

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM INTERNET DAS COISAS

DARCI CIDADE JÚNIOR

**ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA EM UMA UNIDADE
CONSUMIDORA VIA INTERNET DAS COISAS**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2018

DARCI CIDADE JÚNIOR

**ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA EM UMA UNIDADE
CONSUMIDORA VIA INTERNET DAS COISAS**

Monografia de Especialização, apresentada ao Curso de Especialização em Internet das Coisas, do Departamento Acadêmico de Eletrônica – DAELN, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. Dr. Glauber Gomes de Oliveira Brante

CURITIBA

2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Curitiba

Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Departamento Acadêmico de Eletrônica
Curso de Especialização em Internet das Coisas



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA EM UMA UNIDADE CONSUMIDORA VIA INTERNET DAS COISAS

por

DARCI CIDADE JÚNIOR

Esta monografia foi apresentada em 13 de novembro de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Internet das Coisas. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Glauber Gomes de Oliveira Brante
Orientador

Prof. M.Sc. Danillo Leal Belmonte
Membro titular

Prof. M.Sc. Omero Francisco Bertol
Membro titular

Dedico este trabalho à Amanda, Antônia e Teodoro.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela existência da Vida, aos Pais pelo apoio e incentivo, a Esposa pelo carinho e compreensão e aos Filhos pela vontade de viver todos os dias.

Ao Professor Glauber Gomes de Oliveira Brante em especial, pela competência, paciência e confiança.

A todos os amigos e professores do curso de IoT da UTFPR por tudo que passamos juntos.

RESUMO

CIDADE JÚNIOR, Darci. **Análise do consumo de energia em uma unidade consumidora via Internet das Coisas**. 2018. 40 p. Monografia de Especialização em Internet das Coisas, Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

A eletricidade é uma das principais fontes para geração de energia, sendo utilizada em diversas atividades cotidianas e para o funcionamento de diversos equipamentos. Além do uso evidente e acentuado desta energia, seu desperdício também segue um caminho crescente com o passar do tempo. Nesse contexto, medidas para gerenciar a energia são necessárias para o controle e uso desta. Em uma residência, o monitoramento das cargas elétricas é fundamental para identificar a quantidade de energia consumida e assim pensar em formas de reduzir o consumo, consequentemente evitando o desperdício e gastos desnecessários na conta de luz. O estudo se desenvolveu acerca do questionamento de qual das cargas consumidoras possui a maior responsabilidade pelo consumo de energia elétrica em uma residência. Foram utilizados software, hardware e sensores associados à Internet das Coisas na elaboração do sistema de monitoramento das cargas. Quanto à abordagem, o estudo se caracteriza como uma pesquisa quali-quantitativa, de natureza aplicada, que se identifica com a pesquisa descritiva e caracteriza-se como estudo de caso. Os resultados obtidos foram satisfatórios em relação aos objetivos propostos, onde se observou que o chuveiro e a torneira elétrica foram os maiores “vilões” do consumo de energia elétrica em uma residência.

Palavras-chave: Internet das Coisas. Hardware. Cargas. Sensor de Corrente. Consumo.

ABSTRACT

CIDADE JÚNIOR, Darci. **Analysis of energy consumption in a consumer unit through the Internet of Things**. 2018. 40 p. Monografia de Especialização em Internet das Coisas, Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

Electricity is one of the main sources for energy generation, being used in various daily activities and for the operation of various equipment. In addition to the evident and accentuated use of this energy, its waste also follows a growing path over time. In this context, measures to manage energy are necessary for its control and use. In a residence, the monitoring of the electric charges is fundamental to identify the amount of energy consumed and thus to think of forming of reducing the consumption, consequently avoiding the waste and unnecessary expenses in the account of light. The study developed about the questioning of which of the consumer loads has the greatest responsibility for the consumption of electric energy in a residence. Software, hardware and sensors associated with the Internet of Things were used in the design of the cargo monitoring system. As for the approach, the study is characterized as a qualitative-quantitative research, of an applied nature, that is identified with descriptive research and is characterized as a case study. The results obtained were satisfactory in relation to the proposed objectives, where it was observed that the shower and the electric faucet were the biggest "villains" of the consumption of electric energy in a residence.

Keywords: Internet of Things. Hardware. Loads. Current Sensor. Consumption.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - ESP8266.....	20
Figura 2 - Hardware - WeMos D1 R1	21
Figura 3 - IDE Arduino.....	21
Figura 4 - Sensor de corrente - SCT - 013	22
Figura 5 - Fluxograma do sistema.....	27
Figura 6 - Ligação física entre carga, sensor e hardware	28
Figura 7 - Teste do sistema de ligação	28
Figura 8 - Circuito de conversão Corrente - Tensão	29
Figura 9 - Sinal de saída do SCT - 013 para corrente eficaz de 100A	30
Figura 10 - Resistor de carga entre os pólos do sensor de corrente.....	30
Figura 11 - Circuito divisor de tensão.....	31
Gráfico 1 - Componentes da tarifação de energia.....	16
Gráfico 2 - Consumo por carga	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo médio diário	33
Tabela 2 - Comparação Consumo - Copel.....	33

LISTA DE ABREVIATURAS

A	Amperes
Gwh	Gigawatts/hora
Kwh	Quilowatts/hora
mA	Mili Amperes
V	Volts

LISTA DE SIGLAS

ADC	<i>Analog-to-Digital Converter</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
MME	Ministério do Meio Ambiente
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
RMS	<i>Root Mean Square</i>

LISTA DE ACRÔNIMOS

ABESCO	Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia
ABINC	Associação Brasileira de Internet das Coisas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanço Estatístico Anual
COFINS	Contribuição para Financiamento da Seguridade Social
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
PIS	Programa de Integração Social

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 CONSUMO DE ENERGIA NO BRASIL	14
2.2 TARIFAÇÃO DE ENERGIA	16
2.3 MEDIÇÃO DE ENERGIA INTELIGENTE (SMART MONITORING)	17
2.4 IOT E O USO PARA MEDIÇÃO INTELIGENTE	18
2.5 HARDWARE	19
2.6 SENSOR DE CORRENTE	22
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	24
4 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO	26
4.1 O SISTEMA	26
4.2 A LIGAÇÃO	27
4.3 CONVERSÃO DE SINAL	29
4.4 PROGRAMAÇÃO	31
4.4.1 Firmware	31
4.4.2 Servidor Hospedagem	32
4.4.3 Banco de Dados	32
5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	33
6 CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica está presente em diversos setores econômicos e seu uso, cada vez mais vigoroso, se dá pela característica renovável desta energia, a qual possui custos e alcance acessíveis. Tanto na economia quanto no nível de qualidade de vida, o consumo de energia é um dos principais indicadores de desenvolvimento em qualquer sociedade (ANEEL, 2008).

A energia elétrica, desde sua criação, tem se tornado cada vez mais necessária no cotidiano da população, seja para consumo residencial, industrial, rural, iluminação pública, serviço público e outros. Segundo dados do Anuário Estatístico 2018, realizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), em 2017, a categoria residencial consumiu 134.368 gigawatts/hora (gW/h) de energia elétrica, ficando atrás do consumo industrial.

Além do consumo, o desperdício de energia também deve ser observado. Segundo dados levantados por Pereira (2018), são desperdiçados cerca de 50 mil gW/h de energia elétrica no Brasil. O desperdício implica em questões ambientais e financeiras, gerando gastos desnecessários à empresas e consumidores. Ademais, a literatura apresenta registros de casos de consumos descontrolados de energia em residências devido à falta de monitoramento individual das cargas. Neste contexto, medidas para gerenciar a energia se fazem necessárias para o controle e uso desta.

