



## DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE TEMPERATURAS PARA TRANSFORMADORES DE BAIXA TENSÃO<sup>1</sup>

**Marlon Coletto Machry<sup>2</sup>, Taciana Paula Enderle<sup>3</sup>, Sabrina Jurach<sup>4</sup>, Maurício de Campos<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Pesquisa produzida durante o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Tecnológica

<sup>2</sup> Estudante do curso de Engenharia Elétrica da UNIJUÍ. Bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica financiado pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - PIBIC/UNIJUÍ.

<sup>3</sup> Professora do curso de Engenharia Elétrica da UNIJUÍ, Orientadora do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Tecnológica financiado pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - PIBITI/UNIJUÍ e PIBIC/UNIJUÍ.

<sup>4</sup> Estudante do curso de Engenharia Elétrica da UNIJUÍ. Bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Tecnológica e Inovação financiado pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - PIBITI/UNIJUÍ.

<sup>5</sup> Professor do curso de Engenharia Elétrica da UNIJUÍ e Coorientador da Pesquisa.

### INTRODUÇÃO

Transformadores são equipamentos indispensáveis nas redes de distribuição de energia. Por serem relativamente custosos, estudos acerca da vida útil dos mesmos torna-se um campo de interesse. Segundo a Norma IEEE STD C57.9, aplicável a transformadores aéreos com resfriamento à óleo mineral, alguns dos fatores mais importantes para o cálculo de vida útil do transformador são as temperaturas de operação do mesmo, principalmente a temperatura de Hotspot, o ponto mais quente do enrolamento (LIU et al., 2019).

Por se localizar no interior dos enrolamentos, o acesso a essa área para medição da temperatura se torna inviável por meios convencionais, é necessário o uso de fibra óptica por exemplo, para tal é necessário realizar a instalação durante o processo de fabricação do transformador. Desta forma, tornando o custo deste equipamento ainda mais elevado, além de não ser possível realizar a medição em transformadores já em uso (ENDERLE et al., 2020).

Neste sentido, a alternativa é determinar a temperatura de hotspot através das outras temperaturas que são acessíveis por métodos tradicionais de instrumentação, como as temperaturas do topo do óleo, da carcaça do transformador e ambiente.



Por fim, este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema de aquisição de temperatura para um transformador trifásico refrigerado a óleo.

## **METODOLOGIA**

A primeira etapa para o desenvolvimento do projeto foi realizar um estudo da Norma IEEE STD C57.91, passo importante para compreender o comportamento térmico dos transformadores, bem como a influência que este comportamento tem na vida útil do mesmo, além de avaliar a modelagem matemática deste processo.

A partir disso, em conjunto com o estudo da aplicação de Redes Neurais Artificiais realizado por outra bolsista, foram definidas as grandezas que devem ser monitoradas e analisadas. Definiu-se que as três temperaturas principais seriam a temperatura ambiente, a temperatura da carcaça e a temperatura do topo do óleo, além dos valores de tensão e corrente.

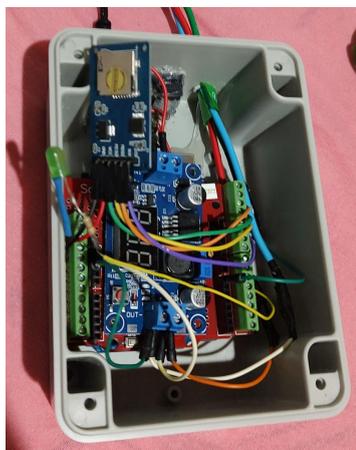
O passo seguinte foi o desenvolvimento do projeto de aquisição destas grandezas, ou seja, definir qual o melhor sensor de temperatura, qual o processador pode ser utilizado, qual a melhor forma de fazer o armazenamento destes dados, bem como a periodicidade da aquisição, entre outras definições importante para garantir a qualidade e precisão das aquisições.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Para a aquisição das temperaturas da carcaça, ambiente e óleo foram utilizados três sensores DS18B20, saída de sinal digital, faixa operacional de  $-55^{\circ}\text{C}$  à  $125^{\circ}\text{C}$  e erro de medição de  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , que serão instalados, respectivamente, na carcaça, próximo a ele e no poço de inspeção do transformador.

Para realizar o processamento e armazenamento dessas informações foi utilizado um microcontrolador Arduino Uno R3 junto a um Módulo Leitor/Gravador de Cartão SD compatível e um LED para indicação do funcionamento, conforme apresentado na Figura 1. A alimentação será realizada por meio de uma fonte 24V e um regulador de tensão que será utilizado para alimentar tanto o Arduino como os sensores, como mostrado na Figura 2.

**Figura 1:** Componentes do sistema de aquisição.



**Fonte:** De autoria própria.

Todo o conjunto será instalado no transformador no Campus de Santa Rosa da UNIJUÍ, juntamente com um analisador de energia para medição de corrente e tensão. Antes de realizar a instalação o equipamento está sendo testado para garantir o seu funcionamento, pois para realizar a instalação no trafo é necessário solicitar os serviços de uma equipe da concessionária de energia local.

