



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

GIA-24
19 a 24 Outubro de 2003
Uberlândia - Minas Gerais

**GRUPO XI
GRUPO DE ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS – GIA**

RECICLAGEM DE TERRA “FULLER” UTILIZADA NA REGENERAÇÃO DE ÓLEO MINERAL ISOLANTE

**Silas B. Gomes Junior* Pedro R. Carpenedo Adair C. Calero Hilton I. da Paixão Jaqueline Prado
COPEL Distribuição S/A**

RESUMO

O século passado foi marcado pela ênfase na industrialização, porém neste limiar de terceiro milênio percebe-se uma nítida atenção voltada para projetos de desenvolvimento sustentáveis, com adoção de práticas ambientalmente corretas.

Atualmente há uma grande quantidade de óleo isolante em uso, proveniente de equipamentos do sistema elétrico. Este óleo tem sido regenerado em planta fixa. Hoje, na Companhia há um considerável número de transformadores com necessidade de regeneração ou substituição do líquido isolante. Para substituição deste, seria necessário, desligar o transformador, sobrecarregando o sistema e interrompendo o fornecimento de energia elétrica aos consumidores, além da utilização de um recurso natural não renovável, então optou-se pelo processo de regeneração “on-line”, onde não é necessário desligar a unidade transformadora. Este processo de regeneração, gera um passivo ambiental, que é a terra “fuller” impregnada com óleo. Foi desenvolvida uma técnica para reciclagem desta terra, podendo a mesma ser reutilizada por várias vezes. Desta forma é reduzido o custo da manutenção, minimizando impactos ambientais.

PALAVRAS-CHAVE

Reciclagem de terra “fuller”. Mecanismo de desenvolvimento limpo. Projeto de desenvolvimento sustentável. Manutenção ambientalmente correta.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é confirmar a viabilidade técnica da regeneração do óleo mineral isolante tanto no aspecto econômico como no ambiental.

O mesmo se subdivide em três tópicos:

- 1- Regeneração de Óleo Mineral Isolante em Planta Fixa;
- 2- Regeneração de Óleo Mineral Isolante em Transformador Energizado;
- 3- Reciclagem do Agente Adsorvente (Terra “Fuller”).

1.0 REGENERAÇÃO DE ÓLEO MINERAL ISOLANTE EM PLANTA FIXA.

1.1 Histórico do Óleo Mineral Isolante

O óleo atualmente utilizado na maioria dos equipamentos elétricos é chamado de óleo mineral isolante, obtido por meio da destilação do petróleo, da fração de 300°C a 400°C. Este óleo mineral vem sendo utilizado como meio isolante e refrigerante desde 1889.

Dependendo do tipo de petróleo utilizado, teremos óleo naftênico, tipo “A”, ainda o mais utilizado, ou óleo parafínico, tipo “B”. Ambos são hidrocarbonetos, ou seja, são principalmente constituídos de átomos de hidrogênio e carbono, cujas moléculas possuem de 19 a 23 átomos de carbono, porém apresentam características diferentes, sendo a cadeia do parafínico linear, enquanto o naftênico apresenta anéis interligados. É importante salientar que não existe um óleo com características puramente naftênica ou parafínica, mas todo óleo utilizado no sistema elétrico apresenta percentuais de aproximadamente 40% a 50% de cada um dos tipos, e aquele que predominar define o tipo de óleo. Existe ainda uma parcela de 8% a 12% de componente aromático, de característica similar ao naftênico, porém apresentando ligações

duplas nos seus anéis. Estes carbonos aromáticos também atuam como antioxidantes naturais do óleo.

Nos equipamentos do sistema elétrico, as principais funções do óleo são:

- Isolamento elétrico;
- Refrigeração;
- Proteção das partes internas;
- Em equipamentos com grande volume de óleo, este também é uma ferramenta para diagnosticar as condições do isolamento sólido, através de ensaios físico-químicos e cromatografia gasosa.

