



Grupo de Estudo de Transformadores, Reatores, Materiais e Tecnologias Emergentes-GTM

USO DE METANOL E ETANOL NO DIAGNÓSTICO DE FALHAS TÉRMICAS ENVOLVENDO PAPEL KRAFT ISOLANTE

**HELENA MARIA WILHELM(1); PAULO O. FERNANDES(1); GEOVANA CAROLINA DOS SANTOS(1); MARIA LETÍCIA GOMES DOS SANTOS(1); THATIANE TAMYRIS KUCZERA PEREIRA(1); DANIEL DA CONCEIÇÃO AROUCHA FILHO(2); MARCELO LUIZ DE CARVALHO RIBEIRO(2); ARLEY DE PAULA MAR(2); PEDRO JOSE DOS SANTOS JUNIOR(2)
VEGOOR(1);GERA MARANHÃO(2)**

RESUMO

Falha térmica envolvendo papel isolante foi simulada em laboratório em dispositivo específico para esta finalidade. O dispositivo de envelhecimento acelerado (patente requerida) permite aquecer o papel em altas temperaturas (até 1000 °C) mantendo o óleo isolante em baixa temperatura. O papel foi enrolado na resistência imersa em óleo e aquecida em diferentes temperaturas e tempos. Houve carbonização do papel nas camadas próximas da resistência. A quantidade e o tipo de gases encontrados no óleo indicaram a ocorrência da falha térmica simulada. Recomenda-se o uso da razão CO₂/CO, da concentração de metanol e etanol no diagnóstico de falha envolvendo papel isolante.

PALAVRAS-CHAVE

Falhas térmicas envolvendo papel kraft isolante, dispositivo de simulação de falhas térmicas, metanol, etanol, gases de falha

1.0 - INTRODUÇÃO

Este trabalho é uma continuidade do artigo apresentado por Wilhelm e colaboradores no Worskpot realizado em 2018 [1] e, cujos resultados fazem parte do projeto de pesquisa e desenvolvimento (P&D) PD 6492-0116/2016. Este projeto de pesquisa teve por principal objetivo desenvolver novos parâmetros para diagnóstico de falhas térmicas envolvendo papel kraft isolante (PKI) em transformadores de energia.

As metodologias tradicionais de emissão de diagnóstico de falha térmica não levam em consideração parâmetros que permitam concluir se o PKI está ou não envolvido na falha. A utilização concomitante de indicadores químicos, relacionados com a decomposição do papel celulósico isolante, poderá se constituir na complementação necessária para obtenção de prognósticos confiáveis. O principal desafio deste trabalho foi a obtenção de marcadores químicos estáveis, capazes de indicar o envolvimento do papel isolante em uma falha, e que estejam presentes no óleo isolante em concentrações quantificáveis pelos métodos analíticos disponíveis e, ainda, que apresentem perfis de formação diferente comparativamente à degradação normal do papel.

Entre as técnicas químicas, a análise de gases dissolvidos (AGD ou DGA, do inglês) ganhou aceitação mundial como método de diagnóstico para a detecção de falhas de isolamento em transformadores. Gases indicadores de falhas são produzidos pela degradação do óleo do transformador e materiais isolantes sólidos. A taxa de degradação de celulose e óleo aumenta significativamente na presença de uma falha dentro do transformador [2]. Os compostos gasosos analisados são hidrocarbonetos como metano (CH₄), etano (C₂H₆), etileno (C₂H₄),

acetileno (C_2H_2) e hidrogênio (H_2), óxidos de carbono como monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono (CO_2) e gases não-inflamáveis, como nitrogênio (N_2) e oxigênio (O_2).

Descargas elétricas de baixa energia produzem hidrogênio e metano com pequenas quantidades de etano e etileno, enquanto arcos elétricos produzem grandes quantidades de hidrogênio e acetileno e menores quantidades de metano e etileno. O acetileno só é formado em temperaturas muito altas. Metano e etano são produzidos na termodegradação do óleo à baixa temperatura, em temperaturas mais altas ocorre a formação de etileno e hidrogênio assim como metano e etano. É comumente aceito que o gás hidrogênio é formado pelo efeito corona a partir do óleo e de materiais celulósicos [2].

