



COMPANHIA DE ELETRICIDADE DO ESTADO DA BAHIA – COELBA
INSTITUTO DE TECNOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO – LACTEC

Substituição de Cabos Aéreos em Redes de Média Tensão Energizada
Salvador - Bahia - Brasil

SUBSTITUIÇÃO DE CABOS AÉREOS EM REDES DE MÉDIA TENSÃO ENERGIZADA

Autores: Engenheiro Eletricista Mario S. Cabussú; Engenheiro Eletricista Dailton P. Cerqueira; Engenheiro Eletricista Cleuber S.S. Chaves

Empresa: COELBA

Cargo: Engenheiros de Manutenção

Autores: Msc. Marcelo Antonio Ravaglio; Msc. José Arinos Teixeira Jr.; Dr. Edemir Luiz Kowalski

Empresa: LACTEC

Cargo: Pesquisadores

PALAVRAS-CHAVE: Manutenção, Redes de Distribuição de Média Tensão, Lançamento e Substituição de Cabos Aéreos Energizados, Serviço em Linha Viva.

DATOS DE LA EMPRESA-COELBA

Dirección: Coelba - Companhia de

Eletricidade do Estado da Bahia

Código Postal: 41290-000

Teléfono: +55 71 33906101

Fax: +55 71 33906156

E-Mail: mcabussu@coelba.com.br

1. INTRODUÇÃO

As redes de distribuição de média tensão mais antigas devem passar por manutenções preventivas e corretivas, em função de ampliação da carga dos consumidores, como também pela necessidade de substituição dos cabos de cobre ou alumínio que com o passar do tempo sofrem com as ações do meio ambiente e processos de envelhecimento e degradação.

A COELBA tem enfrentado problemas com a cristalização de fios 6mm² nus de cobre em boa parte de sua rede primária e secundária de distribuição. A substituição destes fios em linha primária energizada é necessária em função do alto percentual de condutores que apresentam o problema. Se o serviço fosse realizado de forma convencional os cabos poderiam romper-se, provocando o desligamento da rede de média tensão, com alto risco de acidentes.

DATOS DE LA EMPRESA-LACTEC

Dirección: Centro Politécnico da UFPR

Curitiba-Paraná-Brasil

Código Postal: 81531-990

Teléfono: +55 41 361-6180

Fax: +55 41 361-6007

E-Mail: marcelo@lactec.org.br

Com o desligamento da rede, o tempo de interrupção no fornecimento de energia elétrica fica muito elevado, com conseqüente prejuízo nos índices de qualidade coletivos DEC, FEC e os individuais DIC, FIC e DMIC.

Nas redes de distribuição de energia são observadas freqüentemente corrosões principalmente em locais de orla marítima, devidas a ação do cloreto de sódio trazido pelos ventos do oceano. A corrosão é a deterioração de um material por ação química ou eletroquímica, alterando e desgastando o material, tornando-o inadequado para uso.

Em função destes problemas, a COELBA e LACTEC iniciaram um projeto de pesquisa e desenvolvimento visando a substituição de cabos de energia da rede de média tensão com a rede energizada.

2 – OBJETIVOS

O trabalho teve por objetivo realizar a substituição da rede aérea de distribuição de média tensão convencional por cabos protegidos, com o diferencial de todo o serviço ser realizado com a rede energizada. Para a execução desta tarefa todo um novo ferramental foi desenvolvido de forma a garantir a segurança das equipes de eletricitas que executam o serviço, bem como a garantia da não interrupção do fornecimento de energia elétrica aos consumidores.

3. MÉTODOS

3.1 – Ferramental Desenvolvido

Para a execução da tarefa de substituição de cabos energizados por cabos protegidos foi desenvolvido um conjunto de ferramentas para emprego em linha viva. No desenvolvimento da nova metodologia participaram pesquisadores do LACTEC, a equipe de engenheiros da COELBA e profissionais da FEERGS, do Rio Grande do Sul, responsável pela confecção e melhoria das ferramentas. O direito de fabricação das ferramentas desenvolvidas é da FEERGS e os direitos de patente de utilização da COELBA, LACTEC e FEERGS.

