

**UNIVERSIDADE POSITIVO**  
**NÚCLEO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS**  
**ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO**

JULIANA CAROLINA SOLDERA DA SILVA

LEONARDO VINICIUS KAMINSKI FERREIRA

**CONTROLE E MONITORAMENTO DE ILUMINAÇÃO E ENERGIA POR MEIO DE UM  
SISTEMA BASEADO EM INTERNET DAS COISAS (IoT)**

Curitiba, 2016

JULIANA CAROLINA SOLDERA DA SILVA

LEONARDO VINICIUS KAMINSKI FERREIRA

**CONTROLE E MONITORAMENTO DE ILUMINAÇÃO E ENERGIA POR MEIO DE UM  
SISTEMA BASEADO EM INTERNET DAS COISAS (IoT)**

Monografia apresentada junto ao Curso de Engenharia da Computação da Universidade Positivo, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro da Computação.

Orientador: Prof. Dr. José Carlos da Cunha.

Curitiba, 2016

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos, primeiramente, à Deus, que permitiu chegarmos até aqui, nos deu saúde, inteligência, energia e força para superar todas as dificuldades e obstáculos encontrados no decorrer deste trabalho.

Aos nossos pais, Patrícia e Jorandir, Adriana e Marcelo, pelo apoio incondicional em todos os momentos, amor, carinho, paciência, e seus ensinamentos.

A todos os nossos familiares, pelos incentivos recebidos.

Aos nossos amigos, por sempre estarem conosco durante esta caminhada.

Ao nosso orientador, Cunha, por toda dedicação, orientação e confiança depositada em nós para a realização deste trabalho.

Aos professores, Felipe e José, membros de nossa banca, por todo o conhecimento, correções e orientações.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente fizeram parte desta etapa decisiva em nossas vidas, o nosso muito obrigado.

## RESUMO

Muito tem se falado em Internet das Coisas, ou *IoT* (*Internet of Things*) atualmente. No presente trabalho propõe-se o desenvolvimento de um sistema de controle e monitoramento de iluminação e energia baseado no conceito de internet das coisas, que consiste em um módulo capaz de controlar e monitorar o consumo de energia dos equipamentos aos quais for acoplado, disponibilizando relatórios diários, semanais ou mensais sobre o consumo individual ou total, além de notificações sobre um consumo excessivo. Diferente da grande maioria das soluções presentes no mercado, cada módulo possui um identificador único e é independente, comunicando-se diretamente com um servidor em nuvem. O sistema é controlado via aplicativo iOS, sendo possível acionar os equipamentos manualmente ou automaticamente, via módulos baseados no comportamento padrão do usuário ou localização do *smartphone*.

Além da difusão da *IoT*, este trabalho tem por objetivo criar um sistema que possibilite a automação de qualquer tipo de moradia, pois, muito embora a automação residencial seja uma facilidade há muito tempo conhecida, é pouco presente nas moradias comuns, sendo mais empregada em construções modernas.

Palavras-chave: controle de iluminação, monitoramento de consumo de energia, internet das coisas, *IoT*, automação residencial.

## **ABSTRACT**

Actually, much has been said about Internet of Things, or IoT. This project proposes the development of a system of control and monitoring of lighting and energy based on Internet of Things concept that consists in a module capable of controlling and monitoring the energy consumption of the equipment to which it is coupled, providing daily, weekly or monthly reports about individual or total consumption, as well as notifications about excessive consumption. Unlike most of the available solutions, each module has an ID and is independent, communicating directly with a cloud server. The system is controlled by an iOS app, being able to control the equipment manually or automatically, via modules based on user's default behavior or location of smartphone.

In addition to the diffusion of IoT, this project also aims to be a system that allows automation to any type of housing, because even though home automation is a facility long known time, it is common only in modern building, not in popular housing.

**Keywords:** lighting control, monitoring power consumption, Internet of Things, IoT, home automation.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	5
1.1	OBJETIVO GERAL DO TRABALHO.....	7
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	7
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	9
2.1	DOMÓTICA.....	9
2.1.1	Histórico e situação atual no Brasil e no mundo .....	9
2.2	INTERNET DAS COISAS .....	11
2.2.1	Definição de IoT .....	11
2.2.2	Características da IoT .....	12
2.2.3	Arquitetura da IoT .....	13
2.2.4	Cenário atual da IoT e previsões futuras.....	14
2.3	PROJETOS DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL COM INTERNET DAS COISAS	
	16	
2.4	TRABALHOS RELACIONADOS.....	17
3	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA.....	20
3.1	VISÃO GERAL DO SISTEMA DESENVOLVIDO .....	20
3.2	MÓDULOS DE CONTROLE E MONITORAMENTO .....	21
3.2.1	Kit texas instruments simplelink™ Wifi® CC3200 Launchpad .....	22
3.2.2	Medição de corrente .....	23
3.2.3	O efeito Hall .....	23
3.2.4	Sensor de corrente ACS712.....	25
3.2.5	Tiristor.....	26
3.3	O SERVIDOR.....	27
3.3.1	Servidor como Serviço .....	27
3.3.2	Formato JSON.....	28
3.4	O APLICATIVO .....	29
3.4.1	Código de resposta rápida - QR Code .....	29
3.4.2	Geofence – cerca geográfica .....	30
3.5	RESTRIÇÕES .....	30

4	DESENVOLVIMENTO .....	31
4.1	SOFTWARE .....	31
4.1.1	Servidor central .....	31
4.1.2	Servidor de micro serviços .....	32
4.1.3	Aplicação iOS .....	38
4.2	HARDWARE .....	44
4.2.1	Módulos de controle e monitoramento .....	44
4.2.2	Firmware.....	45
5	TESTES E RESULTADOS .....	46
5.1	RESULTADOS DO SOFTWARE .....	46
5.2	RESULTADOS DO HARDWARE.....	47
5.3	MEDIÇÕES .....	48
6	CONCLUSÕES, CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS .....	49
7	BIBLIOGRAFIA .....	51
	Apêndice A .....	55
	Anexo A.....	58

## 1 INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos trouxeram ao dia-a-dia do cidadão comum diversas facilidades, como a capacidade de se comunicar por diversos meios e de qualquer localidade, obter informações climáticas ou de mobilidade urbana em tempo real, efetuar compras, pagamentos e agendamentos online, monitorar a atividade corporal, monitorar ambientes e suas condições, como temperatura, umidade, energia elétrica, entre outras, por meio de *smartphones*, *tablets*, *notebooks*, *smartwatches* e com o auxílio de sensores diversos, fazendo com que estes dispositivos estejam cada vez mais inseridos no cotidiano e a necessidade de estar conectado seja ainda maior.

Segundo dados do IBGE, em 2013 havia a utilização da Internet em cerca de 48% dos domicílios brasileiros, dos quais 77,1% faziam uso da banda larga fixa e 43,5% da móvel (IBGE, 2013). Já em 2014, o número passou para 54,9%, com a banda larga fixa sendo utilizada em 71,9% das residências e a móvel em 62,8% (IBGE, 2014). Diante da capacidade de se estar conectado cada vez mais acessível e com maior velocidade, juntamente com uma gama enorme de sensores e dispositivos capazes de interagirem e, uma busca frequente por comodidade, diversas soluções novas tem sido lançadas, inclusive no que diz respeito a moradia.

Controlar e programar as luzes e cortinas para criar um cenário agradável no ambiente, os utensílios domésticos para executar ações diárias em horários pré-programados e acessar remotamente os sistemas de segurança de sua residência são algumas das soluções existentes na área da automação residencial.

Muitas moradias, especialmente as mais modernas, têm sido construídas já com a estrutura preparada para a automação e controle de diversos pontos, como iluminação, temperatura, segurança, etc. Por outro lado, têm sido desenvolvidas soluções baseadas em residências que não foram construídas visando automação. Tais soluções envolvem diversas tecnologias, microcontroladores e, principalmente, formas de comunicação entre os objetos, por meio de *bluetooth*, *Wi-Fi*, rede cabeada, entre outras. Cada tecnologia viabiliza um tipo de solução, pois cada uma tem as suas

limitações, sejam estas no que diz respeito ao alcance, interferência, ou até mesmo na forma com que as informações são acessadas pelo usuário. Além do controle por meio de equipamentos de biometria e interruptores *touchscreen*, por exemplo, os *tablets* e celulares tem sido um grande atrativo, especialmente por possibilitar o acesso externo.

A Internet das Coisas, ou *IoT (Internet of Things)* é uma revolução tecnológica e representa o futuro da computação e da comunicação. Basicamente, o conceito de internet das coisas se refere a conexão entre objetos e dispositivos eletroeletrônicos do dia-a-dia à grandes bases de dados e à rede mundial de computadores, a Internet, para que se possa ter todos esses dispositivos identificados e interligados através de um único meio e que seja possível acessá-los de qualquer localidade. Além disso, através da interpretação das informações armazenadas sobre o comportamento de cada dispositivo, será possível programar os mesmos para que executem determinadas ações, independente de intervenção humana.

No Brasil, embora o tema Internet das Coisas esteja atualmente em foco na mídia e o conceito já seja mais conhecido e aceito, ainda há muito que avançar (IOT BRASIL, 2014). Em entrevista ao *IoT Latin America*, 1º Congresso Brasileiro e Latino Americano de Internet das Coisas (IOT LATIN AMERICA, 2016) Artur Polizel, diretor de software da DEV Tecnologia, menciona quando questionado sobre a velocidade com que a Internet das Coisas está avançando no Brasil, que embora estejamos bastante atrás dos EUA e outros países europeus comparando tecnologia e ecossistema, há um forte investimento por parte de startups, empresas e órgãos governamentais visualizando o potencial deste conceito e o país está crescendo na área. Polizel menciona que os benefícios serão percebidos primeiramente nas empresas e depois pelo usuário final, mas que trará, além da melhoria em serviços já utilizados, novas possibilidades no que diz respeito ao controle e automação de casas, independente de localização, além de informações mais específicas de produtos e serviços já utilizados, como detalhes de consumo de água e energia elétrica em residências ou condomínios, com ações de economia personalizadas, entre outras.

## 1.1 OBJETIVO GERAL DO TRABALHO

Este trabalho teve como objetivo geral desenvolver um sistema baseado no conceito de Internet das Coisas para controle e monitoramento de iluminação e energia, que possa ser inserido em qualquer ambiente, sem que haja necessidade de uma infraestrutura específica e que possibilite o acionamento e desligamento dos equipamentos ou dispositivos eletroeletrônicos cadastrados, de forma manual ou automática, independente da localização do indivíduo, via *smartphone*, além de proporcionar visibilidade no consumo de energia e nos gastos no ambiente como um todo ou em diversos pontos específicos.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Desenvolver três módulos autônomos (hardware) que controlarão o acionamento dos dispositivos conectados e farão o monitoramento do consumo de energia dos mesmos. Cada módulo possuirá um dispositivo de acionamento e um sensor de corrente que permitirá obter informações sobre o estado do objeto (ligado/desligado), consumo de energia, tempo e horário de utilização;
2. Implementar um sistema mobile para controle e acompanhamento dos módulos à distância, através de um aplicativo;
3. Desenvolver um sistema CRUD (*Create, Read, Update* e *Delete*), para realizar o cadastro de usuários e dispositivos do usuário via *web service*, assim como modelar o banco de dados de controle;
4. Permitir que o usuário configure os módulos autônomos para funcionamento automático, seguindo estratégias de uso que levem em consideração comportamento padrão do usuário (horários), localização (com base na localização do *smartphone*) ou consumo de energia;
5. Desenvolver um método dentro do sistema mobile para geração de relatórios diários, semanais ou mensais do consumo de energia de cada ponto cadastrado em kWh e valor monetário;

6. Implementar no aplicativo o cadastro dos dispositivos através de um leitor de QR code;
7. Execução de testes de validação do sistema desenvolvido.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão abordados os temas e conceitos utilizados para a elaboração do trabalho.

### 2.1 DOMÓTICA

O termo "casas inteligentes" já é utilizado desde a década de 1920, quando surgiram os primeiros eletrodomésticos. Os fabricantes utilizavam o termo para promover os benefícios que seus equipamentos trariam para a dona de casa da época, com a promessa de que eles poupariam o tempo das pessoas, executando as tarefas cansativas e rotineiras do lar (BOLZANI, 2007).

Hoje, a “casa do futuro” continua sendo sinônimo de facilidades e conforto, porém, ao contrário da década de 20, quando a discussão principal era com relação a cada eletrodoméstico ter seu próprio motor, sem que fosse algo volumoso e repleto de engrenagens, a discussão agora é com relação aos benefícios de conectar os eletrodomésticos à Internet, permitindo uma nova forma de automatização e controle. A partir deste novo cenário, entra em discussão uma nova ciência, denominada Domótica.

A palavra domótica deriva das palavras Domus (casa) e Robótica (controle automatizado de algo), ou seja, a domótica pode ser definida como a possibilidade de controle de forma automática das nossas casas (ALVES & MOTA, 2003). Neste conceito, as casas são equipadas com sistemas de controle, sejam estes de temperatura, iluminação, água, energia elétrica, etc., compostos por sensores e atuadores conectados à rede, permitindo a gestão local ou remota. Logo, a domótica proporciona maior qualidade de vida e aumento do bem-estar, reduzindo o trabalho doméstico, possibilitando soluções que proporcionem maior segurança, racionalização do consumo de energia, entre outras (MURATORI & DAL BÓ, 2016).

