



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

FI/GLT/33  
18 a 21 de Outubro de 2015  
Foz do Iguaçu - PR

## **GRUPO - III**

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

#### **OS ERROS MAIS COMUNS EM LINHAS AÉREAS DE TRANSMISSÃO**

**Gilberto Massanobu Yamamura(\*)**  
ITAIPU Binacional

**Wilton Rios Cordeiro**  
ITAIPU Binacional

**Josias Aguera da Costa**  
ITAIPU Binacional

## **RESUMO**

O presente trabalho tem por objetivo, apresentar e comentar alguns dos erros mais comuns encontrados em diversas fases de implantação de uma linha de transmissão, desde a etapa de projeto até a manutenção, constatados ao longo desses anos em vários empreendimentos.

Procura-se como resultado, agregar conhecimento visando o aperfeiçoamento dos processos, a otimização dos recursos e a melhoria das condições de segurança dos trabalhadores, compreendendo desde as empresas de engenharia, fabricantes de materiais, construtoras e empresas concessionárias.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Linhas, Transmissão, Erros.

### **1.0 - INTRODUÇÃO**

Nos últimos tempos, têm-se verificada significativa expansão do SIN – Sistema Interligado Nacional, com o incremento anual de novas linhas de transmissão.

Por outro lado, concomitantemente, está ocorrendo renovação do quadro de pessoal nos diversos setores da cadeia produtiva, compreendendo as empresas de projetos, indústrias, construtoras e empresas concessionárias.

Dentro desse cenário, há uma forte preocupação em manter o conhecimento agregado ao longo desses anos, visando buscar a evolução tecnológica e otimização dos custos, sem prejuízo à segurança no trabalho.

Dessa forma, descreve-se a seguir, os principais problemas encontrados em cada uma das etapas de implantação de uma linha de transmissão, e sugestões de melhorias às respectivas constatações.

### **2.0 - PROBLEMAS VERIFICADOS NA ETAPA DE PROJETOS**

Dentre os problemas verificados na etapa de projetos, destacam-se:

(\*) Av. Pres.Tancredo Neves, n° 6731 – CEP 85.866-900 Foz do Iguaçu, PR – Brasil  
Tel: (+55 45) 3520-2665 – Fax: (+55 45) 3520-3835 – Email: yamamura@itaipu.gov.br

## 2.1 Detalhamento das ferragens de cadeias

Na fase de detalhamento dos conjuntos de ferragens dos cabos pára-raios e condutores, deve-se estar atento à restrição de articulação do conjunto e à má concordância entre superfícies das ferragens.

A liberdade de articulação deve ser obtida com a combinação das ferragens, preferencialmente em menor quantidade possível. Em geral a associação entre elos cumpre bem essa função, quando comparada com a solução através de chapas com olhais, que exige mais componentes na cadeia.

Deve-se ainda, verificar a solução de ataque do conjunto à estrutura, de modo a evitar a transferência de esforços de articulação à mísula. Para minimizar esse problema, o uso de mancais oscilantes como transição entre a estrutura e as ferragens é altamente recomendado.

Outro ponto importante é a má concordância entre superfícies das ferragens. Deve ser evitada ao máximo a associação entre elo e parafuso ou elo com olhal. Intuitivamente, verificam-se os diversos problemas que podem surgir, tais como o desgaste prematuro entre componentes no ponto de contato devido à concentração de esforços, restrição de articulação e excentricidade. Esse problema é muito recorrente em estruturas de concreto, onde normalmente o ponto de ataque é através de parafuso e porca olhal, e se apoia o parafuso da manilha nesse ponto.

## 2.2 Incompatibilidade de materiais que possam ocasionar corrosão galvânica

O caso mais comum é a utilização de contrapesos de aço cobreado com o conector de aço zincado a quente, quando submetidos ao mesmo eletrólito. Como se sabe, há uma diferença de potencial eletroquímico entre esses materiais, cuja corrosão galvânica é mais acelerada quando estão enterrados (cria-se um eletrólito comum – o solo e seus componentes químicos).

