



XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

SENDI 2008 - 06 a 10 de outubro

Olinda - Pernambuco - Brasil

Novas Técnicas para a Inspeção, Diagnóstico e Manutenção de Postes de Madeira

Nilton dos Santos Filho	John Hellier
Cemig Distribuição S.A.	Preschem Pty Ltd
nsfilho@cemig.com.br	brasil@preschem.com

Palavras-chave

Cupins e Fungos Deterioradores
Inspeção de Postes de Madeira
Manutenção de Postes de Madeira
Sanidade de Postes de Madeira
Madeira Preservada Quimicamente

Resumo

Postes de madeira são amplamente utilizados mundialmente, sustentando uma significativa parcela das redes de energia elétrica. Fatores como menor custo e peso, facilidade de transporte e manuseio, maior segurança pessoal na construção e manutenção, durabilidade satisfatória e maior Nível Básico de Isolamento (NBI), têm mantido e estimulado o uso nacionalmente.

Mas a exposição prolongada e o contato direto com o solo podem levar à deterioração biológica, causada principalmente por fungos e cupins, podendo causar o comprometimento mecânico das estruturas rapidamente. Procedimentos periódicos de inspeção e manutenção (preventivas e corretivas) são realizados a custos e riscos reduzidos, se comparados à substituição de postes. As estruturas são inspecionadas externamente, internamente e também em parte da região engastada. Optando-se pela permanência do poste em serviço, serão necessários tratamentos corretivos e/ou preventivos, objetivando bloquear ou paralisar a evolução da deterioração, mantendo a condição mecânica satisfatória ainda existente. Através do treinamento de profissionais e adoção de procedimentos básicos, estende-se a vida útil dos postes de madeira, evitando-se substituições e reduzindo custos. Nos últimos cinco anos novas técnicas para a inspeção e diagnóstico, aliadas a chegada de novos produtos para a manutenção corretiva e preventiva de postes em serviço, estão incentivando o assunto no país.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil o poste de madeira é fabricado essencialmente a partir de troncos de árvores do gênero *EUCALYPTUS*, embora também seja permitida a utilização do gênero *PINUS*, que é predominante nos EUA. Uma árvore pode considerada adulta com 15 anos e nessa idade já podem ser obtidos postes superiores a 10 metros de altura. Toda a produção é proveniente de reflorestamentos realizados pelo homem em áreas selecionadas e cultivadas para esse fim. Não há desmatamento de matas nativas para

a produção de postes de madeira, cuja utilização é vedada desde 1965 (lei nº 4.797 de 29 de outubro de 1965).

Para a fabricação de postes, a seção relevante do tronco de uma árvore se concentra no alburno e no cerne. O alburno (alburne, branco ou brancal), depois de retirada a casca, é a parte mais externa da madeira. Geralmente é claro, e menos durável que o cerne. Sua espessura na maioria das vezes é próxima a 5 cm, conforme a idade e a espécie do eucalipto utilizado. O alburno é permeável ao tratamento químico preservativo. O cerne é formado ao longo do desenvolvimento do tronco, quando as células mais internas do alburno vão morrendo e formando-o. O cerne é a parte mais dura da madeira e em condições normais é mais denso e menos deteriorável que o alburno, porém não é permeável ao tratamento químico preservativo. Geralmente possui uma coloração mais escura.

Exposto ao tempo e em contato com o solo, o poste de madeira está sujeito à deterioração biológica, causada principalmente por fungos e insetos. Na região de afloramento, até aproximadamente 50 cm abaixo do nível do solo, a degradação é muito superior à verificada na parte exposta.

Algumas madeiras nativas (Aroeira, Maçaranduba, Paraju, etc.) possuem cerne de alta resistência biológica e foram muito utilizadas no passado. Elas apresentam um crescimento bastante lento e são altamente exigentes quanto às condições de solo e clima para o seu desenvolvimento.

O eucalipto é considerado uma espécie de crescimento rápido (ciclo curto) e de boa resistência florestal, que se adaptou bem as condições tropicais brasileiras, onde hoje existe o maior plantel mundial, superando inclusive o da Austrália, seu país de origem.

Naturalmente o eucalipto tem uma resistência limitada a exposição prolongada as intempéries, o que é compensado pelo tratamento químico realizado, seguindo padrões técnicos e industriais aprovados e normalizados.

Define-se então o conceito de poste preservado como aquele cujo alburno contém preservativo químico em quantidade suficiente para protegê-lo dos agentes deterioradores naturais. Cria-se com o tratamento uma barreira que protege as partes externas e isola as partes internas do tronco.

