

Desenvolvimento de Medidor de Energia Cognitivo para Monitoramento de Consumo Energético Residencial

Izadora Rodrigues Bittencourt

izadora.bittencourt@gmail.com

Giovani Caetano Martins

giovanimts@hotmail.com

Danilo Sinkiti Gastaldello

danilo.gastaldello@unisagrado.edu.br

Resumo

A pandemia do COVID-19 colocou a sociedade diante de problemas sociais e econômicos, fazendo com que algumas famílias necessitassem gerir melhor o orçamento familiar. A fatura de energia elétrica possui um valor significativo deste orçamento, visto que hoje, a energia elétrica é um bem essencial. Neste sentido, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de um protótipo microcontrolado a fim de monitorar o consumo energético de uma residência com intuito de mostrar ao usuário como e onde ele pode reduzir seu consumo e, conseqüentemente, sua fatura. Diversas pesquisas realizadas na área desde a crise energética de 2001 e 2002 mostraram que o conhecimento do consumo do cliente faz possível sua redução e economia. O surgimento dos medidores de energia cognitivos, portanto, vem ao encontro desse cenário e torna possível o auxílio do conhecimento de seu consumo energético e a mudança de seu comportamento. O resultado obtido foi um protótipo projetado para ser o menos invasivo possível e um aplicativo móvel desenvolvido na plataforma *Android Studio* que gera gráficos do consumo energético por equipamento em períodos de uma hora, um dia ou um mês, em tempo real, além de prever a conta de energia baseada no valor do kWh atualizado.

Palavras-chave: Consumo energético. Consumo consciente. Eficiência Energética. Medidores de Energia Cognitivos.

Cognitive Energy Meter Development for Residential Energy Consumption Monitoring

Abstract

*The COVID-19 pandemic has placed society in front of social and economic problems, causing some families to need to better manage their household budget. The electric energy bill has a significant value in this budget, since today, electric energy is an essential good. In this sense, the present work proposes the development of a microcontrolled prototype to monitor the energy consumption of a residence in order to show the user how and where he can reduce his consumption and, consequently, his bill. Several researches performed in the area since the 2001 and 2002 energy crisis have shown that knowing the client's consumption makes it possible to reduce and save energy. The emergence of cognitive energy meters, therefore, is in line with this scenario and makes it possible to help the customer to know his energy consumption and change his behavior. The result obtained was a prototype designed to be the least invasive possible and a mobile application developed on the *Android Studio* platform that generates graphs of energy consumption per equipment in periods of one hour, one day or one month, in real time, besides predicting the energy bill based on the updated kWh value.*

Keywords: *Energy consumption. Conscious consumption. Energy efficiency. Cognitive Energy Meters.*

1 Introdução

Segundo o Anuário Estatístico de Energia Elétrica (2017) publicado pela Empresa de Pesquisa Energética, o consumo de energia elétrica diminuiu no Brasil no ano de 2016, em relação ao ano de 2015, nas classes industrial e comercial, porém aumentou nas classes residencial e rural.

A preocupação pela redução do consumo energético brasileiro foi enfatizada nos anos de 2001 e 2002, quando o Brasil passou pela pior crise energética de sua história, episódio que ficou conhecido por crise do apagão. A classe residencial é a segunda maior consumidora de energia elétrica no Brasil, perdendo apenas para a indústria. Por isso, é de suma importância focar nesse setor e desenvolver estudos e tecnologias que auxiliem na redução do consumo de energia elétrica de forma inteligente e acessível.

Além da preocupação com possíveis crises energéticas, as mudanças climáticas trouxeram os conceitos de sustentabilidade, reciclagem, preservação dos insumos naturais e economia de energia, além da busca pela geração de energia cada vez mais limpa. Soma-se a esses fatores a economia de energia em termos financeiros, pois na falta de energia gerada pelas usinas hidrelétricas, faz-se necessário ativar as usinas termelétricas, encarecendo a geração de energia e, como consequência, aumentando o valor da conta de energia do consumidor final.

Já no último ano, principalmente, devido a pandemia de COVID-19, a preocupação em reduzir o consumo energético nos lares brasileiros aumentou, o orçamento familiar foi afetado frente a reduções de jornada de trabalho, suspensões de contratos de trabalho e a alta taxa de desemprego.

O conceito de eficiência energética se dá pela capacidade de utilizar menos energia para produzir a mesma quantidade de iluminação, aquecimento, transporte e outros serviços baseados na energia (*US NATIONAL POLICY DEVELOPMENT GROUP*, 2001 apud *MENKES*, 2004). A mais convincente vantagem da eficiência energética é a de que ela é quase sempre mais barata que a produção de energia. O investimento em tecnologia eficiente para vários usos finais requer também maiores gastos de capital, sistemas e equipamentos eficientes são, geralmente, mais caros que as tecnologias que substituem. Entretanto, o custo de conservar 1kWh é, de modo geral, mais barato que sua produção (*MARTINS*, 1999).