#### 2.1.1 Histórico e situação atual no Brasil e no mundo

Conforme Muratori & Dal Bó (2016), as primeiras incursões nestas tecnologias datam do final da década de 1970, quando surgiram nos Estados Unidos os primeiros módulos “inteligentes”, desenvolvidos com base no conceito de PLC (*Power Line Carrier*), capazes de ligar remotamente aparelhos ou luzes, cujos comandos eram enviados pela própria rede elétrica da residência.

Com a evolução e popularização dos sistemas eletrônicos e computacionais associados à evolução dos meios de comunicação, como a explosão da telefonia móvel e o acesso cada vez maior à Internet, a busca pela aplicação destas tecnologias em residências tornou-se ainda maior (BRANDÃO, 2008), tornando o ambiente propício ao desenvolvimento dos “sistemas domóticos” ou “casas inteligentes”.

Nas economias mais desenvolvidas, como os EUA, a ideia das casas inteligentes tem evoluído mais facilmente, segundo a revista Áudio & Vídeo (2016), devido às características sociais, onde o proprietário apresenta maior interesse em fazer as coisas por si mesmo, comportamento denominado “*do it yourself*” (faça você mesmo). Além disso, segundo dados apresentados por Muratori & Dal Bó (2016), a partir de recentes pesquisas feitas nos Estados Unidos, podem-se extrair alguns dados importantes que contribuem para este cenário:

- 84% dos construtores entendem que incorporar tecnologia às residências que constroem é um importante diferencial mercadológico;
- Existe a constatação de que os consumidores na faixa etária que estão entrando no mercado, adquirindo seu primeiro imóvel, já convivem com naturalidade com a tecnologia e, portanto, estão sendo exigentes com relação ao seu uso nas residências que lhes são oferecidas;
- Sistemas automatizados que contenham apelo pela sustentabilidade, economia de energia e preservação de recursos naturais estão sendo cada vez mais requisitados;
- Entre as tecnologias emergentes que devem alcançar elevados patamares de crescimento nos próximos anos, estão os media centers, o monitoramento à distância, o controle de iluminação e o *home care*.

No Brasil, embora a automação residencial já esteja presente há mais de 15 anos, conforme relatado pela Áudio e Vídeo (2016), não é muito comum em moradias populares devido ao fato de ter sido considerada por muito tempo “*um item caro e de luxo*”, ficando mais restrita à construções modernas.

De acordo com um estudo de mercado efetuado pela empresa Markets and Markets e apresentado pela Associação Brasileira de Automação Residencial (AURESIDE, 2016), o indicativo é de crescimento do mercado global de automação residencial, estimado em U\$ 78 bilhões em 2022. O crescimento é atribuído a fatores como a evolução da *IoT*, a redução dos custos que a adoção desses sistemas proporciona, o aumento no número de fabricantes de produtos voltados ao ramo e à crescente importância do monitoramento remoto das residências.

## 2.2 INTERNET DAS COISAS

O avanço rápido e visível nas áreas de telecomunicação e redes de computadores instigaram o surgindo de um novo paradigma, conhecido como Internet das Coisas, ou também pelo termo acrônimo da definição em inglês *IoT – Internet of Things*. Nesta seção será usada a abreviação “*IoT*” para evitar a repetição do termo “Internet das Coisas”.

### 2.2.1 Definição de *IoT*

Segundo Atzori, Iera e Morabito (2010), por definição, *IoT* é o conceito de possuir um lugar comum, no caso a Internet, onde diversos dispositivos podem estar conectados, sejam estes sensores, atuadores, chips RFID (*Radio Frequency Identification*) e eletrodomésticos, cada um possuindo um endereço único, para que possam interagir entre si. As principais aplicações para *IoT*, segundo estes autores, são aplicáveis tanto nos ambientes corporativos, quanto nos domésticos, porém, a maior revolução está sendo para o usuário doméstico, que está acompanhando

diversas possibilidades e previsões de conectar seu relógio, sua agenda, sua casa e até suas roupas à Internet.

Evans (2011) cita que de acordo com a Cisco International Business Solutions Group (IBSG), “a *Internet das Coisas* é o exato espaço de tempo em que foram conectadas mais “coisas” e objetos à Internet do que pessoas”, fazendo com que a Internet das Coisas seja considerada a próxima grande revolução da Internet, dando um grande salto na forma com que dados são coletados e distribuídos, para ao final se tornarem informações e conhecimento.

O percussor da sigla *IoT* no mundo é mencionado por Dias (2016) como sendo o executivo Kevin Ashton, descrevendo que objetos do mundo físico poderiam se conectar à rede de Internet, podendo assim ter-se um mundo mais inteligente. Ashton usou esse termo pela primeira vez em 1999, em uma apresentação para a Procter & Gamble sobre uma nova ideia para o sistema de identificação via RFID e, nesta apresentação, ele colocou o título de *Internet of Things* para chamar a atenção dos empresários e investidores, e assim, o termo acabou sendo popularizado a partir de então.

### 2.2.2 Características da *IoT*

Segundo Dias (2016), a utilização dos mais diversos modelos de códigos bidimensionais, como QR codes, DataMatrix e RFID, utilização de vários sensores espalhados pelos ambientes onde as pessoas vivem, coletando informações periodicamente e transmitindo estas informações para a Internet de maneira segura e a utilização da inteligência da computação em nuvem para o processamento de uma grande massa de dados, são características visíveis da *IoT*.

Algumas das características fundamentais da Internet das Coisas, segundo Patel (2016), são:

- Interconectividade: possibilidade de inúmeros dispositivos, sejam estes quais forem, conectados entre diversas redes, incluindo a rede mundial (Internet) e trocando informações entre si.
- Mudanças muito dinâmicas: dispositivos conectados serão capazes de mudar seu estado em tempo real, com sensores em espera ou ativos, atuadores ligados ou desligados. Por exemplo mudanças de temperatura e velocidade.
- Heterogeneidade: os módulos conectados na *IoT* possuem diferentes *hardwares* e operam em diferentes redes e são capazes de interagir com outros dispositivos e serviços em redes diferentes.
- Número de equipamentos: o número de dispositivos diferentes que serão conectados com a Internet será gigantesco e a capacidade de comunicação da rede entre os mesmos exigirá uma infraestrutura muito mais bem preparada, além do processamento elevado para refinar e transformar todos os dados trafegados em informações.
- Segurança: com o crescimento da rede mundial de dispositivos, a *IoT* traz benefícios, mas ao mesmo tempo abre campo para a preocupação com a segurança de todos os dispositivos que estão conectados nela, visto que estes, muitas vezes, possuem *hardwares* limitados, o que dificulta a aplicação de camadas de segurança, bem como com todos os dados que são coletados e alimentam as bases de dados na nuvem.

### 2.2.3 Arquitetura da *IoT*

A arquitetura dos sistemas *IoT*, segundo Patel (2016), é constituída por quatro camadas básicas que garantem a comunicação e a confiabilidade dos dispositivos, sendo estas: camada do dispositivo inteligente/sensor, camada de gateways, camada de gerenciamento do serviço e camada de aplicação.

- Camada do dispositivo inteligente/sensor: esta é a camada de mais baixo nível existente na arquitetura *IoT*, na qual os sensores fazem a ponte de

comunicação entre o mundo físico e digital e, em alguns casos, o pré-processamento dos dados que são coletados pelos mesmos, antes mesmo de enviá-los para algum servidor na Internet. Alguns dispositivos abstraem a conexão com os gateways (ponte entre os dispositivos e a Internet) para si mesmos, enquanto alguns se conectam diretamente com o mesmo. Para realizar as conexões os dispositivos aqui citados utilizam várias tecnologias de conexão com a Internet, como, por exemplo: *ZigBee*, *GPRS*, *LTE*, *Wi-Fi*, entre outros;

- Camada de *Gateways*: com a grande quantidade de dados produzida pelos dispositivos faz-se necessária uma rede de alto desempenho para coletar esses dados, pré-processá-los, em alguns casos, e depois enviá-los para a Internet através de conexões como *Wi-Fi* ou *LTE*. Geralmente estes *gateways* estão localizados na rede local e fazem o intermédio entre o servidor na nuvem e os dispositivos locais;
- Camada de gerenciamento do serviço: esta é a camada principal do sistema *IoT* como um todo, sendo responsável pelo gerenciamento de todos os dispositivos que estão conectados à determinada aplicação *IoT*, bem como pelo processamento dos dados recebidos, segurança no armazenamento dos mesmos e controle das regras do sistema, como por exemplo, o tempo de leitura de determinados dispositivos, quando alguns podem ser verificados em tempo real e outros são acionados somente em alguns períodos de tempo específicos;
- Camada de aplicação: cobre todos os espaços inteligentes nos quais um sistema de Internet das Coisas pode ser aplicado, como por exemplo: ambientes hospitalares/médicos, ambientes domésticos, transportes, entre outros.

#### 2.2.4 Cenário atual da *IoT* e previsões futuras

Segundo Evans (2011) e Cisco IBSG, estima-se que a *IoT* nasceu efetivamente entre os anos de 2008 e 2009, quando o número de dispositivos conectados à Internet, na época *smartphones* e *tablets*, ultrapassaram o número de pessoas que habitavam o planeta terra. Naquele momento, a quantidade de dispositivos conectados à rede mundial era de 1,84 dispositivos por pessoa. Este número pode parecer baixo quando comparamos com toda a população, porém, naquele momento, muitas pessoas ainda não possuíam acesso à Internet. Já em 2010, um ano após o suposto surgimento da *IoT*, o número de equipamentos conectados por pessoa (6,25) já era muito superior, segundo dados da ISBG.

Evans (2011) cogita a ideia de que a *IoT* pode ser a rede das redes, pois atualmente esta é composta por um conjunto de várias redes designadas para vários fins diferentes, como por exemplo as redes internas que são usadas para controlar os sistemas de navegação de um automóvel, ou até mesmo o sistema de ventilação de uma empresa. Com a evolução da *IoT* a ideia é que todas estas redes estejam interconectadas, gerando cada vez mais comodidade e integração para os usuários.

O mundo ficou sem novos endereços IPv4 no final de 2010. Visando o futuro, começaram os trabalhos para viabilizar a real implementação do IPv6, substituto do IPv4 que está proporcionando o aumento de endereços IP no mundo, visto que hoje, com a *IoT*, a demanda por endereços de rede é muito maior do que era em 2010, e crescente.

Além do número de identificadores de rede disponíveis, surgem novos desafios para o futuro da *IoT*, como a privacidade e segurança dos dispositivos conectados. Este ainda é um ponto que preocupa muito se pensarmos nos equipamentos que desejamos conectar a Internet futuramente, como marca-passos, por exemplo, na área de saúde. Outra preocupação para o futuro da *IoT*, segundo Patel (2016), é a relação custo-benefício de se conectar coisas à Internet, pois o custo ainda não é totalmente viável, estando próximos dos trezentos mil dólares para desenvolver uma solução completa, segundo Klubnikin (2016), visto que muito depende de certificação e desenvolvimento customizado. Entretanto, acredita-se que em pouco tempo isso comece a mudar.

Segundo Evans (2011) e Patel (2016), existe um desafio muito importante na era da *IoT* que deve ser muito explorado: as complicações relacionadas à eficiência energética que os dispositivos *IoT* possuem. Cada vez mais a *IoT* estará presente monitorando vários parâmetros na sociedade, mantendo a interoperabilidade e ajudando a nos tornar cada vez mais desenvolvidos, porém, um dos maiores custos atualmente é o consumo de energia que isto demanda. Faz-se necessário que novas pesquisas tragam à tona maneiras inovadoras de se obter energia ou dispositivos cada vez mais econômicos.

Por fim, segundo Botta et al (2016), é preciso dar muita atenção ao paradigma nuvem e *IoT*, para que a nuvem possa adaptar-se e comportar a capacidade de dados gerada por sistemas *IoT*. Além disso, é preciso que servidores e serviços de armazenamento em nuvem sejam sistemas computacionais ubíquos de ampla abrangência, visando o armazenamento e processamento de forma ágil dos dados recebidos, para que os dispositivos possam ser servidos por eles onde quer que estejam. Segundo os autores, essa parceria já vem surtindo resultados positivos e efetivos, com sistemas de armazenamento cada vez mais simplificados, maneiras diferentes de processar dados e aplicar inteligência artificial nos mesmos e, ainda, com a disponibilidade de micro serviços mais específicos na Internet para consumo dos equipamentos *IoT*, deixando o grande monólito de processamento à parte.

## 2.3 PROJETOS DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL COM *IoT*

Segundo Wootton (2016), projetos de automação residencial com Internet das Coisas envolvem conversação e troca especializada de informações entre o sistema de controle, usuário, e dispositivos que estão sendo controlados.

A partir do momento que se cria um sistema de gerenciamento remoto de dispositivos residenciais, que está apto a criar relatórios para visualização do consumo de energia de cada dispositivo, notificar o usuário quando o consumo máximo previsto está sendo atingido, ou avisar sobre uma lâmpada que ficou ligada sem necessidade, temos a concepção do conceito de Internet das Coisas voltado para a automação

residencial. Tudo isso é viabilizado pela interconectividade entre os dados, informações geradas através da manipulação destes e posteriormente à tomada de decisão baseada nas informações, ou até mesmo a inteligência artificial sendo aplicada para que o sistema tome decisões autônomas.

Projetos de automação residencial devem ser cada vez mais continuamente empregados nas residências mundo afora segundo Dankowich (2016), pois além de trazer muita comodidade, estes podem tornar a casa do usuário mais eficiente economicamente, preocupada com o meio ambiente e também mais segura. Quanto à segurança, por exemplo, moradores de uma residência ou prédio poderiam trancar ou destrancar a portaria remotamente, sabendo quem está presente na cena.

