Apoio
CLAMPER
MEGABARRE BRASIL

Capítulo X

Cabos subterrâneos de média tensão em ambientes com grande presença de água

*Por Márcio T. Alves**

As instalações elétricas subterrâneas de cabos isolados de média tensão estão cada dia mais sendo adotados como uma das principais opções de instalação, apesar do alto custo inicial. A maioria dos novos condomínios residenciais já está adotando este tipo de instalação como padrão, em ampliação de novas cargas em grandes centros urbanos, na revitalização de centros históricos, e em outros casos, todos já estão cada vez mais utilizando a instalação subterrânea como principal modelo.

Contudo, também é de conhecimento que, apesar de todos os cuidados tomados, as caixas de operação e passagem subterrâneas estão sujeitas a trabalharem submersas devido às águas das chuvas e isto requer que estas instalações possuam um grande nível de proteção quanto à penetração de umidade nos circuitos elétricos e um dos principais elementos destes circuitos são os cabos de energia.

Ao serem manuseados, não devem sofrer nenhum dano durante o seu lançamento nos dutos e caixas e também devem ser muito bem preparados nas conexões, tanto para instalação de terminações quanto de emendas. Esta umidade em que o cabo se encontra, de alguma forma, consegue penetrar no cabo e fazer com que a isolação do material (EPR ou XLPE) inicie um processo de degradação conhecido como "arborescência úmida". Esta arborescência normalmente inicia-se na semicondutora interna e vai crescendo até que atinja a semicondutora externa provocando a falha no cabo. As formas para se localizar onde houve esta falha, normalmente requerem equipamentos especiais e caros, consideráveis tempo para sua localização, além de quebras de calçadas e ruas, gerando um transtorno para a comunidade em trânsito ou reside no local.

Para tentar minimizar todos estes transtornos ocasionados pela água nos cabos elétricos, existe uma tecnologia de isolação já utilizada por mais de 25 anos nos Estados Unidos e alguns outros países que é capaz de reduzir consideravelmente o efeito da arborescência elétrica e duplicar a vida útil do cabo elétrico. Esta isolação esta começando a ser utilizada por algumas concessionárias do Brasil e é conhecida como XLPE Retardante a Arborescência, e este artigo irá abordar com maiores detalhes esta tecnologia.

Introdução

No começo do século 20, iniciou-se a geração dos cabos isolados para uso subterrâneos. Os

primeiros cabos isolados para esta aplicação eram construídos com papel impregnado a óleo (PILC), sendo que alguns destes ainda permanecem instalados e funcionando.

Na década de 1940, inicia-se a utilização do polietileno como isolante de cabos e na década de 1960 surge os cabos isolados com polímeros reticulados "XLPE", apesar do excelente desempenho dos cabos isolados com papel impregnados a óleo, eles aos poucos foram sendo substituídos por esta nova geração de cabos, sendo que os principais motivos para estas mudanças foram:

- Conscientização ambiental devido ao tubo de chumbo utilizado para blindagem e confinamento do óleo isolante;
- Redução nos custos de manutenção;
- Perda de profissionais conhecedores e capacitados a trabalharem com a tecnologia de cabos impregnados a óleo;
- Redução nos custos de instalação;
- Redução do peso dos cabos e outros.

Com a crescente utilização dos cabos isolados com polietileno reticulados em tensões superiores a 1.000 volts, iniciaram-se também os problemas com esta nova tecnologia que se dividiam em dois: qualidade dos polímeros e arborescência.

Os problemas relacionados com a qualidade dos polímeros fizeram com que os grandes fabricantes investissem em seu processo, de forma a produzir material extra limpo, reduzindo-se assim as falhas nos cabos relacionados a este fato.

Após alguns anos de utilização dos cabos isolados com XLPE, estes iniciaram a falhar precocemente. Durante a análise destas falhas, um engenheiro descobriu que a isolação do cabo estava úmida e somada com algumas imperfeições nos cabos geravam o aparecimento de pontos com alto stress elétrico e com isto o aparecimento da arborescência úmida (Figura1). Desde então vários estudos sobre este fenômeno se iniciaram, fazendo com que novos produtos e soluções fossem empregados na melhoria do desempenho dos cabos elétricos subterrâneos.

