresentados nas Figuras 7.1 a 7.3.

#### 7.3.1 Descargas Diretas

Os estudos de descargas diretas consideraram a máxima corrente que poderia atingir os cabos fases diretamente. Considerando o modelo eletrogeométrico para as estruturas das LTs 500 kV Miracema – Gilbués II – Barreiras II, foi calculada a máxima corrente de descarga utilizando-se as seguintes expressões:

$$rS_{\text{máx}} = \frac{h + y}{2 * (1 - \text{sen } \theta_s)}$$

LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU	ATEXVI-SE-GE-016
ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II	REV. 0
	FOLHA 20 de 40

$$r_{s_{\text{máx}}} = 9,0 * (I_{\text{máx}})^{0,65}$$

- onde:  $r_{s_{\text{máx}}}$  = máxima distância de incidência  
 $h$  = altura do cabo pára-raios na torre  
 $y$  = altura do cabo de fase na torre  
 $\theta_s$  = ângulo de proteção entre os cabos pára-raios e o cabo fase  
 $I_{\text{máx}}$  = corrente máxima que incide no condutor de fase

Os cálculos foram realizados para as torres típicas, sendo a máxima corrente que pode atingir o cabo fase, tabelada a seguir:

LT	Distância de incidência (m)	Corrente de descarga (kA)	Tensão Máxima (kV) (1)
Miracema – Gilbués II – Barreiras II – Bom Jesus da Lapa II 500 kV	21,65	3,85	655

(1) com as impedâncias de surto indicadas no item 6.2

### 7.3.2 Descargas Indiretas

Os estudos de descargas indiretas têm por objetivo a análise das descargas de alta intensidade em uma das linhas de transmissão que aportam nas SEs.

O fenômeno associado às descargas indiretas pode ser descrito da seguinte forma:

Quando um raio atinge uma das torres de uma LT, é estabelecido um processo de propagação de ondas de tensão e corrente nos cabos pára-raios, nas torres próximas e nos sistemas de aterramento. A propagação do surto nos cabos pára-raios induz nos condutores de fase o aparecimento de tensões acopladas, através da relação de capacitâncias próprias e mútuas desses cabos.

Assim, a cadeia de isoladores, que é o ponto onde o isolamento entre os cabos pára-raios e os condutores é mais fraco, ficará sujeita à diferença entre a tensão no topo da torre e tensão induzida no condutor.

No caso de descargas atingindo os cabos pára-raios, a tensão atingirá valores maiores quanto maior for o afastamento em relação às torres, sendo, portanto o meio do vão o ponto de incidência que provoca as maiores tensões. Neste caso, a tensão à qual o isolamento em ar entre os cabos pára-raios e condutores ficará submetido, é consideravelmente maior do que a tensão à qual a cadeia de isoladores ficará submetida se uma descarga de mesma intensidade atingisse a torre. Entretanto, devido ao efeito corona, ocorre a distribuição da carga elétrica além da superfície do cabo, fazendo com que o seu raio efetivo seja maior e assim maior o acoplamento entre o cabo pára-raios e o condutor, reduzindo bastante a diferença de tensão entre ambos.

Para definição dos valores de sobretensão que podem incidir nas SEs Gilbués II e Barreiras II 500 kV, devido a descargas indiretas nas linhas de transmissão, adotou-se a

LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU	ATEXVI-SE-GE-016
ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II	REV. 0 FOLHA 21 de 40

máxima suportabilidade a impulso das cadeias de isoladores das LTs, que pode ser expressa por:

$$V_{sup} = CFO (1 + 3 \sigma)$$

sendo  $\sigma = 3\%$  (desvio padrão da suportabilidade à impulso)

Assim, os seguintes valores serão considerados:

$$\begin{aligned} \text{LTs 500 kV: CFO} &= 1955 \text{ kV} \\ V_{sup} &= 1955 \times (1 + 3 \times 0,03) = 2131 \text{ kV} \end{aligned}$$

Portanto, a máxima sobretensão que pode atingir as subestações é igual a 2131 kV para as SEs Gilbués II e Barreiras II 500 kV. Sobretensões de maior amplitude provocariam a interrupção do arco através das cadeias de isoladores das torres não possibilitando que as mesmas atinjam as subestações.

Estas sobretensões sofrem atenuação e distorção ao se propagarem em direção a subestação. A distorção indicada na literatura é de aproximadamente 1  $\mu$ s por cada quilometro percorrido [4]. No estudo, considerou-se descargas atmosféricas atingindo os cabos pára-raios ou as estruturas da LT nas proximidades das subestações, provocando o rompimento do arco através da cadeia de isoladores. Neste caso, o surto de tensão circulante nos cabos condutores teria como amplitude máxima o valor de suportabilidade da cadeia de isoladores e frente de onda inicial muito íngreme (praticamente um degrau). Até atingir a subestação o surto trafegante sofreria distorção de sua frente de onda provocada basicamente pelo efeito corona. Assim, a seguinte consideração foi adota:

Distância da descarga a SE (m)	Tempo de frente da sobretensão ao atingir a SE ( $\mu$ s)
1000	1,0

Como a amplitude das sobretensões devido a descargas indiretas que podem atingir as subestações é bem superior aquelas devido a descargas diretas, decidiu-se investigar somente as descargas indiretas.