Quanto à eficiência econômica e ambiental, a redução do consumo de energia, que impacta diretamente nas questões ambientais pode ser bem significativa. Segundo estudos recentes, conforme consta na reportagem de LaMonica (2014), sistemas de casas inteligentes podem ajudar a reduzir de 10 a 30% o consumo de energia, controlando termostatos, iluminação e controle do uso de aparelhos, como máquinas de lavar, que têm um consumo elevado, para uso nas melhores condições, como horários em que a tarifa é menor. A redução dos gastos energéticos pode ser ainda mais evidenciada quando se leva em conta áreas do mundo muito geladas ou muito quentes, que precisam de sistemas eficientes para o controle térmico.

## 2.4 TRABALHOS RELACIONADOS

Existem atualmente diversas soluções para tais finalidades no mercado, abordando tecnologias diversas.

Merks, da Silva e Przysiada (2015) apresentaram uma solução que permite ao usuário ter controle de cada equipamento ao qual for instalado o dispositivo de monitoramento desenvolvido por eles. A partir desses dispositivos, que realizam medições periódicas, é disponibilizado ao usuário o valor do consumo diário, semanal ou mensal de cada equipamento da residência em kWh. O dispositivo foi desenvolvido utilizando o microcontrolador ATmega88 e sensor de corrente ACS7121. A transmissão

dos dados é feita via *Wi-Fi* para um servidor de rede que se comunica com uma aplicação Android, que faz a interface com o usuário.

Já Waka (2015) baseou-se no conceito de Internet das Coisas para desenvolver um sistema de controle remoto de tomadas elétricas via interface web. O protótipo desenvolvido emprega a plataforma de prototipagem Intel Galileo e tecnologias de software livre, como o openHAB, um *framework* para a automação residencial e o *middleware* de comunicação Mosquitto, onde cada dispositivo representa um assinante do padrão de comunicação adotado, ou seja, tudo que for publicado pelo módulo central será recebido pelo assinante. Os relatórios apresentam o consumo instantâneo, das últimas 24h ou da última semana em valores de corrente e tensão.

A grande maioria das soluções propostas contempla um módulo centralizado de controle dos equipamentos cadastrados, caracterizado por um computador ou microcontrolador, sendo este o único que se comunica diretamente com a interface da qual o usuário envia os comandos.

A comunicação entre o sistema e os pontos cadastrados nas soluções mais antigas era frequentemente desenvolvida via *Ethernet*, já os atuais apresentam com frequência comunicação *Wi-Fi*.

A interface de controle, ou seja, o software ou aplicativo acessado pelo usuário encontra-se tanto em softwares nas mais diversas linguagens de programação, quanto aplicativos, na grande maioria voltados ao sistema operacional Android, pelo fato de possuir maior popularidade.

O presente trabalho, além de empregar tecnologias alternativas, se difere dos demais aqui apresentados no que respeito à arquitetura, na qual cada módulo é independente, visando abordar o conceito de que na *IoT*, todas as “coisas” serão um IP. No que diz respeito às funcionalidades, difere-se na questão dos módulos de ativação e desativação automática, baseada em horários ou na localização do *smartphone* do usuário, por disponibilizar as informações de consumo em kWh ou valor monetário e, também, por ser voltado a sistemas iOS.



### 3 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

Esta sessão contém uma visão geral do trabalho, bem como um detalhamento técnico das partes que constituem o sistema e seus respectivos componentes.

#### 3.1 VISÃO GERAL DO SISTEMA DESENVOLVIDO

No presente trabalho foi desenvolvido um dispositivo que quando acoplado a determinados eletrodomésticos e/ou lâmpadas de uma residência monitore o consumo de cada um e permita que sejam controlados, independente da localização, via aplicativo *mobile*.

O sistema desenvolvido, apresentado na Figura 1, divide-se em três partes: o hardware, que é acoplado aos objetos, o servidor, que recebe todas as informações coletadas pelo hardware e as armazena, e o aplicativo, que faz a interface com o usuário.

O hardware consiste em um circuito eletrônico que faz a aquisição dos dados referentes ao consumo de energia e demanda corrente ou não àquele ponto através de um microcontrolador. Os dados são gerados através de um sensor de corrente e, em seguida, enviados ao servidor. A corrente é controlada por um tiristor, conforme os comandos recebidos pelo microcontrolador.

O servidor implementado consiste em um padrão CRUD (*create, read, update and delete*), que armazena as informações de usuário, bem como todas as informações que são fornecidas ou interpretadas pelo sistema. O sistema de *web services* implementado pode ser caracterizado como arquitetura RESTful - transferência de estado representacional - o que é uma abstração de arquitetura da *world wide web*, na qual se utiliza uma notação comum para transferência de dados, conhecida como JSON - notação de objetos JavaScript, conhecida por sua estrutura chave-valor. A modelagem do banco de dados foi realizada seguindo a estrutura das informações utilizadas pelo sistema e são armazenadas seguindo o padrão de estrutura de dados JSON.

O aplicativo foi desenvolvido para plataforma iOS. Através desse aplicativa é efetuado o cadastro do usuário e dos objetos, sendo este através de um leitor de QR Code. O aplicativo também é responsável pelo envio dos comandos de acionamento dos pontos, extração dos relatórios e pré-programação dos módulos de funcionamento. Após verificação dos dados de consumo no servidor, caso necessário, as notificações são enviadas e exibidas no aplicativo.

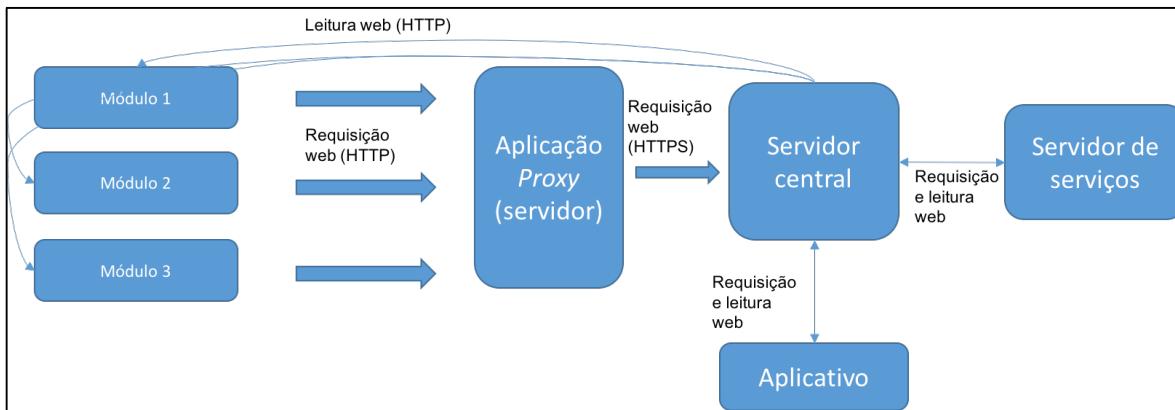


Figura 1 - Estrutura geral do sistema desenvolvido.

Fonte: os autores.

### 3.2 MÓDULOS DE CONTROLE E MONITORAMENTO

O hardware precisa estar conectado à rede para receber os comandos determinados pelo usuário e para enviar ao servidor todos os dados lidos do sensor de corrente. Desta forma, foi empregado o Kit Texas Instruments SimpleLink™ WiFi® CC3200 LaunchPad, que visa facilitar o desenvolvimento de aplicações em *IoT*, contendo um módulo WiFi integrado e o microcontrolador ARM Cortex-M4 MCU.

Quando um comando *ON/OFF* é recebido, o microcontrolador aciona ou interrompe o fornecimento de corrente através de um tiristor. O sensor é o responsável por monitorar o fluxo de corrente, cujos dados gerados são lidos pelo microcontrolador num intervalo de tempo pré-definido e enviados ao servidor para serem devidamente armazenados. Na Figura 2 apresenta-se o diagrama em blocos do funcionamento do hardware desenvolvido.

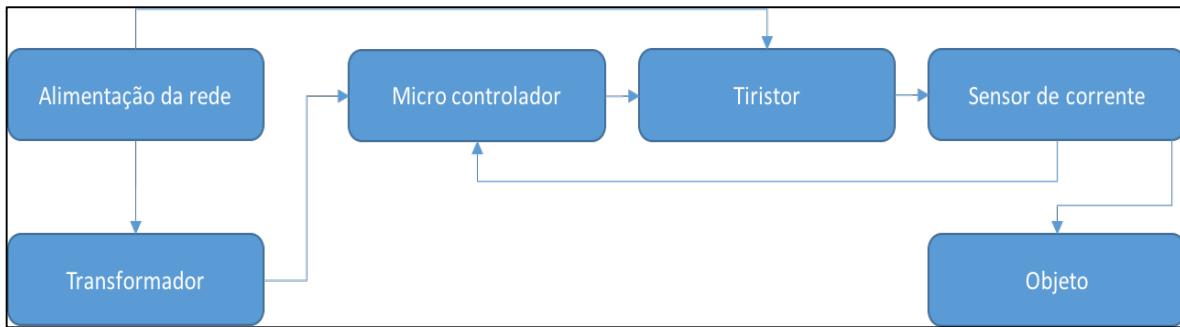


Figura 2 - Diagrama em blocos do funcionamento do hardware.

Fonte: os autores.

### 3.2.1 Kit texas instruments simplelink™ Wifi® CC3200 Launchpad

O kit da Texas Instruments tem como objetivo ser uma plataforma de desenvolvimento voltada para aplicações que explorem o conceito de *IoT*. Composta por um processador Wi-Fi e um ARM Cortex-M4 MCU, a plataforma provê conectividade Wi-Fi com segurança e alto poder de processamento (TEXAS INSTRUMENTS, 2016).

#### 3.2.1.1 Conectividade Wi-Fi

O processador de rede Wi-Fi que compõe o kit tem como objetivo prover troca de informações seguras na rede. As principais características do dispositivo são:

- Padrões 802.11 b/g/n;
- Transmissão em Baseband;
- MAC;
- Criptografia de 256 bits;
- Segurança WPA2;
- Protocolos de Internet mDNS, DNS, SSL/TLS;
- Pilha TCP/IP;

### 3.2.1.2 ARM Cortex-M4 MCU

A utilização de dispositivos compostos por microcontroladores ARM Cortex-M4 hoje é simples devido à ampla gama de ferramentas de desenvolvimento, utilitários de depuração e projetos disponíveis (Yiu, 2014), assim como o kit de desenvolvimento em questão.

Os microcontroladores M4 são dedicados à tarefas com resposta em tempo real, podendo ser aplicados em soluções diversas nas áreas de *IoT*, robótica, sistemas de controle industriais, *smart city*, *wearables*, e muitas outras (ARM, 2016).

O processador ARM Cortex-M4, segundo o fabricante, tem como principais características:

- Frequência de processamento de 80 MHz;
- Baixo consumo de energia;
- Baixa latência de interrupção;
- Unidade de ponto flutuante de precisão simples.

### 3.2.2 Medição de corrente

Existem diversos dispositivos para mensurar a corrente aplicada a circuitos elétricos, como resistor *shunt*, bobinas de Rogowski, sensor *flux-gate* e sensores de efeito Hall, sendo o último o sensor aplicado neste trabalho.

### 3.2.3 O efeito Hall

O efeito que dá nome aos sensores de efeito Hall tem como princípio que, quando houver fluxo de corrente em um material semicondutor sob a influência de um campo magnético perpendicular a este, será gerada uma diferença de potencial (MAMMANO, 2001), denominada tensão de Hall.

Com a presença do campo magnético, as cargas positivas e negativas presentes no semicondutor sofrem distorção, conforme ilustra a Figura 3. Esse desbalanceamento de cargas gera, nas extremidades do semicondutor, uma diferença de potencial, que varia de acordo com a intensidade da corrente aplicada.

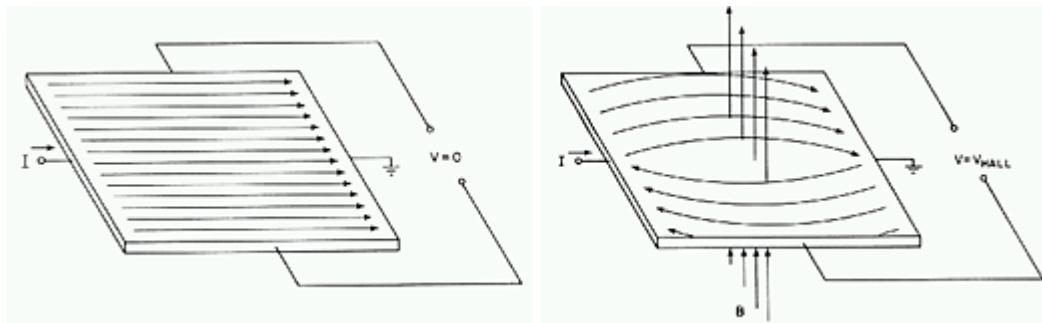


Figura 3 - Distorção do fluxo de corrente causada pelo campo magnético.

Fonte: NEIS. Transdutores de corrente por efeito Hall, 2016.

A relação entre o campo magnético e a diferença de potencial gerada é linear, conforme a Figura 4. Desta forma, através da medição da tensão gerada pelos sensores de efeito Hall é possível mensurar a corrente presente no semicondutor em dado momento.

