



**XXIII SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GLT/09
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO - III

GRUPO DE ESTUDO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO - GLT

**RECUPERAÇÃO PROVISÓRIA EM LT DE 460 KV DE 2 CIRCUITOS COM TORRES DE EMERGÊNCIA DE 72m
DE ALTURA EM VÃO DE 850m SOBRE HIDROVIA**

**Rogério Lavandoscki(*)
CTEEP**

**Fabiano Ribeiro Faria
IE MADEIRA**

**Ismar Esaú dos Santos
ESAU ENGENHARIA**

RESUMO

Os trechos de lagos sempre foram apontados como locais críticos para construção de variantes de emergência pela grande dificuldade apresentada e por requerer trabalhos e grande envergadura e torres de elevada altura.

Este Informe Técnico mostra a experiência da CTEEP em atendimento de emergência em uma linha de transmissão de 440 kV de circuito duplo em um trecho de lago após ter 3 torres destruídas pela colisão de uma balsa pesada com uma estrutura instalada em pilares de concreto no meio do lago.

São apresentadas as dificuldades enfrentadas e as soluções encontradas bem como os recursos materiais e humanos envolvidos

PALAVRAS-CHAVE

Linhas de Transmissão; Queda de estruturas; Torres de Emergência; Recuperação Provisória

1.0 - INTRODUÇÃO

Na manhã do dia 22 de março de 2013, sob nevoeiro, uma balsa carregada com 6700 toneladas de soja que trafegava pela Hidrovia Tietê-Paraná, desviou-se do curso demarcado por balizas que limita o traçado da hidrovia, colidindo frontalmente com a estrutura 331 da LT 460 kV Ilha Solteira – Bauru circuitos 1 e 2, da CTEEP, instalada no lago da reservatório da Usina Hidroelétrica de Três Irmãos. A colisão provocou o colapso dessa estrutura e das duas adjacentes, 330 e 332.

A recuperação provisória exigiu a construção de duas variantes provisórias com extensão de 2600 m, uma para cada circuito, com utilização de torres de emergência com 2 cabos CAA 636 por fase (Grosbeak). A principal dificuldade encontrada foi a de transpor um vão de 850m, com os cabos a 22m de altura sobre o lago, no eixo da hidrovia, de forma a permitir a operação normal dessa via de transporte, requerendo torres de emergência com altura útil de pelo menos 72m de altura.

A obra emergencial representou um desafio para a equipe técnica pelo seu ineditismo e pela grande quantidade de recursos materiais e humanos e também de equipamentos envolvidos. Requereu a utilização de quase todos os recursos disponíveis no conjunto de emergência da CTEEP e exigiu a mobilização de todas as suas equipes de manutenção e complementação com equipes terceirizadas, até a energização do circuito 1 em 14 dias e do circuito 2 em 25 dias, contados desde a data do sinistro.

2.0 - DEFINIÇÃO DAS VARIANTES PROVISÓRIAS

2.1 Escolha do Traçado

O traçado das variantes não poderia seguir paralelo à LT, pois o trecho alagado seria superior a 1000m. A solução foi desviar as variantes cerca de 500m a esquerda buscando o trecho mais estreito do lago, que requeria um vão de 850m para ser transposto, ficando as torres afastadas das margens cerca de 50m e cerca de 3m acima do leito do lago.



FIGURA 1 – Vista Geral do Trecho da Ocorrência



FIGURA 2 – Vista da Colisão da Balsa com Torre 331



FIGURA 3 – Detalhe da Colisão com Torre 331

Dessa forma decidiu-se pela construção de três trechos para cada circuito, um específico para o vão de travessia e um de cada lado do lago até chegar as torres extremas intactas e em área seca, 328 a ré e 333 a vante. A ligação entre o vão de travessia e as outras duas variantes seria feito através de “fly taps” ou, popularmente, “pingados”.

2.2 Estudo do vão de travessia do lago

A CTEEP possuía em seu conjunto de emergência na época 49 torres de emergência tipo TET, de aço patinável e seção triangular, com mastros de 36m de altura, projetadas para vãos de 450m com 2 cabos grosbeak por fase. A decisão desde o início foi de utilizar essas estruturas, pela sua disponibilidade e pela grande experiência que a empresa já possuía em construção de variantes provisórias com sua utilização.

