

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

GUILHERME GELINSKI

LUCAS CERON

AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL UTILIZANDO ESP32

PONTA GROSSA

2023

**GUILHERME GELINSKI
LUCAS CERON**

AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL UTILIZANDO ESP32

Home automation using ESP32

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Maurício dos Santos Kaster

**PONTA GROSSA
2023**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**GUILHERME GELINSKI
LUCAS CERON**

AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL UTILIZANDO ESP32

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Elétrica da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 04/julho/2023

Maurício dos Santos Kaster
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Guilherme Alberto Sousa Ribeiro
Mestrado
Universidade Federal do Maranhão

Cristhiane Gonçalves
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**PONTA GROSSA
2023**

Dedico este trabalho a minha família e aos
meus amigos, pelos momentos de
ausência.

AGRADECIMENTOS

Desde o início até o presente momento não tem sido um caminho fácil e sem dúvida alguma só foi possível chegar até aqui graças ao suporte que tivemos tanto no âmbito acadêmico como no familiar.

É muito difícil citar todos os nomes aqui sendo assim gostaríamos de agradecer a todos que de alguma maneira contribuíram com essa nossa trajetória, muito obrigado.

Gostaríamos de dar um agradecimento especial para nossa família, que desde o início de nossas vidas até a graduação nos apoiou e serviu de base para que pudessemos seguir firme nesse caminho.

Também queremos agradecer ao nosso professor orientador Maurício Kaster, pela sabedoria e orientação que nos foi compartilhada para realizar este presente trabalho e também durante a graduação.

E por fim aos nossos colegas de turma que foram imprescindíveis nesses cinco anos de curso, sempre com o intuito de crescer juntos durante esse período acadêmico e também se divertindo nos momentos de lazer.

Primeira Lei: Um robô não pode ferir um ser humano ou, por omissão, permitir que um ser humano sofra algum mal. Segunda Lei: Um robô deve obedecer as ordens que lhe sejam dadas por seres humanos, exceto nos casos em que tais ordens contrariem a Primeira Lei. Terceira Lei: Um robô deve proteger sua própria existência desde que tal proteção não entre em conflito com a Primeira e Segunda Leis (ASIMOV, Isaac, 1950).

RESUMO

GELINSKI, Guilherme; CERON, Lucas. **Automação residencial utilizando ESP32.** 2023. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2023.

A cada dia que passa, novos recursos tecnológicos começam a fazer parte do nosso cotidiano, possibilitando avanços que contribuem para a melhoria da qualidade de vida. O objetivo desse TCC é apresentar o desenvolvimento de um sistema de automação residencial via wi-fi, com o motivo de ajudar tanto na qualidade de vida quanto na economia e monitoramento do consumo elétrico. Para isso, esse sistema utiliza um microcontrolador ESP de baixo consumo e relativamente barato, pensando na facilidade, comodidade e conforto do cliente. O produto é modular e pode ser instalado em um interruptor, garantindo assim a fácil instalação e aplicação do mesmo. Após a instalação, o usuário poderá controlar as tomadas e iluminação pelo aplicativo via wi-fi, poderá também, monitorar o consumo dos equipamentos conectados na tomada, podendo ser de extrema importância para economia de energia.

Palavras-chave: Automação residencial. ESP32. IoT.

ABSTRACT

GELINSKI, Guilherme; CERON, Lucas. **Home automation using ESP32**. 2023. 48 p. Final Coursework (Bachelor's Degree in Electrical Engineering) – Federal University of Technology – Paraná. Ponta Grossa, 2023.

With each passing day, new technological resources begin to be part of our daily lives, enabling advances that contribute in the world and particularly in the quality of life. The purpose of this monography is to contribute to this topic with a home automation system via wi-fi, with the purpose of helping both quality of life and savings and monitoring electrical consumption. For this application, the system uses a low power and budget ESP microcontroller, thinking about the ease, convenience and comfort the customer. The product is modular and installs into the switch, thus ensuring easy installation and security. After installation, the user will be able to control the sockets and lighting through the application via wi-fi and monitor the consumption of equipment connected to the outlet, which can be extremely important for energy savings.

Keywords: Residential automation. ESP32. IoT.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Kit ESP32-DevKitC.	18
Figura 2 – Kit Arduino IoT.	19
Figura 3 – Localização do protótipo.	23
Figura 4 – Componentes da placa.	24
Figura 5 – Circuito eletrônico do projeto.	25
Figura 6 – Ligação do microcontrolador.	26
Figura 7 – Ligação do relé.	26
Figura 8 – Ligação do sensor de corrente.	27
Figura 9 – Ligação do regulador de tensão.	27
Figura 10 – Placa de circuito impresso (vista superior).	28
Figura 11 – Placa de circuito impresso (vista inferior).	29
Figura 12 – Pinagem do dispositivo.	29
Figura 13 – Tela do aplicativo.	30
Figura 14 – Ligação protótipo - Lâmpada.	32
Figura 15 – Ligação protótipo - Tomada.	33
Figura 16 – Cadastro no aplicativo.	35
Figura 17 – Login no aplicativo.	36
Figura 18 – Menu inicial do aplicativo.	37
Figura 19 – Menu área aplicativo.	38
Figura 20 – Banco de dados.	39
Figura 21 – Gráfico do aplicativo.	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados do gráfico.	40
Tabela 2 – Dados mais recentes em Reais (R\$) (Ali express).	43
Tabela 3 – Dados mais recentes em Reais (R\$) (Brasil).	44

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

SIGLAS

AWS	Amazon Web Service
IA	Inteligência Artificial
ID	Identification
IoT	Internet of Things
KWh	KiloWatt-Hora (medida de consumo de energia)
LED	Light Emitting Diode
PCI	Placa de Circuito Impresso
TUG	Tomada de Uso Geral

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	JUSTIFICATIVA	13
1.2	OBJETIVO	14
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
2	SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL	15
2.1	TIPOS DE SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL	15
2.1.1	Controle de Iluminação	15
2.1.2	Controle de Climatização	15
2.1.3	Controle e Monitoramento de Geração por Fontes Renováveis	16
3	DISPOSITIVOS PARA IOT	17
3.1	O QUE É IOT E COMO SÃO OS SISTEMAS TÍPICOS DE IOT	17
3.2	KITS DE MICROCONTROLADORES (ESP, ARDUINO, ARM) DE PEQUENO TAMANHO	17
3.3	CARACTERÍSTICAS NECESSÁRIAS/DESEJÁVEIS PARA IOT	19
3.4	CONECTIVIDADE (<i>WI-FI</i> , <i>BLUETOOTH</i>)	20
3.5	SOLUÇÕES GRATUITAS E COMERCIAIS DE IOT	21
4	PROJETO PROPOSTO: CONTROLE LIGA/DESLIGA E MEDIÇÃO DE CORRENTE/POTÊNCIA REMOTO	23
4.1	PROTÓTIPO	23
4.1.1	Principais funções	24
4.2	COMPOSIÇÃO DA PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO	24
4.2.1	Software	25
4.2.2	Microcontrolador	25
4.2.3	Relés	26
4.2.4	Sensor de Corrente	26
4.2.5	Regulador de Tensão	27
4.2.6	Placa de Circuito Impresso	27
4.2.7	Pinagens	29
4.3	APLICATIVO	29
4.3.1	Firebase	30
5	FUNCIONAMENTO DO SISTEMA E RESULTADOS	32
5.1	INSTALAÇÃO	32
5.1.1	Fiação	32
5.2	CONFIGURAÇÃO INICIAL	34
5.3	INTERFACE COM USUÁRIO	34
5.3.1	Login	34
5.3.1.1	Ferramenta <i>Auth</i>	36
5.3.2	Menu Inicial do Aplicativo	37
5.3.3	Menu de Área	38
5.3.3.1	Ferramenta Realtime Database	39
5.3.4	Gráfico	39

6	VIABILIDADE ECONÔMICA DO PROJETO	41
6.1	PÚBLICO-ALVO E EXPECTATIVA DE ACEITAÇÃO	41
6.2	CUSTOS DA SOLUÇÃO	42
6.3	CUSTO DE INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO	43
7	CONCLUSÕES	45
	REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

O conceito de automação residencial parece novo, algo que surgiu a pouco tempo mas se engana quem pensa desse jeito. O conceito de automação residencial surgiu na década de 70 nos Estados Unidos e desde então vem se estudando novas tecnologias e maneiras de automatizar sistemas como iluminação, portas, climatização, entre outros (INTELIGENTE, 2020).

Desde então esse conceito vem se difundindo e ganhando força ao redor do mundo com novas tecnologias que visam o conforto e o desenvolvimento das casas inteligentes.

No Brasil, um estudo realizado pela Associação Brasileira de Automação Residencial e Predial (Aureside), indica que no ano de 2020 aproximadamente 2 milhões de residências no país contavam com algum tipo de automação, tendo uma previsão de crescimento de 22% ao ano até 2025 (PACETE, 2022).

Mesmo com o grande crescimento desse setor no Brasil, estudos mostram que ainda é muito caro realizar um projeto de automação residencial completo. De acordo com uma pesquisa realizada pelo jornal Folha de S.Paulo junto com empresas do setor, um projeto de automatização total de uma casa no Brasil hoje custa em média de R\$20 mil a R\$30 mil. Mesmo pequenas soluções como interruptores e lâmpadas inteligentes acabam sendo muito caras (SANTOS, 2018).

Por se tratar de um alto investimento é necessário analisar a viabilidade do mesmo, sendo assim, faz-se necessário um monitoramento do consumo de energia detalhado de todo o projeto e é nesse ponto que várias automatizações falham.

Atualmente no mercado existem vários tipos de soluções quando se diz respeito à iluminação inteligente, controle de climatização entre outros. Entretanto, poucos projetos como esses entregam dados como análise completa do consumo de energia na residência.

