

# Um Sistema de Tempo Real para Medição do Consumo Energético e Prevenção de Incidentes Elétricos Domésticos

Giselle Matos  
CEFET/RJ–Campus Petrópolis  
giselle.mourao@aluno.cefet-rj.br

André Monteiro  
CEFET/RJ–Campus Petrópolis  
andre.monteiro@cefet-rj.br

## ABSTRACT

This work presents a system for remote monitoring of household electrical devices. A sensor network based on Arduino attached with power meters and actuators is proposed. The values collected by the power meters are presented to the user in real time through an App for smartphones. Moreover, the system will be able to turn off electrical devices when a power overload is about to occur. These features are aimed to avoid waste of energy and domestic incidents caused by power overload or electrical failures. To analyze the feasibility of the system, real tests were performed using an App prototype and a cloud computing platform where the data collected by the sensor network are analyzed and stored.

## KEYWORDS

SENSORS NETWORK, HOUSEHOLD POWER CONSUMPTION, CLOUD COMPUTING, MOBILE COMPUTING

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil encontra-se em situação de destaque no Mundo em relação a sua matriz elétrica. Conforme descrito em [1], a matriz elétrica brasileira apresenta um índice de 83% de fontes renováveis, enquanto que o índice médio dos demais países é de apenas 14%. Além disso, o país vem se destacando na utilização de novas energias renováveis como eólica e solar, principalmente na região Nordeste e em cidades litorâneas do Sudeste. Grande parte desse resultado se deve a utilização de usinas hidroelétricas para geração de energia, que são responsáveis por 65,2% do total de energia gerada no Brasil. Apesar da matriz elétrica sustentável, o Brasil está na 20<sup>o</sup> posição do ranking global de eficiência energética, que mede o desperdício associado ao sistema energético de um país.

Em relação aos principais setores responsáveis pelo consumo da energia gerada em nosso país, o setor residencial detém uma parcela de 29%, segundo o Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2022 ano base 2021 [2]. Conforme apontado em estudo realizado durante os anos de 2008 a 2016 descrito em [3], o segmento residencial é aquele onde há mais desperdício de energia no país, com um desperdício médio de 15% no decorrer do período mencionado. Isso ocorre em virtude dos demais segmentos (indústria e comércio) já adotarem soluções voltadas para a eficiência energética de seus parques de produção na últimas décadas, visto que essa ação é diretamente relacionada ao aumento de produtividade e redução de custos desses setores. Ainda segundo o referido estudo, o fator chave para essa elevada taxa de desperdício no segmento doméstico é a não conscientização da população sobre o desperdício de energia em suas casas. Isso ocorre pela falta de clareza e transparência sobre o consumo dos principais aparelhos elétricos, com ausência de medições em tempo real para um acompanhamento mais efetivo dos consumidores.

Além da oportunidade para aumentar a eficiência energética em residências, outro ponto relevante são os incidentes elétricos ocorridos no referido ambiente. Segundo o Anuário Estatístico de Acidentes de Origem Elétrica 2022 ano base 2021, ocorreram no Brasil 637 incêndios decorrentes de sobrecarga elétrica em residências com um total de 47 vítimas fatais. Cabe ressaltar que esses incêndios ocorreram em virtude do superaquecimento dos condutores elétricos em circuitos residenciais, causado por sobrecarga no uso de aparelhos. Considerando o ano de 2013 na série histórica do referido estudo, os números de acidentes registrados em 2021 correspondem a um aumento de aproximadamente 52% na ocorrência desses incidentes. Esse crescimento é relacionado a maior presença das pessoas em suas residências em função do distanciamento social motivado pela COVID-19, e seus reflexos nos hábitos da população após o período pandêmico como o regime de trabalho em *home office*, ensino à distância, dentre outros.

O presente trabalho apresenta uma solução em construção para abordar os dois fatores indicados acima: reduzir o desperdício de energia em ambientes residencial e mitigar os incidentes relacionados a aparelhos elétricos domésticos. Para atingir esses objetivos, a solução é baseada em um módulo Arduino acoplado a um sensor de medição de corrente elétrica e a um atuador. Os valores de consumo coletados pelo sensor são enviados pelo Arduino para uma plataforma de computação em nuvem, sendo possível observar os valores lidos em tempo real utilizando um App para dispositivos móveis. Por meio do atuador será possível o desligamento remoto do aparelho elétrico especificando políticas de consumo pré-definidas ou por um comando do usuário via App. Os detalhes da solução proposta são apresentados a seguir, além dos resultados iniciais obtidos com a implementação de um protótipo do sistema.