Os aspectos que envolvem o tema, o objeto e o estudo propriamente dito podem ser justificados por três facetas distintas e complementares, sendo elas: científica, social e pessoal. Assim, do ponto de vista científico, o estudo se justifica pela tendência cada vez maior da evolução dos sistemas de automação utilizando Internet das Coisas e uso de sensores e atuadores para diversas aplicações. Ademais, irá contribuir com a face prática da aplicação da internet das coisas, medidores inteligentes e *hardwares* associados para um fim específico e usual dentro e fora do âmbito acadêmico. Sob o olhar social, este estudo tem sua justificativa voltada à aplicação da Internet das Coisas em uma residência a fim de descobrir os “vilões” do consumo de energia, tendo em vista que os processos realizados neste trabalho podem ser aplicados em diversos ambientes e irão contribuir socialmente nos gastos e economia de energia elétrica. Com relação à perspectiva pessoal, o estudo se justifica pelo interesse nas descobertas das aplicações da Internet das Coisas que

irão surgir no decorrer dos anos, assim como, a economia financeira e o uso de energia de forma consciente

O monitoramento de uma carga elétrica em uma residência é fundamental para identificar a quantidade de energia consumida. Para essa condição é necessário que os sensores e *hardwares* estejam sempre funcionando. Desta forma, procurou-se estudar medidas que possam monitorar e gerenciar o consumo de energia das cargas com o objetivo de apontar formas de evitar desperdício e gerar economia aos usuários utilizando a Internet das Coisas.

Diante do exposto o presente trabalho visa apresentar a pesquisa que tem a seguinte questão norteadora: Qual das cargas consumidoras possui a maior responsabilidade pelo consumo de energia elétrica em uma residência?

O objetivo deste estudo foi verificar qual equipamento elétrico possui a maior responsabilidade pelo consumo de energia elétrica em uma residência. Os objetivos específicos foram: selecionar os equipamentos que serão monitorados; montar o sistema de monitoramento; programar o software para receber e armazenar os dados obtidos; e analisar os dados.

O estudo foi realizado em uma residência unifamiliar com a finalidade de medir o consumo das cargas (equipamentos) elétrico. Para tal, foi elaborado um sistema capaz de realizar o monitoramento das cargas. O sistema é composto por medidores inteligentes, sensor de corrente e microcontroladores.

O medidor inteligente é conectado diretamente na tomada e faz uma ligação entre esta e a carga que se deseja monitorar. O sensor de corrente envolve o fio que liga a carga a eletricidade, sem estar em contato elétrico com o circuito, e mede a corrente alternada que passa pelo fio. Os dados registrados pelo sensor são enviados ao microcontrolador, que foi programado para receber esses dados, tratá-los e armazená-los em uma base de dados nas nuvens, sendo transmitidos via Wireless aos meios de transmissão. Assim, é possível prever a quantidade de energia, em quilowatts/hora (kW/h), consumida pelo usuário por ponto de consumo.

A estrutura geral do trabalho se dá, após a introdução, pela fundamentação teórica, que apresenta os principais aspectos apontados pela literatura da área com relação ao consumo de energia, medição de energia inteligente, Internet das Coisas, microcontroladores, o hardware utilizado e sensores. Em seguida, a metodologia, que traz os métodos utilizados na elaboração deste estudo. O terceiro capítulo é o desenvolvimento do sistema de monitoramento, o qual descreve o sistema, a ligação

e a programação utilizada na realização do sistema que pudesse captar as informações de consumo das cargas elétricas. Após, apresenta-se os resultados obtidos e a análise destes, precedendo a conclusão do estudo. Por fim, têm-se as referências utilizadas para fins de embasamento teórico e figurativo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção, são apresentadas as abordagens teóricas que sustentaram esta pesquisa, subdividas em: consumo de energia no Brasil; tarifação de energia; medição de energia inteligente (*smart monitoring*); IoT e o uso para medição inteligente; *hardware* utilizado; e sensor de corrente utilizado.

2.1 CONSUMO DE ENERGIA NO BRASIL

Os princípios básicos e diretrizes da política energética brasileira são formulados pelo Ministério de Minas e Energia (MME). Para realizar estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, surgiu em 2004 a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) vinculada ao MME. Anualmente a EPE publica em seu sítio eletrônico o Balanço Energético Nacional (BEN), relatório que documenta e divulga extensa pesquisa e a contabilidade relativas à oferta e consumo de energia no Brasil.

Segundo o relatório síntese do BEN, publicado em maio de 2018, referente ao ano de 2017, o consumo final de energia por fonte (matriz energética), no Brasil, foi: óleo diesel (18,0%), eletricidade (17,4%), bagaço de cana (11,7%), gasolina (9,6%), gás natural (7,4%), lenha (6,4%), etanol (5,5%), GLP (3,2%), lixívia (2,5%), querosene (1,3%), óleo combustível (1,1%) e outras fontes, que inclui gás de refinaria, coque de carvão mineral, de carvão vegetal e de petróleo, alcatrão, nafta, carvão mineral, outros energéticos de petróleo, asfalto, lubrificantes e solventes (16,0%).

Dentre os usuários de energia no Brasil, o BEN 2018 aponta: indústrias (33,3%), transportes (32,5%), setor energético (10,0%), residências (9,6%), serviços (4,8%), agropecuária (4,0%) e uso não energético (5,8%). Produção industrial e transporte de carga e/ou passageiros correspondem por aproximadamente 66% do consumo de energia do país (BEN, 2018). Os usuários de energia utilizam a eletricidade como uma das principais fontes para geração de energia, com exceção do setor de transportes, que faz uso principalmente do óleo diesel e da gasolina.

A eletricidade, por sua vez, possui uma matriz elétrica, que é composta por fontes geradoras de energia elétrica. Essas fontes possuem a característica de serem, em sua maioria, renováveis, ou seja, são consideradas inesgotáveis, pois suas

quantidades se renovam constantemente ao serem usadas e são consideradas fontes limpas, por emitirem menos gases de efeito estufa se comparados com as fontes fósseis, como o carvão mineral, gás natural e o petróleo e seus subprodutos (EPE, 2018).

As fontes de energia elétrica renováveis são: a) hídrica (energia da água dos rios), b) solar (energia do sol), c) eólica (energia do vento) e, d) biomassa (energia de matéria orgânica). Ademais, as fontes de energia elétrica contemplam também o gás natural, carvão e derivados, nuclear e derivados do petróleo, consideradas fontes não renováveis, esgotáveis. O BEN 2018 apresenta a estatística da utilização da matriz elétrica brasileira, que mostra a utilização majoritária da hídrica (hidráulica) para a geração de eletricidade (65,2%), seguido do gás natural (10,5%), biomassa (8,2%), eólica (6,8%), carvão e derivados (3,6%), derivados de petróleo (3,0%), nuclear (2,5%) e solar (0,1%).

Diante dos dados apresentados sobre a utilização da energia elétrica no Brasil é possível perceber sua importância ao constatá-la presente nas variadas atividades do dia a dia. Com isso, atenta-se a outra face deste cenário, o desperdício de energia. Pereira (2018) revela que “o desperdício da energia elétrica no Brasil atinge anualmente a cota de 50 mil gigawatts/hora” (PEREIRA, 2018, p. 12). Essa cota equivale a mais de 25 bilhões de reais, valor calculado com base na tarifa convencional para clientes do subgrupo B1 (residencial), da Copel, vigente a partir de junho de 2018.

Em nota publicada pela Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ABESCO) em maio de 2017, o principal motivo do desperdício de energia elétrica é a desatualização de maquinário industrial, de lâmpadas e de eletrodomésticos. A associação afirma ainda, que se não houvesse esse desperdício “seria possível reduzir o uso de termelétricas em momentos de baixa nos reservatórios de usinas hidrelétricas e uma menor necessidade de investimentos na ampliação da rede, o que baratearia a tarifa” (ABESCO, 2017). Trata-se não somente do custo que os brasileiros pagam para ter eletricidade, mas também do melhor aproveitamento das fontes de energia renováveis, que devem ser utilizadas por completo, pois emitem menos gases prejudiciais ao meio ambiente se comparadas com as fontes de energia não renováveis.

2.2 TARIFICAÇÃO DE ENERGIA

Para que ocorra a comercialização da energia elétrica, esta passa inicialmente por um processo de geração, transmissão e distribuição. A tarifação da energia está inserida no processo de comercialização da eletricidade, o qual possui a finalidade de remunerar o processo inicial de forma que assegure a estrutura e colabore com a manutenção do serviço de qualidade. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) possui metodologia de cálculo para a geração, transmissão e distribuição de energia.

