

<b>Antonio Carlos de Almeida Cannabrava</b>	<b>Benedito Edmundo Moura Ferreira</b>	<b>Levi Pereira Pasqua</b>
<b>CPFL PIRATININGA</b>	<b>MATOS FERREIRA ENGENHARIA E SERVIÇOS LTDA</b>	<b>MATOS FERREIRA ENGENHARIA E SERVIÇOS LTDA</b>
cannabrava@cpfl.com.br	mfengenharia@hotmail.com	mfengenharia@hotmail.com

## **Aterramento de redes de distribuição com a utilização de postes autoaterrados - Desenvolvimento e implantação**

### **Palavras-chave**

**Aterramento**

**Poste**

**Redes de distribuição**

### **Resumo**

Este trabalho apresenta os principais aspectos técnicos do desenvolvimento e implantação do poste autoaterrado como solução de falhas de aterramento na CPFL objetivando melhorar a confiabilidade do aterramento e o desempenho da rede de distribuição frente a descargas atmosféricas. A utilização da armadura de postes de redes de distribuição como eletrodos de aterramento se apresenta como uma alternativa eficiente e barata em relação aos sistemas tradicionais com hastes metálicas enterradas no solo, proporcionando maior facilidade de instalação, maior durabilidade do aterramento, maior segurança e melhor confiabilidade da instalação.

### **1. Introdução**

O aterramento elétrico é de fundamental importância em um sistema de distribuição de energia elétrica, sendo uma ligação intencional à terra com o objetivo de fornecer à instalação um caminho de impedância adequada por onde pode circular uma corrente elétrica, seja ela derivada de uma falta ou descarga atmosférica. A corrente de falta é uma corrente elétrica que circula em um caminho fechado incluindo a fonte e a carga. No caso da descarga atmosférica, a corrente do raio circula pela terra para neutralizar as cargas induzidas no solo. A circulação de correntes no solo dá origem ao aparecimento das tensões de toque e passo.

O aterramento elétrico cumpre uma função essencial em um sistema de distribuição de energia elétrica, devendo

atender, dentre vários requisitos, aqueles estabelecidos quanto aos valores de tensão de passo e de toque. Entretanto, em locais onde o solo apresenta valores elevados de resistividade, surgem dificuldades que nem sempre são superadas no sentido de obedecer às exigências citadas nas normas técnicas e especificações. O aterramento elétrico é basicamente uma conexão elétrica ao solo onde a eficácia está no valor da impedância de terra. A principal função é a proteção de pessoas, animais e equipamentos. O aterramento constitui-se, fundamentalmente, de uma estrutura condutora que é enterrada no solo, de modo a garantir um bom contato elétrico com a terra através de eletrodos de aterramento.

O objetivo do aterramento elétrico é proporcionar uma superfície equipotencial no solo dentro dos valores aceitáveis, ou seja, os valores de gradientes de tensão que aparecem na superfície do solo deverão estar dentro dos limites suportáveis por animais e seres humanos. Os sistemas de aterramento são representados por resistências, indutâncias e capacidades que desempenham papel importante, particularmente quando da incidência de surtos atmosféricos. No sistema de aterramento em frequência industrial é considerado que o solo comporta-se como uma resistência pura. No entanto, em frequências muito altas ou frentes de onda muito rápidas, a capacidade do solo deverá ser levada em consideração, pois a resistência de terra passa a ser considerada uma impedância.

No Brasil as empresas de energia elétrica utilizam nas redes de distribuição o sistema de aterramento através de hastes verticais sendo os tipos mais comuns a haste cantoneira de aço zinkado e a haste cilíndrica aço-cobreada, de 2,40 m ou 3,00 m de comprimento. Com relação aos valores de resistência de terra estipulados pelas empresas de energia elétrica, existe uma faixa de valores limites típicos que varia de 10 a 80 ohms, dependendo se a rede é urbana ou rural.

Comparando todas as configurações de aterramento, tanto para área rural quanto para urbana, constata-se que os sistemas de aterramento utilizados pelas empresas de energia elétrica são semelhantes. Tanto na área urbana como na área rural, a maioria das empresas costuma utilizar sistemas de aterramento com até 3 hastes verticais alinhadas, sendo o espaçamento entre elas o próprio comprimento da haste. Considerando os casos especiais as configurações de aterramento variam de 3 a 20 hastes de aterramento interligadas.

