



**SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

GLT - 12  
16 a 21 Outubro de 2005  
Curitiba - Paraná

**GRUPO III  
GRUPO DE ESTUDO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO - GLT**

**SERVIÇOS INÉDITOS DE RECAPACITAÇÃO E REVITALIZAÇÃO EM LT 230 KV DE CIRCUITO DUPLO  
VERTICAL COM A LT ENERGIZADA**

**Adelmo Tabosa Campos \***

**CHESF**

**Antônio Pessoa Neto**

**CHESF**

**Oswaldo Regis**

**CHESF**

**RESUMO**

Os estudos de sistemas realizados para viabilizar a inserção de uma usina térmica, ao considerar a conexão deste empreendimento à rede básica, identificaram fluxos de potência acima dos limites de carregamento de duas linhas de transmissão em 230 kV do sistema existente. Estas linhas, dispostas em circuito duplo vertical, interligam as subestações de Recife II e Pirapama II, com extensão de 27,7 km por circuito.

Dentre as soluções vislumbradas estavam a construção de um novo circuito em 230 kV, ou a recapacitação dos circuitos existentes, sendo esta última alternativa considerada mais favorável. Os estudos apontaram a necessidade de um aumento da capacidade de transmissão de 232 MW para 360 MW, o que corresponde ao aumento da corrente de 583 A para 905 A, isto por circuito. Para atender ao critério de contingência foram recapacitados os dois circuitos desta LT.

Este Informe Técnico apresenta os estudos e as premissas adotadas, os critérios de projeto, a metodologia dos trabalhos e a avaliação dos custos envolvidos na recapacitação. Ressalta-se que a possibilidade de desligamentos de qualquer uma das linhas para a realização das atividades era muito restrita.

**PALAVRAS-CHAVE**

Recapacitação, ampacidade, clearance, revitalização

**1.0 - INTRODUÇÃO**

A UTE TermoPernambuco, através da Resolução ANEEL n.º 553/00, recebeu autorização para se estabelecer como Produtor Independente de Energia Elétrica (PIE), mediante implantação de uma central termelétrica na área industrial sul, que inclui o Porto de Suape, do estado de Pernambuco.

Foi definido que o referido empreendimento teria sua instalação localizada em Suape, com a previsão de uma potência bruta total de 510 MW, composta de 3 unidades geradoras sendo 2 geradores acoplados a turbinas a gás, com potência de 161 MW cada conjunto, e 1 gerador acoplado a turbinas a vapor com potência de 188 MW.

A integração da central termelétrica à Rede Básica foi prevista, e implantada, para ser realizada através de um circuito duplo na tensão de 230 kV, com aproximadamente 16,7 km conectando-se à Subestação Pirapama II da CHESF.

A capacidade de transmissão desta conexão até a Rede Básica foi projetada pelo PIE para 540 MW, por circuito,

\* Rua Delmiro Gouveia, 333 Bloco C Sala 235 - CEP 50761-901 - Recife - PE - BRASIL  
Tel.: (81) 3229.3028 - Fax: (81) 3229.2927 - e-mail: adelmo@chesf.gov.br

para atender ao critério de contingência simples de um dos circuitos, sem restrições na capacidade de geração.

Os fluxos de potência inicialmente vinham da malha principal da CHESF, saindo da SE Recife II na direção da SE Pirapama II. Com a entrada em operação da central termelétrica a direção do fluxo se inverteria, causando inclusive sobrecarga em linhas da Rede Básica.

## 2.0 ESTUDOS DE SISTEMAS PARA A REDE BÁSICA

No cenário inicial apresentado na figura 1, anterior à instalação da central termelétrica, a Subestação Pirapama II 230 kV era a principal fonte de atendimento à área industrial sul de Pernambuco e às cargas tradicionais de vários municípios circunvizinhos.