Os óxidos de carbono (CO_2 e CO) são produzidos a partir da degradação da celulose, embora existam trabalhos que indicam a possibilidade destes óxidos de carbono serem também provenientes da degradação do óleo isolante.

A temperatura em que ocorre a degradação influencia na taxa de concentração do gás formado. Quando ocorre em baixa temperatura a maior formação é de CO_2 e em altas temperaturas a maior produção é de CO. Este comportamento é analisado experimentalmente e explicado quimicamente devido a rápida formação do óxido de carbono quando há alta energia, o aumento da cinética de formação faz com que a reação do CO_2 seja incompleta, formando CO. Uma razão $CO_2/CO > 10$ pode indicar exposição atmosférica do isolante enquanto uma razão $CO_2/CO < 5$ indica rápida degradação da celulose [3].

Os compostos não gasosos analisados e utilizados como marcadores químicos da degradação do papel são os compostos furânicos. Os compostos furânicos são um grupo de substâncias químicas formadas na oxidação e na hidrólise da celulose. O composto furânico mais abundante é o 2-furfuraldeído (2-FAL), mas outros compostos furânicos, como o 2-acetilfurano (2-ACF), 5-metil furfuraldeído (5-MEF), 5-hidroxi-metil-2-furfuraldeído (5-HMF) e o álcool furfúrico (2-FOL), tem sido encontrados no papel e no óleo isolantes.

A análise de marcadores químicos da degradação do papel em óleo isolante, como os compostos furânicos, para estimar a vida útil do PKI é amplamente descrita em literatura. Alguns artigos recentes descrevem análises quantitativas de metanol e etanol [4,5] no óleo mineral isolante (OMI) com o objetivo de avaliar o grau de degradação do PKI em transformadores de potência, em condições normais de operação (envelhecimento normal). No presente estudo, foi investigada a possibilidade de usar o metanol e etanol como indicadores químicos de falhas térmicas envolvendo o papel kraft isolante em transformadores de energia.

Para simular a falha térmica em laboratório foi utilizado neste estudo um dispositivo específico para esta finalidade [6]. O dispositivo desenvolvido (patente requerida) permite aquecer o PKI em altas temperaturas (até $1000\text{ }^\circ\text{C}$) mantendo o óleo isolante em baixa temperatura, evitando assim, o envelhecimento acelerado do fluido. Foram realizados testes de envelhecimento acelerado em escala laboratorial no dispositivo construído. A temperatura do óleo, ao longo do envelhecimento, foi controlada utilizando uma serpentina com água fria ou em situações de maior temperatura usando um banho de gelo. Nestes experimentos, como a temperatura do óleo foi mantida na faixa média de operação do transformador, os resultados podem ser tomados como comparáveis a condição de um transformador em serviço. Parâmetros físico-químicos determinados no OMI, durante o envelhecimento acelerado no dispositivo, comprovaram a pouca degradação do fluido isolante. A quantidade e o tipo de gases encontrados no óleo indicaram a ocorrência da falha térmica simulada. Medições de metanol e etanol foram realizadas para verificar se estes compostos podem ser usados para confirmar o envolvimento do PKI na falha térmica.

2.0 - METODOLOGIA

Foi utilizado um dispositivo de envelhecimento acelerado para simular a falha térmica em laboratório (Figura 1), cuja propriedade intelectual foi solicitada ao INPI [6]. Esse pode ser operado em diferentes temperaturas, ajustadas e controladas, e em diferentes atmosferas, de forma a simular condições operativas de equipamentos de energia [6].