**Figura 2:** Sistema de aquisição completo.

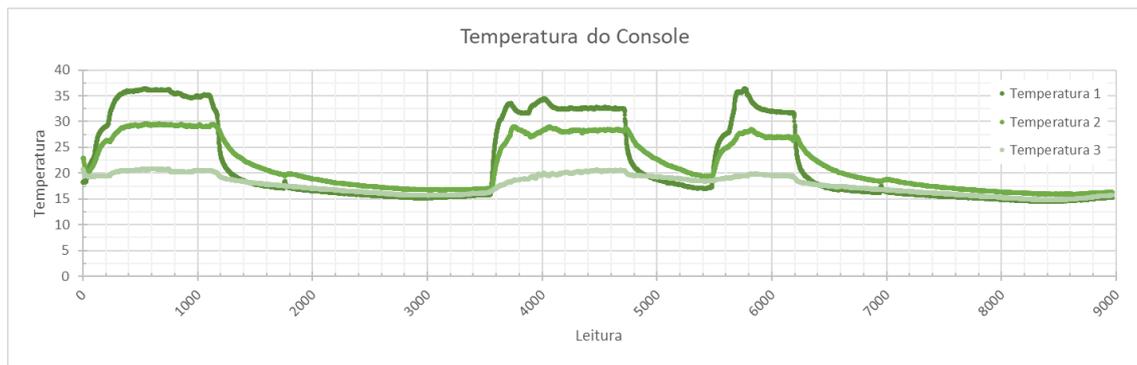


**Fonte:** De autoria própria.

O protótipo desenvolvido foi instalado em um console videogame para monitorar sua temperatura, tendo um sensor diretamente na saída de ar para refrigeração correspondendo a Temperatura 1, um na carcaça correspondendo a Temperatura 2 e outro mais distante da saída de ar correspondendo a Temperatura 3. Realiza uma coleta ou leitura a cada 15 segundos, durante 37 horas. Todas as informações foram gravadas em um cartão

micro SD em formato .txt, esses dados foram então convertidos em uma tabela e um gráfico foi gerado.

**Figura 3:** Gráfico gerado a partir das coletas do sistema.



**Fonte:** De autoria própria.

Pode-se notar os momentos em que o aparelho está ligado devido ao aumento da temperatura, em três ocasiões distintas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar a vida útil de transformadores de distribuição de energia, considerando os diferentes tipos e características no contexto de smart grids. Tendo em mente os fatores que inviabilizam a instrumentação dos equipamentos já em operação, torna-se necessário contornar este desafio, considerando que para atender este objetivo é importante conhecer o comportamento deste transformador, quais suas características de operação, níveis de corrente e tensão, bem como as temperaturas do enrolamento.

Neste sentido, este trabalho apresentou a proposta de um sistema de aquisição para a instrumentação das temperaturas mais significativas para o estudo, definidas baseada na modelagem matemática apresentada na Norma da IEEE STD C57.9, que trata do comportamento térmico dos transformadores aéreos isolados com óleo mineral. Posteriormente, estas informações podem ser aplicadas a uma RNA para determinar as condições de operação dos transformadores e assim auxiliar na tomada de decisão das concessionárias e permissionárias.

Por fim, a partir dos testes e resultados preliminares, o protótipo atende de maneira satisfatória as aplicações que lhe foram atribuídas. Se prova confiável e prático e auxiliará no êxito das demais etapas. Neste sentido, como próximas etapas, pretende-se fazer a instalação no transformador do campus da UNIJUÍ em Santa Rosa, e após realizar uma avaliação da relação entre a temperatura da carcaça e a temperatura do óleo do transformador, e além disso, uma avaliação relacionando a temperatura do óleo com o carregamento do transformador. Assim, realizando a instrumentação de um transformador, obtendo os dados de temperatura e informações de corrente e tensão poderão ser empregados em uma RNA (Rede Neural Artificial) capaz de determinar a temperatura alvo por meio dos dados de entrada coletados.

**Palavras-chave:** Aquisição de Sinais. Instrumentação. Norma Técnica. Transformadores. Vida útil.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Daosheng Liu, Christopher Garang Deng, Xiangdong Xu, Ye Jing, Xiaofan Li, Romaric Kammeugue Noubissi e Xiaolong Li. Investigation on Heating Aging Mechanism of Cellulose Paper for Oil-Immersed Transformer Main Insulation. 2019. doi: 10.1109/ICDL.2019.8796764.

“IEEE Guide for Loading Mineral-Oil-Immersed Transformers and Step-Voltage Regulators - Redline”. Em: IEEE Std C57.91-2011 (Revision of IEEE Std C57.91-1995) - Redline (2012), pp. 1–172.

Libraries - Arduino Reference. Arduino.cc. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/>>. Acesso em: 31 jul. 2023.

Taciana Enderle, Airam Sausen, Maurício Campos e Paulo Sausen. Modelagem matemática do comportamento térmico de subestações subterrâneas considerando dados reais. Jul. de 2020. doi: 10.5335/rbca.v12i3.10089. url: <http://seer.upf.br/index.php/rbca/article/view/10089>.