Para os sistemas de distribuição de energia elétrica a descarga atmosférica constitui-se na principal causa de danos e sobretensões devido à configuração predominantemente aérea das linhas e sua grande extensão. No Brasil temos uma das maiores incidências de raios do mundo e pelo menos um terço dos desligamentos das redes de distribuição são causados por descargas atmosféricas diretas ou indiretas. As descargas indiretas, embora menos severas, ocorrem com maior frequência.

Usualmente os pára-raios protegem os terminais de média tensão dos equipamentos da rede e também podem ser instalados na baixa tensão. O condutor neutro é multiaterrado e comum às redes de média e baixa tensão, estando conectado à carcaça do equipamento. Os aterramentos da rede são realizados, em geral, no poste do equipamento, na carga do consumidor e no poste em final de linha.

## **2. Desenvolvimento**

### *2.1 Aterramento estrutural*

O aterramento estrutural tem se mostrado um eficiente recurso para a dissipaçao de correntes de descargas atmosféricas. As normas internacionais têm recolhido critérios e experimentos que mostram uma confiabilidade razoável para essa técnica, desde que se observem os cuidados básicos de projeto e execução.

As fundações passaram a ser utilizadas como elementos de aterramento na década de 1960 na Alemanha. Os projetistas constataram que, como as fundações permanecem úmidas no subsolo, a massa de concreto apresenta uma resistividade semelhante à de um solo de resistividade média a baixa. Segundo a prática americana, atribui-se ao concreto de fundações uma resistividade em torno de 30 Ohm.m. A prática alemã, no entanto, aponta valores entre 120 e 500 Ohm.m [4]. Desde 1925, a União Alemã das Centrais Elétricas possui diretrizes para utilização das armaduras das fundações como eletrodos de aterramento. A norma alemã publicou em 1979 (caderno 35 da VDE) a inclusão no sistema de aterramento das fundações dos edifícios residenciais. No fim da década de 1970, os americanos incluíram recomendações para utilização de sistemas de aterramento com condutores embutidos em concreto. O Green Book (ANSI/IEEE Standard 142-1982), que trata especificamente de sistemas de aterramento, menciona em várias seções as vantagens de se utilizar as armaduras do concreto como eletrodos de aterramento [7].

Devido a esta antiga utilização, as normas de proteção de estruturas contra descargas atmosféricas brasileiras, NBR 5419/2005, NBR 5410/2005 e a internacional IEC 61024-1-2/1998, incluíram a utilização das ferragens das estruturas e fundações de concreto armado como parte integrante de um sistema de aterramento.

Alguns exemplos de utilização de concreto em sistemas de aterramento são mostrados em pesquisas experimentais em [1], considerando-se malhas com hastes convencionais e hastes e condutores envolvidos em concreto. Os resultados das pesquisas comprovaram a eficiência do uso do concreto nas hastes de aterramento. Os valores da impedância de terra para hastes envolvidas em concreto são menores em relação às hastes convencionais e também mostram características semelhantes quanto ao comportamento em função da frequência.

Segundo Raizer, o uso dos postes de concreto como alternativa para melhorar o aterramento das redes de distribuição deve ser considerado. Em um solo com resistividade média de 700 Ohm.m, o aterramento através da ferragem do poste apresenta um comportamento equivalente a um sistema com 3 hastes de 2,4m/16mm interligadas [6].

Em outros Países, como a Nova Zelândia, já se adota a utilização de "sistemas de aterramento integral" em postes de concreto de redes de transmissão e distribuição, principalmente em função da segurança do eletricista. Durante o aterramento temporário, condutores, cruzetas e outras partes metálicas do topo do poste devem ser interligados para formar uma zona equipotencial para um trabalhador montado no poste.

## **2.2 Poste autoaterrado - Motivação e desenvolvimento na CPFL**

Define-se como poste autoaterrado o poste de concreto armado, de qualquer tipo ou seção, concebido de tal forma que as barras de aço longitudinais da armação da estrutura também são utilizadas com a função de eletrodo de aterramento da instalação elétrica a que pertence.

O projeto de desenvolvimento do poste autoaterrado se fundamentou na busca de maior confiabilidade do aterramento, eficiência da proteção e diminuição de queima de transformadores da rede de distribuição.

Auditória interna realizada pelo Departamento de Planejamento e Engenharia de Manutenção da CPFL em aterramentos da distribuição, em obras recentes em áreas urbanas e rurais durante os anos de 2010/2011, mostrou inconformidade nos resultados de medição de aterramento em instalações com equipamento, tanto na área rural como na área urbana, comparado com os valores especificados, como pode ser observado na Figura 1 e na Figura 2, respectivamente.