Foi realizado um primeiro ensaio, no dispositivo de envelhecimento acelerado, utilizando-se 310 g de papel kraft termoestabilizado (PKT), com GP igual a 1100, totalizando 32 voltas na resistência (Figura 2), e 16,9 litros de óleo mineral isolante (OMI) e, a temperatura da resistência foi ajustada para $200\text{ }^\circ\text{C}$. As 32 camadas de papel foram enumeradas de dentro para fora, sendo a de número 1 a camada anexada à resistência e a de número 32 a camada mais externa. Um termopar foi enrolado junto à resistência para que a temperatura real da resistência e consequentemente das primeiras voltas de papel fosse medida. O ensaio de envelhecimento acelerado teve duração de 244 h. A cada intervalo de 46 h foram retiradas amostras de óleo para análise físico-química, análise de gases dissolvidos (AGD) e de compostos furânicos. A AGD foi realizada conforme metodologia da ABNT NBR 7070 e ASTM D3612 (método A) [7]. Os compostos furânicos (2-FAL, 5-HMF, 2-FOL, 5-MF e 2-ACF) foram

analisados em equipamento Agilent, 1100 series HPLC [9]. Foram realizados ensaios de grau de polimerização (GP) nas amostras de PKI de algumas camadas envoltas na resistência [9].

Em um segundo ensaio, foram enrolados 49,6 g de PKT na resistência do dispositivo de envelhecimento acelerado, totalizando 12 voltas e 62 metros de papel (Figura 3). As 12 camadas de papel foram enumeradas de dentro para fora, sendo a de número 1 a camada anexada à resistência e a de número 12 a camada mais externa. Um termopar foi enrolado junto à resistência para que a temperatura real da resistência e consequentemente das primeiras voltas de papel fosse medida. A resistência contendo o papel envolto foi imersa em OMI e aquecida a 100, 150, 200, 250, 300, 350 e 400 °C e mantida durante 8 h em cada uma destas temperaturas. Por exemplo, a resistência foi aquecida até 100 °C durante 8 h e depois disso a temperatura foi aumentada para 150 °C e mantida a esta temperatura durante 8 h, depois para 200 °C durante 8 h e assim sucessivamente. O óleo não foi trocado durante esses testes de envelhecimento acelerado. Amostras de óleo foram coletadas em intervalos de 8 em 8 h e a temperatura do óleo, ao longo do envelhecimento, foi controlada utilizando uma serpentina com água fria ou em situações de maior temperatura usando um banho de gelo. A temperatura do óleo em nenhum momento, durante os testes de envelhecimento, passou de 70 °C. Foram realizados ensaios de grau de polimerização (GP) [9] nas amostras de PKT de algumas camadas envoltas na resistência. Nas amostras de OMI, coletadas em intervalos de 8 h, foram analisados os gases dissolvidos (DGA) [7,8] e os compostos furânicos [8]. As concentrações de metanol e etanol foram medidas usando cromatografia em fase gasosa com detector de massa (Agilent modelo 7820A, com *headspace* e acoplado a um detector de espectrometria de massas Agilent modelo 5977B com ionização por impacto de elétrons a 70 eV e analisador do tipo quadrupolo). Foram determinados alguns parâmetros físico-químicos no OMI durante o envelhecimento acelerado, a saber, tensão interfacial, índice de neutralização e fator de perdas dielétricas.