1.1 JUSTIFICATIVA

Mesmo com os recentes avanços na tecnologia e com o surgimento de novas soluções mais acessíveis no setor de automação residencial, ainda é inviável financeiramente

ramente para muitos brasileiros realizar e implementar um projeto de automação em uma residência além de que não é tão visível o retorno do dinheiro investido.

Tendo esse problema em vista, surgiu a necessidade de realizar um estudo e um projeto utilizando uma nova tecnologia para entregar novas ferramentas de monitoramento mais completas, contando com uma análise de consumo detalhado de todos os sistemas automatizados na residência além de baratear os custos de produção dos sistemas de automatização.

1.2 OBJETIVO

O objetivo dessa pesquisa é projetar e desenvolver um sistema de automação residencial, desde o circuito eletrônico até o desenvolvimento de um aplicativo, utilizando um módulo ESP32 WROOM. Também será analisada a viabilidade econômica do mesmo.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver o aplicativo para telefone celular.
- Projetar uma placa de circuito impresso.
- Testar e validar o protótipo.
- Realizar estudo de viabilidade econômica.

2 SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

Entende-se por automação residencial a delegação de funções antes realizadas manualmente para um dispositivo inteligente, capaz de tomar decisões autônomas, como ligar/desligar lâmpadas e aparelhos, realizar um *dimming* (redução da luminosidade) em ambientes durante o dia, de acordo com a intensidade da luz externa, realizar medições do consumo de energia, ajustar a climatização, controlar o acesso de pessoas aos ambientes, e várias outras aplicações.

2.1 TIPOS DE SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

2.1.1 Controle de Iluminação

Trata-se de um dos tipos mais comuns de automação e também um dos mais baratos, o controle de iluminação de um ambiente se dá por meio de relés ou sensores conectados à rede elétrica os quais, uma vez programados, podem determinar o tipo de acionamento da iluminação de um ambiente.

Os sistemas com sensores de movimento são os mais comuns hoje no mercado por ser um projeto de baixo custo, uma vez comparados com os relés, e com uma boa eficiência. O sensor capta a variação de luz infravermelha no ambiente e uma vez detectada, aciona o circuito de iluminação.

Atualmente com o desenvolvimento de novas tecnologias é possível realizar também o controle de iluminação por meio de um relé interruptor conectado à internet. Uma vez instalado, o relé pode atuar por meio de comando de voz, uma vez que o mesmo tenha conectividade com outras centrais de comando como por exemplo a Alexa (Assistente virtual desenvolvida pela Amazon) ou por aplicativos.

A vantagem desse sistema é que, uma vez conectado à internet, o controle do mesmo pode ser feito de forma remota a partir de qualquer lugar através da internet.

2.1.2 Controle de Climatização

O controle de climatização de ambiente é outro exemplo que já existe há bastante tempo no mercado sendo este mais comumente visto em empresas com siste-

mas de ar-condicionado industrial. Entretanto, com o surgimento de ar-condicionados com conectividade à internet, vem crescendo o número de projetos de climatização em escala residencial.

Esses novos modelos de ar-condicionado contam com controle por comando de voz e também por aplicativos fornecidos pelo fabricante ou até mesmo redes de controle e automação.

Uma vez conectado à internet, esse sistema conta com as mesmas vantagens que o sistema de iluminação, com possibilidade de controle à distância, podendo assim configurar o mesmo como desejar mesmo quando não estiver em casa.

2.1.3 Controle e Monitoramento de Geração por Fontes Renováveis

Com o grande aumento de projetos fotovoltaicos residenciais, o desenvolvimento de um sistema de controle de automação se tornou necessário.

Uma vez instalado, é importante que o cliente saiba quanto de energia seu sistema está gerando, conferir o status do sistema, entre outros indicadores. Pensando nisso, foram desenvolvidos inversores que, uma vez conectados à internet, enviam os dados obtidos a partir do sistema para uma central de comando e ou aplicativo.

Com esses dados é possível também realizar projeções de geração que podem ser usadas para planejamento do consumo bem como analisar se a medição está sendo corretamente realizada pela concessionária.

3 DISPOSITIVOS PARA IOT

3.1 O QUE É IOT E COMO SÃO OS SISTEMAS TÍPICOS DE IOT

O termo *Internet of Things (IoT)* surgiu no ano de 1999 quando Kevin Ashton fez um discurso apontando como os computadores da época obtinham dados e qual a visão dele para os computadores do próximo século (Keith D. Foote on August 16, 2016).

Em linhas gerais o conceito de IoT nada mais é de que as máquinas sejam capazes de obter dados do ambiente em que se encontram, sem a interferência humana, armazenar e compartilhar via internet para outras máquinas conectadas na rede (Keith D. Foote on August 16, 2016).

Nesse contexto a IoT surge para automatizar processos e melhorar a experiência dos usuários nos mais diversos meios como por exemplo no meio residencial. Com o surgimento dos aparelhos *smart* é possível conectar todos a uma central via internet e realizar o controle de qualquer lugar uma vez que se tenha conexão com a rede.

Hoje no mercado já existem diversos aparelhos como televisão, geladeira, forno micro-ondas, luzes, fechaduras, entre várias outras coisas que compõem uma casa. Esses aparelhos são interligados por meio de circuitos e uma vez conectados basta um comando de voz ou um clique em um aplicativo para programar o ambiente da maneira que desejar.

3.2 KITS DE MICROCONTROLADORES (ESP, ARDUINO, ARM) DE PEQUENO TAMANHO

Como dito anteriormente, a IoT tem como princípio que uma máquina obtenha dados e os armazene para que possam ser processados posteriormente e utilizados para realizar uma tarefa. Entretanto, tal tecnologia é nova e nem todos os aparelhos tem a capacidade de realizar tal função e é aí que entram os kits de microcontroladores.

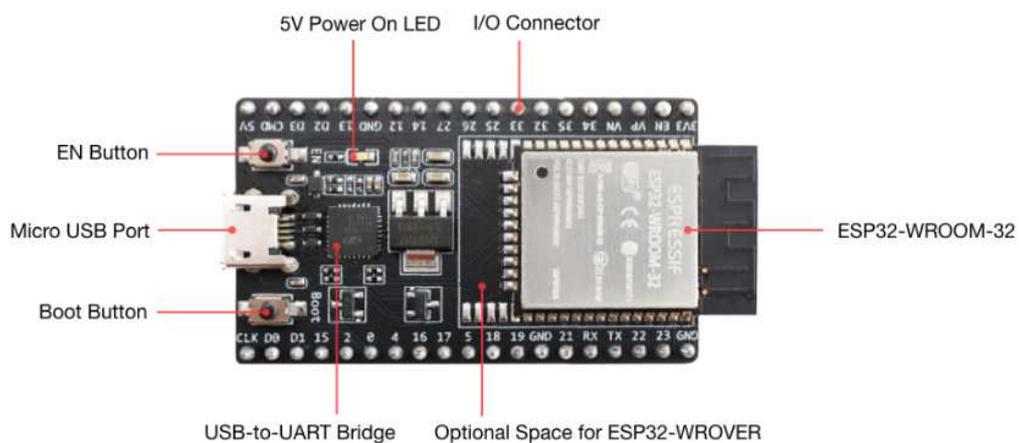
Os kits de microcontroladores possuem como parte central o microprocessa-

dor e os componentes auxiliares para ampliar e complementar as funcionalidades. A maioria dos kits apresenta uma placa de desenvolvimento, que é responsável por facilitar a programação, contendo a conexão USB com o computador para a transferência do código e para a alimentação do circuito. Outro componente presente é o conjunto de cabos e conectores que facilitam a prototipação de produtos.

Tais produtos são fundamentais para a elaboração de protótipo, pois agilizam muito a programação e as entradas e saídas presentes no microcontrolador, com ele é possível reprogramar rapidamente o código, para adicionar funcionalidades e corrigir erros, e testar funcionalidades diferentes.

Dentre os modelos existentes pode-se citar o ESP32-DevKitC (Figura 1), que possui conexão USB, LEDs, botões e conectores dispostos de uma forma prática para prototipação.

Figura 1 – Kit ESP32-DevKitC.



Fonte: Espressif (2016).

Esse kit utiliza o módulo ESP-WROOM-32, que possui o microcontrolador ESP32 e mais alguns componentes como antena *Wi-Fi*, cristal oscilador e regulador de tensão.

Outro kit muito conhecido e utilizado é o kit Arduino, que possui um microcontrolador da família AVR. Esse kit é amplamente utilizado para fins educacionais pois a facilidade e praticidade de programação e conexão com circuitos didáticos e torna especialmente adequado para iniciantes.

O sucesso desse tipo de kit foi muito grande, tanto que se expandiu e hoje conta com vários modelos, como diferentes microcontroladores e funcionalidades como conexão *Wi-Fi*, *Bluetooth*, relé e muitos outros.

Figura 2 – Kit Arduino IoT.



Fonte: Arduino (2020).

3.3 CARACTERÍSTICAS NECESSÁRIAS/DESEJÁVEIS PARA IOT

Existem diversos modelos de dispositivos de IoT atualmente no mercado e cada um deles contém características diferentes uns dos outros. Entretanto, todo dispositivo de IoT contém quatro aspectos em comum que são extremamente relevantes, os quais são: Tecnologia implementada; Propriedade intelectual; Segurança e privacidade; Interoperabilidade.

Em relação à tecnologia implementada na parte de hardware é importante que o dispositivo de IoT consuma pouca energia e que também utilize sensores e microcontroladores que tenham um baixo valor comercial. Já em relação ao *software* se faz necessário algoritmos robustos que sejam capazes de processar e analisar todos os dados que o sistema obtém a partir dos sensores.

Uma das maiores preocupações dos usuários dessa tecnologia é com relação à segurança dos dados fornecidos, por isso vale ressaltar alguns pontos que devem ser considerados quando se está pensando em desenvolver uma IoT que transmita segurança.

