



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

CB/GTM/25

22 a 25 de outubro de 2017  
Curitiba - PR

**GRUPO -XIII**

**GRUPO DE ESTUDO DE TRANSFORMADORES, REATORES, MATERIAIS E TECNOLOGIAS EMERGENTES-  
GTM**

**CONFIRMAÇÃO DA EFICÁCIA DO ENSAIO DE RESPOSTA DO DIELÉTRICO DE TRANSFORMADORES DE  
POTÊNCIA E BUCHAS CAPACITIVAS COMO TÉCNICA DE MANUTENÇÃO PREDITIVA**

**Hugo Rafael F. Negrão (\*)**  
Eletronorte/UFPA

**Fernando de S. Brasil**  
Eletronorte

**Bárbara M. Campos**  
Eletronorte

**Maria Emília de L. Tostes**  
UFPA

**Jorge Augusto S. Tostes**  
Eletronorte

**Paulo Roberto M. de Vilhena**  
Eletronorte

**Mário Delozano R. Pereira**  
Eletronorte

**RESUMO**

A umidade desempenha um papel crucial no estado do dielétrico de equipamentos de alta tensão, visto que ela pode acelerar o processo de envelhecimento da isolamento, por conseguinte comprometendo assim todo o equipamento.

O presente trabalho aborda algumas das principais técnicas utilizadas na Eletrobras Eletronorte, para avaliação da qualidade da celulose e óleo isolante. As considerações teóricas são acompanhadas pela apresentação de dois estudos de caso em transformador de potência e bucha capacitiva, onde são abordados resultados de ensaios de Resposta do Dielétrico em conjunto a outros ensaios de rotina realizados nesta empresa.

**PALAVRAS-CHAVE**

Testes e Ensaios, Resposta do Dielétrico, Umidade, Manutenção Preditiva, Subestação

**1.0 - INTRODUÇÃO**

Diante das necessidades do sistema elétrico, as atividades de manutenção tendem a migrar da manutenção preventiva para a manutenção preditiva. Nesse sentido, técnicas como o monitoramento das condições de operação dos equipamentos, seu diagnóstico preditivo e a manutenção centrada na confiabilidade contribuem fortemente na elaboração de programas de manutenção, capazes de melhorar o desempenho e estender a vida útil dos equipamentos assim geridos.

As condições de umidade do isolamento de transformadores e buchas são um fator essencial no que se trata de vida útil e bom funcionamento do equipamento, visto que a mesma ocasiona efeitos nocivos na integridade do dielétrico, principalmente no que tange ao envelhecimento acelerado. Todavia, mensurar a quantidade de umidade presente no isolamento através de amostras de papel do isolamento, não é prático para o ponto de vista do setor elétrico. Logo, os métodos de ensaios de análise de resposta dielétrica que visam medir os efeitos da umidade nas propriedades elétricas do isolamento têm se tornado um grande aliado da manutenção preditiva. Este trabalho discute as técnicas não-invasivas para aferição de umidade no dielétrico de equipamentos de alta tensão mais utilizadas na Eletrobras Eletronorte: Espectroscopia no Domínio da Frequência e Corrente de Polarização e Despolarização. O artigo aborda dois estudos de caso envolvendo bucha papel impregnando em resina, do inglês "resin impregnated paper" (RIP), além de transformador de potência.

**2.0 - TÉCNICAS DE MEDIÇÃO**

Atualmente, os métodos elétricos disponíveis no mercado para avaliação de umidade do dielétrico de equipamentos de subestação podem operar no domínio do tempo ou frequência, é o caso do método de correntes de polarização e despolarização (Polarization and Depolarization Currents, PDC) e espectroscopia no domínio da frequência (Frequency Domain Spectroscopy, FDS), respectivamente. O método PDC basicamente afere as correntes de polarização e despolarização do dielétrico como função do tempo, enquanto que o método FDS mede capacitância,  $C$ , e fator de perdas,  $\tan \delta$ , como função da frequência [1].

(\*) Travessa Joaquim Távora, n° 351 – Cidade Velha – CEP 66020-340 Belém, PA, – Brasil  
Tel: (+55 91) 98912-2269 – Email: hugo\_rfn@hotmail.com

### 2.1 CORRENTES DE POLARIZAÇÃO E DESPOLARIZAÇÃO (PDC)

O diagnóstico no domínio do tempo compreende principalmente o método de correntes de polarização e despolarização. Inicialmente, a memória dielétrica do objeto a ser ensaiado deve ser descarregada, então, aplica-se um degrau de tensão  $U_0$ , este deve ser livre de qualquer ripple ou ruído, no tempo  $t_0 = 0$ . Durante o tempo de aplicação de tensão, a corrente  $i_{pol}(t)$  é medida, a qual advém do processo de polarização com diferentes constantes de tempo correspondentes a diferentes materiais isolantes e à condutividade do objeto em teste. A tensão é então removida no instante  $t_c$  e o equipamento é curto-circuitado imediatamente, possibilitando assim a aferição da corrente de despolarização. A Figura 1 representa os fenômenos de correntes de polarização e despolarização [2].