3.1.1) Carretilha para lançamento de cabos

A ferramenta desenvolvida pode ser metálica, com revestimento em fibra de vidro, ou totalmente confeccionada em fibra de vidro, para garantir resistência mecânica e dielétrica adequadas. Os ensaios em laboratório realizados com fonte de frequência industrial mostraram que as ferramentas confeccionadas em metal apresentam suportabilidade de 29 kV, enquanto que as de fibra de vidro, de 35 kV. As duas ferramentas desenvolvidas podem ser vistas nas Figuras 01 e 02.



Figura 01: À esquerda podem ser vistas as carretilhas em metal com revestimento superior em fibra de vidro. Na mesma foto estão mostrados os dois modelos desenvolvidos: carretilha completa para a aplicação em estruturas com somente uma cruzeta e carretilha simples para utilização em estruturas com duas cruzetas. A fotografia à direita mostra a carretilha completa na versão em fibra de vidro. A carretilha em metal apresenta massa de 3 kg e carretilha em fibra de vidro, de apenas 2 kg. Com relação ao isolamento elétrico, a carretilha em metal tem tensão disruptiva de 29 kV, contra 35 kV da peça confeccionada em fibra de vidro. As propriedades mecânicas das duas peças são similares.



Figura 02: A fotografia da esquerda mostra a aplicação correta das carretilhas em uma estrutura com duas cruzetas. A fotografia da direita mostra a aplicação correta da carretilha sobre uma estrutura com uma única cruzeta.

3.1.2) Lançador de corda-guia

O lançador de corda-guia foi desenvolvido com o objetivo de possibilitar o lançamento de uma corda de pequena massa sobre as carretilhas, em procedimento realizado a partir do solo, com a utilização de vara de manobra telescópica. Seu corpo é confeccionado em fibra de vidro com adaptação universal à vara de manobra, como pode ser visto na Figura 03.



Figura 03: A fotografia mostra o equipamento lançador de corda guia. A ranhura lateral vista na ferramenta tem a funcionalidade de passar a corda guia e soltá-la após o lançamento. Na ponta da ferramenta pode-se visualizar o peso que aplicará a força para puxar a corda guia em direção ao solo.

3.1.3) Sistema de acoplamento corda-cabo

O sistema de acoplamento corda- cabo foi desenvolvido com o objetivo de garantir que durante a tração do cabo não ocorra a sua liberação. Este acoplamento é confeccionado para todas as bitolas de cabos protegidos ou para o caso de trabalho com redes desligadas nas bitolas de cabos nus. A Figura 04 mostra as peças confeccionadas para cabos protegidos de 35 mm e 70 mm. A Figura 05 mostra o dispositivo de acoplamento sendo aplicado à tarefa de tracionamento do cabo e seu detalhe interno.



Figura 04: Acoplamentos cabo-corda para condutores com bitolas de 35 mm e 70 mm.



Figura 05: Na figura pode-se visualizar o dispositivo de acoplamento corda isolada cabo. A ferramenta possui isolamento elétrico compatível e é confeccionada em nylon. Na foto à esquerda, a ferramenta é aplicada em lançamento de cabos protegidos de 185 mm. A foto da direita mostra o dispositivo interno do sistema que permite o aprisionamento do cabo elétrico.

3.1.4) Mufla para isolamento de cabo protegido

Para garantir o completo isolamento elétrico do cabo que será lançado na rede de distribuição, foi desenvolvida uma mufla em polietileno que é adaptada à terminação do cabo que permanece no carretel (bobina), em solo. Esta ferramenta deve ser confeccionada nas bitolas necessárias para cada situação.



Figura 06: Mufla isolante acoplada à terminação de cabo protegido de 185 mm. O carretel permanece em solo e a mufla garante o isolamento da terminação metálica do cabo, aumentando a segurança do procedimento.

3.2 - Funcionalidades das Ferramentas Desenvolvidas

Cada ferramenta foi desenvolvida para a aplicação dos procedimentos necessários para a realização da tarefa de lançamento de novos condutores na rede de média tensão, sem desligamentos. A seguir são apresentadas as funcionalidades das ferramentas desenvolvidas e a metodologia para sua aplicação.