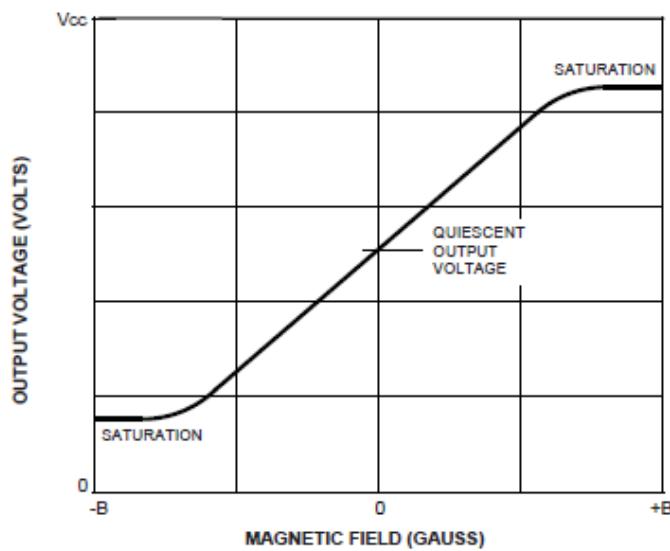


Figura 4 - Relação entre o campo magnético e a diferença de potencial gerada em sensores de efeito Hall.

Fonte: Allegro MicroSystems, LLC. Linear Hall-Effect Sensor ICs, 2016.

### 3.2.4 Sensor de corrente ACS712

Sensores Hall são capazes de mensurar grandezas como corrente, temperatura, pressão, posição, entre outras, baseado no princípio do eletromagnetismo (HONEYWELL, 2004). Sendo assim, podem ser empregados em soluções que visam determinar o consumo de energia, através da medição de corrente, tanto contínua quanto alternada.

O sensor ACS712 da Allegro Microsystems é um dos modelos disponíveis no mercado com uma boa relação custo-benefício por apresentar boa linearidade, baixo offset, isolamento entre os pinos de condução e monitoração e tamanho reduzido do CI (ALLEGRO, 2016).

O diagrama de pinos e um circuito de aplicação típico são demonstrados na Figura 5 (a) e (b), respectivamente. O circuito da Figura 5 (a) tem como intuito minimizar os ruídos, proporcionando um valor mais fiel na saída do sensor. Os valores empregados no mesmo variam de acordo com a aplicação.

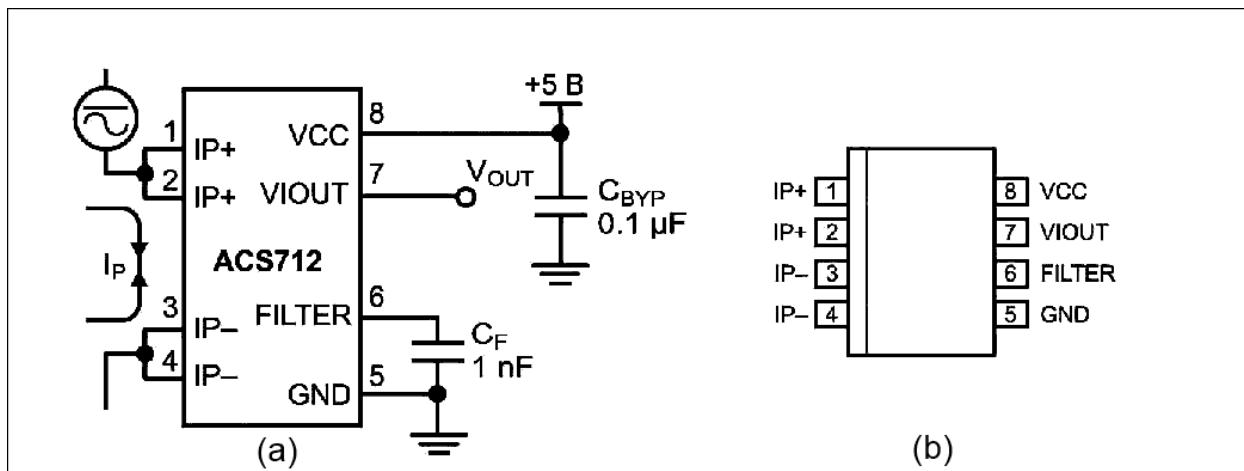


Figura 5 - Diagrama de pinos (a) e circuito de aplicação típico (b) do ACS712.

Fonte: Circuit Diagram World. A brief overview of Allegro ACS712 current sensor, 2016.

A tensão Hall é um sinal de amplitude baixa, entre 20 e 30  $\mu$ V em um campo magnético de 1 gauss (NEIS, 2000). Desta forma, se faz necessária a utilização de

amplificadores no circuito, além de reguladores e filtros, conforme mostrado na Figura 6.

O sinal de saída do sensor varia a cada ampère presente na entrada. Tal faixa de variação é pré-definida e varia de modelo para modelo, conforme dados do fabricante. O modelo empregado neste trabalho, ACS712-30A, suporta até 30A, variando 66 mV a cada 1A aplicado ao mesmo. A alimentação do sensor é de tipicamente 5V. Quando não há corrente circulando, o valor retornado na saída é  $V_{cc}/2$ . Através dessas informações é possível efetuar a leitura por meio do ADC (conversor analógico digital) de um microcontrolador e calcular a corrente em dado momento.

### 3.2.5 Tiristor

O tiristor é um dispositivo pertencente a uma família de dispositivos que operam em regime chaveado, tendo em comum uma estrutura de quatro camadas semicondutoras p-n-p-n (FEEC, 2016). Possui 3 terminais, anodo e catodo, pelos quais flui a corrente e o *gate* (gatilho), responsável por acionar o dispositivo, iniciando a condução de corrente.

Possui características biestáveis de funcionamento, permanece indefinidamente no estado de condução ou de corte a menos que o *gate* seja acionado. Para que o tiristor deixe de conduzir, é necessário que a corrente de disparo caia abaixo do valor mínimo de manutenção.

Alguns dos dispositivos pertencentes à família dos tiristores são:

- SCR - Diodo controlado de silício;
- TRIAC - Triodo de Corrente alternada;
- GTO - Gate-Turn-Off.

### 3.3 O SERVIDOR

O servidor central tem a função de armazenar e prover informações do sistema para os módulos, aplicação iOS e para o servidor de micro serviços, para que os mesmos possam ter acesso à gravação e à leitura de dados, uma vez que estas ocorrem através de requisição web. Ao efetuar uma requisição aos *endpoints* correspondentes a cada módulo, as informações pertinentes a eles seriam retornadas no formato JSON para o cliente que requisitou, seja este o próprio módulo, a aplicação iOS ou o servidor de micro serviços.

O servidor de micro serviços é composto por micro aplicações, escritas na linguagem PHP, que têm como objetivo executar apenas pequenas tomadas de decisão, o envio de notificações ou atualizar o estado de um módulo e terminar seus processos. Os micros serviços descritos nesse tópico, exceto o que é correspondente à aplicação *proxy*, possuem predefinições de horários no servidor através do agendamento de tarefas, onde o mesmo se encarrega de executá-las automaticamente quando o horário programado for atingido.

#### 3.3.1 Servidor como Serviço

A tecnologia empregada no servidor segue um novo conceito de arquitetura, segundo Rogers e Siever (2012), o de servidor como serviço, que começou sendo implementado por algumas startups devido à necessidade de arquiteturas mais ágeis e integradas, possibilitando o desenvolvimento de seus produtos de forma mais rápida e satisfatória. O termo "servidor como serviço" é derivado do inglês BaaS (*Backend as a Service*) e consiste em um modelo de arquitetura que dispõe de armazenamento de banco de dados em nuvem, além de outros serviços integrados, como notificações *push*, controle de usuários, integrações de usuários através de redes sociais e ferramentas de *analytics* - análise de dados para determinado projeto.

Servidores como serviço, em sua grande maioria, não utilizam o armazenamento de dados via banco de dados do tipo SQL padrão, a estrutura de dados utilizada é

seguindo o formato de dados JSON. Os servidores como serviço, geralmente possuem APIs (application programming interface) e SDKs (software development kit), que são largamente utilizados devido às funcionalidades que estes serviços possuem e oferecem para os desenvolvedores, além de permitirem acesso direto às requisições via HTTP.

### 3.3.1.1 Notificações via *push*

Algumas micro aplicações fazem uso do sistema de notificação via *push*. Para enviar uma notificação *push* para um dispositivo iOS é necessário que o mesmo esteja registrado para receber notificações junto à Apple, recebendo assim um token, identificador exclusivo para aquele aparelho, que será usado como destinatário da mensagem dentro dos serviços da Apple. Além disso, é necessário que o aplicativo que faz uso do sistema de notificações tenha um certificado válido e autenticado, tanto para o ambiente de desenvolvimento, quanto para o ambiente de produção (distribuição).

Para realizar o envio de uma notificação para um celular, é necessário usar uma conexão criptografada com os servidores da Apple, além de usar os devidos certificados com suas senhas para que sua notificação seja aceita e entregue. O sistema de notificações da Apple também possui um sistema de QoS (*Quality of Service* - qualidade do serviço), por isso, muitas vezes, quando várias notificações são enviadas simultaneamente e o dispositivo não recebe (por não estar conectado à internet, por exemplo), somente a última é entregue quando o mesmo se conecta.

### 3.3.2 Formato JSON

O formato de dados JSON, do termo em inglês *JavaScript Object Notation*, é um subconjunto da linguagem de programação *JavaScript*, sendo um formato para a troca de dados. O formato de dados JSON pode ser constituído por uma lista de valores ordenados ou por uma coleção de pares nome/chave identificadora e valor, onde este segundo é o mais utilizado. Os dados presentes dentro da estrutura JSON podem ser do tipo cadeias de caracteres literais (*strings*), números, valores booleanos (verdadeiro ou falso), vetores (*arrays*), objetos ou, por fim, nulos (*null*) (SMITH, 2015).

### 3.4 O APLICATIVO

O padrão de arquitetura de software (*design pattern*) empregado no desenvolvimento do aplicativo móvel para iOS consiste em um modelo que separa a informação que é exibida para o usuário e seu tratamento da interação do usuário com essa mesma informação, segundo Reenskaug (1979), conhecido como MVC – *model, view e controller*, ou camadas do modelo, visualização e controladora. O modelo consiste na camada que armazena os dados presentes na aplicação, funções e regras de negócio. A visualização é a camada que apresenta os dados de forma amigável para que o usuário esteja ciente do que está ocorrendo no aplicativo e como as informações que ele forneceu estão sendo processadas. Por fim, a camada controladora é, indiretamente, a união das duas anteriores, a qual é responsável por interpretar todas as interações realizadas pelo usuário e solicitar para que o mesmo tome determinadas novas ações dentro do sistema.

Entre as ideias centrais da arquitetura MVC estão o reaproveitamento de código em várias frentes e, principalmente, a separação de conceitos. Pois cada classe deve possuir uma única responsabilidade. A principal justificativa para o uso deste padrão de desenvolvimento é o fato de que se cada camada/classe estiver bem separada e com sua atribuição bem definida, não há o risco de haver alguma mudança no layout que afete o modelo de dados, além do modelo ser favorável para o reaproveitamento de código em projetos que demandem uma complexidade maior, ajudando assim na definição e atribuição de funções para determinadas funcionalidades do projeto.

#### 3.4.1 Código de resposta rápida - *QR Code*

Os códigos de leitura rápida, do termo inglês *QR Code*, são códigos bidimensionais que podem ser lidos por celulares, *tablets*, entre outros dispositivos móveis. Como o próprio nome sugere, foi projetado para realizar a leitura rápida das informações que estão codificadas na imagem, esta composta por pequenos

quadrados pretos e brancos. As informações de um código de resposta rápida podem ser URLs, textos ou imagens (CASSAVOY, 2016).

### 3.4.2 Geofence – cerca geográfica

Namiot e Sneps-Sneppe (2016) citam o conceito de *geofence*, ou “geocerca”, em português, como sendo cercas geográficas virtuais, com detecção automática de entrada e saída, a qual, em termos gerais, é a definição de um perímetro virtual. Este perímetro pode ser definido através de um ponto central e um raio, o qual dará origem a um perímetro delimitado pelo raio, ou pela limitação de cercas virtuais (criadas a partir de vários pontos de latitude e longitude, formando assim uma região delimitada não circular). Como toda funcionalidade baseada em localização, é necessário fazer o uso da localização do usuário para realizar o monitoramento de entrada e saída das regiões virtuais.

Um dos grandes problemas relacionados a utilização de *geofence*, segundo Namiot e Sneps-Sneppe (2016) pode ser o consumo excessivo de bateria dos dispositivos móveis ou *smartphones*, visto que há necessidade de verificar a posição atual periodicamente a fim de notificar o usuário caso haja a entrada ou saída de algum perímetro.

## 3.5 RESTRIÇÕES

O sistema proposto tem como principal restrição trabalhar com alimentação de apenas 127 V, devido ao fato de não conter um sensor de tensão no hardware para fazer o mapeamento exato para posterior cálculo da potência e custo.

## 4 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo explica-se como o sistema proposto neste trabalho foi implementado, descrevendo-se em linhas gerais o desenvolvimento do software, apresentando os esquemáticos do hardware e detalhes do firmware dos microcontroladores.

### 4.1 SOFTWARE

Os sistemas de software desenvolvidos neste trabalho dividem-se em três partes principais, sendo: servidor central, servidor de serviços e *proxy* e aplicativo *mobile*.

#### 4.1.1 Servidor central

O servidor central foi implementado através da plataforma de serviços na nuvem do Google, mais conhecida como *Google Cloud Platform*, que dispõe de vários serviços que podem ser utilizados pelos usuários, sendo um deles o *Firebase*. Este foi utilizado como serviço de autenticação para a base de usuários do sistema, bem como banco de dados em tempo real, recebendo e armazenando os dados no padrão JSON, e estes sendo consumidos através de APIs (*application programming interface* - interface de programação de aplicações) REST.