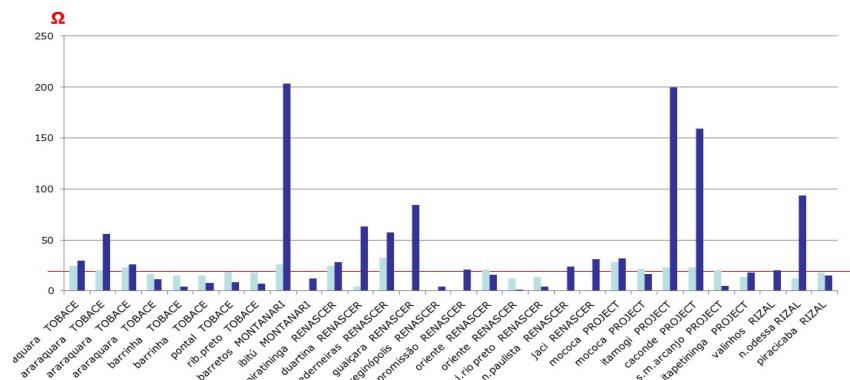


Figura 1 – Aterramento de transformadores - área rural

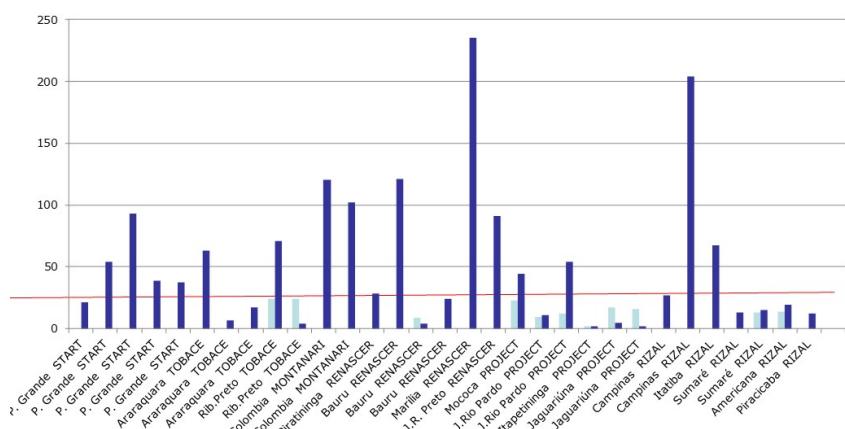


Figura 2 – Aterramento de transformadores - área urbana

A auditoria também identificou muitas falhas de aterramento decorrente dos serviços de execução da instalação, tais como:

- Conexão mal feita/contato ruim;
  - Cabo desconectado da haste;
  - Falta de interligação entre hastes;
  - Falta da haste.

A Figura 3 ilustra exemplos de falhas ocorridas na execução da instalação.



Figura 3 - Conector solto e cabo desconectado da haste

Desta auditoria concluiu-se que cerca de 40% dos aterramentos na área rural e urbana apresentavam problemas que

poderiam contribuir para a ocorrência de falhas no sistema de distribuição quando solicitado por sobretensões.

Em geral, a deterioração dos eletrodos instalados diretamente no solo é difícil de ser detectada pelas empresas de distribuição de energia elétrica. Não existe critério de manutenção periódica do aterramento, que somente é investigado quando ocorrem os problemas.

Constatou-se também nestas regiões com problemas de aterramento um aumento no índice de queima de transformadores da rede de distribuição.

### *2.3 Modelo desenvolvido*

Os objetivos específicos para o desenvolvimento do poste autoaterrado foram os seguintes:

1. Desenvolver dispositivo de conexão vergalhão-terra considerando a corrente de dissipação para terra e o efeito de pilha galvânica.
2. Pesquisar a composição e resistividade do concreto como dissipador da corrente, sem perda de resistência mecânica do poste, considerando o efeito de descargas atmosféricas através da armadura.
3. Pesquisar dispositivos que permitam a medição do aterramento realizado pelo poste autoaterrado, em áreas urbanas e rurais, sem necessidade de desinterligação do terra para medições, além de viabilizar fácil acesso ao eletricista sem necessidade de subir em escadas ao nível da rede secundária.
4. Avaliar o desempenho em instalações pilotos na rede de distribuição da CPFL e definir metodologia para aplicação na rede de distribuição da concessionária.
5. Realizar ensaios mecânicos e elétricos em laboratórios para certificação do produto.
6. Testar a aplicação no processo produtivo de fabricantes de postes para homologação de fornecedores.

