

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - UFPB
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

RAFAEL NUNES BEZERRA DIAS

CONTROLE RESIDENCIAL

Um estudo sobre a implantação de um sistema economicamente inclusivo

JOÃO PESSOA – PB

2019

RAFAEL NUNES BEZERRA DIAS

CONTROLE RESIDENCIAL

Um estudo sobre a implantação de um sistema economicamente inclusivo

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação pela Universidade Federal da Paraíba.

Orientador: Prof. Dr. Hamilton Soares da Silva.

JOÃO PESSOA – PB

2019

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

D541c Dias, Rafael Nunes Bezerra.

Controle Residencial: Um estudo sobre a implantação de um sistema economicamente inclusivo / Rafael Nunes Bezerra Dias. - João Pessoa, 2019.

103 f. : il.

Orientação: Hamilton Soares da Silva.
Monografia (Graduação) - UFPB/CI.

1. Controle Residencial. 2. Sistema Embarcado. 3. Automação Residencial. 4. Análise de Viabilidade. 5. Modularização de Sistema. I. Silva, Hamilton Soares da. II. Título.

UFPB/CI

RAFAEL NUNES BEZERRA DIAS

CONTROLE RESIDENCIAL

Um estudo sobre a implantação de um sistema economicamente inclusivo

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação pela Universidade Federal da Paraíba.

Orientador: Prof. Dr. Hamilton Soares da Silva.

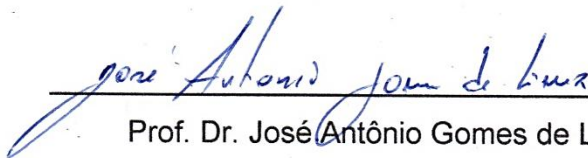
Aprovado em: João Pessoa/PB, 17 / 05 / 2019.

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Hamilton Soares da Silva

(Orientador – Universidade Federal da Paraíba - UFPB)



Prof. Dr. José Antônio Gomes de Lima

(Membro 1 – Universidade Federal da Paraíba - UFPB)



Prof. Dr. Ewerton Monteiro Salvador

(Membro 2 – Universidade Federal da Paraíba - UFPB)

*Dedico este trabalho aos que vieram antes,
aos que permanecem e aos que virão
depois.*

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer à minha família que, não apenas durante esta formação como também em toda a minha trajetória, foi a base de apoio para alcançar os meus objetivos pessoais e acadêmicos. Dando ênfase às mulheres, que sempre foram as que tinham o poder de fazer as coisas acontecerem.

Também gostaria de agradecer a todas as pessoas e lugares que tive a oportunidade de conhecer no decorrer desta formação, desde as amigadas até às paixões da vida, em especial à Laryssa Barbosa por ter sido minha maior companheira por boa parte desse caminho.

Academicamente, agradeço à Universidade Federal da Paraíba pelo ambiente e o aprendizado repassado durante os últimos anos, bem como aos professores que conseguiram desempenhar o seu papel com maestria, onde, dentre eles, devo um agradecimento especial ao professor Hamilton Soares pela oportunidade e disposição para orientação deste trabalho.

Agradeço também à Gabriel Fleig, não só pela dupla dinâmica durante o curso como também pela maioria das correções e os questionamentos abusivos sobre o presente trabalho, assim como agradeço à Itallo Alexsander, Kelvin Willians e Rafael Duarte por formarem o esquadrão de última hora para tradução do resumo e, conseqüentemente, a escrita do *abstract* deste trabalho.

Óbvio que não poderia deixar de agradecer a todos os leitores que, porventura, utilizem deste trabalho na construção dos seus conhecimentos, contribuindo com a ciência e transformando o mundo em um lugar melhor.

E, antes que me esqueça, gostaria de agradecer a todos os meus amigos que contribuíram direta ou indiretamente com o meu crescimento pessoal e acadêmico nesta caminhada, em especial àqueles que se enquadram em uma escala de Valfredo à Vicente, seja lá o que isso signifique. E mais especial ainda àqueles com quem já tive a honra ou ainda terei de comparecerem aos meus churrascos, inclusive em 2029.

E por último, e com toda certeza mais importante, agradeço à minha mãe, Maria Edvone, e à minha avó, Ana Lúcia, que seriam os meus primeiros agradecimentos se não tivessem me feito passar uma madrugada inteira buscando as palavras certas para descrevê-las sem sucesso, e que se não fossem por elas eu não teria a oportunidade de agradecer a mais ninguém. Obrigado a todos!

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar um sistema de Controle Residencial proposto pelo autor, que busca o melhor custo-benefício possível no contexto domiciliar brasileiro, tentando encontrar uma solução na área da Automação Residencial. Para isso, foi feita uma análise de viabilidade do sistema proposto por meio de pesquisa de mercado, indicadores de renda familiar, e outros trabalhos de pesquisa científica elaborados no meio acadêmico, para que, ao final, se pudesse fazer um mapeamento da parcela da população brasileira que está em uma situação favorável à implantação do sistema. Com a conclusão dessa análise, a modularização do sistema de Controle Residencial se mostrou uma solução apropriada para contribuir com a inclusão das classes menos favorecidas da sociedade na faixa de viabilidade de implantação. A partir disso, foi elaborado um protótipo para demonstração do sistema proposto, que inclui três tipos de módulos de controle de aparelhos domésticos, e uma aplicação Android para controle desses módulos através de um *smartphone*. Este protótipo contém módulos de controle Chaveado (Liga/Desliga), módulo de controle *Dimmer*, e módulo de controle Infravermelho. Estes módulos podem ser usados em conjunto com aparelhos suportados.

Palavras-chave: Controle Residencial. Sistema Embarcado. Automação Residencial. Análise de Viabilidade. Modularização de Sistema.

ABSTRACT

This undergraduate thesis aims to analyse a Residential Control system proposed by the author, aimed at achieving a cost-effective solution in the context of the Brazilian household in Residential Automation. In order to do that, a viability analysis of the proposed system was performed through market research, Brazilian household income indicators, and other scientific research works elaborated in the academic environment to, finally, allow the mapping of Brazilians that can afford this system. After the analysis, the modularization of the residential control system showed itself as an appropriate solution to help include society's less favored classes in the viability range. Based on that, a prototype was developed to demonstrate how the proposed system works, that includes three types of control modules for domestic appliances, and an Android application to control these modules using a smartphone. This prototype contains an on/off control switch modules, a Dimmer control module, and an Infrared control module. These can be used in conjunction with supported devices.

Keywords: Residential Controlling. Embedded System. Residential Automation. Viability Analysis. System Modularization.