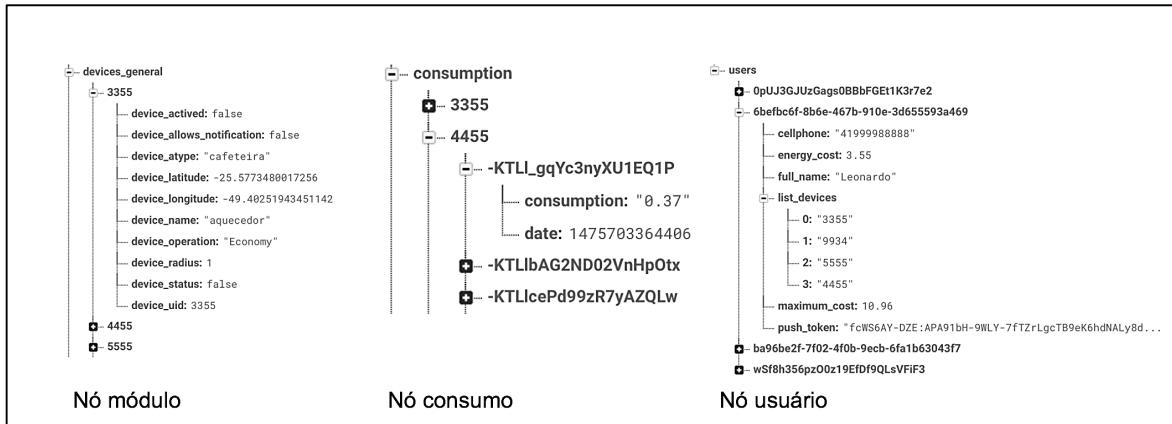


Figura 6 - Nós correspondentes às informações armazenadas no banco de dados.

Fonte: os autores.

O nó de módulos ilustrado na Figura 7 demonstra como o mesmo foi implementado no banco de dados. Denominado "devices\_general", este contém vários objetos que são identificados através de seu ID único, os quais possuem as informações pertinentes a cada módulo, como latitude, longitude, raio, estado (ligado/desligado), modo de operação, entre outros.

O nó correspondente ao consumo armazena os valores obtidos em cada leitura do sensor de corrente e a data (que corresponde à data e horário do servidor quando a informação foi persistida no mesmo), agrupados por módulo.

Por fim, o nó de usuários possui objetos cadastrados identificados por um *token* correspondentes a cada um deles. Cada objeto armazena informações como número do telefone, custo da energia, custo máximo pré-definido, nome e lista de dispositivos que possui.

#### 4.1.2 Servidor de micro serviços

Neste trabalho foram criadas algumas micro aplicações que fazem uso do sistema de notificação via *push*. Foi utilizado o serviço FCM (*Firebase Cloud Messaging*), substituto do antigo GCM (*Google Cloud Messaging*), que abstrai o processo de

conexão e autenticação com os servidores de notificações da Apple. Ele serve como um micro serviço designado somente para o envio de notificações, tanto para a plataforma da Apple quanto para a do Google Android, o que é uma grande vantagem.

O envio das mensagens se faz através da requisição para um *endpoint* na qual são passados os dados pertinentes à notificação no formato JSON, tais como som de alerta, contador, mensagem, título e dados que não são visualizados na mensagem e interpretados de maneira transparente pela aplicação *mobile*. Como cabeçalhos desta requisição são passados dois parâmetros, o primeiro contendo a chave do seu projeto nos serviços do Google, para que o envio possa ser autorizado, e o segundo explicitando o formato que os dados estão sendo enviados, no caso, JSON.

#### 4.1.2.1 Aplicação proxy

A primeira aplicação de micro serviços que pode ser colocada aqui é a *proxy*, que tem como função receber as informações de consumo sem conexão segura (criptografada) HTTPS e sem autenticação, coletadas pelos módulos via sensor no hardware, e enviá-las via conexão segura e autenticada para gravação no banco de dados do servidor central.

As informações são passadas ao servidor central através da URL do micro serviço, no padrão URI (*Uniform Resource Identifier*), da seguinte forma: "http://remotehome.eng.br.firebaseioTest.php?consumption\_data=11.77&device\_id=1232", onde os dois parâmetros passados são "*consumption\_data*" representando o valor lido pelo sensor de corrente e "*device\_id*", contendo a identificação do módulo, para que o sistema saiba à qual dispositivo atribuir a informação.

#### 4.1.2.2 Aplicações para desligamento automático

As aplicações desenvolvidas para atender ao desligamento automático ou programado dos módulos são definidas através do modo de funcionamento selecionado pelo usuário no aplicativo.

Foram pré-definidos três modos de funcionamento no aplicativo, os quais diferem apenas no horário de execução, sendo modo “Supereconômico” (executado às 07:00), “Econômico” (executado às 10:00) e modo “Normal” (se selecionado, o desligamento automático não é executado).

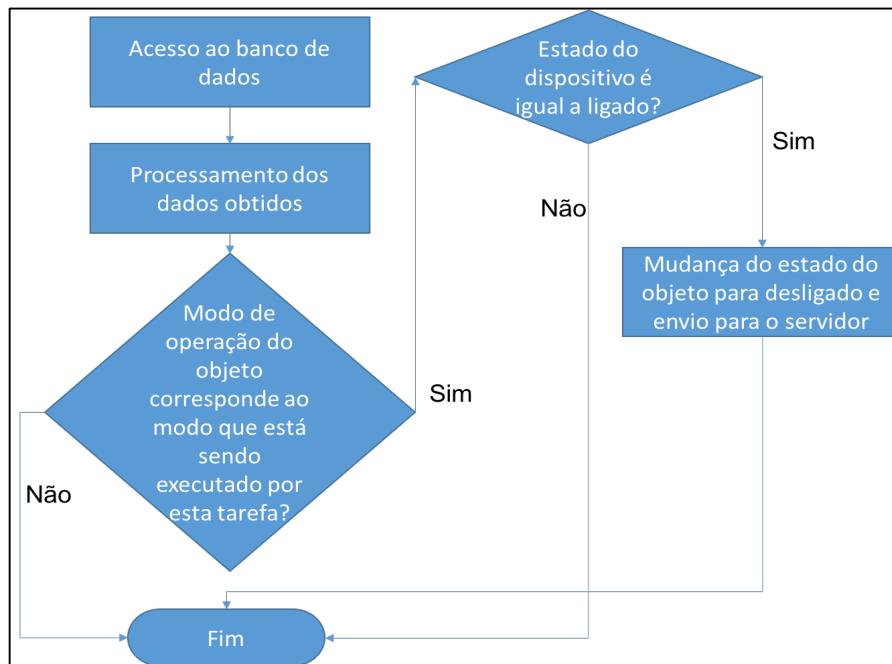


Figura 7 - Fluxograma ilustrando a lógica de funcionamento do algoritmo para os desligamentos automáticos.

Fonte: os autores.

Conforme exibido na Figura 8, a execução do desligamento automático para os módulos do sistema começa na requisição web da micro aplicação para o servidor central pedindo as informações atualizadas de todos os dispositivos do sistema, que estão gravados na tabela "*devices\_general*". Feito isto, a resposta recebida é

interpretada pelo código fonte, ou seja, cada objeto tem suas propriedades mapeadas previamente para facilitar a execução da lógica. Em seguida, para cada objeto são executadas duas verificações, uma para que se tenha certeza que o objeto em análise pertence ao grupo daquele micro serviço e que o tratamento deve ser feito por ele, e outra, para verificar se o módulo está ligado, evitando que haja uma requisição para atualização do estado para desligado sendo que o dispositivo já está neste estado.

#### 4.1.2.3 Aplicações para disparo de notificações com base no padrão do usuário

Conforme proposto, o sistema deveria ser apto a enviar notificações para os usuários, conforme alguns padrões de utilização que foram estudados. Para atender a esta funcionalidade, foram desenvolvidos micro serviços que notificam o usuário conforme o tipo do aparelho escolhido nas configurações do aplicativo. A partir desta seleção e de padrões de horário pré-definidos, o sistema é capaz de executar cada micro serviço correspondente ao tipo configurado, nos horários definidos. Os eletrodomésticos permitidos pelo sistema atualmente são televisão (sugerir ligar às 19:00 e desligar às 23:00) e cafeteira (sugerir ligar às 07:00 e às 19:00, e desligar às 08:00 e às 20:00).

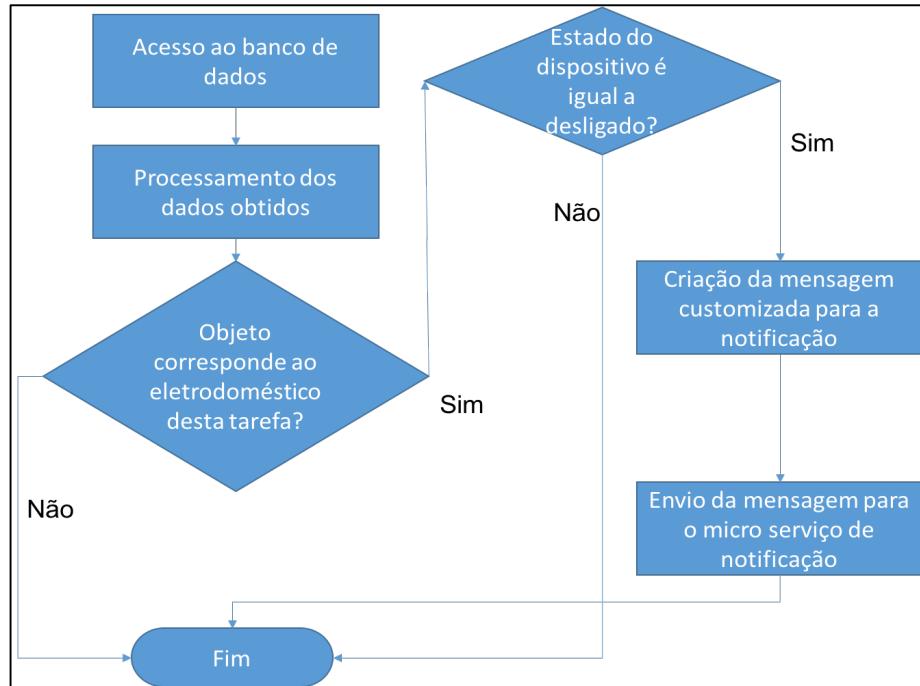


Figura 8 - Fluxograma ilustrando a lógica de funcionamento do algoritmo para envio das notificações de um módulo.

Fonte: os autores.

Como apresentado na Figura 9, após verificação, caso o estado do dispositivo seja “desligado”, uma notificação é enviada ao aplicativo, apresentando a mensagem “Olá nome, você possui uma cafeteira chamada nome2. Hora de liga-la, não?! Abra o app para liga-lá!”, onde nome e nome2 são variáveis que carregam o nome do usuário para quem está registrado aquele dispositivo e o apelido dado àquele módulo no momento do registro, respectivamente. Da mesma forma ocorre a verificação para o status “ligado”, exibindo apenas a mensagem diferente.

#### 4.1.2.4 Aplicação para cálculo do consumo total

A aplicação desenvolvida para realizar o cálculo do consumo de energia total mensal foi implementada com o intuito de realizar todos os cálculos e conversões

necessárias para que o usuário possa ser notificado assim que os dispositivos cadastrados na conta atinjam percentuais do consumo máximo definido previamente.

Os percentuais pré-estabelecidos do consumo máximo nesta aplicação são 30%, 50%, 70% e 100%. Assim que o usuário atinge algum destes percentuais é enviada uma notificação para que ele saiba o quanto do valor máximo foi consumido. Esta aplicação é executada a cada duas horas, todos os dias, no servidor de micro serviços.

A Figura 10 exibe o processo de cálculo de consumo mensal para todos os usuários cadastrados na base de dados do sistema. O processo começa com uma requisição para o servidor central, para que o mesmo retorne as informações atualizadas de todos os usuários e posteriormente de todos os dispositivos. Com as informações coletadas, primeiro são analisados todos os usuários e quais são os dispositivos que estão associados à conta deles, feito isso, os dados de consumo por dispositivo são processados e o consumo em kWh é mensurado para determinado mês.

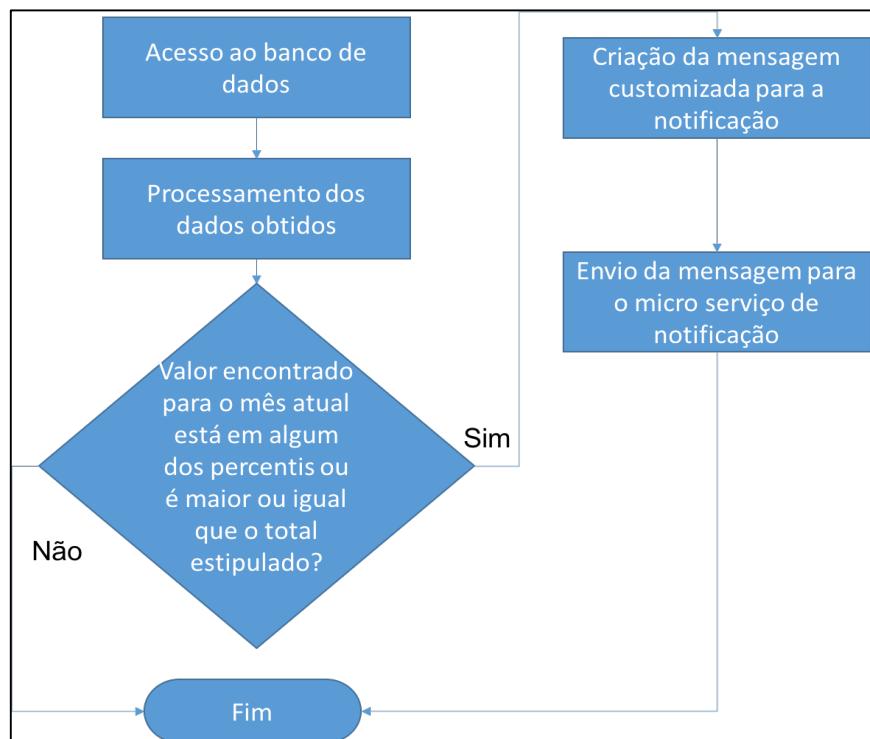


Figura 9 - Fluxograma ilustrando a lógica de funcionamento do algoritmo para cálculo do consumo total.