Para o início de uma análise da eficiência energética de uma residência, é preciso saber seu consumo energético. Para tanto, utiliza-se o monitoramento do consumo a fim de analisar de forma precisa os equipamentos mais importantes, identificar desperdícios de consumo, efetuar contabilizações energéticas e, desta forma, efetuar uma melhor gestão da instalação

(JORGE, 2010). Após monitorar o consumo, pode-se realizar um estudo sobre as cargas visando como e quando pode-se reduzir seu uso, de maneira automática.

Este trabalho vem ao encontro dessa realidade, visando desenvolver um medidor de energia residencial com interface através de aplicativo móvel que interaja com o consumidor residencial brasileiro ilustrando seu consumo de energia elétrica, dando projeções de sua conta final e podendo inferir no consumo indiretamente através de dados plotados em gráficos tornando possível a tomada de decisões a partir do usuário.

2 Desenvolvimento

2.1 Eficiência Energética

Entende-se por eficiência energética a capacidade de utilizar menos energia para produzir a mesma quantidade de iluminação, aquecimento, transporte e outros serviços baseados na energia (*US National Policy Development Group, 2001 apud MENKES, 2004*).

A preocupação com a eficiência energética se iniciou com a crise do petróleo na década de 1970, porém abrangendo uma pequena parcela da população e de governantes. O impacto ambiental com as emissões de poluentes gerados principalmente pela queima dos combustíveis, observado já no final da década de 1980 após a Conferência Mundial do Meio Ambiente, é o que gerou âmbito mundial a tal preocupação (BUSSE, 2010).

Segundo Busse (2010), no Brasil a eficiência energética ainda não é tida, na prática, como um instrumento de políticas públicas de meio ambiente. Ainda que haja uma política ambiental que engloba os temas das mudanças climáticas e poluição urbana, não há uma conscientização de que uma das formas mais efetivas do controle dos danos ambientais é a institucionalização de programas de eficiência energética. Os fatores que impulsionam os programas de eficiência energética no Brasil hoje são meramente financeiros e para assegurar o suprimento de energia elétrica.

Dentre as vantagens da economia de energia elétrica, citam-se a maior disponibilidade de energia, devido à redução do desperdício, e a redução dos impactos ambientais, através da redução da queima de combustíveis fósseis, emissão de gás carbônico, compostos nitrogenados e enxofre, chuvas ácidas, alagamentos, desmatamentos, radiação nuclear, entre outros (BUSSE, 2010).

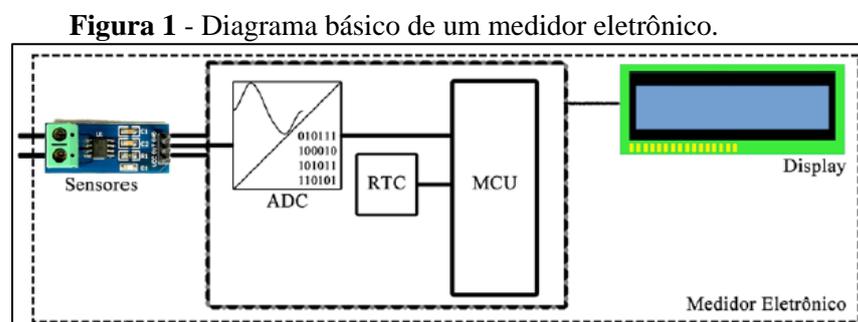
O maior desafio na criação de um sistema de energia sustentável é disseminar de forma rápida as tecnologias que proporcionem a eficiência energética e adaptar o comportamento dos consumidores a estas (1997 *apud* MENKES, 2004).

2.2 Medição de Energia Elétrica

A medição de energia elétrica é empregada para possibilitar à concessionária o faturamento adequado da quantidade de energia elétrica consumida pelo usuário, dentro de uma tarifa estabelecida (MÍNGUEZ, 2007).

Com a evolução da eletrônica, principalmente dos microprocessadores, houve um novo progresso na tecnologia dos medidores. Dessa forma, os medidores convencionais por indução eletromecânica vêm sendo substituídos pelos tipos eletrônicos.

Segundo Souza (2016), a medição por indução eletromagnética foi substituída por sensores de tensão e corrente dando origem aos medidores eletrônicos de energia elétrica entre o final da década de 1980 e o início da década de 1990 (Figura 1).



Fonte: Souza (2016).

