



Grupo de Estudo de Subestações e Equipamentos de Alta Tensão-GSE

Aplicação de revestimento vulcanizado à temperatura ambiente (RTV) na melhoria do desempenho de isoladores e equipamentos em subestações

DARCY RAMALHO DE MELLO (1) (*); NATANAEL MOREIRA (1); HUMBERTO FERRARESSO BARBATO (1); Pensacola (1);

RESUMO

A poluição é o principal agente causador de descargas disruptivas em linhas de transmissão, redes de distribuição e subestações, sendo que o crescimento dos depósitos poluentes ao longo da vida útil de uma instalação é difícil de ser previsto, pois depende de fatores ambientais como vento, chuva, secas, etc.

Assim se torna necessário o uso de determinados procedimentos para minimizar este problema. Dentre os procedimentos consagrados pela literatura técnica destaca-se o revestimento da superfície dos isoladores e corpos isolantes com silicone vulcanizado à temperatura ambiente. Esta prática alia a resistência mecânica e dielétrica do isolador à hidrofobicidade do filme de silicone que repele a água e tem baixa aderência de impurezas.

Esta tecnologia começou a ser mundialmente aplicada na década de 80 e em diversas concessionárias brasileiras nos últimos anos. O objetivo deste artigo é apresentar as vantagens e desvantagens do uso desta tecnologia e sanar algumas dúvidas quanto à sua aplicação.

PALAVRAS-CHAVE

Isolador, Poluição, Subestação, Silicone, Revestimento RTV

1.0 - INTRODUÇÃO

Uma das causas de interrupções nas redes são as descargas disruptivas no isolador ao ar livre devido à poluição. Para evitar a ocorrência de uma descarga disruptiva, a corrente de fuga deve ser minimizada, pois causa também desperdício de energia nas linhas de transmissão e subestações, sendo estes eventos intensificados em ambientes sob poluição industrial ou com atmosfera muito salina.

No Brasil, os isoladores mais usados nas linhas de transmissão (LTs) são os isoladores tipo disco de vidro temperado ou de porcelana. Nas subestações (SEs), além dos isoladores tipo disco, utilizam-se isoladores de porcelana tipo suporte maciço multicorpo ou tipo pedestal, tanto para sustentar mecanicamente diversos equipamentos como seccionadores e disjuntores quanto como suporte para barramentos rígidos ou flexíveis, e corpos ociosos isolantes de porcelana, para aplicações em equipamentos como para-raios, transformadores de potencial e de corrente, disjuntores, buchas de parede e de transformadores de potência. Esses isoladores possuem excelente dielétrico e tem boa resistência superficial às intempéries. São inertes e estáveis, podendo suportar considerável quantidade de arcos elétricos sem degradação que comprometa a superfície por causa da sua capacidade de suportar descargas disruptivas superficiais.

Um inconveniente desses isoladores é o fato de suas superfícies possuírem alta energia ou alta molhabilidade. Essa característica pode ocasionar a formação de uma película de água que, se for contínua por toda a superfície do isolador, é capaz de conduzir corrente. Esse problema se agrava com o aumento da poluição ambiental, devido

à crescente concentração de indústrias, e no litoral, devido à maresia. Os poluentes e os sais, com o decorrer do tempo, vão se depositando sobre a superfície do isolador até alcançar uma concentração tal que, em um momento de chuva leve (garoa), condensação matinal ou neblina, podem tornar a película contínua condutiva, permitindo o aparecimento de arcos de banda seca e podendo causar uma descarga disruptiva.

Várias soluções vêm sendo adotadas para minimizar esse problema. Uma delas é a lavagem periódica dos isoladores para retirada dos depósitos de poluentes. Outra solução é trocar os isoladores tipo disco por isoladores compostos e os corpos ocios de porcelana por corpos ocios poliméricos. O uso do revestimento por filmes de borracha de silicone vulcanizada à temperatura ambiente (RTV) sobre os isoladores cerâmicos é uma prática que começou na década de 1970, passando a uma aplicação em larga escala no começo da década de 1980, com muito sucesso. A finalidade é melhorar o desempenho dielétrico da superfície na presença de poluição e maresia. Esta prática alia a resistência mecânica e dielétrica do isolador à hidrofobicidade do filme de silicone que repele a água e tem baixa aderência de impurezas. Nos isoladores, a película hidrofóbica cria um filme protetor que não deixa a água formar um caminho contínuo para a corrente de fuga. Desta maneira, o revestimento sobre a superfície dos isoladores retarda o aparecimento da corrente de fuga, chegando à supressão da mesma em até 98% após a aplicação e evitando formação de bandas secas e uma possível descarga disruptiva.

O objetivo deste artigo é apresentar o revestimento RTV aplicado em isoladores e equipamentos de subestações, com suas vantagens e desvantagens, tirar dúvidas sobre a metodologia de aplicação e reaplicação, mostrar os resultados da avaliação dielétrica que indicou melhoria no desempenho dos isoladores após seu revestimento, apresentar resultados de estudos realizados em diversos países mostrando a solidez desta tecnologia e os resultados do amplo uso do revestimento RTV por empresas no Brasil com o objetivo de reduzir os problemas decorrentes da poluição acumulada na superfície dos isoladores e corpos isolantes.