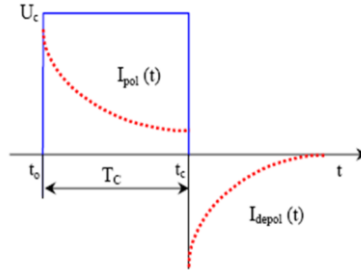


FIGURA 1: Correntes de Polarização e Despolarização (retirado de [2])

O diagnóstico PDC é um método não-destrutivo capaz de fornecer informações confiáveis sobre o estado do dielétrico de equipamentos de alta tensão, tanto sobre o teor de umidade da isolação sólida como as condutividades do óleo e papel. Além disso, fornece um diagnóstico muito rápido e preciso em baixas frequências [2].

### 2.2 ESPECTROSCOPIA NO DOMÍNIO DA FREQUÊNCIA (FDS)

A espectroscopia no domínio da frequência é um outro método para o estudo do fenômeno de polarização. Trata-se de um teste ac, onde se mede o fator de perdas ( $\tan \delta$ ) e capacitância complexa dos componentes do dielétrico em função da frequência [3]. Geralmente, o FDS opera na banda de 1 mHz a 1 kHz, isto é, a medição ocorre em uma faixa de frequências [2]. Energiza-se o dielétrico com tensão senoidal e mede-se a corrente que passa por ele, a impedância é então calculada:

$$Z^*(\omega) = \frac{U^*(\omega)}{I^*(\omega)} \quad (1)$$

Assumindo que o objeto ensaiado pode ser representado por uma capacitância complexa, têm-se:

$$I^*(\omega) = j\omega C^*(\omega) \cdot U^*(\omega) \quad (2)$$

$$C^*(\omega) = C'(\omega) - jC''(\omega) \quad (3)$$

$C'$  e  $C''$  representam a capacitância complexa, onde a parte real indica a componente capacitiva e a imaginária, as perdas da isolação [4]. Pode-se também relacionar capacitância com permissividade complexa  $\epsilon^*$ :

$$\epsilon^*(\omega) = \epsilon'(\omega) - j\epsilon''(\omega) = \frac{C^*(\omega)}{C_0} \quad (4)$$

Onde  $C_0$  é a capacitância geométrica do dielétrico. Finalmente, calcula-se o fator de perdas por:

$$\tan \delta = \frac{\epsilon''(\omega)}{\epsilon'(\omega)} = \frac{C''(\omega)}{C'(\omega)} \quad (5)$$

### 2.3 PDC & FDS

Quando combinados, os testes PDC e FDS reduzem significativamente o tempo de ensaio se comparadas às duas técnicas executadas separadamente, visto que as medidas no domínio do tempo podem ser realizadas em curto tempo, mas são limitadas a escalas baixas de frequências, geralmente abaixo de 1 Hz. Em contraste, o FDS é melhor aplicável para frequências mais altas, pois consome muito tempo quando realizado em baixas frequências. [5]

O instrumento utilizado nos ensaios para este artigo concorda os dois métodos para o ensaio de resposta do dielétrico, aquisitando assim os dados no domínio da frequência em uma faixa de 5 kHz a 0,1 Hz, enquanto que do domínio do tempo de 0,1 Hz a 100  $\mu$ Hz [5]. Essa instrumentação também transforma os dados no domínio do tempo para frequência para análises mais profundas. A Figura 2 mostra a forma de combinação dos dois ensaios.

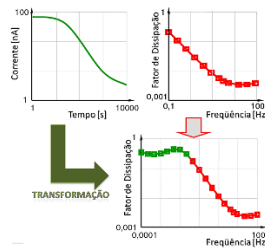


FIGURA 2: Combinação dos métodos PDC e FDS (retirado de [5])

A ensaio de resposta do dielétrico pode reduzir o tempo de duração de uma medida para 25% do tempo de medida original quando comparado ao método FDS, como mostrado na Figura 3. Por exemplo, os dados com medidas de 1 kHz para valores inferiores a 0,1 mHz tipicamente necessitam de cerca de 11 horas para uma medida no domínio frequência, mas com a aplicação do procedimento e equipamento proposto, essa medida dura menos de 3 horas. Os resultados da medida de corrente de polarização e despolarização levará 5,5 h para serem obtidas para o range de 1 s até 10000 s, o que corresponde a 1 Hz a 0,1 mHz. [5]

