

SISTEMA DE MONITORAMENTO DE CORRENTE ELÉTRICA ATRAVÉS DE SENSOR NÃO INTRUSIVO COM COMUNICAÇÃO SEM FIO

Gabriel Artur Brandt¹

Carlos Henrique Barriquello²

Resumo:

O emprego de técnicas de monitoramento não intrusivo de cargas para distinção de aparelhos eletrodomésticos segue gradualmente uma posição de relevância no mundo tecnológico. Nesse sentido, é importante analisar a introdução deste tema em termos de eficiência energética, a qual tem um grande apelo para a comunidade em geral, principalmente para o meio acadêmico e industrial. Desse modo, a pesquisa tem natureza teórica e prática, atrelando conceitos do estado da arte de novas tecnologias, demonstrando, assim, a sua magnitude. Ainda, objetiva-se difundir progressivamente a temática em questão. Considerando que cada vez mais equipamentos são conectados entre si, devido a tecnologia de Internet das Coisas, é necessário entender como funcionam as particularidades de consumo destes aparelhos. Sejam elas devido aos padrões de funcionamento, ou seja, o modo que está sendo consumida a energia, ou devido aos níveis de consumo, sendo percorrida a quantidade de energia que é empregada. Porém, essas informações estão ainda muito restritas a uma pequena parcela da população, com a consequência de que o cidadão médio não tem acesso a esse tipo de conhecimento e segue a tendência de utilizar aparelhos sem a devida atenção de seu funcionamento e padrão de consumo. Nesse contexto, foi proposta uma implementação de um sistema de monitoramento não intrusivo de corrente elétrica com comunicação sem fio, utilizando conceitos de Internet das Coisas. Com o objetivo de alcançar pessoas dispostas a reproduzir e incrementar o trabalho, foram utilizados um sensor de corrente e uma placa de desenvolvimento que são encontrados com facilidade no mercado, com um custo relativamente baixo, além dos métodos de instalações e conexões serem de fácil implantação. Assim, foi possível adquirir, processar, figurar e arquivar dados com o objetivo de estimar o consumo de energia elétrica e o padrão de aparelhos eletrodomésticos utilizados diariamente na maioria dos lares da população. Os resultados obtidos demonstraram que é possível distinguir cada um dos cinco diferentes dispositivos empregados neste trabalho. Através de comportamentos específicos, pode-se identificar os estágios de operação de cada um deles, que consistem em basicamente dois tipos de classificação, único e múltiplos estágios. Com o primeiro sendo extremamente simples mantendo um nível constante de corrente elétrica durante o seu funcionamento, e o segundo com transições entre diferentes níveis de consumo de corrente. Com esse estudo, então, será possível utilizar conscientemente essas diferentes tecnologias para obtenção de indicativos de consumo de energia e eficiência de cada um dos equipamentos analisados.

Palavras-chave: Monitoramento Não Intrusivo de Carga, Internet das Coisas, Consumo Desagregado

Modalidade de Participação: Iniciação Científica

SISTEMA DE MONITORAMENTO DE CORRENTE ELÉTRICA ATRAVÉS DE SENSOR NÃO INTRUSIVO COM COMUNICAÇÃO SEM FIO

¹ Aluno de graduação. gabriel.brandt@ecomp.ufsm.br. Autor principal

² Docente. barriquello@gmail.com. Orientador

SISTEMA DE MONITORAMENTO DE CORRENTE ELÉTRICA ATRAVÉS DE SENSOR NÃO INTRUSIVO COM COMUNICAÇÃO SEM FIO

1 INTRODUÇÃO

De geração em geração, o desenvolvimento humano sempre caminhou ao lado de novas tecnologias. Inicia com um modelo de sociedade que utilizava-se de métodos arcaicos para a sua subsistência, como a força bruta e animal. Após, transitou pelos primeiros períodos de industrialização com a instituição de motores de combustão interna, responsável pela criação das primeiras máquinas. Por fim, com o aperfeiçoamento e criação de novos meios de geração e conservação de energia elétrica, chega-se a condição atual, onde a tecnologia e a energia elétrica são responsáveis diretamente pela qualidade de vida da humanidade.

Porém, o que anteriormente era visto como uma ferramenta para auxiliar os homens, tornou-se um utensílio de uso extremamente indispensável, vide momentos em que existe a interrupção do fornecimento de eletricidade, causa grandes transtornos para a população em geral. Atrelado a esse fato, é notório o aumento dos níveis de consumo residencial, ocupando, assim, grande parcela nos padrões de consumo do nosso país.