## 2 SOLUÇÃO PROPOSTA

A Arquitetura da solução proposta neste trabalho é apresentada na Fig. 1. Um sensor medidor de corrente elétrica e um atuador são acoplados a um Arduino Uno R3, que possui um módulo Wi-Fi Esp8266. Os dados coletados pelo sensor são encaminhados a um Gateway, que é responsável por direcionar as informações via internet para a plataforma ThingSpeak de computação em nuvem, adotando assim um modelo arquitetural bastante explorado na literatura, conforme analisado em [4].

O ThingSpeak assume o papel de servidor de dados, com o armazenamento dos valores de consumo de energia coletados pelo Arduino. Além disso, também atua como servidor de aplicação com o atendimento das requisições HTTP enviadas pelo App para mostrar os valores de consumo em tempo real, e tratar as requisições de desligamento de aparelhos elétricos comandadas via App. A escolha da referida plataforma para utilização neste trabalho justifica-se por sua disponibilidade gratuita, e pela simplicidade na configuração da

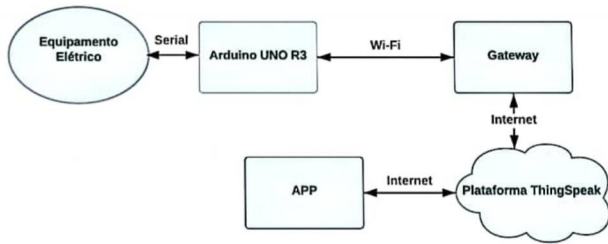


Figura 1: Arquitetura da solução proposta

mesma. A configuração do canal de comunicação entre o Gateway e a plataforma é realizada de forma intuitiva, sem necessidade de ajustes mais complexos no código fonte da aplicação.

Diversos trabalhos presentes na literatura propõem abordagens para medição ou predição do consumo elétrico em um ponto da casa, conforme descrito em [5], [6] e [7]. Em geral, os trabalhos presentes na literatura focam na acurácia da medição, e na modelagem de soluções menos invasivas nas instalações elétricas da residência. Desta forma, essas abordagens não proveem uma visão holística sobre os fatores mais relevantes associados às instalações elétricas de uma residência, como a redução do desperdício de energia e a prevenção de incidentes elétricos residenciais, por exemplo. O presente trabalho tem por objetivo abordar esses dois fatores de forma integrada, viabilizando um acompanhamento pelo usuário em tempo real do consumo de pontos elétricos pré-terminados na residência, e auxiliando na prevenção de incidentes por meio do desligamento dos aparelhos elétricos quando uma sobrecarga iminente for detectada.

Para implementação do mecanismo de identificação de sobrecarga, inicialmente faz-se necessário identificar qual aparelho doméstico está ligado a um referido ponto elétrico da casa. Diversas abordagens presentes na literatura apresentam soluções não invasivas para predição do consumo e identificação do aparelho elétrico doméstico em operação, denominadas por NILM (*Non-Intrusive Load Monitoring*). Em geral essas abordagens se diferem em relação ao ponto de coleta do consumo de energia, possibilitando a coleta no quadro central de distribuição da residência ou em ponto elétrico específico. Quando o modelo é destinado à instalação antes do quadro central de distribuição da residência, abordagens baseadas nas ondas harmônicas associadas a um tipo de eletrodoméstico são geralmente utilizadas, conforme descrito em [8] e [9].

Neste presente trabalho optou-se pela identificação automática do aparelho associado à tomada onde o mesmo está conectado, conforme abordagem presente em [10]. A justificativa para esta opção é que a solução proposta contempla a possibilidade de atuação (desligamento) no aparelho elétrico. Ou seja, com a necessidade de um atuador acoplado ao ponto elétrico para que a funcionalidade de desligamento seja viável, a identificação via medição local do referido ponto se mostrou mais apropriada para este cenário.