Figura 07: À esquerda, pode ser visto o lançamento da carretilha de solo, com vara de manobra telescópica. À direita, pode-se visualizar o lançamento da carretilha com o bastão pega-tudo, com o electricista utilizando uma escada ou, eventualmente, escalando o poste.



Figura 08: À esquerda, pode-se visualizar o lançamento da carretilha pelo electricista de linha viva, diretamente sobre a cruzeta. À direita, é mostrada a carretilha completa e a simples aplicadas sobre uma estrutura com duas cruzetas, prontas para receber o lançamento da corda-guia.



Figura 09: À esquerda, pode-se observar a funcionalidade da carretilha durante o lançamento da corda-guia e corda de tração. À direita, observa-se a carretilha com o cabo novo sendo tracionando e ao mesmo tempo realizando a função de isolamento temporário do cabo em relação à cruzeta.



Figura 10: A foto da esquerda mostra a ferramenta de lançamento da corda-guia, do solo, por meio de vara de manobra telescópica. A foto da direita mostra a passagem da corda-guia e sua liberação sobre a carretilha.



Figura 11: Passagem da corda-guia sobre a carretilha, com o rolete de travamento acionado.



Figura 12: À esquerda é mostrado a sistema de acoplamento cabo corda sendo usado na tração de um cabo protegido de 185 mm, durante a atividade de lançamento de cabos. À direita, pode-se visualizar o sistema interno do acoplamento cabo-corda para o aprisionamento do cabo novo, garantindo a sua não liberação durante o processo de tração.



Figura 13: À esquerda, pode-se visualizar a mufla isolante corretamente aplicada ao terminal do cabo que permanece na bobina, no solo. À direita, pode-se visualizar a bobina do cabo novo, durante o processo de lançamento.

3.3- Metodologia do Procedimento

Para que se possa realizar a substituição dos cabos da rede de distribuição de média tensão energizados, deve-se seguir uma metodologia de trabalho específica para tal serviço. Os procedimentos convencionais de trabalho em linha viva, padronizados pelas concessionárias e empreiteiras, devem ser mantidos, já que a metodologia apresentada é complementar e refere-se somente ao lançamento do novo cabo, com a rede energizada. O procedimento a ser aplicado é o seguinte:

- a) Em campo, realiza-se a inspeção das estruturas onde se fará a manutenção em linha viva.

Nesta inspeção deve-se verificar se as estruturas possuem condição de trabalho, pois receberão uma carga adicional em relação à existente. Também deve ser avaliada a firmeza da fixação dos postes de distribuição, pois os condutores antigos de cobre podem se encontrar em estado mecânico comprometido, podendo romper durante o serviço. Nesta situação, deverá ser avaliada a possibilidade de se estaiar os postes, para se obter maior segurança na manutenção em linha viva. Esta avaliação prévia, realizada em campo, possibilitará a confecção de estudo de viabilidade da manutenção proposta em linha viva. Em caso positivo, deve-se passar à segunda etapa, que se refere ao trabalho propriamente dito de manutenção em rede energizada. Qualquer alteração na rede deverá ser realizada previamente, desde que não comprometa os critérios de segurança.

- b) O primeiro passo é o estabelecimento e a revisão do procedimento, com toda a equipe alocada para a tarefa.
- c) A seguir, realiza-se o isolamento e sinalização completa da área onde será realizado o serviço. Não deve ser permitida a passagem de transeuntes pela área de isolamento, em hipótese alguma, até o término de toda a atividade.
- d) Prepara-se o ferramental a ser usado na execução da tarefa. Determina-se o sentido de lançamento do cabo, pois este definirá o correto posicionamento das carretilhas. Em estruturas de passagem, com uma cruzeta, instala-se somente uma carretilha completa, enquanto que nas estruturas com duas cruzetas coloca-se uma carretilha completa em uma das cruzetas e uma carretilha simples, na outra. O rolete de travamento da carretilha completa deverá ser direcionado para o poste por onde será iniciado o lançamento do novo cabo.
- e) Do solo, com a vara de manobra universal ou por meio de escada com o bastão pega-tudo (3,60 m), as carretilhas devem ser lançadas sobre as cruzetas. Antes da colocação, deve-se assegurar que o rolete de travamento do cabo se encontra aberto, bem como o parafuso de fixação da carretilha à cruzeta, em sua posição de máxima abertura.