Esta Subestação Pirapama II está ligada à malha principal de 230 kV / 500 kV da Chesf, na Subestação Recife II, de onde vinha o fluxo de potência, através de linha em circuito duplo 230 kV, com extensão de 27,7 km e capacidade definida em projeto original de 232 MW por circuito.

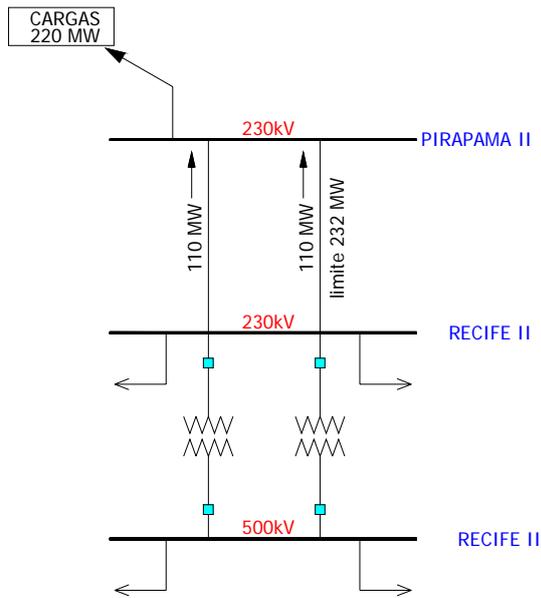


FIGURA 1 – Cenário anterior à instalação da central termelétrica: regime de operação normal, condição de carga pesada.

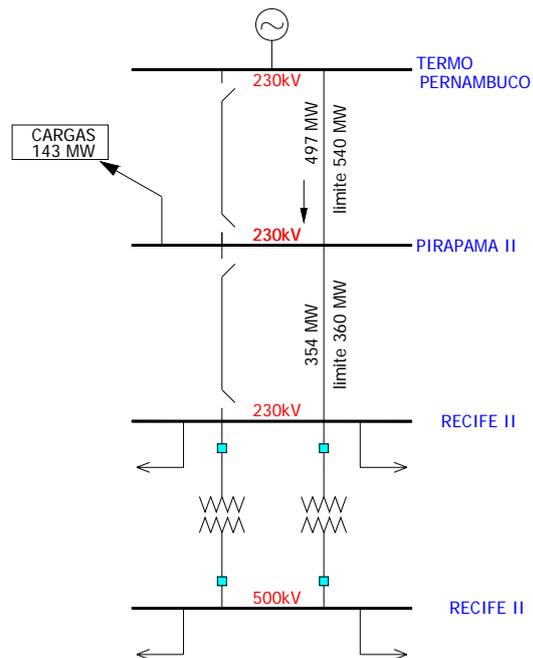


FIGURA 2 – Cenário posterior à instalação da central termelétrica: carga leve e regime de operação em contingência.

Com a entrada em operação da central termelétrica, a potência gerada seria entregue no ponto de conexão na SE Pirapama II, e parte dessa potência seria distribuída localmente na própria área das cargas já atendidas por esta SE. A potência excedente seria então transmitida pela linha antiga até a SE Recife II, causando então uma inversão nos fluxos.

A tabela 1 apresenta as potências envolvidas, e o fluxo resultante previsto para a linha Recife II – Pirapama II.

TABELA 1 – Fluxos de potências envolvidos no estudo da recapacitação

Potência Carga/Geração	Carga Máxima	Carga Média	Carga Leve
	MW	MW	MW
Geração Líquida da TermoPernambuco	497	497	497
Carga atendida pela SE Pirapama	236	223	143
Fluxo líquido na LT Recife II- Pirapama II (direção Recife)	261	274	354

Verifica-se que a condição de maior carga na linha é a condição de carga leve, pois como seria menor o consumo

local em Pirapama II , maior o fluxo que sobra para ser transportado para Recife II.

A figura 2 mostra o novo cenário, com a central termelétrica operando, na condição mais severa, ou seja, de carga leve e com a contingência de um circuito Recife II – Pirapama II.

