



PROPOSTA DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO DO CONSUMO ENERGÉTICO COMO ESTRATÉGIA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INSTITUIÇÃO DE ENSINO

Marcos Vinicius Souza Silva¹
Sabrina Montenegro Basto²
Alexandre Akira Kida³

INTRODUÇÃO

A geração de energia elétrica acarreta diversos impactos ambientais, seja a partir de fontes de energia renováveis ou não. Segundo o balanço energético nacional desenvolvido pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2022), o balanceamento da oferta interna de energia do país no ano de 2021 foi de 44,7% renovável e 55% não-renovável. No mesmo ano, a emissão de gases de carbono a partir da geração de energia chegaram a ser 445,4 milhões de toneladas.

As usinas hidrelétricas (UHE) que possuem destaque na matriz energética do país, em 2021, foram responsáveis pela produção de 11% do total produzido pelo país, mesmo com a crise hídrica ocorrida no ano (EPE, 2022). Mesmo sendo uma fonte renovável de energia, da instalação até o funcionamento da UHE, há processos em que ocorre a liberação dos gases do efeito estufa (GONÇALVES, 2014). A produção de energia causa impactos ambientais, o desperdício deste recurso acarreta aumento na geração e, conseqüentemente, nos impactos ambientais.

O uso de forma não eficiente da energia elétrica faz com que o sistema elétrico de geração, transmissão e distribuição seja superdimensionado. Muito desperdício desenvolvido remete-se ao uso de forma descuidada da energia elétrica e pela ausência de métricas para comparação do desempenho de equipamentos (VIANA et. al, 2007). Uma forma de obter maior eficiência energética consiste em identificar e eliminar os desperdícios no consumo. Os

¹Discente do Curso Técnico em Eletromecânica do Instituto Federal da Bahia – Campus Jacobina, vininhosmarcos@outlook.com;

²Discente do Curso Técnico em Eletromecânica do Instituto Federal da Bahia – Campus Jacobina, sabrinamontenegrob@gmail.com;

³Professor orientador: Mestre, Instituto Federal da Bahia – Campus Jacobina, alexandre.kida@ifba.edu.br.

sistemas de monitoramento do consumo energético podem auxiliar nesta tarefa permitindo monitorar em tempo real o uso da energia elétrica em equipamentos ou espaços (salas, laboratórios etc.). Dessa forma, torna-se mais fácil identificar gastos energéticos desnecessários e analisar o desempenho de equipamentos elétricos visando uma possível manutenção ou substituição destes. Assim, objetiva-se um impacto positivo diretamente econômico e indiretamente ambiental. Portanto, se o consumidor estiver ciente do seu consumo energético, será possível traçar estratégias para que seu uso seja mais eficiente, reduzindo assim o montante mensalmente à concessionária (KLAUS, 2017).

Em suma, este trabalho propõe um sistema de monitoramento remoto do consumo de energia elétrica utilizando Arduino como estratégia de redução do desperdício energético na instituição de ensino. Desta forma, será possível avaliar em tempo real e de qualquer lugar – desde que haja uma conexão à internet e o consumo energético dos ambientes monitorados.

METODOLOGIA

Para a construção do sistema de monitoramento do consumo energético foram utilizados diversos equipamentos, reais e virtuais, sendo eles: a placa protoboard, o Arduino UNO, o Arduino IDE, o sensor de corrente SCT-013, o sensor de tensão ZMPT101b, a plataforma Cayenne e o multímetro ET-3111. O orçamento dos sensores e do Arduino ficaram em torno de R\$180.

A placa protoboard é constituída por uma ou mais matrizes de orifícios atuando como pontos de contato para outros componentes, permitindo a criação de protótipos de forma simples e rápida.

O Arduino UNO é uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto de uso facilitado e simplificado de forma que usuários sem muito conhecimento de eletrônica possam desenvolver seus projetos. O Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) é o *software* utilizado para escrever e enviar o código (programa) para a placa Arduino, o mesmo conta com funções C e C++ sendo compatível com os sistemas operacionais Windows e Linux (ARDUINO, 2022). Nesta IDE também é possível obter bibliotecas de códigos prontas disponibilizadas por outros usuários, agilizando à implementação de projetos.