Brito (2016) aponta que as distribuidoras de energia elétrica possuem custos que devem ser avaliados nas definições das tarifas, são esses: energia gerada; transporte de energia até as unidades consumidoras de transmissão e distribuição; e encargos setoriais. Ademais, o autor observa que além desses custos, que serão repassados para o consumidor, o Governo Federal, Estadual e Municipal cobram na conta de luz o PIS/COFINS, o ICMS e a Contribuição para Iluminação Pública.

A ANEEL classifica os custos da distribuidora, para fins de cálculo tarifário, em dois tipos: Parcela A (compra de energia, transmissão e encargos setoriais) e Parcela B (distribuição de energia). O Gráfico 1, apresenta a composição e percentagem dos custos que compõem a tarifação de energia de acordo com os itens apresentados anteriormente.

Gráfico 1 - Componentes da tarifação de energia



Fonte: Aneel (2015).

A tarifação de energia, desde 2015, possui o sistema de bandeiras tarifárias, que reflete diretamente no valor que o consumidor vai pagar pela energia elétrica utilizada, em função das condições de geração de energia. Esse sistema é dividido em três modalidades ou bandeiras: verde, amarela e vermelha. A bandeira verde

representa condições favoráveis de geração de energia e não há acréscimo na tarifa. A bandeira amarela caracteriza-se por condições menos favoráveis de geração de energia, nesse caso a tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,010 para cada quilowatt-hora (kWh) consumidos. A bandeira vermelha é dividida em dois patamares, o primeiro representa condições custosas de geração de energia, assim, a tarifa recebe um acréscimo de R\$ 0,030 para cada kWh consumido, já o segundo patamar representa condições mais custosas de geração de energia, fazendo com que a tarifa tenha acréscimo de R\$ 0,050 para cada kWh consumido (ANEEL, 2015).

O sistema de bandeiras tarifárias é aplicado, segundo a Aneel (2015), para todos os tipos de consumidores, proporcional ao seu consumo. As bandeiras mudam de cor a partir de avaliação das condições de operação do sistema de geração de energia, realizado pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) mensalmente. A Aneel (2015) informa que “A partir dessa avaliação, define-se a previsão de geração hidráulica e térmica, além do preço de liquidação da energia no mercado de curto prazo”. Dessa forma, a cor da bandeira pode variar a cada mês, a partir da previsão de custos da energia do mês anterior.

2.3 MEDIÇÃO DE ENERGIA INTELIGENTE (SMART MONITORING)

Com a chegada das *Smart Grids* (redes inteligentes), o relacionamento entre as companhias de distribuição de energia elétrica e seus clientes vem mudando constantemente. Fracari, Santos e Sanchez (2015, p. 16) apontam que “a eficiência gerada por uma rede inteligente vai muito além do que temos hoje com a distribuição tradicional, relatórios precisos de consumo e horários de maior pico, ajudariam a controlar melhor a distribuição de energia”. As características supracitadas pelos autores podem ser consideradas positivas tanto para as companhias quanto para os consumidores, tendo em vista que a primeira conseguiria “direcionar um maior fluxo de energia para regiões mais com maiores demandas naquele instante de tempo” (FRACARI; SANTOS; SANCHEZ, 2015, p. 16) e os consumidores conseguiriam controlar seu consumo.

A realização desse processo só é possível após a substituição dos medidores eletromecânicos, utilizados hoje em dia, por medidores elétricos inteligentes, que possibilita a interação inteligente entre usuário, rede, distribuidoras e geradoras

(FRACARI; SANTOS; SANCHEZ, 2015). A principal diferença entre os medidores, segundo Pereira (2016, p. 34), é a “presença de telecomunicação que permite a leitura e configuração do medidor de forma remota”.

Medidores inteligentes, também conhecidos como *smart meters*, “são responsáveis por conter todo o sistema de aferimento da potência dos aparelhos monitorados, são conectados diretamente na tomada, fazendo uma ponte até o aparelho que se deseja monitorar” (ROVERE, 2016, p. 30). Ademais, com a utilização desse tipo de medidor, os usuários residenciais ou industriais poderão interagir com o sistema de redes inteligentes, deixando-os cientes e aptos a tomarem decisões sobre seu uso consciente (FRACARI; SANTOS; SANCHEZ; 2015). Os autores ainda ressaltam que

O medidor inteligente proverá informações e possibilitará ao consumidor gerenciar suas demandas de forma que gere menor custo na conta de energia. Isso possibilitará com que o usuário faça um melhor gerenciamento de seu consumo, podendo buscar pelos horários que possuam tarifação reduzida para que seja possível diminuir seus gastos. Ao mesmo tempo, as empresas e indústrias poderão determinar os horários com o melhor custo/benefício para aumentar a produção e conseqüentemente, seu gasto energético.

Outra característica dos medidores inteligentes é que estes são equipamentos bidirecionais capazes de se conectar com a internet. Esse tipo de medidor, segundo Pereira (2016), possui medição bidirecional, capaz de registrar a energia fornecida para a unidade consumidora e a energia, porventura, produzida por essa unidade, nesse caso, tem-se como exemplo os painéis fotovoltaicos, que são capazes de gerar energia elétrica própria.

2.4 IOT E O USO PARA MEDIÇÃO INTELIGENTE

Com seu crescimento em alta, a internet das coisas, ou IoT (do inglês, *Internet of Things*) está se desenvolvendo exponencialmente em todo mundo. Santos et al. (2016, p. 2), aponta que a IoT pode ser considerada “uma extensão da Internet atual, que proporciona aos objetos do dia-a-dia (quaisquer que sejam), mas com capacidade computacional e de comunicação, se conectarem à Internet”. Os autores apresentam ainda duas principais características da IoT, sendo elas: o controle remoto dos objetos e o acesso aos objetos como provedores de serviços.

A ABINC (2017) traz outro olhar sobre a contextualização da IoT ao apontar que esta é o ápice da Revolução Digital e não deixará de fora nenhum segmento do mercado, fazendo com que empresas, que queiram sobreviver no mercado, passem a pensar de forma digital. Dentre as tecnologias que compõem a chamada Internet das Coisas, destaca-se: dispositivos e sensores, redes de telecomunicações, aplicativos, softwares rodando em servidores em nuvem, ferramentas de análise de grande quantidade de dados e inteligência artificial (ABINC, 2017).

Waldner (2007) revela que a Internet das Coisas é capaz de codificar de 50 a 100 trilhões de objetos e acompanhar os movimentos destes. O autor ainda salienta que, em ambientes urbanos, existem aproximadamente de 1000 a 5000 objetos rastreáveis que cercam os seres humanos. Os dispositivos inteligentes já chegaram às casas das pessoas e os números apontam um crescimento de 83 milhões em 2015 para 193 milhões em 2020 (MEOLA, 2016).

Ronaldo Vieira, membro do Comitê de Segurança da Associação Brasileira de Internet das Coisas (ABINC), aponta que o conceito de IoT vem se fortalecendo no setor elétrico a partir da ideia de ter maior número de componentes auxiliando as tarefas cotidianas e permitindo a transmissão de dados e informações (VIEIRA, 2018).

A Vieira (2018) revela que, para o consumidor, a internet das coisas está mais visível na distribuição de energia. A partir da adoção de soluções de redes inteligentes, a distribuidora coleta informações sobre o comportamento dos seus clientes e consegue ter uma melhora na prestação do serviço e na antecipação de demandas de manutenção ou eficiência energética. A “automação de subestações, sensoriamento e a instalação de medidores inteligentes auxiliam no monitoramento da rede e maximizam os benefícios da IoT na operação” (VIEIRA, 2018). Dessa forma, a Internet das Coisas informará em tempo real o consumo da casa ou empresa, contribuindo para a otimização da energia para a distribuidora e favorecendo a economia de consumo, e conseqüentemente, dos gastos para o consumidor.