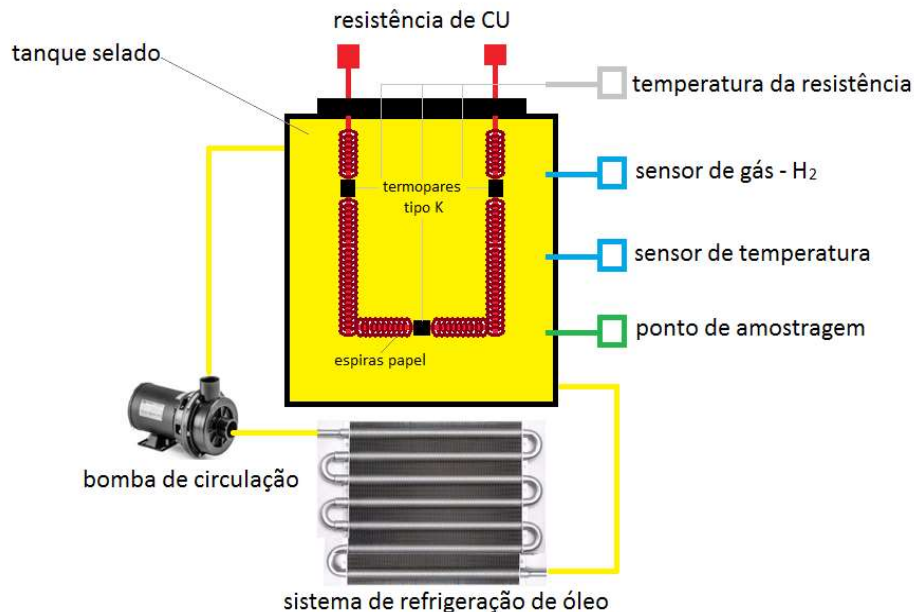


Figura 1 – Modelo aproximado do dispositivo de envelhecimento acelerado utilizado na simulação da falha térmica [6]



Figura 2 – Papel enrolado à resistência e termopar no primeiro e segundo ensaio, compondo 32 e 12 voltas, respectivamente

3.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 mostra a aparência do papel envolto na resistência ao final do primeiro e segundo ensaios, realizados no dispositivo de envelhecimento acelerado. Na Figura 4 é apresentado o aspecto do papel das 32 camadas (primeiro ensaio) e os resultados de GP para estes papeis, sendo 32 a camada mais externa e 1 a camada mais interna (próximo a resistência). Observa-se que houve um decréscimo do GP das camadas mais externas para as internas.

Foram realizados ensaios de GP apenas nas amostras de papel das camadas 12, 11 e 10 do segundo ensaio (Figura 5). Nas camadas mais próximas à resistência (camadas < 9) não foi possível realizar esse ensaio pois o papel estava muito degradado, aproximando-se de cinzas (carbonização), conforme apresentado na Figura 5. Da 10^o para a 12^o camada, o GP encontrado está entre 318 e 229.

O novo papel celulósico tem tipicamente um GP de 1200 e um valor de 150–200 indica o final de sua vida útil, em que o papel do transformador não tem resistência mecânica suficiente, podendo resultar em uma possível falha se ocorrer estresse mecânico [10]. Considerando como critério de final de vida útil um GP de 200, pode-se concluir que cerca de 18,75% do papel utilizado atingiu essa condição para o segundo ensaio (camadas 1 – 6) e cerca de 75% para o primeiro ensaio (camadas 1 – 9). Esses resultados confirmam que os experimentos realizados simularam condições de uma falha térmica envolvendo papel isolante.



Figura 3 – Aspecto do papel, enrolado à resistência, ao término do primeiro e segundo ensaios, respectivamente

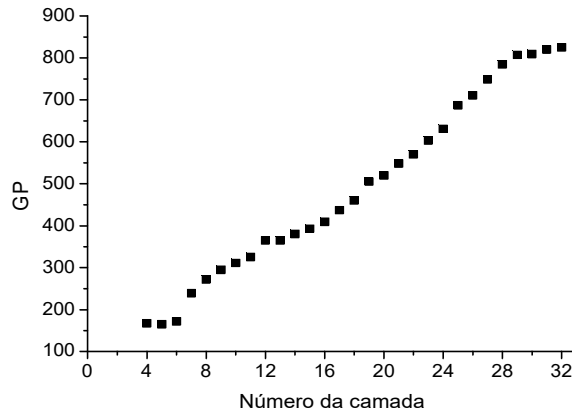


Figura 4 – Aspecto do papel, enrolado à resistência, ao término do primeiro ensaio e GP do papel das camadas 32 a 4

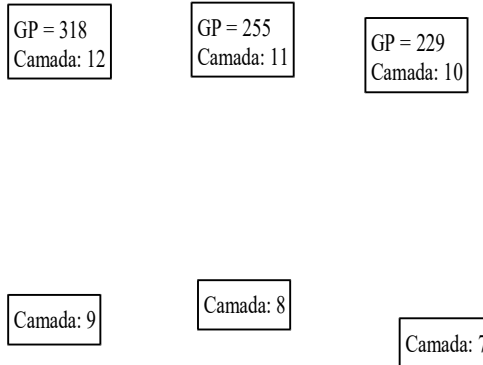


Figura 4. Aspecto do papel, envolto na resistência, das camadas 12 a 7.