Fonte: os autores.

Se o resultado estiver dentro de algum dos percentuais definidos, uma notificação com mensagem customizada é enviada ao usuário, "Olá, você atingiu o consumo máximo estipulado nas configurações do aplicativo. Consumo estipulado: 100 kWh. Consumo atingido até o momento: 50 kWh".

#### 4.1.3 Aplicação iOS

A aplicação foi desenvolvida para a plataforma *mobile iOS*, utilizando todos os componentes nativos do sistema, como elementos de interface do UIKit e escrita na linguagem de programação Swift 2.3.

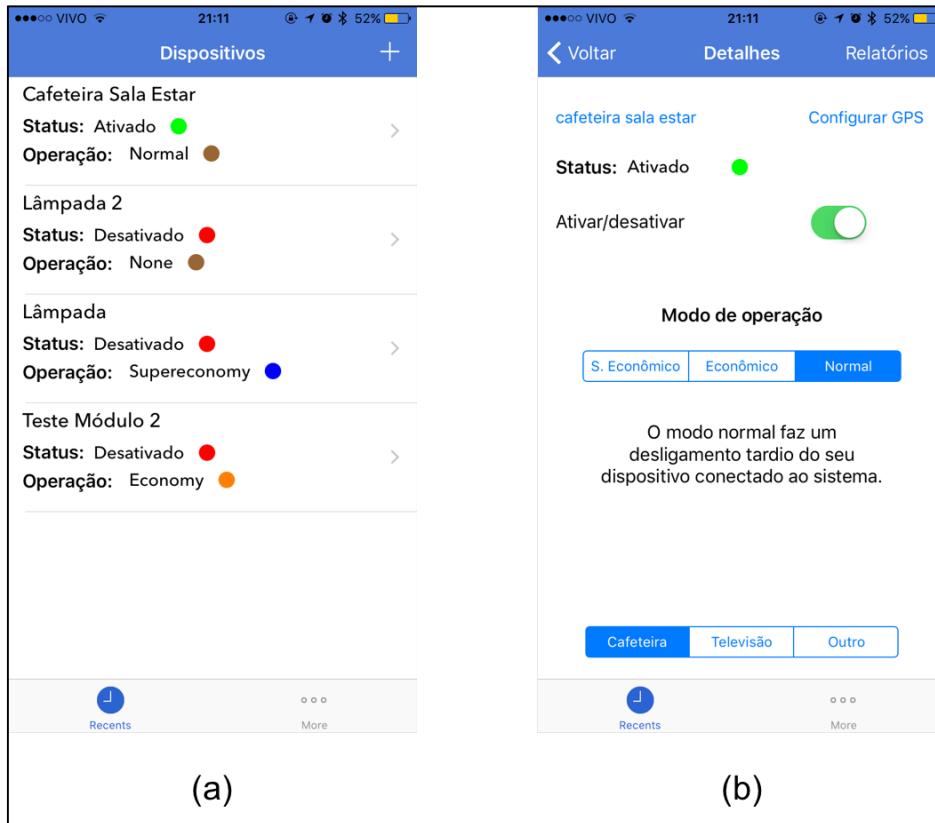


Figura 10 - Lista de dispositivos do aplicativo (a) e detalhes sobre determinado módulo (b).

Fonte: os autores.

No aplicativo o usuário deve criar uma conta ou autenticar-se em uma conta previamente criada para que seja possível acessar todos os recursos disponíveis pela aplicação. Posteriormente, o usuário terá acesso à uma lista, como ilustra a Figura 11 (b), composta pelos dispositivos cadastrados no sistema.

O cadastro é realizado através da leitura de um *QR code* associado ao módulo. Cada módulo pode ser selecionado para ser configurado individualmente, como mostra a Figura 11 (b), onde é possível alterar o estado, selecionar o modo de operação (supereconômico, econômico e normal) e/ou tipo do eletrodoméstico conectado àquele determinado módulo (cafeteira, televisão e nenhum), além de consultar a parte de relatórios, à qual traz os dados de consumo respectivos àquele dispositivo.

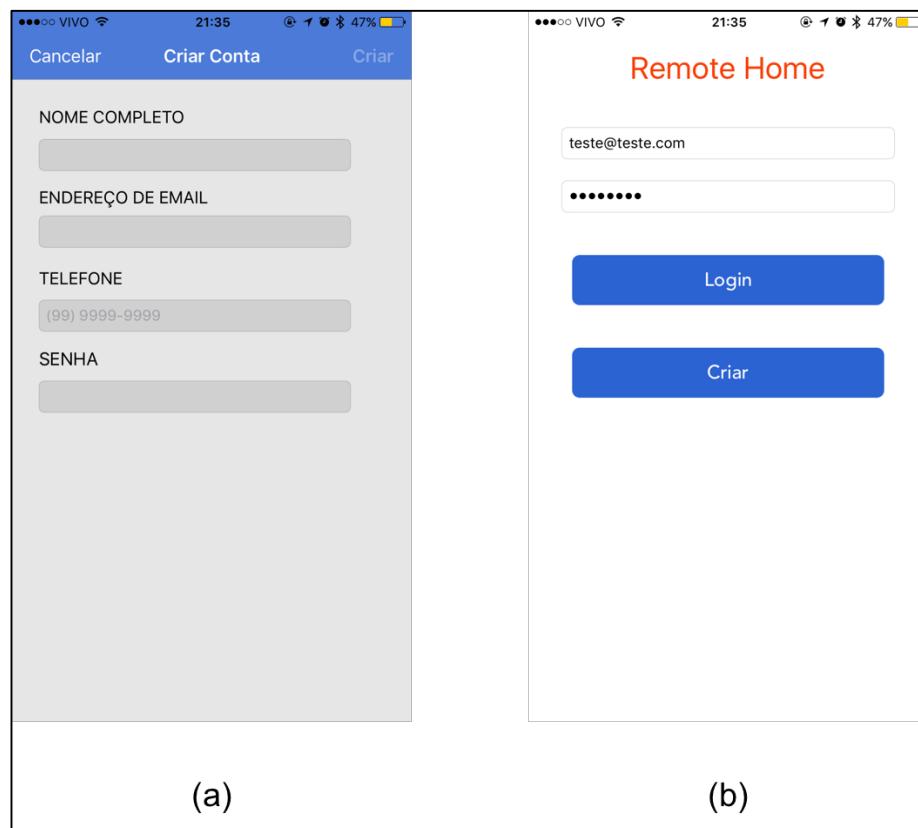


Figura 11 - Tela de criação de conta (a) e tela de autenticação (b).

Fonte: os autores.

A tela de criação de conta permite ao usuário criar uma nova conta no sistema com nome, telefone, e-mail e senha, conforme ilustrada a Figura 12 (a). Todos os campos são obrigatórios. A tela de autenticação é demonstrada pela Figura 12 (b).

Através da tela de configurações, ilustrada na Figura 13, é possível atualizar informações como nome do usuário, consumo total mensal máximo, custo do kWh na região ou sair da aplicação.

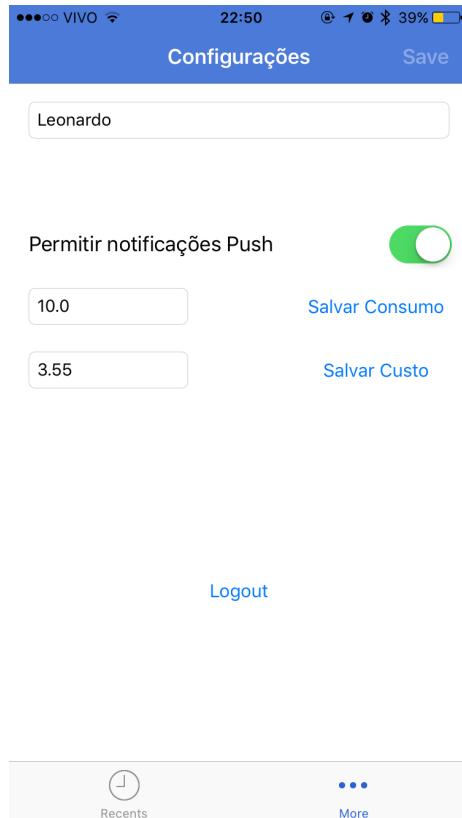


Figura 12 - Tela de configuração do usuário.

Fonte: os autores.

#### 4.1.3.1 Leitura do QR code

Para o sistema de leitura implementado foi utilizada a biblioteca de desenvolvimento nativa do sistema operacional iOS, conhecida como *AVFoundation*, a

qual provê diversos recursos para captura e manipulação de componentes áudio visuais.

Para detecção do código é solicitada a permissão de acesso à câmera do *iPhone*, e a partir de então configurada para observar e detectar meta dados do tipo *QR Code*. Assim que um metadado é encontrado, passa por uma análise, é convertido e, finalmente, associado ao cadastro de um novo dispositivo no sistema.

Através a biblioteca utilizada foi possível implementar a identificação de código com uma performance muito rápida e sem a necessidade de utilização de componentes externos ao sistema operacional.

#### 4.1.3.2 Implementação do gráfico de consumo

Para exibição dos gráficos de consumo dos dispositivos, foi desenvolvida uma tela dedicada apenas à amostragem de dados. Visando proporcionar uma melhor análise ao usuário, apenas as horas e dias que tiveram algum consumo, mesmo que baixo, são exibidas. As amostras nulas são desconsideradas.

As figuras 14 (a) e (b) ilustram os gráficos exibidos por semana (últimos sete dias em que houve consumo) e hora, respectivamente. O gráfico de horas é acessado através de um clique no dia em que deseja analisar.

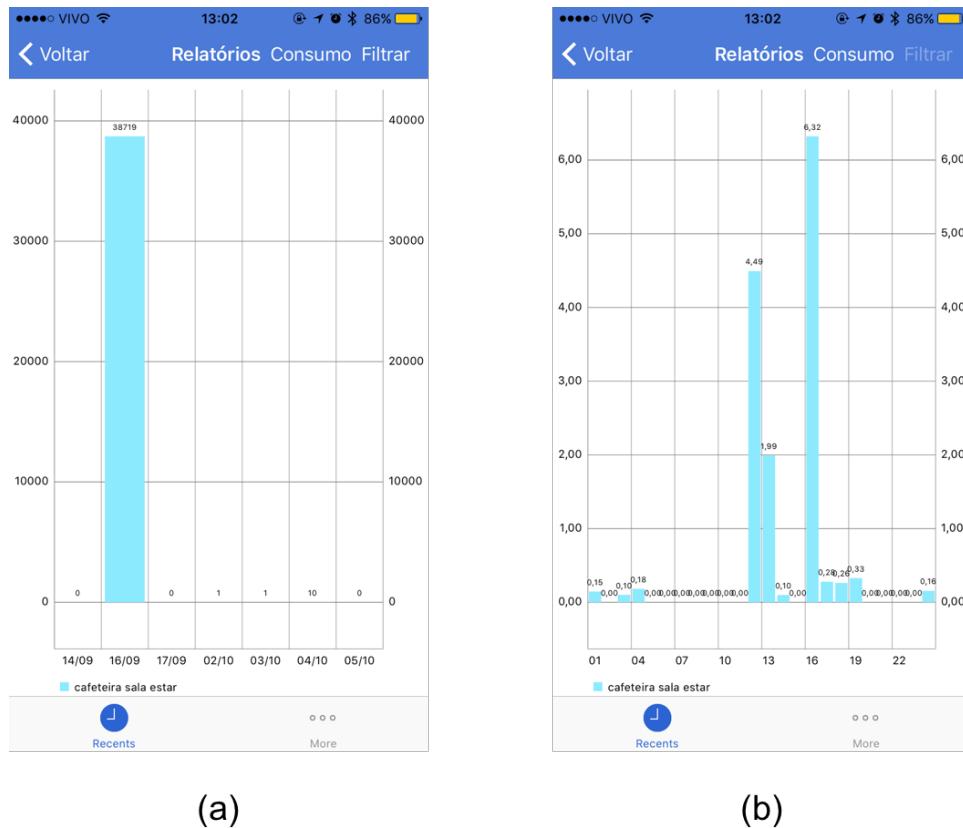


Figura 13 - Ilustração gráfica dos últimos sete dias (a) e ilustração dos horários de um respectivo dia (b).

Fonte: os autores.

Estes gráficos foram desenvolvidos utilizando-se de uma biblioteca externa, de código aberto, denominada *iOS Charts*, que congrega várias utilizações com manipulações de números para amostragem em gráficos. Esta dependência inserida no projeto da aplicação móvel está sob gerenciamento do *CocoaPods*, um gerenciador de dependências muito utilizado em implementações *iOS*.

