



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

GLT 13  
14 a 17 Outubro de 2007  
Rio de Janeiro - RJ

### **GRUPO III**

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

### **RECAPACITAÇÃO, REPOTENCIAÇÃO E AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE CARGA DE SUPORTES E FUNDAÇÕES DE LINHAS AÉREAS DE TRANSMISSÃO SEGURANÇA E CONFIABILIDADE**

**José Carlos de Saboia Stephan \***

**ELETROSUL CENTRAIS ELÉTRICAS S.A.**

**Carlos Ferreira Costa**

**MARTE ENG. S.A.**

### **RESUMO**

Este informe técnico apresenta a experiência da Eletrosul na recapacitação e repotenciação de linhas de transmissão em 138, 230 e 500 kV, fazendo uma síntese dos principais procedimentos para análise e verificação da adequação de uma LT tendo em vista sua repotenciação e/ou recapacitação, bem como, apresenta procedimentos efetuados durante as fases de estudo de viabilidade técnico-econômica, ante-projeto, projeto e construção das LT's repotenciadas e/ou recapacitadas.

São apresentados neste IT, os conceitos sobre os quais foram baseados os critérios de avaliação dos componentes das LT's (suportes, fundações, etc...), bem como os principais aspectos das metodologias utilizadas para tal.

### **PALAVRAS-CHAVE**

Linhas de Transmissão, Recapacitação, Repotenciação, Suportes, Condutores.

### **1.0 - INTRODUÇÃO**

A crescente demanda de energia elétrica no Brasil e a falta dos recursos necessários para satisfazer nossas necessidades de investimento em infraestrutura, implicaram na busca de soluções de engenharia, que resultassem no aumento do fornecimento de energia elétrica, com a confiabilidade e qualidade necessárias, e a custos compatíveis com os recursos disponíveis. Com o crescimento das preocupações com o meio ambiente, fez-se necessária, também, a busca de critérios de projeto que minimizassem os impactos ambientais.

As repotenciações apresentadas neste informe técnico, foram efetuadas de uma das seguintes formas:

- Recondutoramento da linha de transmissão ( substituição de seus cabos condutores ).
- Aumento da tração dos cabos condutores com a conseqüente redução das flechas dos mesmos.

Este informe técnico relata os trabalhos de repotenciação executados nas seguintes linhas de transmissão : LT's 230 kV Joinville – Curitiba I e II (200 km) , LT's 230 kV Areia – São Mateus (120 km) e Salto Osório – Campo Mourão ( 380 km ). LT's 138 kV Porto Primavera – Ivinhema ( 75 km ) e Ivinhema – Dourados ( 80 km), totalizando aproximadamente 860 km de linhas de transmissão.

As recapacitações (suportes e fundações) apresentadas neste informe técnico, foram efetuadas por um dos seguintes motivos :

- Substituição dos cabos para-raios originais por cabos para-raio OPGW .

- Adequação de linhas de transmissão existentes aos novos carregamentos preconizados pelas normas NBR 5422 e IEC 826, tendo em vista aumentar a confiabilidade das mesmas.
- Recondutoramento das linhas de transmissão ( substituição das cabos condutores ).
- Aumento da tração nos cabos condutores da linha de transmissão.

Este informe técnico relata os trabalhos de recapacitação executados nas seguintes linhas de transmissão :

LT's 500 kV Gravataí-Caxias do Sul (160 km), Areia – Ivaiporã (110 km), Campos Novos – Gravataí (100 km), Itá – Gravataí (100 km) e Ivaiporã-Londrina(100 km) ; LT's 230 kV Curitiba-Joinville I e II (200 km), Joinville-Blumenau I e II (130 km), Joinville-Capivari I e II (400 km),Capivari-Siderópolis- Farroupilha (250 km), Farroupilha-Passo Fundo (200 km), Capivari – Blumenau I e II ( 400 km ), Assis-Apucarana (140 km), Londrina-Maringá (120 km), Areia – São Mateus ( 120 km ), S. Mateus – Curitiba (120 km) e Salto Osório – Campo Mourão ( 380 km ) ; LT's 138 kV Blumenau – Ilhota ( 40 km), Ilhota – Florianópolis (85 km), Florianópolis – Palhoça (10 km) , Palhoça – Capivari (110 km) , Jupiá-Mimoso (200 km) , Mimoso-Campo Grande (110 km), Blumenau-Florianópolis (120 km), Porto Primavera-Ivinhema (100 km) e Ivinhema-Dourados (100 km), totalizando aproximadamente 3795 km de linhas de transmissão.