O sensor de corrente SCT-013 é um medidor não-invasivo capaz de medir correntes alternadas de até 100 A, funcionando como um transformador de corrente de razão de transformação 100 A para 0,05 A (WALL, 2020). O fato de ser não-invasivo significa que

não é necessário interromper o fluxo da corrente elétrica para realizar a medição, facilitando assim sua instalação. Este dispositivo realiza uma medição indireta, de forma que o Arduino recebe um sinal com amplitude reduzida, porém proporcional, da corrente do equipamento monitorado. Para utilizá-lo junto ao protoboard foi inserido o Conector Jack P2 3,5mm que auxilia no encaixe da saída do sensor.

O ZMPT101b é um sensor de tensão utilizado para medir tensão alternada com valor eficaz de até 250 V. Este é alimentado por tensão contínua de 5 V a 30 V, possui bornes a parafuso para entrada de energia e mais dois pinos para saída de sinal. A saída deste sensor é um sinal analógico cuja referência pode ser ajustada por um potenciômetro.

Para realizar o monitoramento real, foi utilizada uma plataforma gratuita de internet das coisas (do inglês IoT) baseada no protocolo de mensagens MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) denominada Cayenne. Desta forma, é possível integrar o Arduino com a internet por meio da virtualização das suas entradas e saídas, conseguindo sobrepor os obstáculos envolvendo distâncias, permitindo acompanhar em tempo real os estados dos sensores.

Um multímetro da Minipa de modelo ET-3111 foi utilizado como referência para avaliar a exatidão do protótipo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para realizar a montagem experimental do protótipo foram utilizadas como carga duas lâmpadas de 60 W ligadas à rede de 220 V.

O sensor de corrente estava conectado de tal forma que toda corrente demandada pelas cargas passava por ele. No que tange o condicionamento do sinal, foi utilizado um capacitor de 10 μF para filtragem de ruídos e dois resistores de 100 k Ω em série que assumiam o papel de divisor de tensão. Nesta configuração, o terminal de referência do sensor de corrente foi conectado neste divisor de tensão afim de deslocar a referência de 0 V para 2,5 V. Desta forma, o sinal alternado da corrente elétrica que podia variar entre -2,5 V a 2,5 V foi condicionado para variar entre 0 V a 5 V, permitindo assim a leitura pelo Arduino que não lê sinais de tensão negativos. Foram realizadas cinco voltas no núcleo do sensor para aumentar a sua sensibilidade. Nesta configuração, o sinal referente à corrente estará multiplicada por cinco, bastando realizar a sua compensação no programa.

O sensor de tensão estava conectado em paralelo com as lâmpadas. Este possui um circuito de condicionamento de sinal interno. Ou seja, a saída deste sensor está compreendida entre 0 V a 5 V, sendo adequada ao Arduino. As saídas dos sensores de tensão e corrente foram direcionadas às entradas analógicas do Arduino UNO, que era alimentado com 5 V a partir de um notebook utilizando um cabo com entrada USB.

Para que haja uma maior concordância entre os valores lidos pelos sensores com os valores reais, é necessário realizar uma calibração dos sensores com alguma referência. Neste trabalho, os valores de referência de tensão e corrente foram obtidos por meio de um multímetro comercial Minipa ET-3111. A calibração foi realizada a partir de uma relação matemática dentro do programa de forma que os valores de tensão e corrente obtidos tenham uma maior exatidão. A título de exemplo, a constante de calibração original era de 110,8. Neste caso, uma corrente de 1,4 A (avaliada pelo amperímetro de referência) estava sendo interpretada pelo sensor como 81,0 A. A nova constante de calibração foi calculada por $X = 110,8 \times 1,4 / 81,0 = 1,93$. Com esta constante, o valor da corrente medida passou a ser 1,4 A.