2.5 HARDWARE

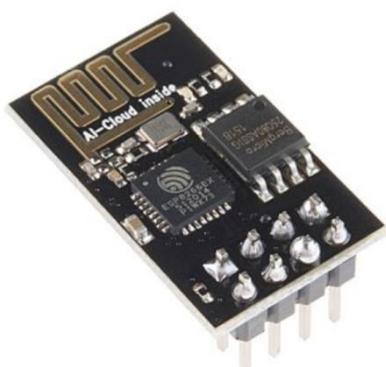
Com a função maior de processar dados, os microcontroladores são definidos por Penido e Trindade (2013, p. 15) como “um computador em um único chip”, o qual contém “processador [...], memória, periféricos de entrada e de saída, temporizadores,

dispositivos de comunicação serial, dentre outros” (PENIDO; TRINDADE, 2013, p. 15). Os microcontroladores podem ser programados para realizar funções específicas, como o controle de máquinas e diferentes automações.

Para este trabalho foi utilizado o microcontrolador ESP8266, produzido pela empresa Espressif Systems. Esse microcontrolador possui um sistema de comunicação via redes sem fio (Wi-Fi), que é o seu grande diferencial. Acredita-se que este circuito tornou-se popular devido ao baixo custo de aquisição em relação ao de outros fabricantes, no entanto, sem deixar de apresentar desempenho e confiabilidade para utilização em projetos que envolvam este tipo de comunicação.

O Espressif ESP8266, apresentado na Figura 1, é um circuito integrado em alta escala que apresenta funcionalidades de um microcontrolador com uma estrutura de comunicação Wi-Fi dentro do chip. Essa tecnologia facilita a construção de alguns elementos, uma vez que é possível usar o ESP8266 tanto como um controlador como rádio Wi-Fi na construção de dispositivos para uso com o conceito internet das coisas (ESPRESSIF, 2018).

Figura 1 - ESP8266



Fonte: Baúdaeletrônica (2018).

Dessa forma, o ESP8266, pode ser usado de forma *standalone* ou em conjunto com outro microcontrolador, agregando ao conjunto final, capacidades de comunicação via uma rede sem fio Wi-Fi (ESPRESSIF, 2018). O ESP8266 implementa a especificação 802.11 do protocolo Wi-Fi.

O hardware utilizado para auxiliar a funcionalidade do microcontrolador foi o WeMos D1 R1 (Figura 2), que é uma placa com módulo ESP8266 incluso e foi desenvolvida especialmente para projetos em IoT (FELIPEFLOP, 2018). Este hardware possui conector micro USB, 11 pinos de I/O digitais e uma entrada analógica, com capacidade máxima de 3,3V, aceita alimentação externa de 9 e 24V e é compatível com Arduino e Nodemcu (FELIPEFLOP, 2018).

Figura 2 - Hardware - WeMos D1 R1



Fonte: Felipeflop (2018).

Além do microcontrolador e do hardware já especificados, este trabalho contou com o *software* Arduino que é caracterizado por ser uma IDE, sigla em inglês que significa Ambiente para Desenvolvimento Integrado. O IDE Arduino *software*, apresentado na Figura 3, possibilita escrever programas e enviá-los à placa, neste caso, o *hardware* WeMos D1 R1.

Figura 3 - IDE Arduino

```

Blink 5
This example code is in the public domain.

http://www.arduino.cc/en/Tutorial/Blink
*/

// the setup function runs once when you press reset or power the board
void setup() {
  // initialize digital pin LED_BUILTIN as an output.
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
}

// the loop function runs over and over again forever
void loop() {
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000); // wait for a second
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000); // wait for a second
}

```

Fonte: Autoria própria.

Oliveira (2017) aponta que a IDE do Arduino é gratuita, possui uma vasta documentação e é de uso simples, tendo sua utilização bastante frequente. O autor menciona que “os programas na IDE do Arduino são denominados ‘*sketchs*’ e se utilizam da linguagem C” (OLIVEIRA, 2017, p. 12). Ademais, os programas nesse ambiente possuem duas funções obrigatórias, segundo Oliveira (2017), de *setup* e *loop*. (OLIVEIRA, 2017, p. 12-13).

A IDE Arduino facilita a vida do programador, tornando a programação mais rápida e eficiente, tendo algumas das principais vantagens: tempo de programação, gestão do código e teste de verificação antes da compilação para dentro do hardware.

2.6 SENSOR DE CORRENTE

Utilizado para medir ou monitorar determinada grandeza física, o sensor é um dispositivo que, ao receber um estímulo físico ou químico, pode ser transformado em outra grandeza física, realizando assim, o monitoramento ou medição (BALBINOT; BRUSAMARELLO, 2011).

Neste trabalho, o dispositivo utilizado foi o sensor de corrente modelo SCT – 013 (Figura 4), da fabricante YHDC, indicado para medição de corrente alternada (do inglês, *alternating current* - AC). O sensor SCT - 013 realiza a medição da corrente sem estar em contato elétrico com o circuito por meio de algumas propriedades magnéticas da corrente elétrica, que são explicadas pela física (DEMETRAS, 2017).

Figura 4 - Sensor de corrente - SCT - 013



Fonte: Felipeflop (2018).

Para entender o funcionamento do sensor, é necessário relembrar duas leis da física, sendo elas Lei de Ampère e Lei de Faraday. A primeira afirma que todo condutor, por onde passa uma corrente elétrica, induz ao seu redor um campo magnético proporcional a corrente. A segunda, conhecida também como lei da indução eletromagnética, revela que um campo magnético, que possui variação ao longo do tempo, induz em uma espira uma força eletromotriz, que produz uma corrente proporcional a intensidade do campo. A partir dessas propriedades, tem-se o

funcionamento (por indução) de um transformador de corrente, conhecido também como sensor (DEMETRAS, 2017).

O sensor SCT - 013 funciona por “indução e tem em sua base um transformador com um enrolamento no primário e um enrolamento no secundário” (FONTES, 2013, p. 35). O enrolamento no primário compreende poucas voltas com o fio grosso, no secundário têm-se muitas voltas com o fio fino (FONTES, 2013). O autor esclarece ainda que a corrente passa pelo enrolamento primário produz um campo magnético no núcleo, o que induz uma corrente no enrolamento secundário.

Fontes (2013) destaca que esse modelo de sensor é bastante útil para medir o consumo de energia, sendo o mais indicado para uso em alta tensão, pois possui o núcleo dividido. Além disso, são considerados como não invasivos, por não necessitarem de nenhuma intervenção técnica com fios desencapados ou expostos, ou seja, não é necessário “abrir o circuito para ligá-lo em série com a carga, basta apenas ‘abraçar’ um dos fios ligados ao equipamento a ser monitorado” (DEMETRAS, 2017).

O sensor mencionado não pode ser conectado aos dois fios de alimentação do aparelho a ser medido, isso se deve ao campo magnético. Demetras (2017) explica que cada fio condutor produz um campo magnético proporcional a corrente, ou seja, no mesmo sentido. Pode acontecer de o sentido da corrente em um fio ser oposto ao sentido da corrente no outro fio, fazendo com que os campos magnéticos se anulem. Não havendo campo magnético, não há indução, não há corrente induzida circulando, e, conseqüentemente, não é possível realizar a medição da corrente consumida (DEMETRAS, 2017).

Dessa forma, o sensor realiza a medição da corrente elétrica que passa pelo fio condutor do equipamento a ser monitorado e emite essa informação para o hardware, que faz o processamento da informação e envia para o banco de dados para ser armazenada.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia “é o estudo da organização, dos caminhos a serem percorridos, para se realizar uma pesquisa ou um estudo” (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p. 12). A metodologia envolve quatro vertentes: abordagem, natureza, objetivos e procedimentos.

Quanto à abordagem, o estudo se caracteriza como uma pesquisa qualitativa, pois está associada à “objetivação do fenômeno; hierarquização das ações de descrever, compreender, explicar” (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p. 32) e análise dos dados brutos, recolhidos com o auxílio de instrumento padronizado e neutro para compreender a realidade. Elaborar o sistema de monitoramento de cargas em uma residência envolve a compreensão e descrição das leis da física, dos softwares e hardwares que compõem o sistema e um conhecimento prévio, que foram fundamentados, sobre Internet das Coisas e sua aplicação. A partir do monitoramento das cargas é possível realizar a análise quantitativa dos dados obtidos.