Apesar de todo desenvolvimento tecnológico ocorrido nas últimas décadas, o óleo isolante continua sendo o dielétrico mais utilizado, pois apresenta a melhor relação custo x benefício quando comparado aos demais.

1.2 Envelhecimento do Óleo

O óleo quando está em contato principalmente com umidade, oxigênio, cobre, e na presença de calor, o mesmo se oxida formando através da reação entre hidrocarbonetos instáveis e oxigênio, hidroperóxidos e peróxidos, os quais se acumulam e dão origem a outros produtos como álcoois, aldeídos, cetonas, ésteres, ácidos, sabões metálicos e água.

Estes contaminantes, quando dissolvidos no óleo, após atingirem uma determinada concentração, precipitam-se na forma de sedimento, que se deposita nas partes internas dos equipamentos, impedindo a troca de calor para o ambiente.

O ponto ideal para a regeneração do óleo mineral isolante é quando o processo de oxidação do óleo está na fase inicial de formação de produtos solúveis do envelhecimento, principalmente ácidos.

Por meio do ensaio de índice de neutralização, (o qual verifica a acidez do óleo através da adição de hidróxido de potássio necessária para neutralizar a acidez em uma determinada quantidade de óleo); e o ensaio de tensão interfacial (mede a força necessária para passar um anel de arame de platina pela interface água – óleo), tem-se condição de avaliar o estado do óleo a ser regenerado.

O valor mínimo de tensão interfacial para que o processo de regeneração seja eficazmente otimizado é entre 20 a 25 dynas/cm e índice de neutralização entre 0,10 a 0,20 mg KOH/g (hidróxido de potássio por grama de óleo).

Através da prática tem-se percebido que todo óleo é suscetível à regeneração, no entanto quanto mais deteriorado é o estado do óleo, maior quantidade de agente adsorvente será necessário para remoção dos produtos oriundos de seu envelhecimento.

1.3 Processo Para Regeneração de Óleo em Planta Fixa

Normalmente o óleo é transportado do campo onde é retirado principalmente dos equipamentos de manobra, tais como disjuntores, religadores, chaves comutadoras, e transformadores de distribuição. Este

óleo é transportado através de tambores de 200 litros até a planta fixa.

1.3.1 - Filtragem do óleo com filtro prensa

O óleo é colocado através de filtro prensa em um tanque de 4.000 litros, para decantação de resíduos, partículas em suspensão e água livre. Em seguida o mesmo passa por um processo de filtragem com papel filtro, com capacidade de retenção de partículas de até 3 micras.

Quanto menor a temperatura de filtragem, maior a ação do filtro como desidratante, pois a medida que aumenta a temperatura do óleo, aumenta a solubilidade da água no óleo. Também recomenda-se para um aumento da eficiência da filtragem, com absorção de água que o processo se realize com umidade relativa do ar inferior a 70%.

1.3.2 – Desidratação e desgaseificação com termovácuo

Em seguida ao processo de filtragem com filtro prensa, o óleo passa de um tanque para outro através da termovácuo, onde são retirados os gases e também partículas de até 1 micra, bem como a água dissolvida no óleo. Tem-se evitado a elevação de temperatura para impedir o craqueamento dos hidrocarbonetos do óleo.

Observa-se também pela prática, que um óleo com teor de água de 70 ppm e rigidez dielétrica de 25 Kv, é alterado com apenas uma passada pela termovácuo para 18 ppm e rigidez dielétrica para 47 Kv.

A termovácuo utilizada tem capacidade para processar 2000 litros de óleo por hora.

Utiliza filtros tipo cartucho na entrada com capacidade de retenção de partículas de até 3 micras nominais e após a câmara de vácuo mais um conjunto de oito filtros para reter partículas de até 1 micra nominal.

1.3.3 – Unidade percoladora

O processo de percolação consiste em fazer o óleo passar através de um meio adsorvente neste caso a terra "fuller".

Este é um processo físico que tem por finalidade retirar contaminantes e produtos de oxidação termo oxidativa do óleo.