Uma vez realizada a identificação automática de qual aparelho elétrico está conectado ao ponto de energia monitorado, pode-se estabelecer uma política personalizada de monitoramento. Por exemplo, caso o aparelho identificado seja uma geladeira, não há

necessidade de configuração de política de desligamento, visto que o referido aparelho deve permanecer ligado de forma contínua para o seu bom funcionamento. Entretanto, caso o aparelho seja baseado em geração de calor por resistência elétrica (torradeira, sanduicheira, cafeteira, chuveiro elétrico, etc.), pode-se definir uma política de desligamento automático baseado em tempo de uso. Por exemplo, uma sanduicheira que fica ligada por mais de 20 minutos, ou um chuveiro elétrico por mais de 40 minutos, pode indicar que o usuário esqueceu de efetuar o desligamento do aparelho ao término do uso, e que o mesmo ainda possa permanecer ligado por um longo tempo levando a uma situação de sobrecarga no ponto elétrico. Cabe ressaltar que o processo de identificação do aparelho elétrico conectado, e a definição das políticas de desligamento automático são as próximas atividades a serem abordadas neste trabalho em andamento.

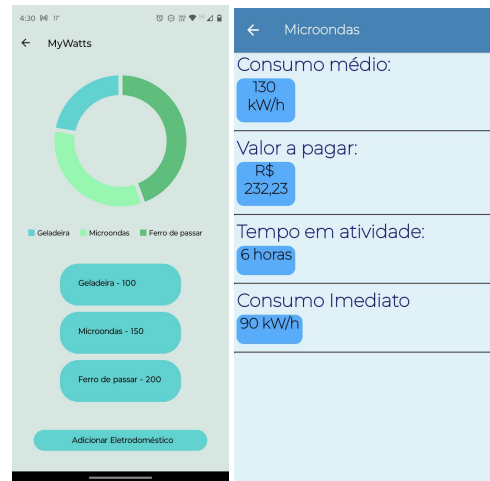


Figura 2: (a) Tela do App com o consumo consolidado de energia (b) Valores apresentados para um microondas

Para avaliar a viabilidade da arquitetura proposta neste trabalho, um App foi desenvolvido utilizando o *framework* React Native. A tela onde é apresentado em tempo real o consumo consolidado medido pela rede de sensores, é apresentada na Fig. 2-a. Os valores indicados na tela do App foram obtidos por meio de requisições HTTP para a API do ThingSpeak. Como resposta às requisições HTTP, o ThingSpeak devolve um arquivo no formato JSON com os dados solicitados. Desta forma, o App faz a interpretação deste arquivo e apresenta as informações para o usuário. Como a rede de sensores ainda não foi implementada, os valores mostrados em Watts foram alimentados manualmente na base de dados da referida plataforma. Na Fig. 2-b é mostrado o consumo de um eletrodoméstico específico (microondas). Nesta caso, os sistema proposto neste trabalho deverá realizar a identificação do mesmo, e os valores em reais apresentados no consumo serão calculados de acordo com a tarifa da concessionária de energia que atende ao local da instalação. O Valor do KW/h utilizado pela concessionária para cálculo da conta de luz do cliente deverá ser informado ao App pelo usuário.

Na Fig. 3 é mostrada a interface gráfica do medidor de corrente acoplado ao Arduino quando um circuito composto por uma lâmpada de 50 Watts conectada a um dimmer para regular a sua potência é configurado. O eixo vertical representa a corrente lida no circuito ( $10^{-1}$  Amperes), e o eixo horizontal indica os intervalos de tempo medidos. No instante 800, o circuito é ligado com o dimmer ajustado para potência de 10%, e aproximadamente no instante 810 o dimmer é subitamente ajustado para a potência máxima (100%), e logo em seguida é retornado para o estado inicial de 10%. O objetivo foi simular um cenário de sobrecarga repentina no circuito, e avaliar como o sensor de corrente captaria este evento. Conforme indicado no gráfico, o sistema capturou a natureza do fenômeno com sucesso, indicando que é viável a especificação de uma política de desligamento do aparelho quando um aumento abrupto da corrente elétrica ocorrer.