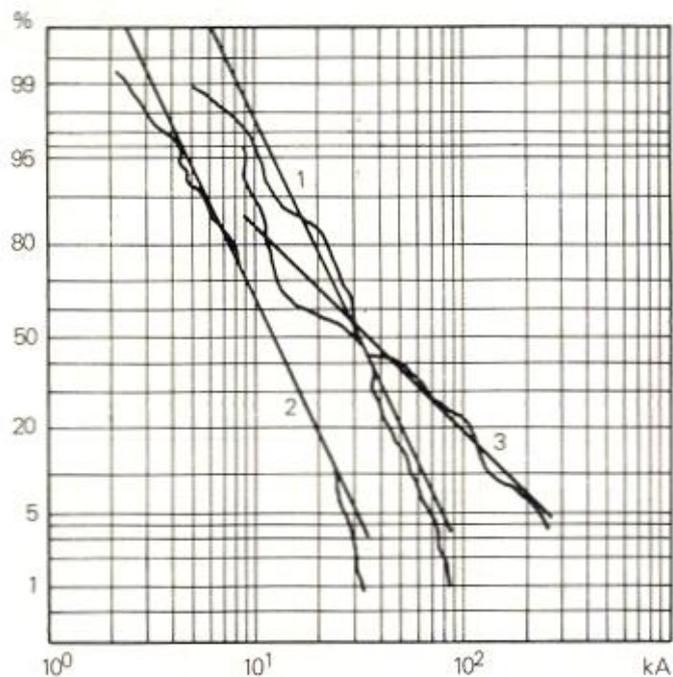
#### 7.4. CONFIGURAÇÕES ANALISADAS

Foram analisadas as configurações mais pessimistas para as subestações (em termos de número de elementos presentes), visando maximizar as sobretensões.

As a seguir relacionadas apresentam as diversas configurações consideradas para os setores de 500 kV das subestações em análise:

- SE Gilbués II 500 kV - Figuras 7.4 a 7.6
- SE Barreiras II 500 kV - Figuras 7.7 a 7.9

LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU	ATEXVI-SE-GE-016
ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II	REV. 0
	FOLHA 22 de 40



**Figura 7.1 – Distribuição de Correntes Máximas [3]**

- (1) – Primeiras descargas negativas
- (2) – Descargas negativas subsequentes
- (3) – Descargas positivas

<p>LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU</p>	<p>ATEXVI-SE-GE-016</p>
<p>ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II</p>	<p>REV. 0 FOLHA 23 de 40</p>

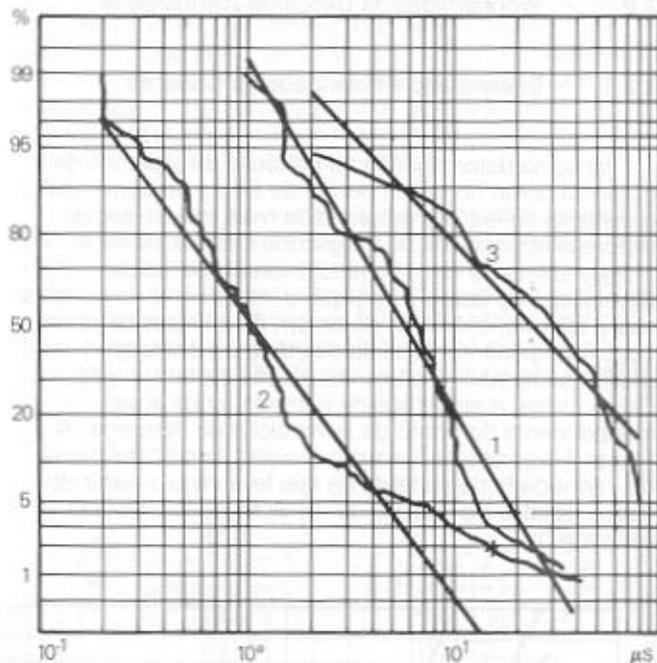


Figura 7.2 – Distribuição de Tempos de Crista [3]

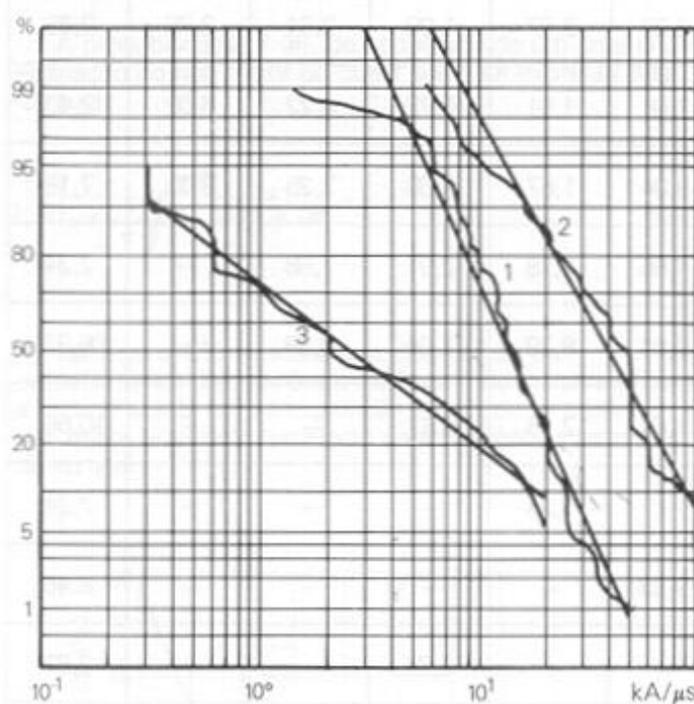
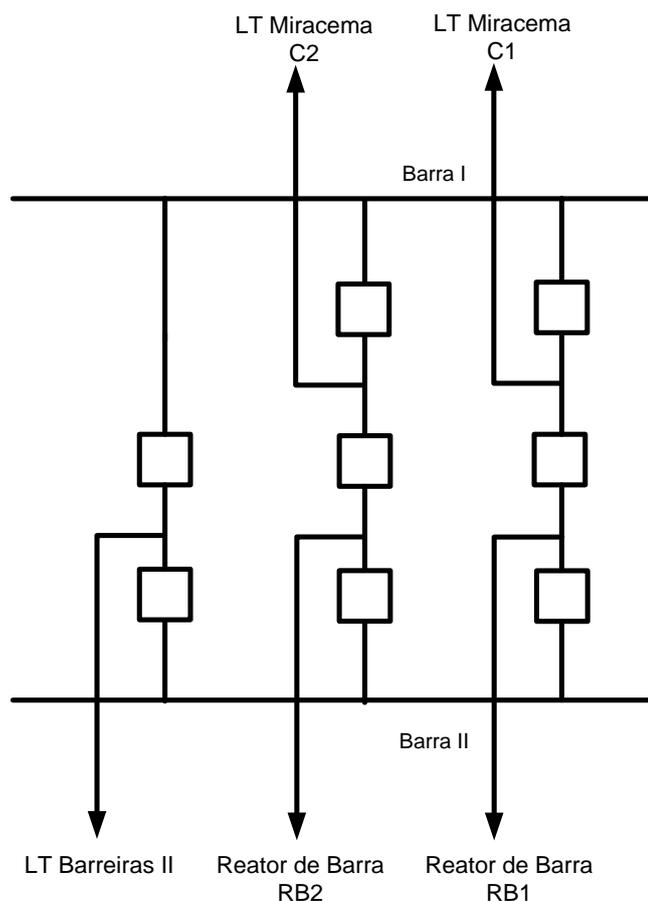