2.0 - DESCRIÇÃO DO REVESTIMENTO RTV

A formulação do revestimento vulcanizado à temperatura ambiente (RTV) indica que ele é um elastômero de silicone feito a partir de ligações cruzadas de polidimetilsiloxano (PDMS) + aditivo (sílica ou ATH) + pigmentação + agente vulcanizador + solvente (nafta ou clorado).

Além disso, outros aditivos tais como cargas alternativas para aumentar a resistência ao trilhamento e erosão, antioxidantes, um catalizador, pigmentos/corantes, um agente de ligação cruzada / reticulação e estabilizadores são usados frequentemente. Alguns sistemas também contêm um promotor de adesão ou uma carga de reforço. Estes sistemas estão dispersos num solvente como a nafta.

O solvente age meramente como um meio para transferir a borracha RTV para a superfície do isolador. À medida que o solvente evapora da superfície, a reação com a umidade do ar dispara a vulcanização formando um revestimento sólido de borracha. A velocidade deste processo de cura depende do tipo de solvente, da química, da temperatura e da umidade relativa.

Nota: Para aplicações em linha viva, o solvente não deve ser inflamável.

O silicone tem sido largamente usado na composição dos revestimentos RTV devido às suas características de repelência à água (hidrofobicidade), como pode ser visto na Figura 1, e resistência às condições climáticas. A hidrofobicidade é um mecanismo responsável por cobrir, com uma fina camada de polímero com baixo peso molecular, os poluentes que se depositam sobre a superfície do revestimento e, assim, transferir a natureza hidrofóbica para a nova superfície.

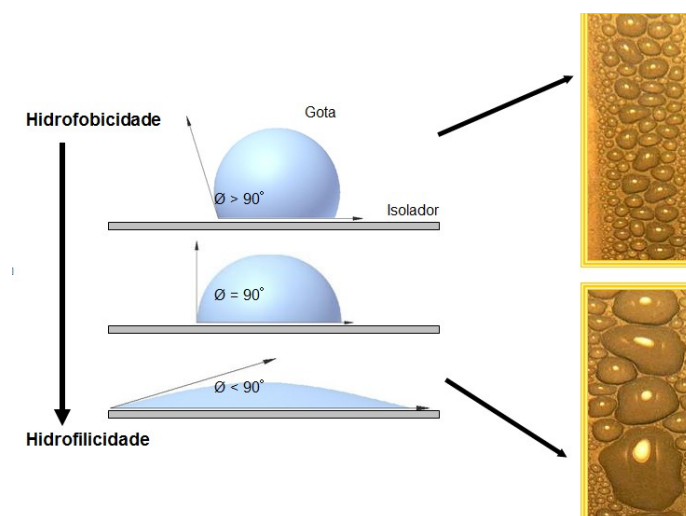


FIGURA 1 – Características das gotas na superfície de um isolador com revestimento de silicone

Existem vários tipos de revestimentos RTV que estão disponíveis comercialmente. As propriedades elétricas e físicas dos revestimentos podem variar dependendo de sua formulação. Essas propriedades são o resultado da quantidade de cargas inorgânicas, grau de ligações cruzadas e aderência. As propriedades de adesão à superfície cerâmica, retenção de hidrofobicidade sob condições ambientais com umidade elevada e a resistência à degradação devido ao arco são de importância primordial ao desempenho do revestimento.

Os fatores determinantes para o desempenho de um revestimento RTV são:

- Grau de vulcanização;
- Manutenção, perda e recuperação da hidrofobicidade;
- Praticidade de aplicação, manutenção e renovação;
- Adesão à superfície do isolador.

3.0 - GRAU DE VULCANIZAÇÃO

A vulcanização é um processo químico, inventado por Charles Goodyear, usado para endurecer a borracha. A vulcanização tradicionalmente se refere ao tratamento da borracha natural com enxofre e este continua sendo o exemplo mais comum, entretanto o termo também cresceu para incluir o endurecimento de outras borrachas (sintéticas) por vários meios.

Enquanto o solvente evapora, a umidade vinda do ar desencadeia a vulcanização, formando um revestimento de borracha sólida. A velocidade em que este processo ocorre depende do tipo de solvente, da temperatura e da umidade relativa. Sistemas de secagem rápida permitem que várias demãos possam ser aplicadas sem causar escorrimento, permitindo a aplicação de diversas camadas até se atingir a espessura especificada pelo fabricante com um aspecto liso e uniforme. O processo de cura começa na superfície externa e avança até o seu núcleo.