Os produtos químicos preservantes utilizados para tratamento industrial da madeira possuem um efeito repelente, inseticida e fungicida. Para o meio ambiente é o homem não apresentam maiores riscos devido à baixa concentração utilizada e aos cuidados adotados.

Para a construção de estruturas para distribuição e transmissão de energia elétrica, a legislação brasileira permite somente a preservação através do tratamento químico em autoclave sob pressão. Para a preservação sob pressão, os preservativos autorizados são o Creosoto, o Pentaclorofenol (PCF), o Arseniato de Cobre Cromatado (CCA) e o Bromato de Cobre Cromatado (CCB). O CCA é o preservativo mais utilizado atualmente.

Para “fabricar” madeira, consome-se menos energia em relação a outros materiais, conforme demonstrado na Figura 1.

PARA PRODUZIR 1 TONELADA DE	CONSUME-SE EM Kg EC
Alumínio	4.200
Plástico	1.800
Aço	1.000
Cimento	260
Bloco de Concreto	26
Concreto simples	26
MADEIRA	0,8

Fonte: Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Portugal – Lenec

(Kg EC = Quilos equivalentes de carvão)

Tabela 1 – Consumo Comparativo de Energia

Segundo a Associação Brasileira dos Preservadores de Madeira (ABPM), temos também:

- Uma árvore em crescimento consome entre 18,0 a 35,0 Kg de CO₂ por ano;
- Para produção de 1 tonelada de madeira seca, são seqüestradas 1,8 ton de CO₂ e liberadas 1,2 ton de O₂;
- Um poste de eucalipto, tipo 10M, em 12 anos de crescimento, terá consumido de 216 Kg a 420 Kg de CO₂, pesará 250 Kg e contribuirá com 450 Kg de seqüestro de CO₂ e 300 Kg de liberação de O₂ na atmosfera.

Alguns fatores irão favorecer o desenvolvimento dos fungos e cupins, tais como: temperaturas moderadas, oxigenação, pH do solo, umidade e ausência de luz. Quando essas condições deixam de existir, os fungos têm capacidade de sobrevivência por longos períodos. O cupim é um decompositor natural do ambiente, reciclando matéria orgânica. Ele se alimenta de galhos e troncos de árvores caídas, restos de madeira, raízes, folhas e fungos, além de revirar a terra na formação dos seus ninhos, proporcionando troca de nutrientes e oxigenação do solo. Com a destruição das condições naturais, provocadas pelos desmatamentos, queimadas, monoculturas e outros, os cupins procuram cada vez mais instalações humanas, como alternativa alimentar.

Embora com menor incidência, outros deterioradores também podem ser danosos à madeira de postes e cruzetas, tais como brocas, carunchos (besouros), formigas e pássaros como o Pica-pau.



Foto 1 e 2 – danos provocados por pica-paus, em postes de linhas de transmissão.

Os procedimentos de inspeção e diagnóstico basicamente se compõem numa avaliação da condição externa e interna dos postes, integrada a uma análise de parte da área engastada que, associada à condição específica de cada estrutura, poderá resultar num diagnóstico que rejeite ou aprove a permanência do poste em serviço. Para os postes que permanecerem instalados, deverão ser adotados procedimentos corretivos e preventivos, para manter as condições mecânicas encontradas, por períodos médios entre 5 e 10 anos, conforme a região.

Os produtos para manutenção devem ser registrados e autorizados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. Esses produtos têm um custo relativo reduzido e são de fácil utilização, proporcionando a paralisação da deterioração existente (e em progressão), ou protegendo a madeira contra o início de um processo danoso a sua condição mecânica.

2. INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO

As referências iniciais para o diagnóstico da sanidade de postes de madeira são baseadas nos dados de projeto e construção, que irão considerar o tipo de poste instalado, o tratamento utilizado, o fabricante, as datas de instalação e de fabricação e as eventuais inspeções e manutenções anteriormente realizadas. Procedem-se então as rotinas de inspeção externa, interna e em parte da base engastada, próxima a linha de afloramento. Todos os resultados das inspeções realizadas devem ser registrados, preferencialmente em coletores de dados eletrônicos (Pocket-PCs, Palm-Tops, etc.), que poderão conter rotinas e aplicativos que auxiliem na tomada de decisões.