No final da década de 1990, foi criado um novo conceito de medidores, chamados de Infraestrutura de Medição Avançada (AMI – *Advanced Metering Infrastructure*), que possuem comunicação bidirecional. A tecnologia AMI foi popularmente disseminada como Medidor Inteligente (*smart meter*), pois nele há o processamento de dados e a comunicação entre consumidor e concessionária é bidirecional (SOUZA, 2016).

Segundo estudos da Comissão Europeia (2014), em locais onde foram instalados medidores inteligentes, os consumidores reduzem o consumo médio de energia entre 3% a 5% e são mais propensos a mudar o comportamento de consumo com energia elétrica na existência da tarifa branca.

Em relatório divulgado pela *European Environment Agency (EEA, 2013)*, a União Europeia apresentou metas de redução de 20% no consumo de energia até 2020, apenas com a mudança comportamental da população. Comparando as metas com as funcionalidades dos medidores inteligentes atuais, é possível atender somente a proposta de modelo de negócio do setor energético, em que o consumidor opta pela forma de tarifação, podendo ser a convencional ou a Tarifa Branca (SOUZA, 2016).

Nos medidores inteligentes atuais, não existe indicação de hábitos, eficiência energética ou níveis desejados de consumo. Dessa forma, o consumidor não consegue reduzir seu consumo de maneira eficaz somente com a instalação desses medidores.

2.3 Gerenciamento pelo lado da Demanda

O gerenciamento pelo lado da demanda, GLD (DSM, do inglês *Demand Side Management*), é o planejamento e a implementação que envolvem ações das concessionárias destinadas a influenciar os consumidores de forma a produzir alterações desejadas na curva de carga.

Dentre os benefícios trazidos pelo GLD, listam-se os principais: as concessionárias de energia elétrica têm mais uma alternativa no planejamento da matriz energética, os consumidores têm suas despesas com energia reduzidas e a sociedade usufrui com a melhor utilização dos recursos disponíveis, acarretando menos agressão ao meio ambiente. Os programas de gerenciamento pelo lado da demanda são de dois tipos: direto e indireto.

O indireto consiste em programas que não permitem o controle direto da carga. Segundo Braga (2014), esses programas provocam alterações na curva de carga mediante mudanças induzidas nos hábitos de consumo de energia elétrica, como exemplo, as tarifas variáveis no tempo, incentivando os clientes a consumirem em horários fora de ponta; programas de educação do consumidor, procurando ensinar o cliente como conservar a energia; programas envolvendo publicidade e marketing para estimular os consumidores a conservar a energia e programas governamentais dando descontos em aparelhos modernos, mais eficientes e que consomem menos energia elétrica.

Já o direto permite que a concessionária controle remotamente o funcionamento de determinados aparelhos, podendo ligar/desligar aparelhos específicos, fora e durante os períodos de pico de demanda e eventos críticos. O DLC (do inglês, *Direct Load Control*) é baseado em um acordo facultativo entre a concessionária e o cliente, onde este que participa do

programa recebe uma compensação na conta de energia elétrica, isto é, a conta de luz é reduzida (BRAGA, 2014).

Com a pandemia de COVID-19 forçando as pessoas a passarem mais tempo em casa, e com a transferência de atividades e trabalhos para suas próprias residências, observou-se um aumento no consumo de energia elétrica no setor residencial a partir de março de 2020, em relação ao mesmo período do ano anterior (Figura 2). Dados do Ministério de Minas e Energia (MME) mostram que, no setor, houve um aumento de 6,5% já nos dois meses após o início da adoção do distanciamento social.

Figura 1 - Comparativo do consumo energético da classe residencial no Brasil nos anos de 2019 e 2020, em MWh.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O Laboratório de Inspeção de Edificações em Eficiência Energética (Linse) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel) desenvolveu um material para auxiliar o consumidor residencial brasileiro a economizar energia elétrica em sua casa, usando equipamentos mais eficientes, com o Selo Procel, e mudando os hábitos e a forma de utilizar seus equipamentos de modo a economizar energia sem perder o conforto.

Este trabalho se baseia em um programa de gerenciamento pelo lado da demanda indireto em que, a partir do conhecimento do consumo elétrico de determinada residência desagregado por equipamento, em intervalos de um dia e durante o mês, o cliente tem autonomia para tomada de decisões acerca de quando, como e onde é possível reduzir o consumo e, conseqüentemente, sua conta ao final do mês.