Como solução, deve-se reduzir ao máximo a diferença de potencial eletroquímico escolhendo materiais compatíveis entre si ou de menor diferença de potencial. Assim sendo, podem-se utilizar contrapesos de fios de aço zincado a quente com o conector também de aço zincado a quente, ou conectores de bronze com o fio de aço cobreado.

## 2.3 Ausência de pontos adequados de ataque na estrutura para manutenção

A necessidade de pontos auxiliares de engate nas mísulas, visando um local adequado e projetado estruturalmente para os carregamentos de montagem e de manutenção, tornou-se mais evidente, após vários acidentes durante o processo de grameamento dos cabos.

Nessa etapa, normalmente se utilizam estropos envolvendo a extremidade da mísula, para aliviar através de talha alavanca, o peso do cabo sobre as roldanas de lançamento, gerando esforços concentrados e anormais nessas cantoneiras, que por sua vez, não possuem resistência à flexão.

Como esse procedimento está sujeito a variações de acordo com o montador, e quando associados com estruturas de maior vão de peso, podem gerar graves acidentes, através do colapso da extremidade da mísula e consequente rompimento das cantoneiras no ponto de união, ocasionando a queda do conjunto e dos montadores próximos.

Para solucionar o problema, alguns projetos de estruturas já contam desde a fase de especificação, com a necessidade de ponto auxiliar de engate para serviços de construção e de manutenção. Esses pontos auxiliares devem ser solicitados em todos os tipos de estruturas (suspensão e de ancoragem), compatíveis com as cargas impostas durante as manobras dos condutores e dos cabos pára-raios. Dessa forma, eliminam-se as improvisações, e melhora-se o nível de segurança das manobras, conforme situações demonstradas na Figura 1.

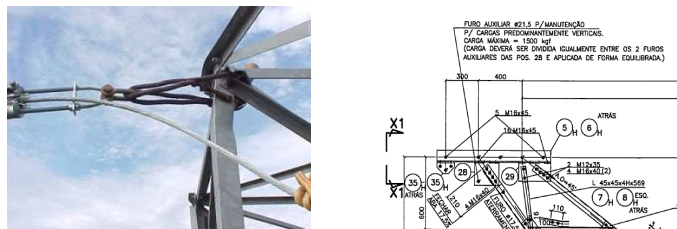


FIGURA 1 – À esquerda, dano na mísula por ausência do ponto de ataque para manobra do cabo, e à direita exemplo de projeto com previsão de ponto de carga para manutenção

## 2.4 Ergonomia visando a manutenção em regime energizado

Durante a fase de projeto, nem sempre os aspectos relacionados à manutenção são levados em consideração, criando-se posteriormente, dificuldades na execução de trabalhos principalmente em regime energizado. Infelizmente quando se constata tais dificuldades, já não há como revertê-las.

Como exemplo, durante o projeto das estruturas, devem ser levadas em consideração as distâncias necessárias para garantir a ergonomia dos eletricitistas posicionados sobre a mísula, visando manuseio das ferramentas em posição confortável. Essa condição se aplica principalmente no projeto das estruturas de circuito vertical.

O dimensionamento das cadeias deve também ser analisado no emprego de técnicas de trabalho ao potencial. Quando o eletricitista se posiciona sentado sobre o feixe de cabos, a distância de segurança pode ficar prejudicada, devido a sua cabeça ficar acima de alguns discos de isoladores, do lado energizado da cadeia de suspensão. Desse modo, algumas unidades adicionais de isoladores devem ser consideradas na composição da cadeia, para compensar essa perda. Consequentemente, esse aumento da cadeia traz reflexo ao dimensionamento da estrutura.

Recomenda-se, portanto que sempre haja um entendimento prévio entre as áreas de projetos e de manutenção, durante o detalhamento de uma nova série de estruturas.