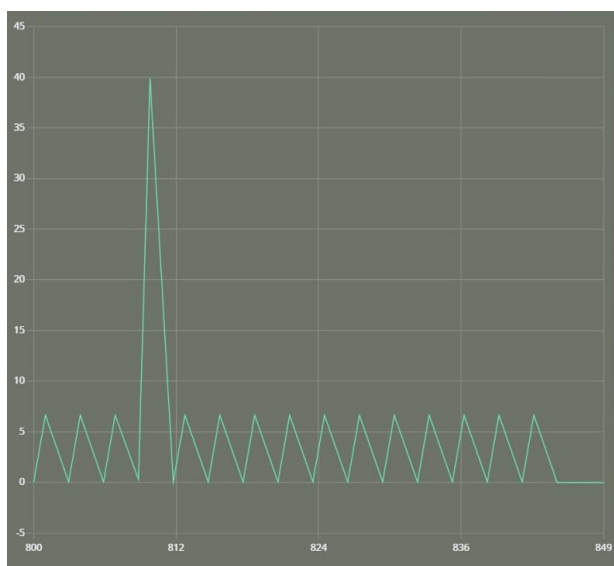


Figura 3: Gráfico de consumo energético em tempo real

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho em andamento apresenta uma solução para monitoração em tempo real de consumo de energia em residências e prevenção de incidentes causadas por sobrecarga elétrica. Foi apresentada a arquitetura do sistema e a interface entre o App desenvolvido em React Native e plataforma de computação em nuvem responsável pelo armazenamento e processamento dos dados coletados pela rede de sensores. Apesar de ainda ser um trabalho em prosseguimento, a arquitetura já foi avaliada por meio de um protótipo funcional e testes reais com valores medidos de um circuito elétrico simplificado.

Como trabalhos futuros, serão implementadas a rede de sensores baseada em Arduino, com avaliação da conectividade e robustez de diferentes protocolos de rede sem fio, como LoRa, ZigBee, entre outros. Além disso, o modelo não invasivo de identificação automática do aparelho elétrico conectado e as políticas de prevenção de sobrecarga serão especificadas e implementadas.

### REFERÊNCIAS

- [1] Empresa de Pesquisa Energética EPE. *Matriz Energética e Elétrica*, 2020 (Acessado em 22 de Julho de 2022). URL <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>.
- [2] Brasil EPE. Anuário estatístico de energia elétrica 2022: Ano base 2021. *Fitzgerald, AE, Kingsley Junior, C., & Umans, SD (2003). Electric Machinery (6ª ed.). New York: McGraw-Hill*, 2022.
- [3] Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia ABESCO. *Desperdício de energia atinge R\$ 61,7 bi em três anos*, 2017 (Acessado em 17 de Agosto de 2022). URL <http://www.abesco.com.br/novidade/desperdicio-de-energia-atinge-r-617-bi-em-tres-anos/>.
- [4] R Deekshath, P Dharanya, Ms KR Dimpil Kabadia, Mr G Deepak Dinakaran, and S Shanthini. IoT based environmental monitoring system using arduino uno and thingspeak. *International Journal of Science Technology & Engineering*, 4(9), 2018.
- [5] Rafael Cavalheiro and Filipe Saraiva. Sism: Software e medidor inteligente para acompanhamento do consumo residencial de energia elétrica. In *Anais do X Workshop de Computação Aplicada a Gestão do Meio Ambiente e Recursos Naturais*, pages 164–167. SBC, 2019.
- [6] Bandana Mahapatra and Anand Nayyar. Home energy management system (hems): Concept, architecture, infrastructure, challenges and energy management schemes. *Energy Systems*, 13(3):643–669, 2022.
- [7] Wilson Daniel Peres de Oliveira and Joabel Moia. Dispositivo para coleta remota de dados de consumo de energia elétrica. *Revista Ilha Digital*, 8:75–92, 2023.
- [8] Yaqian Li, Yuquan Yang, Kai Sima, Boyang Li, Tong Sun, and Xue Li. Non-intrusive load monitoring based on harmonic characteristics. *Procedia Computer Science*, 183:776–782, 2021.
- [9] Srdjan Djordjevic and Milan Simic. Nonintrusive identification and type recognition of household appliances based on the harmonic analysis of the steady-state current. *Electrical Engineering*, 105(5):3319–3328, 2023.
- [10] Fernando D Garcia et al. Nilm-based approach for energy efficiency assessment of household appliances. *Energy Informatics*, 3(1):1–21, 2020.