Observando a natureza, o trabalho caracteriza-se como pesquisa aplicada, a qual “objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais” (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p. 35). A aplicação de Internet das Coisas no cotidiano, por meio do monitoramento das cargas em uma residência, busca gerar conhecimento sobre o tema e apresentar soluções e/ou melhorias para o gasto, ligado a questões financeiras, e consumo elevado de energia elétrica.

Levando em consideração os objetivos, o estudo se identifica com a pesquisa descritiva, pois “exige do investigador uma série de informações sobre o que deseja pesquisar” (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p. 35). A fim de realizar um estudo sobre o monitoramento de cargas utilizando a Internet das Coisas, é necessária uma série de informações sobre o cálculo realizado pelas distribuidoras para definir o consumo, bandeiras tarifárias, Internet das Coisas, as cargas mais utilizadas em uma residência para direcionar o estudo, sensores, microcomputadores, softwares de IDE e, o ponto chave deste estudo, a realização do sistema de monitoramento das cargas em uma residência utilizando IoT.

De acordo com os procedimentos, a pesquisa caracteriza-se como estudo de caso, pois “visa conhecer em profundidade o como e o porquê de uma determinada situação [...], procurando descobrir o que há nela de mais essencial e característico”

(FONSECA, 2002, p. 33). O autor aponta que no estudo de caso não há intenção de intervenção do pesquisador sobre o objeto de estudo, apenas revelação do objeto como ele se dá. Dessa forma, a pesquisa visa entender de forma profunda o consumo de energia elétrica em residências, utilizando um sistema de monitoramento de cargas para realizar a medição de equipamentos considerados comum a diversos domicílios. Para isso, não há pretensão de intervenção do pesquisador durante o processo de monitoramento, apenas na instalação de hardwares específicos que fizeram parte do sistema de monitoramento das cargas.

4 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO

Até o momento foram abordados assuntos para auxiliar e fundamentar o desenvolvimento do trabalho, tais como: tarifação de energia, medição inteligente, *hardware* e sensores utilizados.

As cargas, em uma residência, são compostas por todos os aparelhos que precisam da eletricidade para funcionar, como tomadas, eletrodomésticos, lâmpadas e outros. O consumo de energia elétrica desses aparelhos são os responsáveis pela fatura de luz que o consumidor paga mensalmente à companhia de distribuição.

Abaixo iremos iniciar um estudo de caso aplicado em uma residência com objetivo de encontrar os eletroeletrônicos “vilões”, que consomem mais energia e, conseqüentemente, geram valores altos na conta de luz do consumidor. Para uma avaliação qualitativa acompanhou-se os comportamentos das cargas durante um tempo de aproximadamente de 48 horas. As cargas monitoradas foram: geladeira, torneira elétrica, secadora de roupas, chuveiro, e máquina de lavar roupa.

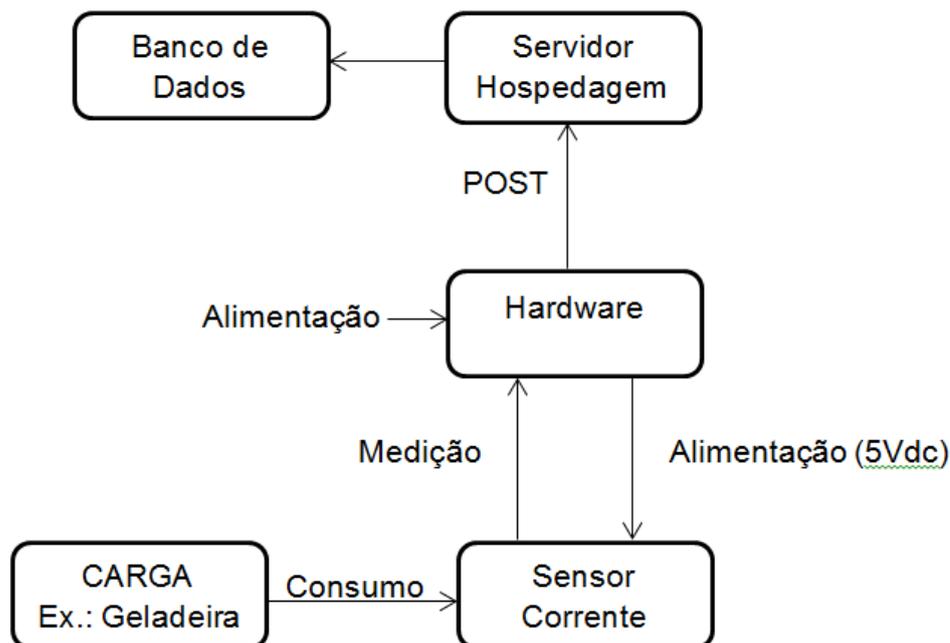
O objetivo, ao investigar as cargas que mais consomem eletricidade em uma residência, é verificar a possibilidade de combater os desperdícios de energia, contribuindo assim para a utilização da energia elétrica de maneira correta, trazendo benefícios como economia, tanto para o consumidor no que se refere ao valor pago pelo consumo, quanto para a distribuidora ao produzir somente o necessário e nos horários de maior demanda, e preservação do meio ambiente.

4.1 O SISTEMA

Para este trabalho utilizou-se um protótipo único para análise de consumo das cargas de maior relevância citadas acima.

Na Figura 5, pode-se observar o fluxograma com a sequência de operações que compõem o sistema, desde das medidas feitas nas cargas até o armazenamento dos dados nas nuvens.

Figura 5 - Fluxograma do sistema



Fonte: Autoria própria.

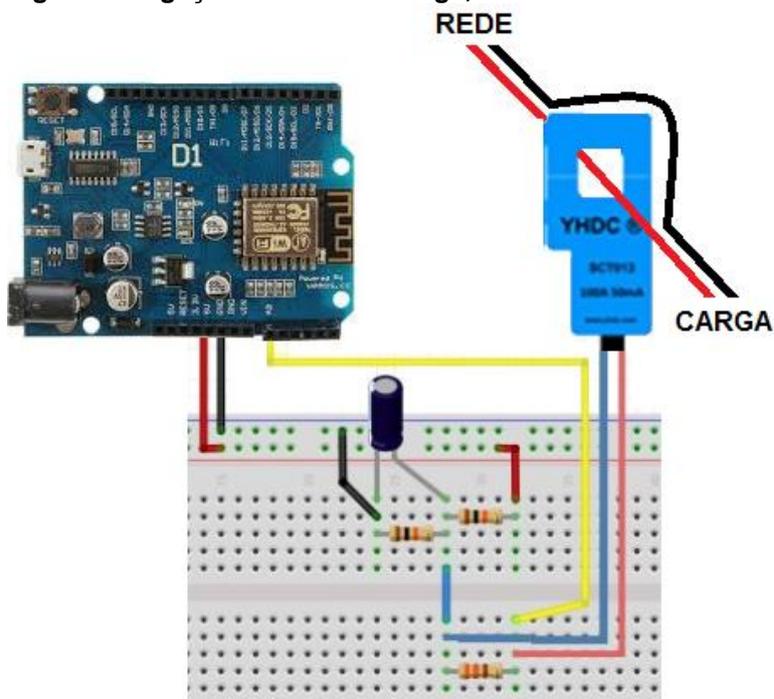
O consumo na carga é monitorado por meio do sensor de corrente que por sua vez envia as medições para o *Hardware*. No *hardware* os valores são tratados e convertidos para o envio ao servidor.

Todos os dados foram enviados para o banco de dados em minuto a minuto. Estes valores foram comparados ao consumo diário em kW/h medido pela concessionária local (COPEL) como se pode ver nos resultados.

4.2 A LIGAÇÃO

Como o já visto no capítulo do sensor, somente um dos condutores do circuito deve ser inserido no sensor. Para o *hardware* fazer a leitura do sinal é necessário um circuito de conversão, que será detalhado no próximo capítulo. Na Figura 6 tem-se a representação da ligação física entre carga, sensor de corrente e *hardware*, o circuito que alimenta a carga por meio da rede elétrica é monitorado pelo sensor de corrente.