2.1 Inspeção Visual

O estado geral do poste, da linha de afloramento ao topo, deve ser criteriosamente observado, procurando eventuais comprometimentos, tais como fendilhamentos, rachaduras, buracos de pica-pau, avarias nas fixações e furações, danos mecânicos (provocados por colisões, fogo, descargas atmosféricas, etc.) e a presença de insetos. Não devem ser realizados exames com machados, pás, picaretas, facões ou outras ferramentas cortantes. Evitar introduzir novos danos ao poste durante a inspeção e, se necessário, retirar o mínimo possível de madeira sadia.

2.2 Inspeção Externa

Conhecida também como inspeção de “Pé-de-Poste”, consiste na análise de parte da base do poste, até aproximadamente 50 cm abaixo da linha do solo. Essa é a região onde se verifica a maior incidência de danos provocados por fungos e cupins, que poderão comprometer com maior gravidade a resistência mecânica dos postes.

Deve-se procurar identificar o lado do poste que recebe a menor incidência diária do sol e cavar inicialmente uma abertura, suficiente para se realizar uma primeira avaliação da base do poste.

Utilizando um estilete (ou sovela de sapateiro), deve-se avaliar, abaixo e acima do nível do solo, a resistência externa das fibras da madeira. Observar se elas se soltam em pedaços (placas), fragmentando-se facilmente, ao serem forçadas entre os dedos, ou se lascam rigidamente no sentido das fibras. A presença de orifícios e galerias poderá indicar a existência de insetos. Se não for encontrada nenhuma deterioração na região inspecionada, pode-se considerar que não deve existir outros danos significativos ao longo do restante da circunferência engastada do poste. Neste caso a inspeção externa estará encerrada e os resultados encontrados devem ser registrados. Havendo deterioração, toda a circunferência do poste deverá ser avaliada.



Foto 3 – Abrindo a cava para avaliar a base do poste.



Foto 4 – Danos significativos, encontrados abaixo da linha de terra.



Foto 5 e 6 – Com o uso da sovela, compara-se a madeira da base do poste com a exposta, acima do solo.

Após a inspeção da base exposta, deve-se limpá-la com uma escova de aço e, se necessário, utilizar uma cavadeira de cabo curto, para remover toda a madeira deteriorada da base. A madeira apodrecida será facilmente removida. Quando a remoção começar a se tornar mais difícil, deve-se encerrar a limpeza, pois significa que não existe mais deterioração e somente madeira sadia permanece. Todo o material apodrecido deve ser removido da cava.

Depois da limpeza da base do poste e até 10 cm acima do nível do solo, deve-se medir o perímetro restante no ponto de maior perda de circunferência e também um pouco acima do afloramento, onde o poste esteja com toda a sua circunferência íntegra. Os resultados devem ser registrados. A comparação desses dois diâmetros irá sinalizar o percentual de perda de área do poste e a estimativa da correspondente perda de resistência mecânica.



Foto 7 – Presença de fendas e galeria de cupins no poste.



Foto 8 – Retirada da madeira deteriorada da base do poste.



Fotos 9 e 10 – Medindo o perímetro abaixo no nível do solo (na base exposta do poste, depois da limpeza) e até uns 20 cm acima, para dimensionar o percentual de perda externa.

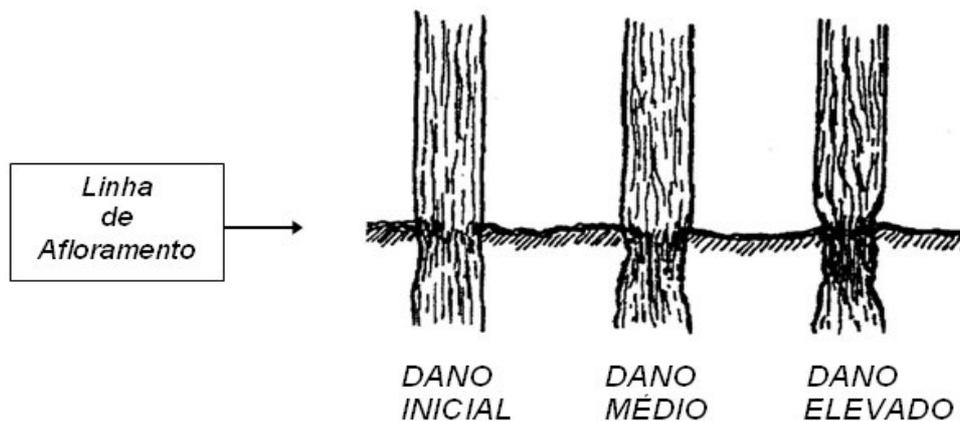


Figura 1 – Linha do solo e indicativos de deterioração inicial, média e avançada.