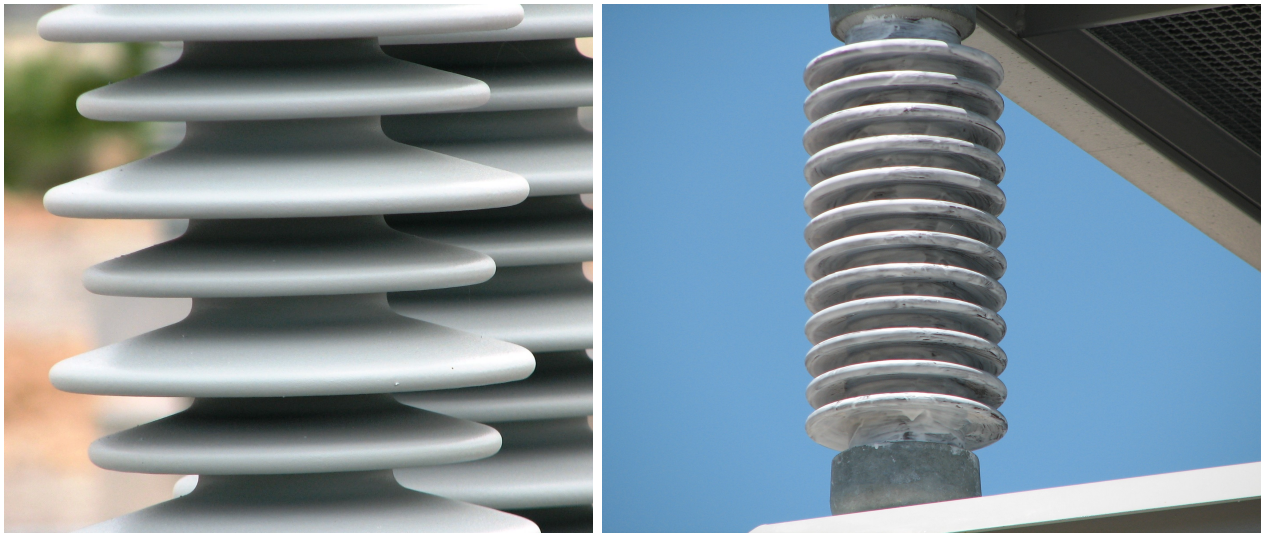
Assim, como é necessária a aplicação de diversas camadas, o tempo de cura de cada camada influencia no tempo total de aplicação do produto. Várias aplicações são normalmente necessárias para alcançar a espessura da película do revestimento recomendado pelo fabricante. A espessura de cada camada do revestimento pode variar entre 0,125 mm e 0,25 mm dependendo da viscosidade do RTV, quantidade e tipo do solvente, tipo de equipamento de aplicação e condições ambientais. A superfície do revestimento RTV deve garantir total aderência para as aplicações subsequentes do revestimento; caso contrário, um fluxo irá ocorrer dando origem a gotas e pingentes. [2]

Devem ser aplicadas 2 a 4 camadas para obter uma espessura final de 0,5 mm e cada aplicação pode ser realizada assim que a camada anterior não for mais pegajosa ao contato. Este processo leva 3 a 5 minutos. A superfície do revestimento com RTV sobre a porcelana ou o vidro cura parcialmente em aproximadamente 20 a 30 minutos após a aplicação final, porém não será atingida a resistência mecânica máxima do revestimento. As propriedades dielétricas, sob tal condição, são satisfatórias de modo que o isolador pode ser energizado, porém a superfície não estará suficientemente consistente para resistir ao manuseio físico.

O nível de brilho e acabamento superficial depende do método aplicado. Deve-se evitar uma combinação de métodos de aplicação sempre que possível. Os melhores resultados em termo de aparência são obtidos com pistola de pintura, como pode ser visto nas Figuras 2 e 3.



FIGURA 2 – Aplicação de revestimento RTV na superfície de um isolador em uma subestação



(a) Acabamento Superficial Otimizado resultante do uso de pistola de pintura

(b) Acabamento Superficial Inadequado resultante do uso de pincel

FIGURA. 3 – Acabamentos com uso de métodos diversos de aplicação de RTV

4.0 - MANUTENÇÃO, PERDA E RECUPERAÇÃO DA HIDROFOBICIDADE

A perda da hidrofobicidade de um revestimento RTV ocorre com o tempo através de lavagem natural e este processo leva muito tempo até que o desempenho do revestimento seja afetado. Deve-se ressaltar que, como o fluido difunde-se na superfície envolvendo a contaminação, a remoção de contaminantes pode acelerar o esgotamento do fluido responsável pela hidrofobicidade. Além disso, em regiões próximas ao litoral, onde a umidificação geralmente é constante, a perda da hidrofobicidade pode ocorrer muito rapidamente.

A hidrofobicidade refere-se à capacidade de um revestimento de evitar a formação de filmes contínuos de água. Em um revestimento hidrofóbico, a água forma pequenas gotas discretas e isso é desejável quando a resistência da superfície é alta, mesmo em ambientes úmidos. A resistência da superfície varia de acordo com o tamanho e a distribuição das gotas de água. Superfícies molhadas por mecanismos de colisão, como a chuva, criam grandes gotas que rolam facilmente pela superfície, dependendo da inclinação da mesma, mas as superfícies molhadas por condensação sob a ação do orvalho, da neblina e do nevoeiro criam um grande número de pequenas gotículas que estão muito próximas uma das outras. Neste último caso, a resistência da superfície do isolador pode ser muito menor do que no caso da chuva.

