

## Análise comparativa de métodos de classificação por árvores de decisão para DGA em transformadores de potência

Mateus M. Araújo<sup>1</sup>

PPGEE/UFPI, Teresina, PI

Otacílio M. Almeida<sup>2</sup>

PPGEE/UFPI, Teresina, PI

Abraão G. C. Menezes<sup>3</sup>

EQUATORIAL ENERGIA, Teresina, PI

Fábio R. Barbosa<sup>4</sup>

PPGEE/UFPI, Teresina, PI

Um dos métodos de acompanhamento de transformadores de potência conhecido como DGA (dissolved gas analysis) consiste em medir a concentração de gases contidos no óleo, podendo ser hidrogênio ( $H_2$ ), metano ( $CH_4$ ), acetileno ( $C_2H_2$ ), etileno ( $C_2H_4$ ) e etano ( $C_2H_6$ ) provenientes da decomposição natural ou em decorrência de falhas elétricas ocorridas no isolante. Além destes elementos, é necessário também avaliar as concentrações de monóxido de carbono ( $CO$ ) e dióxido de carbono ( $CO_2$ ) oriundos da deterioração do papel isolante [5].

A literatura conta com diversas técnicas de diagnósticos. Dentre elas destacam-se: método do gás chave, método das razões de Dornenburg e Rogers, triângulo de Duval, métodos de classificação. Dentre os métodos de classificação, pode-se destacar a implementação de algoritmos para aprendizagem supervisionada que consiste em receber como entrada o valor correto da função desconhecida  $e$ , a partir daí, tentar recuperar a função desconhecida. Exemplificando, seria informar ao usuário uma coleção de exemplos  $f$ , retornando uma função  $h$  que se aproxime de  $f$  [2]. Tal conceito apresentado anteriormente é conhecido como tarefa de inferência indutiva. A tarefa de indução pode ser resolvida por classificadores, dentre os quais destacam-se: redes neurais, algoritmos genéticos, árvores de decisão.

De acordo com o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), o sistema brasileiro conta com 170.115 MW de capacidade instalada. A previsão ainda segundo a ONS é que, até dezembro de 2025, este valor chegue a 181.375 MW [8]. Para garantir que a geração seja escoada em todo o país é necessário a instalação, manutenção e monitoramento de diversos componentes, dentre eles os transformadores de potência. Devido ao seu valor de mercado e sua importância no sistema elétrico, é necessário garantir o seu funcionamento em perfeitas condições. Para tanto, é imprescindível entender seu funcionamento e mapear possíveis disfunções relacionadas à sua operação.

Dentre os possíveis problemas, destaca-se o envelhecimento natural dos componentes dos equipamentos instalados [1]. Ao longo dos anos, foram desenvolvidas técnicas para detecção de falhas que consistem na avaliação da qualidade do óleo mineral no transformador, sendo este utilizado para isolamento e refrigeração.

A pesquisa tem como objetivo desenvolver a análise de gás dissolvido em óleo a partir de árvores de decisões. A árvore de decisão (DT) é um método de aprendizado supervisionado não

---

<sup>1</sup>mademelo@outlook.com

<sup>2</sup>otacilio@ufpi.edu.br

<sup>3</sup>abraao.menezes@equatorialenergia.com.br

<sup>4</sup>fabiorocha@ufpi.edu.br

paramétrico para classificação e regressão. O objetivo é criar um modelo que possa prever o valor da variável de destino e aprender regras de decisão simples inferidas de fontes de dados [7].

Os algoritmos implementados pela árvore de decisão são: ID3, C4.5, C5.0 e CART. Os mesmos seguem uma ordem cronológica de desenvolvimento e aprimoramento. A pesquisa utiliza linguagem Python para realizar a análise de dados. Logo, o algoritmo utilizado é o CART, que consiste em construir árvores binárias usando o recurso e o limite, gerando ganhos de informação em nós.

A amostra utilizada na pesquisa conta com 162 valores concatenados, sendo estes 117 retirados de [3], 39 extraídos de [4] e 6 casos de transformadores em operação em [6]. Para mensurar o grau de precisão do algoritmo, o modelo é submetido à matriz de confusão, realizando a relação entre o somatório das previsões corretas sobre o total.

Após implementação, o algoritmo desenvolvido em CART, com linguagem em Python, para as 162 amostras apresentou precisão de 97,53%, atingindo assim um alto índice de acerto. As metodologias mencionadas anteriormente foram implementadas no software SIPINA, onde apresentaram resultados satisfatórios, porém inferiores ao empreendido em Python. O elevado grau de confiabilidade e o alto índice de acerto tornam a ferramenta proficiente para ações corretivas, evitando assim a utilização do equipamento em condições críticas.

## Referências

- [1] Barbosa, F. R. Diagnóstico de falhas incipientes a partir das propriedades físico-químicas do óleo isolante em transformadores de potência como método alternativo à análise de gases dissolvidos. Tese de Doutorado, UFCE, 2013.
- [2] Barbosa, J. M., Carneiro, T. G. S., Tavares, A. I. Métodos de Classificação por Árvores de Decisão Disciplina de Projeto e Análise de Algoritmos. 2012. Disponível em: <http://www.decom.ufop.br/menotti/paa111/files/PCC104-111-ars-11.1-JulianaMoreiraBarbosa.pdf>. Acesso em: 13 de março de 2021.
- [3] Duval, M., de Pablo, A. Interpretation of gas-in-oil analysis using new IEC publication 60599 and IEC TC 10 databases, *IEEE Electrical Insulation Magazine*, volume 17, no 2, pages 31 -41, 2001. DOI: 10.1109/57.917529.
- [4] Duval M. A Review of Faults Detectable by Gas-in-Oil Analysis in Transformer, *IEEE Electrical Insulation Magazine*, volume 18, no 3, pages 8 - 17, 2002. DOI: 10.1109/MEI.2002.1014963.
- [5] Menezes, A. G. C. Árvores de decisão para diagnóstico de falhas incipientes em transformadores de potência: novas perspectivas e revisão do triângulo de Duval. Dissertação de Mestrado, UFPI, 2018.
- [6] Naresh R., Sharma V., Vashisth M. An integrated neural fuzzy approach for fault diagnosis of transformers, *IEEE Transactions on power delivery*, volume 23, no 4, pages 2017 - 2024, 2008. DOI: 10.1109/TPWRD.2008.2002652.
- [7] Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., Blondel, M., Prettenhofer, P., Weiss, R., Dubourg, V., Vanderplas, J., Passos, A., Cournapeau, D., Brucher, M., Perrot, M., Duchesnay, E. Scikit-learn: Machine Learning in Python, *Journal of Machine Learning Research*, volume 12, pages 2825 - 2830, 2011.
- [8] Sumário executivo 2020 PAR/PEL. Plano de operação elétrica de médio Prazo do SIN. Operador Nacional do Sistema Elétrico. 2020. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/conhecimento/acervo-digital/documentos-e-publicacoes?categoria=Relat%C3%B3rio+PAR>. Acesso em: 06 de março de 2021.