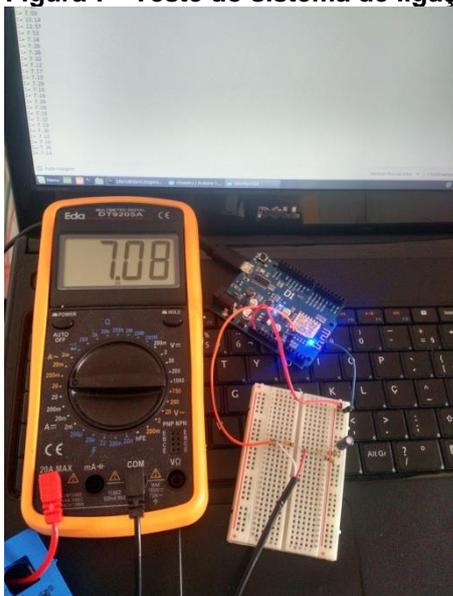
Figura 6 - Ligação física entre carga, sensor e hardware



Fonte: Autoria própria.

Ainda na Figura 6, tem-se o protótipo da ligação que deve ser feita entre a carga que se quer monitorar, o encaixe do sensor (em apenas um fio) e sua ligação com o *hardware*. Dessa forma, para testar a funcionalidade desse sistema foi realizado um teste em uma bancada, como pode ser visto na Figura 7.

Figura 7 - Teste do sistema de ligação



Fonte: Autoria própria.

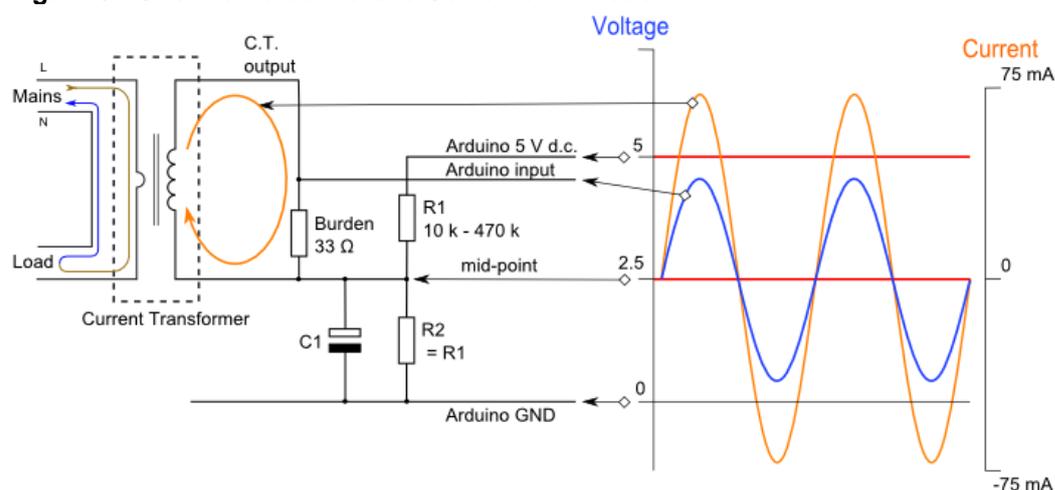
Na imagem, especificamente no canto inferior esquerdo, é possível observar o sensor conectado ao fio, este, por sua vez, está conectado a um multímetro, que

realiza a medição da tensão que passa pelo fio. No *protoboard* tem-se o circuito de conversão de sinal antes da conexão ao *hardware*. Na tela do computador é possível ver os registros da corrente, enviados por meio do sensor via serial monitor pela IDE do Arduino. O objetivo deste teste é comparar a medição real do multímetro com a medição feita pelo sensor inteligente.

4.3 CONVERSÃO DE SINAL

Como visto na fundamentação teórica, a limitação na entrada analógica é de 3,3Vdc. Esta entrada analógica analisa somente tensões positivas. O sinal enviado pelo sensor SCT - 013 é de corrente e não de tensão, desta forma é necessário um circuito para converter a corrente de saída para uma tensão que esteja dentro da faixa de medição do *hardware*, assim tem-se o circuito proposto na Figura 8.

Figura 8 - Circuito de conversão Corrente - Tensão



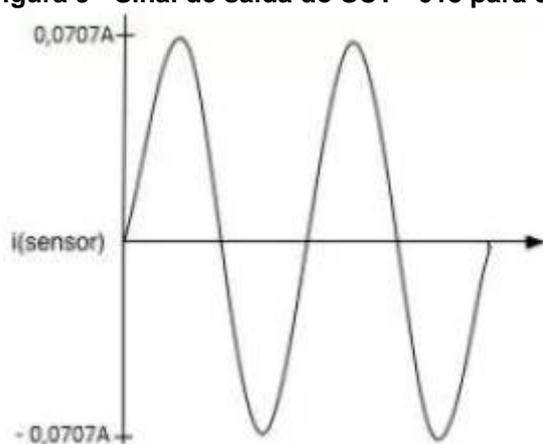
Fonte: Ctsensors (2018).

O sensor de corrente não invasivo utilizado tem a capacidade de medir corrente de até 100A RMS. Segundo data *sheet* para uma corrente de 100A medido no primário terá 50mA no secundário para o sensor SCT - 013 de 2000 espiras.

Para obter a relação entre a entrada e saída deve-se dividir o valor da entrada de corrente pela razão de transformação, assim temos, $100 / 0,05 = 2000$. Com isto é possível saber que a corrente de saída é 2000 vezes a corrente medida.

A máxima corrente de pico no secundário é definida por meio da multiplicação entre a corrente em RMS e $\sqrt{2}$, logo tem-se $0.05 \times \sqrt{2} = 0,0707^a$ (Figura 9).

Figura 9 - Sinal de saída do SCT - 013 para corrente eficaz de 100A



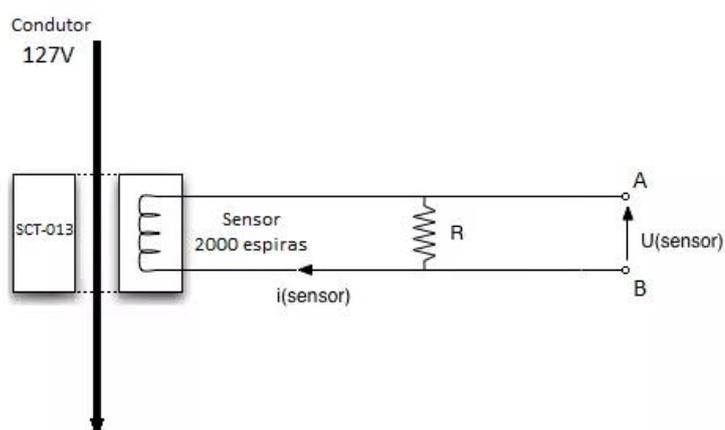
Fonte: Demetras (2017).

A leitura do sinal de saída deve ser convertida para tensão, para isso devemos calcular o resistor Burden, considerando o respectivo circuito.

Para o cálculo do resistor, deve-se considerar a tensão máxima capaz de ser medida pelo hardware dividida por 2, neste caso, $5V / 2 = 2,5V$ aplicados sob o resistor de carga.

Aplicando a Lei de Ohms $R = V / I$, é possível calcular valor do resistor de carga (Figura 10), onde $R_{carga} = V_{sensor} / I_{pico}$, tem-se então $R_{carga} = 2.5V / 0.0707A = 35.4\Omega$. Para o circuito utilizou-se um resistor de 33Ω , facilmente encontrado no mercado.

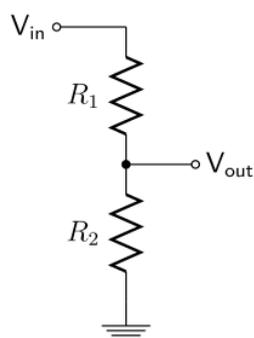
Figura 10 - Resistor de carga entre os pólos do sensor de corrente



Fonte: Demetras (2017).

E por fim, para que o valor medido não ultrapasse os 5V do ADC do hardware, deve-se utilizar um divisor de tensão (Figura 11) associados com resistores de 10k ohms variando 2,5V que e somados com os 2,5V sobre o resistor de carga respeitam o valor máximo.

Figura 11 - Circuito divisor de tensão



Fonte: Demetras (2017).