Os isoladores revestido com RTV estão na classe 1 de hidrofobicidade, segundo a ABNT NBR IEC/TS 62073 [3] quando são instalados. Com o tempo de serviço, a hidrofobicidade pode diminuir devido aos raios ultravioleta (UV) da luz solar, exposição prolongada a produtos químicos, incluindo água, contaminantes, corona e as descargas de superfície. O efeito da UV na hidrofobicidade na borracha de silicone não é significativa. A menos que a camada do contaminante tenha uma espessura grossa (cimento, celulose, etc.), a hidrofobicidade é capaz de transferir moléculas com baixo peso molecular para a superfície. Pode-se esperar que tais superfícies apresentem classe de hidrofobicidade 2 ou 3. Produtos químicos, como os ácidos da chuva ácida, sais de estrada utilizados para remoção do gelo e os sais usados nas torres de resfriamento de usinas são conhecidos por diminuir a classe da hidrofobicidade para níveis que variam de 4 a 7. Spray salgado proveniente das ondas do oceano e períodos prolongados de chuva também são conhecidos por diminuir a hidrofobicidade, o primeiro sendo mais severo com o isolador devido ao aumento de salinidade.

A velocidade e o grau de transição entre as classes de hidrofobicidade é dependente da formulação de revestimento. É importante notar que a transição não é uniforme em toda o revestimento do isolador. A superfície inferior das saias, que são protegidas da ação dos elementos, normalmente exibe classe de hidrofobicidade 1 a 3, mesmo quando as superfícies do topo das saias apresentem classe de hidrofobicidade 4 a 7.

A perda de hidrofobicidade é geralmente mais rápida perto da extremidade energizada o isolador que nas seções média ou inferior, no caso dos isoladores tipo suporte. No caso dos isoladores tipo suporte, não é necessário que todo o isolador seja hidrofílico, mas basta uma perda de hidrofobicidade em cerca de 30-40% do comprimento do isolador para que aumente a probabilidade de uma descarga disruptiva sob condições poluídas. Embora esta condição tenha sido demonstrada em teoria e em laboratório [4], ainda não é possível usar isso como um guia para agendar a manutenção dos isoladores revestidos

A capacidade de recuperação da hidrofobicidade é verificada, em laboratório, pela medição do ângulo de contato entre uma gota e a superfície do polímero, usando o método A descrito na ABNT NBR IEC/TS 62073. Uma gota é aplicada sobre a superfície do polímero antes do ensaio e o ângulo de contato é medido. Após o ensaio, uma gota é aplicada a intervalos de tempo regulares sobre a superfície e o ângulo de contato é medido. O ensaio é interrompido quando o valor do ângulo medido após o ensaio for igual ao ângulo medido antes do ensaio. A Figura 4 mostra um resultado obtido com essa medição.

Em campo, a avaliação da hidrofobicidade é efetuada pelo método C descrito na ABNT NBR IEC/TS 62073 e a classificação do nível de hidrofobicidade é realizado comparando a imagem obtida com o borrfimento do isolador com as imagens constante do Anexo da referida norma.

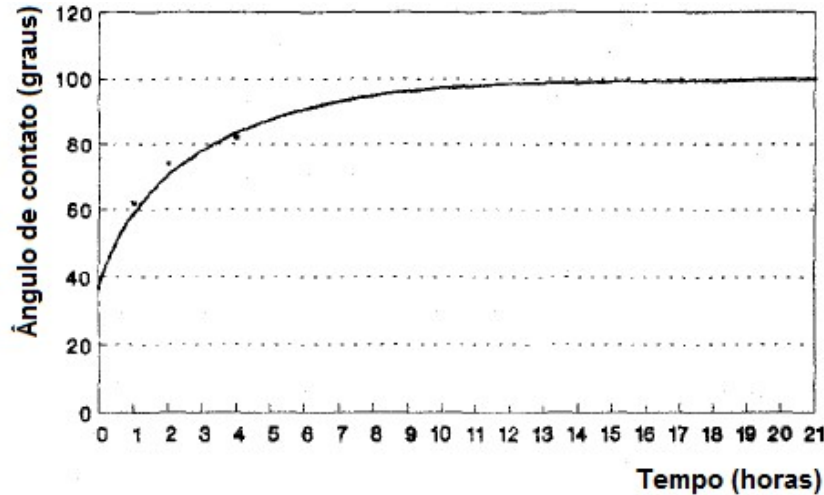


FIGURA 4 – Avaliação da recuperação da hidrofobicidade após ensaios

5.0 - ADESÃO À SUPERFÍCIE DO ISOLADOR

A adesão na superfície do isolador é de suma importância. Revestimentos imprópriamente aderidos podem ser levantados da superfície do isolador por ventos fortes ou durante o procedimento de lavagem com água a alta pressão. Pode ocorrer atividade de corona em ambientes onde o contaminante se deposita rapidamente. O desempenho do revestimento pode diminuir ao longo do tempo, devido ao encapsulamento dos poluentes; portanto, em alguns casos, pode ser necessário executar o procedimento de lavagem para manter a proteção do isolador.