Verifica-se que haveria sobrecarga no circuito remanescente em operação. As análises indicaram então a necessidade de um reforço no corredor Recife II – Pirapama II para propiciar o escoamento de toda potência da usina térmica. O aumento da capacidade de transmissão desse corredor poderia ser atendido pela construção de uma nova linha de transmissão de 230 kV ou pela recapacitação das linhas existentes.

A recapacitação de cada um dos dois circuitos da LT 230 kV Recife II – Pirapama II, apresentou a vantagem de reduzir os investimentos e os tempos necessários para licenciamentos e execução do empreendimento, uma vez que não será necessário uma nova faixa de passagem nem a importação de novas entradas de linhas nas SE's.

O ONS através do Parecer de Acesso, recomendou então que para conexão da UTE TermoPernambuco ao sistema de transmissão da Rede Básica, fosse implantada a recapacitação dos dois circuitos 230 kV Pirapama II - Recife II, garantindo um limite para carregamento diurno de 360 MW em cada circuito. Dessa forma, no horizonte estudado, considerando a integração da UTE e a recapacitação dos dois circuitos 230 kV Pirapama II - Recife II, o sistema terá capacidade de suportar todas as contingências simples na Rede Básica, na condição de carga máxima, média e mínima. Vale ressaltar que a opção pela instalação de mais uma LT, além de maiores custos prazos e impacto ambiental, levaria com o passar do tempo a ociosidade do corredor, pois o excedente de energia da UTE será progressivamente absorvido pelo pólo industrial da região, transformando a curva de carga nas linhas em um valor decrescente ano a ano.

### 3.0 ASPECTOS DE PROJETO

#### 3.1 Definições do projeto básico e executivo

Para subsidiar os projetos básico e executivo foram realizados estudos topográficos e levantamentos das condições físicas da LT. A partir dessas informações, foram definidas as premissas e soluções a serem adotadas na recapacitação e na elaboração das especificações técnicas dos materiais e serviços.

As soluções adotadas estão resumidas a seguir:

- O aumento da capacidade de transmissão resultou na elevação da temperatura de projeto do condutor de 60°C para 85°C, obtendo-se as distâncias de segurança, através da substituição de estruturas, que foram implantadas a 10m de distancia das existentes, no mesmo eixo da LT, sendo necessário à substituição de 18 estruturas de um total de 62.
- A distância mínima condutor-solo sobre canaviais foi adotada igual a 10 m, devido às queimadas em época de colheita; nos demais locais esta altura foi de 8 m, sendo ainda, observadas as distâncias de norma nas travessias. Os valores mínimos antes da recapacitação estavam limitadas a 7,0 m.
- Tendo em vista o aumento da corrente, foram feitas adequações das conexões existentes aos novos limites térmicos do cabo condutor (85 °C), através da colocação de reparos pré-formados sobre as emendas à compressão dos cabos condutores e instaladas pontes elétricas redundantes (safenas) nos grupos de ancoragem.
- Todas as fundações das novas estruturas foram do tipo tubulão de concreto armado.
- Os cabos pára-raios existentes EAR e Allumoweld foram substituídos por Dotterel, para adequação aos novos valores de curto circuito.
- Os cabos condutores foram preservados.

#### 3.2 Tensões mecânicas nos cabos condutores

O projeto buscou manter as trações existentes nos cabos condutores. No caso de haver diminuição das trações as flechas aumentariam provocando ocorrências de cabo baixo, e no caso de haver aumento das trações aumentaríamos os risco de danos físicos aos cabos, por serem antigos e já estão bastante tensionados e fragilizados, pois estão instalados há mais de 30 anos.

A substituição das estruturas resultou em alterações de altura e desnível dos vãos e conseqüentemente os parâmetros das respectivas catenárias.

Com alterações dos vãos e das alturas das estruturas as trações foram modificadas para mais ou para menos dependendo da condição de instalação do vão.