LISTA DE SIGLAS

ABEP - Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa

API - *Application Programming Interface* (Interface de Programação de Aplicações)

BPS - *Bits Per Second* (Bits Por Segundo)

DAO - *Data Access Object* (Objeto de Acesso a Dados)

DIAC - *Diode for Alternating Current* (Diodo para Corrente Alternada)

GII - *Global Innovation Index* (Índice Global de Inovação)

GND - *Graduated Neutral Density Filter* (Filtro Graduado de Densidade Neutra)

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDE - *Integrated Development Environment* (Ambiente de Desenvolvimento Integrado)

IFPB - Instituto Federal da Paraíba

I/O - *Input/Output* (Entrada/Saída)

LED - *Light Emitting Diode* (Diodo emissor de luz)

MVC - *Model-View-Controller* (Modelo-Vista-Controlador)

PWM - *Pulse Width Modulation* (Modulação de Largura de Pulso)

RMS - *Root Mean Square* (Valor Quadrático Médio)

SO - Sistema Operacional

SQL - *Structured Query Language* (Linguagem de Consulta Estruturada)

TCC - Trabalho de Conclusão de Curso

TRIAC - *Triode for Alternating Current* (Triodo para Corrente Alternada)

TV - Televisão

USB - *Universal Serial Bus* (Barramento Serial Universal)

LISTA DE SÍMBOLOS

Hz - *Hertz*

Ω - *Ohm*

% - *Percentual*

R\$ - *Reais*

V - *Volt*

W - *Watt*

LISTA DE IMAGENS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Exemplos de placas com microcontroladores | 26 |
| Figura 2 - Diferença entre as placas do Arduino Uno (acima) e Mega (abaixo)..... | 27 |
| Figura 3 - Abstração na composição do Arduino Mega por um Arduino Uno. | 28 |
| Figura 4 - Estrutura física do Arduino Uno | 29 |
| Figura 5 - Detalhes da IDE do Arduino..... | 30 |
| Figura 6 - Módulo Bluetooth HC-06..... | 31 |
| Figura 7 - Conexão entre o Arduino e o Módulo Bluetooth..... | 32 |
| Figura 8 - Símbolo da plataforma Android..... | 33 |
| Figura 9 - Visualização da IDE Android Studio..... | 35 |
| Figura 10 - Simbologia do componente resistor | 36 |
| Figura 11 - Simbologia do componente diodo | 36 |
| Figura 12 - Simbologia do componente LED | 37 |
| Figura 13 - Simbologia do componente transistor | 38 |
| Figura 14 - Simbologia do componente relé..... | 39 |
| Figura 15 - Simbologia do componente TRIAC | 40 |
| Figura 16 - Simbologia do acoplador óptico 4N25..... | 41 |
| Figura 17 - Simbologia do acoplador óptico MOC3011 | 42 |
| Figura 18 - Número médio de pessoas nos arranjos residentes em domicílios particulares 2005/2015..... | 59 |
| Figura 19 - Planta baixa de residência padrão para 3 moradores | 61 |
| Figura 20 - Diagrama Arquitetural do Sistema de Controle Residencial | 69 |
| Figura 21 - Esquemático do circuito Chaveado (Liga/Desliga) | 75 |
| Figura 22 - Esquemático do circuito Dimmer..... | 77 |

| | |
|---|-----|
| Figura 23 - Exemplos de disparos do TRIAC em diferentes momentos | 78 |
| Figura 24 - Programação do Dimmer no microcontrolador do Arduino | 78 |
| Figura 25 - Identificação de passagem por zero..... | 80 |
| Figura 26 - Esquemático do circuito Infravermelho | 82 |
| Figura 27 - Estrutura de padrão MVC | 84 |
| Figura 28 - Tela principal da aplicação..... | 85 |
| Figura 29 - Tela para criação de botões de controle | 86 |
| Figura 30 - Simulação de Tela Principal após criação dos botões de controle | 87 |
| Figura 31 - Tela para edição de botão de controle | 88 |
| Figura 32 - Tela para conexão bluetooth..... | 89 |
| Figura 33 - Esquemático do protótipo elaborado em 2015 | 100 |
| Figura 34 - Imagem frontal do protótipo | 102 |
| Figura 35 - Imagem traseira do protótipo | 103 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Alcance e potência de cada classe de bluetooth | 33 |
| Tabela 2 - Preço médio de mercado de cada placa com microcontrolador | 46 |
| Tabela 3 - Custo-Benefício de cada placa com microcontrolador | 47 |
| Tabela 4 - Preço médio de mercado de cada módulo de conexão | 48 |
| Tabela 5 - Preço médio de mercado de cada componente do Circuito Chaveado ... | 50 |
| Tabela 6 - Custo médio estimado de um Circuito Chaveado | 51 |
| Tabela 7 - Preço médio de mercado de cada componente do Circuito de Disparo .. | 52 |
| Tabela 8 - Preço médio de mercado de cada componente do Circuito de Detecção de Passagem por Zero | 53 |
| Tabela 9 - Custo médio estimado de um Circuito Dimmer | 54 |
| Tabela 10 - Preço médio de mercado de cada componente do Circuito Infravermelho | 55 |
| Tabela 11 - Custo médio estimado de um Circuito Infravermelho | 56 |
| Tabela 12 - Distribuição das classes de renda brasileira em 2016 | 57 |
| Tabela 13 - Renda média domiciliar em 2016 | 58 |
| Tabela 14 - Estimativa da quantidade de circuitos de controle na residência | 63 |
| Tabela 15 - Estimativa de custo total de implantação do sistema | 64 |
| Tabela 16 - Informações repassadas da aplicação para o sistema embarcado | 73 |
| Tabela 17 - Rendimento domiciliar per capita por estado, em reais | 99 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 17 |
| 1.1 Contextualização | 17 |
| 1.2 Problema | 19 |
| 1.3 Justificativa | 20 |
| 1.4 Objetivos | 22 |
| 1.4.1 <i>Objetivos gerais</i> | 22 |
| 1.4.2 <i>Objetivos específicos</i> | 22 |
| 1.5 Metodologia | 22 |
| 1.5.1 <i>Tipo de pesquisa</i> | 22 |
| 1.6 Estrutura do Trabalho | 24 |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 25 |
| 2.1 Sistema embarcado | 25 |
| 2.1.1 <i>Microcontroladores</i> | 25 |
| 2.1.2 <i>Módulos de conexão</i> | 30 |
| 2.2 Plataforma <i>Android</i> | 33 |
| 2.3 Componentes eletrônicos | 35 |
| 2.3.1 <i>Resistor</i> | 36 |
| 2.3.2 <i>Diodo</i> | 36 |
| 2.3.3 <i>LED</i> | 37 |
| 2.3.4 <i>Transistor</i> | 38 |
| 2.3.5 <i>Relé</i> | 39 |
| 2.3.6 <i>TRIAC</i> | 39 |
| 2.3.7 <i>Acopladores ópticos</i> | 41 |