Esse aumento é causado principalmente por utilização de equipamentos que são ineficientes, ou seja, equipamentos que acabam não consumindo a energia da forma mais satisfatória possível. Além disso, o consumidor final não tem disponíveis as informações necessárias para identificar quais são esses equipamentos e porque eles não são eficientes. Isso se dá principalmente pelo fato dos equipamentos de monitoramento de consumo atuais serem bastante custosos e difíceis de instalar, vinculados também a uma dificuldade de observar o consumo desagregado dos eletrodomésticos por meio das faturas de energia.

A solução para estes problemas é a implementação de um sistema de monitoramento de corrente elétrica através de um sensor não intrusivo com comunicação sem fio. Ou seja, utilizando os conceitos de monitoramento desagregado de consumo dos equipamentos eletrodomésticos, pretende-se mensurar o consumo de corrente elétrica, identificar padrões e classificar os dispositivos de acordo com o seu padrão de consumo,(CHRISTENSEN; EARLE; SPARN, 2012). Neste trabalho propõe-se, também, a introdução de conceitos de Internet das Coisas (FILHO, 2016), visando a integração em tempo real da medição de corrente elétrica dos equipamentos eletrodomésticos com um aparelho celular. Ademais, tem-se em vista questionamentos sobre a calibração e precisão do sensor utilizado, eficácia da tecnologia sem fio utilizada, assim como a avaliação das medições realizadas.

2 METODOLOGIA

Neste trabalho, foram utilizadas as metodologias tanto quantitativas, quanto qualitativas, tendo em vista que a primeira baseia-se em números e estes foram apresentados em forma de corrente e estimação do consumo de energia elétrica. Após, analisaram-se os padrões de consumo por via de uma metodologia qualitativa, onde o objeto a ser estudado tem aspectos individualizados e observados através de experimentação. Assim, foram classificados os equipamentos em três categorias principais: equipamentos de único estado de funcionamento, de número finito de estados e com níveis variáveis de consumo (ZOHA et al., 2012).

Foram empregados materiais para cada um dos enfoques específicos do projeto. Um sensor não intrusivo de corrente SCT-013-030, (YHDC, 2011), para a questão de medição, uma placa de desenvolvimento com microcontrolador ESP 32 com módulos de comunicação sem fio, neste caso, Bluetooth Low Energy, para a transmissão e processamento dos dados, assim como um telefone celular para a conexão dos dados coletados e sua transmissão para

uma nuvem de dados. Foram feitos testes com cinco equipamentos eletrodomésticos distintos entre si em suas funcionalidades, a fim de obter um panorama plausível de serem comparados por seus padrões de consumo.

A construção do fluxo da aplicação se constituiu dos métodos a seguir. Para o melhor funcionamento do sensor de corrente foi introduzido um filtro passa-baixas, com o intuito de atenuar as frequências altas e deixar passar as frequências baixas, evitando o efeito *aliasing*, na conexão com a placa de desenvolvimento. Com essa integração, o passo seguinte foi a conversão analógica/digital seguida de filtragem digital e calibragem, realizada internamente no microcontrolador ESP32 (Espressif Systems, 2018).