Figura 7.3 – Distribuição de Taxas de Crescimento [3]

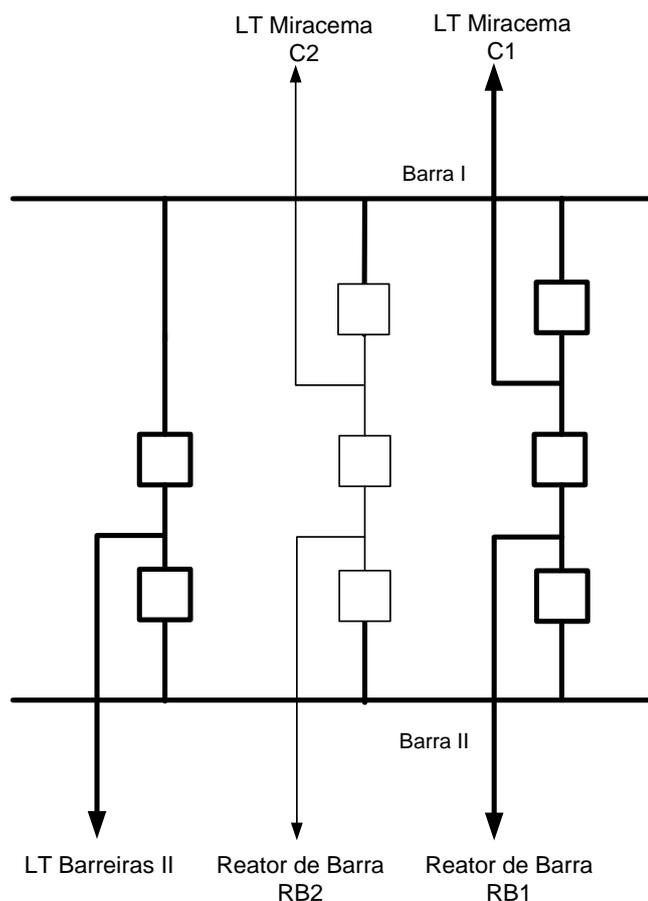
- (1) – Primeiras descargas negativas
- (2) – Descargas negativas subseqüentes
- (3) – Descargas positivas

LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU	ATEXVI-SE-GE-016
ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II	REV. 0
	FOLHA 24 de 40



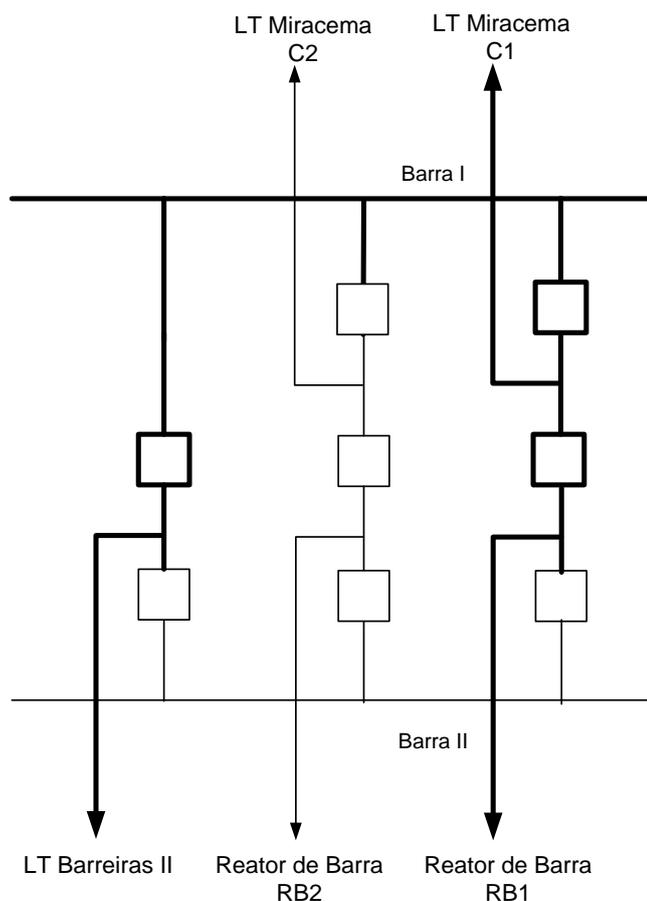
**Figura 7.4 – Subestação Gilbués II 500 kV – Configuração inicial prevista**

<p>LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU</p>	<p>ATEXVI-SE-GE-016</p>
<p>ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II</p>	<p>REV. 0 FOLHA 25 de 40</p>