Foi projetada e construída uma coluna percoladora (ver Figura 1), conforme a necessidade para regeneração em planta fixa, onde a mesma comporta 220 quilos de agente adsorvente (terra "fuller") com granulometria 8/16 mesh. A velocidade de vazão do óleo no sistema de regeneração pode variar de 200 a 400 litros por hora, tomando cuidado para que não haja sobrepressão no sistema.



FIGURA - 1

A avaliação do processo de regeneração e o momento para a substituição da terra "fuller" é verificado através da realização de ensaios físico-químicos no óleo isolante.

Convém salientar que as perdas de óleo no processo são mínimas, ou seja neste caso em torno de 3%. Após a regeneração com terra "fuller", é feita a aditivação com anti-oxidante sintético na concentração de 0,30% (peso/peso), cujo nome comercial é IONOL-CP, também conhecido como DBPC (di-tert butyl-p-cresol), ou simplesmente BHT (butyl hidroxi tolueno). A experiência tem mostrado que a quantidade necessária de terra "fuller" para regenerar determinado volume de óleo é inversamente proporcional ao valor de tensão interfacial do mesmo, ou seja, quanto mais baixa a tensão interfacial, maior será a quantidade de agente adsorvente.

2.0 -REGENERAÇÃO DE ÓLEO MINERAL ISOLANTE EM TRANSFORMADOR ENERGIZADO

2.1- Histórico do Transformador

Os transformadores construídos atualmente diferem muito pouco dos primeiros que foram construídos em 1885 por Deri, Blsthy e Zipernowski, a partir de uma modificação dos chamados geradores secundários construídos por Lucien Gaulard e John D. Gibbs, em 1882 (que eram na verdade transformadores com o núcleo aberto).

Os primeiros transformadores fabricados eram isolados a ar, do tipo aberto (sem tanque). Inicialmente pensou-se não ser necessário isolamento entre os fios, pois as tensões utilizadas eram da ordem de 100 volts, mas as primeiras tentativas práticas apresentaram a necessidade de adotar algum tipo de isolamento.

Inicialmente foram utilizados algodão e juta além de outros tipos de tecidos, cujos resultados se mostraram insatisfatórios, principalmente com o aumento das tensões. Em 1832, Joseph Henry desenvolveu o primeiro sistema isolante, utilizando tiras de uma anágua embebida em verniz. Thomas Edison, em 1879, experimentou cabos subterrâneos isolados com tecido, alcatrão e resina, desenvolvendo posteriormente um isolamento de boa qualidade, composto de tecido, alcatrão, óleo de linhaça e cera de abelha. Em 1887 o professor Elihu Thomson patenteou o primeiro óleo mineral para uso em transformadores, e em 1892 a General Electric construiu o primeiro transformador isolado com óleo mineral, sendo aplicado neste caso óleo mineral lubrificante, buscando permitir o aumento das tensões e potências dos transformadores. Os primeiros transformadores construídos, não fizeram muito sucesso, eram mais caros e corriam o risco de incendiarem.

A partir de 1892 e nos primeiros anos do século XX foram construídos os primeiros transformadores realmente isolados a óleo mineral, obtido a partir de petróleo de base parafínica. Por volta de 1925 em consequência de uma série de avarias decorrentes do congelamento do óleo parafínico em baixas temperaturas (óleo parafínico congela entre - 10 e -15 °C), foi desenvolvido o óleo mineral de base naftênica

que ainda hoje é utilizado, (óleo naftênico congela a temperaturas menores de -39°C).

Ao longo dos anos tem sido feito diversos experimentos com a finalidade de se obter um sistema isolante de melhor qualidade, mas ainda hoje, levando em consideração os itens custo e eficiência, o papel associado ao óleo isolante continua sendo a melhor opção, principalmente com a possibilidade de utilização de óleos de origem parafínica e a possibilidade de regeneração do óleo com o transformador energizado. O transformador de potência é, sem a menor sombra de dúvida o equipamento mais importante e de alto custo em uma subestação, sendo o único equipamento que não pode ser "by-passado".