Figura 5 – Aspecto do papel, envolto na resistência, ao término do ensaio e GP do papel das camadas 12, 11 e 10

Os compostos furânicos, formados na oxidação e hidrólise da celulose do PKT [10-12], também foram determinados em função do tempo de envelhecimento e da temperatura para os dois ensaios realizados (Tabelas 1 e 2). As concentrações dos compostos furânicos aumentaram com o aumento do tempo (Tabela 1) e da temperatura de simulação da falha (Tabela 2). A análise de 2-FAL (Tabelas 1 e 2), deixa claro a maior confiabilidade na utilização deste composto como marcador químico na degradação do papel comparativamente aos outros compostos furânicos, pois sua formação é crescente em relação ao tempo e à temperatura. Os dados de 2-FOL obtidos nos dois ensaios acelerados corroboram com informações de Mildemberg, que mostrou em seu trabalho que a análise de 2-FOL não é recomendada para o acompanhamento da degradação celulósica por se tratar de um composto instável [11].

Tabela 1 – Concentração de compostos furânicos no OMI do primeiro ensaio

Composto furânico	Tempo de ensaio (horas)				
	0	46	89	149	244
2 FAL	0,15	1,87	2,01	4,94	6,62
2 FOL	0,13	0,48	0,99	0,64	1,1

2 ACF	0,02	0,15	0,18	0,25	0,12
5 HMF	0,13	0,64	0,79	0,53	0,65
5 MEF	0,03	0,65	0,76	1,6	1,75
TOTAL	0,46	3,79	4,73	7,96	10,24

Tabela 2 – Concentração de compostos furânicos no OMI do segundo ensaio

Composto furânico	Temperatura			
	100 °C	200 °C	300 °C	400 °C
2 FAL	0,10	0,79	2,48	94,7
2 FOL	0,03	2,50	1,71	0,19
2 ACF	0,04	0,60	4,38	14,9
5 HMF	0	0,18	2,44	3,14
5 MEF	0	0,03	1,23	4,0
TOTAL	0,17	4,1	12,24	116,93

A AGD no óleo isolante fornece informações gerais sobre a condição de operação do transformador, mais especificamente sobre o tipo e a severidade do defeito ou falha, quando existente [12]. Os resultados da AGD do segundo ensaio são mostrados na Tabela 3. A quantidade e o tipo de todos os gases encontrados no óleo indicam a ocorrência da falha térmica simulada. Em geral, a concentração dos gases aumentou em uma taxa mais alta em temperaturas acima de 300 °C, como esperado.

Tabela 3 – Concentração de gases dissolvidos no óleo mineral isolante em função da temperatura de aquecimento da resistência contendo o papel isolante

Temperatura da resistência (°C)	Concentração do gás (ppm)					
	H ₂	CO	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂
100	1	2	1	0	0	0
150	1	11	0	0	0	0
200	2	51	4	1	1	0
250	2	116	34	31	25	0
300	17	341	276	162	105	0
350	110	1595	1290	1344	602	0
400	230	3771	3042	4483	4836	0

A razão CO₂/CO foi decrescente com o tempo (primeiro ensaio) e com a temperatura (segundo ensaio), conforme apresentado na Figura 6. Água e os óxidos de carbono (CO e CO₂) são os principais subprodutos da degradação térmica da celulose. Portanto, o CO em um transformador pode indicar celulose superaquecida. Além disso, quantidades crescentes de CO em serviço não significam necessariamente que haja uma falha envolvendo papel. No entanto, a relação CO₂/CO pode ser útil na identificação de possíveis efeitos de temperatura [13]. Nos experimentos realizados, a razão CO₂/CO praticamente atingiu o limite de cerca de 3 para o primeiro ensaio e ficou próximo de 1 ao término do segundo ensaio (Figura 6). O arranjo experimental utilizado neste trabalho permitiu simular falhas envolvendo papel isolante com pouco envolvimento do óleo. Como a relação CO₂/CO diminuiu com a quantidade de papel envolvida na falha, esta pode ser usada como ferramenta auxiliar no diagnóstico de falhas térmicas envolvendo PKT.