## 2.0 - REPOTENCIAÇÃO

### 2.1 - Repotenciação por recondutoramento da linha de transmissão

Devido a necessidade de aumentar o atendimento na região noroeste do estado do Paraná, e do estabelecimento de intercâmbios elevados entre as regiões Sul e Sudeste, foi realizado um estudo de repotenciação das linhas de transmissão :

- LT 230 kV Areia – São Mateus do Sul
- LT's 230 kV Salto Osório – Campo Mourão I e II

TABELA 1 - Características das linhas de transmissão anteriormente a repotenciação.

<b>Linhas Repotenciadas</b>	<b>Areia – São Mateus</b>	<b>Salto Osório – Campo Mourão I</b>	<b>Salto Osório – Campo Mourão II</b>
Tensão	230 kV	230 kV	230 kV
Tipo de circuito	Simplex	Simplex	Simplex
Extensão	129 km	182 km	182 km
Condutor	ACSR 636 MCM Grosbeak	ACSR 636 MCM Grosbeak	ACSR 636 MCM Grosbeak
Número de Condutores por fase	1	1	1
Cabo pára-raios	3/8" EHS, 7/8" ALUMOWELD, OPGW SM 16,4 mm <sup>2</sup> e 105 mm <sup>2</sup>	3/8" EHS e DOTTEREL	3/8" EHS, DOTTEREL, OPGW ST/ST 57 mm <sup>2</sup> e ACS/ST 133 mm <sup>2</sup> .
Tipo de isoladores	Vidro Temperado	Vidro Temperado	Vidro Temperado
Número de isoladores	16	16	16
Estruturas	Autoportantes Trelçadas de Aço Galvanizado	Autoportantes Trelçadas de Aço Galvanizado	Autoportantes Trelçadas de Aço Galvanizado
Número de Estruturas	289	397	397
Principal tipo de Fundação	Tubulão	Tubulão	Tubulão
Sistema de Aterramento	Fio de Aço Galvanizado 4 BWG	Fio de Aço Galvanizado 4 BWG	Fio de Aço Galvanizado 4 BWG
Resistência Típica de Aterramento	8 Ω	8 Ω	8 Ω
Capacidade de Transmissão	270 MVA	270 MVA	270 MVA

Foram consideradas as seguintes alternativas para a repotenciação destas LT's:

- Troca dos cabos condutores por outros de maior bitola.
- Troca dos cabos condutores por cabos condutores termoresistentes (TACSR) de mesma bitola.

Consideramos que a primeira opção resultaria no sobre-carregamento das estruturas existentes, as quais não foram projetadas para condutores de maior bitola. Agrava-se ainda o fato de que tais linhas de transmissão foram construídas a mais de 30 anos.

A segunda opção mostrou-se atrativa, sendo possível manter-se a maioria dos parâmetros de projeto das LT's, sendo necessário apenas, em princípio, reconduzir-las e substituir suas ferragens ( armaduras, grampos, etc.....).

Tendo tudo isto em vista, decidiu-se verificar a possibilidade de utilização do cabo TACSR 636 MCM Grosbeak nestas LT's.

TABELA 2 – Características do cabo TACSR 636 MCM Grosbeak de acordo com a potência de transmissão.

Potência de Transmissão	350 MVA
Corrente no condutor (*)	955 A
Temperatura no condutor (*)	105°C
Resistência elétrica	0,12222 $\Omega$ / km
Perdas Efeito Joule Total	0,23 MW / km
Perdas percentuais / km	0,07 %

Nota: (\*) Condição de temperatura ambiente de 30°C, com sol e vento de 1m/s.