Caso julgue-se necessária a presença da equipe de linha viva durante toda a realização do serviço, em função do risco envolvido ou pela complexidade das estruturas, esta poderá lançar diretamente as carretilhas sobre as cruzetas.

- f) Do solo, com o dispositivo de lançamento de corda-guia acoplado à vara de manobra telescópica, é lançada sobre as carretilhas a corda-guia. Esta será utilizada para tracionar a corda isolada, que, por sua vez, deverá tracionar o novo condutor protegido.

Deve-se assegurar que a corda-guia seja lançada por cima de todos os ramais de alimentação de consumidores, cabos telefônicos, árvores, etc.

- g) Efetua-se o acoplamento entre a corda de tração e o novo condutor. Caso seja desejado o lançamento de outra fase da rede de média tensão, sem a necessidade de reposicionar as carretilhas nas cruzetas,

pode-se acoplar uma nova corda-guia junto com o cabo em processo de tracionamento. Esta nova corda-guia deverá ser liberada ao passar em cada vão.

- h) Isola-se a extremidade do novo condutor na bobina com a mufla de isolamento. Deve-se assegurar que a bobina do novo condutor e o eletricista que controla a liberação do cabo estejam adequadamente protegidos. O eletricista deverá utilizar luvas isolantes de Classe II e deve-se controlar a liberação dos cabos posicionado sobre uma banquetela isolada ou lençol isolante com classe de isolamento 3. A bobina de cabo deve permanecer isolada do solo durante todo o procedimento, eventualmente apoiada sobre um lençol de borracha natural de classe 4.
- i) O conjunto corda-guia, corda de tração e o cabo novo deverão ser tracionados para cada vão (entre dois postes), de modo a reduzir o esforço físico necessário e evitar o descarrilamento do conjunto e a vibração excessiva das estruturas. Assim, a execução da tarefa é facilitada, com maior grau de segurança. Deve-se controlar a liberação do cabo para evitar o contato deste com o solo, sincronizando o procedimento de tração.
- j) Faz-se o encabeçamento da extremidade que chegou à última estrutura e seguem-se os procedimentos de linha viva para a complementação do serviço. Na outra extremidade, traciona-se o cabo novo, rebobinando sua bobina, e realiza-se o encabeçamento deste na última estrutura envolvida na manutenção.
- k) Efetuam-se os *jumpers* nas duas extremidades do cabo novo, por ligação em paralelo com a rede de distribuição original.
- l) Cortam-se as extremidades do cabo antigo, seguindo os procedimentos convencionais de linha viva para esta tarefa.
- m) Retira-se a amarração do cabo antigo nos isoladores de pino.
- n) Retira-se o cabo antigo dos vãos substituídos na rede de média tensão, seguindo os procedimentos convencionais de linha viva.
- o) Retira-se o novo condutor das carretilhas e o coloca nos isoladores de pino.
- p) Efetuam-se as amarrações necessárias do cabo novo nos isoladores de pino.

- q) Repete-se o procedimento anterior para as outras fases do circuito em manutenção, quando necessário.
- r) Recolhe-se todo o ferramental de manutenção empregado.
- s) Verifica-se se todo o material foi devidamente recolhido e guardado.
- t) Retira-se a sinalização de segurança.

4 – RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE SUBSTITUIÇÃO DE CONDUTORES DE REDES DE MÉDIA TENSÃO EM CAMPO.

Foi selecionado um trecho da rede de distribuição da região metropolitana da cidade de Salvador, no Estado da Bahia, Brasil, numa rodovia com grande circulação de veículos e pedestres. O trecho escolhido possuía cabos de alumínio, com bitola de 366 mm, fragilizados pela ação de cerol de barbantes de pipas, bem como possuía emendas resultantes de um rompimento anterior. O trabalho foi realizado sobre dois vãos da rede de distribuição, com comprimento de 100 m e 64 m. O novo condutor lançado foi um cabo protegido, com diâmetro de 185 mm. A figura 14 mostra a rede de distribuição, durante os preparativos para a manutenção em linha viva.