O envelhecimento do OMI também foi avaliado durante o envelhecimento acelerado com rampa de temperatura e os resultados obtidos mostram que o óleo não degradou significativamente nas condições experimentais utilizadas neste trabalho (Tabela 4). No entanto, a pequena variação nas propriedades do óleo mostra que há um gradiente de temperatura no óleo na superfície da resistência/papel. Embora a temperatura do óleo no dispositivo de envelhecimento acelerado tenha sido mantida relativamente baixa e constante, o aumento da temperatura no ponto quente causou alguma oxidação no mesmo.

Concentrações de metanol, nas amostras de óleo do segundo ensaio realizado no dispositivo de envelhecimento acelerado, foram detectadas em temperaturas ≥ 150 °C enquanto que de etanol em temperaturas ≥ 350 °C (Figura 7). Metanol foi detectado quando a razão CO₂/CO é ≤ 18 enquanto que o etanol foi detectado quando esta razão foi < 3. Como o etanol foi detectado em temperaturas muito superiores ao metanol e em baixas razões de CO₂/CO, o uso deste composto é recomendado na confirmação de falhas envolvendo PKT, em conjunto com a razão CO₂/CO. Os autores deste artigo estão criando um banco de dados de AGD, CO₂/CO,

metanol e etanol para apresentação e discussão futura de nova metodologia de diagnóstico de falhas envolvendo papel isolante.

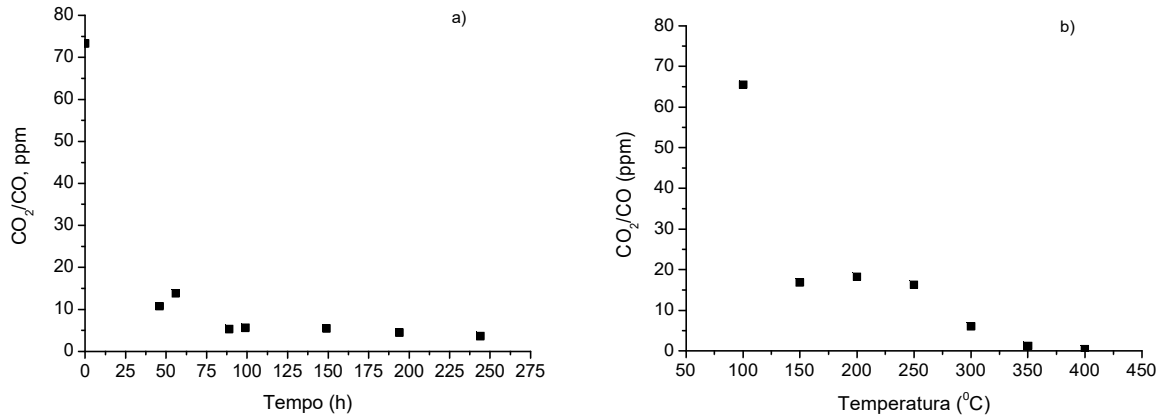


Figura 6 – Razão CO₂/CO em função a) do tempo (primeiro ensaio) e b) da temperatura da resistência contendo o papel isolante (segundo ensaio)

Tabela 4 – Propriedades físico-químicas do OMI usado nos ensaios de simulação da falha térmica

Propriedade	Óleo novo	Qualidade do óleo ao término do:	
		Primeiro ensaio	Segundo ensaio
Tensão interfacial (mN/m)	46	38	31
Índice de neutralização (mg KOH/g)	0,01	0,08	0,03
Fator de perdas dielétricas 100 °C (%)	0,15	1,42	1,03