### 2.1.1 – Critérios de projeto

Para viabilizar a substituição dos cabos condutores no projeto, foram adotadas as seguintes premissas básicas:

- Atender as distâncias preconizadas na NBR 5422 .
- Caso necessário, aumentar a tração de EDS ( 18,5 % para 22% ) e/ou utilizar cadeias de semi-ancoragem.
- Manter os critérios de cálculo do carregamento mecânico das estruturas utilizado no projeto original das LT's.
- Não provocar grandes reforços estruturais nas fundações/suportes das LT's.
- Não comprometer o desempenho a descarga atmosférica.

Ao final do projeto foi constatado que não haveria necessidade de reforçar as fundações da LT, e que seria necessário reforçar apenas 186 suportes das LT's de um total de 1084 (17%), e que estes reforços seriam de pouca monta ( algumas poucas barras nas extensões do corpo básico). Assim sendo, decidiu-se pela repotenciação por reconduzimento com cabos TACSR 636 MCM Grosbeak das LT's 230 kV Areia-São Mateus do Sul e Salto Osório – Campo Mourão I e II.

Com estas repotenciações a Eletrosul aumentou a capacidade de transmissão de energia destas LT's em 50%, com um investimento muito menor do que o exigido para a construção de uma nova LT, e não causou impactos ambientais adicionais.

### 2.2 – Repotenciação por aumento da tração nos cabos condutores

Devido a necessidade de aumentar o atendimento nos estados de Mato Grosso do Sul e Paraná (leste), a Eletrosul decidiu repotenciar as seguintes linhas de transmissão :

- LT 138 kV Porto Primavera – Ivinhema
- LT 138 kV Ivinhema – Dourados
- LT's 230 kV Joinville – Curitiba I e II

as quais tinham entrado em operação em 1978 ( LT's 230 kV Joinville-Curitiba le II ) e 1982 ( LT's 138 kV Porto Primavera-Ivinhema e Ivinhema-Dourados ).

O trabalho efetuado para estas repotenciações, consistiu em aumentar a tração nos cabos condutores, e conseqüentemente diminuir as flechas. Para verificar a viabilidade deste procedimento, foi efetuada a análise estrutural dos suportes destas LT's, e posteriormente executados os reforços julgados necessários. Com estas repotenciações, houve um aumento da capacidade das LT's de 327 MVA para 435 MVA.

## 3.0 - RECAPACITAÇÃO

### 3.1 - Recapacitação motivada pela substituição dos cabos para-raios originais por cabos para-raios OPGW

A utilização de cabos para-raios com fibras ópticas, denominados cabos OPGW, é considerada uma alternativa à utilização de cabos ópticos enterrados e/ou cabos auto-sustentados. Esta consideração deve-se, entre outros, aos seguintes aspectos:

- Utilização de infraestrutura existente.
- Menor percurso entre os terminais.
- Facilidade de manutenção ( confiabilidade ).

A implantação de cabos para-raios OPGW em suportes de linhas de transmissão, deve obedecer às seguintes considerações:

- Garantir a confiabilidade do sistema óptico.
- Manter as funções originais do cabo para-raios.
- Garantir a integridade e confiabilidade da infraestrutura existente ( estruturas / fundações ).

Ao longo do tempo, em convênio com empresas de telecomunicação, a Eletrosul recapitou muitas de suas linhas de transmissão. A seguir daremos um relato dos principais trabalhos desenvolvidos:

### 3.1.1 - Convênio Eletrosul – Brasil Telecom ( Telesc )

No ano de 1990, foi assinado um convênio entre a Eletrosul e a Brasil Telecom ( Telesc ), visando a implantação da rota Joinville-Siderópolis, a qual foi implantada através do lançamento de um cabo para-raios OPGW nas LT's 230 kV Blumenau – Joinville I, Capivari – Blumenau I e Capivari – Siderópolis I I . Como se tratou de um empreendimento “pioneiro” em nosso país e, em particular, para a Eletrosul, haviam muitas dúvidas sobre quais seriam os procedimentos a serem adotados para permitir ou não, a instalação deste cabo OPGW em nossas linhas de transmissão. As características dos cabos para-raios OPGW eram as seguintes:

- Cabo: Alcoa ( 57 mm<sup>2</sup> )
- Diâmetro: 11,8 mm
- Área: 57,30 mm<sup>2</sup>
- Peso: 4,50 kN / km
- Tração de ruptura: 73,50 kN

