



Evento: XII Seminário de Inovação e Tecnologia

## **DESENVOLVIMENTO DAS PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO PARA SUBESTAÇÕES<sup>1</sup>**

**DEVELOPMENT OF PRINTED CIRCUIT BOARDS FOR A SUBSTATION MONITORING SYSTEM**

**Lorenzo Ratzlaff Hermann<sup>2</sup>, Gustavo Eckhardt<sup>3</sup>, Cristina Schoefer Dessbesell<sup>4</sup>, Luís Fernando Sauthier<sup>5</sup>, Maurício de Campos<sup>6</sup>, Paulo Sérgio Sausen<sup>7</sup>**

<sup>1</sup> Pesquisa institucional desenvolvida no Departamento de Ciências Exatas e Engenharias (DCEEng), pertencente ao Grupo de Automação Industrial e Controle (GAIC) e financiada pela Companhia Estadual de Energia Elétrica do Rio Grande do Sul (CEEE-D).

<sup>2</sup> Bolsista PROFAP/CEEE, aluno do curso de Engenharia Elétrica da Unijuí, [lorenzo.hermann@sou.unijui.edu.br](mailto:lorenzo.hermann@sou.unijui.edu.br).

<sup>3</sup> Bolsista PROFAP/CEEE, aluno do curso de Engenharia Elétrica da Unijuí, [gustavo.eckhardt@sou.unijui.edu.br](mailto:gustavo.eckhardt@sou.unijui.edu.br).

<sup>4</sup> Bolsista PROFAP/CEEE, aluna do curso de Engenharia Elétrica da Unijuí, [cristina.dessbesell@sou.unijui.edu.br](mailto:cristina.dessbesell@sou.unijui.edu.br).

<sup>5</sup> Professor Mestre no Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da Unijuí, [luis.sauthier@unijui.edu.br](mailto:luis.sauthier@unijui.edu.br).

<sup>6</sup> Professor Doutor no Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da Unijuí, [campos@unijui.edu.br](mailto:campos@unijui.edu.br).

<sup>7</sup> Professor Doutor no Departamento de Ciências Exatas e Engenharia da Unijuí, [sausen@unijui.edu.br](mailto:sausen@unijui.edu.br).

### **INTRODUÇÃO**

Nas últimas décadas, com o crescimento populacional e o aumento da demanda por energia elétrica, as atuais redes elétricas instaladas se mostraram vulneráveis e problemáticas, necessitando de melhorias (LAMIN, 2013). Nesse sentido, as Redes Elétricas Inteligentes, *Smart Grids*, cuja operação se baseia principalmente no uso de automação, tecnologia da informação e no massivo fluxo bidirecional de dados entre de sensores, consumidores e concessionárias, se encontram em constante avanço (CAIRES, 2012).

A utilização deste conceito se torna mais importante em regiões onde a rede de distribuição é subterrânea. Ao contrário da rede de distribuição aérea, as falhas em redes subterrâneas, em sua maioria, são permanentes, e localizar estas falhas é um processo demorado (SHAHIN, 2013). Estas interrupções no fornecimento resultam em prejuízos para a concessionária, tanto economicamente, quanto afetando seus índices de qualidade e sua credibilidade (ECKHARDT *et al*, 2021).

Com isso, os equipamentos de monitoramento do sistema elétrico de potência têm assumido papel fundamental (GUNGOR *et al*, 2011). Tais dispositivos são responsáveis por realizar a medição de grandezas elétricas como tensão, corrente, potências aparente, ativa e reativa, além de efetuar a análise harmônica da rede (BARAI *et al*, 2015). Todavia, para



possibilitar a aquisição dessas grandezas de forma eficaz e precisa, torna-se necessário o desenvolvimento de sistemas embarcados para tal finalidade, que apresentem os circuitos necessários tanto para as medições, como para a comunicação e envio dos dados.

Portanto, o presente resumo expandido objetiva apresentar o desenvolvimento das placas de circuito impresso de um sistema modular de monitoramento de subestações, o qual será instalado na rede elétrica subterrânea da cidade de Porto Alegre.

### METODOLOGIA

O sistema de monitoramento é composto, basicamente, por três placas de circuito impresso (PCB), sendo elas a Placa Principal, a Placa de Aquisição de Grandezas do Secundário e o Módulo de Aquisição, o qual é responsável por realizar as medições das grandezas elétricas pertinentes do transformador e irá acoplado nas duas placas citadas anteriormente.

Nesse sentido, optou-se por usar o mesmo *layout* para a Placa Principal e do Secundário, de modo a garantir o baixo custo de fabricação e facilidade de implementação na prática. Em resumo, o que diferencia uma placa da outra são apenas os componentes eletrônicos soldados, em decorrência da utilização, ou não, de algum periférico ou funcionalidade do sistema.