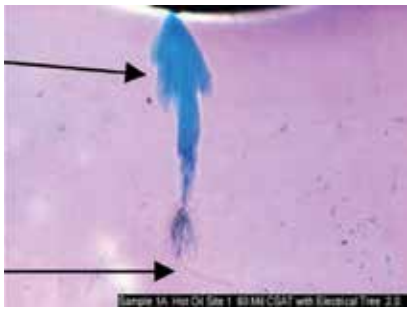

Figura 1 – Arborescência úmida e elétrica.

O fenômeno arborescência

Devido à aplicação do Polietileno Reticulado "XLPE" como isolante de cabos de média tensão subterrâneos ocorreu primeiro e possuir uma cor natural translúcido, comparando com o polímero Borracha de Etileno Propileno, também conhecido como "EPR", se pensava que a arborescência era algo que ocorria somente no XLPE, porém depois de vários estudos e testes, verificou-se que este fenômeno é pertinente a todos os materiais dielétricos orgânicos e que devido a cor laranja do EPR tem-se mais dificuldade de visualização (Figura 2).

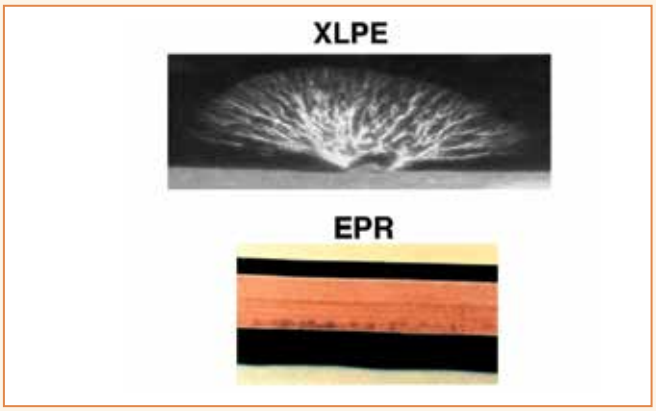

Figura 2 – Exemplos de arborescência, que recebem este nome por se assemelharem a uma árvore.

A arborescência possui este nome por possuir em sua grande maioria a aparência de uma árvore (Figura 2). Vamos entender como inicia e o porquê do surgimento da arborescência nas isolações dos cabos de média tensão.

Existem duas principais fontes causadoras que provocam o surgimento da arborescência na isolação, que são: qualidade do material utilizado na produção do cabo e por presença de umidade.

Analisando a primeira causa, podemos nos referir principalmente ao fato de que quando as semicondutoras não possuem em sua matéria prima, compostos capazes de promover uma camada completamente lisa, ou seja, de forma a não produzir protuberâncias (Figuras 3 e 4), estas criam pontos de acumulo de stress elétrico dando origem à arborescência.

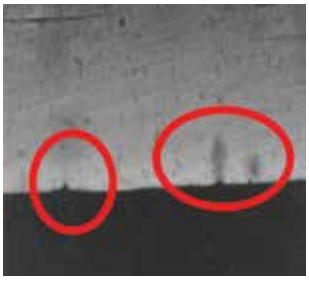

Figura 3 – Origem de uma arborescência.

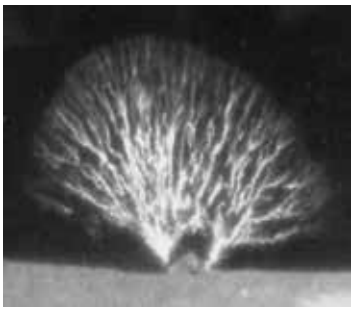

Figura 4 – Arborescência: acúmulo de estresse elétrico.

Atualmente, este tipo de causa é facilmente resolvido, utilizando na produção dos cabos, matérias-primas que possuem em seu processo de fabricação, a garantia do controle do tamanho de partículas presente no produto. No gráfico a seguir (Figura 5), verifica-se, facilmente, a evolução dos materiais quanto ao tamanho e à quantidade de partículas encontradas por metro quadrado.

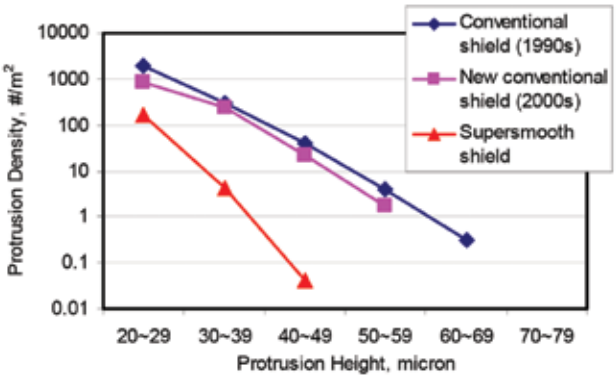

Figura 5 – Evolução dos materiais quanto ao tamanho e à quantidade de partículas.