4.4 PROGRAMAÇÃO

4.4.1 Firmware

Para o *firmware* utilizou-se a biblioteca EmonLib.h, desenvolvida pelo *Open Energy Monitor*. A biblioteca é responsável por fazer as medições das correntes por meio do sensor. É necessário definir o pino de entrada do *hardware* e encontrar um valor de calibração, utilizando a sintaxe `emon1.current (pino, calibração)`.

O Valor da calibração é definido por meio da razão de transformação sobre o resistor de burden, no caso:

$$\text{Valor da Calibração} = 2000/33 = 60.60$$

A leitura da corrente é feita pela função `EnerMonitor.calcIrms(1480)`, onde 1480 é a quantidade de amostras utilizadas para definir o valor da corrente.

Para obter o consumo em watts da carga medida, usa-se a fórmula da potência, onde $P=V \cdot I$. Para este estudo considerou-se a tensão fixa de 220V ou 127 dependendo da carga monitorada.

A medição da potência ocorre a cada segundo, ao finalizar um ciclo de 60 medições, ou seja, 1 minuto, é feita a média com somatório durante este tempo, assim tem-se a média da potência em minuto, este valor é dividido por 1000 para conversão em KWatts.

Para o envio do valor da potência consumida durante 1 (um) minuto usou-se o protocolo HTTP e o método GET/POST. Os parâmetros utilizados no firmware foram

extraídos da biblioteca PubSubClient.h, responsável por fazer conexão com servidor web e enviar os dados medidos para banco de dados.

4.4.2 Servidor Hospedagem

O servidor de hospedagem é um computador conectado à internet responsável por armazenar arquivos e permitir acessos a estes. No servidor de hospedagem foram criados arquivos em “.php” para cada carga monitorada com objetivo de receber os dados publicados por meio do hardware e inserir estes no banco de dados mysql, exemplo: chuveiro.php.

4.4.3 Banco de Dados

Foi utilizado banco de dados mysql para armazenar os dados enviados pelos sensores, assim, podendo fazer melhor análise ou uso dos valores cadastrados. Para cada carga foi criado sua respectiva tabela, contendo os campos ID, Potência e Data/Hora. Os dados inseridos no banco de dados têm a possibilidade de serem exportados para Excel, para melhor análise gráfica.

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com os resultados, foi possível perceber os “vilões” do consumo de energia em uma residência e analisar diversas formas de diminuir alguns consumos com objetivo de ter um retorno financeiro, sendo por corte de cargas ou uso em horários em que a demanda é menor.

Foram monitoradas as cargas durante os meses de agosto e setembro, comparando com a conta de energia gerada pela Copel, onde se teve um consumo médio diário de 10,41kW/h conforme indicado na Tabela 1.

Tabela 1 - Consumo médio diário

Informações Técnicas					
N° Medidor: MD 0312743321 - TRIFASICO					
Reside/Residencial					
Leitura Anterior	Leitura Atual	Medido	Constante de Multiplicação	Total Faturado	Consumo Médio Diário
28/08/2018 12398	26/09/2018 12700	29 dias 302 kWh	1	302 kWh	10,41 kWh

Fonte: Aatoria própria.

As cargas foram monitoradas no tempo mínimo de 48 horas, a cada minuto uma publicação da potência, para dessa forma fazer uma média do consumo diário de cada respectiva carga e comparar com o consumo diário medido pela Copel (Tabela 2).

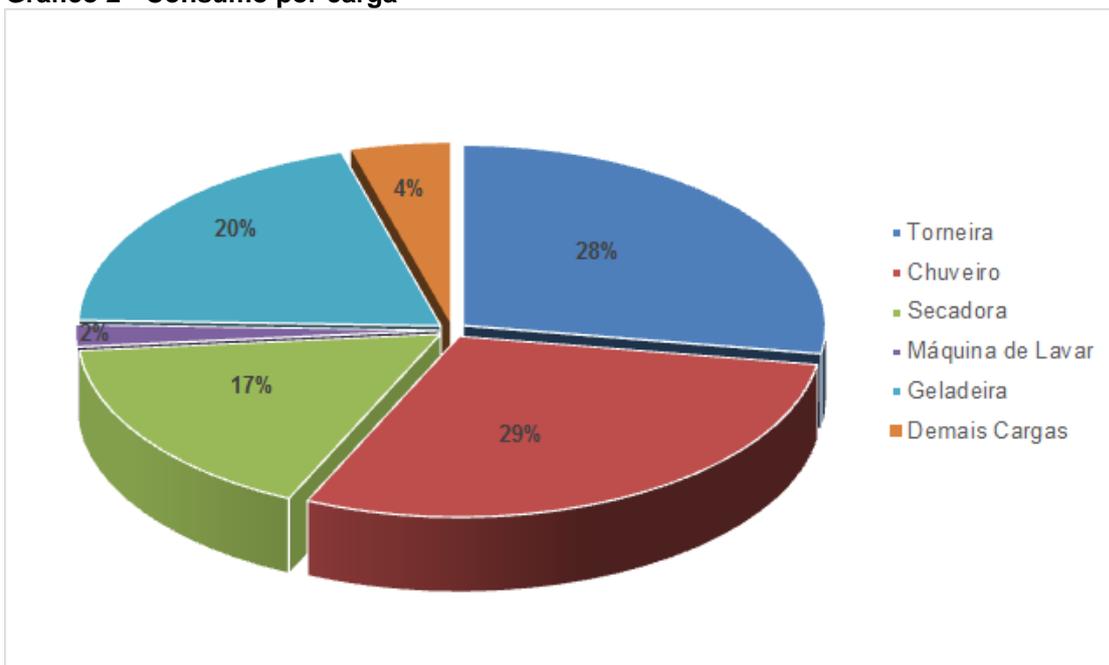
Tabela 2 - Comparação Consumo - Copel

Carga	Consumo Diário (kW/h)
Torneira	2,86
Chuveiro	3,05
Secadora	1,74
Máquina de Lavar	0,20
Geladeira	2,09
Média Diária Sensores	9,95
Media Diária Copel	10,41
Diferença (Demais Cargas	0,46

Fonte: Copel (2018).

A diferença do consumo diário realizado pelos sensores com o consumo medido pela Copel acredita-se que são as cargas que não foram monitoradas, tais como: iluminação, TV e associados, carregadores de celulares.

No Gráfico 2 tem-se os valores em percentual de cada carga monitorada durante o estudo, evidenciando os “vilões” (cargas resistivas).

Gráfico 2 - Consumo por carga

Fonte: Autoria própria.

Percebe-se que o chuveiro e a torneira elétrica são os aparelhos que mais consomem energia em uma residência, com mais de 30% do valor da conta.

A geladeira, uma das cargas essenciais em uma residência, é responsável por 20% do consumo de energia. A secadora de roupas fica atrás dos principais vilões com 17% do valor da conta.

Algumas das cargas que são responsáveis por elevar a fatura de energia podem ser utilizadas de maneira consciente, tais como: secadora de roupas e torneira elétrica. Somente estas cargas somam aproximadamente 45% do consumo, ou seja, um valor considerável nos gastos com energia.

6 CONCLUSÃO

O monitoramento de uma carga elétrica em uma residência é fundamental para identificar a quantidade de energia consumida. Desta forma, elaborou-se um sistema de monitoramento de cargas composto por: computador, para receber os dados monitorados; software para escrever a programação desejada; microcontroladores, para realizar os comandos enviados pelo software, receber os dados, armazená-los e transmiti-los; e sensor de corrente, para realizar o monitoramento propriamente dito.

Considerando que a Internet das Coisas possibilita o controle remoto dos objetos e o acesso a estes como provedores de serviços, sua aplicação teve papel importante na construção e desenvolvimento do sistema de monitoramento de cargas, visto que todas as etapas envolveram algum equipamento ou programação associadas à IoT.