## 2.5 Problemas verificados na manutenção por ausência de perfil lateral

O levantamento do perfil lateral é muito importante, principalmente para o projeto de linhas situadas em regiões acidentadas e trechos de serra, onde normalmente o traçado margeia a encosta.

Muitas vezes, a largura do levantamento do perfil lateral é insuficiente, inferior à largura da faixa de servidão, ficando a cargo do projetista interpolar as informações disponibilizadas pela topografia, e prever uma locação adequada de estruturas, sem prejuízo às distâncias de segurança devido ao balanço dos cabos. E justamente nessas regiões acidentadas, geralmente se tem maiores vãos, levando o balanço do cabo ao limite da largura da faixa de servidão. Adicionalmente, a distância de segurança dos cabos à vegetação existente deve ser avaliada.

No caso de um projeto de locação equivocado, os cabos podem tocar a vegetação lateral e provocar desligamentos intempestivos da linha. É importante também que o projetista faça conferência amostral do levantamento topográfico dessas localidades.

Portanto, especial atenção deve ser dada na fase de levantamento topográfico nessas localidades, levando-se em conta o balanço dos cabos, e às restrições técnicas de meios alternativos, como o emprego da tecnologia por varredura a Laser.

## 3.0 - PROBLEMAS VERIFICADOS NA ETAPA DE OBRAS

Dentre os problemas verificados na etapa de obras, destacam-se:

### 3.1 Problemas na triagem de material

Na etapa de obras, um dos principais problemas é o fornecimento correto dos materiais nos respectivos locais de aplicação. Para não se ter esse problema, o responsável pela triagem do material no almoxarifado do canteiro, deve possuir profundo conhecimento do projeto e dos materiais a serem utilizados. Essa pessoa é a peça chave para o bom ritmo da obra, uma vez que as frentes de trabalho poderão ficar paradas pela falta do material correto.

### 3.2 Descumprimento dos procedimentos de montagem

O descumprimento dos procedimentos de montagem tem causado graves acidentes de trabalho, muitas vezes fatais, além de danos materiais. A responsabilidade pelo descumprimento dos procedimentos previamente aprovados pode ser compartilhada na maioria das vezes, entre os executores por falta de divulgação adequada, como também aos fiscais de obras pelo desconhecimento pleno do documento aprovado. Dentre os problemas recorrentes nas obras, pode-se citar:

- a. Verificação da posição dos stubs, por mão de obra não especializada ou com o uso de equipamento em mau estado de conservação, gerando desvio indesejável na locação. Adicionalmente, devido à escassez de equipamento e de pessoal, nem sempre o posicionamento dos stubs é conferido durante o lançamento do concreto, onde são grandes as chances de deslocamento, por razões diversas como o uso de vibradores, gabaritos mal apoiados, stubs mal fixados, etc;

- b. Montagem forçada das peças devido ao desalinhamento da furação, ocasionado por erro no posicionamento dos stubs ou durante a fabricação das peças. Nesses casos, têm-se verificado o golpeamento das peças, ou até mesmo a refuração no campo, práticas condenáveis, pois além de danificar a zincagem, pode ocorrer a fragilização do ponto de ligação das peças;
- c. Dimensionamento inadequado dos mortos, ocasionando graves acidentes por seu arranque do solo, principalmente após a chuva, quando o terreno fica mais fragilizado.

### 3.3 Manuseio incorreto de materiais

Frequentemente, verifica-se o manuseio incorreto de materiais, podendo ocasionar defeitos incipientes, que com o passar do tempo pode se agravar.

Um dos exemplos é o manuseio dos isoladores poliméricos, onde o montador carrega o isolador na horizontal apoiado sobre o ombro. Essa situação submete o isolador à flexão indesejável, podendo ocasionar danos ocultos ao núcleo.

A forma correta de carregar o isolador polimérico é deixando-o o mais vertical possível, ou transportando na horizontal através de duas pessoas de modo a não causar flexão do núcleo.