O poste auto aterrado deve ser fabricado e inspecionado conforme a norma NBR 8451 – partes 1 a 4 e a especificação técnica CPFL GED 16409/2015, atentando-se para as particularidades:

- São utilizados 2 conectores de aterramento vergalhão-terra embutidos no poste sendo um superior para interligação dos condutores de aterramento e um inferior acima da linha de engastamento do poste para medições de aterramento.
- O componente de conexão à terra é um grampo prisioneiro em forma de Z, apropriado para fixação mecânica no vergalhão de ferro da armação do poste de concreto e com ponto para acesso na face externa do poste (Figura 5). São fabricados em chapa de aço inox 316 L ou em duralumínio revestido com níquel e estanho.
- O aço longitudinal da armadura do poste é utilizado como eletrodo de aterramento. O vergalhão mestre onde são posicionados os conectores de aterramento não pode ter emendas e deve possuir diâmetro mínimo de 8mm.
- Abaixo da linha de engastamento do poste o concreto seco deve possuir resistividade elétrica aparente menor ou igual a 20 Ohm.m considerando-se o uso de concreto de base condutiva.
- A dosagem e controle tecnológico da massa de concreto especificada pela CPFL para fabricação de postes de rede de distribuição é a classe III de agressividade ambiental definida na NBR 12655. Nesta condição o concreto utilizado deve apresentar 300 kg/m<sup>3</sup> de cimento (mínimo) e fck característico do concreto de 30 MPa (mínimo).

A Figura 4 ilustra a topologia do poste autoaterrado e a Figura 5 o conector em aço inox.

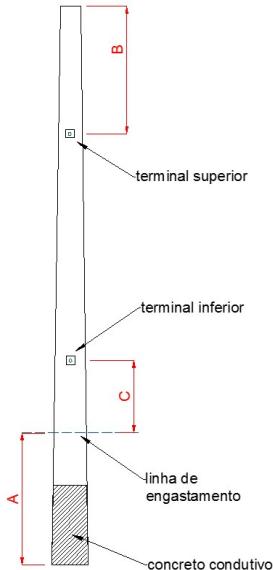


Figura 4 - Poste autoaterrado CPFL



Figura 5 – Conector de aterramento em aço inox

#### 2.4 Resistividade do concreto e o concreto condutivo

De fato, está implícito em toda a filosofia do aterramento estrutural que o concreto é elemento suficientemente condutor para que se escoem para a terra as correntes de descarga. Sendo assim, convém que se tenha um conhecimento mais detalhado das propriedades físicas e químicas do concreto, de modo a poder controlar melhor as condições de aterramento.

Do ponto de vista estrutural há interesse em conseguir uma composição do concreto o mais resistente possível no sentido de minimizar o processo corrosivo e do ponto de vista do aterramento importa conseguir um concreto que ofereça um caminho de baixa impedância, para que as correntes possam escoar mais facilmente da armadura para a terra, ou seja um concreto de baixa resistividade ou alta condutibilidade elétrica. Embora para alguns estudiosos estes dois objetivos possam parecer contraditórios, é possível obter concretos de alta resistência e baixa resistividade.

A resistividade do concreto apresenta-se como uma propriedade extremamente sensível, e muitos são os fatores que a influenciam. São importantes para a resistividade do concreto aqueles fatores que estão diretamente ligados à sua composição, como a relação água/cimento, o consumo de cimento utilizado, o tipo de cimento, o tipo de agregado e os aditivos.

Para a realização de ensaios de resistividade do concreto, foram moldados corpos de prova (CPs) prismáticos

(10x10x17)cm, iguais aos utilizados por Abreu (1998) conforme mostra a Figura 6 [4].

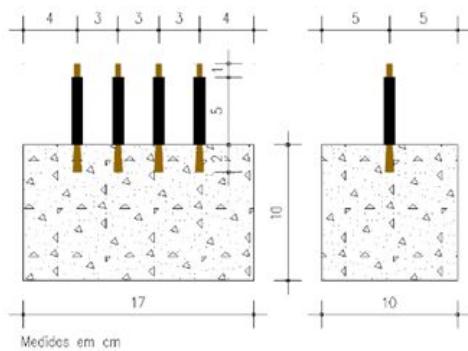


Figura 6 - Corpos de prova para ensaios de resistividade

As medidas foram feitas com terrômetro de 4 terminais pelo método de Wenner, conforme visto na Figura 7.