Por isso deve-se colocar em prática técnicas que permitam estender a vida útil do mesmo, entre elas a regeneração com o transformador energizado.

2.2 - Degradação do Sistema Isolante – Papel x Óleo

2.2.1 - Papel isolante

O papel isolante atualmente utilizado em transformadores é obtido a partir principalmente de coníferas (abetos da região norte da Europa e alguns tipos de pinho), manufaturado através do processo chamado KRAFT (por isso o nome de "papel kraft"), que consiste na prensagem de uma pasta de celulose previamente purificada, sem utilização de aditivos e uma posterior secagem.

Por processo similar são também fabricados os cilindros e demais componentes sólidos do sistema isolante, conhecidos comercialmente como "transformboard" nome comercial dado pela Weidmann, empresa responsável pelo desenvolvimento deste material.

O papel é formado pelo entrelaçamento de fibras de celulose, que são formadas pela união de moléculas de celulose. A resistência mecânica do papel é proporcional ao comprimento das fibras e que pode ser expresso como "grau de polimerização", significando a quantidade de moléculas de glicose existente em média na cadeia polimérica de celulose que forma o papel. A molécula da celulose é complexa e sua fórmula geral é $(C_6H_{12}O_5)_n$.

O papel, quando novo apresenta grau de polimerização na ordem de 1200, ou seja, as fibras são formadas por moléculas de celulose que possuem em média 1200 moléculas de glicose. Estima-se que o papel está com sua vida útil acabada quando o seu grau de polimerização cai abaixo de 200.

O papel kraft é muito poroso, estimando-se que contenha de 80% a 95% de ar. Ele absorve cerca de 10% do volume do óleo colocado no transformador.

É importante destacar que o envelhecimento do papel altera suas características de suportabilidade mecânica, pouco alterando suas características elétricas, ou seja, um papel envelhecido apresenta resultados completamente normais quando submetido a ensaio elétrico, tais como fator de potência e rigidez dielétrica. Mesmo uma inspeção visual dificilmente identificará a degradação do papel, porém uma

solicitação mecânica mais intensa, como a provocada por um curto circuito, ou mesmo o esforço devido ao funcionamento normal, pode causar a ruptura do papel e a conseqüente perda de suportabilidade a solicitação elétrica, levando o transformador a uma falha catastrófica.

O procedimento normalmente utilizado para detectar o grau de polimerização é através da medida da viscosidade específica de uma solução de papel em etilenodiamina cúprica. Com estas medidas, a viscosidade intrínseca da solução é deduzida e a partir daí, o grau de polimerização é facilmente calculado.

2.2.2 - Óleo isolante

As funções principais do óleo em transformadores são:

- Isolamento elétrico;
- Agente de resfriamento da parte ativa;
- Proteção ao papel isolante;
- Ferramenta para diagnóstico do isolante sólido (papel).

Durante operação do transformador, o óleo sofre mudanças consideráveis nas suas propriedades físicas, químicas e elétricas.

As conseqüências mais relevantes em virtude do envelhecimento do óleo, são:

- Diminuição das características isolantes do óleo;
- Aceleração do processo de deterioração da celulose, diminuindo seu grau de polimerização;
- Formação de sedimento (material que se deposita sobre a isolação sólida, núcleo e paredes do tanque, dificultando a transferência de calor).

O principal fator de envelhecimento do sistema isolante em um transformador está diretamente ligado ao aumento de temperatura. O calor gerado no interior das bobinas associado a umidade (água) são agentes aceleradores de deterioração do sistema isolante (óleo/papel).

A experiência tem mostrado que transformadores que operam em regime constante de sobrecarga, tem a vida útil de seu sistema isolante diminuída.

Através de ensaios físico-químicos realizados no óleo mineral isolante, procura-se detectar em que estágio de degradação o mesmo se encontra. Uma vez constatado um moderado estado de oxidação do óleo, torna-se necessário a regeneração do mesmo.

