

IMPORTANTE:

Este guia de referência aplica-se a reparo de transformadores em geral e não se destina a transmitir informações de segurança. Consulte o guia original de Operação e Manutenção do fabricante de cada transformador antes de iniciar o processo de reforma. Cada instalação pode exigir passos adicionais. O cumprimento rigoroso dos passos listados, ou passos adicionais não listados, podem ser indicados pelos registros históricos, resultados de testes, recomendações do fabricante e instalador, requisitos de códigos aplicáveis, inspeções de campo ou outras práticas de operação e manutenção industrial. Todos os códigos e procedimentos de segurança aplicáveis devem ser seguidos.

INTRODUÇÃO

O fluido Envirotemp™ FR3™ é um refrigerante dielétrico à base de éster natural formulado para uso em transformadores de distribuição e potência. O fluido Envirotemp FR3 pode ser aplicado em transformadores novos, equipamentos de manobra, fontes de alimentação e outras aplicações especiais. O fluido Envirotemp FR3 também pode ser usado no reenchimento de transformadores existentes. Esse guia não trata se o fluido FR3 é adequado a uma dada aplicação, esta responsabilidade é dos usuários e de seus fornecedores de equipamentos.

Os principais fatores para a crescente demanda do fluido Envirotemp FR3 são: melhor desempenho e aumento da vida útil do isolamento, alta sustentabilidade (>95% derivado de produtos naturais), geração negativa de carbono, não tóxico, fácil biodegradabilidade e segurança contra fogo. Apesar do fluido Envirotemp FR3 ser miscível e compatível com o óleo mineral de transformador, é importante que o fluido seja mantido o mais próximo possível do seu estado original, para evitar o decréscimo da qualidade de qualquer uma das propriedades acima.

A estrutura química dos ésteres naturais é diferente do óleo mineral. Portanto, certas práticas utilizadas para óleos minerais podem não ser apropriadas no reparo de transformadores ou outros equipamentos imersos em fluido Envirotemp FR3.

Este guia descreve os cuidados e processos necessários no reparo, em oficina ou campo, de transformadores enchidos com fluido Envirotemp FR3. O atendimento às informações deste guia ajuda a assegurar que a qualidade do fluido permaneça na melhor condição e a evitar danos aos equipamentos.

Para informações adicionais, favor consultar os seguintes documentos: Informação de Produto (R2000P), Guia de Armazenamento e Manuseio (S10P), Sumário de Testes (R2030P), Guia de Análise Cromatográfica (R2060P) e Fatores A e B do Guia de Cargas para Fluido Envirotemp FR3 e Papel Kraft Isolante Termoestabilizado (R2110).

POLIMERIZAÇÃO DE PELÍCULA FINA

Fluidos à base de éster natural, preferidos em relação ao óleo mineral devido a sua maior segurança contra incêndio e ambiental, além de outros atributos positivos, possui uma estabilidade a oxidação relativamente inferior quando comparado ao óleo mineral. Fatores que influenciam a estabilidade a oxidação do fluido Envirotemp FR3 incluem: temperaturas elevadas, espessura da película, tempo de exposição ao ar, tipo de superfície e exposição aos raios ultravioletas. Superfícies cobertas com películas finas de Envirotemp FR3 são especialmente suscetíveis a oxidação pela exposição ao ar.

O tempo necessário para que o fluido atinja um estado pegajoso ou seco deve ser avaliado e entendido, já que esse será o limite de exposição ao ar durante os processos de drenagem do tanque, retirada da parte ativa, reparo da parte ativa, reparo dos componentes e outras manutenções da unidade. O documento R2080 fornece mais detalhes sobre a oxidação e tempos de exposição de películas finas do fluido Envirotemp FR3.