Figura 14 – As fotos mostram o vão de 100 m da rede de distribuição da COELBA, onde se realizou a substituição dos cabos de energia em linha viva, durante a inspeção inicial das estruturas e estabelecimento do procedimento a ser adotado.

Antes do início da manutenção com a linha energizada, realizou-se reunião com as equipes envolvidas, além de selecionar e separar todas as ferramentas a serem empregadas.

Em função da existência de ramais de alimentação em alta tensão para consumidores industriais, optou-se pela realização da tarefa com a presença das equipes de linha viva em todas as estruturas. Por isso, as carretilhas foram lançadas sobre as cruzetas, diretamente pelas equipes de linha viva, conforme pode ser observado na Figura 15.



Figura 15: Lançamento das carretilhas nas estruturas pelas equipes de linha viva.

Lançadas as carretilhas sobre todas as estruturas, realizou-se o lançamento da corda-guia, seguido do tracionamento da corda de tração do cabo novo, como pode ser visto na Figura 16.



Figura 16: Lançamento da corda-guia e corda de tração.

Tracionada a corda isolada sobre as estruturas do primeiro vão, foi realizado o acoplamento entre cabo e a corda isolante, como pode ser visto na Figura 17.



Figura 17: À esquerda, é mostrada a realização do aprisionamento do cabo novo no sistema de acoplamento cabo-corda. À direita, pode-se visualizar o tracionamento do conjunto corda isolante e cabo novo.

Feito o acoplamento cabo-corda, realizou-se a tração do cabo novo sobre as todas as estruturas, até atingir a última estrutura envolvida na manutenção, como mostram as Figuras 18 e 19.

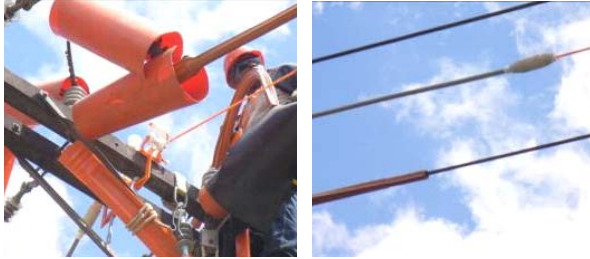


Figura 18: À esquerda, pode-se observar a passagem da corda pela primeira carretilha durante o tracionamento. À direita, observa-se o tracionamento do cabo pela corda isolada de tração.



Figura 19: À esquerda, pode-se observar a passagem do cabo pela segunda estrutura. À direita, observa-se o cabo completamente lançado no trecho da rede em manutenção.

Terminado o lançamento do cabo protegido, iniciou-se a tarefa de encabeçamento do novo condutor, de acordo com procedimento usual de linha viva (ver Figura 20).



Figura 20: Equipes de linha viva realizando o encabeçamento do cabo novo nas extremidades da rede de distribuição.

Ao final do lançamento do condutor que substituiu a primeira fase da rede de distribuição, deu-se início ao retorno da corda de tração, visando o lançamento do segundo condutor sobre as mesmas estruturas (ver Figura 21).



Figura 21: Retorno da corda de tração, enquanto as equipes de linha viva concluem os procedimentos de encabeçamento do novo cabo.

Concluído o serviço de encabeçamento do primeiro cabo protegido, repetiu-se o procedimento de lançamento dos cabos das demais fases. As figuras 22 e 23 mostram as etapas finais realizadas para a conclusão do serviço, incluindo o recolhimento das ferramentas empregadas e retirando a sinalização e isolamento da área. Durante a execução da tarefa, em nenhuma oportunidade percebeu-se risco iminente de acidentes ou de curto-circuito causado pela manutenção da rede de distribuição.