É importante que se adote protocolos de segurança para que se tenha suporte na identificação dos aparelhos que fazem parte dessa rede. Para realizar essa análise é utilizado um processo de autenticação de multifatores do banco de dados.

O banco de dados utilizado no projeto é o *Firestore Realtime Database* da

Google. Ele conta com um processo de autenticação onde, uma vez que o usuário entre no aplicativo por meio de e-mail e senha ou conta do *Google*, será solicitado para o mesmo um código de confirmação enviado para o celular do usuário via SMS.

A verificação da identidade do usuário é apenas um aspecto do procedimento de segurança. Após a identificação, é necessário gerenciar o acesso do usuário ao banco de dados. O *Realtime Database* conta com regras de segurança onde é possível limitar o controle de acesso de cada usuário. Uma vez programadas, essas regras delimitam, por exemplo, que um usuário tenha acesso somente à leitura dos dados, enquanto outro poderá ter total acesso para leitura e edição dos dados.

Hoje, com a grande variedade de produtos que se tem no mercado, se faz importante que uma IoT realize a comunicação de forma eficiente, mesmo se tratando de tecnologias empregadas, logo a interoperabilidade entre as mesmas é um ponto importante a se considerar.

Muitas tecnologias hoje vem com conectividades extras de sensores, logo se faz importante que ambas tecnologias sejam compatíveis. Outro ponto é que não basta somente uma conectividade de *hardware* é necessário que o *software* implementado tenha algoritmos que consigam interpretar os dados fornecidos.

3.4 CONECTIVIDADE (*WI-FI, BLUETOOTH*)

A conectividade mais comum encontrada nos dispositivos é *Wi-Fi*. É uma comunicação sem fio relativamente eficiente, mas ainda sujeita a interferências eletromagnéticas e de segurança (caso esteja conectada à internet).

Como alternativa, temos a comunicação *Bluetooth*, que reduz um pouco o problema da segurança por ser rede ponto-a-ponto de curto alcance e exige o pareamento prévio dos dispositivos. Tal comunicação ainda sofre com problemas de conexão, pois tem curto alcance, tempo de estabelecimento da conexão relativamente longo e um protocolo um pouco complexo e pesado.

Tanto *Wi-Fi* quanto *Bluetooth* possuem um protocolo relativamente complexo, com tamanho de código grande, demandando considerável espaço de memória para sua implementação e adicionando grande *overhead* no pacote de dados. Quando o pacote de dados da informação é pequeno, corre-se o risco de que a maior parte dos

dados transmitidos seja overhead do protocolo.¹

Outra forma de conectividade sem fio usa o padrão *ZigBee*. Tal padrão usa pilha de protocolos de comunicação muito mais simples que *Bluetooth* e *Wi-Fi*, exigindo menor largura de banda para troca de dados. Como tal padrão é pouco adotado, não há muitos dispositivos compatíveis com ele.

Uma outra forma de conectividade usa a própria rede elétrica para transmissão de dados. É a comunicação *Power Line*, que adiciona sinal modulado de baixa amplitude e alta frequência aos fios de energia para transportar os dados. Essa forma de comunicação tem alcance muito maior, podendo chegar a quilômetros de distância, baixa sensibilidade a interferências, e largura de banda muito maior. Porém, além de possuir pouca mobilidade, por depender da conexão física à rede elétrica, a interface é mais cara que as sem fio, resultando em soluções com custo mais alto.

3.5 SOLUÇÕES GRATUITAS E COMERCIAIS DE IOT

Uma vez que um aparelho esteja conectado à internet e o mesmo esteja coletando dados, é possível encontrar uma solução de IoT ou mesmo desenvolver uma a partir de plataformas ou aplicativos disponíveis tanto gratuitamente como pagos sendo um bom exemplo o aplicativo *Blynk*.

Disponível para download gratuito, este aplicativo oferece uma plataforma com excelentes recursos, com algumas limitações na versão gratuita onde o usuário consegue desenvolver o seu próprio aplicativo para realizar a conexão entre aparelhos. A partir do mesmo é possível realizar um controle dos componentes interligados remotamente utilizando uma conexão à internet.

Outra solução gratuita que foi inclusive utilizada para desenvolver esse projeto foi o *Google Firebase*. No processo de desenvolvimento do aplicativo foi vista a necessidade de um banco de dados online para armazenar e processar todos os dados coletados pelo circuito e, para resolver este problema, foi utilizada essa plataforma que conta com um banco de dados gratuito de 1GB, o que era mais do que o suficiente

¹ Nota de rodapé: Overhead é a parte do protocolo que não carrega a informação propriamente dita, destinada aos cabeçalhos da pilha do protocolo (identificação do pacote, numeração de sequência, tipo do serviço, tipo dos dados, Identification (ID) do transmissor e do receptor, informações de roteamento, código de verificação etc.) Considerando que a pilha de protocolo tenha várias camadas, tais cabeçalhos podem se repetir dado o encapsulamento do pacote de dados de uma camada dentro do pacote de dados da camada superior

para sanar o problema (GOOGLE, 2022).

Esta plataforma da *Google* também conta com uma versão paga que contém outras especificações que pode ser inclusive utilizada no setor industrial uma vez que se tem a garantia de que seus dados estão seguros pelos servidores da *Google*.

Outras grandes empresas também estão investindo nesse novo mercado, como por exemplo a *Amazon* com o *Amazon Web Service (AWS)*. Similar à plataforma da *Google*, a *Amazon* oferece tanto uma versão gratuita quanto uma versão paga de serviços prestados com uma proposta de serviços de IoT abrangente e segura, além de uma interação entre IoT e Inteligência Artificial (IA) (AMAZON, 2022).

4 PROJETO PROPOSTO: CONTROLE LIGA/DESLIGA E MEDIÇÃO DE CORRENTE/POTÊNCIA REMOTO

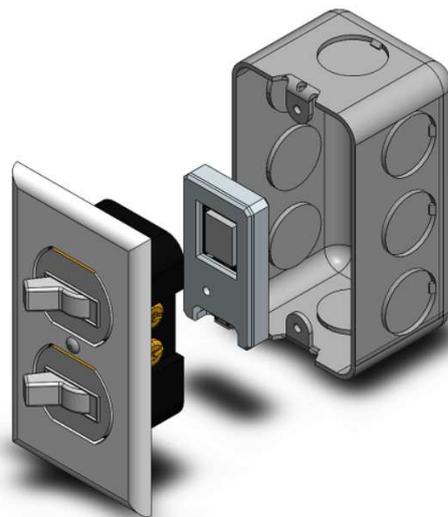
O projeto em si, é o desenvolvimento de um protótipo acompanhado por um aplicativo, para atuar como uma interface gráfica para o usuário utilizar ao máximo todas as funções disponibilizadas pelo protótipo.

4.1 PROTÓTIPO

O protótipo proposto é composto por uma placa de circuito impresso, que contém todos os componentes responsáveis pelo funcionamento do dispositivo. Esse protótipo tem tamanho pequeno de 30 cm², para ser colocado num lugar estratégico entre o interruptor e os cabos. O protótipo será o centro de controle que atuará como ponte entre o cliente e o sistema elétrico da residência.

Para conexão ele suporta até dois circuitos de potência com a capacidade de até 10 ampères, e dois circuitos de comando para acionar os relés manualmente em caso de interruptor.

Figura 3 – Localização do protótipo.



4.1.1 Principais funções

O dispositivo tem como principal função o acionamento elétrico, podendo ser tanto de tomada quanto de lâmpadas. Esse acionamento é feito via comando pelo aplicativo, ou também manualmente através do interruptor caso seja lâmpada.

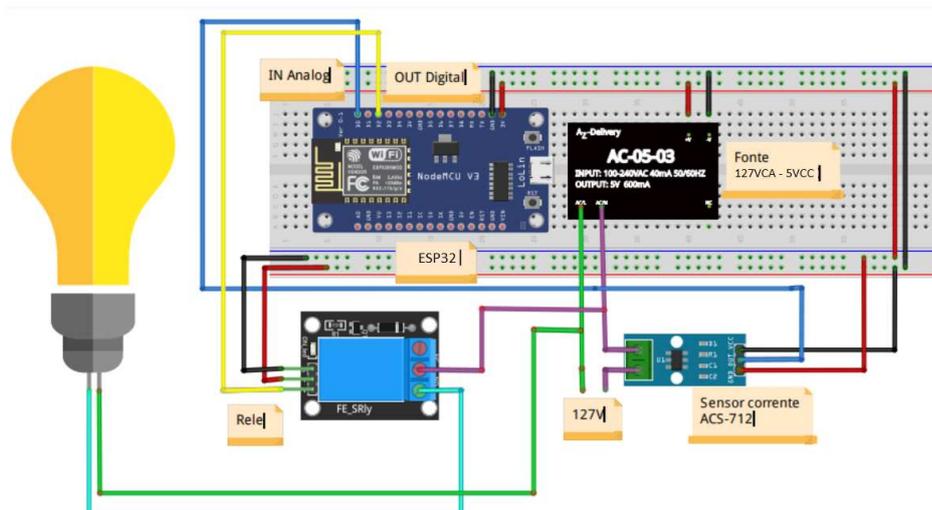
Para fazer esse comando via aplicativo, tanto o celular quanto o protótipo precisam estar conectados em alguma rede Wi-Fi. Para o acionamento manual, nenhum dos equipamentos precisa estar conectado na internet.

Outra função muito importante do protótipo é o monitoramento de corrente elétrica, que possibilita o cliente visualizar aproximadamente a quantidade de energia elétrica consumida. Através dessa função, o usuário pode verificar quais áreas da casa ou equipamentos estão consumindo mais e, com isso, fazer um plano para economizar energia.

