



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

GLT 25  
14 a 17 Outubro de 2007  
Rio de Janeiro - RJ

### **GRUPO III**

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

##### **ROBÔ INSTALADOR DE ESFERAS DE SINALIZAÇÃO EM LINHAS DE TRANSMISSÃO**

**Alexandre José Pires\***  
**Evaldo Baldin Dias**

**Édino Tadeu Rios**  
**Fumio Nakagawa**

**Sílvio César Boreli**  
**José Lourenço Beolchi**

**Luciano Martello**

**COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ - CPFL**

### **RESUMO**

Em termos gerais, as esferas de sinalização de advertência em Linhas de Transmissão são utilizadas em travessias sobre ferrovias, rodovias, dutos, rios, lagos, etc., visando servir como referência para vôo visual, a partir da instalação das esferas no cabo superior da linha (pára-raios ou condutor).

O presente artigo apresenta e discute os diferentes procedimentos de instalação dessas esferas e descreve um equipamento, que foi desenvolvido e construído pelas equipes da Transmissão da CPFL de Araraquara (SP), que trouxe ganhos significativos ao processo.

Desde junho de 2006, a empresa tem conseguido reduzir o tempo de execução da tarefa, aumentando a segurança dos profissionais envolvidos, com baixo custo.

### **PALAVRAS-CHAVE**

Esferas de Sinalização, Linhas de Transmissão, Robô Instalador de Esferas.

#### **1.0 - INTRODUÇÃO**

As esferas de sinalização utilizadas em linhas aéreas de transmissão são destinadas à sinalização visual para equipamentos de vôo, tais como helicópteros, aviões, balões, etc., evitando assim a colisão desses aparelhos com sistemas de transmissão de energia elétrica.

Esses dispositivos são construídos visando possibilitar a instalação nas linhas, sem causar danos às mesmas, levando-se em consideração sua correta fixação ao cabo, seu tamanho e sua coloração para maior visibilidade, seu peso e sua durabilidade. Devem ser resistentes à ação dos raios ultravioletas, chuvas, calor, eletrólise, vibrações harmônicas, movimentos giratórios e deslocamentos, poluição e outras intempéries (1).

Há diferentes conjuntos de procedimentos para instalação dessas esferas, que são utilizados nas diversas empresas do setor elétrico, e serão apresentados, para facilitar comparações.

Será dado maior destaque à utilização de robôs, com suas funcionalidades e facilidades de operação.

## 2.0 - PROCEDIMENTOS TRADICIONAIS PARA INSTALAÇÃO DE ESFERAS

Há várias formas tradicionais de instalação de esferas em linhas de transmissão. Serão apresentadas e discutidas três delas, com suas particularidades, para que se possa compreender a necessidade do desenvolvimento do robô instalador de esferas.

### 2.1 Utilização de “bicicleta”

Esse método consiste na instalação da esfera de maneira manual, necessitando de escalada da torre, instalação da escada trapézio, ancoragem do cabo e colocação da “bicicleta”, além do deslocamento do eletricitista até o ponto de fixação.

Consiste numa atividade que exigia bastante equilíbrio, força e concentração, que envolve riscos de rompimento do cabo e queda do profissional, de alturas que podem chegar a 40 metros.

Para realização da tarefa, é necessária a desenergização, o aterramento local e equipotencialização do cabo condutor com o cabo guarda no ponto de fixação do circuito em questão, bem como o bloqueio do circuito paralelo, caso exista.

Para realização das tarefas, são necessários:

- Desenergização das Linhas de Transmissão;
- Equipe composta por 9 colaboradores;
- Tempo de instalação em torno de 3 horas por vão, considerando 3 esferas.



FIGURA 1 – Instalação com “bicicleta”

### 2.2 Utilização de helicóptero

Esse método consiste na instalação da esfera manualmente através da aproximação do eletricitista até o ponto de fixação com a utilização de plataforma acoplada em helicóptero .

Tanto o piloto como o eletricitista devem utilizar roupas condutivas especiais e realizam a equipotencialização do sistema pessoas-helicóptero ao cabo guarda.

Para tal tarefa é necessário o bloqueio do religamento dos circuitos, reduzindo a confiabilidade do sistema elétrico. Pode-se perceber o alto risco, além do elevado custo envolvido.



FIGURA 2 – Instalação com helicóptero (1)

### 2.3 Utilização de Extensão de Grua

A instalação de esferas com auxílio de guindauto ou guindaste, acoplado à extensão de grua e cesto aéreo, consiste em elevar o eletricista de linhas de transmissão até o cabo guarda.