#### 4.1.3.3 Implementação do sistema de ativação via localização

O sistema de localização desenvolvido neste trabalho visa permitir que o usuário selecione determinada localização e determine um raio, cuja delimitação é utilizada pelo sistema para verificar se o usuário está dentro deste limite e, então, se o resultado

da análise for positivo, acionar o dispositivo para o qual esta região foi pré-determinada. A definição de região utilizada é baseada na definição utilizada pela grande maioria dos sistemas de mapas atuais, *geo-fence*.

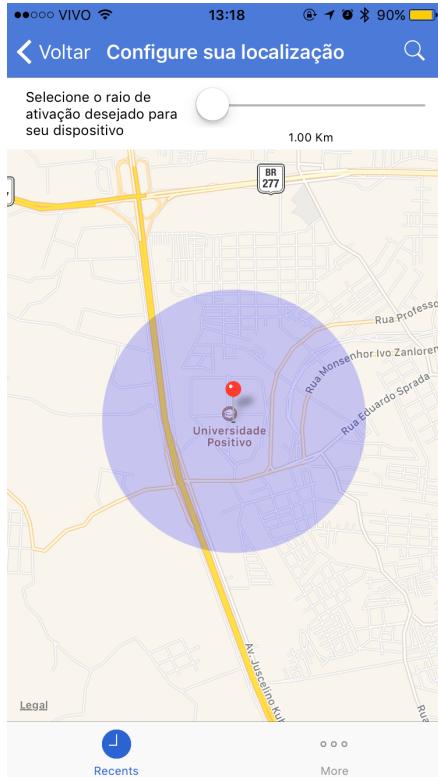


Figura 14 - Tela de configuração da localização na aplicação iOS.

Fonte: os autores.

Para a implementação desta funcionalidade foi utilizado o componente de mapas da própria Apple, conhecido como *MapKit*, e o componente de localização do sistema operacional, conhecido como *Core Location*.

O *MapKit* foi utilizado para criar a interface de mapas na qual o usuário pode escolher a localização desejada, além de configurar o raio para a região, que varia entre 1 e 5 km. Esta interface está ilustrada na Figura 15. A localização do dispositivo pode ser selecionada através da própria navegação pelo mapa disponível na tela ou da pesquisa de um endereço, a partir do qual, se encontrado, é obtida sua latitude e longitude, através da técnica de *geocoding*.

Já o *Core Location* foi utilizado para mapear a localização do *smartphone* com a aplicação em segundo plano (seja com o aplicativo minimizado ou fechado), capturando a localização atual do usuário a cada mudança significativa, determinada em 800 metros de distância, segundo a documentação.

O controle dessas mudanças é feito pelo sistema operacional, que realiza o gerenciamento de todas as variáveis para a utilização do recurso, como por exemplo, uso de bateria, rede de dados e processamento dos dados obtidos.

## 4.2 HARDWARE

Nas sessões seguintes serão descritos todos os passos seguidos para o desenvolvimento das placas de circuito impresso e o firmware dos microcontroladores.

### 4.2.1 Módulos de controle e monitoramento

Os módulos de controle e monitoramento são conectados diretamente à rede elétrica (127 V), a fim de medir o consumo e poder gerenciar o fornecimento de energia, conforme os comandos recebidos, onde, para tal, é necessário que estejam conectados à Internet via comunicação Wi-Fi.

O diagrama esquemático do circuito bem como o *layout* das trilhas roteadas foi desenvolvido utilizando o software *Eagle* e são apresentados pelas figuras 16 e 17.

As figuras 18 a 21 apresentam a placa e o resultado final da montagem de cada módulo, com todas as placas e componentes constituintes já devidamente montado e identificado com o *QR Code* correspondente ao ID (código numérico individual responsável pela identificação de cada módulo). O modelo das caixas utilizadas na montagem dos módulos foi o PB-118, cujas dimensões são 65x97x147.

## 4.2.2 Firmware

As três funções básicas do firmware são processar os dados adquiridos na medição de corrente, enviar estes dados ao servidor central e consulta-lo utilizando a rede Wi-Fi, a fim de saber o estado atual do módulo, ligado ou desligado, atribuindo o nível lógico correspondente a este estado ao pino do optoacoplador, que dispara o *gate* do tiristor.

### 4.2.2.1 Conexão, transmissão e leitura do servidor

Para conexão de cada módulo na Internet são passadas as credenciais da rede *Wi-Fi* à qual se deseja conectar, sendo estas o nome e senha, caso seja uma rede privada.

Após conectar, a transmissão e leitura de dados é iniciada. A cada ciclo são realizadas novas leituras e transmissões. Na transmissão são enviadas informações correspondentes às leituras do ACS712 e ao ID do dispositivo em questão, para que o servidor saiba à qual módulo pertencem os dados recebidos.

Na leitura, são realizadas consultas ao servidor central, enviando o ID do dispositivo e recebendo no retorno as informações correspondentes ao estado atual daquele módulo.

### 4.2.2.2 Conversão dos dados do ACS712

Para o cálculo da corrente, utilizou-se da escala de conversão fornecida pelo fabricante do sensor. Os valores de tensão obtidos são os correspondentes aos valores de pico, ou seja, os máximos de cada medição realizada. Estes valores são enviados para o servidor e o aplicativo consumidor se encarrega de ajustá-los para uma tensão eficaz, ou média RMS.

## 5 TESTES E RESULTADOS

Este capítulo tem como objetivo apresentar os resultados obtidos no desenvolvimento deste trabalho, sendo esses divididos em Software e Hardware e Medições.

### 5.1 RESULTADOS DO SOFTWARE

Os testes relacionados aos softwares desenvolvidos foram feitos com o intuito de verificar a confiabilidade dos micros serviços desenvolvidos e do servidor central quando estes estivessem sob grande demanda de armazenamento e tráfego dos dados.

Foram realizados testes quanto à confiabilidade e garantia de entrega do micro serviço para envio de notificações aos smartphones dos usuários. Desses testes, todos tiveram sua confiabilidade validada a partir do tráfego de determinada informação de um serviço para o outro, ou quando notificações eram enviadas, e todas estas informações eram entregues com sucesso. Todos obtiveram 100% de êxito, quando averiguados durante duas semanas.

Desde o início do desenvolvimento do projeto da aplicação iOS houve uma grande preocupação quanto ao consumo da bateria que o sistema poderia apresentar por conta do uso contínuo do GPS, da rede de dados do celular e do uso em segundo plano para atualizações. A partir disso, o sistema de localização implementado foi otimizado ao máximo. Foram realizados testes durante dois meses usando o sistema de ativação via localização, nos quais o mesmo mostrou-se extremamente econômico com relação ao consumo da bateria e de dados do smartphone. O consumo médio da bateria em cada dia foi de 2%. Em uma semana, o mesmo consumo foi mantido. Como pode ser observado na figura 22 (a), o aplicativo ficou aproximadamente cinco minutos por dia em segundo plano, e vinte e cinco minutos a cada semana de uso, figura 22 (b).

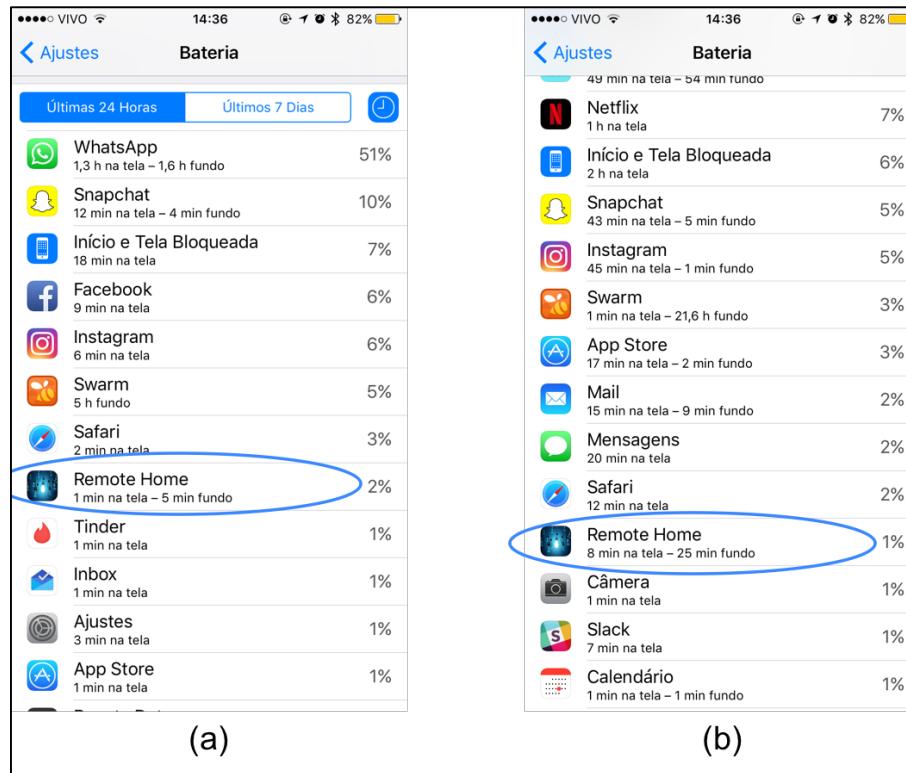


Figura 15 - Consumo de bateria por dia (a) e durante uma semana (b).

Fonte: os autores.

A mobilidade do sistema foi testada utilizando-o a uma distância de aproximadamente 28 km entre os módulos e o smartphone, quando este estava conectado à rede de dados móveis. Através da validação dos dados no servidor, todos os comandos foram recebidos e executados com êxito. O tempo médio para um comando refletir no funcionamento do aparelho foi de 2 segundos para uma conexão estável.

## 5.2 RESULTADOS DO HARDWARE

A maior preocupação que se teve com o hardware desde o início do desenvolvimento deste trabalho foi com relação ao fato de ser possível controlar potências relativamente altas, o que causaria aquecimento e, se mal projetado, poderia causar danos ao protótipo e consequentemente ao eletrodoméstico conectado a este.

No que diz respeito a isto, a dimensão das trilhas da placa de circuito impresso, a escolha da bitola dos fios e o dissipador empregados no projeto dos circuitos, bem como a distribuição das placas dentro da caixa foram satisfatórios.

Com relação à conexão *Wi-Fi*, foram realizados testes com relação ao alcance do módulo. Com uma conexão estável, conectando os protótipos a equipamentos em diferentes cômodos de uma residência, a distância entre estes e o roteador chegou à cerca de 6 metros, obtendo 100% de êxito.

### 5.3 MEDIÇÕES

Com base nos valores da potência de cada equipamento foi possível comparar os resultados obtidos com o esperado, ambos para alimentação em 127 V. Na Tabela 1 estão listados todos os equipamentos testados e os valores obtidos. O aquecedor foi testado em sua potência média.

Tabela 1 – Relação dos valores obtidos com as medições.

Equipamento	Potência (Watts)	Número de amostras	Potência Medida (Watts)
Lâmpada	18W	873	18,24W
Lâmpada	40W	1971	33,58W
Aquecedor*	1500W	473	471,22W
Ferro de Solda	25W	1273	24,72W

Fonte: os autores.

## 6 CONCLUSÕES, CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

De acordo com os testes realizados no sistema desenvolvido neste trabalho, pode-se mensurar a usabilidade e confiabilidade, cumprindo com a proposta inicial de controlar e monitorar dispositivos eletroeletrônicos.

A aplicação *iOS* proporciona uma navegação intuitiva e fácil, além de uma interface amigável, mostrando de maneira simples e prática os dispositivos do usuário, bem como a visualização de todos os gráficos de consumo e estado dos módulos. Conforme os testes efetuados em diferentes localidades com o *smartphone* conectado à internet móvel, a proposta de mobilidade foi cumprida satisfatoriamente. O cadastro dos módulos via *QR Code* ocorreu de forma rápida, quase imperceptível.

A miniaturização dos módulos não estava nos objetivos do presente trabalho. Desta forma, a dimensão do kit CC3200 e dos demais componentes não foram levados em consideração durante a escolha dos mesmos. A conexão à Internet, quando conectados à rede elétrica, acontece de maneira automática e rápida, desde que a rede *Wi-Fi* onde o dispositivo será conectado esteja previamente configurada no firmware do dispositivo. Para utilizar equipamentos eletroeletrônicos que consumam mais do que 12 ampères, valor máximo para o qual os dispositivos foram projetados, será necessária uma revisão no projeto de hardware.

Um dos obstáculos encontrados foi com relação ao valor retornado pelo sensor ACS712 e a leitura do ADC do kit CC3200. O valor máximo que as entradas do ADC suportam, conforme seu *datasheet*, é de 1,467V. Em contrapartida, o sensor ACS712 em seu "nível zero" retorna 2,5V, podendo chegar até 5V. Desta forma, foi empregado um circuito divisor de tensão, que embora tenha se mostrado eficaz na resolução do problema, causou perda de precisão.

O objetivo deste trabalho não era o de se obter os dados de consumo de energia com a máxima precisão possível, e sim viabilizar um sistema capaz de prover eficiência energética, proporcionando visibilidade do consumo de energia dentro do conceito de Internet das Coisas, provendo troca de informação entre as partes constituintes e o

usuário de forma rápida e inteligente e abordando o conceito de *Cloud Computing*. Sendo assim, deve-se deixar claro que as informações de consumo fornecidas pelos módulos desenvolvidos neste trabalho não servem como parâmetro de contestação para valores obtidos através de um equipamento homologado pela concessionária de energia.