A utilização das torres TET em alturas bem superiores às nominais e com carregamentos diferentes requereu consulta aos especialistas no seu uso e também a uma verificação estrutural efetuada pela equipe de projetistas do fornecedor das estruturas. A análise foi efetuada para operação da variante provisória por um período entre 3 e 6 meses, que compreenderia as estações de outono e inverno, com temperaturas amenas e regimes de ventos também, porém, como se verá adiante, a utilização avançou também a primavera, com temperaturas mais altas e ventos mais severos.



FIGURA 4 – Danos na Torre 330 em local alagado



FIGURA 5 – Danos na Torre 332 – Margem esquerda



FIGURA 6 – Vista do Traçado da LT e das Variantes Provisórias

A montagem no vão de travessia não poderia ser com as torres de suspensão convencionais, em disposição triangular das fases, pois ultrapassaria o vão vento e vão peso admissíveis.

Foram estudadas três alternativas viáveis:

- A primeira em suspensão em montagem chainete compacta, com feixe de tirantes com isoladores poliméricos sustentando as 3 fases e utilizando 2 mastros de 78m altura (fig. 7a);
- A segunda alternativa com o vão de travessia bi-ancorado em mastros de 72m de altura (fig. 7b).
- Uma terceira alternativa chegou a ser estudada, em suspensão com cadeias em V, requerendo 4 mastros de 82m de altura e possibilitando maior carregamento mecânico (fig. 7c).

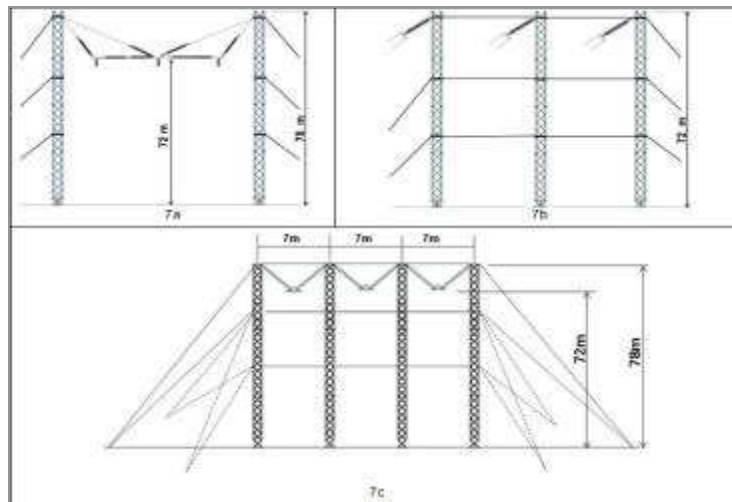


FIGURA 7 – Alternativas estudadas para o vão da Travessia, com mastros TET

A opção foi pela segunda alternativa, com vão bi-ancorado por utilizar mastros de menor altura; por exigir menor área para os estais e também por permitir construir os trechos separadamente em 3 frentes distintas e independentes. Assim quando o vão de travessia fosse concluído, os outros trechos a ré e a vante já estariam prontos, reduzindo o tempo total para o restabelecimento provisório.

A opção foi analisada como apoio da equipe técnica da empresa que projetou e fabricou as torres TET, procedendo a análise utilizando software de cálculo estrutural que confirmou a suportabilidade dos mastros para a configuração escolhida e carregamento previsto. Para assegurar a altura dos cabos no eixo da hidrovía, os cabos foram tracionados a 2400 kgf, de forma a se acomodarem em 20% da ruptura na condição EDS (aprox. 2300 kgf)

Somente no vão de travessia foram utilizadas 24 mastros TET de 36m para compor os 12 mastros de 72m requeridos. Mais 12 torres foram utilizadas nos outros 2 trechos das variantes provisórias, com alturas de 36 a 42m em montagem convencional com configuração triangular nas torres de suspensão e vertical nas torres de ancoragem.