Conseqüentemente, foram projetadas, com o auxílio do *software* Altium Designer©, somente duas PCBs distintas, sendo um *layout* para a Placa Principal/Secundário e outro para o Módulo de Aquisição. Como o sistema ainda se encontra em fase inicial de testes, as placas foram fabricadas em número reduzido e a soldagem das mesmas foi realizada manualmente.

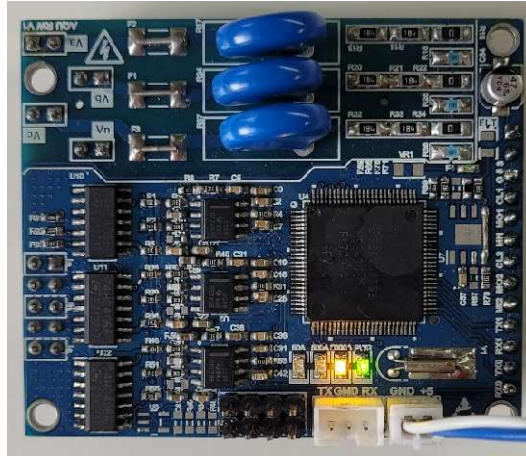
### RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Módulo de Aquisição, apresentado na Figura 01, consiste em um sistema embarcado baseado no microcontrolador MSP430F67791A responsável por realizar a medição de grandezas elétricas como corrente, tensão, potências ativa, reativa e aparente, fator de potência, entre outras. Como citado anteriormente, tal módulo é acoplado tanto na Placa Principal quanto na Placa do Secundário, sendo de fácil substituição em caso de problemas.

Relativo ao *hardware* implementado na placa em questão, ela conta com circuitos integradores analógicos com seleção automática da faixa de medição para leitura de corrente através de Bobinas de Rogowski, circuitos de aquisição de tensão, além de dispositivos de proteção e LEDs para indicação de funcionamento.



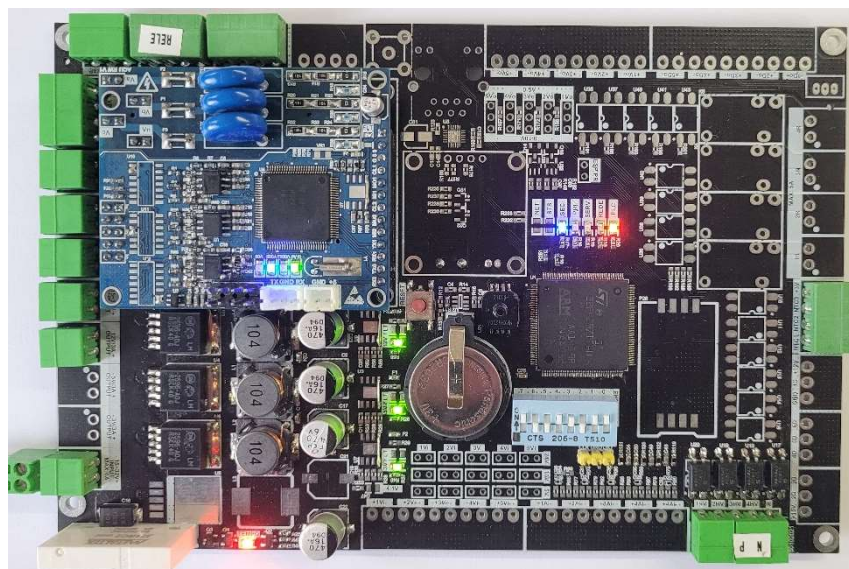
Figura 01 – Módulo de Aquisição.



Fonte: Os autores, 2022.

A Placa do Secundário, apresentada na Figura 02, tem seu funcionamento baseado no microcontrolador STM32F429ZITU6 e realiza a medição das grandezas do secundário através do Módulo de Aquisição, o qual envia os valores medidos para o ARM por meio de comunicação serial UART. Outrossim, monitora os sensores de pressão e temperatura do protetor e envia tais informações para a Placa Principal através de um modem que utiliza a tecnologia de *Power Line Communication (PLC)*.

Figura 02 – Placa do Secundário.



Fonte: Os autores, 2022.