Figura 7 - Ensaio de resistividade do concreto

No período de cura do concreto (cura seca) verifica-se um aumento na resistividade do concreto ao longo do tempo em função da perda de umidade superficial e perda de água da mistura na reação do concreto. Após 28 dias de cura seca, os CPs foram umedecidos durante 1 minuto e os testes demonstraram que a umidade superficial contribuiu decididamente para reduzir a resistividade do concreto. O gráfico da Figura 8 mostra a evolução dos valores da resistividade ao longo dos dias de teste, para 4 tipos de formulações de concreto (2 amostras cada).

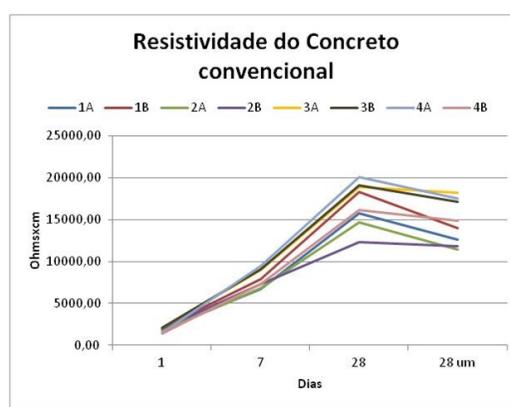


Figura 8 - Resistividade elétrica do concreto convencional

Concreto condutivo é um composto de cimento com agregados capazes de melhorar a condutibilidade elétrica do concreto sem afetar a qualidade do composto endurecido quanto à penetração de contaminantes e a sua resistência mecânica à compressão. O concreto condutivo desenvolvido no projeto é uma massa onde os agregados de alta resistividade elétrica como a brita e a areia foram substituídos total ou parcialmente por agregados condutivos tais como

o carvão coque, o sulfato de cobre ou o grafite dentre outros.

Em função dos custos menores e de suas características físico-químicas com baixa presença de enxofre, a massa de concreto condutivo foi feita substituindo-se integralmente a brita por coque metalúrgico fino. O coque metalúrgico é obtido a partir da destilação das misturas de carvões minerais coqueificantes em fornos especiais. É um material sólido de diversas granulometrias.

O concreto condutivo apresentou uma resistividade elétrica 5 a 9 vezes menor comparada com a resistividade do concreto convencional, como pode ser observado no gráfico da Figura 9.

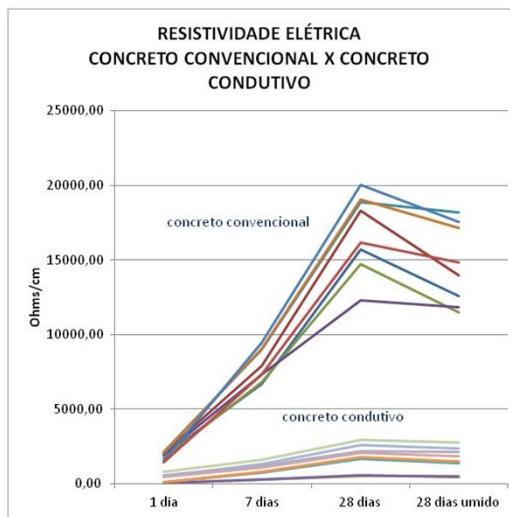


Figura 9 - Resistividade elétrica do concreto convencional x condutivo

## 2.5 Testes de certificação

Foram realizados e aprovados os seguintes ensaios para certificação do produto:

1. Ensaio de curto- circuito e aquecimento das conexões conforme a NBR 5370 - Conectores de cobre paraligações aéreas de condutores elétricos em sistemas elétricos de potência.
2. Ensaio de névoa salina nos conectores conforme a NBR 8094 – Material metálico revestido e não revestido- Corrosão por exposição a névoa salina.
3. Ensaio de tensão suportável de impulso atmosférico conforme a NBR IEC 60060-1: 2013 - Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão. - Definições gerais e requisitos de ensaio.
4. Ensaios mecânicos do poste conforme a norma NBR 8451-1:2011.