Com a finalidade de manter os cabos nas trações originais, foram elaborados estudos, baseados nos levantamentos topográficos, onde se definiu, por vão e por tramo, o comprimento do segmento de cabo a ser inserido ou suprimido.

Para subsidiar esses estudos foram elaborados levantamentos topográficos do posicionamento dos cabos nos vãos, para cálculos das trações existentes. Os comprimentos dos segmentos de cabo, a inserir ou a suprimir, variaram de 15 cm a 150 cm por tramo.

### 3.3 Aumento de confiabilidade

Para aumentar o nível de confiabilidade foram introduzidas as melhorias descritas a seguir:

- Suportabilidade ao curto-circuito, através da substituição dos dois cabos pára-raios existentes *EAR 3/8"* e *Allumoweld 3#7AWG* pelo cabo CAA *Dotterel*, aumentado a suportabilidade da LT até o nível de 50 kA.
- Todas as cadeias de suspensão foram substituídas por cadeias novas com grampos tipo AGS, a substituição dos grampos convencionais por grampos AGS melhorou as condições de fixação dos cabos, eliminando os esforços concentrados e deformações, atenuando e distribuindo as micro-flexões devidas as vibrações eólicas.
- Os amortecedores dos tipos *Bretelle* e *Stockbridge* simétricos de duas frequências com média de 35 anos de uso foram substituídos por um novo sistema do tipo *Stockbridge* assimétrico de quatro frequências.
- A LT está situada em zona litorânea e alguns componentes estruturais estavam bastante corroídos e tiveram que ser substituídos e outros foram pintados, além de pintura total em algumas estruturas, foram também trocados todos os parafusos, porcas, arruelas e palnuts que apresentavam danos perceptíveis.
- Na LT existiam algumas cadeias do tipo falsa ancoragem, solução adotada no passado, para correção de cabo baixo, essas cadeias foram alteradas para cadeias de suspensão normais e as estruturas substituídas por outras mais altas.
- Com o aumento da altura limite cabo-solo de 7 m para 10 m sobre o canavial, os riscos de desligamento por queimadas foram reduzidos.
- As emendas dos cabos condutores foram reforçadas através da aplicação de luvas pré-formadas sobre as emendas existentes.
- A circulação de corrente nos grampos de ancoragem dos cabos condutores foram atenuados, com aplicação de jumpers divisores de corrente.

### 4.0 ASPECTOS DE CONSTRUÇÃO

A maioria dos serviços de substituição e inserção de componentes, inclusive montagem das novas estruturas, estão abaixo descritas com as respectivas metodologias utilizadas na execução dos serviços.

Os serviços que ofereciam riscos elétricos foram aqueles executados com um circuito desenergizado e outro circuito energizado. Tal situação ocorreu exclusivamente aos sábados e domingos das 05h00min às 17h00min.

Os serviços realizados com os dois circuitos energizados foram: execução das fundações tipo tubulão (Figuras 3 e 8), aterramentos, montagem das estruturas até o tronco reto, sem as mísulas, pintura de estruturas, substituição de componentes danificados das estruturas, desmontagem das estruturas antigas sem as mísulas. Esses serviços foram realizados de segunda a sexta-feira.

Os serviços realizados no circuito C1 desligado e o circuito C2 ligado, nos sábados, foram:

1. montagem das mísulas nas novas estruturas (Figura 6);
2. desmontagem das mísulas nas estruturas eliminadas;
3. substituição das cadeias de suspensão;
4. inserção ou supressão de segmentos de cabos condutores, usando emendas pré-formadas (Figuras 8 e 10);
5. transferência dos cabos condutores das estruturas eliminadas para as novas estruturas (Figura 8);
6. aplicação de reforços através de luvas pré-formadas sobre as emendas existentes (Figura 10);
7. aplicação de jumpers divisores de corrente nos grampos de ancoragem (Figura 7);
8. substituição dos grampos de suspensão convencionais por grampos AGS;
9. regrampeamento dos cabos nos tramos;
10. substituição dos amortecedores dos cabos condutores;
11. substituição total dos cabos pára-raios de aço *EAR 3/8"* e *Allumoweld* por CAA *Dotterel*, constando basicamente de lançamento dos cabos, flechamento, fixação com grampos de compressão, emendas pré-formadas, grampeamento e aplicação de amortecedores *stockbridge*;
12. recuperação das cadeias de ancoragem.