2.4 Hardware

Para realizar a medição do consumo energético, foi desenvolvido um *hardware* microcontrolado utilizando o módulo sensor de corrente alternada ACS712 (ALLEGRO, 2007), que rebaixa a corrente que transita pelo equipamento de acordo com a relação de transformação,

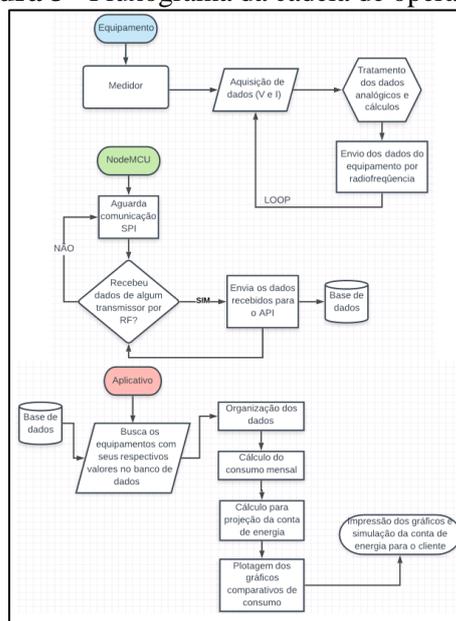
Desenvolvimento de Medidor de Energia Cognitivo para Monitoramento de Consumo Energético Residencial

sendo que a desse modelo é de 66mV a cada *ampère* medido, e apresenta um limite de 30A, e um módulo sensor de tensão alternada ZMPT101B, que pode ser alimentado com até 250 VCA e gera em sua saída um sinal DC de 0 a 5V.

O microcontrolador escolhido para ser utilizado no *hardware* de medição é o Attiny85 (ATMEL, 2013), da *Atmel*, devido a seu tamanho compacto, baixo custo, presença de conversor analógico-digital com resolução de 10 *bits* e pinos de comunicação serial por protocolo *SPI*, além de possuir a viabilidade de poder ser programado através da IDE do Arduino, tornando sua programação fácil.

Cada equipamento em que se deseja realizar a medição possui uma placa que contém os sensores de tensão e corrente, o microcontrolador Attiny85, que realiza a conversão analógica para digital dos valores lidos e calcula os valores nominais de corrente, potência ativa, potência aparente e fator de potência em tempo real. Estes valores são enviados através do módulo de radiofrequência de 2,4GHz NRF24L01, da *Sparkfun* (NORDIC, 2008), via interface *SPI*, à uma central de processamento – uma placa *NodeMCU* (ESPRESSIF, 2020) - que recebe os valores e os armazena em um banco de dados em uma *REST API*. O fluxograma da Figura 3 ilustra a cadeia de operações que contempla esse projeto.

Figura 3 - Fluxograma da cadeia de operações.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os dados adquiridos pelo medidor são tensão e corrente instantânea, portanto, é possível tratar uma quantidade razoável de grandezas elétricas tais como potência ativa, potência aparente e fator de potência.

Desenvolvimento de Medidor de Energia Cognitivo para Monitoramento de Consumo Energético Residencial

Optou-se pelo conceito de medição invasiva pois, em toda residência, o uso de cargas não lineares de regime transitório é presente e tende a aumentar cada vez mais com o avanço da tecnologia nos eletrodomésticos e aparelhos eletrônicos. Medições não invasivas, que fazem o reconhecimento de equipamentos via software, enfrentam conflitos quando se trata de cargas com regime transitório pois, além do comportamento não linear dessas cargas dificultando o reconhecimento da assinatura, muitas vezes apresentam semelhanças pelo fato de utilizarem tiristores e outros chaveamentos eletrônicos, causando confusão no processo classificatório.

Os valores analógicos lidos pelos sensores são transformados em digitais a partir do conversor analógico-digital interno do Attiny85, de 10 *bits* de resolução. O tratamento desses valores resulta na corrente e tensão nominais do equipamento e, a partir de cálculos, encontra-se a potência ativa, potência aparente e fator de potência.

O *hardware* para realizar a leitura compõe:

- a) 1 fonte de alimentação 5Vcc/1A;
- b) 1 regulador de tensão LM317T para alimentação 3,3Vcc/1A;
- c) 1 microcontrolador Attiny85;
- d) 1 transmissor de radiofrequência de 2,4GHz NRF24L01.

A placa foi disposta em uma caixa plástica com furos para fixação e a alimentação do medidor foi adaptada com um plugue de tomada fêmea 2P+T, tornando-o o menos invasivo possível (Figura 4).

Figura 2 - Plugue de tomada fêmea para conexão do equipamento.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os dados dos equipamentos são enviados do Attiny85, por meio do transmissor NRF24L01 de radiofrequência de 2,4GHz via protocolo *SPI*, ao *NodeMCU*, que recebe as medições de todos os equipamentos em questão, calcula o consumo residencial total em um intervalo de uma hora e envia esses dados, através da conexão *WiFi*, para a *API* criada para armazenar os equipamentos com seus respectivos valores em tempo real. É através das *APIs*

que os aplicativos se comunicam uns com os outros sem conhecimento ou intervenção dos usuários. Esses valores são armazenados em um banco de dados para consulta, para uso do aplicativo.