Com posse dos valores de tensão e corrente, foi possível avaliar tanto a potência instantânea quanto o consumo energético. Toda programação foi realizada na interface Arduino IDE, que propicia o uso de bibliotecas que possuem funções específicas que auxiliam na solução de problemas. No projeto em questão, utilizou-se a biblioteca Emon.lib, fornecida pela iniciativa Open Energy Monitor, que possui funções específicas para o cálculo dos valores eficazes de tensão e corrente, bem como do cálculo da potência ativa instantânea, foi utilizado a função millis para obter os instantes de tempo necessários para realizar os cálculos do gasto energético a partir da potência ativa instantânea.

Com o *shield* Ethernet do Arduino, foi possível conectar o microcontrolador à internet, permitindo assim desenvolver um sistema de monitoramento remoto. Os dados obtidos pelos sensores do Arduino eram transmitidos à plataforma Cayenne, vinculada a um login e senha, de forma que foi possível ler remotamente as variáveis de entrada do Arduino. Como teste, também conectamos um potenciômetro em uma das entradas analógicas do microcontrolador e foi possível ler o seu valor online. Devido às restrições da plataforma, os dados são atualizados a cada 15 segundos. Na Cayenne, é possível elaborar gatilhos, ou seja, condições que se forem satisfeitas irão realizar uma ação. Nesta proposta, os gatilhos estão relacionados com a verificação do consumo energético fora do horário de aulas. Caso tal situação seja identificada, a ação a ser tomada será enviar um alerta por mensagem (SMS, Whatsapp ou email) ao setor responsável no campus. Como trabalho futuro, os autores deste trabalho irão



desenvolver uma interface mais amigável para o monitoramento dos dados, com gráficos mais detalhados e possibilidade de geração automática de relatórios. Neste primeiro momento, foram realizados apenas testes de bancada de laboratório. No futuro, serão desenvolvidas mais unidades do medidor para que estas possam ser instaladas nas salas da instituição de ensino, aumentando o número de ambientes monitorados. Com posse dos medidores espalhados em toda instituição, será possível avaliar os impactos desta estratégia na conta de luz.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os impactos ambientais causados pela geração da energia elétrica são graves e é desejável que estes sejam minimizados. A redução do consumo energético é uma estratégia viável para a redução destes impactos. Nesse sentido, esse projeto propôs obter a eficiência energética por meio do monitoramento remoto em tempo real do consumo energético na instituição de ensino. Os resultados obtidos a partir da bancada de laboratório apontam que é possível desenvolver um sistema de monitoramento remoto seguro, eficiente, de fácil implementação e de baixo custo. Ao monitorar o consumo de energia elétrica, é possível identificar usos desnecessários deste recurso, tomar medidas corretivas e melhorar a eficiência energética da instalação.

Palavras-chave: Eficiência Energética; Arduino; Monitoramento Remoto.

REFERÊNCIAS

ARDUINO. **Arduino Uno**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3?queryID=undefined>. Acesso em: 11 jun. 2022.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. **Balanco Energético Nacional (BEN) 2022: Ano Base 2021**, 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2022>. Acesso em: 12 jun. 2022.

GONÇALVES, I. **O Impacto da diminuição do desperdício de energia elétrica para a economia de água**. [S. l.], 24 out. 2014. Disponível em: <https://administradores.com.br/artigos/o-impacto-da-diminuicao-do-desperdicio-de-energia-eletrica-para-a-economia-de-agua>. Acesso em: 12 jun. 2022.



KLAUS, C. B. **Redução de custo através do uso eficiente da energia elétrica: estudo de caso em uma empresa do ramo alimentício do Vale do Paranhana/RS.** V. 6, N. 1, 2017.

VIANA, A. N. C. et al. **Eficiência Energética: Fundamentos e Aplicações.** 1 ed. Campinas - SP, 2012.

WALL, R. **YHDC SCT-013-000 Current Transformer.** [S. 1.], 2020. Disponível em: <https://learn.openenergymonitor.org/electricity-monitoring/ct-sensors/yhdc-sct-013-000-ct-sensor-report>. Acesso em: 10 jun. 2022.