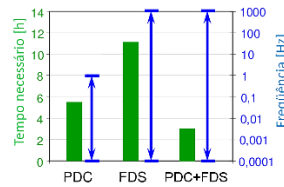


FIGURA 3: Duração do ensaio para diferentes escalas de frequência (adaptado de [5])

### 3.0 - ESTRUTURA DO DIELÉTRICO E CONEXÕES

#### 3.1 TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA

A figura 4 demonstra a isolamento elétrico de um transformador de potência. No ensaio de resposta do dielétrico, o instrumento aplica tensão no enrolamento de alta tensão, logo, uma corrente flui no sentido do enrolamento de baixa tensão, voltando assim para o instrumento, como indicado na Figura 5. O instrumento faz aquisição de condutividade do óleo e celulose, e do efeito de polarização interfacial, os quais dependem da geometria e composição do dielétrico. [6]

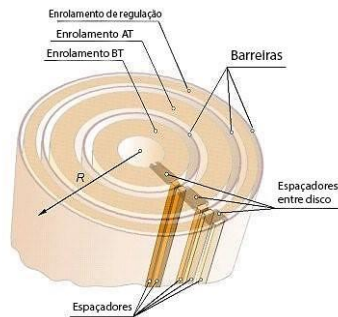


FIGURA 4: Isolação de um transformador de potência (retirado de [6])

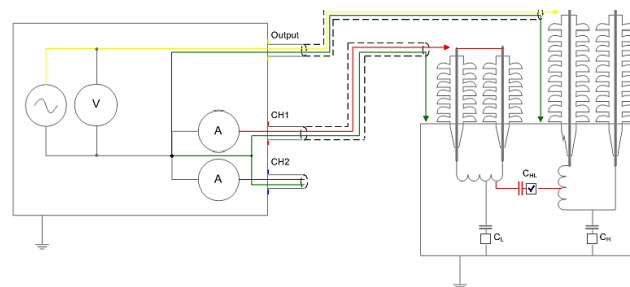


FIGURA 5: Esquema de conexões para ensaio em transformador de dois enrolamentos

#### 3.2 BUCHAS RIP

As buchas papel impregnando em resina, do inglês “resin impregnated paper” (RIP), são feitas de um núcleo impregnado de resina. O núcleo é envolto em um isolador de porcelana ou silício para uma construção completamente seca. As descargas parciais raramente ocorrem para buchas RIP, mas elas podem causar um aumento da capacitância [7]. A Figura 6 apresenta um diagrama de construção de buchas, onde é possível visualizar as várias capacitâncias provenientes do papel enrolado ao redor do condutor central. A Figura 7 apresenta o diagrama para conexões do circuito.

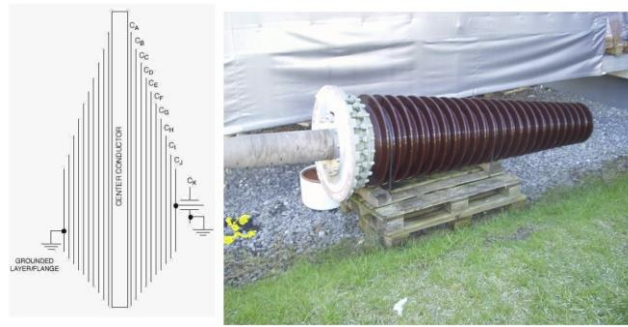


FIGURA 6: Dielétrico de uma bucha RIP à esquerda e exemplo de bucha RIP à direita (retirado de 7)

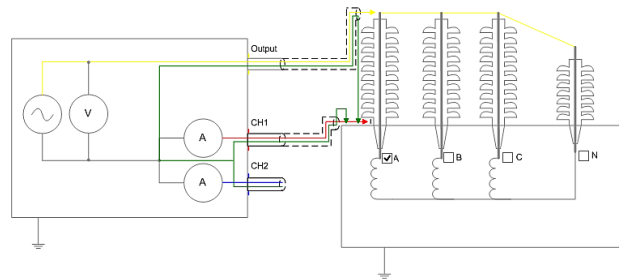


FIGURA 7: Esquema de conexões para ensaio em bucha

#### 4.0 - ANÁLISE DA RESPOSTA DIELÉTRICA

A umidade influencia diretamente na aferição de grandezas dielétricas, tanto em baixas como altas frequências, como é o caso de: fator de perdas, capacitância e correntes de polarização e despolarização. É sabido que ao se variar a frequência, o fator de perdas apresenta um gráfico em formato de 'S' como mostrado na Figura 8. [6]

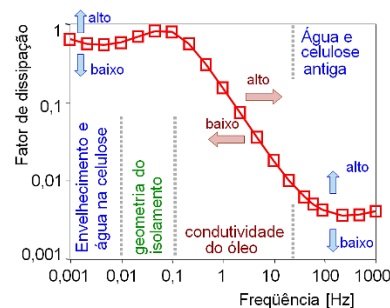


FIGURA 8: Interpretação dielétrica da curva de resposta na frequência (retirado de [6])