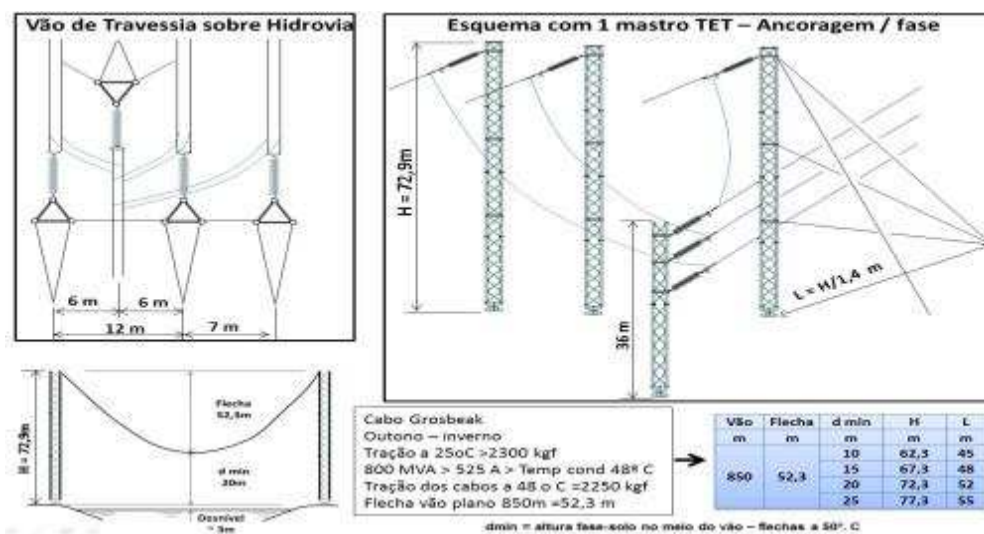


FIGURA 8 – Detalhes da configuração escolhida para o vão de travessia

03. CONSTRUÇÃO DAS VARIANTES

3.1 Recursos Envolvidos

Além da mobilização de diversas equipes de manutenção, que contavam com 30 empregados da CTEEP e 79 terceirizados, foram disponibilizados todos os recursos necessários para o restabelecimento dos circuitos dentro do menor tempo possível. Ressalta-se que muitos dos equipamentos utilizados foram necessários em decorrência da especificidade desta ocorrência e das características do local do sinistro. Cita-se, a título de exemplo, listagem dos equipamentos utilizados no restabelecimento, conforme tabela 1 a seguir:

TABELA 1 – Equipamentos e quantidades utilizadas durante os serviços de construção da variante

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------|
| • 10 Guindastes móveis sobre pneus; | • 6 Caminhões tipo basculante; |
| • 2 Guindastes móveis sobre esteira; | • 1 Carreta tipo prancha; |
| • 3 Pá-carregadeiras; | • 2 Balsas com rebocador; |
| • 4 Escavadeiras hidráulicas; | • 1 Ambulância; |
| • 2 Retro-escavadeiras; | • 6 Barcos de 6mts; |
| • 4 Tratores de esteira; | • 1 Lancha; |
| • 3 Tratores tipo traçado; | • 40 Caçambas de 5m3; |
| • 3 Tratores com carreta; | • 1 Helicóptero. |
| • 9 Caminhões tipo munc; | |

A complexidade das obras realizadas demandou logística especial no tangente aos processos de aquisição / mobilização de equipamentos, materiais e equipes. Destacam-se:

- Dificuldades na locação e transporte de equipamentos de grande porte (balsas rebocadoras, barcos, guindastes móveis, helicóptero, etc.);
- Dificuldades na contratação e aquisição em larga escala de materiais / elementos subsidiários (caçambas, matacões, combustível, etc.);
- Restrições quanto à movimentação / transporte de máquinas de grande porte em região pantanosa / ribeirinha.

Destaca-se que a elevação da cota do reservatório da UHE Três Irmãos impôs novas dificuldades à execução dos serviços de construção da variante provisória, em função do alagamento das áreas ribeirinhas provocado por este aumento de nível.

Sendo assim, dada a impossibilidade de ancoragem dos mortos em alguns locais, optou-se pela utilização de tirantes amarrados a caçambas preenchidas com pedras (matacões), providenciando assim a ancoragem necessária aos estais de equilíbrio. Ao todo, foram utilizadas 40 caçambas estacionárias de 5 m³, completamente preenchidas. Ressaltam-se as dificuldades envolvidas na logística de locação das caçambas e aquisição dos matacões na região interiorana do estado de São Paulo (Araçatuba, Buritama e Birigui), bem como no transporte de toda esta estrutura até o local do evento.