Serviços semelhantes foram realizados nos domingos no circuito C1 ligado e o circuito C2 desligado.

Os serviços foram realizados com tecnologia bastante simples, partes das estruturas eram pré-montadas no canteiro de obras e transportadas para o campo.

A concretagem das fundações eram executadas estando a parte inferior da estrutura já montada (Figura 4), observa-se na Figura 2, a comparação entre a fundação em tubulão adotada atualmente pela CHESF e a fundação antiga em grelha.

Na montagem das estruturas, partes pré-montadas eram suspensas lateralmente, outras partes menores eram içadas pelo interior da estrutura, através de mastro, puxadas manualmente ou por trator (Figura 5 e 8).

Quando não era possível pelo interior da estrutura o içamento era longitudinal à linha entre as fases (Figura 6).

Para a inserção ou supressão de segmentos de cabos, trocas das cadeias e grampos, foram utilizadas roldanas nas mísulas para descer o cabo até o solo com cordas puxadas por trator (Figura 8).

Os cabos eram cortados e eram aplicadas emendas pré-formadas para recomposição dos cabos (Figura 10).

Obteve-se o seguinte rendimento médio:

1. a montagem de uma estrutura a partir do quadro da base até o topo do tronco reto, com LT energizada, era realizada em um dia, com uma equipe de aproximadamente 10 pessoas;
2. a transferência de cabo completa em 3 estruturas, nos dois circuitos, era realizada em um fim de semana, com 3 equipes de aproximadamente 10 pessoas cada equipe.

Quanto da necessidade de aumento de comprimento de cabo, quando o valor permitia colocou-se tensores, ou espaçadores ou até dois isoladores nas cadeias de ancoragem ao invés de cortar e emendar os cabos (Figura 9).