A partir da Figura 8, observa-se que a parte do gráfico referentes aos menores valores de frequência, correspondem às condições e propriedades do isolamento sólido do objeto teste. Antes do decaimento contínuo do fator de dissipação são registradas as condições da geometria do isolamento. Essas condições determinam uma elevação à esquerda do registro da condutividade do óleo. A parte central do gráfico, onde há uma rápida variação de valores (rampa para baixo), refere-se à condutividade do óleo. [6]

#### 5.0 - MODELO PARA DETERMINAÇÃO DA UMIDADE

A determinação da umidade baseia-se numa comparação da resposta dielétrica obtida no ensaio com modelos de resposta dielétrica padrão localizadas em um banco de dados do instrumento responsável pelo teste. O banco de dados já mencionado, constitui-se de medições em várias temperaturas, conteúdos de umidade e óleos utilizados para impregnação. Finalmente, o gráfico de saída é rearranjado por meio de um algoritmo. [6]

Inicialmente, a temperatura do isolamento  $T$ , proveniente da resposta dielétrica  $C(f)$  é adquirida, onde então pode-se calcular a permissividade. Para modelagem, é utilizado o modelo XY (Figura 9), este combina valores de permissividade do papel  $\epsilon_{PB}(f)$  com a permissividade complexa  $\epsilon_{Oil}(f)$  (referente ao óleo). Logo, têm-se o cálculo para a resposta dielétrica do isolamento linear e multicamada, onde X se refere aos valores relativos a barras no óleo e Y aos valores relativos aos espaçadores no óleo. [6]

O modelo obtido através das permissividades é então convertido para um modelo capacitivo  $C_m(f)$  e posteriormente comparado com a resposta dielétrica obtida  $C(f)$ . Através deste modelo capacitivo, é possível

então mostrar a umidade contida na celulose e a condutibilidade do óleo. O algoritmo mencionado é demonstrado na Figura 9.

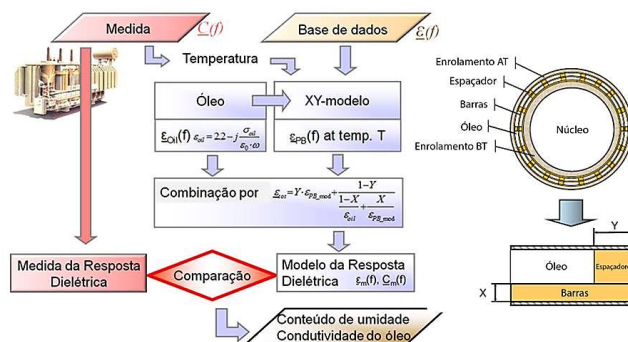


FIGURA 9: Fluxograma do algoritmo à esquerda e representação do isolamento em transformador pelo modelo XY à direita (retirado de 6)

## 6.0 - ESTUDOS DE CASO

### 6.1 TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA

Este estudo de caso aborda um transformador monofásico 13,8/138 kV, sinistrado, pertencente à uma das máquinas da UHE – Coaracy Nunes, Amapá. O ensaio de resposta do dielétrico foi realizado antes e após uma manutenção no equipamento, a fim de se identificar as condições do equipamento inicialmente, bem como quão sucedida havia sido a manutenção. A manutenção foi realizada, o que incluiu retirada do óleo para tratamento, uso de bomba de vácuo na estrutura interna do transformador e passagem de corrente no núcleo do mesmo, propiciando certa expulsão de umidade. Serão apresentados os resultados dos ensaios antes e após a manutenção ocorrida no transformador.

#### 6.1.1 ENSAIO ANTERIOR À MANUTENÇÃO

A Figura 10 apresenta o resultado do ensaio de análise de resposta do dielétrico para o isolamento CHL (capacitância entre os terminais de alta tensão e baixa tensão) do transformador em questão.