Por se tratar de um receptor para vários transmissores, é necessário alternar via *software* a leitura e, conseqüentemente, a definição do endereço de cada transmissor para realizar o recebimento das medições de todos os equipamentos.

2.5 Software

Para a programação dos microcontroladores *Attiny85* utilizados neste projeto, foi utilizada a IDE *Arduino* na versão 1.8.10 em linguagem C++ e a gravação do código no microcontrolador foram realizadas através do auxílio de um *Arduino UNO* com um programa responsável por fazê-lo agir como intermediário entre o *Attiny85* e a IDE. Este programa é o *ArduinoISP* (Arduino, 2018), que pode ser encontrado entre os exemplos da IDE *Arduino*, e torna possível a gravação do código no microcontrolador através do protocolo *SPI*. O *NodeMCU* também foi programado pela IDE do *Arduino* em linguagem C++, devido a facilidade e disponibilidade de material *on-line*.

Para o desenvolvimento do aplicativo móvel foi utilizado o *Android Studio* (Android, 2019), um ambiente específico para desenvolvimento de aplicativos para plataforma *Android* e que foi lançada oficialmente pela *Google* em 2013. O ambiente de desenvolvimento *Android* é multiplataforma, ou seja, além de gratuito, é compatível com *Windows*, *Linux* e *MacOS*.

Para o desenvolvimento do protótipo foi levado em consideração o monitoramento dos 3 equipamentos de maior utilização de um dormitório: uma lâmpada halógena de 70W, um *notebook Acer Aspire E15*, modelo E5-574-78LR, e uma televisão *LED SONY* de 32 polegadas, modelo KDL-32NX655.

A escolha da plataforma *Android* deve-se ao fato da disponibilidade e viabilidade da codificação e compilação do aplicativo ser realizado em qualquer sistema operacional. O aplicativo desenvolvido contém 5 telas e um menu lateral para seleção das telas de fácil manipulação.

Ele mostra em tempo real o consumo de cada aparelho que está sendo medido. As telas criadas para o protótipo são descritas a seguir:

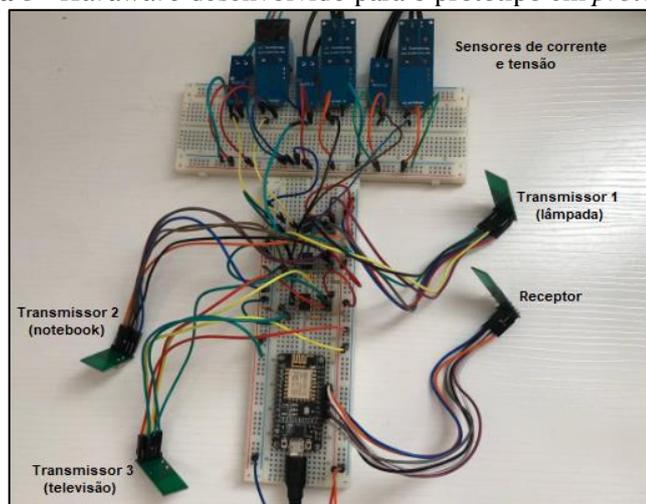
1. Tela 1: indicação dos 3 equipamentos escolhidos para o monitoramento do protótipo junto de seus consumos, em kWh, atualizados em tempo real;
2. Tela 2: gráfico ilustrativo do consumo diário dos equipamentos monitorados, em kWh, dispostos em intervalos de 1 hora;
3. Tela 3: gráfico ilustrativo do consumo mensal cumulativo dos equipamentos monitorados, em kWh, dispostos em intervalos de 1 dia;
4. Tela 4: simulação da conta de energia até o momento atual, utilizando o valor do kWh da concessionária que abastece a região, com opção de seleção pelo usuário de tarifa convencional e branca;
5. Tela 5: gráfico do consumo diário segregado por equipamento monitorado, em kWh, dispostos em intervalos de 1 hora.

3 Resultados e Discussão

O protótipo foi inicialmente desenvolvido em *proto-board* que, apesar de suscetível a falhas de contato, proporciona facilidade para conexões e modificações. A Figura 5 apresenta o *hardware* desenvolvido incluindo a parte de medição, com os sensores de corrente e tensão, os microcontroladores responsáveis pelo tratamento dos dados de cada equipamento e seus respectivos transmissores de radiofrequência, e a parte de envio dos dados obtidos para a *API*, que é utilizada para o desenvolvimento do aplicativo móvel, que é composta pelo receptor de radiofrequência e o *NodeMCU*. Para cada equipamento monitorado definido para o protótipo, há 1 sensor de corrente e 1 de tensão.