2.3 – Histórico da Regeneração

O procedimento anteriormente adotado pela manutenção quando da intervenção no isolamento líquido do transformador, era desligar a unidade transformadora, para a substituição do óleo. Este procedimento acarretava uma série de transtornos, pois havia desligamento temporário dos consumidores para remanejamento de carga, o sistema elétrico ficava sobrecarregado, custo de transporte do óleo a ser substituído, grande tempo necessário para realização do serviço pela equipe, acarretando elevado custo de manutenção. Este procedimento também gerava um passivo ambiental (óleo mineral isolante), que normalmente era incinerado, produzindo considerável prejuízo ao meio ambiente.

A partir destes fatos e levando em consideração o número de transformadores com a necessidade de troca ou regeneração do óleo mineral isolante, optou-se pela regeneração com o transformador energizado. Foi projetada e construída uma unidade móvel de regeneração de óleo mineral isolante. Basicamente a unidade móvel consiste de duas percoladoras com capacidade de 150 quilos de agente adsorvente cada uma, filtro para retenção de partículas, filtro desidratador e o conjunto moto-bomba (ver Figura 2).

O processo consiste na passagem do óleo mineral isolante através do material adsorvente.

O primeiro passo é impregnar a terra "fuller" encher as mangueiras

com óleo mineral. Especial cuidado deve ser tomado para que bolhas de ar sejam retiradas do circuito da percoladora e mangueiras.

A mangueira de entrada de óleo da percoladora, é conectada à válvula inferior do transformador, e a mangueira de saída da percoladora é conectada a válvula superior do transformador ao lado oposto à válvula de entrada.

É importante salientar, uma vez que a unidade regeneradora é colocada em operação, a mesma opera de forma totalmente desassistida.

Através do ensaio de tensão interfacial e índice de neutralização no óleo coletado na entrada e saída da unidade percoladora, verifica-se a eficiência do processo e o momento ideal para substituir o agente adsorvente.

Para exemplificar citamos um transformador de tensão primária 138 KV e potência de 41670 KVA com um volume de óleo de 22270 litros, ver Figura 3,.



FIGURA - 2



FIGURA 3 - Transformador 138 KV Energizado

Este transformador necessitava de substituição ou regeneração do óleo mineral isolante, devido ao estágio de oxidação que o mesmo se encontrava. Este óleo estava nas condições limites para ser regenerado, pois com valores abaixo de 20 dynas/cm, inicia-se o processo de sedimentação.

O sedimento formado deposita-se nas partes mais frias e também na parte ativa do transformador dificultando a transferência de calor para o ambiente.

Com a regeneração do óleo, podemos afirmar com convicção que há uma extensão da vida útil do transformador por no mínimo mais 10 anos, sem alteração do sistema de isolamento (óleo/papel). Entra tabela 1.

TABELA 1 – RESULTADOS DOS ENSAIOS FÍSICO - QUÍMICOS NO ÓLEO ISOLANTE-TRANSFORMADOR 138 KV 16,25MVA - ANO DE FABRICAÇÃO - 1962

Ensaio/ Norma/ Unidade	Antes de Regenerar	Após Regeneração e Aditivação	Ensaio 1 Ano Após Manut.
Cor MB 351	3,50	L2,5	L2,5
Índice de Neutralização MB101 (mg KOH/g.óleo)	0,10	0,01	0,02
Tensão Interfacial NBR 6234 (dina/cm)	17	35,8	33,40
Fator de Potência 100° C NBR 12133(%)	6,80	0,28	2
Teor de Água NBR 10710 (ppm m/m)	39	20	33
Rigidez Dielétrica NBR 6869 (KV)	41	48	36
2 Furfuraldeído (ppm m/m)	7	8,50	8,50
Teor de DBPC NBR 12134 (m/m)	0,03	0,27	0,25

3.0 RECICLAGEM DO AGENTE ADSORVENTE (TERRA "FULLER")

3.1 – Constituição da Terra "Fuller"

Os adsorventes mais eficientes no tratamento de óleo mineral isolante são: argilas dos grupos mineralógicas da montmorilonita e da atapulgita, a bauxita ativada e carvão ativado.