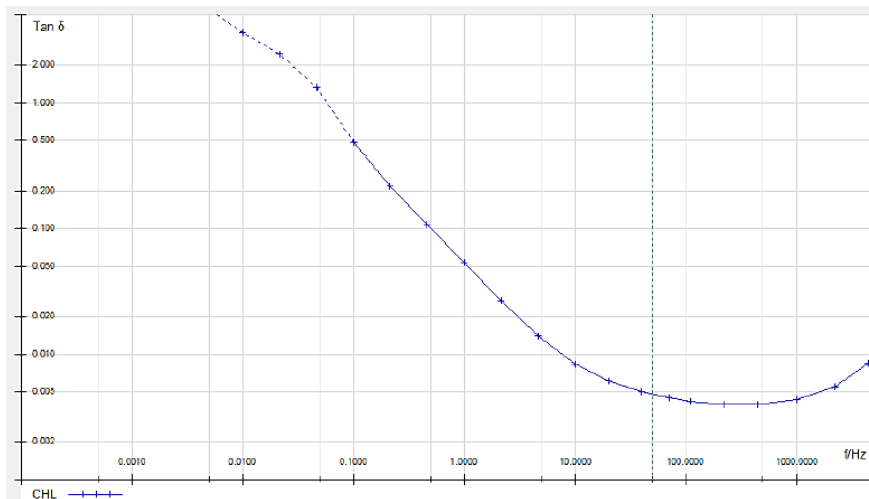


FIGURA 10: Resultado do ensaio de análise de resposta do dielétrico para o isolamento CHL do transformador antes da manutenção

A curva apresenta forma relativamente linear, conforme esperado. Quanto ao diagnóstico do ensaio de análise de resposta do dielétrico do isolamento CHL do transformador, o resultado é apresentado na Figura 11.

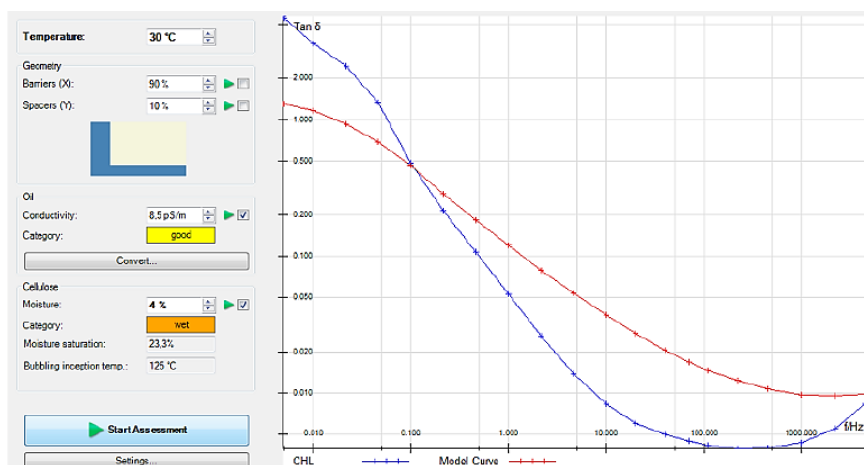


FIGURA 11: Diagnóstico do ensaio de análise de resposta do dielétrico do transformador antes da manutenção

Os resultados mostram que a curva do transformador obtidas pelo algoritmo do software do instrumento e a curva modelo (em vermelho) não ficaram próximas. O algoritmo calculou o teor de umidade no papel, obtendo o valor de 4,0 %. Tal valor está acima dos limites normais, o que fornece a avaliação de que o mesmo se encontra úmido (wet). Isto significa que para cada 100 kg de papel no núcleo do transformador há 4 kg de água. O algoritmo também calculou a condutividade do óleo isolante para o transformador 8,5 pS/m, fornecendo a avaliação de bom (good), indicando que o óleo isolante apresenta-se com teor de umidade aceitável.

#### 6.1.2 ENSAIO POSTERIOR À MANUTENÇÃO

A Figura 12, abaixo, apresenta o resultado do ensaio de análise de resposta do dielétrico do isolamento CHL do transformador ensaiado.

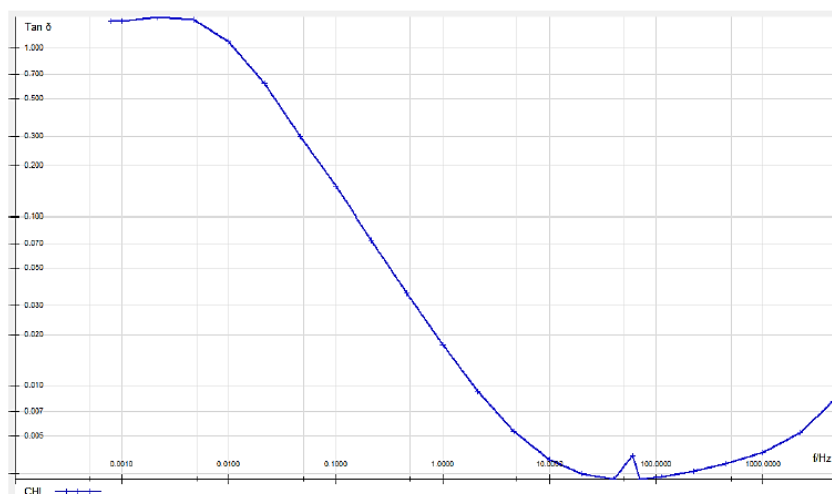


FIGURA 12: Resultado do ensaio de análise de resposta do dielétrico para o isolamento CHL do transformador após a manutenção