Dentre os ensaios acima destacam-se os resultados dos ensaios de tensão suportável de impulso atmosférico no poste autoaterrado realizado em laboratório de alta tensão definido como abaixo:

- Ensaio - Tensão suportável de impulso atmosférico
- Tipo de onda: normalizada 1,2/50 microssegundos.
- Amplitude da tensão: lote 1: 20 kV e 40 kV ; lote 2: 30 kV e 60 kV.
- A aplicação do impulso deverá ser feita no conector superior do poste (interligado com a ferragem interna) e a medição deve ser feita na base do poste através de fita metálica envolvente no concreto e aterrada.
- Deverão ser aplicados 5 impulsos de tensão com o mesmo valor de crista em duas séries - com polaridade positiva e polaridade negativa.

- Deverão ser aplicados 5 impulsos de tensão com o mesmo valor de crista com polaridade negativa com resistor de cerca de 100 Ohm em série.

A Figura 10 ilustra o setup para ensaio do poste e a execução do teste no laboratório de alta tensão.

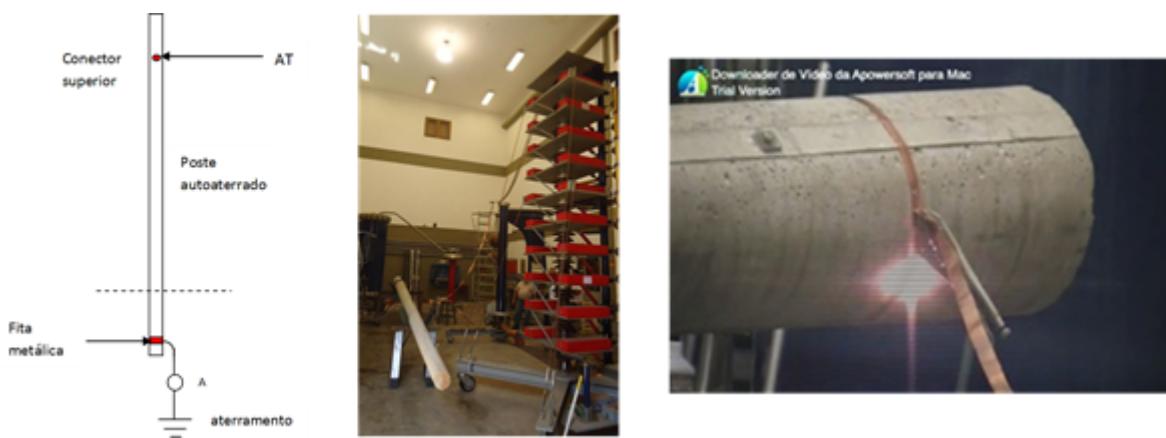


Figura 10 - Ensaio de tensão suportável de impulso atmosférico

Todos os modelos de postes autoaterrados testados apresentaram baixa impedância frente às tensões de impulso de alta frequência. Os postes autoaterrados com base de concreto condutivo apresentaram impedância relativamente menor que os postes autoaterrados com base de concreto convencional, em função da menor resistividade elétrica do concreto condutivo.

Todos os modelos de postes autoaterrados durante aplicações de tensão de impulso de 20 KV se comportaram satisfatoriamente para as correntes descarregadas para terra. Não foram observados danos nos postes.

Nas aplicações de tensão de impulso de 40 kV e 60 kV nos postes autoaterrados de concreto convencional observou-se a perfuração do concreto no ponto da descarga disruptiva com a fita metálica, tanto com a resistência de aterramento ideal do laboratório ( $< 1 \text{ Ohm}$ ) como com a resistência de aterramento acrescida do resistor de 115 Ohm.

Nos postes autoaterrados circular e duplo T com a base de concreto condutivo não foram observados quaisquer danos (perfurações) no concreto, decorrentes das descargas disruptivas com tensão de impulso até 60 KV, evidenciando melhor desempenho e maior confiabilidade deste modelo de poste autoaterrado.

## 2.6 Instalações piloto

Foram realizadas instalações piloto com substituição de 156 postes convencionais por postes autoaterrados, em 5 regiões da CPFL no Estado de São Paulo (Valinhos, Campinas, Pradópolis, São Carlos e Bofete), com grande incidência de raios, solo com alta resistividade e alto índice de queima de transformadores, tanto em área urbana como área rural.

O critério utilizado foi a substituição dos postes com aterramento (transformador e final de rede) e os postes adjacentes ao transformador na área urbana, e substituição do poste do transformador e 2 postes adjacentes na área rural.

Visando garantir a confiabilidade da instalação também foram previstas a substituição dos pára-raios de média tensão existentes por novos e a instalação de pára-raios de baixa tensão em cada posto de transformação. A Figura 11 mostra a execução de uma instalação.