Com a realização do monitoramento das cargas foi possível verificar quais equipamentos domésticos consomem mais eletricidade e, conseqüentemente, possuem maior parcela dos gastos com essa energia. Assim, em observância a análise realizada no capítulo 5, é possível concluir que o chuveiro e a torneira elétrica são as cargas responsáveis pelo maior consumo de energia em uma residência. Em terceiro lugar está geladeira, que possui consumo considerável, porém deve-se atentar para sua necessidade de uso. A secadora de roupas também ocupou uma parcela considerável do gráfico de consumo por cargas, entretanto deve-se considerar que o monitoramento e medição foram realizados no período de inverno, onde não há tanta incidência de sol, sendo necessário utilizar a secadora com maior frequência. Com resultados opostos ao da secadora, a lavadora de roupas é de utilização frequente e, apesar desse fator, ela possui baixo consumo de energia. Por fim, têm-se as demais cargas, que não foram monitoradas separadamente, mas que somam menos de 5% do consumo total.

Como medidas para diminuição dos gastos dos maiores “vilões” de consumo em uma residência (o chuveiro e a torneira elétrica), sugerem-se o uso consciente, mantendo esses equipamentos fechados ao lavar-se e ao lavar a louça, respectivamente. Ademais, a redução do uso contribui na diminuição do consumo, ou seja, ao usar os equipamentos supracitados em momentos em que a temperatura ambiente não exija a utilização de água tão quente, diretamente, o consumo de energia elétrica se reduz.

Os resultados obtidos com a pesquisa foram satisfatórios em relação aos objetivos propostos, atingindo-os de forma completa. Este estudo contribui com a face prática da aplicação da internet das coisas, principalmente no cotidiano social, pois o consumo de energia é um tema contemporâneo e relevante. Para um trabalho futuro sugerem-se alertas enviados para os usuários com os consumos acumulados no mês, tomando assim consciência ao utilizar a energia diariamente, podendo minimizar o uso das cargas evitando desperdício desta.

REFERÊNCIAS

ABESCO (Brasil). **Desperdício de energia atinge R\$ 61,7 bi em três anos.** Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ABESCO), São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/pt/novidade/desperdicio-de-energia-atinge-r-617-bi-em-tres-anos/>>. Acesso em: 19 set. 2018.

ABINC. **O que é a Internet das Coisas?** Associação Brasileira de Internet das Coisas (ABINC), 2017. Disponível em: <<https://abinc.org.br/o-que-e-a-internet-das-coisas/>>. Acesso em: 18 out. 2018.

ANEEL (Brasil). **Energia no Brasil e no mundo.** Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), atlas de Energia Elétrica no Brasil, parte I, 3. ed. Brasília: 2008. 159 p. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par1_cap2.pdf>. Acesso em: 23 out. 2018.

ANEEL (Brasil). **Bandeiras tarifárias.** Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), 2015. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias>>. Acesso em: 19 set. 2018.

BALBINOT, Alexandre; BRUSAMARELLO, Vagner João. **Instrumentação e Fundamentos de Medidas.** 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

BAÚDAELETRÔNICA. **Módulo WiFi ESP8266 serial.** Baú da Eletrônica, Guarulhos, 2018. Disponível em: <<http://www.baudaeletronica.com.br/modulo-wifi-esp8266-serial.html>>. Acesso em: 24 out. 2018.

BEN. **Balanco energetico nacional 2018 (BEN 2018).** Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Rio de Janeiro, 2018. 62 slides. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-397/Relat%C3%B3rio%20S%C3%ADntese%202018-ab%202017vff.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2018.

BRITO, João Luis Grizinsky de. **Sistema para monitoramento de consumo de energia elétrica particular, em tempo real e não invasivo utilizando a tecnologia Arduino.** 2016. 106 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016. Disponível em: <http://www.uel.br/ctu/deel/TCC/TCC2016_JoaoLuisGrizinskyBrito.pdf>. Acesso em: 24 out. 2018.

COPEL. **Tarifa convencional: subgrupo B1.** Companhia Paranaense de Energia (COPEL), 2018. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2Fe3a5cb971ca23bf503257488005939ba>>. Acesso em: 19 set. 2018.

CTSENSORS. **CT sensors - interfacing with an Arduino.** Learn Open Energy Monitor, 2018. Disponível em: <<https://learn.openenergymonitor.org/electricity-monitoring/ct-sensors/interface-with-arduino?redirected=true>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

DEMETRAS, Ezequiel. **SCT-013 - sensor de corrente alternada com Arduino.** Portal Vida de Silício, 2017. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/sct-013-sensor-de-corrente-alternada/>>. Acesso em: 24 out. 2018.

EPE. **Fontes de energia.** Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/fontes-de-energia>>. Acesso em: 13 set. 2018.

ESPRESSIF. **ESP8266.** Espressif Systems, Shanghai, 2018. Disponível em: <<https://www.espressif.com/en/products/hardware/esp8266ex/overview>>. Acesso em: 23 out. 2018.

FILIPEFLOP. **Placa WeMos D1 R1 Wifi ESP8266.** FilipeFlop Componentes Eletrônicos, Florianópolis, 2018. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/placa-wemos-d1-r1-wifi-esp8266/>>. Acesso em: 22 out. 2018.

FONSECA, João José de Saraiva da. **Metodologia da pesquisa científica.** Universidade Estadual do Ceará (EUC), Centro de Educação, Fortaleza, 2002. Disponível em: <http://leg.ufpi.br/subsiteFiles/lapnex/arquivos/files/Apostila_-_METODOLOGIA_DA_PESQUISA.pdf>. Acesso em: 23 out. 2018.

FONTES, Marcos José de Carvalho. **Automação de sensores de corrente elétrica.** 2013. 67 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Computação, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2013. Disponível em: <<http://repositorio.uniceub.br/bitstream/235/4912/1/20075673.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2018.

FRACARI, Fabiano; SANTOS, Iverson dos; SANCHEZ, Gustavo. **Smart Grid: uma nova forma de controle de Energia Elétrica.** Rev. de Empreendedorismo, Inovação e Tecnologia, Passo Fundo, v. 2, n. 1, p.15-22, 2015. Disponível em: <<https://seer.imed.edu.br/index.php/revistas/article/view/917>>. Acesso em: 29 out. 2018.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: UFRGS, 2009. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>>. Acesso em: 29 out. 2018.

MEOLA, Andrew. **How IoT & smart home automation will change the way we live**. Business Insider, 2016. Disponível em: <<https://www.businessinsider.com/internet-of-things-smart-home-automation-2016-8>>. Acesso em: 19 out. 2018.

OLIVEIRA, Ricardo Rodrigues. **Uso do microcontrolador esp8266 para automação residencial**. 2017. 55 p. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Controle e Automação, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10019583.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2018.

PENIDO, Édilus de Carvalho Castro; TRINDADE, Ronaldo Silva. **Microcontroladores**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Câmpus Ouro Preto, Ouro Preto, 2013. Disponível em: <http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifmg/tecnico_automacao_industrial/microcontroladores.pdf>. Acesso em: 22 out. 2018.

PEREIRA, Leandro Silva. **Medidor inteligente para redes de distribuição de energia elétrica**. 2016. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/304982>>. Acesso em: 22 out. 2018.

PEREIRA, Luiz Henrique Junior. **Monitoramento do consumo de energia elétrica e controle de equipamentos via aplicativo**. 2018. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Controle e Automação, Colegiado do Curso de Engenharia de Controle e Automação, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

ROVERE, Rodrigo Lisboa Della. **Protótipo de um sistema inteligente de monitoramento do consumo de energia elétrica de uma residência**. 2016. 62 f. TCC (Graduação) – Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

SANTOS, Bruno P.; et al. **Internet das Coisas: da teoria à prática**. Departamento de Ciência da Computação. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Belo Horizonte, 2016. Disponível em: <<https://homepages.dcc.ufmg.br/~bruno.ps/wp-content/uploads/2016/05/minicurso-sbrc-2016.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2018.

VIEIRA, Ronaldo. **A internet das coisas no setor elétrico**. Associação Brasileira de Internet das Coisas (ABINC), 2018. Disponível em: <<https://abinc.org.br/a-internet-das-coisas-no-setor-eletrico/>>. Acesso em: 18 out. 2018.

WALDNER, Jean-Baptiste. **Nano-informatique et intelligence ambiante: Inventer l'Ordinateur du XXIeme Siècle**. Londres: Hermes Science, 2007, p. 254. ISBN 2-7462-1516-0.