| | |
|---|-----------|
| 2.4 Isolamento elétrico | 42 |
| 3 ANÁLISE DE VIABILIDADE | 44 |
| 3.1 Metodologia da análise..... | 44 |
| 3.2 Seleção de componentes visando baixo custo | 45 |
| 3.2.1 Microcontroladores | 45 |
| 3.2.2 Módulos de conexão..... | 48 |
| 3.2.3 Circuitos de controle residencial | 49 |
| 3.3 Indicadores de renda média familiar | 56 |
| 3.4 Estimativa de custo total da implantação | 59 |
| 3.4.1 Arranjo domiciliar padrão | 59 |
| 3.4.2 Modelagem de residência padrão..... | 60 |
| 3.4.3 Estimativa de quantidade de circuitos de controle | 62 |
| 3.4.4 Custo total de implantação estimado | 63 |
| 3.5 Conclusão da análise | 65 |
| 4 PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO | 68 |
| 4.1 Funcionamento do projeto..... | 69 |
| 4.1.1 Diagrama arquitetural | 69 |
| 4.1.2 Recursos de software utilizados | 70 |
| 4.2 Sistema embarcado | 72 |
| 4.3 Módulos de controle | 74 |
| 4.3.1 Módulo Chaveado (Liga/Desliga)..... | 74 |
| 4.3.2 Módulo Controlador de potência (Dimmer) | 76 |
| 4.3.3 Módulo Infravermelho | 81 |
| 4.4 A aplicação Android | 82 |

| | |
|--|------------|
| 4.4.1 Padrões utilizado | 83 |
| 4.4.2 Funcionamento da aplicação | 85 |
| 5 RESULTADOS | 90 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | 91 |
| REFERÊNCIAS | 93 |
| ANEXOS..... | 98 |
| ANEXO A | 99 |
| ANEXO B | 100 |
| APÊNDICES | 101 |
| APÊNDICE A..... | 102 |
| APÊNDICE B..... | 103 |

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

O ser humano possui uma capacidade bastante efetiva em encontrar alternativas para resolver os seus problemas, sejam eles da natureza que forem, basta a necessidade existir para que toda uma comunidade pensante, por meio da interação entre os seus variados modos de vida, consigam encontrar um conjunto de soluções para estes problemas, contribuindo, assim, para o desenvolvimento da sociedade (ALMEIDA; ALVES, 2017). Foi com essa habilidade que muitas tecnologias surgiram com o passar dos tempos, e uma delas foi o surgimento dos computadores.

O surgimento dos computadores em geral possibilitou a automação de tarefas de forma extremamente rápida em comparação ao desempenho alcançado pelos próprios seres humanos, o que acelerou ainda mais os avanços tecnológicos e sociais em todos os locais por onde se disseminou (BENEVIDES; MORAIS; FERNANDES, 2017, p. 1). Não durou muito tempo até que todos esses avanços tivessem impacto no setor industrial e na produção em massa, o que impulsionou a Automação Industrial, que, segundo Silevira e Lima (2003, p.1), já existia desde o século XVIII com a invenção da máquina a vapor na Inglaterra. Mas, com a utilização dos computadores, principalmente quando se fala em aplicações na área da robótica, permitiu a elevação da Automação Industrial à um novo patamar de desenvolvimento (REDEL; HOUNSELL, 2004, p. 396).

Para Silevira e Lima (2003, p.2):

Uma boa definição para automação é um conjunto de técnicas destinadas a tornar automáticas a realização de tarefas, substituindo o gasto de bio-energia humana, com esforço muscular e mental, por elementos eletromecânicos computáveis.

O que demonstra que a automação, quando praticada no meio industrial, permitiria melhorar a qualidade no trabalho, pois o esforço necessário para manipulação das máquinas em procedimentos repetitivos diminuiria, e principalmente, a eficiência na entrega de resultados precisos para os cliente aumentariam, visto que, como as tarefas seriam executadas automaticamente e com menor presença da

manipulação humana, o fator de falha humana, causada em muitos casos por conta da fadiga e da inerência humana ao erro, diminuiria.

Seguindo a definição proposta por Silevira e Lima (2003) sobre a automação, Júnior, Chagas e Fernandes (2003, p.1) vão mais além ao afirmar que:

O processo de automação não atinge apenas a produção em si, substituindo o trabalho braçal por robôs e máquinas computadorizadas, mas também propicia enormes ganhos de produtividade ao integrar tarefas distintas com a elaboração de projetos, o gerenciamento administrativo e a produção.

Ou seja, além da melhoria alcançada com a diminuição do esforço físico e mental dos trabalhadores, os ganhos com a produtividade seriam amplificados pois os resultados gerados na produção seriam obtidos com a velocidade e precisão das máquinas e sistemas computadorizados, de forma ininterrupta e integrada, e o esforço intelectual poderia ser redirecionado para áreas que requerem um maior nível de complexidade lógica, como por exemplo, as áreas de gerência.

Não demorou até que a sociedade sentisse a necessidade de trazer as soluções obtidas na Automação Industrial para dentro de seus lares, o que caracterizou o surgimento da Automação Residencial. Segundo a definição de Muratori e Bó (2011, p. 70), a Automação Residencial é:

o conjunto de serviços proporcionados por sistemas tecnológicos integrados como o melhor meio de satisfazer as necessidades básicas de segurança, comunicação, gestão energética e conforto de uma habitação.

Então, a principal finalidade da Automação Residencial é satisfazer as necessidades básicas dos habitantes do ambiente automatizado, desta forma, diferente da Automação Industrial que visava melhorias em eficiência, maior produtividade, menos gastos com força de trabalho, e a segurança, a Automação Residencial se preocupa com gestão energética do ambiente, para que os proprietários economizem capital em suas contas de energia, por exemplo, em segurança, para que o ato de estar presente no local de aplicação possua algum grau de confiabilidade, e conforto pessoal, além de outras causas mais importantes do que

apenas comodidade, como é o caso da autonomia de portadores de deficiência e da população idosa, onde pode-se fornecer um ambiente que facilite um pouco mais a independência pessoal para estes casos especiais.

1.2 Problema

A Automação Residencial, só no Brasil, já é um assunto estudado há pelo menos 10 anos, como pode se observar nos trabalhos acadêmicos de Canato (2007) e Neto (2009), e apesar disso ainda não possui uma solução amplamente adotada, seja pela falta de critérios na padronização das formas de controle, que não permitem uma convergência entre a infinidade de dispositivos com protocolos e funcionamentos diferentes, ou até pela falta de uma tecnologia que permita a criação de controles residenciais de baixo custo, o que tornaria essa tecnologia economicamente viável.

Conforme as pesquisas elaboradas anualmente pelo Índice Global de Inovação (GII)¹ citado pela revista Exame², no ano de 2017, o Brasil foi classificado como a 69ª posição do *ranking* que avalia o nível de inovação de um total de 140 países, ficando “atrás de todas as grandes economias emergentes, como China, Turquia, México, Índia e África do Sul” (Exame, 2017). Com isso, pode-se constatar que, no Brasil, o potencial de inovação é relativamente baixo, impossibilitando, assim, a integração de novas tecnologias no território nacional com a rapidez necessária, ficando geralmente à cargo de países de primeiro mundo, principalmente na Europa, a função de viabilizar as tecnologias e só depois de consolidadas minimamente no seu mercado interno é que tais tecnologias ingressam no território brasileiro. O mesmo fenômeno é visivelmente aparente em relação à implantação dos sistemas de Controle Residencial, o que pode corroborar com o avanço lento nesse sentido em relação a outros países de primeiro mundo.