Figura 11 - Instalação em Valinhos – SP

Foram realizadas as medições de aterramento dos transformadores e finais de circuito antes da substituição dos postes e medições de aterramento de todos os postes autoaterrados após a instalação, para efeito de comparação. Os resultados obtidos são apresentados na Figura 12.

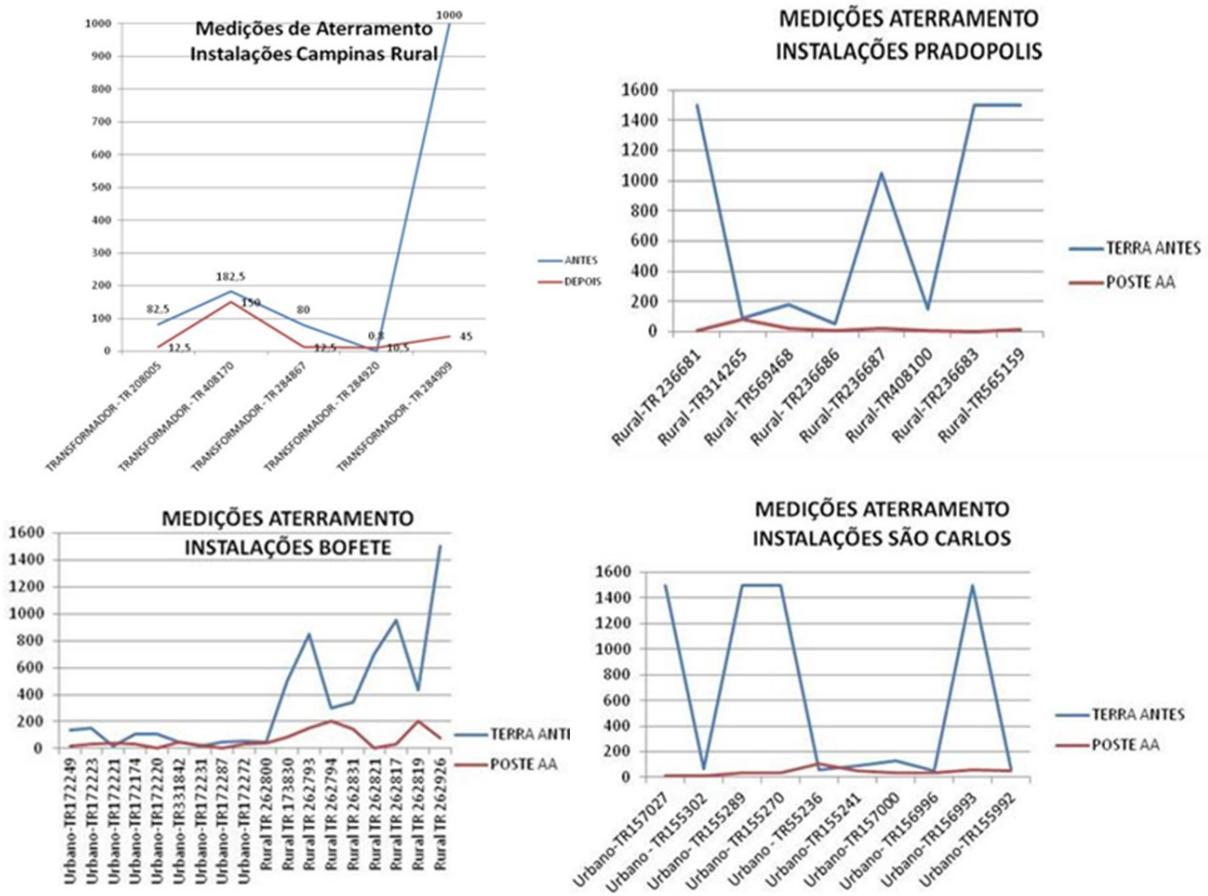


Figura 12 - Medições de aterramento – (valores em Ohms)

Depois da instalação dos postes autoaterrados, desprezando-se os resultados fora da média e do desvio padrão, verificou-se uma redução média no valor da resistência de aterramento das instalações de 81,8%.

### 3. Conclusões

O aterramento estrutural tem se mostrado um eficiente recurso para a dissipação de correntes de surtos. As normas

internacionais têm recolhido critérios e experimentos que mostram uma confiabilidade razoável para essa técnica, desde que se observem os cuidados básicos de projeto e execução, e o Brasil, seguindo a tendência mundial, recomenda e estabelece critérios de utilização do aterramento estrutural nas normas NBR 5410/2004 e na norma NBR 5419/2005.