Para superfícies porosas impregnadas com fluido Envirotemp FR3 (usualmente materiais isolantes a base de celulose), a Cargill recomenda tempo de exposição ao ambiente inferior a 20 dias. Observar que, da mesma forma que materiais impregnados com óleo mineral, a isolamento sólida absorverá umidade quando exposta ao ar. Diferentemente dos conjuntos impregnados com óleo mineral, a secagem com ar quente é um processo inaceitável para secagem ou redução do fator de potência de conjuntos impregnados com fluidos à base de éster natural. A Cargill recomenda aplicar procedimento similar ao do "ensaio de aquecimento" para a secagem dos conjuntos impregnados com fluido Envirotemp FR3. Informações adicionais são descritas nas seções subsequentes deste guia.

AVALIAÇÃO DO TRANSFORMADOR

Este guia trata sobre os procedimentos e cuidados a serem considerados durante o reparo em oficina ou campo, para assegurar que componentes em bom estado não sejam afetados pelo fluido Envirotemp FR3. Este guia não trata dos aspectos técnicos ou procedimentos para a avaliação do escopo de um reparo,

ou mesmo sobre os processos de fabricação de transformadores. Profissionais e empresas capacitadas devem avaliar o equipamento, verificar a adequação dos componentes para as condições desejadas e decidir pela substituição ou não desses componentes.

PROCEDIMENTO DE REPARO

Similar aos materiais impregnados com óleo mineral, os materiais impregnados com fluido Envirotemp™ FR3™ não devem ter exposição prolongada ao ar. Diferentemente dos conjuntos impregnados com óleo mineral, processos de secagem com ar quente é inaceitável para conjuntos impregnados com fluido Envirotemp FR3.

Esse guia recomenda métodos de reparo e secagem que aproveitam as características higroscópicas do fluido FR3 e minimizam a polimerização de películas finas.

Os principais cuidados a serem tomados no reparo de um transformador com fluido Envirotemp FR3 são:

1 – Para superfícies não porosas, limitar a exposição ao ar atmosférico e raios UV a um período máximo de 7 (sete) dias corridos;

2 - Para superfícies porosas, limitar a exposição ao ar atmosférico e raios UV a um período máximo de 20 (vinte) dias corridos;

3 – Não utilizar estufas com circulação de ar quente para secagem de conjuntos impregnados com fluido FR3.

O documento R2080 fornece mais detalhes sobre a oxidação e tempos de exposição de películas finas do fluido Envirotemp FR3.

O uso de estufa com circulação de ar quente para materiais isolantes impregnados com fluido Envirotemp FR3 resultará na polimerização do fluido na superfície do

material isolante. Isto pode tornar a peça impermeável, afetando posteriormente sua impregnação e secagem. Este processo deve ser analisado caso a caso pelo fabricante, quando não houver outra opção disponível. A Cargill recomenda a secagem sob vácuo ou em atmosfera sem oxigênio.

Transformadores de Distribuição

Independente da sua classe de potência e tensão, refere-se aos equipamentos que:

- São transportados montados e enchidos com fluido dielétrico;
- Permitem com que sua parte ativa, montada ou desmontada, seja preservada imersa em tanques reservas com fluido dielétrico.

Transformadores de Potência

Refere-se aos equipamentos que serão desmontados, com drenagem parcial ou total do fluido Envirotemp FR3.

IMPORTANTE:

Diferentemente dos conjuntos impregnados com óleo mineral, a secagem com ar quente é um processo inaceitável para redução de fator de potência de conjuntos impregnados com fluidos à base de éster natural. São recomendados métodos de secagem que não expõe ao ar o isolamento impregnado com fluido Envirotemp FR3. Métodos recomendados incluem estufas tipo “vapor phase” ou procedimentos de secagem “em tanque” que aproveitam as propriedades do fluido FR3 de extrair umidade dos materiais.