¹ Disponível em:

<https://www.globalinnovationindex.org/userfiles/file/reportpdf/GII%202017%20Portuguese%20translation_WEB.pdf>

² Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/revista-exame/novas-tecnologias-brasil-corre-o-risco-de-se-tornar-irrelevante/>>

1.3 Justificativa

A Automação Residencial, em seus primeiros estágios, poderia ser até considerada como um artefato que traria comodidade, bem-estar e inclusive luxuosidade na vida de seus usuários. No entanto, com o passar do tempo, algumas pesquisas de caráter acadêmico começaram a dar mais ênfase à necessidade da utilização dessa tecnologia para melhorar a vivência dos seus usuários. Um exemplo disso é o artigo feito com o objetivo de apresentar um projeto de casa automatizada de baixo custo, que auxiliasse a vida de pessoas portadoras de deficiência (BENEVIDES; MORAIS; FERNANDES, 2017), e simpósios realizados para promover a discussão sobre assuntos atuais, onde são apresentados trabalhos referentes ao uso de tecnologias aplicadas ao ambiente doméstico com a finalidade de dar suporte aos moradores idosos, oferecendo maior conforto, segurança e prevenção de acidentes (FIRMINO; PEREIRA; NUNES, 2014).

Na pesquisa elaborada por Benevides, Morais e Fernandes (2017, p.1) os seguintes dados foram levantados:

Segundo os dados do censo (IBGE, 2010), o quadro populacional do Brasil é composto por, aproximadamente, 192 milhões de habitantes, sendo que 15 milhões (8%) são idosos (acima de 65 anos) e 46 milhões (24%) possuem algum tipo de necessidade especial. Com relação especificamente à carência motora parcial ou total, esse número chega a 4 milhões de pessoas (2,1%). Se forem somados a esse grupo as pessoas com déficit mental, que totalizam aproximadamente 2 milhões de pessoas, o total alcançado pode chegar a 6 milhões de habitantes. De acordo com projeções, esse número vai crescer abundantemente, pois a tendência é que haja um aumento da expectativa de vida da população, não só no Brasil como no mundo.

Com isso, pode-se constatar que uma grande parcela da população, com tendência de possuir um crescimento, visto que os dados são do ano de 2010, carece de algum tipo de assistência maior, que pode ser adquirida através das residências inteligentes, indo muito além de apenas conforto como poderiam ser as primeiras abordagens do tema.

Além dos ganhos relativos à assistência social, o emprego de residências inteligentes favorece na economia energética nos locais de aplicação, pois é possível programar o desligamento de aparelhos quando necessário, visando combater o desperdício de energia, desligar os dispositivos ociosos, como é o caso de aplicações

utilizando sensores de presença que acionam lâmpadas de acordo com a presença de pessoas, entre outras formas. Levando em conta a adoção dos sistemas inteligentes por grande parcela da sociedade, é possível se conseguir algum ganho relacionado à eficiência energética.

Como as residências automatizadas ainda não são uma realidade para a maioria da população, principalmente quando se fala na classe média e baixa no Brasil, é necessário encontrar formas de se adequar à realidade das classes menos favorecidas economicamente, que representam grande parcela da população brasileira, como será demonstrado com mais detalhes nos próximos capítulos deste trabalho.

A partir do momento em que esta grande parcela da população tenha acesso à tecnologia da Automação Residencial com um custo acessível, será possível entrar em uma nova revolução na forma como são tratadas as residências em geral, como afirma Werneck (1999, p. 132 *apud* DIAS e PIZZOLATO, 2004, p. 14):

Depois de o público conhecer uma residência automatizada, não haverá como retroceder, toda a cadeia de concepção da moradia, (a arquitetura construção etc.), evoluirá, e, principalmente, o ocupante do imóvel. Assim, deverão ser necessários vários profissionais que, interagindo, permitirão o real desenvolvimento das técnicas da domótica.

Ou seja, assim como ocorreram nos casos de tecnologias como o surgimento dos computadores, celulares, e da própria internet, as residências inteligentes também fazem parte de um futuro sem volta, permitindo que os seus usuários desfrutem cada vez mais a evolução desta tecnologia.

Visto isso, este trabalho se justifica pela necessidade de encontrar soluções que auxiliem o processo da utilização da Automação Residencial na sociedade, com fins de trazer ganhos na melhoria da qualidade de vida dos cidadãos, autonomia dos que mais necessitam de atenção especial, e na provável conservação dos recursos energéticos, contribuindo para alcançar o nível idealizado pela afirmação de Werneck.

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivos gerais*

Visando dar sequência aos primeiros passos da Automação Residencial no contexto brasileiro, este trabalho tem como objetivo estudar a viabilidade de implantação de um sistema de Controle Residencial de baixo custo, e, ao final, apresentar um protótipo desse sistema.

1.4.2 *Objetivos específicos*

- Estudar a situação financeira das famílias brasileiras, bem como a distribuição de renda entre as classes sociais;
- Estimar o gasto total com a implantação de um sistema de Controle Residencial em um domicílio médio brasileiro;
- Aprofundar os conhecimentos em programação Java para *smartphones Android*;
- Aplicar os padrões de projetos aprendidos durante o curso com o intuito de facilitar a integração de novos recursos no futuro;
- Estudar a Interface de Programação de Aplicações (API) de comunicação *bluetooth* do *Android*;
- Desenvolver uma integração entre o sistema elétrico residencial, um sistema embarcado e uma aplicação para *smartphone*.

1.5 Metodologia

1.5.1 *Tipo de pesquisa*

Nesta seção, serão apresentados os tipos de pesquisa que se encaixam neste trabalho, com a intenção de direcionar claramente o entendimento de como o tema será abordado durante todo o trabalho.

1.5.1.1 Finalidade

Este trabalho possui uma finalidade aplicada, ou seja, busca aplicar na prática o conhecimento sobre o tema da Automação Residencial, na forma de um protótipo concreto e funcional de controle residencial operando sobre a rede doméstica.

1.5.1.2 Objetivo

O objetivo deste trabalho possui caráter descritivo, onde os conteúdos explorados foram colhidos a partir de referencial teórico apresentados em referências já existentes no meio acadêmico, organizados de forma sistemática e transpassados nos momentos oportunos.

1.5.1.3 Abordagem

A abordagem deste trabalho possui natureza qualitativa, pois o critério utilizado para a conclusão e análise dos resultados possui caráter subjetivo, ou seja, os significados e as relações entre os objetos pesquisados estão a cargo da interpretação do próprio autor.