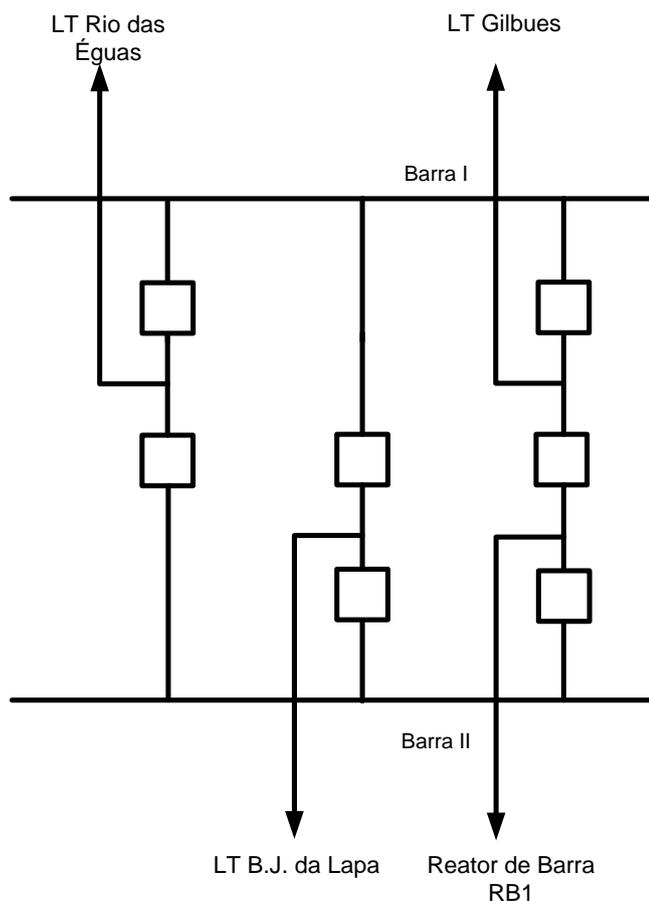
**Figura 7.5 – Subestação Gilbués II 500 kV – Configuração sem a LT Miracema C2 e sem o Reator de Barra RB2**

<p>LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU</p>	<p>ATEXVI-SE-GE-016</p>
<p>ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II</p>	<p>REV. 0</p>
	<p>FOLHA 26 de 40</p>



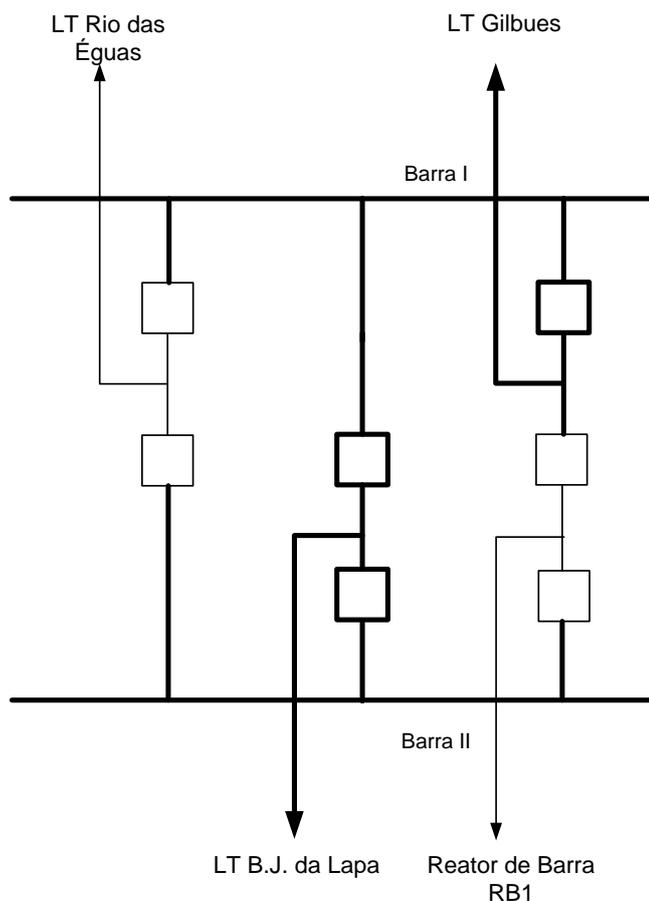
**Figura 7.6 – Subestação Gilbués II 500 kV – Configuração sem a LT Miracema C2 e sem o Reator de Barra RB2 e sem a Barra B**

<p>LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU</p>	<p>ATEXVI-SE-GE-016</p>
<p>ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II</p>	<p>REV. 0 FOLHA 27 de 40</p>



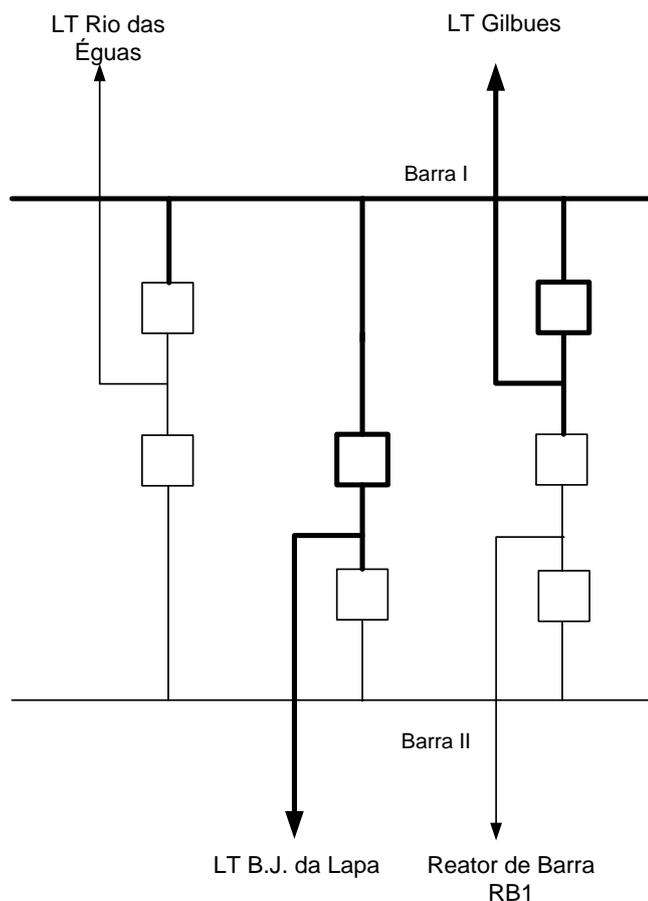
**Figura 7.7 – Subestação Barreiras II 500 kV – Configuração inicial prevista**