O guindaste deve ser estacionado próximo ao circuito de linha desenergizado, de forma que ao abrir sua haste, atinja o local de instalação da esfera.

Ao estacionar, todo o cuidado deve ser tomado, com a existência de formigas ou cupins, para que suas tocas não desestabilizem o guindaste. Caso seja detectada a presença destes insetos, o serviço não deve ser realizado, até que eles sejam exterminados e o terreno possibilite a execução dos serviços.

Um teste a ser feito antes de içar a haste do guindaste, é a movimentação desta em 360°, na horizontal, para verificar a estabilidade do equipamento hidráulico.

Para que a manutenção seja possível, um circuito da linha deve estar desenergizado, enquanto o circuito paralelo a este, deve se manter operante. Em linhas constituídas de estruturas metálicas, que comportam circuito duplo, mas que operem com circuito singelo, obviamente a situação já está contemplada.

Em linhas constituídas de estruturas metálicas, que comportam um único circuito, este deverá ser desenergizado, para que este serviço seja realizado.

Em linhas constituídas de estruturas de postes de concreto ou madeira, com ou sem cabo guarda, esta deverá ser desenergizada para que este serviço seja realizado.



FIGURA 3 – Instalação com Extensão de Grua (1)

### 3.0 - UTILIZAÇÃO DE ROBÔS

Atualmente há diversos dispositivos desenvolvidos para facilitar inúmeras atividades desempenhadas em linhas de transmissão. Podem ser citados alguns exemplos que vêm sendo aplicados na limpeza de isoladores, com utilização de jatos de água, ou a seco, por meio de buchas limpantes (2).

Há ainda robôs que inspecionam e detetam problemas em isoladores em regime de linha viva até 345 kV. Eles se movem automaticamente até a cadeia e realizam medições de resistência de isolamento e análise da frequência de ressonância sonora, para identificação de pequenas fissuras (3).

Outros equipamentos têm sido projetados para promoverem a instalação e retirada de esferas de sinalização, de maneira semi-autônoma e além de dispenderem um considerável custo de desenvolvimento, dependem de esferas especiais, que demandam desenvolvimento específico e por vezes inviabilizam sua utilização (4).



FIGURA 4 – Instalação com Robô

### 4.0 - O ROBÔ INSTALADOR DA CPFL

O equipamento desenvolvido pelas equipes de transmissão da CPFL é composto por servomecanismos controlados à distância por um rádio transmissor. Possui um circuito com processador 8051 e display de cristal líquido com registrador, para medir distância percorrida desde a torre até o ponto de localização da esfera.

Essa distância pode ser monitorada através de uma câmera digital acoplada via TV Link pelo operador, localizado no solo. Essa medição é executada pelo circuito processador junto a sensores óticos, acoplados a uma engrenagem dentada, solidária ao mecanismo de tração do robô.

A câmera também auxilia na aproximação do robô junto à esfera, bem como no posicionamento do engate mecânico, facilitando a operação de instalação e retirada.

Duas baterias chumbo-ácido de 12 Volts são responsáveis pela alimentação de todo o circuito de controle do equipamento, podendo ser recarregadas sem necessidade de retirá-las de dentro do equipamento, pois há uma tomada externa para conexão.

A velocidade dos motores é linearmente controlada através de circuitos PWM, possibilitando desde velocidade de cruzeiro máxima – em torno de 1 m/s – até velocidades da ordem de cm/s.

A autonomia do equipamento é de cerca de 8 horas de trabalho contínuo. Entretanto, caso haja necessidade, possui também a possibilidade de resgate, por meio de um dispositivo mecânico, que libera o mecanismo de tração, viabilizando o deslocamento por meio de uma corda, acoplado a uma roldana, lançada no mesmo cabo em que está localizado o robô.

O sistema de tração é construído de tal forma que permite o fácil posicionamento do robô no cabo e evita que o mesmo venha a sofrer descarrilamento ou queda de diferença de nível, devido a oscilações do condutor, seja por ações do meio ambiente, tais como vento, calor, etc., seja por outros fatores quaisquer.

Há ainda um dispositivo para controle e ajuste do torque, de tal forma que seja possível à utilização de diferentes valores para instalação e para retirada.

As esferas de sinalização também foram adaptadas com um mecanismo de fixação inovador, que aumenta a facilidade e confiabilidade do travamento e pode ser facilmente adaptada a partir das esferas atualmente disponíveis no mercado.

Essa adaptação consiste em um sistema de travamento por meio de uma rosca sem fim, que aciona um mecanismo que comprime o cabo, de maneira similar aos esticadores de cabos e cordoalhas.