A fim de aprimorar o projeto do sistema desenvolvido neste trabalho e tornar a solução mais assertiva e robusta, alguns aperfeiçoamentos podem ser feitos:

- Aplicar inteligência artificial, permitindo ao sistema sugerir ou tomar ações com base no comportamento do usuário;
- Melhorar o design e as dimensões do módulo desenvolvido;
- Rever o projeto de hardware do sistema, a fim de aperfeiçoá-lo e, assim, reduzir custos de produção;
- Criar uma interface para entrada das credencias de acesso à rede Wi-Fi, à qual o módulo se conectará;
- Aprimorar a coleta dos dados, aumentando o intervalo entre o envio de amostras, a fim de economizar espaço de armazenamento no servidor;
- Adição de um sensor de corrente, permitindo que o sistema seja aplicado a qualquer alimentação, tanto 220 quanto 127V;
- Inserir controle de potência, de modo que a temporização necessária entre a comunicação com o servidor e as interrupções do disparo do triac ocorram corretamente, sem que uma funcionalidade comprometa a outra.

## 7 BIBLIOGRAFIA

ALVES, J. A.; MOTA, J. **Casas Inteligentes**. 1. ed. Lisboa: Centro Atlântico, 2003.

ARM. **Cortex-m4 processor**. Disponível em: <<http://www.arm.com/products/processors/cortex-m/cortex-m4-processor.php>>. Acesso em: 13 nov. 2016.

ARM. **Smallest and lowest power cortex processors - optimized for deterministic real time embedded processing and microcontroller applications**. Disponível em: <<http://www.arm.com/products/processors/cortex-m>>. Acesso em: 13 nov. 2016.

ATZORI, L; IERA A.; MORABITO G. **The Internet of Things: A survey**. Article in Press. Elsevier, 2010.

AURESIDE. **Previsões para o mercado global de Automação Residencial**. Disponível em: <<http://aureside.blogspot.com.br/2016/10/previsoes-para-o-mercado-global-de.html>> Acesso em: 17 de Nov. 2016.

BOLZANI, C. A. M. **Desmistificando a Domótica**. Sinergia, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 17-20, 2007.

BOTTA, A. et al. **On the Integration of Cloud Computing and Internet of Things**. University of Napoli Federico II, 2016.

BRANDÃO, Roque. A domótica ao serviço da sociedade. **Neutro à Terra**, Porto, v. 1, p. 4-6, abr. 2008.

CASSAVOY, L. What is a QR Code? Disponível em: <<https://www.lifewire.com/the-definition-of-qr-codes-578656>>. Acesso em: 16 de Nov. 2016.

DANKOWICH, C. **Why homeowners should consider smart home automation**. Disponível em: <<http://www.squidautomates.com/blog/why-homeowners-should-consider-smart-home-automation>>. Acesso em: 12/11/2016.

DIAS, R. R. F. **Internet das Coisas sem mistérios: uma nova inteligência para os negócios**. Netpress Books, 2016.

EVANS, D. The internet of things. **How the Next Evolution of the Internet is Changing Everything**, Whitepaper, Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG), 2011.

FEEC - FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO. Tiristores e retificadores controlados. Disponível em: <<http://www.dsce.fee.unicamp.br/~antenor/pdffiles/ee833/Modulo2.pdf>> Acesso em: 11 Dez 2016.

IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Trabalho e Rendimento, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2013.

IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Trabalho e Rendimento, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2014.

IoT BRASIL, Fórum Brasileiro de IoT. **IoT: Por que é importante o Brasil pensar nisso agora?**. Disponível em: <<http://www.iotbrasil.com.br/new/iot-por-que-e-importante-o-brasil-pensar-nisso-agora-texto-de-gabriel-marao-coordenador-do-forum/>>. Acesso em: 06 Nov. de 2016.

IoT Latin America. **Internet das Coisas: Objetos conectados e uma infinidade de possibilidades**. Disponível em: <<http://iotlatinamerica.com.br/internet-das-coisas-objetos-conectados-e-uma-infinidade-de-possibilidades/>> Acesso em: 06 de Nov. 2016.

KLUBNIKIN, A. **Internet of Things: How much does it cost to build an IoT Solution?** Disponível em: <<http://r-stylelab.com/company/blog/it-trends/internet-of-things-how-much-does-it-cost-to-build-iot-solution>>. Acesso em: 16 de Nov. 2016.

LAMONICA, M. **Will smart home technology systems make consumers more energy efficient?** Disponível em: <<https://www.theguardian.com/sustainable-business/smart-home-technology-energy-nest-automation>>. Último acesso em: 12/11/2016.

MAMMANO, B. **Current Sensing Solutions for Power Supply Designers**. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.131.5176&rep=rep1&type=pdf>> Acesso em: 23/06/2016.

MERKS, D. P.; SILVA, E.; PRZYSIADA, F. A. **Sistema de monitoramento do consumo de energia elétrica**. Monografia de especialização em sistemas embarcados. Universidade Positivo, Curitiba, 2015.

MURATORI, J. R.; DAL BÓ, P. H.; **Automação residencial: histórico, definições e conceitos**. Disponível em: <<http://www.voltimum.com.br/>>. Acesso em: 24 de Abr. 2016.

NAMIOT, D.; SNEPS-SNEPPE, M. **Geofence and Network Proximity**. Lomonosov Moscow State University, Ventspils University College. Disponível em: <<https://arxiv.org/pdf/1303.5943.pdf>>. Acesso em: 16 de Nov. 2016.

NEIS, P. **Transdutores de corrente por efeito hall**. Disponível em: <<http://www.eletrica.ufpr.br/edu/Sensores/2000/neis/>>. Acesso em: 12 nov. 2016.

PATEL K. K.; PATEL S. M. **Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges**. Faculty of Technology and Engineering-MSU, 2016.

REENSKAUG, T. M. H. MVC. Xerox Parc. Estados Unidos da América, 1979.

ROGERS, M. P.; SIEVER, B. **Solving the Cloud Computing Impasse with MBaaS**. Nova Iorque, Estados Unidos da América, 2016.

SMITH, B. **JSON Básico: Conheça o formato de dados preferido da web**. 1. Ed. São Paulo: Novatec, 2015.

TEXAS INSTRUMENTS. **Product Description**. Disponível em: <<http://www.ti.com/product/CC3200>> Acesso em: 22 de Jun. 2016.

WAKA, G. M. **Controle remoto de tomadas elétricas baseado nos conceitos da Internet das coisas**. Monografia de graduação em Ciência da Computação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

WOOTTON, G. **Internet das Coisas, uma visão ampla, humana e livre**. 1. Ed. Associação Brasileira de Automação Residencial e Predial, 2016.

YIU, Joseph. **The Definitive Guide to ARM® Cortex®-M3 and Cortex®-M4 Processors** 3 ed. Massachusetts: Newnes, 2014. 23 p.



## Apêndice A

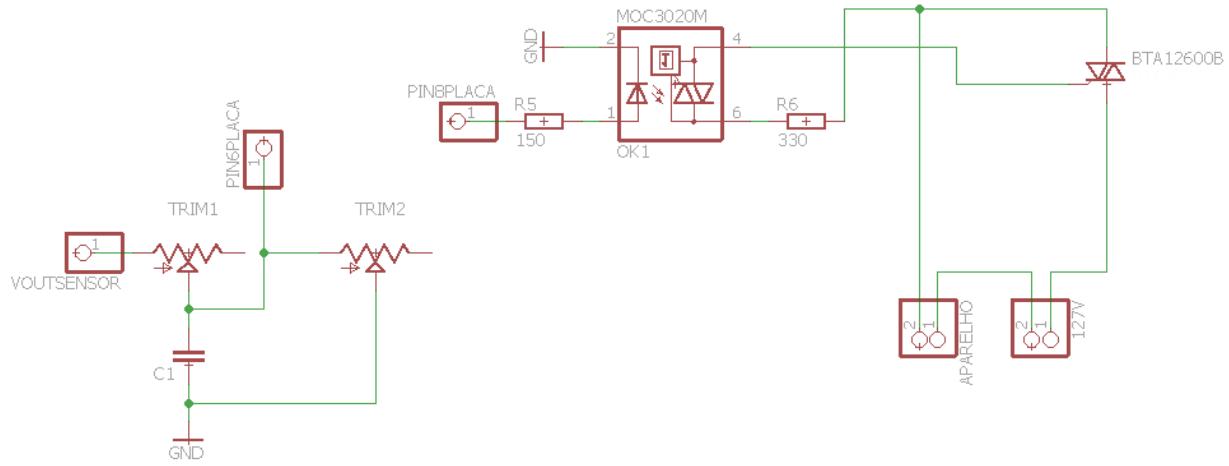


Figura 16 - Esquemático do circuito.

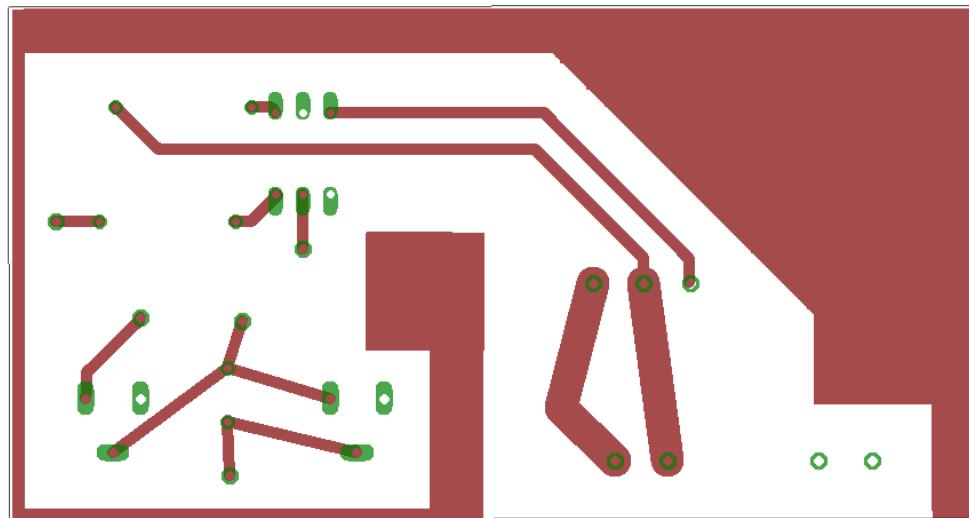


Figura 17 - Layout do circuito impresso.

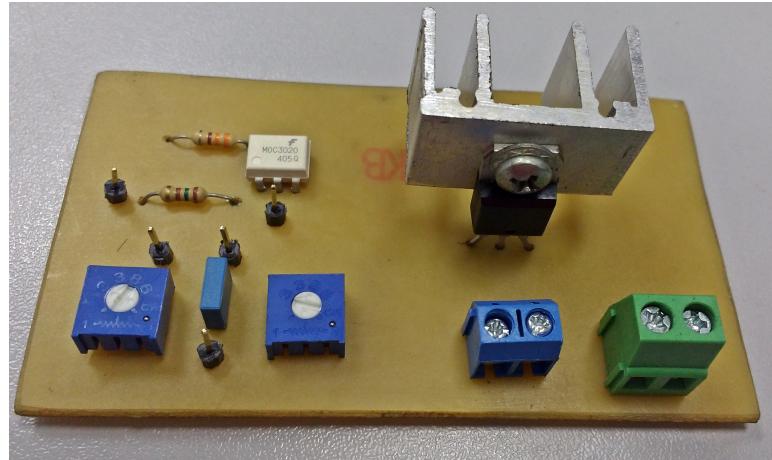


Figura 18 - Montagem da placa.



Figura 19 - Montagem da placa.



Figura 20 - Módulo final.



Figura 21 - Módulo final.

## Anexo A

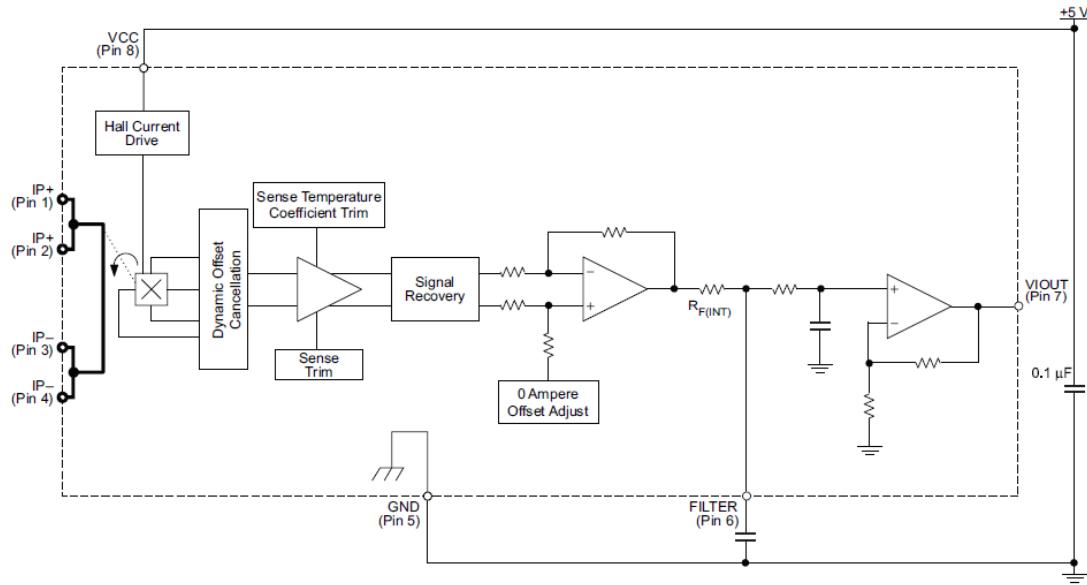


Figura 22 – Composição do sensor ACS712.

Fonte: Allegro MicroSystems, LLC. Datasheet do componente, 2016.