O grupo da montmorilonita apresenta duas camadas tetraédricas com uma octaédrica intercalada, isto é, do tipo 2:1. A equidistância entre os folhetos varia de 10 a 14,2 Angstrom, devido a possibilidade de absorção de água entre eles, ao passo que a perda de umidade faz voltar para 10 Angstrom. Esta característica de expansibilidade aumenta sua superfície ativa e faz com que possua elevada capacidade de adsorção de bases. Montmorilonita é um silicato de alumínio hidratado de estrutura lamelar, $5 \text{ Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{MgO} \cdot 25 \text{ SiO}_2 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}(\text{NaO}, \text{CaO})$.

Há um grupo de argilas de estrutura fibrosa, representado pela atapulgita, com equidistância entre folhetos de 10,5 Angstrom, com capacidade de adsorção um pouco menor do que a da montmorilonita. Atapulgitita é um silicato de magnésio hidratado, com estruturas fibrosas, $\text{Mg}_5 \text{ Si}_8 \text{ O}_{20} (\text{OH}) \cdot 8 \text{ H}_2\text{O}$.

A argila do grupo da caulinita, de constituição mais simples, possui capacidade de adsorção de bases

muito reduzida, por ser apenas periférica e pela expansibilidade nula.

Os principais elementos encontrados na composição da terra "fuller" ricas em:

	Atapulgitita(%)	Montmorilonita (%)
Óxido de Silício (SiO_2)	53,42	50,60
Óxido de Alumínio (Al_2O_3)	10,06	17,28
Óxido de Ferro (Fe_2O_3)	3,58	2,38
Óxido de Magnésio (MgO)	9,18	3,71
Óxido de Titânio (TiO_2)	0,52	0,02
Óxido de Cálcio (CaO)	1,29	2,45
Óxido de Potássio (K_2O)	0,64	0,25
Pentóxido de Fósforo (P_2O_5)	0,12	---
Água (H_2O)	11,83	7,41

O processo de adsorção, que consiste na incorporação de uma substância à superfície de outra, é uma característica inerente da terra "fuller", onde os contaminantes presentes no óleo isolante ao entrarem em contato com a terra são por ela atraídos.

A terra "fuller" utilizada neste processo de regeneração pertence a classe das argilas ricas em atapulgita que é originária da Georgia e Flórida, nos Estados Unidos da América.

De todos os processos de regeneração existentes este é o que tem apresentado maior eficiência para regenerar óleo em transformadores energizados, devido a capacidade peculiar desta argila de adsorver os compostos polares e melhorar a cor do óleo.

A temperatura em que a terra "fuller" é ativada está entre 430°C a 542°C. Este processo de ativação permite um aumento na porosidade da argila com o conseqüente aumento de área, proporcionando uma eficiente capacidade de adsorção.

3.2 – Processo de Descontaminação da Terra "Fuller"

Tendo em vista que a terra "fuller" após saturada está impregnada com óleo mineral isolante, e este é um produto derivado de petróleo, cuja fonte é de energia não renovável e altamente poluidora. Portanto a terra "fuller" impregnada com óleo é um passivo ambiental classificado como resíduo tóxico, classe 1, altamente prejudicial ao meio ambiente, devendo ser acondicionado em aterro industrial.

O óleo quando descartado no solo, infiltra no subsolo contaminando um recurso natural extremamente importante que é a água subterrânea. Por ser mais denso que a água o óleo forma uma película sobre a sua superfície, dificultando a passagem do ar e da luz, que são indispensáveis para a realização da respiração e da fotossíntese.

Com atenção voltada para conscientização ambiental, pensou-se em desenvolver um projeto de descontaminação da terra "fuller" que fosse prático, simples, eficiente e de desenvolvimento sustentável.