4.2 COMPOSIÇÃO DA PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO

A placa de circuito impresso será composta pelo microcontrolador ESP32, com todos os complementos do módulo de desenvolvimento, dois relés, dois sensores de correntes e LEDs.

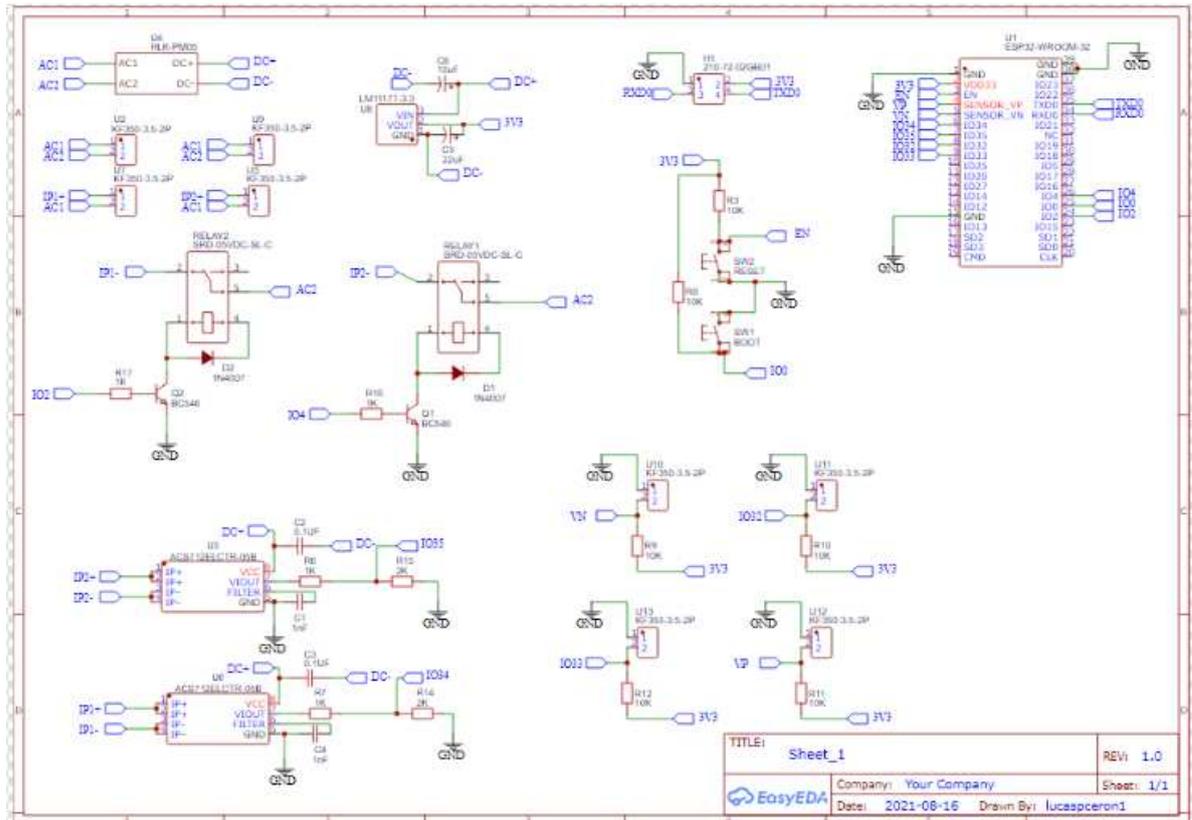
Figura 4 – Componentes da placa.



4.2.1 Software

Com a proposta de uma interface simples e uma plataforma onde mais de uma pessoa pode trabalhar ao mesmo tempo em um projeto, foi utilizado o software *EasyEDA* para desenvolver tanto o circuito deste projeto como também a PCI.

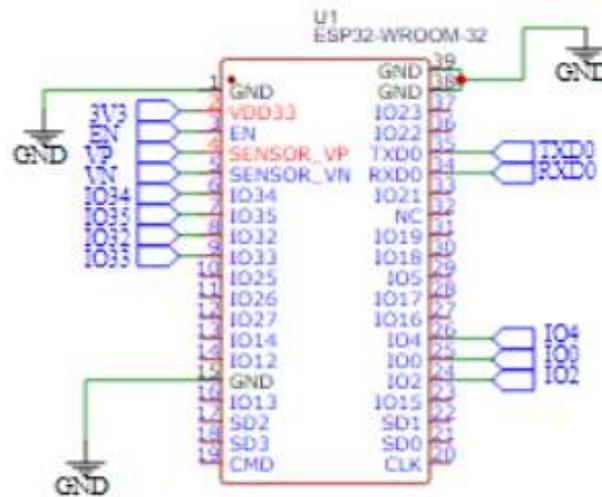
Figura 5 – Circuito eletrônico do projeto.



4.2.2 Microcontrolador

O microcontrolador selecionado foi o ESP32, pois ele tem capacidade de sobra para executar todas as funcionalidades propostas, inclusive é compatível para futuras funcionalidades como: suporte a comando de voz, Alexa, entre outros. O microcontrolador funcionará como cérebro para unir as informações dos sensores, comunicar via Wi-Fi com a central de dados na nuvem, e acionar os relés.

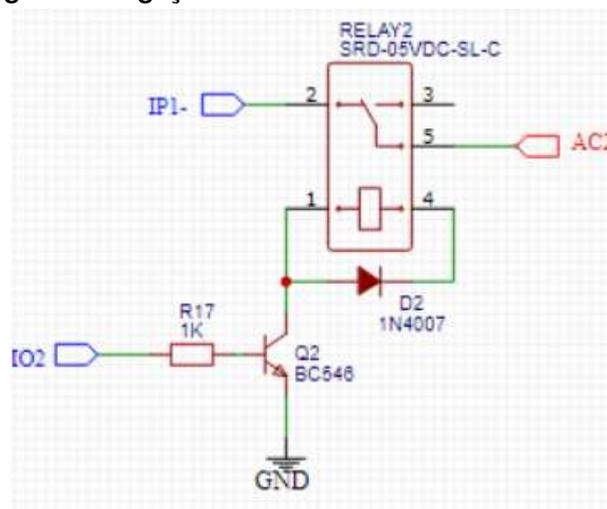
Figura 6 – Ligação do microcontrolador.



4.2.3 Relés

Como a tensão da saída do controlador é muito menor que a tensão das residências, o microcontrolador não pode acionar a lâmpada por si só, para resolver esse problema, o acionamento será de forma indireta, com o microcontrolador enviando sinal para um relé, que por sua vez irá trocar o estado dos contatos do secundário e acionar as lâmpadas e tomadas conectadas a ele.

Figura 7 – Ligação do relé.

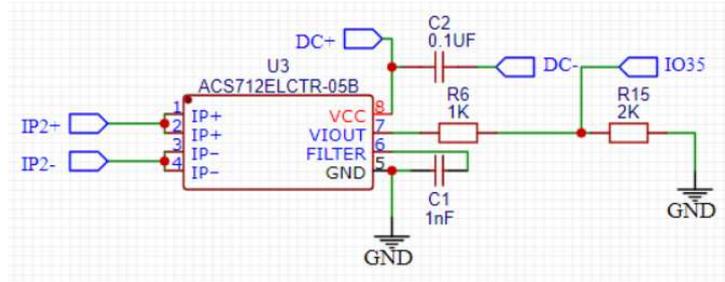


4.2.4 Sensor de Corrente

O sensor de corrente utilizado no circuito é o ACS712ELCTR-05B. O mesmo é alimentado por uma tensão contínua de 5 V e conta com uma saída analógica que é

conectada ao ESP para realizar a leitura e processar os dados obtidos. Esse sensor possui 3 modelos que variam a corrente entre 5 A, 20 A e 30 A. Para o estudo em questão o modelo foi utilizado o de 5 A. A Figura 8 apresenta a implementação do sensor de corrente no circuito.

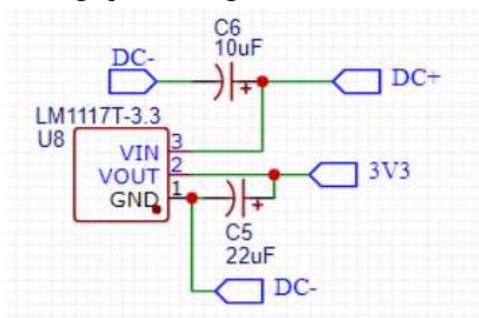
Figura 8 – Ligação do sensor de corrente.



4.2.5 Regulador de Tensão

Ao desenvolver o circuito, notou-se que para alimentar os sensores de corrente era necessário uma tensão contínua de 5 V e para alimentar o ESP a tensão teria que ser de 3.3 V. Para resolver esse problema foi utilizado um regulador de tensão, o LM1117 o qual reduz a tensão de entrada fornecida pela fonte de 5 V para 3.3 V habilitando assim o funcionamento do ESP. A Figura 9 com a implementação do regulador no circuito.

Figura 9 – Ligação do regulador de tensão.



4.2.6 Placa de Circuito Impresso

Com a ideia de desenvolver um protótipo destinado à comercialização, surgiu a necessidade de desenvolver uma Placa de Circuito Impresso (PCI).

Para determinar o tamanho da placa foi utilizado como base a caixa de passagem padrão 4x2 a qual mede 4.7 cm de profundidade, 7 cm de largura e 10.8 cm de

comprimento. A partir desses valores foi possível determinar as medidas da placa a ser desenvolvida, tais valores foram 50 mm de largura e 60 mm de comprimento.

Por se tratar de um circuito relativamente grande e com um espaço limitado, optou-se por utilizar uma placa dupla face.

Com a placa pronta, foi utilizada uma ferramenta do próprio aplicativo que apresenta o projeto em uma visualização 3D para que se tenha uma melhor ideia de como ficará o circuito uma vez impresso e com os componentes instalados. A Figura 10 e a Figura 11 apresenta o modelo 3D da PCI desenvolvida.

