

Implementação de novos métodos para análise de cobre em óleo mineral isolante em transformadores elétricos

Fabiana Lopes da Cunha¹ (IC), Flávio Soares Silva (PQ)¹

¹Universidade Federal de Itajubá
Av. BPS 1303 - Pinheirinho, Itajubá - MG - 37500-903

Palavras-chave: Cobre; Espectroscopia por Absorção Atômica; Óleo mineral Isolante; Transformador elétrico.

Introdução

Atualmente a eletricidade é a fonte de energia mais utilizada no mundo e sua presença é até considerada um indicativo do nível de desenvolvimento de uma sociedade (BORGES, 2021).

Os transformadores elétricos são equipamentos que transformam energia aumentando o valor da tensão para seu transporte e depois reduzindo novamente essa tensão para que a energia chegue ao consumidor em valores apropriados para utilização (PRIME GERADORES, 2018).

Na maioria das vezes, esses equipamentos são preenchidos com fluidos isolantes: os óleos minerais ou óleos vegetais (MASTER, 2020).

Esses óleos possuem excelentes propriedades físicas e elétricas para sua utilização em certos tipos de transformadores elétricos (Figura 1).



Figura 1: Equipamento utilizado para transformar tensões elétricas.

A principal função do óleo mineral isolante no transformador é isolar e resfriar o núcleo conductor extinguindo descargas elétricas parciais e arcos elétricos, devido a sua alta capacidade de isolamento, garantir a refrigeração do transformador e atuar como meio para troca de calor, mas para isso acontecer, o óleo deve estar livre de contaminantes e de umidade (Datalink, 2021).

Esses óleos possuem alta rigidez dielétrica, alta condutividade térmica, boa estabilidade química, não-inflamabilidade e capacidade de resistir a altas temperaturas (FRIEDENBERG, L. et al., 2014).

Para o acompanhamento da vida útil desse óleo, faz-se necessário a quantificação de seus possíveis contaminantes, como o íon cobre que pode ser liberados de fios que contém a mesma composição, que faz com que esse óleo perca as propriedades isolantes e elétricas. O contato com a umidade, oxigênio, presença de calor e/ou o cobre dos enrolamentos internos dos equipamentos, pode causar a oxidação do óleo, gerando contaminantes como: álcoois, aldeídos, cetonas, ésteres, ácidos, sabões metálicos e água. Dependendo da concentração desses contaminantes, podem precipitar-se em forma de sedimento no fundo dos tanques dos transformadores, deteriorando a capacidade de troca de calor e de isolamento elétrico do óleo, já que a obstrução do fluxo de óleo impede que o sistema de arrefecimento desempenhe adequadamente a sua função (FRIEDENBERG, L. et al., 2014).

Dessa forma, a vida útil do equipamento é reduzida, há a degradação da celulose, formação de substâncias ácidas e de borra (Datalink, 2021).

Apesar de existirem diferentes métodos para determinação de metais em óleos minerais como eletroanalíticos e espectrofotométricos, a presente pesquisa científica utilizou a espectrometria de absorção atômica (EAA) utilizando adição de padrão para determinação de cobre em óleo mineral isolante, devido as boas as figuras de mérito desta técnica, como seletividade, faixa linear, limites de detecção e quantificação, precisão e exatidão, a fim de garantir confiabilidade analítica (REIS, 2004).

Metodologia

Para os métodos quantitativos foi utilizado um Espectrômetro de Absorção Atômica (EAA) 200

Agilent Serie AA. Utilizando o método de adição de padrão para conhecer a resposta instrumental e evitar interferência química, preparou-se o padrão analítico utilizando o metal de cobre de alta pureza (99,999%) devidamente pesado, dissolvido em HCl e avolumado para o preparo da solução estoque. Preparou-se soluções padrão de cobre variando de 1,00-16,00 mg L⁻¹, (em solução aquosa de HNO₃ 2%). Utilizou-se planejamento experimental de Box-Behnken para otimização das condições instrumentais como corrente da lâmpada e comprimento de onda. Utilizou-se de óleo mineral isolante (novo e usado) 4000A (Nynas) para a avaliação do método implementado no laboratório.

Resultados e discussão

A otimização foi realizada utilizando-se uma solução de 2 mg L⁻¹ de cobre em óleo mineral isolante. Parâmetros instrumentais como corrente e comprimento de onda emitido pela lâmpada de cátodo oco foram avaliados (Figura 2).