GUIA A - PASSOS PARA REPARO EM TRANSFORMADORES DE DISTRIBUIÇÃO COM FLUIDO ENVIROTEMP FR3

Passo	Pontos Importantes	Comentários
1. Seguir todas as precauções de segurança, códigos e regulamentos exigidos.	Seguir recomendações de serviço do fabricante de cada transformador; adicionalmente, seguir todas as precauções de segurança, códigos e regulamentos.	
2. Transporte do equipamento	Todos os equipamentos dessa categoria devem ser transportados com seu corpo principal montado e totalmente imerso no fluido Envirotemp FR3.	Se o equipamento for desmontado e o fluido Envirotemp FR3 drenado de forma parcial ou total, utilizar Guia B para transformadores de potência
3. Transporte de acessórios desmontados	Acessórios transportados separadamente do corpo principal, e que possuam algum residual do fluido Envirotemp FR3, devem ser transportados selados com gás nitrogênio ou lavados com solvente compatível (ex: óleo mineral aquecido entre 60–80°C ou querosene) para remover eventuais películas finas do fluido Envirotemp FR3.	Películas finas do fluido Envirotemp FR3 sobre superfícies metálicas podem se polimerizar facilmente. A remoção de camadas totalmente polimerizadas pode ser difícil, já que apresentam aspecto final semelhante a uma camada de verniz, com propriedades isolantes.
4. Abertura e desmontagem do corpo principal	Após a remoção da tampa e drenagem do fluido Envirotemp FR3 recomenda-se a aspersão de solvente compatível (ex: óleo mineral aquecido entre 60–80°C ou querosene), para remover as películas do fluido Envirotemp FR3 de superfícies metálicas e também, superficialmente, de materiais isolantes.	A aspersão de solvente compatível contribui na remoção de películas finas do fluido Envirotemp FR3 que possam estar depositadas sobre as superfícies dos materiais. Este processo prolonga o período no qual os materiais podem ficar expostos ao ar atmosférico.