Tendo em vista que a disponibilização da infraestrutura existente para a instalação dos cabos OPGW, não poderia reduzir a confiabilidade e qualidade do fornecimento de energia elétrica aos consumidores, foram exigidas verificações que assegurassem, que a confiabilidade das linhas de transmissão e subestações envolvidas no projeto. Quando da elaboração do edital, incluímos a exigência de que todos os suportes das LT's, deveriam ser verificadas estruturalmente, evitando-se assim uma instalação de cabos OPGW que acarretassem muitos reforços nas ligações e barras dos suportes. Foi incluída também no edital, a exigência de que todas as fundações das LT's fossem verificadas estrutural e geotécnicamente. As torres das LT's envolvidas nos projetos eram todas autoportantes, circuito simples e projetadas por volta de 1976. Tendo em conta este fato, o proponente vencedor, efetuou a análise estrutural de todas as torres, para os novos carregamentos oriundos da instalação do cabo OPGW pelo mesmo processo e, após verificar as “folgas” existentes no projeto original, chegou a conclusão de que não haveria necessidade de executar nenhum reforço nas barras e ligações destas torres. O proponente efetuou também a verificação estrutural e geotécnica de todas as fundações, chegando a conclusão de que não seria necessário reforçar nenhuma fundação das torres destas LT's. A Eletrosul analisou e aprovou estes procedimentos, sendo que a instalação do cabo OPGW foi concluída com sucesso em meados de 1992 e até a presente data não ocorreu nenhum acidente ocasionado pela implantação destes cabos nas referidas linhas de transmissão.

Cabe ressaltar, entretanto, que todos os procedimentos / soluções adotados neste empreendimento devem ser considerados como “de momento”, pois, como teremos oportunidade de ver mais adiante, a prática atual não é mais a mesma.

### 3.1.2 – Convênio Eletrosul - Embratel

Visando a implantação da rota Curitiba – Florianópolis – Porto Alegre, a qual foi implantada através do lançamento de um cabo para-raios OPGW nas LT's 230 kV Curitiba - Joinville II, Blumenau - Joinville II, Capivari - Blumenau II, Capivari – Siderópolis I e Siderópolis – Farroupilha, bem como na LT 500 kV Caxias – Gravataí (parte), foi assinado um convênio entre Eletrosul e a Embratel. As características do cabo para-raios OPGW eram as seguintes:

- Cabo: Furukawa ( 54 mm<sup>2</sup> )
- Diâmetro: 11,5 mm
- Área: 77,29 mm<sup>2</sup>
- Peso: 4,30 kN / km
- Tração da ruptura: 71,39 kN

Nesta época, o setor elétrico brasileiro já possuía bastante experiência na execução deste tipo de empreendimento. Após a análise da experiência da Eletrosul e de outras empresas do setor elétrico brasileiro e, considerando que a disponibilização da infraestrutura existente para a instalação de cabos para raios OPGW, não poderia reduzir a confiabilidade da energia fornecida aos consumidores, a Eletrosul colocou no edital do empreendimento, os seguintes procedimentos:

- Procedimentos para o projeto de instalação do cabo OPGW:

- Os esforços transmitidos às torres e fundações deveriam atender às solicitações máximas permissíveis nas mesmas, incluindo eventuais reforços.
- A execução dos reforços, oriundos da instalação dos cabos OPGW não poderiam comprometer a segurança das estruturas / fundações existentes, bem como não poderiam colocar em risco a segurança da equipe de trabalho durante sua execução.
- Os reforços oriundos da instalação dos cabos OPGW não poderiam ser tais que tornassem sua manutenção demorada, onerosa ou perigosa, devido ao seu posicionamento na estrutura e/ou utilização de equipamentos ou técnicas não comumente utilizadas na manutenção de LT's no Brasil.
- O cabo OPGW instalado deveria fornecer proteção elétrica contra descargas atmosféricas aos cabos condutores, compatível com a fornecida pelo para-raios original, obedecendo às condições de flechas estipuladas.
- O cabo para-raios instalado deveria permitir a circulação de correntes de curto circuito sem ultrapassar a temperatura máxima do cabo especificada