Analisando a segunda principal causa, presença de umidade no interior do cabo, fato este que os cabos subterrâneos estão em grande maioria na presença desta e em muitas vezes submersos em água, faz com que este fenômeno se torne cada vez mais frequente, levando à falha prematura dos cabos.

A arborescência possui dois estágios dentro da isolação que são: arborescência úmida e arborescência elétrica. A arborescência úmida tem este nome por iniciar no meio úmido da isolação e com alto stress elétrico, provocado por protuberâncias ou bolhas de ar. Com o crescimento desta arborescência úmida a níveis próximo da outra extremidade da isolação e com isto o enfraquecimento da resistência elétrica, dá-se origem a novos caminhos de arborescência, porém por motivos elétricos (quando se inicia o processo de ruptura da isolação), neste momento temos a arborescência elétrica.

Figura 6 – Ruptura da isolação.

Da mesma forma que existem novos produtos capazes de evitar ou reduzir o aparecimento das arborescências utilizando semicondutoras com controles de quantidades e tamanhos das partículas presente em sua formulação, existe material isolante capaz de minimizar o efeito da arborescência, esta isolação é conhecida como "XLPE retardante à arborescência" ou, em inglês, (TR-XLPE – Tree Retardant XLPE).

O TR-XLPE possui em sua composição um aditivo capaz de confinar o efeito da arborescência, evitando que a mesma cresça e com isto se aproxime da outra extremidade do material isolante. Desta forma, o cabo não fica enfraquecido na região da arborescência a ponto de sofrer o rompimento dielétrico.

Uma forma de se criar em laboratório o efeito da arborescência na isolação e de se comprovar a eficiência e a forma como o TRXLPE responde ao efeito da arborescência é pelo procedimento mostrado na Figura 7. Este teste é executado, utilizando-se uma ferramenta punção padrão, que provoca uma fissura na isolação e que, em presença de uma diferença de potencial em um meio condutivo, dá-se início ao stress elétrico e ao surgimento da arborescência.

As Figuras 8, 9 e 10 mostram a evolução do crescimento da arborescência em um cabo isolado com XLPE e outro com TR-XLPE, sob as mesmas condições de umidade, temperatura e tensão, realizada conforme procedimento mostrado anteriormente. Vejam que no XLPE a arborescência se inicia e não para mais de crescer ao longo dos dias, enquanto no TR-XLPE a arborescência inicia-se, porém fica contida e tende a estabilizar o crescimento.

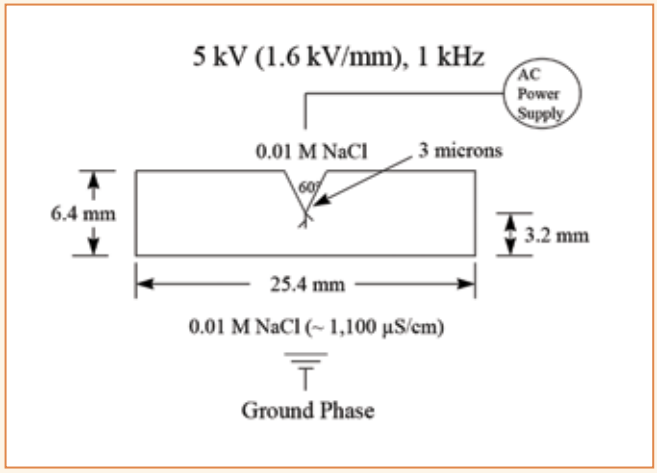

Figura 7 – Procedimento, em laboratório, para criação do efeito da arborescência.

Figura 8 – Evolução da arborescência em cabo com isolação XLPE.

Figura 9 – Evolução da arborescência em cabo com isolação TR-XLPE.