### 3.4 Uso do torquímetro na instalação de grampos

A instalação dos grampos de suspensão e de ancoragem passante, com o sistema de aperto através de “telhas com parafuso U”, deve ser feita obrigatoriamente respeitando-se os valores de torque indicados pelo fabricante. Algumas ferragens mais antigas, esse valor não era indicado no corpo do grampo, o que trazia grandes possibilidades de sua instalação com torque insuficiente.

Outro ponto importante é à maneira de instalação do grampo de ancoragem passante, que deve ser feita com o cabo sem tração, e o aperto das porcas, de forma cruzada e alternada, com posterior repasse, visando à acomodação correta do cabo nas ondulações das telhas.

O que se tem visto em algumas obras, é a não utilização do torquímetro e a forma incorreta de aperto sequencial das porcas. Em alguns casos, o torquímetro é usado somente na fase do comissionamento.

Essas condições trazem enorme risco de acidente, principalmente nas manobras dos cabos para instalação de esferas de sinalização, ou o apoio do eletricitista sobre o cabo para instalação de amortecedores de vibração. Com a variação da tração, o atrito insuficiente imposto pelo grampo de ancoragem, pode permitir o escorregamento da alma de aço, ocasionando a ruptura dos tentos de alumínio, e consequente queda do cabo. Já houve acidente fatal nessas condições, devido à saída do eletricitista sobre o cabo singelo, para instalação de esferas de sinalização.

### 3.5 Procedimentos inseguros de trabalho

A saída do eletricitista sobre cabo singelo, infelizmente ainda é uma prática comum, tanto durante a montagem como também na fase de manutenção.

Como se sabe, o acréscimo do peso do eletricitista e os esforços dinâmicos decorrentes de seu deslocamento sobre o cabo, podem acarretar variações significativas da tração, dependendo da bitola do cabo e da extensão do vão. Aliada a essa mudança de condição, pode haver fatores agravantes como o torque insuficiente no aperto dos parafusos do grampo de ancoragem, defeitos ocultos (tentos rompidos, luvas ou grampos mal prensados, fadiga dos tentos por vibração, etc.).

Portanto, para os trabalhos em cabos singelos, devem ser tomadas algumas medidas:

- a. Proibir a saída do eletricitista em cabos pára-raios novos ou em operação. O serviço em esferas de sinalização, por exemplo, deve ser feito por meio de cestas aéreas ou com a saída do eletricitista sobre o cabo condutor, através de bicicleta apropriada;
- b. A saída do eletricitista sobre cabos condutores singelos deve ser feita somente em situações onde não existam alternativas, tomando-se ainda uma série de medidas como não sair em vãos com emendas ou reparos, e instalar esticadores em vãos de ancoragem, sempre precedida de uma detalhada inspeção das ferragens adjacentes, que devem por sua vez, estar em perfeitas condições. Essas medidas também devem ser tomadas em linhas com condutores geminados.

Outro procedimento inseguro comum é a descida do eletricitista ao cabo condutor, utilizando a cadeia de suspensão. Essa forma de trabalho além de equivocada é extremamente perigosa, pois o isolador além de liso, não foi projetado para essa finalidade. Já houve acidente fatal, quando o eletricitista escorregou ao tentar transpor da cadeia de suspensão à torre, e como já havia liberado o talabarte abdominal, ficou desprotegido, vindo a se projetar no solo. A forma correta de saída do eletricitista é através de escada posicionada em paralelo à cadeia, com o uso de linha de vida e trava-quedas. A Figura 2 ilustra ambas as situações.