A vantagem da utilização das armaduras de concreto como terra é que o mesmo fica sob o nível do solo, mantendo sempre certo grau de umidade, assim seu valor de resistividade é baixo, comumente muito menor do que o valor do próprio solo onde está sendo construído o sistema de aterramento. A utilização do concreto condutivo na base do poste contribui para a redução da resistência de terra, com consequente diminuição das diferenças de potencial de toque e de passo.

O poste de rede autoaterrado garante por si só o aterramento, eliminando totalmente a possibilidade de danos mecânicos na instalação em áreas rurais e estradas de terra. Também simplifica a instalação em áreas urbanas eliminando a necessidade de quebra de pisos e calçadas.

Considera-se também que um sistema de aterramento tradicional com haste de cantoneira de aço galvanizado tem uma vida útil esperada de 8 anos ao passo que o poste com aterramento integrado com a ferragem da armação tem uma vida útil esperada de pelo menos 30 anos.

Além de aumentar segurança e a confiabilidade da instalação o poste autoaterrado diminui custos de manutenção e contribui para diminuir o índice de queima de transformadores da rede de distribuição.

#### **4. Referências bibliográficas**

- [1] Bezerra, S. R. C. - Avaliação de sistemas de aterramento considerando a utilização de condutores e hastes envolvidos em concreto. 2011. Dissertação de Mestrado em Ciências – Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- [2] Souza, J. C. N. - Modelagem de redes aéreas com retorno por terra em sistemas de distribuição de energia elétrica para análises de falta de alta impedância. Dissertação (Mestrado), Universidade do Maranhão, Maranhão, 2006.
- [3] Affonso, O. - Simulação do aterramento no sistema MRT. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- [4] Vicente O., Estudo sobre o Comportamento Elétrico do Concreto utilizado em Sistemas de Aterramento Estrutural, Programa de Pós- Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Estadual de Londrina, Mestrado em Engenharia Elétrica, Londrina, 2010.
- [5] De Souza, K. T.; Moura, R. F ; Cintra, G. - Aterramento, Escola Técnica Federal de Palmas, I Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica João Pessoa - PB – 2007.
- [6] Raizer A., Steinbch, V., Coelho V. L. e Valente JR, W. (UFSC), Dias, G. A. D. (PUC-RS), Silveira J. L. (CEFET-SC), De Lima M. R. e Guimarães P. C. B. (CELESC), Almaguer, H. D. e Mustafá T. I. A. H. (FURB), - Avaliação da Influência da Resistência de Aterramento e Impedância de Surto na Operação do Sistema de Distribuição da Concessionária, 2007.
- [7] Conti A. de, Visacro S., A Simplified model to represent typical grounding configurations applied in medium-voltage and low voltage distribution lines. International Symposium On Lightning Protection, Foz do Iguaçu, 2007.

- [8] Gomes G. L., Sistema de aterramento e proteção contra raios utilizando ferragens do concreto armado. Encontro Nacional de Instalações Elétricas, São Paulo, ENIE 2006.
- [9] Marshall, W. - Earth Bonding of Reinforcing Cages on Older Concrete Poles: Part 2, LineTech Consulting Ltd, EEA Conference and Exhibition 2009, Christchurch – Nova Zelandia, 2009.
- [10] Jeff Roberts J., Altuve H. J. e Hou D., Análise dos Métodos de Proteção contra faltas à terra nos Sistemas da Distribuição aterrados, não aterrados e compensados, Schweitzer Engineering Laboratories, Inc., Pullman, WA USA, 2013.
- [11] Ferreira B. E. M., Cannabrava A. C. A. e Pasqua L. P. - Testes de Resistividade do Concreto - Relatório Técnico - P&D – Estruturas de Redes de Distribuição com aterramento integrado com a ferragem interna – Poste Autoaterrado para Redes Urbanas e Rurais – Cabeça de Série – CPFL – 2012.
- [12] Ferreira B. E. M.; Pasqua, L. P., Cannabrava, A. C. A., Pirotello, A. L – Aterramento da Distribuição - Relatório do Estado da Arte - P&D –Estruturas de Redes de Distribuição com aterramento integrado com a ferragem interna – Poste Autoaterrado para Redes Urbanas e Rurais – Cabeça de Série – CPFL – 2012.
- [13] NBR 14039 - Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV – 2005.
- [14] CPFL GED 16409 – Especificação Técnica Poste autoaterrado, 2015
-