Desenvolvimento de Medidor de Energia Cognitivo para Monitoramento de Consumo Energético Residencial

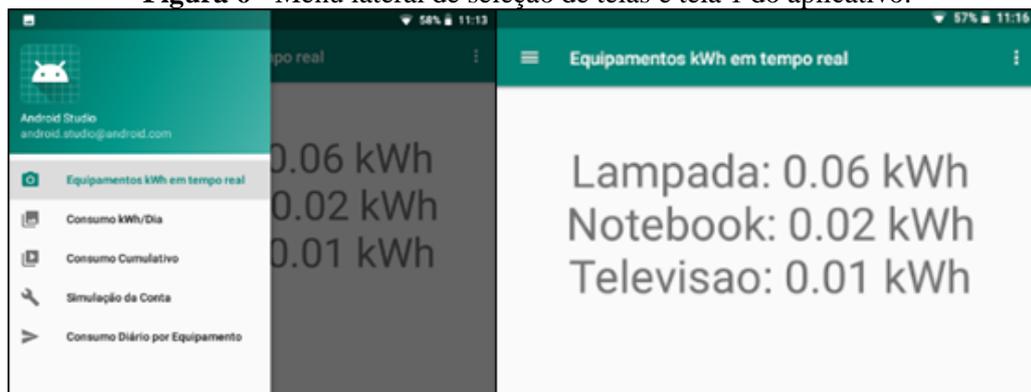
Figura 5 - Hardware desenvolvido para o protótipo em *protoboard*.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O aplicativo resultou em um total de 4 telas, contando com um menu interativo para seleção das telas. A Figura 6 mostra o menu lateral apresentando as telas para seleção do usuário e a tela 1 do aplicativo. A premissa desse trabalho era indicar o consumo segregado por equipamento ao cliente, para mostrar onde e como ele pode atuar com o intuito de reduzir seu consumo. Na primeira tela do aplicativo, portanto, os 3 equipamentos escolhidos para o monitoramento do protótipo são exibidos com seus respectivos consumos em tempo real, em kWh.

Figura 6 - Menu lateral de seleção de telas e tela 1 do aplicativo.

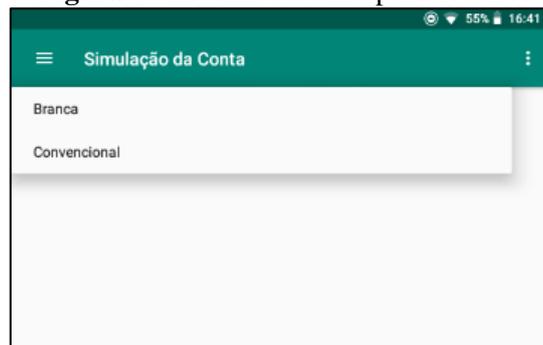


Fonte: Elaborado pelos autores.

As duas próximas telas contêm gráficos elucidativos para o cliente ter maior abrangência sobre o conhecimento de seu consumo. A tela 2 ilustra o consumo no período de 1 dia, em kWh, distribuído em intervalos de 1 hora. Já a tela 3 ilustra o consumo mensal, também em kWh, mas agora distribuído em intervalos de 1 dia.

A tela 4 simula a conta de energia até o momento atual, baseado no valor atualizado do kWh. Para este trabalho, a concessionária limitou-se à que abastece a região da residência em questão, a CPFL Paulista. Nessa tela, podemos selecionar o tipo de tarifa do cliente, convencional ou branca (Figura 7). Dessa forma, o cliente está apto a realizar um comparativo dos dois tipos de tarifa e poder futuramente escolher o tipo que mais lhe é viável de acordo com o comportamento de seu consumo.

Figura 7 - Escolha da tarifa pelo usuário.

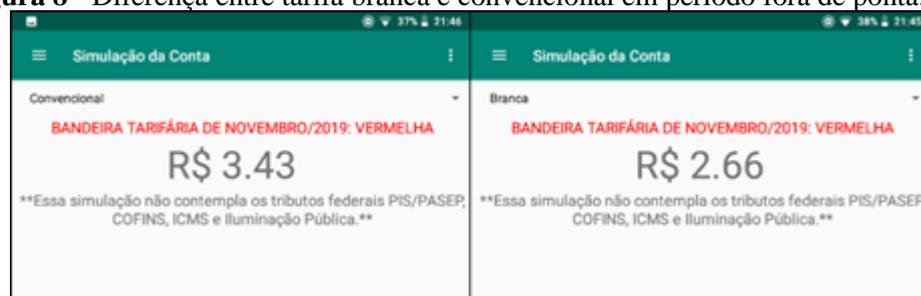


Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a Tarifa Convencional, foram utilizados os valores de kWh retirados do site da CPFL Paulista para o Grupo B (unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV). Já para a Tarifa Branca, os valores do kWh também foram retirados do site da CPFL Paulista. O aplicativo simula a conta do cliente para as tarifas convencional e branca. A vantagem da tarifa branca é o valor do kWh inferior ao da convencional em faixas de horário em que não há pico de consumo.