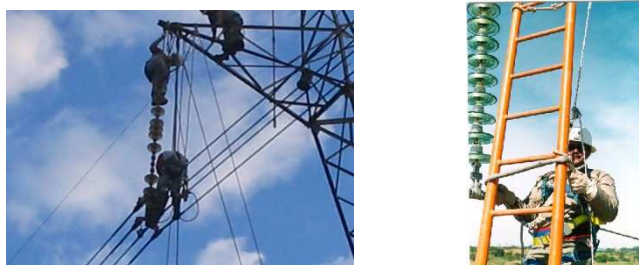


FIGURA 2 – Saída arriscada do eletricitista sobre cabos através da cadeia de isoladores (à esquerda), e a forma segura de saída ao cabo através de escada e corda com trava-quedas (à direita)

### 3.6 Dificuldade na utilização de sistemas de proteção contra quedas

A introdução de cintos de segurança tipo paraquedista, linha de vida, trava-quedas, talabarte retrátil, dentre outros dispositivos, a partir de meados da década de 90, representou significativo avanço na segurança do trabalho em linhas de transmissão.

Entretanto, em algumas situações não é possível a aplicação da linha de vida e trava-quedas, como por exemplo, na etapa de montagem da estrutura, onde os eletricitistas não possuem o ponto de ancoragem acima para instalação da linha de vida. Nesses casos, não há alternativa a não ser usar o talabarte de posicionamento para restringir o seu movimento, e uso de talabarte com gancho acima do nível de fixação no cinto, para diminuir o fator de queda, o quanto possível.

Contudo, deve-se sempre aplicar o princípio de trabalhar permanentemente conectado à estrutura, tanto durante o deslocamento horizontal e vertical, como também no posicionamento de trabalho.

O talabarte deve ser original de fábrica, sem alteração de seu comprimento. Alguns eletricitistas insistem em aumentar o comprimento para viabilizar trabalhos em pontos mais distantes, todavia, estão comprometendo a própria segurança e eficácia do conjunto (cinto de segurança e talabarte), além de ser uma prática não amparada por Certificado de Aprovação – CA, emitida pelo órgão legal, na homologação do equipamento de segurança.

Recomenda-se fortemente, nos casos particulares onde não seja possível o uso de equipamentos de segurança em condições normais, procurar orientação especializada da Segurança do Trabalho.

### 3.7 Negligências nos aterramentos temporários

A construção de uma nova linha de transmissão, muitas vezes induz à falsa impressão de que não é necessário o sistema de aterramento temporário.

Pelo contrário, nas obras de novas linhas há necessidade também do aterramento temporário, a partir da etapa de lançamento dos cabos, para evitar descargas por efeito eletrostático, indução devido a linhas energizadas próximas, energização acidental do cabo, etc.

A linha deve ser aterrada nas extremidades do lance em questão, além de pontos intermediários, onde as equipes estão trabalhando.

O aterramento deve ser feito por grampos e cabos apropriados. Jamais executar o aterramento amarrando com estropos o próprio cabo na estrutura, como já visto em algumas obras, ou ainda aterrar a linha com a instalação do grampo na ferragem da cadeia – suporte do anel, etc.

Além da etapa de lançamento, o fechamento do jamper também oferece riscos ao eletricitista, quando se está manuseando o cabo do jamper apoiado sobre os condutores do restante do tramo. Nesse momento ambos os cabos de cada tramo, devem estar aterrados na mesma estrutura, para eliminar a diferença de potencial. O uso de mini jamper entre os cabos a serem manuseados, deve ser adotado como medida adicional de segurança, para evitar eventual descarga ao eletricitista, em caso de desconexão acidental de um dos grampos de aterramento.

Outro ponto grave é a instalação ou substituição de esferas, onde ao realizar o serviço no pára-raios através da saída pelo condutor, há enorme risco de potencial diferente entre os cabos, mesmo estando a linha desenergizada. O eletricitista servirá nesse instante, de ponte de equalização de potencial.

Portanto, os trabalhos nos cabos pára-raios saindo-se sobre os condutores, deve ser precedida do aterramento da fase nas torres do vão sob trabalho. Nesse caso, o uso do mini jamper, instalado localmente entre o cabo condutor e o pára-raios, antes do eletricitista tocar nos cabos, é altamente recomendado como medida adicional de segurança.