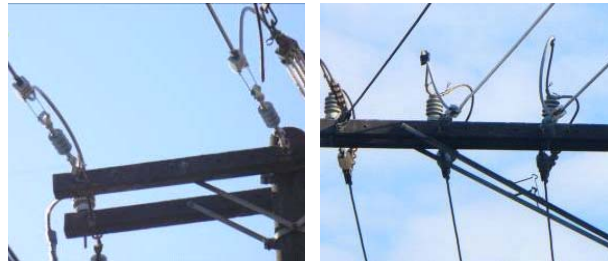


Figura 22: As figuras mostram a conclusão do procedimento de encabeçamento dos novos condutores.



Figura 23: Vista da rede de distribuição, após conclusão da substituição dos cabos, com a rede energizada.

5 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A substituição de condutores da rede média tensão, em linha viva, foi realizada num trecho da rede de distribuição com cabos de alumínio de bitola de 366 mm, sem alma de aço. Os cabos antigos estavam fragilizados pelo atrito com o cerol colado nos cordões de pipas e em duas fases já haviam rompido e possuíam emendas que já se encontravam em situação bastante comprometedora. Dois vãos da rede de distribuição sofreram manutenção, com comprimentos de 100 m e de 64 m. Os cabos originais de alumínio mais danificados (duas fases deste circuito) foram substituídos por cabo protegido, com bitola de 185 mm.

Todos os procedimentos para a realização do serviço com a rede energizada foram discutidos previamente com os eletricitas e as equipes devidamente instruídas para não ocorrerem erros durante o trabalho.

Todos os procedimentos foram executados sem problemas e o lançamento do cabo foi realizado de duas formas distintas. Para a primeira fase realizou-se o lançamento de forma contínua sobre as estruturas. O lançamento demorou cerca de 20 minutos, em função do esforço exigido da equipe que realizava o tracionamento de 180 metros de cabo protegido de 185 mm, porém o lançamento ocorreu dentro do planejado, em nenhum momento comprometendo a segurança da equipe ou ocasionando vibração excessiva das estruturas.

Durante o encabeçamento do primeiro cabo lançado, realizou-se o retorno da corda de tração, deixando todas as estruturas preparadas para o lançamento do segundo cabo. O lançamento do segundo cabo foi realizado vão a vão, com o objetivo de reduzir o esforço físico da equipe que tracionava o cabo. Neste procedimento foram lançados os mesmos 180 m de cabo protegido em apenas 9 minutos, mantendo todas as características de segurança dos eletricitas e sem abalar as estruturas da rede de distribuição.

Todo o serviço foi executado com a máxima segurança e total sucesso, sem desligar consumidores e sem colocar em risco a integridade de transeuntes e da equipe.

Os resultados obtidos mostraram que a substituição de redes de distribuição de média tensão, em linha viva, é totalmente viável e seguro com o emprego da metodologia proposta e do ferramental desenvolvido para a execução desta atividade. A realização do serviço com a rede energizada propicia ganho efetivo para a concessionária, reduzindo custos, possibilitando melhor utilização das equipes de linha viva, melhoria dos índices de continuidade e maior satisfação dos consumidores.

A técnica desenvolvida ainda pode ser aplicada no caso de ampliações de redes e recondutoramento, em serviços tanto com rede de distribuição energizada, como desligada, promovendo economia considerável de tempo em relação às técnicas atualmente empregadas.

6 – CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou resultados altamente satisfatórios até o momento, contribuindo de forma bastante importante na redução da duração e nos custos envolvidos para a substituição em linha viva de condutores em redes de média tensão. Possibilita que boa parte da tarefa seja realizada por eletricitas a partir do solo, ocupando as equipes de linha viva apenas nas etapas mais delicadas e que requerem maior grau de segurança na manutenção. Como consequência permite a obtenção de melhoria significativa na qualidade dos serviços realizados, segurança equivalente, menor tempo de interrupção, melhoria de indicadores de continuidade de energia elétrica e maior satisfação dos consumidores.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a colaboração dos técnicos e eletricitas da COELBA e do LACTEC e, em especial, a Alexandre Müller da Silva, Paulo Jorge da Costa Machado e Carlos Constantino Nascimento, da FEERGS, pela importante participação no desenvolvimento das ferramentas e procedimentos apresentados neste trabalho. Também agradecem o apoio recebido das empreiteiras Hot Line e Morel, durante a realização dos ensaios de campo.