- Procedimentos para a execução do projeto:

- Elaboração de memórias de cálculo das árvores de carregamento de todas as torres das LT's, sendo que as mesmas deveriam ser executadas obedecendo aos critérios e parâmetros estabelecidos nas memórias de cálculos do projeto original.
- Realização de análise estrutural de todas as torres das LT's, verificando, no mínimo, todas as barras constantes nas memórias de cálculo originais, ligações, ferragens, stubs, fundações, e demais componentes das torres mais carregadas de cada tipo, além das que eventualmente necessitassem de reforço estrutural.
- Elaboração de memória de cálculo da verificação estrutural / geotécnica de todas as fundações das torres das LT's.

A análise estrutural de todas as torres das linhas de transmissão objeto deste empreendimento deveria ser efetuada utilizando recursos computacionais ( método dos elementos finitos ), e a verificação estrutural deveria ser efetuada seguindo as recomendações e exigências do "Guide for Design of Steel Transmission Towers - 52" da ASCE e da NBR 8850.

As torres das linhas de transmissão em referência, eram todas autoportantes e de circuito simples. O dimensionamento destas torres foi feito originalmente utilizando métodos gráficos ( Método de Cremona ) ou utilizando recursos computacionais ( treliças espaciais – método dos elementos finitos ).

Como os recursos atuais de análise estrutural são mais precisos do que os disponíveis na época do projeto da maioria das torres ( apenas 30% das torres foram dimensionadas originalmente utilizando recursos computacionais ), foram detectadas para muitos tipos de torres, insuficiência de resistência de vários membros estruturais, mesmo para as condições originais de projeto. Foram detectadas, também, para muitas torres deficiências de concepção de projeto, tais como:

- Ausência de quadro na saída dos pés.
- Barras comprimidas com esbelteza superior a 200.
- Excentricidade do ponto de fixação do cabo para-raios sem treliçamento adequado.
- Utilização de chapas de ligação com espessura inferior aos perfis por ela ligados.
- Existência de muitas excentricidades nos detalhes dos nós das estruturas.
- Existência de barras carregadas com abas arrancadas.

Levando em consideração que as referidas LT's já se encontravam em operação a aproximadamente 20 ( vinte ) anos sem apresentar problemas e, procurando viabilizar o empreendimento, foram definidos os seguintes critérios para verificação estrutural destas torres ( com os cabos OPGW ):

- Desconsideração de verificação de 2,5 % do esforço das barras contraentadas, para as barras descarregadas.
- Desconsideração de reforços em barras com esbelteza acima de 200, exceto em barras onde a carga admissível fosse ultrapassada.
- Dar relevância somente para as excentricidades na fixação dos cabos para-raios.
- Somente reforçar ligações com taxa de trabalho acima de 105 %.
- Efetuar estas verificações minimizando-se ao máximo possível os efeitos hiperestáticos das estruturas, com a redução das áreas em regiões estratégicas.

A instalação dos cabos para-raios OPGW nas linhas de transmissão objeto deste convênio foi concluída com sucesso em meados de 1997, e até presente data não ocorreu nenhum acidente provocado pela implantação dos mesmos.

Cabe ressaltar, entretanto, que os procedimentos / soluções adotados neste empreendimento, devem ser considerados como “de momento”, pois a prática atual não é exatamente a mesma.

### 3.1.3 – Convênio Eletrosul – Lightpar ( Eletronet )

Visando a implantação das rotas leste e oeste na região sul do Brasil, as quais foram implantadas através de cabos OPGW nas Lt's 230 kV Blumenau – Joinville I, Capivari – Blumenau I, Curitiba – Joinville II, Capivari – Blumenau II, Capivari – Farroupilha, Areia – S. Mateus, S. Mateus – Curitiba, Curitiba – Joinville I, Blumenau – Joinville I, Capivari - Siderópolis II, Lt's 138 kV Blumenau – Ilhota, Ilhota – Florianópolis, Florianópolis – Palhoça, Palhoça – J. Lacerda e Lt's 500 kV Areia – Ivaiporã, Campos Novos – Gravataí, Itá – Gravataí e Ivaiporã – Londrina. As características dos para-raios e OPGW são as seguintes:

- Cabo: Pirelli
- Diâmetro: 16,4 mm
- Peso: 9,09 kN / km
- Tração na ruptura: 123,00 kN

Este empreendimento encontra-se já terminado, e os procedimentos para seu projeto e execução foram basicamente os mesmos adotados para o convênio Eletrosul – Embratel..