2.3 Inspeção Interna

Também conhecida como “Exame por Percussão”, este procedimento consiste em bater, utilizando um martelo leve, em toda a circunferência do poste, da linha de afloramento até uma altura aproximada de 2 m. As pancadas devem ser firmes e sempre perpendiculares ao poste. Um som “claro” sinaliza o provável bom estado da madeira e um som “surdo” pode indicar a existência de apodrecimento, oco ou deslocamento (ou descolamento) de albarno.



Fotos 11 e 12 – Percutindo o poste a procura de ocos, apodrecimento ou deslocamentos de albarno.

Cuidados especiais devem ser tomados para postes com umidade excessiva (período de chuvas), fendas, ou postes com deslocamento do albarno. O som poderá não ser firme, porém sem existência de deterioração, podendo dificultar a análise da real situação do poste.

Existem também ferramentas como os detectores sônicos que, com base no princípio que a madeira conduz as ondas sonoras de modo proporcional ao seu estado de sanidade, indicarão em escalas específicas, o provável estado de sanidade da madeira avaliada. De um modo geral os detectores complementam a inspeção, mas não substituem o profissional experiente no exame por percussão, utilizando um martelo. Os detectores também terão seu funcionamento prejudicado se a madeira estiver muito úmida. São considerados como ferramentas auxiliares satisfatórias, porém não imprescindíveis.

Havendo suspeita de dano interno, detectado pelo martelo de percussão e/ou detector sônico, deve-se perfurar o poste, perpendicularmente ao seu sentido, num ponto em torno de 10 cm acima do solo.

A medida que o furo for sendo feito, deve-se avaliar a serragem que esta sendo expelida pela broca, procurando identificar a condição mecânica do cavaco (se resistente ou enfraquecido), se há umidade presente e se há um cheiro rançoso na madeira. Geralmente, quando há oco ou outros danos internos, ao manusear a furadeira haverá uma “falha” durante a furação, pois a eventual ausência de madeira sadia provocará um deslocamento mais rápido da broca. Depois de feito o furo, utiliza-se uma sonda (haste) graduada para pesquisar a extensão da cavidade interna e quanto de parede de madeira sadia ainda existe. Os resultados devem ser registrados e a comparação desses dois diâmetros irá sinalizar o percentual de perda de área do poste e a estimativa da correspondente perda de resistência mecânica.

O furo de inspeção também deve ser protegido quimicamente e fechado com um tarugo de madeira tratada ou um tampão plástico, evitando a penetração de umidade, insetos e a exposição do cerne, que favorece os processos deterioradores.



Foto 13 - Perfurando o poste para avaliar a existência e dimensão de danos internos (oco).



Foto 14 – A extensão da deterioração poderá ser obtida através de uma haste graduada.

2.4 Diagnóstico da Sanidade

Com os resultados das inspeções realizadas (visual, externa, interna e da instalação), recorre-se a planilhas ou aplicativos no PDA (Personal Digital Assistant), Handheld ou computadores portáteis para se obter uma classificação dimensional do dano ou a soma dos danos eventualmente existentes. Na ausência de ferramentas eletrônicas são utilizadas tabelas impressas.

Os danos são classificados basicamente em três níveis de deterioração, definidos como inicial, médio ou avançado.

A deterioração inicial não irá requerer a substituição do poste, que deve ser sempre indicado para tratamento. A deterioração média poderá exigir a substituição ou não, conforme a condição (“status”) do poste na rede ou linha. Nos casos de deterioração avançada, provavelmente será necessária a substituição, embora algumas vezes o poste ainda possa ser mantido, em função de particularidades da instalação (“status”) e a critério da equipe de manutenção.

Havendo deterioração externa e interna no mesmo poste, os níveis de perda apurados devem ser somados e considerados para compor a classificação da deterioração total existente.

Resumindo, além da redução da circunferência (perda de material por apodrecimento na região da linha de afloramento) e/ou presença de danos internos, é de fundamental importância para a decisão de substituir ou não, avaliar o “status” do poste, considerando:

- Tipo de estrutura (ancoragem ou suspensão);
- Tamanho dos vãos adjacentes e peso dos cabos;
- Número de postes por estrutura (1, 2 ou 3);
- Estruturas com reforço (estais, contraventamentos);
- Tipo do poste (leve, médio, pesado, etc.);
- Cruzamentos (áreas habitadas, rodovias, rios, teleféricos, ferrovias, etc);
- Programas de manutenção (corretiva e preventiva) previstos, etc.