Na Figura 13, a seguir, é mostrado o diagnóstico do ensaio de análise de resposta do dielétrico do isolamento CHL do transformador

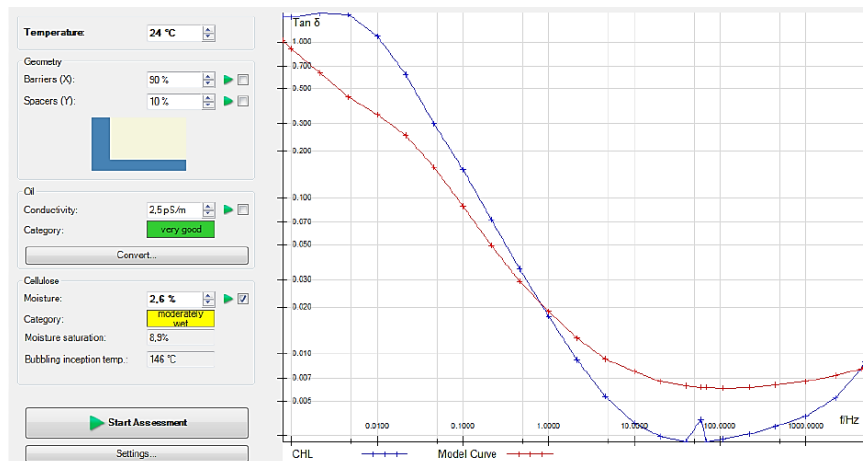


FIGURA 13: Diagnóstico do ensaio de análise de resposta do dielétrico do transformador após manutenção

Os resultados da Figura 13, mostram a curva do transformador (em azul) e a curva modelo (em vermelho), sendo que, as mesmas não ficaram próximas. O algoritmo calculou o teor de umidade na celulose, obtendo o valor de 2,6 %. Tal valor fornece a avaliação de que a celulose (papel) do transformador se encontra moderadamente úmida (moderately wet). Isto significa que para cada 100 kg da celulose do transformador, há 2,6 kg de água na celulose. O algoritmo também calculou a condutividade do óleo isolante do transformador em 2,5 pS/m, fornecendo a avaliação muito bom (very good), indicando que o óleo isolante se apresenta com teor de umidade muito bom.

## 6.2 BUCHA RIP

A Figura 14, a seguir, apresenta o diagnóstico do ensaio de análise de resposta do dielétrico do isolamento C1 da bucha RIP de 230 kV.

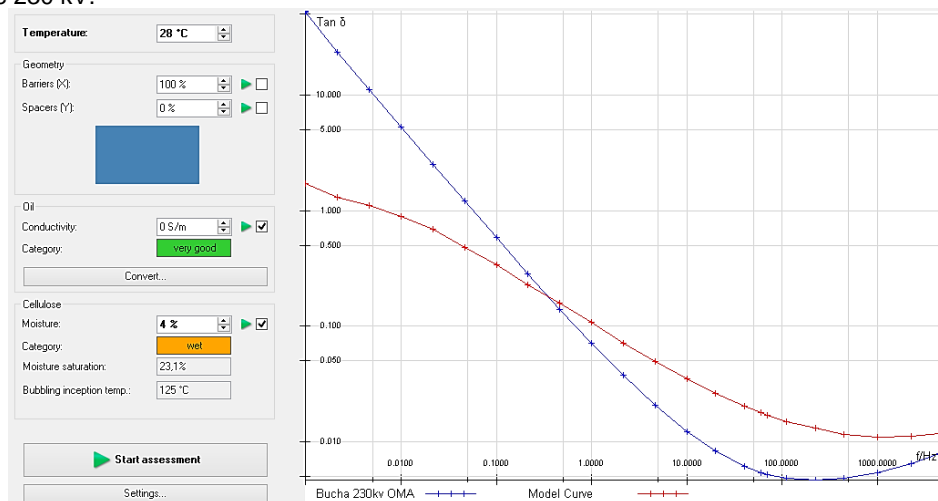


FIGURA 14: Diagnóstico do ensaio de análise de resposta do dielétrico do isolamento C1 da bucha RIP de 230kV

O resultado da análise de resposta do dielétrico mostrou que a bucha apresenta teor de umidade no papel acima dos valores considerados normais, sendo encontrado valor de 4%, isto é, úmida (wet).