FIGURAS 5 – Robô

## 5.0 - RESULTADOS

Investigando os diferentes processos tradicionais de instalação de esferas, verificam-se vários impactos. No caso de necessidade de desligamento de circuitos de linhas, que muitas vezes são radiais, é extremamente difícil promover a interrupção do fornecimento, tornando o processo oneroso para a empresa e para seus clientes.

No caso da existência de linhas de interligação (em anel), que servem de corredor de energia elétrica entre as várias concessionárias, sua desenergização, na maioria das vezes, causa transtornos à confiabilidade do sistema interligado.

Outro aspecto a ser considerado, é a existência de cogeneradores interligados nestes circuitos, que ao deixarem de gerar energia elétrica, têm que comprá-la ao invés de vendê-la e com isso, deixam também, de cumprir suas metas com as concessionárias.

A presença de linhas destinadas a locais diferentes, ocupando a mesma estrutura, também pode dificultar a programação da linha a ser desenergizada, por influência de fatores operacionais.

Há casos em que as esferas devam ser instaladas em travessias de pistas, onde as concessionárias de rodovias estaduais ou federais cobram altas taxas, para que os veículos permaneçam estacionados em suas faixas de

domínio, pelo tempo da duração da manutenção. Além disso, há necessidade de envolvimento da polícia rodoviária e suas programações.

Deve-se preocupar também com a movimentação de pessoas e equipamentos que causam a desatenção dos condutores de veículos automotores, podendo vir a gerar acidentes.

Outro fator que deve ser considerado é a existência de esferas em vales, que impede que o guindaste (no caso da extensão de grua) de atingir o local da manutenção, seja pela própria geografia do terreno (acesso) ou pela altura do cabo guarda nestes locais.

Desde meados de 2006 a CPFL Nordeste vem realizando o serviço de instalação de esferas de sinalização com apenas quatro colaboradores na equipe (contra nove anteriormente) e com o tempo de execução reduzido de três para uma hora (por vão, para instalação de três unidades).

Além disso, não é necessário desligar a linha de transmissão, que causaria transtornos aos clientes ou reduziria a confiabilidade operativa do sistema, nem tampouco interditar rodovias, que em muitos casos seria inviável.

O custo de desenvolvimento do robô equivale à utilização de um helicóptero para colocação de apenas três esferas de sinalização, estimado em cerca de R\$ 4.000,00.

## 6.0 - CONCLUSÕES

Pelo exposto, ficam claros os benefícios obtidos com o desenvolvimento e construção do robô instalador de esferas de sinalização em linhas de transmissão.

Como o operador do robô fica posicionado no solo e com total visibilidade da operação, por meio de câmera estrategicamente instalada, há redução significativa no esforço físico, melhorando as condições de trabalho dos colaboradores.

Pode-se perceber o expressivo aumento da eficiência do processo, com redução no tempo de execução e de mão de obra equivalente, com um baixo custo, sendo que a adaptação necessária é facilmente realizada em qualquer esfera disponível.

Há que se somar a todos os benefícios elencados anteriormente – que não são poucos – os extraordinários ganhos com a segurança do pessoal envolvido nos serviços.

## 7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) <http://www.ritzbrasil.com.br>. Acesso dia 30/03/2007 às 15:30 hs.

(2) Park, J. Y.; Cho, B. H.; Byun, S. H. "Development of Automatic Cleaning Robot for Live-line Insulators". 11th International Conference on Transmission & Distribution Construction, Operation and Live-Line Maintenance (ESMO), New Mexico, 2006.

(3) Cho, B. H.; Byun, S. H.; Park, J. Y.; Kim, J. S. "Development of Automatic Inspection Robot for Live-line Insulators". 11th International Conference on Transmission & Distribution Construction, Operation and Live-Line Maintenance (ESMO), New Mexico, 2006.

(4) Campos, M. F. M.; Pereira G. A. S.; Vale, S. R. C.; Bracarense, A. Q.; Oliveira, M. P.; Pinheiro, G. A. A Mobile Manipulator for Installation and Removal of Aircraft Warning Spheres on Aerial Power Transmission Lines. In Proceedings of the IEEE Conference on Robotics and Automation. Washington DC, 2002.

## 8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Alexandre José Pires

Nascido em Araraquara, SP em 23 de março de 1964.

Mestrando USP - São Carlos e Graduação (2006) em Engenharia Elétrica: UNIP-Araraquara

Empresa: CPFL Paulista, desde 1993

Divisão de Transmissão Nordeste