Figura 10 – Placa de circuito impresso (vista superior).

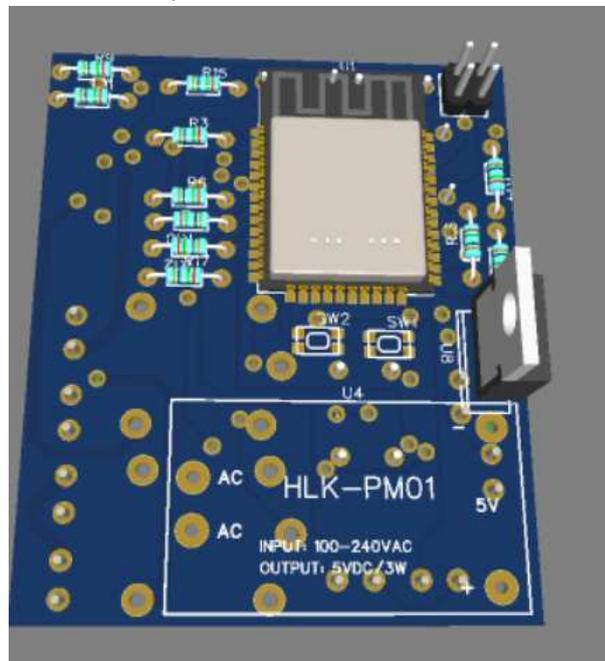
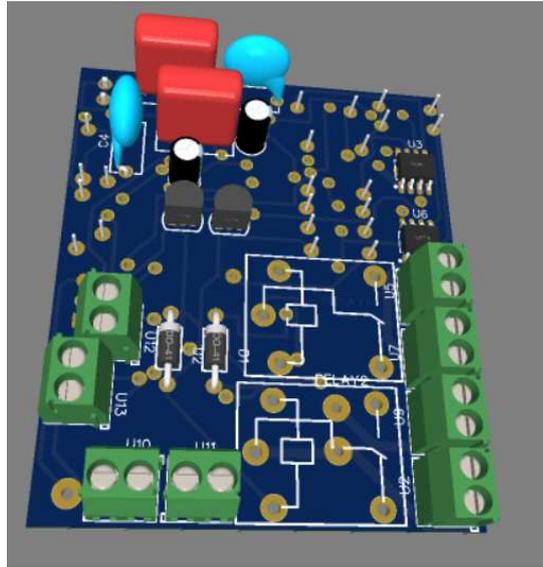


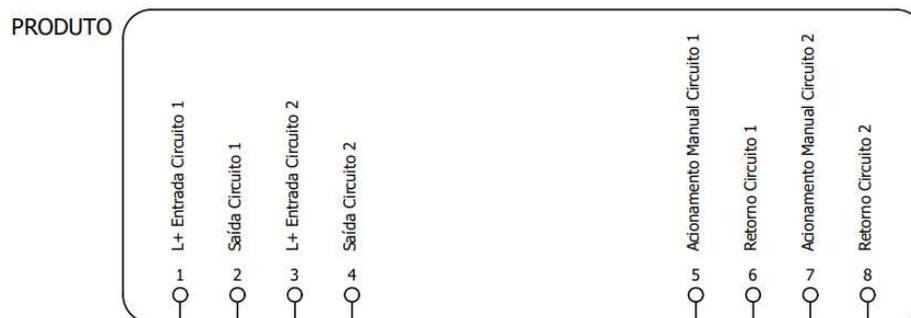
Figura 11 – Placa de circuito impresso (vista inferior).



4.2.7 Pinagens

Uma vez que a PCI foi finalizada será dado início a montagem do protótipo final. A ideia é de que o mesmo possua oito entradas uma vez que o microcontrolador suporta dois circuitos independentes. A Figura 12 ilustra um esboço do projeto com a descrição das pinagens.

Figura 12 – Pinagem do dispositivo.



4.3 APLICATIVO

Foi desenvolvido um aplicativo para o sistema operacional *android*, que deve ser utilizado junto ao protótipo para atender todas as funções citadas anteriormente. Nesse aplicativo o usuário consegue visualizar as informações e realizar comandos

como ligar ou desligar uma lâmpada ou uma tomada. Para visualizar as informações de consumo, gráficos e histórico de informações, foi utilizada uma plataforma chamada *Firebase*. A Figura 13 ilustra a tela inicial do aplicativo.

Figura 13 – Tela do aplicativo.



4.3.1 Firebase

O *Firebase* é uma plataforma do *Google*, que contém diversas ferramentas para o funcionamento correto do sistema. Ele é responsável pela comunicação do dispositivo com o aplicativo, agindo como uma ponte de informações. Ele também funciona como um banco de dados armazenando as informações dos sensores e do

estado dos relés.

5 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA E RESULTADOS

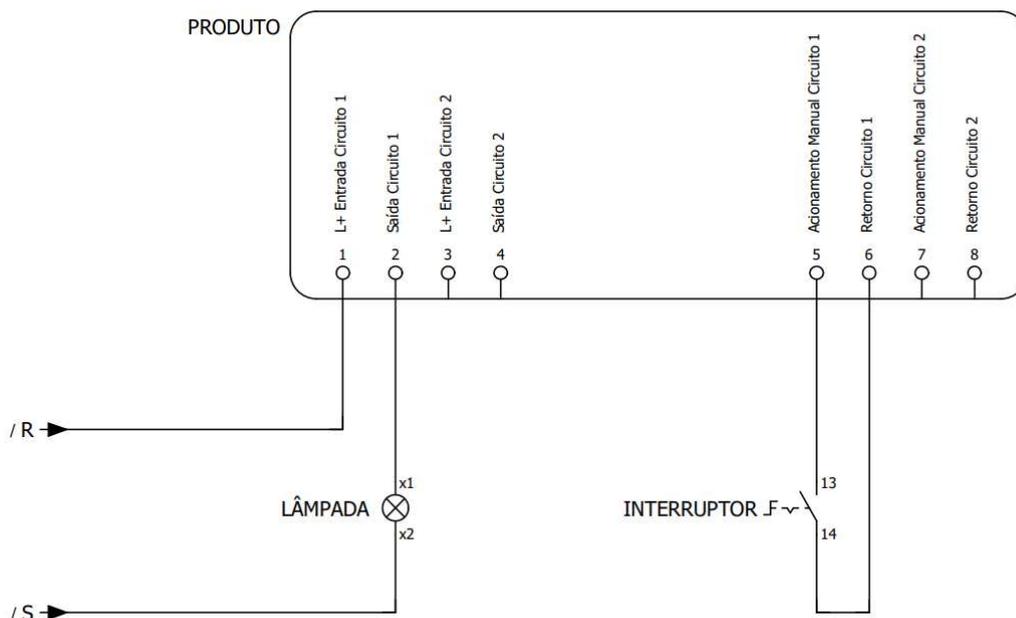
5.1 INSTALAÇÃO

O protótipo, como comentado anteriormente, deverá ser posicionado dentro na parede, localizado no interior da caixa do interruptor, entre a caixa e o interruptor (para lâmpadas), ou entre a caixa e as tomadas, para Tomada de Uso Geral (TUG).

5.1.1 Fiação

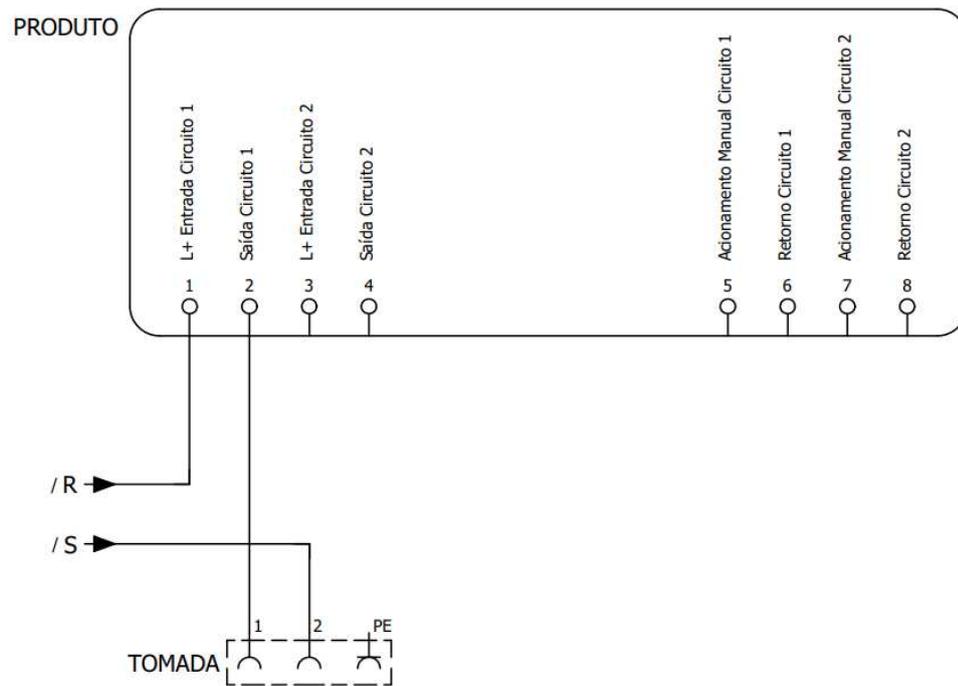
As ligações deverão seguir o mesmo princípio de uma ligação de uma tomada ou interruptor convencional, porém com algumas mudanças. O dispositivo suporta dois circuitos independentes, podendo ser interruptor, tomada ou uma mistura dos dois. Para um acionamento de lâmpada, a ligação deverá ser a seguinte: Um dos condutores entra pelo pino 1 (L+ Entrada do circuito) do dispositivo, e o pino 2 (L+ Saída do circuito) vai conectado na lâmpada, e a outra fase conectada normalmente na lâmpada. Os pinos de comando (pino 5 e pino 6) vão conectados em cada um dos lados do interruptor para acionamento manual. A ligação fica na forma mostrada na Figura 14:

Figura 14 – Ligação protótipo - Lâmpada.