Para verificar a aderência, sugere-se um ensaio com água fervente. Um isolador, preparado com a forma prescrita pelo fabricante do revestimento, deve ser imerso em água e fervido por 100 horas. O revestimento que não adere à superfície do isolador irá expor bolhas de água na interface entre a superfície do isolador e o revestimento, como pode ser visto na Figura 5.



FIGURA 5 – Formação de erupção superficial e bolhas no revestimento após fervura

Em campo, problemas de adesão aparecem na forma de bolhas ao final de todo o processo de vulcanização, como pode ser visto na Figura 6. Neste caso, as bolhas devem ser removidas e o substrato nela inserido analisado. Usualmente são grãos de areia ou fiapos de pano usado na limpeza.

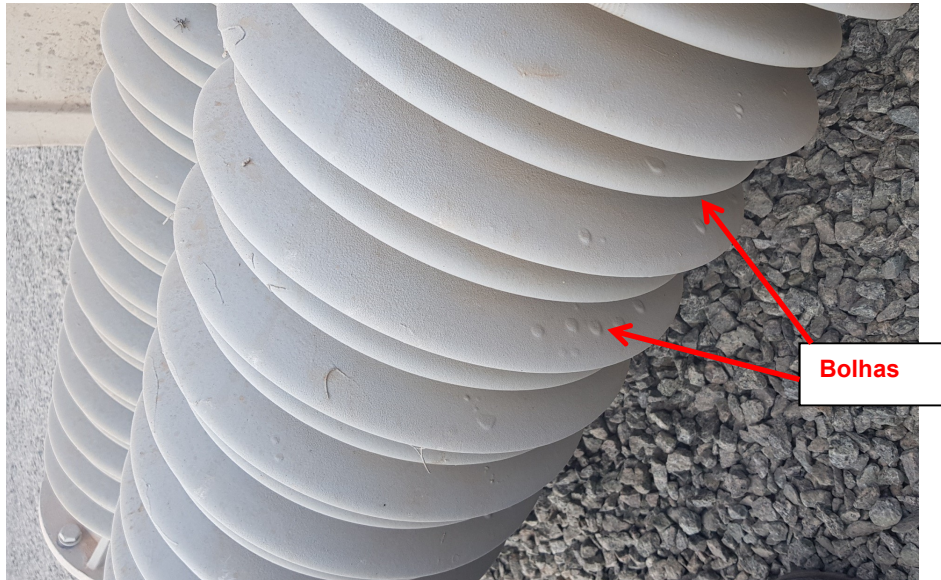


Figura 6 – Formação de bolhas no revestimento em campo por falha de aderência

6.0 - PRATICIDADE DE APLICAÇÃO, MANUTENÇÃO E RENOVAÇÃO

6.1 Preparação da superfície

Segundo os fabricantes, toda a superfície a ser revestida deve estar livre de poeira, graxa, óleo, agentes desmoldantes, componentes de cura e outros materiais estranhos como gelo. Adicionalmente, antes da aplicação toda a superfície deve estar seca. Tais precauções visam a garantir a total adesão do revestimento à superfície do isolador.

O método de limpeza da superfície a ser revestida é a lavagem com jato de água com elevada pressão (210 kg/cm² e 30 a 40 l/min), para retirada de remover contaminantes comuns, como poeira e sal acumulados. Isoladores poluídos com cimento devem ser limpos a seco com material com abrasão suficiente para a total remoção do cimento aderido à superfície do isolador, espiga de milho triturada ou casca de noz misturada com calcário. Após a limpeza, passar manualmente um pano seco.

Para isoladores cobertos com graxa de silicone, remover toda a graxa usando o mesmo material abrasivo sugerido anteriormente. Depois, limpar a superfície com um solvente livre de óleo, como acetona e passar álcool isopropílico como limpeza final.

Todas as áreas sujeitas à corrosão como as ferragens integrantes do isolador podem ser revestidas de modo a se ter uma proteção adicional e uma uniformidade em toda a superfície do isolador. Toda a superfície do isolador deve ser revestida com uma camada com espessura entre 381 µm e 508 µm, sendo a espessura máxima aconselhável de 1270 µm.

Deve-se tomar cuidado com revestimentos com espessura muito grossa, pois ela pode evitar que o isolador de vidro temperado se quebre por ocasião de uma falha, perdendo-se assim uma das características mais importantes deste isolador. No caso de aplicação de camadas espessas ou de isoladores pré-revestidos de fábrica, é aconselhável fazer o ensaio de quebra do dielétrico, no qual se utiliza um martelo e uma ponteira de aço de ponta fina para facilitar a quebrar da têmpera inerente ao vidro temperado (ver Figura 7). O dielétrico deve manter a característica do dielétrico de vidro temperado, ou seja, se desprender totalmente do isolador para permitir fácil visualização durante inspeção visual, como pode ser visto na Figura 8.