5. Preservação de componentes metálicos a serem reaproveitados	Uma vez livres das películas finas do fluido Envirotemp™ FR3™, os cuidados a serem tomados são rigorosamente os mesmos aplicados aos componentes impregnados em óleo mineral: proteger de intempéries, poeira e contaminantes.	Se forem identificados depósitos ou películas do fluido Envirotemp FR3, efetuar limpeza utilizando solventes compatíveis.
6. Preservação de materiais isolantes, enrolamentos e cabeamento isolado com celulose a serem reaproveitados	Os materiais que não serão substituídos durante o reparo do equipamento devem ser preservados através da imersão num tanque com fluido Envirotemp FR3 ou mesmo com óleo mineral isolante. A qualidade do óleo deve ser mantida, especialmente para períodos superiores a 60 dias. O período máximo recomendado para os componentes ficarem expostos ao ar, desde que abrigados dos raios UV e protegidos de fluxos de ventilação, é de 20 dias, sendo ideal minimizar este período. Os componentes que serão reutilizados devem ser limpos e verificados conforme procedimentos de cada fabricante. Se não for possível manter os materiais num tanque, observar o Guia B para transformadores de potência.	Um tanque com fluido Envirotemp FR3 é preferível, considerando que a impregnação dos materiais não será afetada e o tanque não adicionará risco de incêndio a instalação. Se possível, manter o tanque fechado e preenchido com colchão de nitrogênio, para manter a qualidade do fluido. A exposição ao ar atmosférico dos materiais impregnados com fluido Envirotemp FR3 pode provocar aumento do fator de potência do equipamento. Antes de utilizar o fluido Envirotemp FR3 do tanque de preservação em outros transformadores, avalie suas propriedades e, se necessário, faça um tratamento e/ou regeneração. Atentar para a viscosidade, acidez e fator de dissipação do fluido.
7. Fabricação de novos componentes	A fabricação de novos componentes para utilização no reparo do transformador deve seguir os procedimentos de cada fabricante. Os procedimentos de secagem e estabilização dos enrolamentos devem ser realizados integralmente, conforme tecnologia de cada fabricante.	A correta secagem e estabilização dos componentes, antes da montagem do conjunto, são vitais para uma secagem rápida e efetiva da parte ativa. Umidade excessiva num componente pode ocasionar um tempo de secagem excessivamente longo.
8. Secagem da parte ativa em estufa tipo "vapor phase"	A secagem pode ser realizada seguindo os mesmos procedimentos aplicados para partes ativas de transformadores imersos em óleo mineral isolante.	A secagem em ambiente sem oxigênio não polimeriza o fluido Envirotemp FR3, mesmo que sejam atingidas temperaturas mais elevadas. Estufas de "circulação com ar quente" não devem ser utilizadas em componentes impregnados com fluido Envirotemp FR3. Cada fabricante poderá decidir por essa opção se sua experiência e cálculos indicarem que a possível perda de impregnação não afetará o desempenho do transformador.
9. Secagem da parte ativa quando montada no tanque (tanques que suportem vácuo pleno)	A parte ativa deve ser montada no tanque sem passar por procedimento de secagem, porém observando os procedimentos de cada fabricante quanto ao enchimento sob vácuo. Para o aquecimento do óleo, adotar o mesmo procedimento utilizado no ensaio de aquecimento. O procedimento exige um curto-circuito nos terminais de alta tensão e a aplicação de uma corrente reduzida no terminal de baixa tensão (ou vice versa). Minimizar a dissipação de calor para o ambiente fechando radiadores ou mantendo o nível de óleo abaixo da flange superior do radiador, para evitar a circulação de óleo. Neste caso, o espaço restante deve ser preenchido com gás nitrogênio. As perdas geradas devem aquecer o fluido até atingir uma temperatura no topo do óleo entre 105~110°C. Interr omper a aplicação de corrente quando a temperatura for atingida. Remover o fluido ainda aquecido e aplicar vácuo no tanque o mais rápido possível, sem contato com o ar atmosférico. Pode ser necessária a injeção de nitrogênio para remoção do fluido, antes da aplicação de vácuo. Monitorar a saída de água nas bombas de vácuo com saída de condensado ou, se não houver essa separação, monitorar o ponto de orvalho no tanque. Repetir o procedimento de enchimento e avaliar a umidade no fluido Envirotemp FR3.	Repetir o procedimento até se obter o nível de secagem exigido. Caso não seja possível aplicar vácuo pleno no tanque, utilizar Guia B para transformadores de potência. Para a aplicação de vácuo em tanques que não suportem vácuo pleno, pode ser utilizada uma câmara de vácuo.
10. Montagem em campo e comissionamento	Quando os principais componentes forem montados e transportados totalmente imersos no fluido Envirotemp FR3, seguir os mesmos procedimentos de transformadores imersos em óleo mineral isolante. O período sem óleo após remoção do nitrogênio não deve exceder 7 (sete) dias ou o equivalente em horas de exposição quando intercaladas com períodos de preservação sob vácuo (ex: finais de semana ou noites).	Observar os limites de especificação recomendados para o fluido Envirotemp FR3 no momento da energização, conforme: Informação de Produto (R2000P), Guia de Armazenamento e Manuseio (S10P), Sumário de Testes (R2030P), Guia de Análise Cromatográfica (R2060P) e normas aplicáveis.