Ensaio dielétricos com alta tensão foram realizados na bucha: capacitância, fator de perdas e descargas parciais e tensão suportável a frequência industrial. Os resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados dos Ensaio com Alta Tensão em Bucha 230 kV

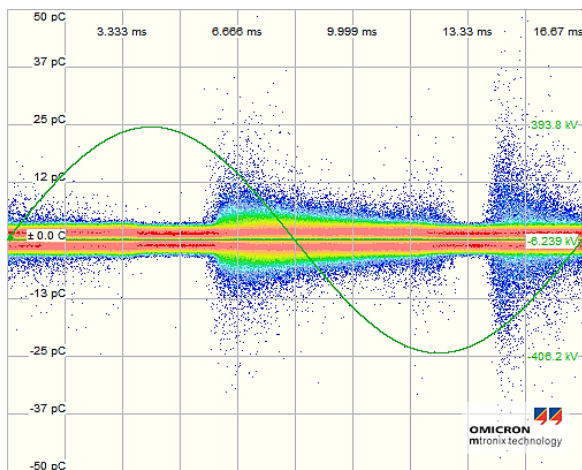
TENSÃO (kV)			FATOR DE PERDA DIELÉTRICA $T_g \delta$ (%)		CAPACITÂNCIA C1 (pF)	DESCARGAS PARCIAIS (pC)	
ITEM	NÍVEL	VALOR	MEDIDO	MÁXIMO ADMISSÍVEL	MEDIDO	MEDIDO	MÁXIMO ADMISSÍVEL
1	---	10 kV	0,5020	0,7	787,258	<6	10
2	0,5 Un	70 kV	0,5039	0,7	787,268	<6	10
3	1,05 Un	147 kV	0,5084	0,7	787,308	>20	10
4	1,5 Un	210 kV	0,5175	0,7	787,371	>20	10



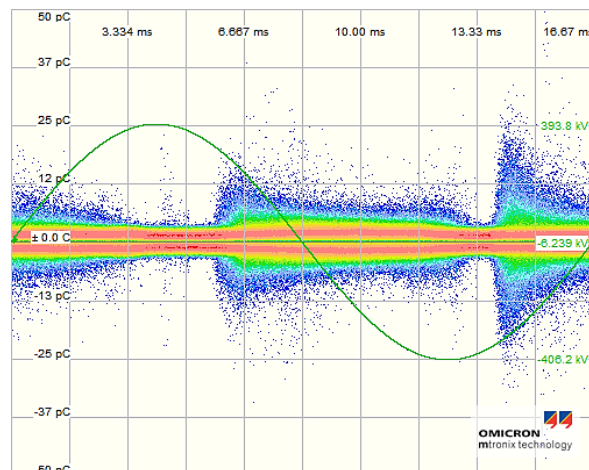
5*	Tensão Suportável	391 kV	---	---	---	---	---
6	1,5 Un	210 kV	0,4864	0,7	787,326	>20	10
7	1,05 Un	147 kV	0,4805	0,7	787,382	>20	10
8	0,5 Un	70 kV	0,4777	0,7	787,344	<6	10
9	---	10 kV	0,4766	0,7	787,326	<6	10

\* A bucha suportou a tensão aplicada de 391 kV, durante 60 segundos, sem interrupção.

As Figuras 15(a) e 15(b) apresentam os resultados da medição de descargas parciais na bucha ensaiada, antes e após o ensaio de tensão suportável à frequência industrial. Como se observa, o nível de descargas parciais medido é superior a 10 pC, valor este estabelecido como limite pela norma NBR 5034/2014 [8].



**Figura 15 (a)** - Medições de descargas parciais antes do ensaio de tensão suportável à frequência industrial.



**Figura 15 (b)** - Medições de descargas parciais após o ensaio de tensão suportável à frequência industrial.

Figuras 15(a) e 15(b) - Medição de descargas parciais

## 7.0 - CONCLUSÃO

Este artigo discutiu alguns dos principais métodos utilizados para o diagnóstico de umidade no papel e condição de degradação do isolamento elétrico de equipamentos de alta tensão. É importante ressaltar que os métodos utilizados são não-invasivos, o que os tornam excelentes aliados para a manutenção preditiva, visto que se permite o conhecimento da condição do equipamento, além de poder diagnosticar eventuais não conformidades. Portanto, há a possibilidade de elaboração de programas de manutenção, capazes de melhorar o desempenho e estender a vida útil dos equipamentos assim geridos.

O primeiro estudo de caso apontou a condição inicial do isolamento de um transformador e como esta mudou após uma manutenção realizada. O segundo estudo de caso demonstrou o estado do isolamento sólido de uma bucha capacitiva, onde se achou o mesmo úmido (wet), além disso o ensaio de descargas parciais apontou um alto nível de descargas, o que pode ter sido ocasionada pela relação com a degradação acelerada do dielétrico pela umidade.