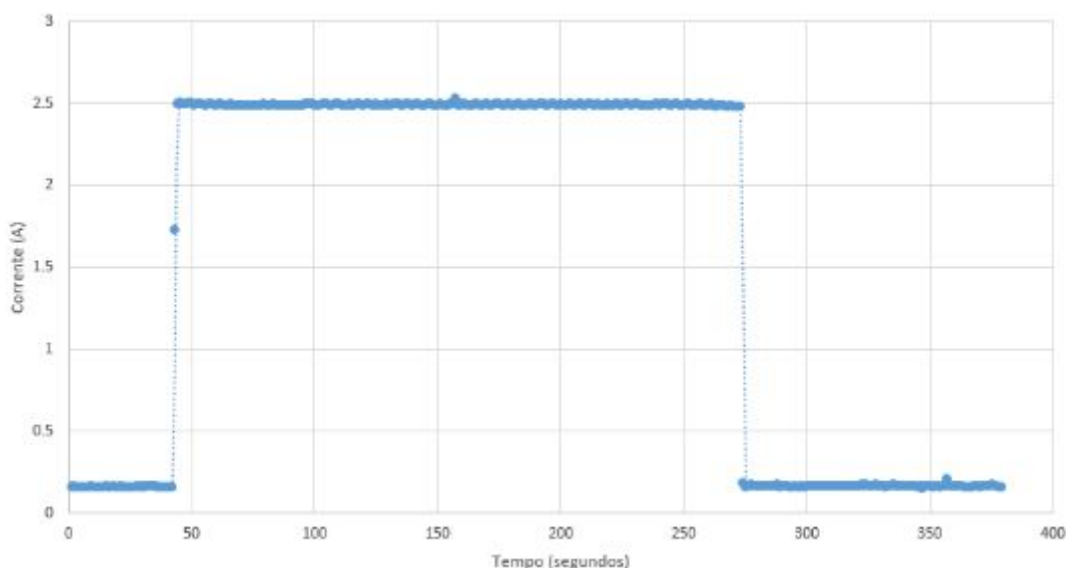
Em seguida, com as medições e conversões efetuadas, foi necessário utilizar a tecnologia Bluetooth Low Energy, (GOMEZ; OLLER; PARADELLS, 2012), para transmitir os valores capturados para um dispositivo móvel, neste caso, um telefone celular munido de um aplicativo desenvolvido especificamente para esta aplicação. Na qual é possível visualizar a magnitude de corrente elétrica medida a partir do funcionamento dos eletrodomésticos, com o acréscimo de informações como a potência aparente e real deste devido aparelho. Por fim, esses dados são transmitidos do aplicativo do celular para um nuvem de armazenamento, onde são registros e passíveis de serem acessados a qualquer momento.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a ciência de que foram utilizados 5 diferentes equipamentos eletrodomésticos, sendo eles, cafeteira elétrica, refrigerador, aquecedor elétrico, ventilador e um forno microondas. Puderam assim serem classificados em dois diferentes estados. Um único estado, correspondendo a cafeteira elétrica, e o equipamentos de múltiplos estágios, abrangendo todo o restante dos aparelhos, aquecedor elétrico, ventilador, forno de microondas e o refrigerador.

Ainda assim, tivemos diferentes padrões de funcionamento para cada um deles. Primeiramente a cafeteira elétrica, teve um comportamento esperado desde o princípio, visto que o mecanismo não é nada complexo. Apenas apresenta uma constância do valor de corrente no período que está em funcionamento, e após é desligada, fazendo jus à sua classificação.

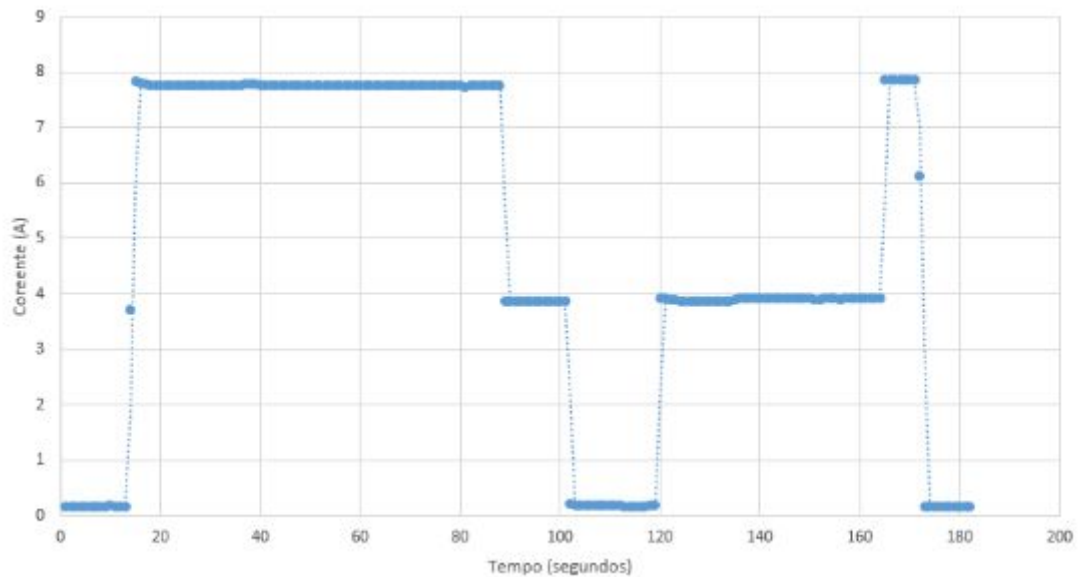
Figura 1 - Gráfico de Corrente Elétrica - Cafeteira Elétrica.



Fonte: Autor.

O segundo objeto a ser observado, foi o aquecedor elétrico. Este, tem em seu funcionamento uma estrutura, também, com uma simplicidade explícita, tendo apenas duas resistências que servem para gerar e um ventilador que tem a incumbência de distribuir o calor gerado. Seu comportamento elétrico é baseado na utilização de uma ou duas resistências, aumentando a corrente elétrica quando as duas estão em modo ativo.