### 3.8 Processos inadequados durante a fase de nivelamento e grampeamento dos cabos

Uma das etapas mais críticas de montagem da linha aérea é sem dúvida, a fase de regulação e marcação dos cabos para o grampeamento. Nessa etapa, além da experiência do topógrafo, há a necessidade de efetuar a correta tomada de temperatura do cabo, para aplicar a tração determinada em projeto.

O que se tem visto nas obras, é a instalação do termômetro de mercúrio ou termo higrômetro, muitas vezes pendurado na estrutura, em posição mais cômoda para a leitura, ou seja, próximo ao pé da torre. Ressalta-se que a tomada de temperatura nessas condições não reflete a real temperatura do cabo, induzindo a erros grosseiros na aplicação da tabela de regulação.

A forma correta de se medir a temperatura para regulação dos cabos, é através do termômetro de contato, fixo numa amostra do mesmo tipo de cabo a ser nivelado. O conjunto deve estar à mesma altura e incidência solar, em relação aos cabos condutores do vão de trabalho. Desse modo, serão reproduzidas as condições para tomar a temperatura do cabo, o mais próximo do real possível.

Ressalta-se também que além do cuidado na tomada da temperatura, deve-se ter uma tabela com intervalos menores de temperatura. É recomendado que o intervalo de temperatura, seja pelo menos de 2 em 2 graus. Quanto menor o valor do vão básico, o erro torna-se mais significativo.

Outros aspectos como atrito entre roldanas, presença de ventos durante o fechamento do cabo, diferença entre vãos e desníveis de projeto e o real, também influenciam consideravelmente no erro de fechamento dos cabos e devem, portanto, serem pontos de atenção pela equipe de regulação. As somatórias desses erros podem ocasionar cabo baixo na linha de transmissão.

## 4.0 - PROBLEMAS FUTUROS A SEREM EVITADOS NA FASE DO COMISSIONAMENTO

Na fase do comissionamento, algumas atividades relacionadas à futura manutenção da linha, ficam em segundo plano, muitas vezes pela urgência em entregar a obra para recuperar prazos no cronograma. Contudo, essas atividades devem preferencialmente serem executadas com a linha desligada, devido às facilidades inerentes. Dentre essas atividades, se destacam:

- a. Avaliação das condições ergonômicas da nova série de torres para manutenção: Na fase de comissionamento, a equipe que irá recepcionar a linha de transmissão, deve avaliar as condições ergonômicas da estrutura, visando a futura manutenção, e prever eventuais equipamentos necessários, considerando-se as características específicas da nova instalação. Essa avaliação deve abranger desde o procedimento de escalada, como também às técnicas de manutenção em linha viva;
- b. Testes do ferramental de linha viva: Além das condições ergonômicas, nesta fase, deve ser feita a simulação dos trabalhos em linha viva, tanto à distância como ao potencial (se for o caso). Essa tarefa tem por objetivo, identificar eventuais ajustes necessários ao ferramental, como também avaliar as condições de trabalho, dimensionamento da equipe de linha viva, dentre outros aspectos. Os casos mais comuns de ajustes do ferramental de linha viva, implicam em maior comprimento do bastão lança nas cadeias de ancoragem, devido ao uso de prolongadores nas cadeias, e ajustes de calços e novos jugos, devido ao desenho particular da ferragem de cadeia. Algumas interferências entre jugos e componentes de cadeia também podem ocorrer, como mostradas na Figura 3, necessitando de ajustes no conjunto de ferramentas;
- c. Treinamento das equipes na nova instalação: O treinamento das equipes nas novas instalações tem por objetivo consolidar os ajustes de ferramental e do procedimento de trabalho, identificados durante os testes iniciais. Devem ser praticados passo a passo os procedimentos de escalada, as manobras nas cadeias, simulação de entrada ao potencial, funcionalidade das ferramentas, modulação da equipe em cada uma das manobras, tempo de execução da manobra, etc. Os cuidados durante as manobras e pontos relevantes também devem ser anotados para atualização da instrução de manutenção.