Além disso, a tela de simulação da conta no aplicativo inclui também a bandeira tarifária vigente no mês em questão e seu respectivo acréscimo no valor final da tarifa. Esse valor calculado e exibido para o cliente, no entanto, não engloba os tributos federais PIS/PASEP, COFINS, ICMS e Iluminação Pública Municipal. Por isso, para fim de informação do usuário do aplicativo, é exibida a nota de rodapé com essa informação (Figura 8).

Figura 8 - Diferença entre tarifa branca e convencional em período fora de ponta.



Desenvolvimento de Medidor de Energia Cognitivo para Monitoramento de Consumo Energético Residencial

Fonte: Elaborado pelos autores.

Finalmente, a tela 5 exibe o gráfico do consumo diário segregado por equipamento, disposto em intervalos de 1 hora. Este pode ser escolhido a partir de uma barra de seleção. A importância dessa tela deve-se ao fato de possibilitar ao usuário a análise, por equipamento, dos períodos em que houve acionamento do equipamento em questão e se há variação no consumo durante o dia, ou seja, o comportamento do equipamento no período de 1 dia.

Dessa forma, na tomada de decisões do usuário para redução do consumo elétrico em sua residência, a existência de um gráfico ilustrativo do consumo diário desagregado por equipamento, aliado à tela de simulação da tarifa, permite elucidar a eficácia ou não da mudança comportamental e consequente redução do consumo sem ter que esperar a chegada da conta de energia ao final do mês.

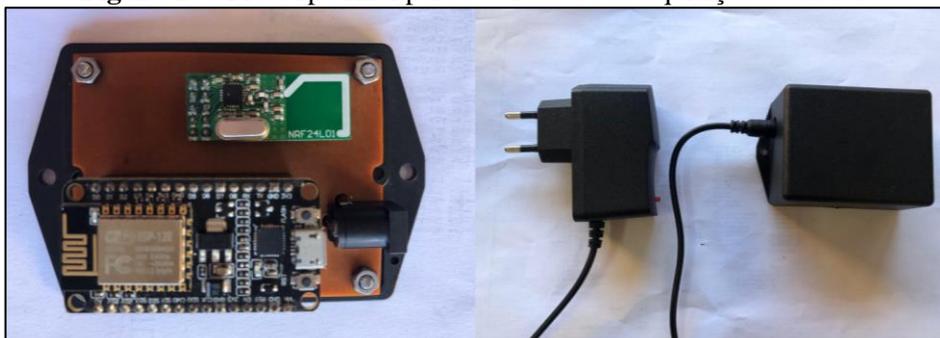
As Figuras 9 e 10 mostram os resultados dos protótipos finais, após confecção das placas de circuito impresso. Os desenhos das placas foram realizados no *Altium Designer* e a placa foi confeccionada a partir do método da serigrafia. A Figura 9 ilustra o dispositivo de medição e a Figura 10 o dispositivo de aquisição de dados.

Figura 9 - Protótipo final para o *hardware* de medição.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 10 - Protótipo final para o *hardware* de aquisição de dados.



Fonte: Elaborado pelos autores.

4 Conclusão

A crise energética ocorrida em 2001 no Brasil, atrelada às preocupações ambientais, que já vinham criando forma desde a década de 1970, mas que, aqui, se consolidou na década de 90 com a Cúpula da Terra realizada no Rio de Janeiro pela ONU, contribuíram significativamente para o avanço de políticas de economia de energia elétrica e o consumo consciente. Dessa forma, a indústria teve de se adaptar à essa realidade, desenvolvendo produtos que fossem mais eficientes, menos agressores ao meio ambiente, além de possuir maior vida útil.

Além do desenvolvimento da indústria, pesquisas na temática da eficiência energética foram cada vez mais criando seu espaço, a procura de métodos em que a preocupação com a redução do consumo não se limitasse só as grandes concessionárias de energia e indústrias, mas também ao consumidor final, de forma direta ou indireta.

O surgimento de medidores de energia cognitivos vem ao encontro do cenário atual brasileiro de preocupação do consumo energético consciente aliado ao conceito de eficiência energética, desde o crescente consumo de energia observado nas classes residencial e comercial em 2016, somado à crise econômica e de saúde pública devido à pandemia de COVID-19.

Ainda assim, os tipos de dados exibidos ao cliente e, ainda mais, o modo como eles são exibidos, são o que influenciam se um medidor de energia cognitivo atuará ou não como ferramenta de aprendizado do comportamento do consumo de um usuário e seu aliado na tomada de decisões a fim de reduzir o consumo da residência.