GUIA B- PASSOS PARA REPARO EM TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA COM FLUIDO ENVIROTEMP FR3

Passo	Pontos Importantes	Comentários
1. Seguir todas as precauções de segurança, códigos e regulamentos exigidos.	Seguir recomendações de serviço do fabricante de cada transformador; adicionalmente, seguir todas as precauções de segurança, códigos e regulamentos.	
2. Transporte de acessórios desmontados	Acessórios transportados separadamente do corpo principal, e que possuam algum residual do fluido Envirotemp™ FR3™, devem ser transportados selados com gás nitrogênio ou lavados com solvente compatível (ex: óleo mineral aquecido entre 60~80°C ou querosene) para remover eventuais películas finas do fluido Envirotemp FR3. Radiadores e trocadores de calor devem ser fechados com flanges cegos, pressurizando a parte interna com pressão manométrica de 0,03 MPa (0,3kgf/cm ²).	Películas finas do fluido Envirotemp FR3 sobre superfícies metálicas podem se polimerizar facilmente. A remoção de camadas totalmente polimerizadas pode ser difícil, já que apresentam aspecto final semelhante a uma camada de verniz, com propriedades isolantes.
3. Transporte do tanque principal, após drenagem do fluido Envirotemp FR3	Após a drenagem do fluido Envirotemp FR3, vedar o tanque principal com flanges cegos e instalar sistema de controle de pressão com gás nitrogênio (mesmo sistema utilizado no transporte de equipamentos novos). Monitorar o consumo do gás nitrogênio e, se necessário, substituir a garrafa.	A exposição ao ar atmosférico dos materiais impregnados com fluido Envirotemp FR3 pode provocar aumento do fator de potência do equipamento e, caso ocorra polimerização total do fluido, formar uma camada impermeável sobre a superfície dos materiais isolantes.
4. Abertura e desmontagem do corpo principal	Após a remoção da tampa e drenagem do fluido Envirotemp FR3 recomenda-se a aspersão de solvente compatível (ex: óleo mineral aquecido entre 60~80°C ou querosene), para remover as películas do fluido FR3 de superfícies metálicas e também, superficialmente, de materiais isolantes.	A aspersão de solvente compatível contribui na remoção de películas finas do fluido Envirotemp FR3 que possam estar depositadas sobre as superfícies dos materiais. Este processo prolonga o período no qual os materiais podem ficar expostos ao ar atmosférico.
5. Preservação de componentes metálicos a serem reaproveitados	Uma vez livres das películas finas do fluido Envirotemp FR3, os cuidados a serem tomados são rigorosamente os mesmos aplicados aos componentes impregnados com óleo mineral: proteger de intempéries, poeira e contaminantes.	Se forem identificados depósitos ou películas do fluido Envirotemp FR3, efetuar limpeza utilizando solventes compatíveis.
6. Preservação de materiais isolantes, enrolamentos e cabeamento isolado com celulose a serem reaproveitados	Os materiais que não serão substituídos durante o reparo do equipamento devem ser preservados através da imersão num tanque com fluido Envirotemp FR3 ou mesmo com óleo mineral isolante. A qualidade do óleo deve ser mantida, especialmente para períodos superiores a 60 dias. Materiais ou componentes de grandes dimensões, caso não haja disponibilidade de tanque, podem ser embalados com bolsas plásticas não permeáveis ao oxigênio ou, como última alternativa, revestidos com filme stretch (filme PVC para embalagem) com sobreposição superior a 50% entre as camadas do filme. Quando não forem utilizados esses procedimentos, o período máximo recomendado para os componentes ficarem expostos ao ar, desde que abrigados dos raios UV e protegidos de fluxos de ventilação, é de 20 dias, sendo ideal minimizar este período. Os componentes que serão reutilizados devem ser limpos e verificados conforme procedimentos de cada fabricante.	A exposição ao ar atmosférico dos materiais impregnados com fluido FR3 pode provocar o aumento do fator de potência do equipamento. Antes de utilizar o fluido Envirotemp FR3 do tanque de preservação em outros transformadores avalie suas propriedades e, se necessário, faça um tratamento e/ou regeneração. Atentar para a viscosidade, acidez e fator de dissipação do fluido.
7. Fabricação de novos componentes	A fabricação de novos componentes para utilização no reparo do transformador deve seguir os procedimentos de cada fabricante. Os procedimentos de secagem e estabilização dos enrolamentos devem ser realizados integralmente, conforme tecnologia de cada fabricante.	A correta secagem e estabilização dos componentes, antes da montagem do conjunto, são vitais para uma secagem rápida e efetiva da parte ativa. Umidade excessiva num componente pode ocasionar um tempo de secagem excessivamente longo.
8. Secagem da parte ativa em estufa tipo "vapor phase"	A secagem pode ser realizada seguindo os mesmos procedimentos aplicados para partes ativas de transformadores imersos em óleo mineral isolante.	A secagem em ambiente sem oxigênio não polimeriza o fluido Envirotemp FR3, ainda que sejam atingidas temperaturas mais elevadas. Estufas de "circulação com ar quente" não devem ser utilizadas em componentes impregnados com fluido Envirotemp FR3. Cada fabricante poderá decidir por essa opção se sua experiência e cálculos indicarem que a possível perda de impregnação não afetará o desempenho do transformador.