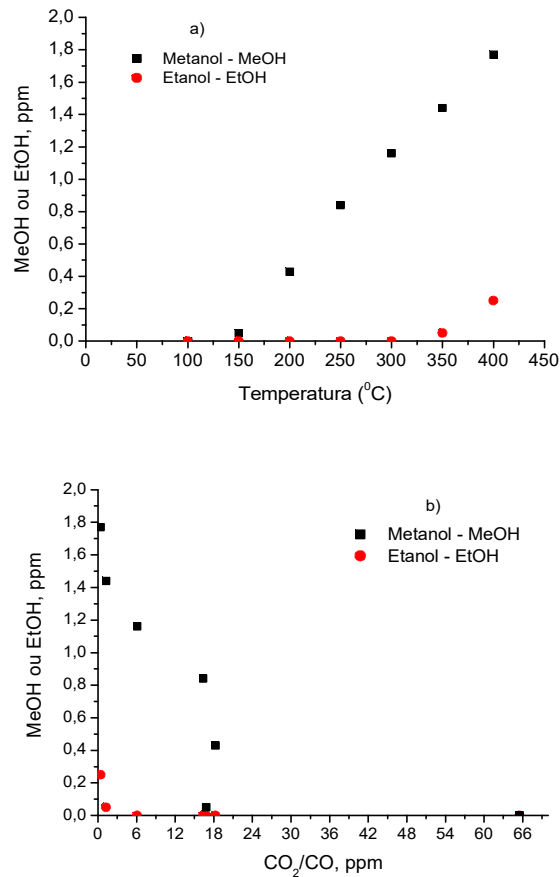


Figura 7 – Concentração de metanol e etanol em função da a) temperatura e b) da razão CO₂/CO, no OMI do segundo ensaio

4.0 - CONCLUSÃO

O conjunto específico de testes apresentados neste artigo focalizou apenas a simulação de condições de falha térmica. Em geral, o diagnóstico pela metodologia tradicional de AGD confirmou a falha térmica simulada em laboratório, no dispositivo de envelhecimento acelerado utilizado.

Os resultados deste informe técnico poderão ser utilizados na manutenção preditiva de transformadores que empregam PKI e OMI. A utilização concomitante dos indicadores químicos investigados, metanol e etanol, associado aos resultados da razão CO₂/CO, relacionados com a decomposição do papel celulósico isolante, poderá se constituir na complementação necessária para obtenção de prognósticos confiáveis de falhas envolvendo papel isolante.

5.0 - AGRADECIMENTO

Os autores agradecem à ANEEL e GERA MARANHÃO pelo apoio na execução do projeto de P&D PD 6492-0116/2016, e ao CNPq pela bolsa de Desenvolvimento Tecnológico concedida à pesquisadora Helena M. Wilhelm.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] WILHELM, H.M., FERNANDES, P.O., SANTOS, G.C., SANTOS, M.L.G., KUCZERA, T., RIBEIRO, M., SANTOS JR. P.J., AROUCHA, D., MAR, A. Simulação, em laboratório, de falha térmica envolvendo papel isolante. IX WORKSPOT- International workshop on power transformers, equipment, substations and materials, Foz do Iguaçu, PR – 25 a 28 de novembro de 2018.
- [2] SAHA, T. K. Review of Modern Diagnostic Techniques for Assessing Insulation Condition in Aged Transformers. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 10(5), 903–917. <https://doi.org/10.1109/TDEI.2003.1237337>, 2003.
- [3] ISLAM, M. M., LEE, G., HETTIWATTE, S. N. A review of condition monitoring techniques and diagnostic tests for lifetime estimation of power transformers. Electrical Engineering, 1–25. <https://doi.org/10.1007/s00202-017-0532-4>, 2017.
- [4] BARE, C. E., MERRITT, S. Y. Methanol as an Ageing Marker for In Service Transformers. IEEE Transactions on Industry Applications, (978), 1–7. <https://doi.org/10.1109/TIA.2018.2799188>, 2018.
- [5] JALBERT, J., CELIS, E.R., DUCHESNE, S., MORIN, B., RYADI, M., GILBERT, R. Kinetics of the production of chain-end groups and methanol from the depolymerization of cellulose during the ageing of paper/oil systems. Part 3: extension of the study under temperature conditions over 120 °C. Cellulose, 22, 2015, 829–848.
- [6] WILHELM, H. M., FERNANDES, P. O. Pedido de patente BR 10 2018 010033 5, depositado em 17/05/2018. Brasil.
- [7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Amostragem de gases e óleo mineral isolantes de equipamentos elétricos e análise dos gases livres e dissolvidos. ABNT NBR 7070. Brasil.
- [8] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Furanic Compounds in Electrical Insulating Liquids by High-Performance Liquid Chromatography (HPLC). ASTM D5837. United States of America.
- [9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Medição do grau de polimerização viscosimétrico médio de materiais celulósicos novos e envelhecidos para isolação elétrica. ABNT NBR IEC 60450. Brasil.
- [10] ABU-SIADA, A. Correlation of furan concentration and spectral response of transformer oil-using expert systems. IET Sci. Meas. Technol., Vol. 5, 2011, pp. 183–188.
- [11] MILDEMBERGER, L. Avaliação do desempenho de indicadores de degradação de sistemas isolantes papel/óleo usados em transformadores de potência. Mestrado, 99 p, 2014.
- [12] WANG, X.F., WANG, Z.D., LIU, Q., WILSON, G., WALKER, D., SMITH, P.W.R. Dissolved gas analysis (DGA) of mineral oil under thermal faults with tube heating method. In Dielectric Liquids (ICDL), 2017 IEEE 19th International Conference on, 25-29 June 2017.
- [13] BANOVIC, M., RAMACHAJ, P., REGO, N., JUSTIZ, P. Significance of CO₂/CO ratio in dissolved gas analysis, Transformers Magazine, Volume 2, Issue 1, 2015, pp. 30-35.