Para a execução dos reforços não foi permitida a execução de furos nas barras originais das torres e, sempre que necessário, foram utilizadas estruturas auxiliares para a execução dos mesmos.



FIGURA 1 - Colocação de Estais.



FIGURA 2 - Fundação Recapitada.

### 3.2 – Recapitação motivada pela adequação de linhas de transmissão existentes aos novos carregamentos preconizados pelas normas NBR 5422 e IEC 826

Tendo em vista a nova realidade do setor elétrico brasileiro após a criação da ANEEL, a Eletrosul implementou um programa de “atualização” de suas linhas de transmissão, o qual consistiu na adequação de LT's aos novos carregamentos preconizados pela NBR – 5422 e IEC 826. Após o resultado destes trabalhos, executamos os reforços que se fizeram necessários.

Até o momento já efetuamos estes trabalhos nas LT's 230 kV Assis–Londrina, Londrina-Apucarana e Londrina-Maringá e LT's 138 kV Jupiá-Mimoso e Mimoso-Campo Grande.

Após a definição das novas árvores de carregamento, foi efetuada a análise estrutural dos suportes, considerando os seguintes parâmetros:

- Os suportes foram considerados como treliças espaciais e a análise foi feita com a utilização de programa computacional de elementos finitos. O elemento finito considerado foi um elemento de barra, e as forças atuantes foram consideradas nos nós das barras.
- O dimensionamento das barras e ligações foi feito de acordo com as recomendações e exigências do “ Guide for Design of Steel Transmission Towers” da ASCE nº 52 e da NBR 8850.

Após a realização dos trabalhos de análise estrutural, foram analisados os reforços que seriam necessários. Como regra geral, são recomendados reforços em barras carregadas e descarregadas. Para as barras carregadas o reforço é devido aos valores de tensões de cálculo acima da resistência de cálculo e também quando a esbeltez está acima da esbeltez limite. Para as barras descarregadas, o reforço é provocado por esbeltez acima da



esbeltez limite, verificação da tensão de compressão gerada por uma solicitação axial correspondente a 2,5 % da força da barra contraventada e também pela verificação da tensão de flexão provocada por uma força de 100 daN aplicada na situação mais desfavorável no eixo da barra.

Na prática, os reforços advindos da verificação de 2,5 % do esforço das barras contraventadas, para as barras descarregadas e os reforços em barras com esbeltez acima de 200 (exceto em barras onde a carga admissível fosse ultrapassada), foram desconsiderados. – Somente foram reforçadas as ligações com taxa de trabalho acima de 105 %. Tais medidas foram adotadas tendo em vista que estas LT's já estão a mais de 35 anos em operação sem apresentar problemas que possam ser considerados relevantes.

A execução dos reforços em campo ( a maioria efetuada com a LT's energizadas ), foi feita seguindo as seguintes premissas básicas :