<p>LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU</p>	<p>ATEXVI-SE-GE-016</p>
<p>ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II</p>	<p>REV. 0 FOLHA 28 de 40</p>



**Figura 7.8 – Subestação Barreiras II 500 kV – Configuração sem reator de barra e sem a LT Rio das Éguas**

<p>LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU</p>	<p>ATEXVI-SE-GE-016</p>
<p>ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II</p>	<p>REV. 0 FOLHA 29 de 40</p>



**Figura 7.9 – Subestação Barreiras II 500 kV – Configuração sem reator de barra, sem a LT Rio das Éguas e sem a Barra II**

<p>LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU</p>	<p>ATEXVI-SE-GE-016</p>
<p>ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II</p>	<p>REV. 0</p>
	<p>FOLHA 30 de 40</p>

## 8. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste item são apresentados os resultados encontrados para as sobretensões no interior das SEs Gilbués II 500 kV e Barreiras II 500 kV.

### 8.1. SE GILBUÉS II 500 KV

Para a configuração inicial da SE Gilbués II 500 kV (vide Figura 7.4), foram investigadas as descargas indiretas atingindo a LT 500 kV Miracema - Gilbués II. A Tabela 8.1 apresenta os resultados das máximas sobretensões.

As sobretensões máximas encontradas foram iguais a 1137 kV nos terminais de entrada da LT Miracema (TPC), 1341 kV nos reatores de linha e 1081 kV nos barramentos. A Figura 8.1 apresenta a forma de onda destas sobretensões.

#### 8.1.1 Influência da Tensão de Frequência Industrial

Para as mesmas configurações analisadas anteriormente foram processadas simulações considerando o surto de tensão ocorrendo em instantes de tensão máxima (ou mínima) a frequência industrial. Na Tabela 8.2 apresenta-se a avaliação efetuada para determinação da influência de se considerar a tensão de frequência industrial (60 Hz) no instante da ocorrência do surto atmosférico para descargas indiretas atingindo a LT 500 kV Miracema - Gilbués II.

Os valores máximos para os equipamentos associados à entrada de linha atingiram: 1200 kV no TPC da LT Miracema, 1453 kV nos reatores e 1144 kV nos equipamentos associados aos barramentos. As Figuras 8.2 e 8.3 apresentam estas sobretensões com e sem a superposição da frequência industrial.

LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU	ATEXVI-SE-GE-016
ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II	REV. 0
	FOLHA 31 de 40

## 8.2. SE BARREIRAS II 500 KV

Para a configuração inicial da SE Barreiras II kV (vide Figura 7.7), foram investigadas as descargas indiretas atingindo a LT 500 kV Gilbués II – Barreiras II. A Tabela 8.3 apresenta os resultados das máximas sobretensões.

As sobretensões máximas encontradas foram iguais a 1137 kV nos terminais de entrada da LT Gilbués (TPC), 1222 kV nos barramentos e 1341 kV nos reatores. A Figura 8.4 apresenta a forma de onda destas sobretensões.

### 8.2.1 Influência da Tensão de Frequência Industrial

Para as mesmas configurações analisadas anteriormente foram processadas simulações considerando o surto de tensão ocorrendo em instantes de tensão máxima (ou mínima) a frequência industrial. Na Tabela 8.4 apresenta-se a avaliação efetuada para determinação da influência de se considerar a tensão de frequência industrial (60 Hz) no instante da ocorrência do surto atmosférico para descargas indiretas atingindo a LT 500 kV Gilbués – Barreiras II.

As sobretensões máximas encontradas atingiram: 1201 kV no TPC da LT Gilbués, 1453 kV junto ao reator da LT Gilbués (caso 2) e 1326 kV nos equipamentos associados aos barramentos (caso 4). As Figuras 8.5 e 8.6 apresentam estas sobretensões com e sem a superposição da frequência industrial.

LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU	ATEXVI-SE-GE-016
ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II	REV. 0
	FOLHA 32 de 40

**Tabela 8.1 - SE Gilbués II 500 kV – Sobretensões Máximas Encontradas**  
**Descargas Indiretas nas LTs 500 kV**

Caso	Local de Descarga	Tempo de Frente ( $\mu$ s)	Configuração da Subestação		Vão de Linha		Barramentos		Cap. Serie	Reatores	Figuras
			Descrição	Figura	LT Miracema	Demais LTs	Barra 1	Barra 2			
1	LT Miracema	1,0	Completa Inicial	7.4	1137	823	976	999	1133	1341	8.2
2	LT Miracema	1,0	Configuração sem a LT Miracema C2 e sem o Reator de Barra RB2	7.5	1137	853	1081	1081	1213	1341	8.1
3	LT Miracema	1,0	Configuração sem a LT Miracema C2 e sem o Reator de Barra RB2 e sem a Barra B	7.6	1137	832	1027	--	1345	1341	

**Tabela 8.2 - SE Gilbués II 500 kV – Sobretensões Máximas Encontradas**  
**Descargas Indiretas nas LTs 500 kV**  
**Considerando a Tensão à Frequência Fundamental (60 Hz)**