Outros danos poderão também ser determinantes para a decisão de substituir ou não um poste, como o apodrecimento de topo, danos provocados por pica-paus, queimadas, etc.

Decido pela permanência do poste em serviço, devem ser executadas as manutenções corretiva e preventiva previstas, necessárias a paralisar o processo de deterioração (tratamento corretivo, caso contrário, o dano será crescente) ou não permitir que o mesmo se inicie (tratamento preventivo). Recomenda-se que todos os resultados e intervenções devem ser registrados nas planilhas ou coletores adotados e depois centralizadas num banco de dados.

3. MANUTENÇÃO PREVENTIVA E CORRETIVA

No Brasil, as intervenções preventivas e corretivas em postes de madeira receberam avanços significativos nos últimos anos. Até recentemente eram utilizados bases químicas líquidas, diluídas

em água ou querosene, de odor acentuado e manuseio difícil. Eram realizados tratamentos interno e externo no poste e também no solo (barreira inseticida), ao redor da estrutura.

Técnicas e preservantes já utilizados na Europa, EUA, Austrália e África do Sul estão agora disponíveis no Brasil, para a manutenção de postes de madeira, utilizando produtos químicos, secos e inodoros, já devidamente registrados e autorizados pelo IBAMA para essa finalidade.

3.1 Tratamento Interno

Para a maioria dos postes, consiste em realizar três furos transversais, iniciados a 15 cm da linha de afloramento (ou do solo) num ângulo aproximado de 30° em relação ao poste (longitudinal) e em torno de 20° distante da linha ao centro, conforme demonstrado na Figura 2. Postes de dimensões avantajadas poderão requerer 4 furos para o tratamento.

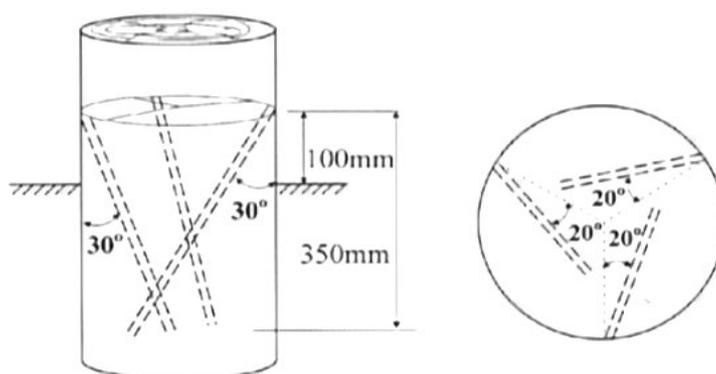


Figura 2 – Direcionamento dos furos para o tratamento interno dos postes.

Com os furos prontos, são adicionados geralmente dois bastões químicos para cada furo e depois as cavidades são fechadas com tampões de madeira tratada ou plástico, sendo que esses últimos poderão ser reutilizados em intervenções futuras.



Fotos 15 e 16 – Adicionando o bastão químico no furo e fechando-o posteriormente com um tampão plástico.

3.2 Tratamento Externo

Utilizando-se da cava aberta para a inspeção, deve-se garantir a limpeza da base exposta do poste, removendo toda a terra e a eventual presença de insetos e fungos na madeira. Obtêm-se o perímetro do poste alguns centímetros abaixo da linha de solo e adiciona-se a essa medida em média 10 cm, para obter-se a medida correta para o corte da bandagem utilizada no tratamento externo.

Deve-se envolver a base do poste com a bandagem e fixá-la a partir do limite na linha de solo, utilizando um grampeador industrial ou pregos. Após a fixação, aplica-se uma fita em PVC na linha superior da bandagem, protegendo-a da entrada de água direta (chuvas) e garantindo a melhor fixação com a madeira. Finalizada a instalação da bandagem, o reaterro deve ser feito aos poucos,

compactando o solo, garantindo o contato firme do preservante com toda a extensão do poste onde a mesma esta inserida.



Fotos 17 e 18 – Cortando a bandagem e fazendo a sua fixação na base exposta do poste de madeira.



Fotos 19 e 20 – Fixando a bandagem e depois fechando a cava, garantindo o contato uniforme com a madeira.