Por esse motivo, o protótipo do medidor desenvolvido para este trabalho conta com uma interface em plataforma *Android*, desenvolvida para ser intuitiva e de fácil manipulação, sem textos e explicações teóricas, apenas exibindo de forma elucidativa o consumo segregado por equipamento monitorado já na primeira tela, alcançando o objetivo principal deste trabalho, visto que entre as principais aplicações dos medidores cognitivos destacam-se o monitoramento do consumo de energia no ambiente residencial e a criação de mecanismos que possibilitem os consumidores entenderem seus hábitos de consumo e reduzirem gastos com energia elétrica.

Para um conhecimento mais detalhado do consumo, nas telas seguintes do aplicativo há o demonstrativo visual, em forma de gráfico de barras, com intervalos definidos em hora, no caso da tela 2, e dia, no caso da tela 3, possibilitando ao usuário a análise diária e até mesmo horária para entender o comportamento do consumo de sua residência e definir onde e quando é possível atuar na intenção de reduzir o consumo.

Um diferencial na proposta desenvolvida é o cálculo aproximado da tarifa branca, este só é possível com medidores eletrônicos, pois dependem do horário de consumo e também a diferenciação de dias da semana, finais de semana e feriados. Esta ferramenta mostra quais clientes tem favorecimento em aderir ou não a este novo modelo tarifário, que tem como principal objetivo, deslocar o pico de consumo, com intuito de diminuir perdas no sistema, e para isso, dar incentivos financeiros aos consumidores que mudam seus hábitos.

Para futuras melhorias desse trabalho, é interessante integrar no aplicativo, na tela de simulação da conta de energia, a opção de selecionar a concessionária que abastece a região em que a residência se localiza, podendo difundir o aplicativo para todo o território nacional e criar uma tela de histórico de consumo, para o usuário poder comparar os consumos diários e até mesmo mensais com mais clareza e controle.

Além disso, realizar um estudo mais aprofundado no que tange o sistema não intrusivo, as tecnologias, técnicas e algoritmos para tornar o medidor centralizado em um ponto de acoplamento comum da residência, tornando o hardware mais simples e menos custoso para o usuário.

REFERÊNCIAS

ALLEGRO MicroSystems. **Datasheet: ACS712 Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor.** Electronic Publication, 2007.

ANDROID. “**Android Studio: Guia do Usuário**”, [s.d.]. Disponível em: <https://developer.android.com/studio/intro>. Acesso em: 18 de maio de 2019.

ARDUINO. “**Arduino as ISP and Arduino Bootloaders**”, c2018. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/BuiltInExamples/ArduinoISP>. Acesso em: 04 de abr de 2019.

ATMEL. **Datasheet: Atmel 8-bit AVR Microcontroller with 2/4/8K Bytes In-System Programmable Flash.** Electronic Publication, 2013.

BRAGA, Nina Bordini. **Gerenciamento pelo lado da demanda em áreas residenciais.** 2014. 75 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017: ano base 2016.** Empresa de Pesquisa Energética. Brasília, Distrito Federal, 2017.

BUSSE, Bruna Nascimento. **Textos acadêmicos sobre eficiência energética: uma amostra quantitativa dos últimos 40 anos de pesquisa.** Especialize, Revista On-line, p.1-13, nov. 2010.

EC. **Benchmarking smart metering deployment in the EU-27 with a focus on electricity.** European Commission, 2014.

EEA. **Achieving energy efficiency through behaviour change: what does it take?** European Environment Agency Technical Report, 2013.

ESPRESSIF IOT Team. **Datasheet: ESP8266EX.** Electronic Publication, 2020.

JORGE, André Filipi Pereira. **Eficiência energética: Sistema de Comunicação para Monitorar Consumos de Energia.** 2010. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Eletrotécnica, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2010.

MARTINS, Maria Paula de Souza. **Inovação tecnológica e eficiência energética.** 1999. 51 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.

MME, Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Energia Elétrica. Departamento de Monitoramento do Sistema Elétrico. **Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico. Maio/2020.** Brasil, 2020.

MENKES, Monica. **Eficiência energética, políticas públicas e sustentabilidade.** 2004. 293 f. Tese (Doutorado) - Curso de Área de Atuação: Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

MÍNGUEZ, Agustín. **Medidores de energia ativa: Funcionamento, Práticas Usuais, Principais Ensaios e Análise das Fraudes mais comuns.** 2007. 80 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

NORDIC Semiconductor. **Datasheet: nRF24L01+ Single Chip 2.4GHz Transceiver.** Electronic Publication, 2008.

SOUZA, Wesley Angelino de. **Estudos de técnicas de análise e tecnologias para o desenvolvimento de medidores inteligentes de energia residenciais.** 2016. 206 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.