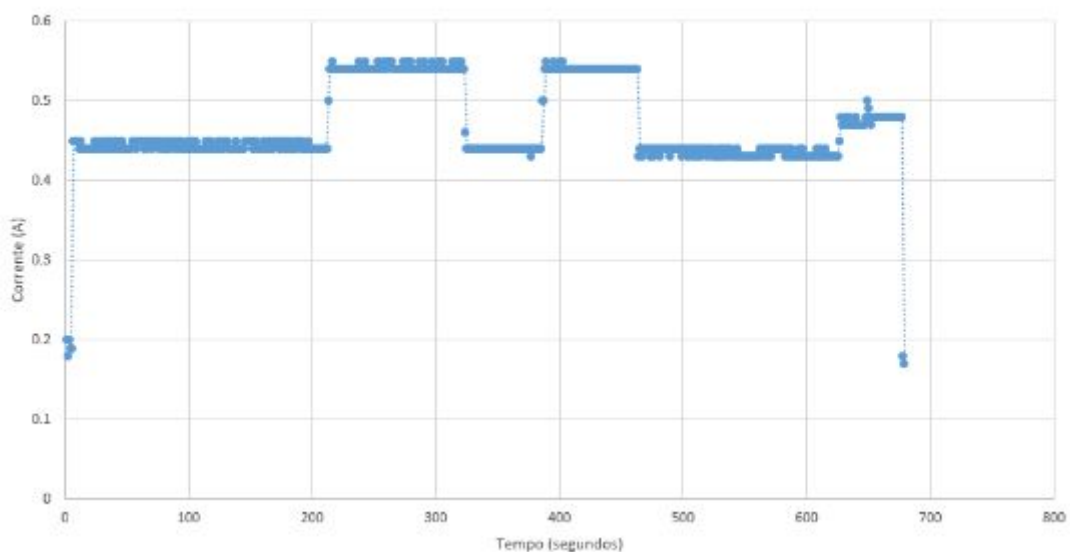
Figura 2 - Gráfico de Corrente Elétrica - Aquecedor Elétrico.



Fonte: Autor.

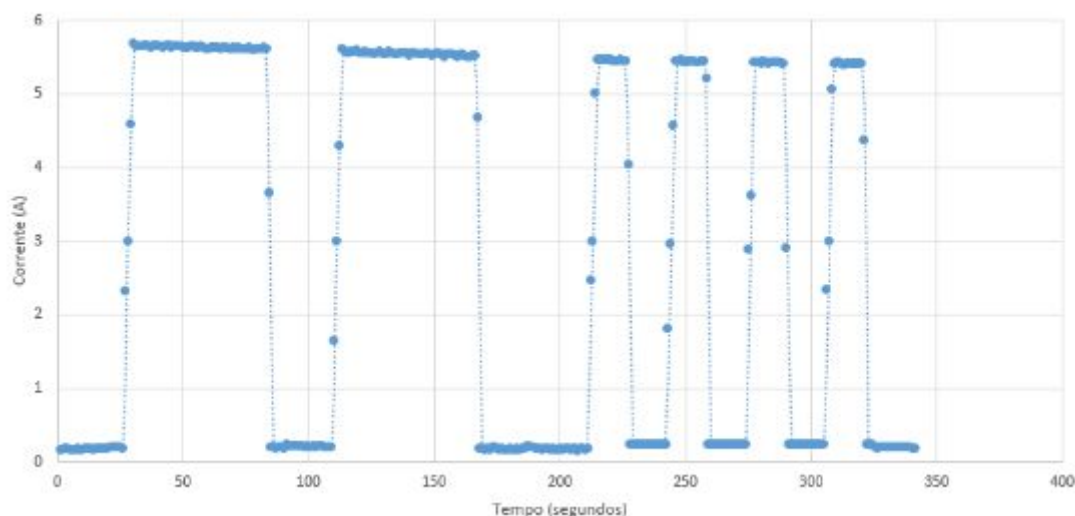
Como terceiro objeto, optou-se pelo ventilador, este com um funcionamento com muita semelhança ao aquecedor. O motor pode ser acionado com 3 velocidade e estas foram observadas muito claramente em seu comportamento elétrico.

Figura 3 - Gráfico de Corrente Elétrica - Ventilador.