FIGURA 9 – Local de instalação das estruturas provisórias às margens do Rio Tietê

3.2 Montagem dos mastros

Definida a alternativa para implementação da variante provisória, foram iniciados os processos conforme cronologia apresentada a seguir. Ressalta-se novamente a impossibilidade de realização simultânea dos serviços em virtude das restrições físicas e de segurança de equipamentos e pessoas, culminando na execução das intervenções referentes ao segundo circuito somente quando da conclusão e restabelecimento do primeiro circuito (LT 440 kV Ilha Solteira – Bauru C.1). A proximidade dos circuitos e estruturas inviabilizava a utilização de frentes de trabalho distintas e exigia sinergia e coordenação entre todas as equipes envolvidas.

3.2.1 Adequação dos acessos às estruturas danificadas:

Mesmo optando pela implementação das estruturas provisórias em terra, foram constatadas dificuldades adicionais decorrentes da umidade do solo e da existência de mata fechada. Tais condições exigiram a prévia realização de poda nas áreas de instalação das torres e a adoção de métodos alternativos para o estaiamento das estruturas provisórias. Adicionalmente, a necessidade de construção de estruturas na ilha (margem direita) demandou a

readequação do acesso possibilitando a passagem de equipamentos pesados, conforme pode ser visto nas figuras 10 e 11 a seguir.



FIGURA 10 – Vista aérea: Adequação do acesso à ilha para instalação das estruturas provisórias



FIGURA 11 – Vista aérea: Construção do acesso entre a margem e a ilha possibilitando a passagem de equipamentos pesados

3.2.2 Montagem das estruturas emergenciais:

De maneira geral, para esta recomposição emergencial, entre as estruturas 328 (inclusive) a 333 (inclusive), foram utilizadas 40 estruturas de emergência tipo monomastro, para montagem das variantes dos dois circuitos compostas de 24 torres com alturas variando entre 36 e 72 metros de altura, nas configurações suspensão e ancoragem, conforme figuras 12 e 13 a seguir.



FIGURA 12 – Montagem das estruturas de emergência na configuração ancoragem de 72 metros de altura



FIGURA 13 – Vista das estruturas emergências às margens do Rio Tietê

3.2.3 Lançamento dos cabos sobre o canal

Houve necessidade do uso de balsas e rebocadores para a execução dos serviços no rio, com a utilização de guindastes embarcados para a construção das estruturas afetadas e para o lançamento dos cabos condutores.

Houve também a necessidade de coordenar junto ao órgão responsável pela administração da Hidrovia, a interrupção do tráfego fluvial durante o processo de lançamento dos cabos.



FIGURA 14 – Apoio dos guindastes embarcados nas balsas para lançamento dos cabos condutores

3.4 Energização das Variantes

Em 05/04/2013 às 16:40 horas foi disponibilizado o circuito C1 da referida LT que foi energizada às 22:00 horas através da UHE Ilha Solteira e às 22:10 horas fechado o disjuntor deste circuito na SE Bauru.

Em 10/04/2013 às 11:44 horas foi energizado o circuito C2 da referida LT.

3.5 Ampliação das Variantes

O projeto da recuperação previa transformar as torres 328 e 333 em ancoragem. Essas torres eram do tipo FLS (Fim de linha suspensão) e foram instaladas na década de 80 para funcionar como anti-cascata preservando o canal no caso de queda de torres próximas. No caso a ocorrência partiu do canal mas essas duas torres de fato cooperaram para que a queda não se prolongasse. Um estudo estrutural foi realizado por empresa especializada comprovando a possibilidade de transformá-las em ancoragem. Foi projetado e realizado o reforço e as modificações necessárias, porém após lançamento dos cabos, ocorreram movimentações nos estais que provocaram o empenamento de algumas peças. Numa segunda análise foi decidido substituir essas duas torres por ancoragens específicas o que requereu ampliar as variantes em mais um vão de cada lado.

Isso foi possível sem necessidade de instalar mais torres de emergência. As torres terminais montadas como ancoragem fim de linha foram transformadas em ancoragem intermediária, comprovando mais uma vez a versatilidade das estruturas de emergência tipo TET. Isso permitiu realizar as manobras em um fim de semana em cada circuito.

4.0 CONCLUSÕES

O atendimento serviu para agregar maior conhecimento e experiência para a equipe técnica da CTEEP, já escolarada de outras ocorrências de grande porte, porém com características diferentes.