Para ligar em uma tomada, basta ligar uma fase do circuito no pino 1 e sair um fio do pino 2 para a tomada, e a outra fase diretamente na tomada de acordo com a ligação apresentada na Figura 15.

Figura 15 – Ligação protótipo - Tomada.



5.2 CONFIGURAÇÃO INICIAL

Após instalar todos os dispositivos na residência, o protótipo está pronto para ser configurado. Precisa-se fazer o mapeamento dos dispositivos, para saber o local que cada um está localizado.

Em sequência, deverá definir os usuários capazes de controlar os dispositivos, esses usuários terão permissões a mais que qualquer outro usuário que seja cadastrado posteriormente.

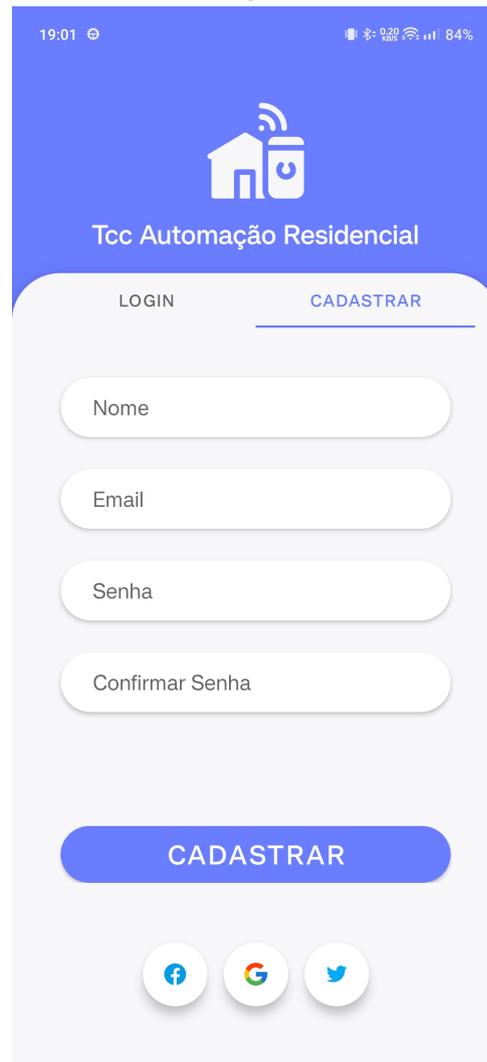
Esses processos serão feitos pela equipe de instalação. Após concluir esses passos, os dispositivos já estão prontos para uso.

5.3 INTERFACE COM USUÁRIO

Como descrito anteriormente, para que o usuário interaja e aproveite o máximo do protótipo, foi desenvolvido um aplicativo utilizando o *Android Studio* em linguagem *java*. Esse aplicativo tem todas as ferramentas necessárias para o acionamento de lâmpadas, de tomadas e visualização de consumo. Além disso, já é possível visualizar as áreas mapeadas anteriormente.

5.3.1 Login

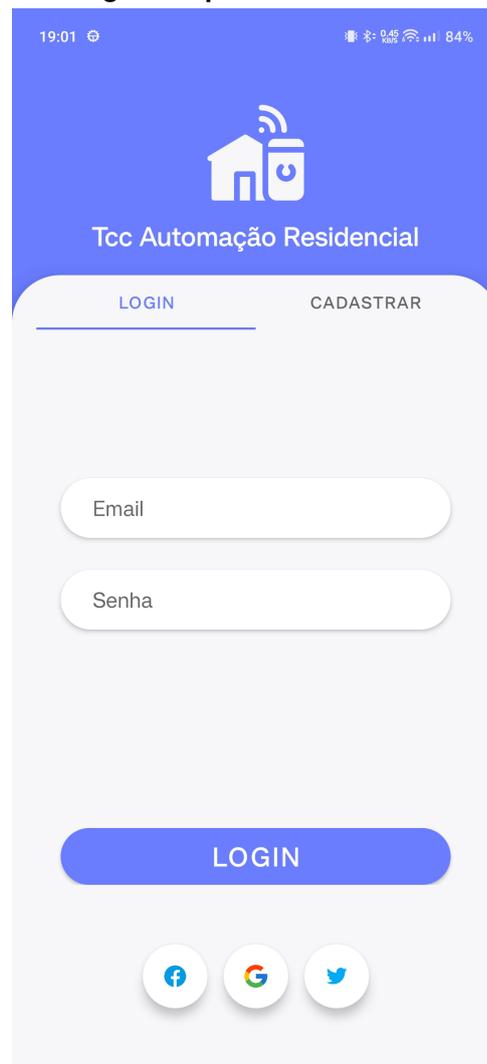
A Figura 16 mostra o cadastro no aplicativo, onde o usuário possui duas opções, cadastro e login, possibilitando cadastrar por 3 formas distintas: Facebook, Google ou e-mail.

Figura 16 – Cadastro no aplicativo.

The image shows a mobile application interface for registration. At the top, there is a blue header with a white icon of a house and a Wi-Fi signal. Below the icon, the text "Tcc Automação Residencial" is displayed. Underneath the header, there are two tabs: "LOGIN" and "CADASTRAR", with "CADASTRAR" being the active tab. Below the tabs, there are four rounded rectangular input fields labeled "Nome", "Email", "Senha", and "Confirmar Senha". At the bottom of the form, there is a large blue button with the text "CADASTRAR" in white. Below the button, there are three circular icons for social media: Facebook, Google, and Twitter.

Após o cadastro, as informações de login do usuário serão enviadas para nuvem onde apenas a fabricante terá acesso utilizando a ferramenta *Auth* do *Firebase*.

Para fazer login basta clicar no respectivo ícone da tela, ou preencher os campos para realizar o login via e-mail, conforme apresentado na Figura 17.

Figura 17 – Login no aplicativo.

5.3.1.1 Ferramenta *Auth*

Para possibilitar a segurança dos dados conectados na internet, o *Firestore* possui uma ferramenta chamada de *Auth*, que é uma poderosa ferramenta para realizar a autenticação do usuário.

No aplicativo, foi utilizada essa ferramenta como um sistema de login, para garantir a segurança que apenas usuários cadastrados consigam utilizar as funções de comandos na residência.

Além disso, para liberar acesso total, o administrador precisa aceitar o cadastro no *Auth* do *Firestore*, para que ele possa utilizar as funções do aplicativo sem limitação.

5.3.2 Menu Inicial do Aplicativo

Na tela mostrada na Figura 18 encontram-se algumas informações resumidas, como número de lâmpadas, tomadas e dispositivos ligados, consumo atual, consumo mensal e todas as áreas da casa. É possível retornar para a tela de *login* realizando o *logout*.

Figura 18 – Menu inicial do aplicativo.

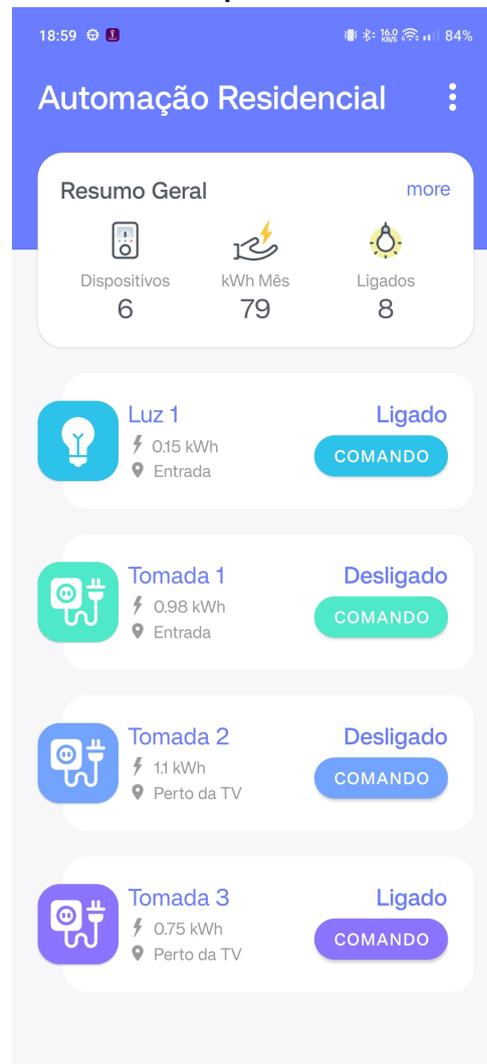


Pode-se observar que o usuário consegue visualizar de modo geral sua residência toda, e a partir desse menu consegue selecionar de modo específico se quer visualizar uma área, ver um gráfico entre outras opções.

5.3.3 Menu de Área

Ao selecionar uma área no menu anterior, o usuário é levado para tela de Área, mostrada na Figura 19, na qual ele consegue visualizar as mesmas informações porém da área selecionada, e também consegue ligar ou desligar os dispositivos daquela área. Também é possível visualizar o gráfico de consumo da área, selecionando o período.

Figura 19 – Menu área aplicativo.