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Helena Maria Wilhelm nasceu em Cerro Largo, Brasil. Formou-se em Química pela Universidade Federal do Paraná em 1993, obteve o título de mestre em Química pela Universidade Federal de Santa Catarina, em 1996 e o título de doutora em Química pela Universidade Estadual de Campinas em 2000. Atualmente trabalha como pesquisadora e coordenadora de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento na empresa VEGOOR. É bolsista de Desenvolvimento Tecnológico do CNPq, membro ativo do COBEL e do CIGRE.

Paulo O. Fernandes nasceu no Rio de Janeiro, Brasil, em 1954. Gradou-se em Engenharia Química na Universidade Estadual do Rio de Janeiro em 1980 e recebeu o título de Mestre em Ciência de Polímeros e Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, em 1985. Trabalhou como pesquisador para Centro de Pesquisa Eletrobras e mais tarde chefiou o departamento de serviço materiais de Westinghouse Divisão de Serviços no Brasil. Atualmente é o diretor da VEGOOR.

Geovana C. dos Santos nasceu em São José dos Pinhais, Brasil, em 1996. É Técnica em Química pelo Centro Estadual de Educação de Curitiba e é graduanda em Física na Universidade Federal do Paraná. Desde 2013 atua como técnica no laboratório de análises físico-químicas de óleo isolante da VEGOOR.

Maria Letícia Gomes dos Santos formada em 2016 no Curso Técnico Integrado em Química pelo Instituto Federal de Santa Catarina - Campus Florianópolis. No início de 2018, passou a trabalhar no Grupo Vegoor - Tecnologia Aplicada. Possui experiência em análises físico-químicas de óleos minerais e vegetais, análises em cromatografia líquida e, ensaios de deterioração de óleos.



XXV SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

4176
GTM/20

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

Thatiane Tamyris Kuczera Pereira possui ensino médio pelo Colégio Estadual Hasdrubal Bellegard (2011). Formou-se em Química em 2018 pela Universidade Federal do Paraná. É pesquisadora da VEGOOR, atuando principalmente no desenvolvimento de novas metodologias analíticas.

Daniel da Conceição Aroucha Filho é formado em Direito. Atualmente trabalha na Gera Geradora de Energia do Amazonas S/A.

Marcelo Luiz de Carvalho Ribeiro possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Ceará (2003). Trabalha na Gera Geradora de Energia do Amazonas S/A.

Arley de Paula Mar possui graduação em Engenharia Elétrica e atualmente trabalha na Gera Geradora de Energia do Amazonas S/A.

Pedro Jose dos Santos Junior possui graduação em Engenharia Elétrica e atualmente trabalha na Gera Geradora de Energia do Amazonas S/A.