FIGURA 3 – Exemplos típicos de interferência e necessidade de ajuste do ferramental de linha viva

## 5.0 - PROBLEMAS COMUNS NA FASE DE MANUTENÇÃO

Dentre os problemas mais comuns detectados durante a manutenção, destacam-se:

### 5.1 Manobras em cabos que podem sobrecarregar a estrutura

Frequentemente, verifica-se a necessidade de descida do cabo para reparo ou manutenção das esferas de sinalização. Essa manobra é feita através de sistemas de roldanas instaladas em pontos específicos da estrutura, e a movimentação da carga, feita por guincho, moitões ou tração da própria viatura.

Entretanto, muitos inadvertidamente, realizam essa tarefa de forma errônea, principalmente nas estruturas de suspensão. Durante a montagem do processo de descida do cabo, por comodidade, instala-se a roldana apenas próxima a extremidade da mísula e na base da torre, para que a corda seja puxada pelo veículo de tração, criando-se dessa forma uma duplicação da carga vertical na mísula.

Portanto, a manobra de descida deve ser feita sempre com a instalação de roldana em pelo menos três pontos da estrutura, de modo a minimizar o carregamento vertical imposto na mísula, ou seja: uma na extremidade da mísula, outra no ponto de ligação da mísula com o corpo da estrutura, e por fim uma roldana no pé da estrutura.

### 5.2 Problemas durante a reposição de peças por vandalismo, devido a inobservância das características dos materiais

Durante a reposição de peças de estruturas, deve-se consultar a lista de materiais da estrutura, para verificar as propriedades mecânicas do material.

Essas propriedades são identificadas através de letras, diferenciando o tipo de aço utilizado em cada posição da torre. Normalmente se utilizam dois tipos de aço: o ASTM A36 identificado pela letra S, e o ASTM A 572 Gr50 identificado pela letra H. Os projetos de detalhamento também geralmente apresentam em cada posição, a identificação do tipo de aço.

### 5.3 Confiança em aterramentos existentes nas estruturas

Antes da execução do aterramento temporário, deve-se verificar as condições do sistema de aterramento da estrutura sob trabalho, e também nas torres adjacentes. Essa prática é esquecida por muitos, e podem gerar graves acidentes.

Com as frequentes ocorrências de furto de contrapesos e conectores, ou ainda, considerando-se os contrapesos lançados em áreas de cultivo, não se deve confiar cegamente na integridade do sistema de aterramento dessas estruturas.

Da mesma forma, os cabos de descida do aterramento embutidos em estruturas de concreto, ou a conexão do contrapeso embutida na região do fuste da fundação, não são visíveis e portanto, não se pode garantir a sua integridade.

Portanto, antes de iniciar o aterramento temporário, recomenda-se que seja feita uma inspeção visual nas conexões do aterramento à estrutura, e também verificar sinais de danos nos contrapesos. Em complemento, para os locais com recorrentes problemas de furtos ou danos por atividade agrícola, e onde as conexões do aterramento à estrutura não estejam visíveis, recomenda-se realizar a medição da resistência de terra, em menor intervalo do que o praticado para o restante da linha.

Essa medição ficou facilitada com o surgimento de terrômetros de alta frequência, que viabiliza o trabalho sem desconexão dos cabos contrapesos ou os pára-raios da estrutura.