Caso	Local de Descarga	Tempo de Frente (µs)	Tensão de 60 Hz	Configuração da Subestação		Vão de Linha		Barramentos		Cap. Serie	Reatores	Figuras
				Descrição	Figura	LT Miracema	Demais LTs	Barra 1	Barra 2			
1	LT Miracema	1,0	+1 pu	Completa Inicial	7.4	1200	816	922	965	1100	1185	8.2
2			-1 pu			1025	819	978	979	1090	1453	8.2
3	LT Miracema	1,0	+1 pu	Configuração sem a LT Miracema C2 e sem o Reator de Barra RB2	7.5	1200	836	1051	1009	1126	1185	
4			-1 pu			1025	881	1118	1144	1264	1453	8.3
5	LT Miracema	1,0	+1 pu	Configuração sem a LT Miracema C2 e sem o Reator de Barra RB2 e sem a Barra B	7.6	1200	823	1002	--	1225	1185	
6			-1 pu			1025	841	1076	--	1415	1453	

LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU	ATEXVI-SE-GE-016
ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II	REV. 0
	FOLHA 34 de 40

**Tabela 8.3 - SE Barreiras II 500 kV – Sobretensões Máximas Encontradas**  
**Descargas Indiretas nas LTs 500 kV**

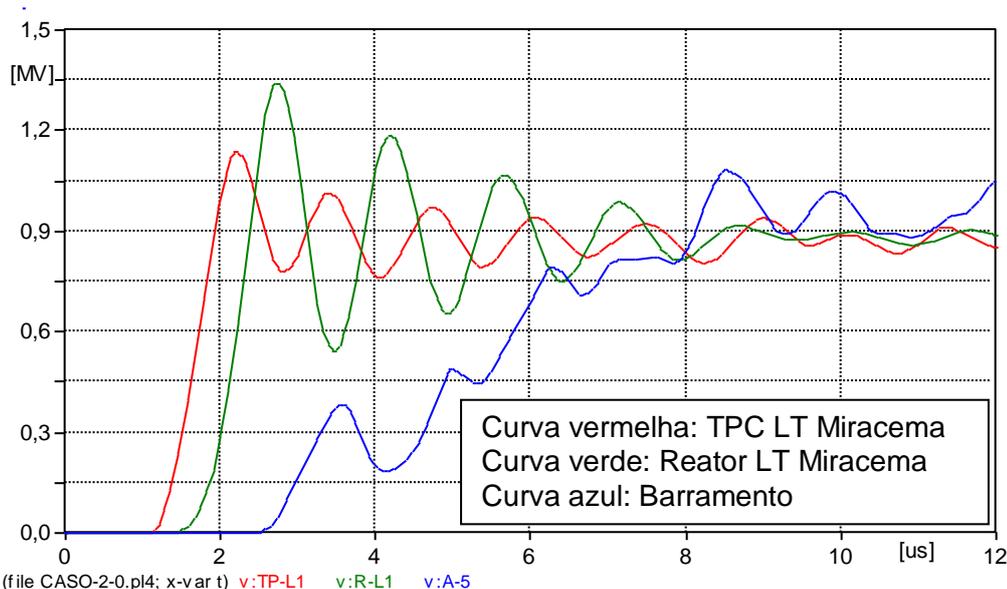
Caso	Local de Descarga	Tempo de Frente ( $\mu$ s)	Configuração da Subestação		Vão de Linha		Barramentos		Reatores	Figuras
			Descrição	Figura	LT Gilbués	LT B.J.Lapa	Barra 1	Barra 2		
1	LT Gilbués	1,0	Completa inicial	7.7	1137	837	977	936	1341	8.5
2	LT Gilbués	1,0	Configuração sem reator de barra e sem a LT R. das Éguas	7.8	1137	864	1222	1065	1341	8.4
3	LT Gilbués	1,0	Configuração sem reator de barra, sem LT R.Éguas e sem a Barra II	7.9	1137	852	1067	--	1341	

LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU	ATEXVI-SE-GE-016
ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II	REV. 0
	FOLHA 35 de 40

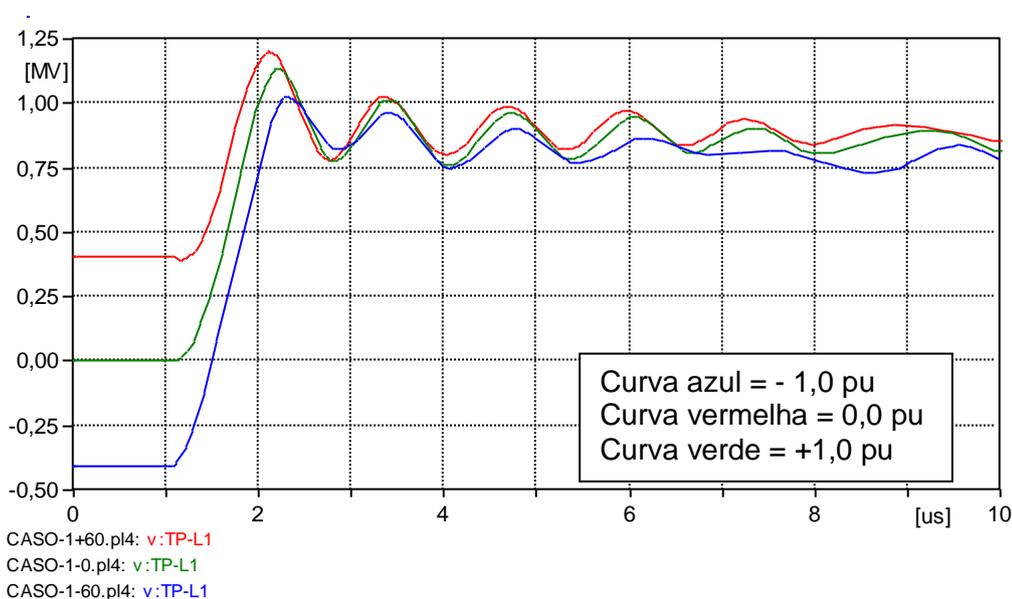
**Tabela 8.4 - SE Barreiras II 500 kV – Sobretensões Máximas Encontradas**  
**Descargas Indiretas nas LTs 500 kV**  
**Considerando a Tensão à Frequência Fundamental (60 Hz)**