1.5.1.4 Método

Por se tratar de uma pesquisa com o interesse em constatar a viabilidade de um modelo de baixo custo de Controle Residencial, faz-se necessário utilizar um método de pesquisa com caráter hipotético-dedutivo, onde será apresentado na conclusão do trabalho a confirmação ou refutação da hipótese de tal viabilidade de implementação do modelo proposto, levando em consideração o contexto brasileiro.

1.5.1.5 Procedimento

A pesquisa apresentará tanto procedimentos bibliográficos, onde o conhecimento compartilhado por variados autores de livros, artigos e publicações científicas serão estudados e relatados através de citações no decorrer do texto, quanto procedimentos documentais, por possuir conteúdos que não foram extraídos

de livros e publicações acadêmicas como estatísticas e precificação aplicadas no mercado.

1.6 Estrutura do Trabalho

O trabalho é dividido em quatro partes principais seguidos das considerações finais. Deste modo, no Capítulo 1 é apresentado o contexto do tema em questão para situar o leitor sobre o mesmo e detalhar toda a estrutura e forma como o trabalho foi concebido, demonstrando o que se deve esperar desta pesquisa em geral.

O Capítulo 2 possui a função de fundamentar todos os assuntos necessários que permeiam o tema abordado, com a intenção de dar uma base ao leitor que deseje aprender ou replicar os procedimentos adotados nesta pesquisa. Neste capítulo são apresentados os componentes mais utilizados na Automação Residencial, apresentando os conteúdos relacionados ao sistema embarcado, componentes eletrônicos e a plataforma de desenvolvimento para *smartphone* utilizados na proposta de implantação.

No Capítulo 3, é apresentada uma análise de entendimento da renda da população brasileira, em conjunto com o seu modelo de residência padrão para, com isso, se estimar os gastos oriundos da implantação de um sistema de residência automatizada completo. Para isso, o capítulo apresenta também uma pesquisa de preços médios dos componentes no mercado atual e, ao final, será feita a conclusão da análise gerando possíveis soluções para atender à demanda do mercado brasileiro.

Já no Capítulo 4, é elaborado uma proposta de implantação utilizando os elementos de melhor custo-benefício pesquisados no capítulo anterior e agregando o conhecimento obtido sobre as soluções de viabilidade, relatando como todo o sistema funciona e apresentando os recursos utilizados para a estruturação do projeto.

Por fim, o Capítulo 5 apresentará os resultados obtidos a partir da análise e do levantamento de hipótese do Capítulo 3 juntamente com o protótipo elaborado na proposta de implantação do Capítulo 4.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo possui a finalidade de abordar as principais tecnologias e conhecimentos básicos para fundamentar a construção do conhecimento por parte do leitor deste trabalho. Alguns conteúdos importantes, que são de fundamental necessidade para a base do entendimento dos capítulos posteriores, serão levantados no decorrer da fundamentação teórica, destacando-se a descrição dos assuntos relacionados ao sistema embarcado utilizado na proposta de implantação do modelo de Controle Residencial.

2.1 Sistema embarcado

Para que se obtenha o controle residencial, uma solução bastante eficiente é a utilização de um sistema embarcado, ou seja, um sistema que esteja embutido na estrutura física da residência que se deseja controlar, para que, desta forma, o morador e usuário da tecnologia de Automação Residencial possa efetuar os comandos diretamente ou indiretamente, através de sensores, para este sistema embarcado que, por sua vez, modificará o estado das cargas e aparelhos domésticos conectados à rede local.

Os principais componentes que fazem parte da estrutura de um sistema embarcado para Automação Residencial são os microcontroladores, os módulos de conexão externa, os circuitos de controle e, em alguns casos mais específicos, a utilização de certos sensores.

2.1.1 Microcontroladores

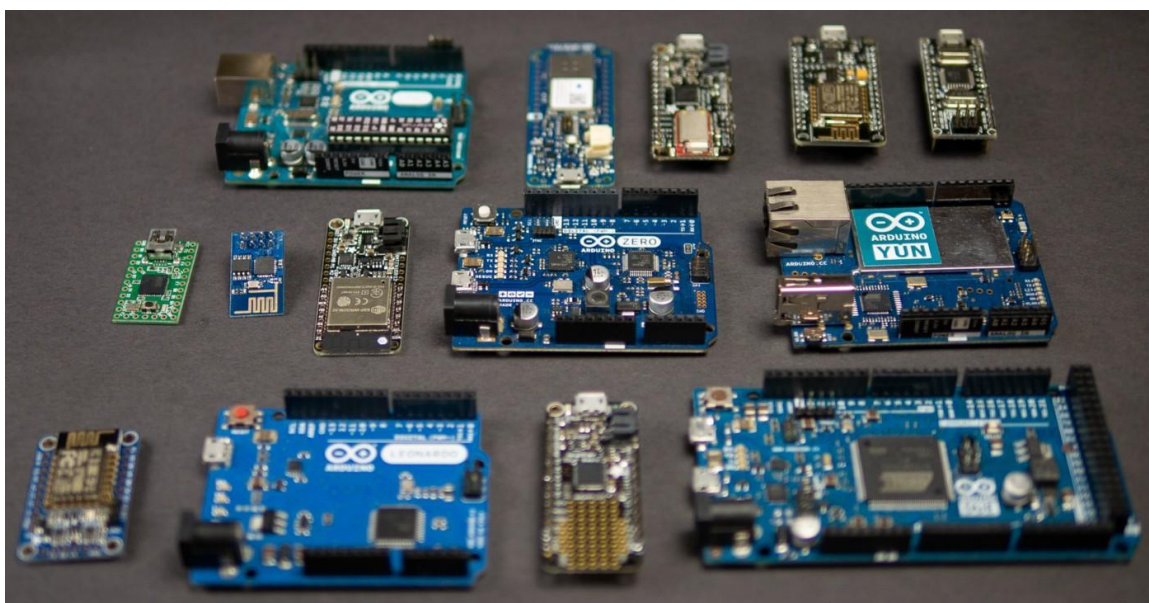
Os microcontroladores são os principais componentes de um sistema embarcado, pois representam o núcleo da comunicação entre os comandos do usuário e dos aparelhos ligados à rede doméstica, servindo como uma ponte, programada de forma inteligente para efetuar o controle correto da residência em questão.

O poder dos microcontroladores se dá pela sua característica de serem computadores de pequeno porte que podem ser acoplados em um único circuito em

conjunto com uma estrutura de *hardware* que contém recursos como memória e portas programáveis de entrada e saída, capazes de controlar o estado de componentes externos, através das portas de saída, e receber informações do ambiente também externo através das portas de entrada.

Diversos microcontroladores fazem parte do mercado atual, cada um atendendo a uma demanda diferenciada, principalmente quando se refere ao uso em residências automatizadas. Dentre as principais placas com microcontroladores do mercado pode-se considerar, por exemplo, a família de placas Arduino, BeagleBone e ESP.