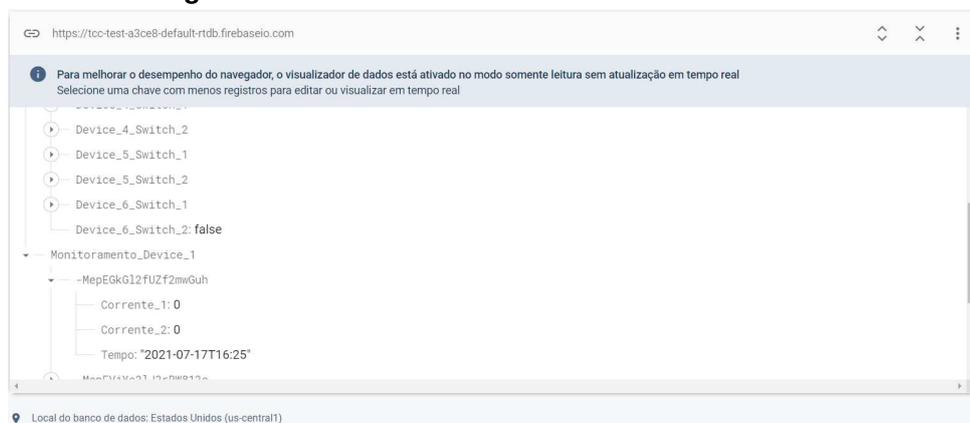
Observa-se que nesse menu o usuário tem uma informação mais detalhada do dispositivo podendo visualizar o consumo em kWh naquele momento. Para controlar os comandos, o status dos objetos e as informações de consumo ficam armazenadas num banco de dados, que é mais uma ferramenta do *Firestore* chamada *Real Time Database*.

5.3.3.1 Ferramenta Realtime Database

A maioria das funcionalidades estão armazenadas na nuvem, e o serviço de nuvem utilizado foi o *Realtime Database* do *Firebase*, que atua como um banco de dados que possui todos os estados de acionamento e todas as informações do monitoramento de corrente.

Os comandos de acionamento pelo aplicativo alteram variáveis que controlam o estado da carga, podendo desligar e ligar cada relé.

Figura 20 – Banco de dados.



5.3.4 Gráfico

Uma grande ferramenta disponível a visualização dos dados em forma de gráfico, possibilitando observar o consumo de energia em alguma área, dispositivo ou casa inteira dentro de um determinado período. Como exemplo foi utilizado um dispositivo para visualizar uma lâmpada led de 15 W e um ventilador de 125 W durante determinado período. Esse gráfico da Figura 21 ilustra um período de 7 horas atualizado a cada hora.

Para ilustrar melhor os dados, foi elaborada a Tabela 1 com todas as informações desse gráfico.

Figura 21 – Gráfico do aplicativo.

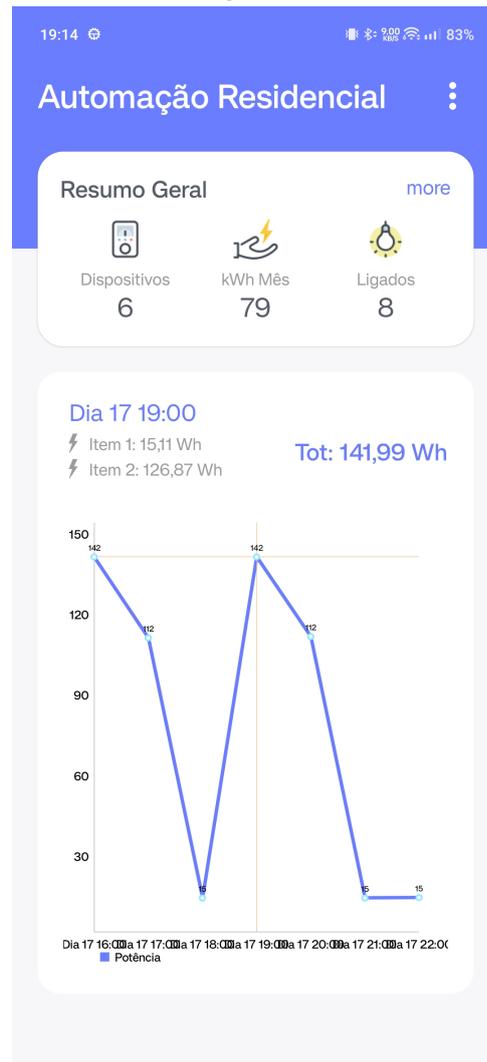


Tabela 1 – Dados do gráfico.

Horário	Corrente Lâmpada (A)	Corrente Ventilador (A)	Consumo Lâmpada (Wh)	Consumo Ventilador (Wh)
16:25	0,120	1,006	15,11	126,75
17:25	0,119	0,768	14,99	96,77
18:25	0,119	0,000	14,99	0
19:25	0,120	1,007	15,11	126,87
20:25	0,120	0,771	15,11	97,15
21:25	0,119	0,000	14,99	0
22:25	0,120	0,000	15,11	0
TOTAL	-	-	105,41	447,54

6 VIABILIDADE ECONÔMICA DO PROJETO

O setor de *Smart Homes* vem crescendo de forma expressiva no Brasil. De acordo com a Aureside (Associação Brasileira de Automação Residencial e Predial) em 2015 aproximadamente 300 mil residências no país tinham algum tipo de automatização o que representava cerca de 0,5% de todas as residências do Brasil. Atualmente mais de 5% das casas do país já são automatizadas e a estimativa que segue é que daqui 5 anos cerca de 12% já serão automatizadas (CARMEN, 2020; AURESIDE, 2020).

Além do Brasil, o mercado de *Smart Homes* vem crescendo da mesma forma ao redor do mundo, com base nos dados obtidos através de uma pesquisa realizada pelo site Statista, cerca de 258 milhões de residências no mundo, o que representa aproximadamente 12%, já são automatizadas e a previsão é de que esse número ultrapasse os 350 milhões até o ano de 2023.

Com todo este desenvolvimento, esse setor já gerou por volta de 100 bilhões de dólares em todo o mundo no ano de 2021. Países como os Estados Unidos e China que são os líderes do setor movimentaram cerca de 25 bilhões de dólares.

Em 2020 no Brasil, o setor de *Smart Homes* gerou por volta de 1,1 bilhão de dólares, um valor ainda não muito expressivo se comparado com outras regiões mas que tende a aumentar segundo as projeções para 3,1 bilhões de dólares para 2025.

6.1 PÚBLICO-ALVO E EXPECTATIVA DE ACEITAÇÃO

Hoje no mercado já existem diversos tipos de automatização que abrangem desde conforto e comodidade como também segurança e acessibilidade. Com toda a essa variedade de produtos o mercado busca atender um público alvo diversificado variando entre jovens e adultos que buscam um conforto maior e segurança em sua residência ou que estão à procura de praticidade para se obter mais tempo livre para poder se dedicar a outros projetos. Além disso a automatização também visa atender pessoas idosas e deficientes que precisam de um projeto exclusivo que atenda a suas necessidades.

Pesquisas foram realizadas para tentar determinar o público alvo desse pro-

duto. De acordo com um estudo realizado pelo site *Esource*, pessoas entre 18 a 34 anos que convivem em família e faturam de 25 mil dólares a 75 mil dólares são mais suscetíveis a obter uma automatização residencial.

Tal público busca a automatização residencial visando um aumento na segurança, redução no consumo de energia e redução de gastos relacionados ao aprimoramento do sistema com os dados obtidos com a automatização.

6.2 CUSTOS DA SOLUÇÃO

Com o projeto finalizado, foi realizada uma pesquisa de preço no Brasil e no exterior dos componentes para determinar o custo médio de um circuito pronto e determinar onde a produção seria mais viável.

Foi realizado um comparativo de preço entre a China e o Brasil, o resultado dessa pesquisa segue na Tabela 2 e na Tabela 3 de valores dos componentes.

Comparando os valores obtidos na pesquisa entre os preços na China e no Brasil, pode-se concluir que devido ao alto valor de frete dos componentes chineses a produção do circuito em pequenas quantidades se torna mais rentável no Brasil, essa premissa já não é mais verdadeira quando o número de circuitos aumenta. A partir de 10 unidades o protótipo produzido na China já se torna duas vezes mais barato do que no Brasil e a diferença de preço só aumenta conforme o número de circuitos cresce.

Hoje no mercado existem vários modelos de automação aplicada em residência. A *Controllar*, por exemplo, é uma empresa especializada que realiza o serviço de automação de acordo com o desejo do cliente e também existem aqueles entusiastas de tecnologia que optam por automatizar por conta própria ambientes por meio de pequenos circuitos que são integrados ou que substituem tomadas e interruptores.

Uma vez que um projeto feito por uma empresa pode variar muito de valor conforme as especificações é difícil precificar esse tipo de serviço. Segundo a *Aureside*, para realizar hoje no Brasil um projeto junto de uma empresa de automação o valor mínimo a ser investido é de R\$6000, podendo aumentar drasticamente o valor conforme o tipo de projeto que o cliente solicitar (CARMEN, 2020; AURESIDE, 2020).

Já os pequenos circuitos que são facilmente encontrados em sites na internet, feitos para automatizar ambientes tem um preço médio de 200 reais.

Tabela 2 – Dados mais recentes em Reais (R\$) (Ali express).