O tipo de ocorrência exigiu diversas adaptações de estruturas e acessórios e demonstrou a necessidade de se ter um plano específico para atendimento de situações dessa natureza, que requeiram transpor grandes vãos e torres de alturas elevadas, incluindo o desenvolvimento de aquisição de torres específicas para grandes carregamentos e alturas.

É digna de destaque a mobilização de todas as equipes disponíveis de manutenção da CTEEP e Empreiteiras para compor a força tarefa para o restabelecimento da LT, com deslocamento de grande número de profissionais para a região do sinistro, incluindo a contratação de empresa especializada, bem como o aporte ilimitado de recursos financeiros para agilização das contratações emergenciais envolvendo logística, equipamentos e serviços de apoio;

Trata-se de região alagada, que impõe condições de restabelecimento bastante distintas daquelas usualmente verificadas quando da necessidade de intervenções em linhas de transmissão, inviabilizando a execução de serviços em horário noturno e exigindo período adicional para adequação dos acessos;

A particularidade do processo de restabelecimento e implementação das estruturas emergenciais, dada a proximidade dos circuitos da LT 440kV Ilha Solteira – Bauru (torre de circuito duplo) e as características do solo às margens do Rio Tietê (região alagada), condições que exigiram a realização sequencial e coordenada de todos os trabalhos;



5.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) ABREU JR, PAULO E.; GENORAZZO JR, IVO; SANTOS, ISMAR ESAU (Rio de Janeiro – out/2007) - XIX SNPTEE – GLT04 – TORRE DE EMERGÊNCIA TRIANGULAR PARA LINHA DE TRANSMISSÃO DE 500 KV

(2) SCOTTI, RUI LUIS (Criciúma-SC/2006) – TORRE DE EMERGÊNCIA TRIANGULAR TET – RELATÓRIO DE ENSAIO RE 004/06

(3) LAVANDOSCKI, ROGÉRIO; HOMOBONO, TONY M. S. (São Paulo – fev/2014) – Relatório Técnico CTEEP RT-OM-OMM-2/2014 - OPOA-02/2014 - Ocorrência de Queda de Estruturas da LT 440 KV Ilha Solteira – Bauru C.1 e C.2, em 22/03/2013, devido Abaloamento de Barcaça com a Estrutura 331

6.0 DADOS BIOGRÁFICOS

<p>Rogério Lavandoscki Nascido em Santa Bárbara D'Oeste - SP em 23 de fevereiro de 1969. Mestre em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de São Carlos - SP (2005) / Bacharel em Engenharia de Produção Mecânica pela Faculdade de Engenharia da Universidade Metodista de Piracicaba – SP (1995) / Técnico em Eletrônica pelo Instituto Técnico de Eletrônica Industrial de Santa Bárbara D'Oeste - SP (1987); Experiência Profissional: FIAT Automóveis S/A, 1988 / CESP – Cia Energética de São Paulo, 1989 a 1999 / CTEEP – Cia. de Transmissão de Energia Elétrica Paulista, 1999 até o momento; Atualmente: Engenheiro Sênior Análise da Manutenção da Divisão de Gestão da Manutenção – CTEEP - São Paulo;</p>	
<p>Fabiano Ribeiro Faria Nascido em Itapeva - SP em 19/12/1972. Graduado em Engenharia Elétrica (2011) - UNIP - Bauru Graduado em Tecnologia de Processamento de Dados (2001) : FATEC São Paulo Empresas: CESP / CTEEP, (1996 a 2013); IE Madeira (desde 2013) Cargo atual: Gerente de Manutenção de LT</p>	
<p>Ismar Esau dos Santos Nascido em Baependi-MG em 19/07/1953 Graduado em Engenharia Elétrica em julho/1977 pela EFEI (atual UNIFEI) – Itajubá-MG Empresas: Fermenta(1977-1978); CESP e CTEEP (1979 a 2004), ocupando de 1996 a 2004 a Gerência da Divisão de Linhas de Transmissão. Aposentado em 2005; Selva Serv Esp L Viva - (2008 a 2010); ESAU ENGENHARIA (de 2006 até data atual) prestando serviços no desenvolvimento de estruturas para linhas de transmissão para a Seccional Brasil S/A (2011 até esta data) e consultorias para outras empresas no atendimento de emergência em LTs.</p>	