Figura 1 - Exemplos de placas com microcontroladores



Fonte: Retirado do site *Hackster.io*³.

2.1.1.1 Plataforma Arduino

A principal placa com microcontrolador que se deve levar em consideração para o entendimento do presente trabalho é o Arduino. A definição da plataforma Arduino, segundo o seu próprio *site*, é:

³ Disponível em: <<https://blog.hackster.io/picking-the-right-arduino-341a0a9550c7>>

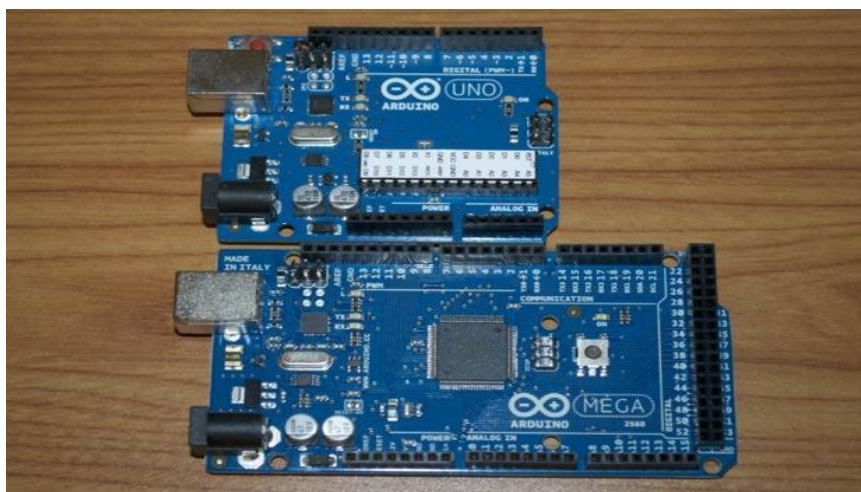
O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica *open-source* que se baseia em *hardware* e *software* flexíveis e fáceis de usar. É destinado a artistas, *designers*, *hobbistas* e qualquer pessoa interessada em criar objetos ou ambientes interativos.

O Arduino pode sentir o estado do ambiente que o cerca por meio da recepção de sinais de sensores e pode interagir com os seus arredores, controlando luzes, motores e outros atuadores. O microcontrolador na placa é programado com a linguagem de programação Arduino, baseada na linguagem *Wiring*, e o ambiente de desenvolvimento Arduino, baseado no ambiente *Processing*. Os projetos desenvolvidos com o Arduino podem ser autônomos ou podem comunicar-se com um computador para a realização da tarefa, com uso de *software* específico (ex: *Flash*, *Processing*, *MaxMSP*).⁴

Com isso, tem-se que a plataforma Arduino possui uma aplicabilidade bastante favorável ao desenvolvimento de soluções na área de Automação Residencial.

Apesar de ser apenas uma plataforma, o Arduino possui uma variedade de placas distintas, onde o diferencial se encontra na configuração de cada uma dessas placas, como por exemplo, diferenciando-se pelo número de portas lógicas controláveis de entrada e saída e/ou na diferença em geral do *hardware* que o compõe. Para se ter uma noção mais concreta das diferenças de entre as placas da família Arduino, pode-se ver na Figura 2 apresentada abaixo, onde acima, está uma placa Arduino do modelo *Uno*, e abaixo, uma placa do modelo *Mega*.

Figura 2 - Diferença entre as placas do Arduino *Uno* (acima) e *Mega* (abaixo)



Fonte: Retirado do *site* Kevin Rye⁵.

⁴ Disponível em: <<https://playground.arduino.cc/Portugues/HomePage/>>

⁵ Disponível em: <<http://kevinrye.net/>>

Para se entender a estrutura do Arduino, basta compreender o funcionamento estrutural do Arduino *Uno*, visto que, segundo o artigo da Kevin Rye (2013)⁶, o Arduino *Mega*, por exemplo, é compatível com o *Uno*, inclusive uma abstração pode ser feita para se entender que a diferença entre eles se dá principalmente na quantidade de portas lógicas de entrada/saída, onde o Arduino *Uno* possui 14 portas lógicas digitais e 6 analógicas, e o Arduino *Mega* possui um total de 54 portas lógicas digitais e 16 analógicas. Esta abstração pode ser observada na Figura 3.

Figura 3 - Abstração na composição do Arduino *Mega* por um Arduino *Uno*.



Fonte: Retirado do *site* Kevin Rye⁷.

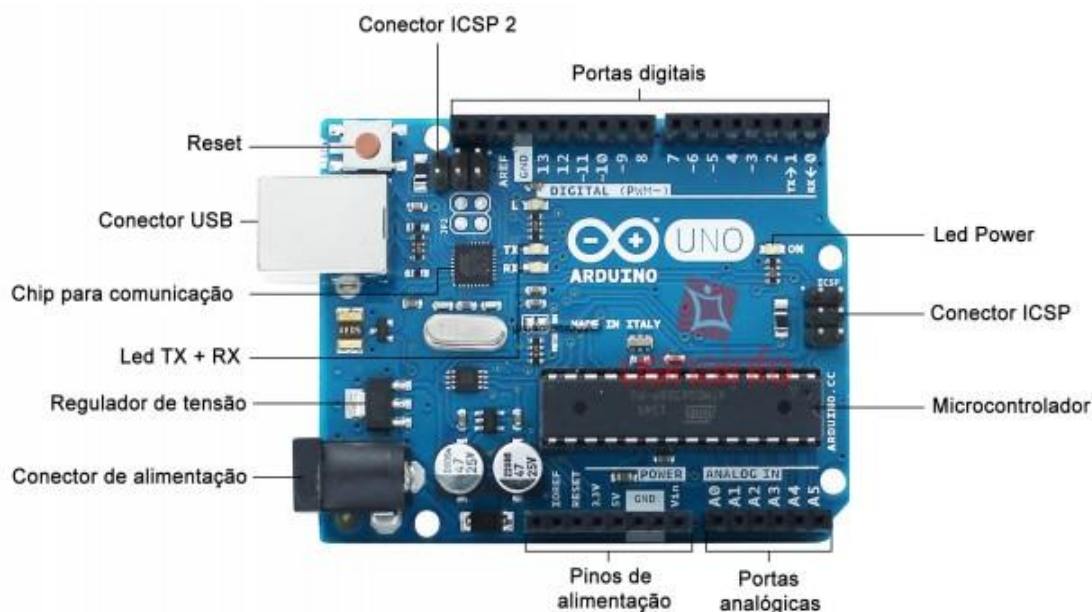
No quesito estrutura de *hardware*, o Arduino *Uno* possui portas lógicas digitais de entrada e saída de dados, onde pode se alternar os estados entre ligado, quando a porta em questão possui saída de 5V (*Volts*), e desligado, quando a porta possui saída em 0V. Destas portas digitais, 6 são de controle Modulação de Largura de Pulso (PWM) e 2 portas de comunicação serial, localizadas nos pinos 0 e 1 da placa, que

⁶ Disponível em: <http://kevinrye.net/index_files/arduino_mega_2560.php>

⁷ Disponível em: <<http://kevinrye.net/>>

são utilizadas para a troca de informações através da transmissão e recepção de sinais. A placa ainda possui pinos de alimentação em tensão contínua de 5V e 3,3V, além de pinos de Filtro Graduado de Densidade Neutra (GND).