<p>9. Secagem da parte ativa quando montada no tanque (tanques que suportem vácuo pleno)</p>	<p>A parte ativa deve ser montada no tanque sem passar por procedimento de secagem, porém observando os procedimentos de cada fabricante quanto ao enchimento sob vácuo.</p> <p>Para o aquecimento do óleo, adotar o mesmo procedimento utilizado no ensaio de aquecimento. O procedimento exige um curto-circuito nos terminais de alta tensão e a aplicação de uma corrente reduzida no terminal de baixa tensão (ou vice versa).</p> <p>Minimizar a dissipação de calor para o ambiente fechando radiadores, bypassando trocadores de calor ou mantendo o nível de óleo abaixo da flange superior do radiador, para evitar a circulação de óleo. Neste caso, o espaço restante deve ser preenchido com gás nitrogênio.</p> <p>As perdas geradas devem aquecer o fluido Envirotemp FR3 até atingir uma temperatura no topo do óleo entre 105~ 110°C. Interromper a aplicação de corrente quando a temperatura for atingida.</p> <p>Remover umidade do fluido Envirotemp FR3 através de um sistema de tratamento de óleo tipo “termovácuo”, mantendo a temperatura do fluido.</p> <p>Manter o tratamento do fluido até que o nível de umidade atinja os níveis desejados.</p>	<p>O fluido Envirotemp™ FR3™ possui ponto de saturação de umidade cerca de 16 vezes maior que o óleo mineral isolante, assim, o fluido Envirotemp FR3 remove muito mais umidade do papel isolante.</p> <p>Um sistema de tratamento tipo termo-vácuo permitirá a extração da umidade do material isolante para fora do transformador.</p> <p>A capacidade do equipamento termo-vácuo pode ser determinante para manter as propriedades do fluido inalteradas. Verificar o conteúdo de umidade, acidez e viscosidade do fluido após o tratamento.</p>
<p>10. Transporte, montagem em campo e comissionamento</p>	<p>Seguir passos 2 e 3 deste guia B para desmontagem e transporte. Os acessórios impregnados com fluido Envirotemp FR3 devem ser transportados selados com gás nitrogênio ou lavados com solvente compatível. Pressurizar o tanque principal com gás nitrogênio e instalar sistema de controle de pressão.</p> <p>Minimizar a entrada de ar atmosférico no interior do tanque durante a montagem em campo. O tempo sem óleo, após a remoção do nitrogênio, não deve exceder 7 dias corridos ou o equivalente em horas de exposição, se for intercalado períodos de preservação sob vácuo (ex: finais de semana ou noites).</p> <p>Após conclusão da montagem, o procedimento de comissionamento deve seguir os mesmos processos aplicados para transformadores imersos em óleo mineral.</p>	<p>Observar os limites de especificação recomendados para o fluido Envirotemp FR3 no momento da energização, conforme: Informação de Produto (R2000P), Guia de Armazenamento e Manuseio (S10P), Sumário de Testes (R2030P) e Guia de Análise Cromatográfica (R2060P) e normas aplicáveis.</p>