3.3 Substituição de Postes

Um poste de madeira só deverá ser substituído quando a avaria existente compromete acentuadamente a resistência mecânica e a ruptura do mesmo se torna muito provável em solicitações extremas, como na incidência de sobrecargas provocadas pelo vento, rompimento de cabos, etc.

Uma mesma avaria em dois postes iguais, pode indicar que um deles seja substituído e o outro não, dependendo das condições da instalação. Depois da condição mecânica, o status do poste é o principal subsídio para a decisão de substituir ou permanecer com um poste de madeira em serviço.

4. ANALISE ECONÔMICA

A substituição de postes em LTs ou RDs sempre terá um custo acentuado e envolverá maiores riscos as instalações, empregados e terceiros. Os valores médios para troca de postes de madeira, com mão-de-obra própria, são demonstrados na Tabela 2.

Custo Médio para Substituição de Postes de Madeira em RDs e LTs	
Poste de 10 metros, em rede rural convencional	R\$ 3.800,00
Poste de 18 metros, em linha de 138 kV	R\$ 5.400,00

Tabela 2 - Custo médio total para troca de postes de madeira em RDs e LTs.

Já o custo para o tratamento corretivo ou preventivo em um poste de madeira, para intervenções interna e externa (nem sempre ambas são realizadas), tem o custo demonstrado na Tabela 3, já consideradas as despesas com deslocamento e mão-de-obra.

Custo Médio para Tratamento (externo e interno) de um Poste de Madeira em RDs e LTs	
Poste de 10 metros, em rede rural convencional	R\$ 100,00
Poste de 18 metros, em LT de 69 ou 138 kV	R\$ 120,00

Tabela 3 - Custo médio total para tratamento de postes de madeira em RDs e LTs.

O Custo médio, somente para os produtos utilizados no tratamento externo e interno, é de 50 reais para postes de redes (10m) e de 70 reais para postes de linhas.

Observa-se que o tratamento preventivo e corretivo representa menos de 2,7% do valor de uma substituição em redes e menos de 2,3% do custo de uma substituição em linhas de transmissão, sem mencionar os riscos envolvidos numa tarefa dessa natureza. Para períodos de 5 anos entre os tratamentos (o menor praticado) e considerando os custos para intervenções externas e internas (o que na maioria das vezes não ocorre), em 50 anos teríamos gasto menos de 40% do custo de uma substituição, que podem crescer acentuadamente a partir do 15º ano da RD ou LD, sem a utilização de proteção química adicional.

5. OBSERVAÇÕES E CONCLUSÕES

O treinamento teórico e prático dos profissionais de linhas e redes para a inspeção e manutenção de estruturas de madeira é essencial para o êxito de um programa de manutenção dos postes. Reciclagens também devem acontecer, motivadas também pelo surgimento de novos produtos e técnicas.

A existência de vestígios atuais ou anteriores de ataques de cupins, formigas ou a presença de terra e resíduos orgânicos nas fendas e rachaduras, não necessariamente significa que há comprometimento mecânico do poste, o que só poderá ser corretamente avaliado após os procedimentos regulares de inspeção (topo, externo, interno e “status” da instalação).

Somente após a completa avaliação da sanidade do poste em serviço e da análise de seu “status” poderemos recomendar a substituição ou o tratamento corretivo e/ou preventivo de um determinado poste.

Para os postes que permanecerem instalados, para todos os estágios de deterioração, recomenda-se executar os procedimentos preventivos e corretivos citados, para impedir a progressão dos danos e manter a condição mecânica existente. Linhas novas poderão ser tratadas preventivamente na instalação.

Afirmarções do tipo: “o poste têm oco, então está condenado”, “somente na batida do martelo é possível avaliar a condição do poste”, “esta fenda (ou trinca) condena o poste”, “com este oco este poste têm que ser trocado e com urgência”, dentre outras, sem comprovação prática e científica, não devem ser consideradas.

Quando a avaria se limita apenas à base do poste (próximo à linha de afloramento) e a troca for a solução mais recomendada, pode-se ainda optar pela utilização de contrapostes. Sua instalação tem menor custo e podem ser reutilizados postes remanejados (em bom estado). Essa opção envolve um risco menor de acidentes e são executadas mais rapidamente, em relação a uma troca convencional, embora não se apresente bem visualmente.

Na substituição de postes ou também na utilização de contrapostes, deve-se sempre retirar a base do poste que esta sendo substituído, pois a permanência da mesma no local poderá facilitar o acesso de agentes deterioradores na nova instalação.