Figura 4 - Estrutura física do Arduino Uno

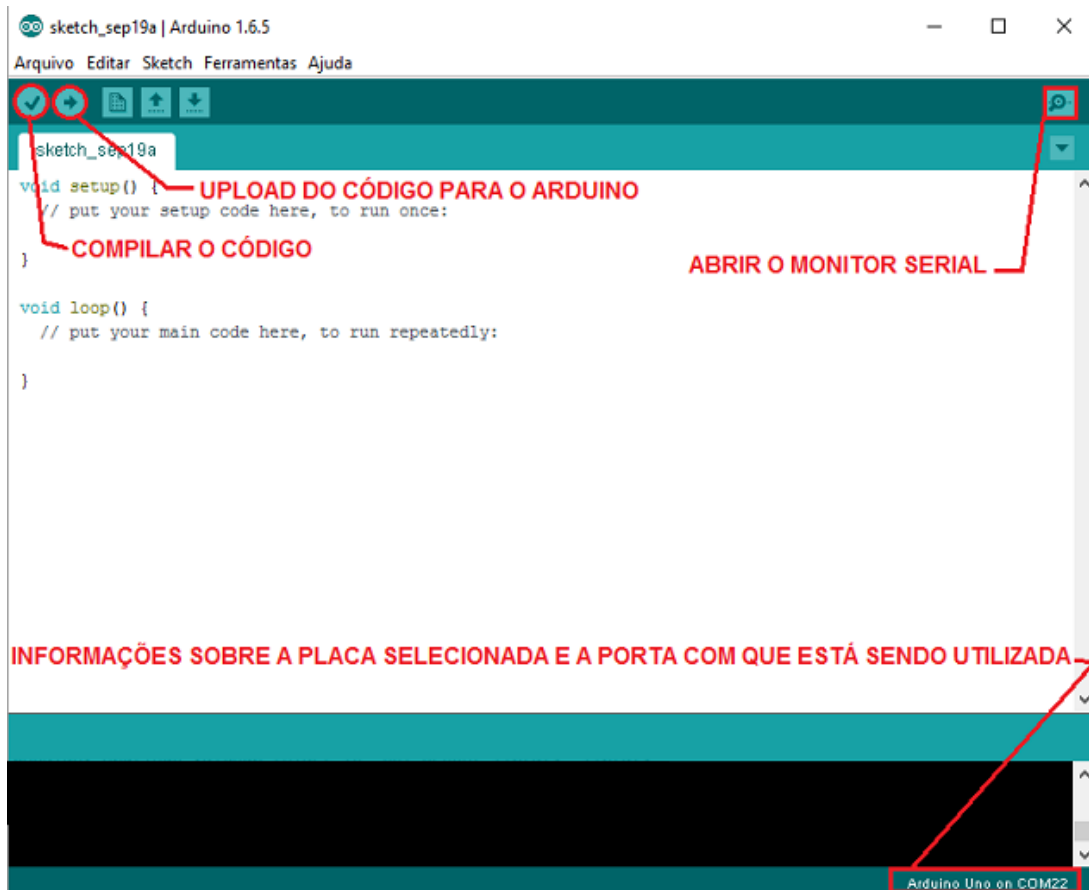


Fonte: Retirado do *site* Usinainfo⁸.

A Figura 4 apresenta o detalhamento da estrutura física da placa Arduino *Uno*, onde pode-se visualizar tanto a presença de um conector de alimentação quanto de um conector de Barramento Serial Universal (USB), ambos possuindo a capacidade de alimentar o Arduino, porém, além de fornecer a tensão necessária para o funcionamento do controlador, é através do conector USB que o código implementado e compilado é gravado no microcontrolador em si. Para efetuar a implementação e compilação dos códigos para o Arduino, a plataforma disponibiliza uma Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE).

⁸ Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/arduino-original/arduino-uno-r3-base-acrilica-oficial-cabo-usb-original-2457.html>>

Figura 5 - Detalhes da IDE do Arduino



Fonte: Retirado do *site* BlogMasterWalkerShop⁹.

Como pode-se observar na Figura 5, a estrutura de implementação possui uma área que será executada apenas uma vez, chamada de *setup* (configuração), e serve para efetuar a inicialização das portas lógicas assim como outras funcionalidades como a configuração das interrupções, e outra área chamada de *loop* (laço), onde todo o código nesta área será executado através de um laço de repetição constante.

2.1.2 Módulos de conexão

Além dos microcontroladores, o sistema embarcado também necessita de componentes que façam a conexão entre o próprio sistema embarcado e um agente externo, que pode ser uma aplicação, por exemplo. Para isso, utiliza-se os módulos

⁹ Disponível em: <<http://blogmasterwalkershop.com.br/arduino/arduino-instalacao-e-configuracao-no-windows/>>

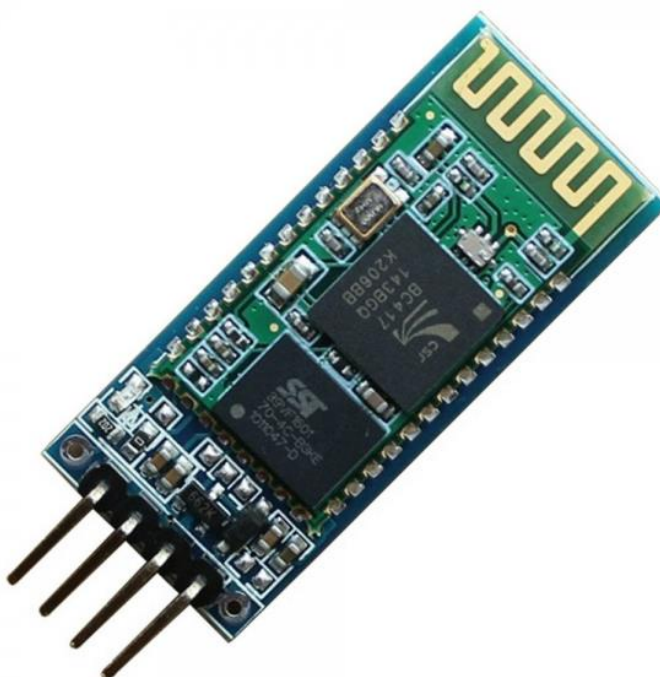
de conexão que podem ser implantados das mais variadas formas, contanto que se estabeleça uma comunicação entre os sistemas.