Caso	Local da descarga	Tempo de Frente (µs)	Tensão de 60 Hz	Configuração da Subestação		Vão de Linha		Barramentos		Reatores	Figuras
				Descrição	Figura	LT Gilbués	LT B.J. Lapa	Barra 1	Barra 2		
1	LT Gilbués	1,0	+1 pu	Completa futura	7.7	1200	824	918	916	1185	8.5
2			-1 pu			1025	812	966	956	1453	8.5
3	LT Gilbués	1,0	+1 pu	Configuração sem reator de barra e sem a LT R. das Éguas	7.8	1201	847	1089	1018	1185	
4			-1 pu			1025	871	1326	1183	1453	8.6
5	LT Gilbués	1,0	+1 pu	Configuração sem reator de barra, sem LT R.Éguas e sem a Barra II	7.9	1201	843	1027	--	1185	
6			-1 pu			1025	861	1130	--	1453	

<p>LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO</p> <p>MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU</p>	<p>ATEXVI-SE-GE-016</p>
<p>ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II</p>	<p>REV. 0</p> <p>FOLHA 36 de 40</p>

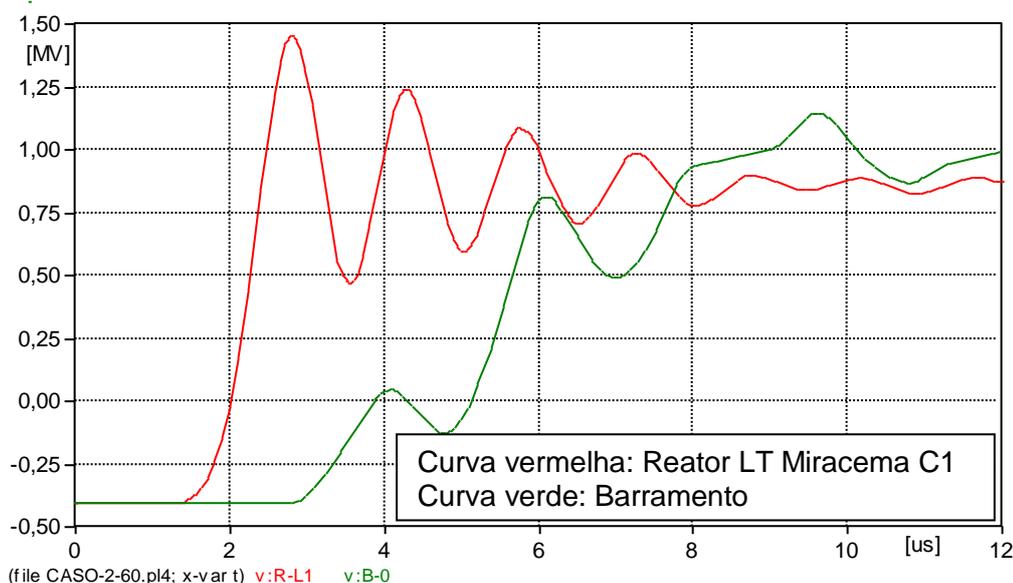


**Figura 8.1 – SE Gilbués II 500 kV – Descarga Indireta na LT Miracema C1  
Configuração sem a LT Miracema C2 e sem o Reator de Barra RB2  
Máximas sobretensões encontradas**

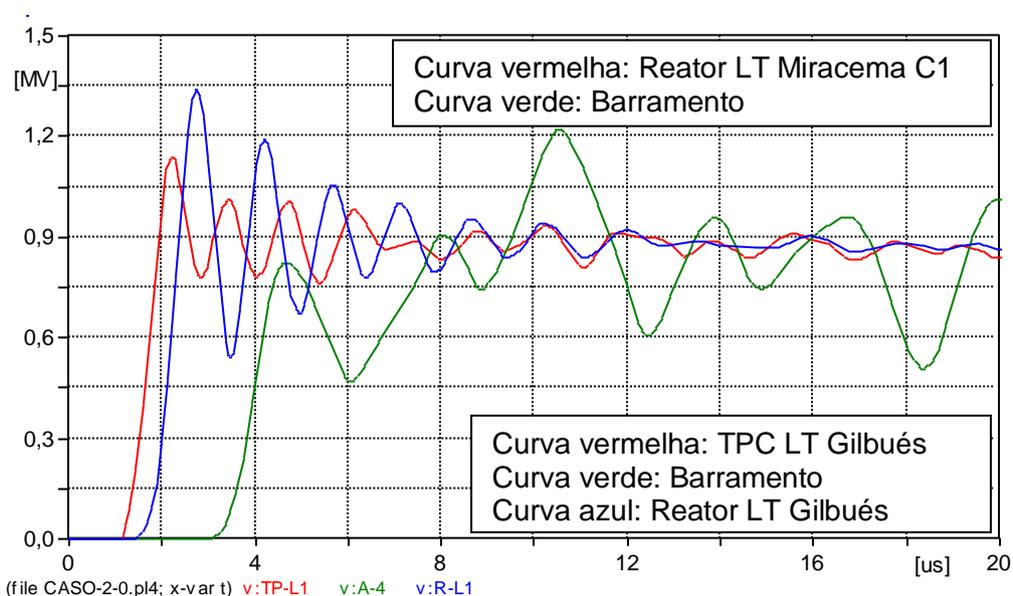


**Figura 8.2 – SE Gilbués II 500 kV – Descarga Indireta na LT Miracema C1  
Configuração completa  
Tensão no TPC da LT Miracema C1  
Com tensão à frequência fundamental superposta**

LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU	ATEXVI-SE-GE-016
ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II	REV. 0
	FOLHA 37 de 40