Além disso, revestimentos muito espessos podem implicar no aparecimento de temperaturas mais elevadas no ponto quente durante o arco de banda seca, causando assim a degradação térmica do revestimento mais rápido do que com revestimentos mais finos. Um revestimento que é muito fino, no entanto, também pode se degradar rapidamente devido ao desgaste pelas forças ambientais.

Existem dois ensaios não destrutivos que podem ser executados em revestimentos RTV para verificar a espessura:

- Medidor de revestimento molhado: os calibres do revestimento molhado dão uma leitura da espessura quando aplicados. Para determinar a espessura da película seca, subtraia a percentagem de solvente. Por exemplo, revestimento úmido com 0,5 mm de espessura tendo 70% de sólidos na sua constituição implicaria em se ter 0,35 mm de espessura de revestimento quando curado.

- Calibre ultrassônico de espessura: os calibres ultrassônicos de espessura lerão a espessura do revestimento de silicone curado na superfície dos isoladores. Estes medidores devem ser calibrados e verificados antes do uso.



FIGURA 7 – Posição para quebra do isolador com RTV

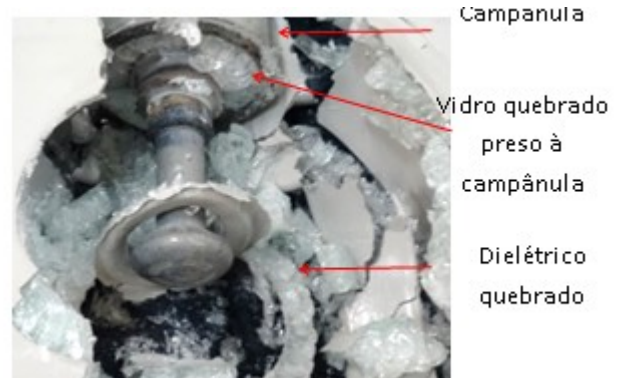


FIGURA 8 – Isolador com RTV quebrado

6.2 Acabamento

A formulação do revestimento deve ser tal que, quando pulverizado, o material fluirá suficientemente na superfície do isolador, moldando-se para dar forma a um revestimento contínuo e liso. Contudo, deve-se tomar cuidado para não fluir demasiado em superfícies verticais, pois resultaria em gotejamentos e pingentes de revestimento nas extremidades das nervuras do isolador.

6.3 Uniformidade

As propriedades de fabricação do revestimento ditam a espessura máxima que pode ser alcançada em uma única passagem usando o equipamento do pulverizador e, conseqüentemente, têm um impacto importante no tempo e na camada de um projeto de revestimento. A viscosidade do material, suas características de aderência, o tipo de solvente do portador, a temperatura ambiente, as condições de umidade e a condição da superfície do isolador afetam a formação da película e conseqüentemente sua uniformidade.

6.4 Renovação do revestimento RTV

Quando o revestimento com RTV começar a perder parte de sua hidrofobicidade, pode ser lavado e um novo revestimento pode ser aplicado sobre o anterior.

Homma [5] estudou a adesão de um novo revestimento RTV ao revestimento anterior envelhecido naturalmente após 7 anos de exposição. Para isso, amostras foram obtidas a partir da quebra de saias dos isoladores tipo suporte de uma subestação de 345 kV, que estavam revestidas com RTV. Três casos foram analisados:

- Caso 1: Aplicação da cobertura com RTV nas amostras com cobertura de RTV naturalmente envelhecida, sem qualquer limpeza na superfície naturalmente envelhecida;
- Caso 2: Aplicação da cobertura com RTV nas amostras com cobertura de RTV naturalmente envelhecida, após limpeza na superfície envelhecida com remoção de incrustações;
- Caso 3: Aplicação da cobertura com RTV nas amostras com cobertura de RTV naturalmente envelhecida após remoção de toda a cobertura envelhecida.

Os resultados obtidos indicaram que uma nova cobertura pode ser aplicada diretamente sobre a cobertura envelhecida, após remoção de poluentes na superfície com lavagem utilizando água sob elevada pressão. Cabe lembrar que a remoção de uma camada envelhecida não é fácil, mas o uso de limpeza criogênica pode facilitar a tarefa. A limpeza criogênica usa gelo seco, que é o estado sólido do dióxido de carbono (CO₂), granulado ("pellets"). Este produto é não abrasivo, que ao absorver energia por impacto, passa diretamente do estado sólido para o gasoso, sem se liquefazer e não traz dano ao meio ambiente por não utilizar produtos químicos na sua produção.