- Todas as alterações sugeridas e detalhadas foram projetadas de modo que não se fizessem furos nas peças originais.
- As alterações foram feitas somente nos dias em que a velocidade do vento ficou próxima de zero.
- Inicialmente foi fabricado um conjunto de reforços por torre e estes reforços foram feitos no campo antes da fabricação do restante, para que se evitasse um erro proveniente de um detalhe de fabricação. Os desenhos das modificações foram baseadas em cópias, em que algumas delas, geraram dúvidas na leitura.
- A montagem foi executada sempre de baixo para cima. Em nenhum momento foi permitido soltar-se dois lados de um mesmo cobrejunta do montante da estrutura.
- As peças de reforço foram reapertadas simultaneamente à sua instalação. Para o aperto final foram usadas ferramentas adequadas e segundo os valores de torque de aperto dos parafusos indicados nos desenhos. As porcas ficaram do lado externo ou superior das peças da torre.
- Durante a montagem, todos os parafusos foram trocados um por um para servirem de gabarito e para segurança da operação.
- As peças conectadas nos montantes foram montadas sobre o solo e depois içadas e fixadas em suas posições definitivas. No solo, os montantes foram apoiados sobre peças de madeira para permitir a montagem nivelada das peças e evitar danos, aderência de lama, sujeira, etc.
- As peças montadas por justaposição foram limpas. Não foi permitido o emprego de plaina de aço ou qualquer outro material que pudesse danificar a galvanização.
- O içamento das seções de reforços da torre foram feitos de maneira que não se introduzissem esforços adicionais ou esforços maiores que os originais em qualquer componente da estrutura.
- As peças foram manuseadas com precaução a fim de evitar danos a galvanização.
- Não foi permitida a montagem de reforços de qualquer estrutura com falta de elementos ou dados indicados nos desenhos.
- A substituição das peças de contraventamento em "X" foram feitas em uma peça de cada vez.
- Sempre que necessário foram utilizados "gabaritos" para possibilitar a execução dos reforços. Tais "gabaritos" uma vez utilizados em uma torre eram desmontados e utilizados na torre seguinte.



FIGURA 3 - Reforço com LT energizada.



FIGURA 4 - Recapitação de Fundações.

Também foram verificadas estrutural e geotécnicamente todas as fundações dos suportes das linhas de transmissão.

### 3.3 – Recapacitação motivada pelo aumento da tração nos cabos condutores da linha de transmissão

Para atender ao crescimento da demanda do estado de Mato Grosso do Sul, a Eletrosul decidiu repotenciar as LT's 138 kV Porto Primavera-Ivinhema e Ivinhema-Dourados e as LT's 230 kV Joinville – Curitiba I e II. O trabalho efetuado para esta repotenciação, constituiu em aumentar a tração nos cabos e conseqüentemente diminuir as flechas. Para viabilizar este empreendimento foi efetuada a análise estrutural das torres e fundações destas LT's e executados os reforços necessários ( recapacitação ).

Os procedimentos para recapacitar estas LT's foram idênticos ao citado anteriormente no item 3.2.

### 3.4 – Recapacitação motivada pelo recondutoramento das linhas de transmissão

Quando da repotenciação das LT's 230 kV Areia – São Mateus do Sul e Salto Osório – Campo Mourão I e II, efetuadas por recondutoramento, foi necessário recapacitar as mesmas para que suportassem os novos carregamentos oriundos da instalação dos novos cabos condutores. Os trabalhos foram executados conforme descrito no item 3.2.

## 4.0 - CONCLUSÃO

Devido a grande diversidade de procedimentos e critérios adotados atualmente no Brasil para executar os trabalhos de repotenciação e recapacitação de linhas de transmissão, podemos concluir que se faz necessária a elaboração de um documento, mesmo sem caráter normativo, que descreva os procedimentos a serem seguidos para a repotenciação / recapacitação de linhas de transmissão.

Devido a constatação de que muitas vezes as estruturas e fundações não tem se comportado conforme previsto nas teorias mais utilizadas em nosso país, creio que devemos revalorizar a experiência e a observação dos fatos, como fonte de evolução do conhecimento e conseqüente aprimoramento dos meios de produção.

## 5.0 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ( 1 ) Bresler B. , Lin T. Y. , Scalzi J. B. – Design of Steel Structures
- ( 2 ) ASCE – Guide For Design of Steel Transmission Towers
- ( 3 ) NBR 8850 – Execução de Suportes Metálicos Trelaçados - Procedimento
- ( 4 ) IEC 826 – Loading and Strenght of Overhead Transmission Lines

## 6.0 – DADOS BIOGRÁFICOS

José Carlos de Saboia Stephan

Nascido em Curitiba, PR em 14 de fevereiro de 1953.

Graduação ( 1976 ) em Engenharia Civil na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro ( PUC-RJ).

Empresas : Eletrosul Centrais Elétricas S.A.

Engenheiro de Projetos Sr.

Carlos Ferreira Costa

Nascido em Niteroi, RJ em 04 de novembro de 1950.

Graduação (1973) em Engenharia Mecânica na Universidade Federal Fluminense (UFF).

Empresa: Marte Eng. S.A.

Engenheiro de Projetos Sr.