FIGURA 3 – Comparação entre fundações



FIGURA 4 - Montagem quadro da base e concretagem



FIGURA 5 - Montagem das estruturas

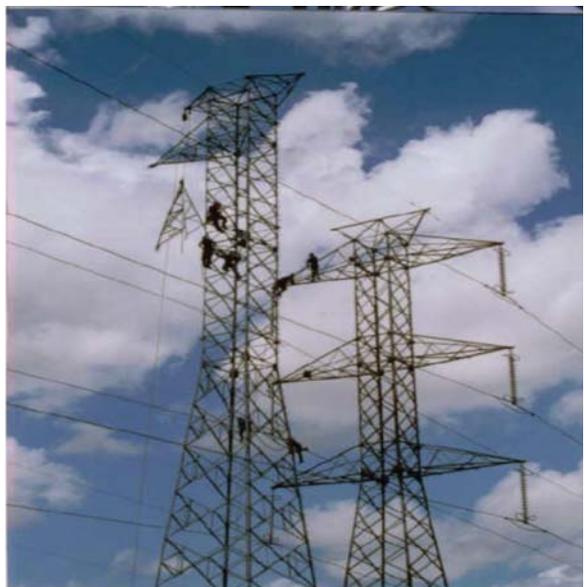


FIGURA 6 - Montagem das mísulas

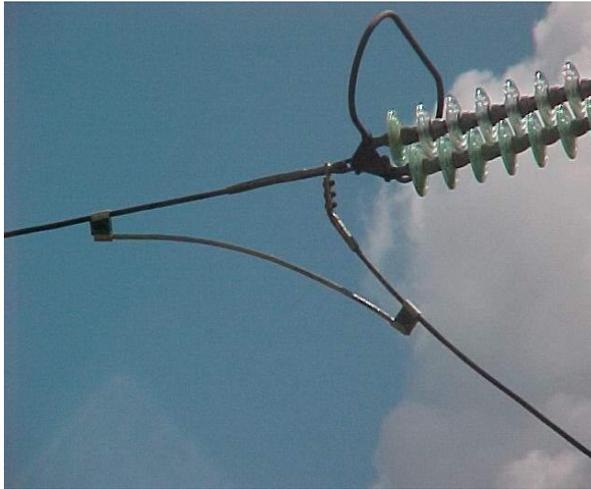


FIGURA 7 - Jumpers divisores de corrente



FIGURA 8 – Transferência de cabos

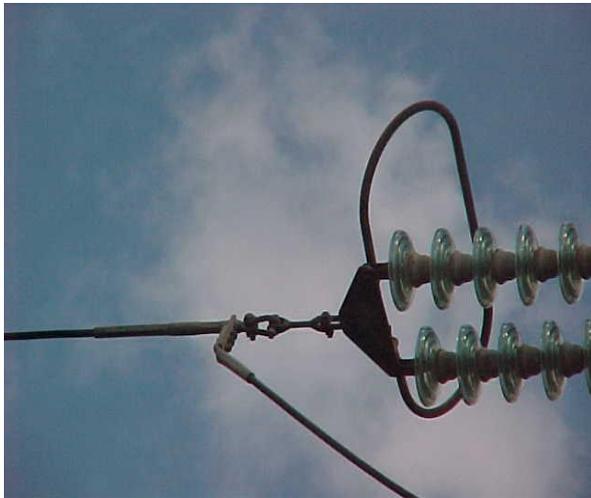


FIGURA 9 – Inclusão de espaçador em cadeia de ancoragem

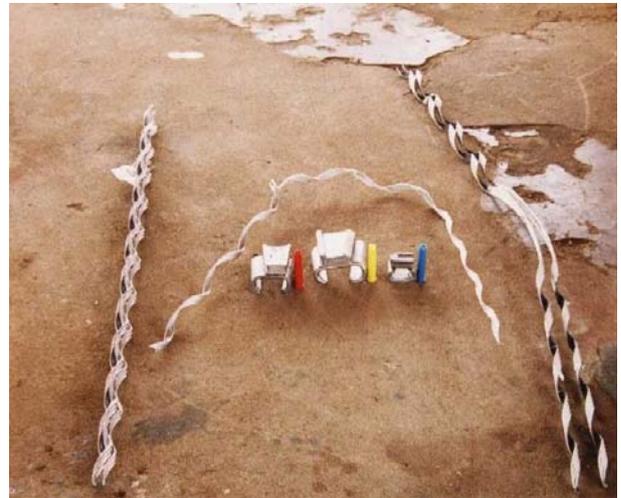


FIGURA 10 - Conectores de impacto e emendas pré-formadas

## 5.0 COMPARAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA LT ANTES E APÓS A RECAPACITAÇÃO

TABELA 2 – Comparação das características da LT antes e após a recapacitação

Características	Situação Anterior	Situação após a recapacitação
Potência por circuito (MW)	232	360
Temperatura condutor(°C)	60	85
Corrente por circuito (A)	583	905
Estruturas de circuito duplo vertical – Quantidade por tipo		
Tipo C21d (ancoragem pesada)	8	8
Tipo A21d (suspensão leve)	19	15
Tipo A22d (suspensão pesada)	4	2
Tipo AD (suspensão)	27	15
Tipo CD (ancoragem leve)	3	3
Tipo S21d (suspensão leve)	1	15
Tipo S22d (suspensão pesada)	0	4
TOTAL	62	62
Cabo condutor	1x636 MCM Grosbeak	1x636 MCM Grosbeak
Amortecimento do condutor	Festão – Km 0 ao 14 Stockbridge (simétrico) – Km 14 ao 28	Stockbridge (assimétrico) – Km 0 ao 28
Amortecimento do pára-raios	Stockbridge (simétrico)	Stockbridge (assimétrico)
Cadeias suspensão - Isoladores em vidro, com 16 discos	Antigas	Novas
Cadeias ancoragem - Isoladores em vidro, com 2X18 discos	Antigas	Revisadas com jumpers (safena)
Cadeias de falsa-ancoragem	Falsa ancoragem	Suspensão
Ferragens das cadeias de suspensão	Componentes em aço galvanizado com anel equalizador em aço galvanizado e grampos - com armadura Km 0 ao 14 sem armadura Km 14 ao 28.	Novas - Componentes em aço galvanizado com anel equalizador em aço galvanizado e grampos AGS – Km 0 ao 28
Cabo pára-raios	Alumoweld 3/7 – Km 0 ao 14 3/8 EHS – Km 14 ao 28	Dotterel – Km 0 ao 28
Distancia cabo-solo (m)		
- Faixas indenizadas	7,00	8.00
- Faixas com canaviais	7,00	10.00

## 6. ASPECTOS DE CUSTO

O custo estimado para a opção de implantar um circuito simples de 230 kV com 256 MW de capacidade de transmissão ultrapassa R\$ 10.000.000,00 (dez milhões de reais).