7.0 - DESEMPENHO DIELÉTRICO

Um dos questionamentos feitos pelas empresas que decidem aplicar revestimento RTV nos seus isoladores é quanto a variação da suportabilidade dielétrica do isolador revestido. Assim Mello [6] realizou ensaios de impulso atmosférico e de frequência industrial, a seco e sob chuva, em isolador tipo disco de vidro temperado com e sem revestimento RTV. Os resultados podem ser vistos na Tabela 1. Os resultados mostraram que o desempenho dielétrico melhorou com a aplicação do revestimento RTV (aumento de 22,4% no ensaio de impulso atmosférico, 7,4% no ensaio de frequência industrial, a seco, e 33,1% no ensaio de frequência industrial, sob chuva). Estes ensaios devem ser repetidos com cadeias longas e com isoladores suporte, pois os resultados obtidos indicam a necessidade de revisão na coordenação de isolamento nas subestações com o revestimento RTV foi aplicado.

8.0 - APLICAÇÃO NO BRASIL

O uso de revestimentos RTV no Brasil data de 1984 quando Furnas fez os primeiros testes em uma cadeia de 500 kV na linha Angra-Cachoeira e em uma cadeia no barramento auxiliar 138 kV na SE Campos dos Goytacazes. Após um período de avaliação e testes se iniciou a aplicação sistemática nos pátios 600 kV CC nas SEs Foz e Ibiúna em 2001. A Tabela 2 apresenta um resumo de algumas aplicações completas ou parciais de revestimento RTV em SEs e LTs brasileiras

9.0 - CONCLUSÃO

Os diversos estudos realizados permitem as seguintes conclusões:

- Tanto a qualidade dos produtos que são usados na formulação do revestimento RTV como a própria formulação são agentes muito importantes para garantir o desempenho do revestimento em longo prazo.
- A depleção dos grupos cíclicos de baixo peso molecular, que são responsáveis pela hidrofobicidade, é considerada como o evento mais importante que afeta diretamente a vida útil do revestimento RTV.
- Umidade elevada combinada com alta poluição pode degradar o desempenho do revestimento RTV.
- Devem-se seguir os procedimentos de aplicação indicados pelo fabricante de cada revestimento RTV.
- Pode-se aplicar um novo revestimento RTV sobre um antigo, mas aconselha-se antes a lavagem com jato de água com pressão elevada.
- O controle da qualidade após a aplicação é fundamental para garantir o bom desempenho do revestimento RTV.

10.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) IEEE 1523-2002 IEEE Guide for the Application, Maintenance, and Evaluation of Room Temperature Vulcanizing (RTV) Silicone Rubber Coatings for Outdoor Ceramic Insulators
- (2) CSL: "Si-Coat 570", Technical Data Sheet, 2007
- (3) ABNT NBR IEC/TS 62073: "Guia para medição da hidrofobicidade da superfície de isoladores
- (4) E. A. Cherney, M. Marzinotto, R. S. Gorur, I. Ramirez, S. Li, A. El-Hag e A. Tzimas: "End-of-Life and Replacement Strategies for RTV Silicone Rubber Coatings", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 21, No. 1; 02/2014, pp 253-261
- (5) H. Homma, C. L. Milrey, J. Ronzello e S. A. Boggs: "Field and laboratory aging of RTV silicone insulator coatings", IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 15, nr 4, 10/200

1.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Darcy Ramalho de Mello graduou-se em Engenharia Elétrica na Universidade Federal do Rio de Janeiro em 1977. Obteve o grau de mestrado pela COPPE em 1984. Trabalhou no CEPEL de 1978 a 2013, inicialmente nas áreas de ensaio de alta tensão e depois como responsável por diversos projetos de pesquisa e desenvolvimento na área de linhas de transmissão, subestações e redes de distribuição envolvendo, principalmente, isoladores. Desde 1994 é o coordenador da Comissão de Estudos de Isoladores (CE 36.1) do COBEI/ABNT. Representante do Brasil na IEC 36: Insulators. Membro do IEEE e do Cigré. Participa de diversos Grupos de Estudo do Cigré Internacional. Atualmente trabalha como consultor técnico para concessionárias e empresas do Setor Elétrico. Autor ou coautor de mais de 90 artigos científicos, apresentados em seminários nacionais ou internacionais, ou publicados em revistas e jornais científicos, e de três patentes depositadas no INPI (Detalhes em <http://lattes.cnpq.br/5830387195942321>).



Humberto Ferraresso Barbato graduou-se em Administração de Empresas na Faculdades de Campinas – FACAMP em 2007. Trabalhou na Fábrica de Equipamentos de Alta Tensão da Siemens Ltda em Jundiaí – SP entre os 2007 e 2012 como Analista de Controladoria e Logística. Em 2012 fundou a Pensacola Service e desde 2012 é o Diretor Financeiro e Administrativo da Pensacola.