## 6.0 - GANHOS OBTIDOS COM A INTERAÇÃO ENTRE AS ÁREAS DE PROJETOS, OBRAS E MANUTENÇÃO

As áreas de projetos, obras e manutenção, possuem visões diferenciadas pela experiência acumulada, e o compartilhamento dessas informações, podem trazer reciprocamente, ganhos significativos como alguns exemplos a seguir:

- a. Identificação dos possíveis locais não atendidos por torres de emergências: O projeto de locação das torres, pode receber melhorias sob a ótica da manutenção, dando-se um tratamento diferenciado nos locais não atendidos por torres de emergência. Nessas localidades, pode-se utilizar estruturas mais reforçadas, ou diminuir o vão de vento, aumentando-se o grau de segurança da instalação;
- b. Identificação das soluções de ferragens que devem ser evitadas por problemas de manutenção, ou que dificultem o seu diagnóstico durante as inspeções periódicas: Na fase de especificação técnica dos materiais, deve-se considerar o histórico do desempenho ou dificuldade de inspeção, para definir o tipo de material mais adequado para o novo empreendimento. Um exemplo são os espaçadores amortecedores. Os modelos com garras parafusadas são de fácil instalação, porém estão sujeitos a falhas, mesmo com o aperto controlado das garras, através de parafusos "break away". Nas inspeções periódicas à distância, o desgaste do cabo internamente a garra do espaçador é difícil de ser notado, obrigando a realizar inspeção ao potencial, tornando o processo oneroso e demorado. Já o espaçador amortecedor com varetas preformadas possui mais vantagens, pois elimina-se o problema de controle do torque de aperto, e adicionalmente permite boa visualização do cabo na região de contato da garra, facilitando a inspeção periódica;
- c. Acompanhamento das equipes de manutenção durante a fase de obras, visando o aprendizado das técnicas empregadas na montagem da linha, ferramental utilizado, tempo de execução, número de pessoas envolvidas, etc., agregando-se conhecimento importante às futuras manutenções.

## 7.0 - CONCLUSÕES

Considerando-se os problemas aqui apontados, têm-se as seguintes conclusões:

- a. Os erros mais comuns verificados em diversas etapas de implantação de uma linha de transmissão, podem ser evitados sem grandes dificuldades de ordem prática ou econômica;
- b. Sempre que possível, deve-se propiciar a integração entre as áreas de projetos, construção e de manutenção, para agregar experiências e visões diferenciadas sobre um mesmo assunto. Essa troca de informações traz como resultado, ganho na qualidade técnica do empreendimento, reduzindo futuros custos de manutenção.

## 8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Fuchs, R. D. - Projetos Mecânicos das Linhas Aéreas de Transmissão. Brasil;
- (2) Pavlik, B.L. – Tecnologia da Ferragem para Linhas de AT e EAT. Brasil;
- (3) Lisboa, C.G. – Manual Técnico – Aterramento em LTs – FURNAS. Brasil.
- (4) GCOI – ELETROBRÁS – Manutenção em Linhas de Transmissão Energizadas – Técnicas Disponíveis, Limitações e Recomendações – SCM 091. Brasil.



## 9.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Gilberto Massanobu Yamamura

Nascido em São Paulo, SP, em 17 de abril de 1968

Especialização: EPUSP(2002), Graduação(1992) – Universidade de Mogi das Cruzes, Escola Técnica Federal de S.Paulo (1986)

Empresas: Monasa Consultoria e Projetos (1986 a 1988), CESP (1988 a 1999), CTEEP (1999 a 2006), ITAIPU Binacional (desde 2006)

Trabalhos publicados: XIV, XVI, XVII e XVIII SNPTEE, XIII ERIAC, BRACIER, CIERTEC, II SEMASE, I SNTEE.

Wilton Rios Cordeiro

Nascido em Itaperuna, RJ, em 21 de Agosto de 1956

Especialização: Automação e controle (UFSC); Proteção de sistema elétrico(UFRJ)

Graduação (1982) – Engenharia elétrica - Universidade Veiga de Almeida (UVA/RJ)

Empresa: ITAIPU Binacional (desde 1986)

Josias Aguera da Costa

Nascido em Campinas, SP, em 06 de junho de 1985

Graduação(2008) – Engenharia elétrica - Universidade de São Paulo (EESC/USP)

Empresas: PETROBRAS (2008 a 2013), ITAIPU Binacional (desde 2013)