Este projeto consiste primeiramente em retirar todo excesso de óleo da terra "fuller" através da gravidade, onde a coluna percoladora é erguida e o óleo flui para dentro de um recipiente apropriado.

Após esta etapa, a terra é colocada em um recipiente e em seguida adiciona-se água até cobrir a camada de terra "fuller" (veja Figura 4).



FIGURA - 4

Esta mistura água / terra "fuller" é aquecida para facilitar a desimpregnação de óleo da terra "fuller". Como a densidade da água é maior que a densidade do óleo, a tendência do óleo é ir para a superfície. Em seguida o óleo que está na superfície é direcionado a um recipiente próprio para este fim conforme Figura 5.



FIGURA - 5

Este processo continua até atingirmos um grau de limpeza da terra "fuller", onde ela pode ser novamente utilizada (ver Figura 6).



FIGURA - 6

O óleo isolante retirado através deste processo, está altamente contaminado, sendo que o mesmo não apresenta condições de regeneração. Este óleo é entregue a uma empresa de refinamento com autorização da ANP nº 1 (Agência Nacional do Petróleo).

4.0 CONCLUSÃO

A finalidade principal do trabalho é mostrar que há possibilidade de realizar uma manutenção eficaz sem prejudicar o meio ambiente. Neste caso apresentado, não há geração de resíduos no processo de reciclagem da terra "fuller", uma vez que a água é reutilizada.

O óleo mineral isolante regenerado com o agente adsorvente reciclado e inibido na concentração de 0,3%p/p com DBPC, apresenta características correspondentes a de um óleo novo, exceto a cor conforme a tabela 2.

TABELA 2 – VALORES COMPARATIVOS DE ÓLEO REGENERADO

Ensaio	Norma	Terra "Fuller" Virgem	Terra "Fuller" Reciclada
Índice de Neutralização mgKOH/g.óleo	MB101	0,01	0,01
Teor de Água ppm m/m	MBR10710	12	12
Fator de Potência 100°C (%)	NBR12133	0,50	1
Cor	ASTM-D1500/91	L 1,5	L 2
Densidade a 20°C (g/ml)	ASTM-D4052/96	0,8757	0,8757
Rigidez Dielétrica KV	NBR 6869	50	50
Tensão Interfacial (dina/cm)	NBR 6234	40	36

A regeneração de óleo mineral isolante é uma atividade bem sucedida, principalmente levando em consideração o grande volume de óleo a ser regenerado.

A regeneração de óleo mineral isolante certamente minimiza impactos ambientais, visto que a exploração de petróleo é uma atividade altamente poluidora, e a queima de combustíveis fósseis aparece nos levantamentos científicos como a segunda geradora de emissões de dióxido de carbono (CO₂), um dos causadores do efeito estufa, logo atrás do desmatamento.

Com a reciclagem da terra "fuller", novamente a natureza sai ganhando, pois este passivo ambiental teria que ser acondicionado em aterros industriais, ocupando um considerável espaço para esta finalidade.

Finalmente, concluímos que a conscientização ambiental é uma responsabilidade de todos, e o uso de tecnologia limpa é imprescindível para que haja uma progressiva harmonia entre desenvolvimento industrial e preservação da natureza.

5.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Milasch, Milan - Manutenção de Transformadores em Líquido Isolante, Volume 1, 5ª Reimpressão, 1998.
- (2) Myers, S.D., Kelly, J. e Horning, M. - Transformer Maintenance, 2ª Edition, Ano-2001.
- (3) Silveira, Murilo - Tratamento de Transformadores de Potência e Regeneração do Óleo Mineral Isolante, Centro de Desenvolvimento - COPEL, agosto de 1997.
- (4) Shakhnovich, M.I e Lipshtein, R.A. - Transformer Oil, 2ª Edition, Ano-1970.
- (5) NBR 10576 / 88 - Guia para acompanhamento de óleo mineral isolante de equipamentos elétricos.
- (6) Encyclopaedia Britannica do Brasil - Enciclopédia Mirador Internacional - 20 Volume, 1986.