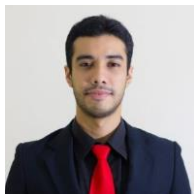
## 8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. INTERNATIONAL COUNCIL ON LARGE ELECTRIC SYSTEMS. "CIGRÉ 254 Dielectric Response Methods for Diagnostics of Power Transformers". Report of the TF D1.01.09, Paris, 2004.
- [2]. Abhishek Joshi, Pooja Aaradhi, "Dielectric Diagnosis of EHV current Transformer Using Frequency Domain Spectroscopy (FDS) & Polarization and Depolarization Current (PDC) Techniques". International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 3, Issue 11, November-2012.
- [3]. Muhammad Taufik Achmad, Xue-Zhou Wu, Fan Bai, Li-Shuang Cao, Wen-Dong Li, Suwarno, Guan-Jun Zhang, "Impact of Test Voltage Magnitude on FDS Characteristics of Oil-Paper Insulation with Different Aging Conditions". The 19th International Symposium on High Voltage Engineering, Pilsen, Czech Republic, August, 23 – 28, 2015.
- [4]. S. Q. Wang, G. J. Zhang, J. L. Wei, S. S. Yang and M. Dong, "Investigation on dielectric response characteristics of thermally aged insulating pressboard in vacuum and oil impregnated ambient". IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, vol. 17, no.6, pp. 1853-1862, 2010.
- [5]. M. E. C. Paulino, "Diagnóstico em Campo para Determinação de Umidade em Transformadores", Anais do XIII ERIAC – Décimo Terceiro Encontro Regional Ibero-americano do CIGRÉ, Foz do Iguaçu, Argentina, 2009.



- [6]. M. E. C. Paulino, "O Estado da Arte das Aplicações para Diagnóstico de Umidade em Transformadores de Potência". Anais do CIDEL Argentina 2010 International Electricity Distribution Congress, Buenos Aires, Argentina, 2010.
- [7]. OMICRON, "Application Note - Measuring and Analyzing the Dielectric Response of Bushings". ANP\_10017\_ENU, 2016.
- [8]. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, "NBR 5034: Buchas para tensões alternadas superiores a 1 kV", 2014.

## 9.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



**Hugo Rafael Freitas Negrão**, nasceu em Belém – Pará, Brasil em 1993. Estudante de engenharia elétrica pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Estagiou nas Centrais Elétricas do Norte do Brasil - Eletrobras Eletronorte com ensaios em alta tensão em equipamentos elétricos em 2016. Atualmente está concluindo o curso de engenharia e alinhando a continuidade de seus estudos em Sistemas Elétricos de Potência e Equipamentos de Alta Tensão.



**Fernando de Souza Brasil**, nascido em Belém – PA, em 1983. Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará (2006), graduação em Licenciatura Plena em Matemática pela Universidade do Estado do Pará (2005), Especialização em Engenharia de Produção pela Universidade do Estado do Pará (2012), Mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará (2013) e Doutorado em Engenharia Elétrica (2016). Atualmente é engenheiro de manutenção elétrica das Centrais Elétricas do Norte do Brasil - Eletrobras Eletronorte, atuando nas áreas de ensaios com alta tensão em equipamentos elétricos e monitoração e diagnóstico de transformadores e hidrogeradores.



**Bárbara Medeiros Campos**, Belém-PA, 1981. Graduou-se em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará em 2003. Concluiu Curso de Mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará em 2005. Atualmente trabalha como Engenheira de Manutenção Elétrica no Centro de Tecnologia da Eletrobras Eletronorte, atuando na área de Engenharia de Alta Tensão e Tecnologias de Transmissão em Corrente Contínua.



**Maria Emília de Lima Tostes** nasceu em Recife-PE-Brasil em 1966. Formada em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará em 1988, concluiu o mestrado em 1992 e o doutorado em 2003 pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da mesma Universidade. É professora da Faculdade de Engenharia Elétrica e dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Pará. Suas áreas de pesquisa são qualidade da energia, eficiência energética, sistemas de distribuição de energia, sistemas de aterramento e processos industriais.



**Jorge Augusto Siqueira Tostes**, Belém-PA, 1957. Graduou-se em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará em 1981. Atualmente trabalha como Engenheiro de Manutenção Elétrica no Centro de Tecnologia da Eletrobras Eletronorte, atuando na área de Engenharia de Alta Tensão.



**Paulo Roberto Moutinho de Vilhena**, Macapá-AP, 1981. Possui graduação em Tecnologia em Informática pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (2002), graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará (2005), especialização em Engenharia de Sistemas pelo Centro Universitário do Estado do Pará (2005), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará (2008) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará (2015). Atualmente é Engenheiro de Manutenção Elétrica da Centrais Elétricas do Norte do Brasil. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Sistemas Elétricos de Potência. Atuando principalmente nos seguintes temas: Descargas Parciais, hidrogerador, acoplador direcional de microfita, Sistema de Diagnóstico, Enrolamento do estator.