A seguir, utilizou-se um forno de micro-ondas, e foi observado em dois diferentes modos de funcionamento: potência máxima e 50% da potência. Na potência máxima o seu gerador de feixes de microondas está todo o tempo ativo, ao passo que quando utilizado somente 50% da potência, esse gerador de feixes está em funcionamento somente por metade do período de tempo, gastando assim, metade da potência original. Enfim, pode-se observar também claramente, qual foi o período que foi utilizado um ou outro modo, apenas pela corrente elétrica.

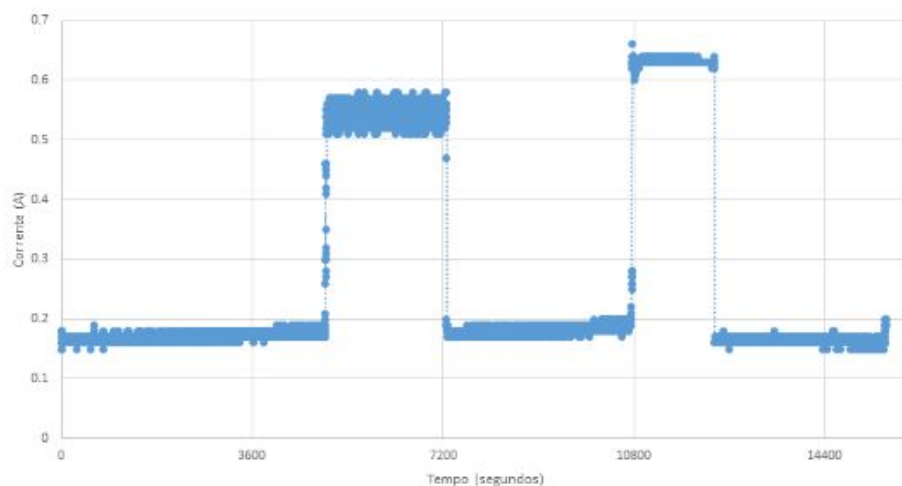
Figura 4 - Gráfico de Corrente Elétrica - Forno Microondas.



Fonte: Autor.

Por fim, foi empregado aos testes um aparelho refrigerador. Para isso, foram mensuradas 4 horas de funcionamento, pois poderiam existir picos de corrente elétrica devido ao seu motor. Porém, como o equipamento foi analisado em uma temperatura ambiente relativamente baixa, entre 7°C e 10°C, a análise ficou um pouco prejudicada, mas sendo possível, ainda assim, observar a características de múltiplos estágios em seu funcionamento.

Figura 5 - Gráfico de Corrente Elétrica - Refrigerador.



Fonte: Autor.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção deste trabalho, possibilitou um entendimento de como as tecnologias podem ser integradas. De modo em que se pode observar e analisar todo o espectro de aparelhos eletrodomésticos e como eles funcionam através do monitoramento desagregado de corrente elétrica. Além de construir e compreender aplicações que utilizam os conceitos de Internet das Coisas, gerando assim conhecimentos que podem vir a ser essenciais em um futuro próximo.

Assim, deve-se salientar que as medições realizadas reproduziram satisfatoriamente as expectativas elencadas em relação a este tema. Podendo assim, identificar os eventos possíveis dos aparelhos e ainda classificando seus estágios de funcionamento.

Desta maneira, destaca-se a realização deste trabalho, como forma de introdução à temática, aliando o tema de eficiência energética com a conexão de dispositivos, tendo como base as próximas revoluções tecnológicas no mundo em geral.

REFERÊNCIAS

CHRISTENSEN, D.; EARLE, L.; SPARN, B. **NILM applications for the energy-efficient home**. [S.l.], 2012.

Espressif Systems. **ESP32 Datasheet**. Espressif, 2018. 58 p. Disponível em: <https://bit.ly/2E6qqIt>.

FILHO, M. F. **Internet das Coisas (Internet of Things)**. [S.l.: s.n.], 2016. ISBN 9788550601113.

GOMEZ, C.; OLLER, J.; PARADELLS, J. **Overview and evaluation of bluetooth low energy: An emerging low-power wireless technology**. Sensors, Molecular Diversity Preservation International, v. 12, n. 9, p. 11734–11753, 2012.

YHDC. **Split core current transformer SCT-013**. 1. ed. Beijing, 2011. 1 p. Acesso em 10 abr. 2018. Disponível em: <https://bit.ly/2wfuLYy>

ZOHA, A. et al. **Non-intrusive load monitoring approaches for disaggregated energy sensing: A survey**. Sensors, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 12, n. 12, p. 16838– 16866, 2012.