Qntd	Qntd Lote	Material	Preço Lote (R\$)	Frete	1 Placa	10 Placas	100 Placas
1	1	ESP32-WROOM-32	R\$ 12,65	R\$ 22,49	R\$ 12,65	R\$ 126,50	R\$ 1.265,00
2	50	BOTÃO	R\$ 3,43	R\$ 25,92	R\$ 3,43	R\$ 3,43	R\$ 13,60
2	100	DIODO 1N4007	R\$ 2,41	R\$ 23,88	R\$ 2,41	R\$ 2,41	R\$ 4,80
1	5	CONV DE CORRENTE HLK-5M05	R\$ 80,77	R\$ 29,98	R\$ 80,77	R\$ 161,50	R\$ 1.615,00
1	10	LM1117T-3.3	R\$ 22,94	R\$ 0,00	R\$ 22,94	R\$ 22,90	R\$ 229,00
2	10	SENSOR DE CORRENTE ACS712	R\$ 47,41	R\$ 28,41	R\$ 47,41	R\$ 94,80	R\$ 948,00
2	100	CAPACITOR CERAMICO 1000pF	R\$ 3,35	R\$ 22,83	R\$ 3,35	R\$ 3,35	R\$ 6,70
2	100	CAPACITOR CERAMICO 100nF	R\$ 3,35	R\$ 22,83	R\$ 3,35	R\$ 3,35	R\$ 6,70
4	100	RESISTOR 1K	R\$ 2,59	R\$ 22,83	R\$ 2,59	R\$ 2,59	R\$ 10,36
2	100	RESISTOR 2K	R\$ 2,59	R\$ 22,83	R\$ 2,59	R\$ 2,59	R\$ 5,18
6	100	RESISTOR 10K	R\$ 2,59	R\$ 22,83	R\$ 2,59	R\$ 2,59	R\$ 15,54
1	50	CAPACITOR 22uF	R\$ 8,47	R\$ 25,10	R\$ 8,47	R\$ 8,47	R\$ 16,94
1	50	CAPACITOR 10uF	R\$ 7,29	R\$ 25,10	R\$ 7,29	R\$ 7,29	R\$ 14,58
8	10	CONECTOR	R\$ 5,94	R\$ 25,10	R\$ 5,94	R\$ 47,52	R\$ 475,20
2	100	BC546	R\$ 5,88	R\$ 21,38	R\$ 5,88	R\$ 5,88	R\$ 11,76
2	1	RELÉ SRD 05VDC-SL-C	R\$ 2,29	R\$ 28,41	R\$ 4,58	R\$ 45,80	R\$ 458,00
1	5	PCB	R\$ 11,10	R\$ 53,00	R\$ 11,10	R\$ 22,20	R\$ 222,00
-	-	TOTAL	-	R\$ 306,50	R\$ 533,84	R\$ 869,67	R\$ 5.624,86

6.3 CUSTO DE INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO

Tanto o custo de instalação quando o de manutenção ainda são difíceis de se estimar uma vez que o projeto ainda está em fase inicial, entretanto já foram desenvolvidas as ideias de como proceder cada fase.

O protótipo deste estudo conta com uma parte de *hardware* e uma parte de *software*, sendo assim caso o cliente opte por automatizar um ambiente haverá um custo de instalação referente à parte de *hardware* uma vez que esse é um serviço que demanda conhecimentos básicos de instalações elétricas.

Tabela 3 – Dados mais recentes em Reais (R\$) (Brasil).

Qntd	Qntd Lote	Material	Preço Lote (R\$)	Frete	1 Placa	10 Placas	100 Placas
1	1	ESP32-WROOM-32	R\$ 35,74	R\$ 0,00	R\$ 35,74	R\$ 357,40	R\$ 3.574,00
2	10	BOTÃO	R\$ 9,99	R\$ 0,00	R\$ 9,99	R\$ 19,80	R\$ 198,00
2	100	DIODO 1N4007	R\$ 18,15	R\$ 0,00	R\$ 18,15	R\$ 18,15	R\$ 36,30
1	1	CONV DE CORRENTE HLK-5M05	R\$ 49,90	R\$ 0,00	R\$ 49,90	R\$ 499,00	R\$ 4.990,00
1	5	LM1117T-3.3	R\$ 29,90	R\$ 0,00	R\$ 29,90	R\$ 59,80	R\$ 598,00
2	5	SENSOR DE CORRENTE ACS712	R\$ 118,99	R\$ 0,00	R\$ 118,99	R\$ 475,96	R\$ 4.759,60
2	1	CAPACITOR CERAMICO 1000pF	R\$ 0,11	R\$ 0,00	R\$ 0,22	R\$ 2,20	R\$ 22,00
2	1	CAPACITOR CERAMICO 100nF	R\$ 0,14	R\$ 0,00	R\$ 0,28	R\$ 2,80	R\$ 28,00
4	1	RESISTOR 1K	R\$ 0,42	R\$ 0,00	R\$ 1,68	R\$ 16,80	R\$ 168,00
2	1	RESISTOR 2K	R\$ 0,42	R\$ 0,00	R\$ 0,84	R\$ 8,40	R\$ 84,00
6	1	RESISTOR 10K	R\$ 0,42	R\$ 0,00	R\$ 2,52	R\$ 25,20	R\$ 252,00
1	1	CAPACITOR 22uF	R\$ 0,12	R\$ 0,00	R\$ 0,12	R\$ 1,20	R\$ 12,00
1	1	CAPACITOR 10uF	R\$ 0,18	R\$ 0,00	R\$ 0,18	R\$ 1,80	R\$ 18,00
8		CONECTOR					
2	1	BC546	R\$ 0,26	R\$ 0,00	R\$ 0,52	R\$ 5,20	R\$ 52,00
2	1	RELÉ SRD-05VDC-SL-C	R\$ 4,25	R\$ 0,00	R\$ 8,50	R\$ 85,00	R\$ 850,00
1	5	PCB	R\$ 11,10	R\$ 53,00	R\$ 11,10	R\$ 22,20	R\$ 222,00
-	-	TOTAL	-	R\$ 53,00	R\$ 330,53	R\$ 1.631,71	R\$ 15.694,90

Já os custos de manutenção serão cobrados a partir do *software* que no caso é o aplicativo desenvolvido. A ideia é de que o aplicativo teria uma versão limitada gratuita com apenas as ferramentas básicas do pacote e de uma versão com todas as ferramentas disponíveis por um preço fixo por mês.

7 CONCLUSÕES

A proposta inicial desta pesquisa foi de desenvolver todo um projeto desde o circuito até o aplicativo visando uma solução de baixo custo e com uma novas tecnologias de automação residencial. Devido às dimensões do projeto e recursos limitados alguns problemas foram observados.

Uma das dificuldades observadas foi o desenvolvimento da placa de circuito impresso. Nessa parte o problema principal foi que o circuito proposto era complexo e relativamente grande enquanto o espaço físico para desenvolver a PCI era pequeno o que gerou um circuito muito poluído de trilhas e de difícil manutenção.

Como não foi montado o circuito completo em uma placa impressa, os testes realizados foram feitos em uma protoboard, onde mesmo funcionando de acordo com o projetado, o fato de não ter o circuito completo limita os testes de espaço como, por exemplo a instalação do circuito na rede, além de também não testar o funcionamento da placa impressa.

Junto com os testes de circuito foram feitos os testes no aplicativo o qual obteve um resultado satisfatório com algumas ressalvas para bugs encontrados e espaço para melhorias no *design* e usabilidade.

Outro ponto importante é que com base no estudo de viabilidade foi possível concluir que o projeto se torna financeiramente atrativo quando produzido em larga escala uma vez que se consegue importar produtos em grandes quantidades e com um preço melhor da China.

Porém, mesmo com os valores menores, o preço ainda é similar ao do produto encontrado atualmente no Brasil. Isso é um problema, uma vez que o valor encontrado dos produtos hoje no mercado é o valor final, o que significa que já foi incluído no mesmo o valor da mão de obra e também a margem de lucro.

Em relação à proposta desse trabalho, pode-se concluir que mesmo não conseguindo desenvolver um produto de preço equiparável ou inferior às demais soluções encontradas no mercado hoje, foi possível desenvolver uma nova tecnologia, o que abre portas a novos produtos de automação mais completos.

Importante ressaltar também que o microcontrolador utilizado não foi amplamente explorado, o que abre margem para estudos futuros em busca de uma outra

ferramenta que possa auxiliar no desenvolvimento da área de automação residencial. De qualquer forma, mesmo não atendendo as expectativas em relação ao custo, os resultados obtidos do circuito foram satisfatórios.

REFERÊNCIAS

AMAZON. **Amazon Nuvem AWS**. 2022. AWS Amazon, Site. Disponível em: <<https://aws.amazon.com/pt/free/iot/>>. Acesso em: 06/05/2023. Citado na página 22.

ARDUINO. **Arduino**. 2020. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/>>. Acesso em: 15/05/2023. Citado na página 19.

AURESIDE. **A Automação Residencial alavanca a demanda por eficiencia**. 2020. Aureside, Site. Disponível em: <<http://www.aureside.org.br/noticias/a-automacao-residencial-alavanca-a-demanda-por-eficiencia>>. Acesso em: 10/05/2023. Citado 2 vezes nas páginas 41 e 42.

CARMEN, Gabriela Del. **Smart Home: 10 tecnologias essenciais para deixar a sua casa mais inteligente**. 2020. Forbes, Site. Disponível em: <<https://forbes.com.br/forbes-tech/2021/08/smart-home-10-tecnologias-essenciais-para-deixar-a-sua-casa-mais-inteligente/>>. Acesso em: 15/05/2023. Citado 2 vezes nas páginas 41 e 42.

ESPRESSIF. **Espressif**. 2016. Disponível em: <<https://www.espressif.com/en>>. Acesso em: 05/05/2023. Citado na página 18.

GOOGLE. **Preço Firebase**. 2022. Firebase, Site. Disponível em: <<https://firebase.google.com/pricing>>. Acesso em: 10/05/2023. Citado na página 22.

INTELIGENTE, Positivo Casa. **A história da automação residencial**. 2020. Site. Disponível em: <<https://blog.positivocasainteligente.com.br/historia-automacao-residencial>>. Acesso em: 10/05/2023. Citado na página 13.

PACETE, Luiz Gustavo. **Montar uma casa inteligente**. 2022. Forbes, Site. Disponível em: <<https://forbes.com.br/forbes-tech/2022/03/quanto-custa-montar-uma-casa-inteligente-no-brasil/#foto2>>. Acesso em: 05/05/2023. Citado na página 13.

SANTOS, Gilmara. **Investimento em casa inteligente é alto, mas compensa a médio prazo**. 2018. Site. Disponí-

vel em: <<https://www1.folha.uol.com.br/sobretudo/morar/2018/12/1984870-investimento-em-casa-inteligente-e-alto-mas-compensa-a-medio-prazo.shtml>>. Acesso em: 10/05/2023. Citado na página 13.