O custo contabilizado da recapacitação dessa LT foi de aproximadamente R\$ 2.750.000,00 (dois milhões e setecentos e cinquenta mil reais), conforme mostrado a seguir, que corresponde a 27 % de uma nova LT.

TABELA 3 - Avaliação dos custos.

ITEM	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	R\$ (UNITÁRIO)	R\$ (TOTAL)
1	Contratos de Serviços			
1.1	Topografia e Engenharia de Solos	1	50.527,00	50.527,00
1.2	Construção e Montagem da Recapacitação	1	1.622.910,00	1.622.910,00
1.3	Projeto Básico e Executivo	1	56.000,00	56.000,00
2	Materiais Aplicados			
2.1	Estruturas	18	28.290,00	509.220,00
2.2	Cadeias e acessórios	306	717,00	219.402,00
2.3	Cabo pára-raios Dotterel (m)	56474	5,00	282.370,00
3	TOTAL			2.740.429,00

## 7. CONCLUSÕES

A Recapacitação apresentou duas vantagens a principal de dispensar a construção de outra LT, eliminando assim

um novo impacto ambiental na região, evitando a implantação de mais uma nova faixa de servidão e respectivas estradas de acesso; a segunda vantagem foi ser realizada pelo custo de 27% de uma nova LT. Conforme observado na computação dos custos não foram considerados os custos referentes aos terminais nas SE's.

Com a melhoria dos níveis de confiabilidade o reflexo é imediato na diminuição dos custos da manutenção e aumento da expectativa de vida útil da LT. Outro fator importante que deve ser levado em consideração é que à medida que a carga da região atendida pela subestação de Pirapama II for aumentando, a energia transportada por essa LT recapitada vai diminuindo.

Caso houvesse a construção de uma nova LT, com o passar do tempo ela se tornaria, apenas, uma confiabilidade dos circuitos existentes, pois o excesso de energia da UTE será absorvido pelo pólo industrial da região.

Conclui-se que a solução adotada pela CHESF, para recapitar essa LT, deve sempre ser levada em consideração, pois aumenta a expectativa de vida útil e a capacidade de transmissão em 63%.

O sucesso da recapitação desta LT demonstra para o setor elétrico que a prática de recapitação deve sempre ser contemplada na análise das soluções para atender o incremento de demanda.

#### 8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ABNT NBR-5422 – Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica
- Resolução 233 da ANEEL de 24 de Abril de 2002.
- Projeto Básico – DEPL – 001(outubro 2002) Volumes I e II
- Projeto Executivo – ITL – DLT -134 Ver. 1