Natanael Moreira graduou-se em Engenharia de Materiais na Universidade Federal de São Carlos em 1987. Trabalhou na CST Isoladores (Cerâmica Santa Terezinha) e na Porcelanas Industriais Germer de 1993 a 2012. Tem atuado na fabricação de isoladores de alta tensão de porcelana e vidro e em projetos com utilização de RTV Silicone em sistemas de potência desde 2008. Fundou a Pensacola Service em 2012, sendo atualmente o Diretor Técnico Comercial da Empresa. Já participou em mais de 40 projetos de aplicação de RTV em subestações de 69 a 500 kV e em linhas de média e alta tensão de 13,8 a 500 kV e em sistemas de CC de 600 a 800 kV, tanto em isoladores de alta tensão como em bobinas núcleo de ar em filtros, compensadores estáticos e bancos de capacitores.

Tabela 1 – Resultado dos ensaios dielétricos

Isolador	Impulso atmosférico		Frequência industrial			
	U50% atm	U50% cn	A seco		Sob Chuva	
			U100%atm	U100%cn	U100%atm	U100%cn
sem RTV	123,1	122,4	80,6	81,5	48,0	48,1
com RTV	146,1	149,8	86,4	87,5	63,8	64,0

U50% - tensão com 50% de probabilidade de descarga
U100% - tensão disruptiva

atm – nas condições atmosféricas na realização do ensaio
cn – nas condições atmosféricas normalizadas

Tabela 2 – Locais no Brasil onde foi aplicado o revestimento RTV

Descrição	Tensão	Localidade	Ano de Aplicação/Reaplicação
Furnas SE	600 kVcc	Foz do Iguaçu PR	2001
Furnas SE	600 kVcc	Ibiúna SP	2001/2
CEMIG LD Fosfertil	138 kV	Uberaba MG	2001
Itaipu Binacional SE	500 kV	Foz de Iguaçu PR	2006
Suzano Mucuri - Cubículos	34,5 kV	Mucuri BA	2007
Eletronuclear SE	500 kV	Angra dos Reis RJ	2007
SIIF Energies - LD	69 kV	Paracatu CE	2008
CHESF SE	500 kV	Campina Grande PB	2010
CHESF SE FTZ	230 kV	Fortaleza CE	2011
CHESF SE FTD	500 kV	Fortaleza CE	2012
Furnas SE Campos	345 kV	Campos dos Goytacazes RJ	2012
Furnas SE Ibiuna	600 kVcc	Ibiúna SP	2012 reaplicação
PIERP	138 kV	Ribeirão Preto SP	2012
Furnas Itumbiara	500 kV	Itumbiara GO	2012
Martifer	69 kV	Icaraí de Amontada CE	2013
Renuka	138 kV	Promissão SP	2013
TDG SE PED	230/500 kV	São Gonçalo do Amarante CE	2013
TDG SE AQD	230 kV	Aquiraz CE	2013
TAESA LT	230 kV	Angelim PE	2013
Fibria	138 kV	Aracruz ES	2014
Furnas SE FOZ	600 kVcc	Foz do Iguaçu PR	2014
Ferroport SE principal	138 kV	São João da Barra RJ	2014
Ferroport LD	13,8 kV	São João da Barra RJ	2015
Ampla LT	138 kV	São João da Barra RJ	2015
Prumo Logística SE	138 kV	São João da Barra RJ	2015
Energen LD	34,5 kV	Barra dos Coqueiros SE	2015
MS Renováveis LD	34,5 kV	Trairi CE	2015
Furnas SE Bandeirantes	500 kV	Aparecida de Goiânia GO	2015
Furnas SE São José	500 kV	Belfort Roxo RJ	2015
Anglo American	34,5 kV	Conceição do Mato Dentro MG	2015
CPFL Renováveis	230 kV	Icaraí de Amontada CE	2015
Ampla LD	34,5 kV	Porto do Açú RJ	2016
Coelce SE	69 kV	Pecém CE	2016
Canexus	138 kV	Aracruz ES	2016
Gerdau Açominas	230 kV	Ouro Branco MG	2016
EDP UTE Pecém	230 kV	São Gonçalo do Amarante CE	2016
Eletronuclear Angra II	500 kV	Angra dos Reis RJ	2016
Omega Energia Delta I	138 kV	Parnaíba PI	2017
Omega Energia Delta II	138 kV	Parnaíba PI	2017
Omega Energia Delta III	500/138 kV	Paulino Neves MA	2017
Omega Energia Delta III	138 kV	Paulino Neves MA	2017
Engie SE Trairi	230 kV	Trairi CE	2018
Engie Bay de Acesso PED	230 kV	Pecém CE	2018
Largo Resources	230 kV	Maracás BA	2018
Queiroz Galvão Bay PED	230 kV	Pecém CE	2018
Omega Energia Delta V	500/138 kV	Paulino Neves MA	2018
Omega Energia Delta VI	138 kV	Paulino Neves MA	2018
Eletronorte SLZ	500 kV	São Luiz MA	2018
CBA	230 kV	Alumínio SP	2018
Ferroport	138 kV	São João da Barra	2018 reaplicação
Belo Monte Energia	500 kV	Altamira PA e Estreito MG	2018