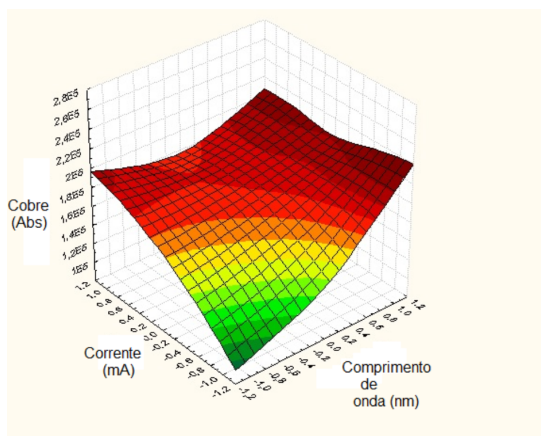


Figura 2: Avaliação da corrente e comprimento de onda da lâmpada de cátodo oco na resposta de cobre em óleo mineral isolante.

A corrente e comprimento de onda que geraram a melhor absorbância (56% de aumento na absorbância) foi de 3,0 mA (codificado como +1) e 324,8 nm (codificado como +1), respectivamente. Os fluxos utilizados de acetileno e ar foram 2,0 e 8,0 L min⁻¹, respectivamente.

Com os dados otimizados, foi utilizada metodologia de adição de cobre na amostra de óleo isolante digerida em solução de ácido nítrico para a obtenção da curva analítica (Figura 3), onde apresentou-se ótimo coeficiente de correlação ($R^2=0,9972$).

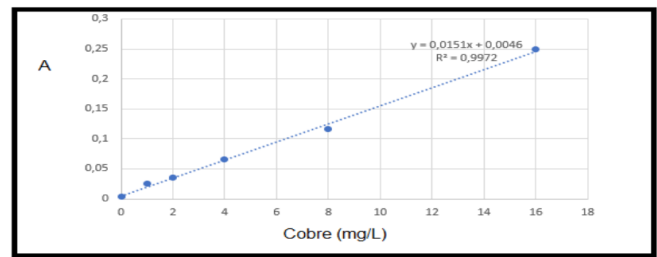


Figura 3– Curva analítica para determinação de cobre em óleo mineral isolante por Espectrometria de Absorção Atômica.

Os cálculos para a obtenção da concentração de Cobre (Cu) no óleo isolante e dos limites de detecção (L.D. = 0,004 mg L⁻¹) e quantificação (L.Q. = 0,014 mg L⁻¹) do método foram calculados, onde apresentaram-se adequados para a quantificação de cobre na amostra de óleo mineral isolante. O óleo isolante novo não apresentou concentração de cobre detectável (<L.D.), enquanto que para o óleo isolante usado apresentou uma concentração de 4,6 mg L⁻¹.

Conclusões

Com a pesquisa científica foi possível concluir que o teor de cobre obtido na amostra pelo método foi de 4,6 ppm está em conformidade com o limite máximo de tolerância segundo a legislação brasileira (10 ppm) para óleo mineral isolante usado. O método apresentou seletividade, e como limites de detecção e quantificação apropriados para a determinação quantitativa deste contaminante em óleo mineral isolante. No entanto, há possibilidade de melhora dos limites de detecção e quantificação, caso realize uma etapa de pré-concentração da amostra como a técnica de extração em fase sólida (SPE).

Agradecimento

Agradecimentos ao CNPq pelo financiamento da pesquisa e a Universidade Federal de Itajubá pela estrutura e apoio técnico.

Referências

BORGES, A. Maior fonte de energia do mundo, carvão ainda responde por 38% da matriz elétrica global. Disponível em: <<https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,maior-fonte-de-energia-do-mundo-carvao-ainda-responde-por-38-da-matriz-eletrica-global,70003868253>>. Acesso em: 27 set. 2022.

FRIEDENBERG, L.; MARLENE, R.; SANTANA, C. Propriedades de óleos isolantes de transformadores e a proteção do meio ambiente. Disponível em: <<http://www.abes-rs.org.br/qualidade2014/trabalhos/id868.pdf>>.

Funções do óleo isolante para transformador. Disponível em: <<https://www.datalink.srv.br/artigos/funcoes-do-oleo-isolante-para-transformador>>. Acesso em: 26 set. 2022.

MOTA, M. F. B. Desenvolvimento de métodos analíticos para quantificação de elementos em óleos lubrificantes. 2017. 110 f.

Reis, B. F. et al. A multicommutated flow system for the determination of copper, chromium, iron and lead in lubricating oils with detection by flame AAS. *Talanta*, v.64, n.5, p.1220-1225, 2004.