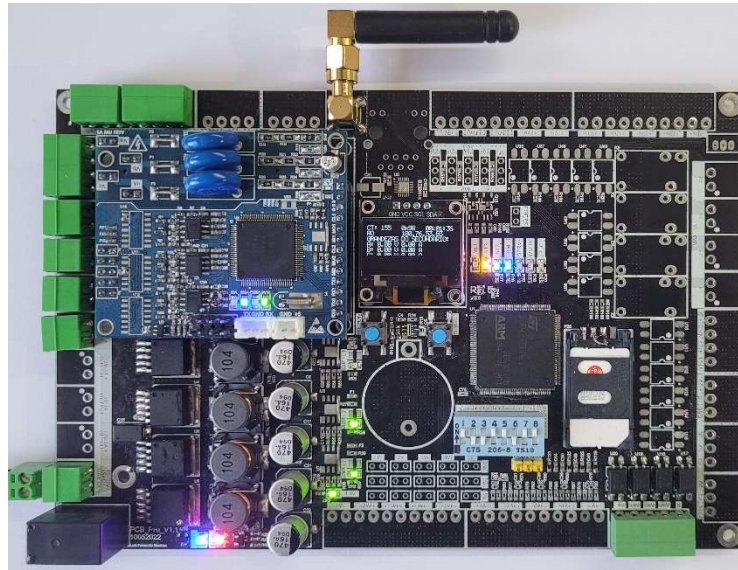
A Placa Principal é responsável pelo gerenciamento de todo o sistema. Recebe os dados provindos da Placa do Secundário, realiza a medição das grandezas do primário através do Módulo de Aquisição, verifica os sensores de alagamento, pressão e intruso instalados na





subestação, além de gerir a comunicação para fora da câmara subterrânea via GPRS/3G/4G. Como possui um número significativamente maior de funções que a Placa do Secundário, a densidade de componentes soldados é maior, conforme pode ser visto na Figura 03.

Figura 03 – Placa Principal.



Fonte: Os autores, 2022.

Além das funções supracitadas, a Placa Principal também apresenta um *display* OLED que exibe, em tempo real, o valor das grandezas elétricas monitoradas tanto no primário como no secundário do transformador, além de possíveis códigos de erro e o endereço da placa, identificando-a. Tal display foi implementado visando auxiliar durante a manutenção do sistema.

Ademais, no que tange a confiabilidade e segurança do sistema, ambas as placas apresentam um circuito de *Hard Reset*, o qual, ao detectar a ocorrência de alguma falha persistente no sistema, o desliga e reinicia automaticamente. Ainda nesse âmbito, de forma a evitar possíveis danos físicos ao *hardware*, foram implementados circuitos de proteção utilizando diodos e fusíveis eletrônicos.

Por fim, vale destacar que ambas as placas possuem diversas entradas e saídas, tanto digitais como analógicas, com suporte a vários níveis de tensão adotados no ambiente industrial, tornando possível a leitura e acionamento de vários dispositivos como sensores, relés e atuadores, agregando na usabilidade do sistema para futuras aplicações.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS



As placas de circuito impresso desenvolvidas para o sistema de monitoramento apresentaram resultados satisfatórios em sua primeira versão, visto que, após a realização dos testes iniciais, verificou-se o correto funcionamento do sistema, bem como o cumprimento dos objetivos relacionados a modularidade, compactação e simplicidade em termos de *hardware*. Salienta-se que, devido à escassez de determinados componentes eletrônicos decorrente dos impactos causados pela pandemia do COVID-19 no mercado mundial, foram necessárias a realização de algumas modificações na versão apresentada do sistema, as quais ainda poderão ser alteradas para a versão final deste.

**Palavras-chave:** Redes Elétricas Inteligentes. Monitoramento. Medição. Subestação.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UNIJUÍ e a CEEE/Equatorial pelo apoio financeiro a este projeto e ao GAIC pela disponibilização dos laboratórios para desenvolvimento do sistema.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARAI, Gouri R.; KRISHNAN, Sridhar; VENKATESH, Bala. Smart metering and functionalities of smart meters in smart grid-a review. In: **2015 IEEE Electrical Power and Energy Conference (EPEC)**. IEEE, 2015. p. 138-145.

CAIRES, Luis Eduardo. **Aplicação de Redes Inteligentes nas Instalações Elétricas Residenciais**. 2012. 184 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

ECKHARDT, Gustavo, COPETTI, Douglas. F., HERMANN, Lorenzo. R., JUNIOR, Renê R. E., SAUSEN, Paulo S., de CAMPOS, Maurício. Simulação de um trecho do sistema de distribuição radial seletivo subterrâneo em média tensão da CEEE-D. **Salão do Conhecimento**, v. 7, n. 7, 2021.

LAMIN, Hugo. **Análise do Impacto Regulatório da Implantação de Redes Inteligentes no Brasil**. 2013. 322 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

SHAHIN, Moustafa A. Smart Grid self-healing implementation for underground distribution networks. In: **2013 IEEE Innovative Smart Grid Technologies-Asia (ISGT Asia)**. IEEE, 2013. p. 1-5.