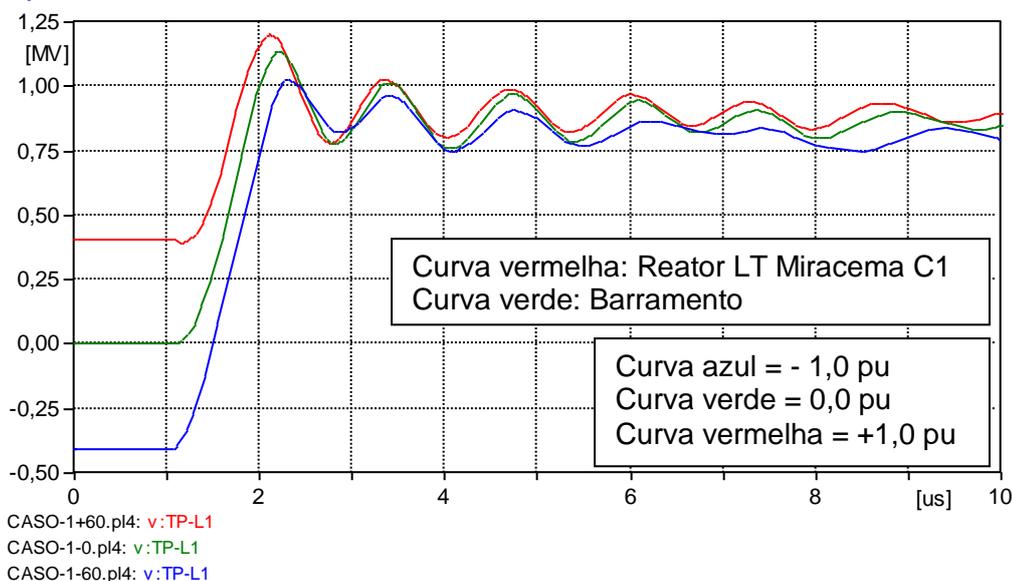


**Figura 8.3 – SE Gilbués II 500 kV – Descarga Indireta na LT Miracema C1**  
**Configuração sem a LT Miracema C2 e sem o Reator de Barra RB2**  
**Máximas sobretensões encontradas**  
**Com tensão à frequência fundamental superposta**

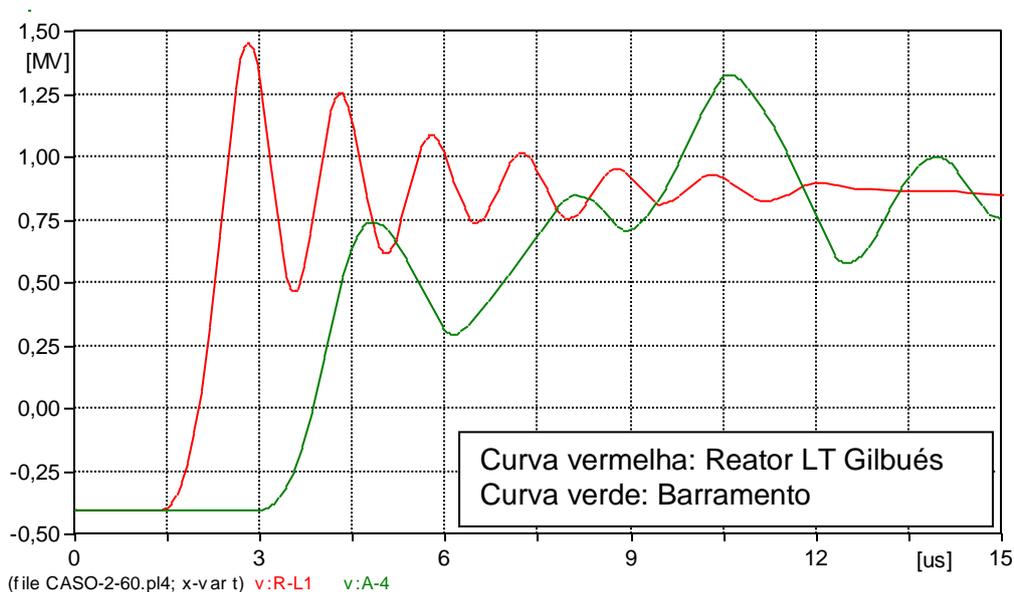


**Figura 8.4 – SE Barreiras II 500 kV – Descarga Indireta na LT Gilbués**  
**Configuração sem reator de barra e sem a LT Rio das Éguas**  
**Máximas sobretensões encontradas**

LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU	ATEXVI-SE-GE-016
ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II	REV. 0
	FOLHA 38 de 40



**Figura 8.5 – SE Barreiras II 500 kV – Descarga Indireta na LT Gilbués**  
**Configuração completa**  
**Tensão no TPC da LT Gilbués**  
**Com tensão à frequência fundamental superposta**



**Figura 8.6 – SE Barreiras II 500 kV – Descarga Indireta na LT Gilbués**  
**Configuração sem reator de barra e sem a LT Rio das Éguas**  
**Máximas sobretensões encontradas**  
**Com tensão à frequência fundamental superposta**

LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU	ATEXVI-SE-GE-016
ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II	REV. 0
	FOLHA 39 de 40

**9. REFERÊNCIAS**

- [1] - K. Berger, R.B. Anderson and H. Kroningh – “Parameters of Lightning Flashes” – Electra nº 41, July 1975.
- [2] - C.Fonseca e outros – “Transitórios Elétricos e Coordenação de Isolamento”, editora UFF, 1987.
- [3] - Dimensionamento do Barramento da SE Gilbués II – relatório ATEXVI-SE-GE-018.
- [4] - Dimensionamento do Barramento da SE Barreiras II – relatório ATEXVI-SE-GE-019.

LEILÃO ANEEL 007/2012 – LOTE A – SUBESTAÇÕES - PROJETO BÁSICO MIRACEMA - GILBUÉS II - BARREIRAS II - BOM JESUS DA LAPA II – IBICOARA - SAPEAÇU	ATEXVI-SE-GE-016
ESTUDO DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS SUBESTAÇÕES DE GILBUÉS II E BARREIRAS II	REV. 0
	FOLHA 40 de 40