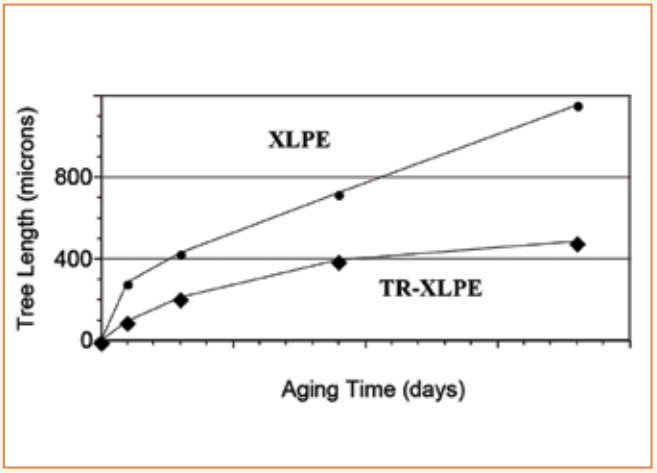

Figura 10 – Comparação da evolução da arborescência em cabos com isolação XLPE e TR-XLPE.

Instalados há mais de 25 anos em campo, relatos das companhias de energia elétrica americanas demonstram a eficiência e os ganhos obtidos com a utilização dos cabos isolados com o TR-XLPE. Além dos dados práticos obtidos com os já instalados, foram criados alguns testes para avaliar a performance e comprovar a eficiência dos cabos com TR-XLPE, uma vez que o XLPE não suporta a agressividade do teste. Os testes são: AWTT (Acelerate Watter Tree Test) da norma Norte Americana ICEA S-94-649-2004 e os testes Europeus CENELEC e VDE.

Na Figura 11, observa-se o desempenho após um ano de AWTT teste. Este teste é realizado introduzindo primeiramente água dentro do condutor sob alta pressão e depois o submergindo em água e aplicando alta tensão. O ensaio tem a duração de um ano, com medições da sua rigidez dielétrica durante este tempo.

Os cabos subterrâneos são projetados para durarem mais de 40 anos em ambientes úmidos. Na Figura 14, mostramos os resultados de testes realizados em cabos instalados há mais de 17 anos no campo. Foram instalados na mesma época, local e carga, cabos produzidos com XLPE, EPR e TRXLPE e, como se pode observar na Figura 12, o nível de rigidez dielétrica do cabo TR-XLPE após 17 anos de uso apresenta um valor próximo ao valor de rigidez dielétrica do cabo EPR novo.

Figura 11 – Demonstração do teste realizado com injeção de água dentro do condutor.

Figura 12 - Testes realizados nos cabos – submersão do cabo em água com aplicação de alta tensão.

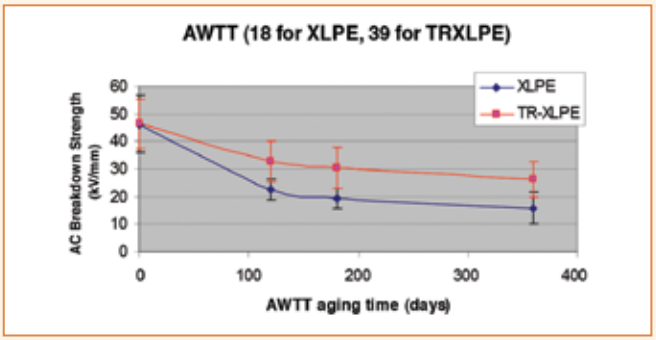

Figura 13 – Gráfico mostra desempenho dos testes realizados.

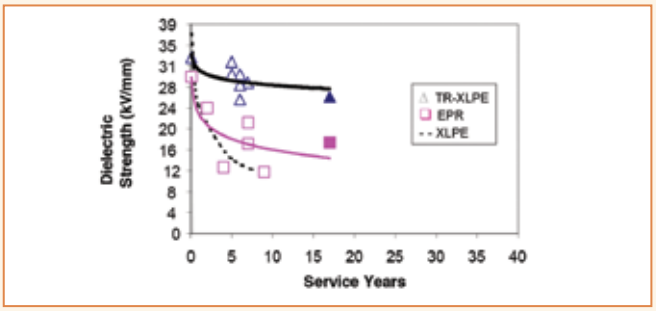

Figura 14 – Resultados de testes realizados com cabos instalados há 17 anos.

Esta tecnologia surgiu em 1983 nos Estados Unidos e, desde então, vem sendo utilizada na América do Norte e depois nos demais países. A seguir, é possível observar a evolução do uso desta tecnologia comparando o XLPE e o TR-XLPE na América do Norte.

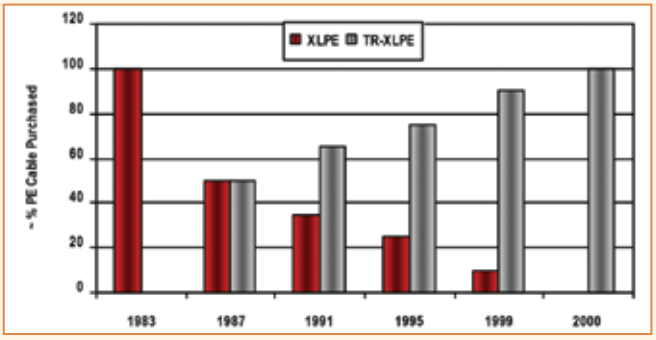

Figura 15 – Evolução das tecnologias XLPE e TR-XLPE.

Por fim, mas não menos importante que as questões técnicas apresentadas, está o custo de se utilizar um produto com todas estas vantagens. Pode-se afirmar que os cabos subterrâneos isolados com TR-XLPE, quando analisamos o custo inicial, apresentam um valor não mais que 5% de diferença quando comparados com o XLPE, contudo, quando comparamos o custo após 40 anos, vemos que os cabos com TR-XLPE apresentam uma vantagem considerável, já que neste período não haverá necessidade de custos adicionais de aquisição de novos cabos e custos de mão de obra para retirada dos cabos danificados e reinstalação dos novos. Além de toda esta vantagem, há ainda os ganhos não contabilizados de um sistema mais confiável e uma melhor imagem da companhia por não ter interrupções no sistema.

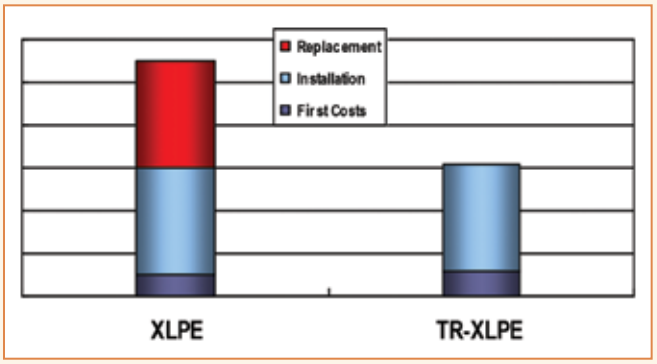

Figura 16 – Comparação da manutenção de cada uma das tecnologias estudadas.

Para os fabricantes de cabos não há alteração de sistema de produção: ferramental, máquinas, mão de obra, etc., já que o produto não sofre nenhuma alteração física e de processabilidade quando comparado com os produtos que estes utilizam atualmente.

Conclusão

As vantagens técnicas e comerciais dos cabos elétricos de média tensão isolados para uso subterrâneo com isolantes TR-XLPE são reconhecidos e comprovados há mais de 25 anos no mercado mundial. É um produto já existente no Brasil, com fornecedor de matéria-prima local e reconhecida mundialmente. Esta tecnologia já foi adotada em especificação de cabos de uma das concessionárias do Brasil e há outras em processo de introdução deste novo conceito de isolação para seus cabos.

O emprego deste produto no Brasil ainda é baixo devido ao pouco conhecimento do mercado industrial nas tecnologias de matérias-primas para isolação de cabos e, com isso, não há solicitação aos fabricantes de cabos para fornecimento utilizando tecnologia de ponta, assim como os utilizados no mercado internacional.

Referências

- *HARTLEIN, Rick; ORTON, Harry. Long-life XLPEinsulated Power Cables. Alemanha, 2006.*
- *RAMACHANDRAN, S.; REED, R. A. TR-XLPE Cables for Utility Power Distribution: 20 Years of Field Proven, Value Added Performance. Artigo apresentado na conferência: The Rural Electric Power Conference, 2003. ANSI/ICEA S-94-649-2004.*

MÁRCIO T. ALVES é engenheiro eletricista graduado pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Atua há cinco anos como responsável técnico da DOW Brasil para o mercado de fios e cabos da América do Sul e também como gerente de relacionamento para com as concessionárias de energia elétrica e indústrias.

Continua na próxima edição
Confira todos os artigos deste fascículo em www.osetoreletrico.com.br
Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para o e-mail redacao@atitudeeditorial.com.br