As principais soluções de mercado quando se fala em módulos de conexão para sistemas embarcados são através dos módulos *Bluetooth*, *Wi-Fi*, e *Ethernet*, cada um com suas particularidades.

2.1.2.1 Módulo *Bluetooth*

Apesar da enorme variedade de dispositivos utilizados para efetuar a conexão do sistema embarcado, o módulo que deve-se levar em maior consideração, para os fins deste trabalho, é o módulo *bluetooth*, mais especificamente, no modelo HC-06, visto que será abordado nos capítulos posteriores.

Figura 6 - Módulo *Bluetooth* HC-06

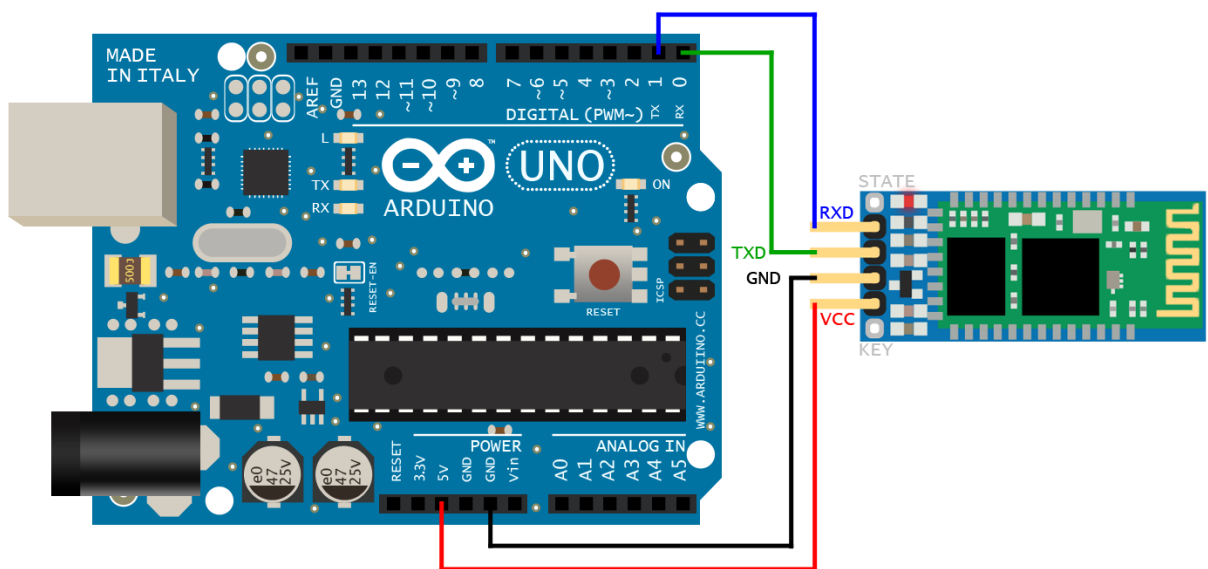


Fonte: Retirado do *site* BuildBot¹⁰.

¹⁰ Disponível em: <<http://buildbot.com.br/blog/configuracao-do-modulo-bluetooth-hc-06-com-arduino/>>

O módulo *Bluetooth* HC-06, como explica o artigo feito por Almeida (2017) no *site* Portal Vida de Silício¹¹, possui tensão de funcionamento entre 3,3V e 5V, taxa de transmissão de 2 Mbps (*Megabits* por segundo) e frequência de 2,4 GHz (*giga-hertz*). Além disso, o módulo possui 4 pinos, sendo 2 para alimentação e os outros 2 para transmissão e recepção de dados. A forma como o módulo *Bluetooth* é conectada ao Arduino está representada na Figura 7.

Figura 7 - Conexão entre o Arduino e o Módulo *Bluetooth*



Fonte: Retirado do *site* Tuxti¹².

Outras características que devem ser levadas em consideração são o alcance de 10 metros, por se tratar de um módulo da classe 2, como mostra a Tabela 1, possuindo, assim, uma potência máxima da ordem de 2,5 mW (*milliwatts*), e o seu funcionamento se dá apenas através do modo *slave* (escravo), ou seja, apenas recebe requisições de pareamento e não possui a capacidade de requisitar qualquer que seja o pareamento.

¹¹ Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/modulo-bluetooth-hc-05-e-hc-06/>>

¹² Disponível em: <http://www.tuxti.com.br/wiki/index.php?title=Arduino_-_Bluetooth_jy-mcu_HC-06>

Tabela 1 - Alcance e potência de cada classe de *bluetooth*

| Classe | Potência (mW) | Alcance (metros) |
|--------|---------------|------------------|
| 1 | 100 | 100 |
| 2 | 2.5 | 10 |
| 3 | 1 | 1 |

Fonte: Retirado do *site* Eletrogate¹³.

2.2 Plataforma *Android*

Figura 8 - Símbolo da plataforma *Android*

Fonte: Retirado do *site* *Android*¹⁴.

O *Android*, segundo a definição elaborada pela *Wikipédia* pode ser descrito como:

Android é um sistema operacional (SO) baseado no núcleo Linux e atualmente desenvolvido pela empresa de tecnologia Google. Com uma interface de usuário baseada na manipulação direta, o *Android* é projetado principalmente para dispositivos móveis com tela sensível ao toque como

¹³ Disponível em: <<http://blog.eletrogate.com/modulos-bluetooth-hc05-e-hc06-para-comunicacao-com-dispositivos-moveis-com-arduino/>>

¹⁴ Disponível em: <<https://www.android.com/>>

smartphones e tablets; com interface específica para TV (Android TV), carro (Android Auto) e relógio de pulso (Android *Wear*). O sistema operacional utiliza-se da tela sensível ao toque para que o usuário possa manipular objetos virtuais e também de um teclado virtual. Apesar de ser principalmente utilizado em dispositivos com tela sensível ao toque, também é utilizado em consoles de *videogames*, câmeras digitais, computadores e outros dispositivos eletrônicos.¹⁵

Ou seja, através do sistema *Android*, é possível efetuar um desenvolvimento voltado para diversos tipos de tecnologias como relógios de pulso, carros, *smartphones*, e até aparelhos de televisão (TV), tudo isso utilizando um sistema operacional (SO) próprio baseado no sistema Linux.

Para o desenvolvimento na plataforma *Android*, uma ferramenta bastante utilizada é o ambiente de desenvolvimento *Android Studio*, que, conforme consta no próprio *site* do desenvolvedor¹⁶, além de conter um editor de códigos e de ferramentas avançadas da IDE IntelliJ IDEA¹⁷, ainda possui um sistema de compilação flexível, um emulador com inúmeros recursos, um ambiente unificado onde se pode desenvolver para as diversas plataformas de tecnologias citadas anteriormente, bem como ferramentas de verificação de código entre outros recursos adicionais do ambiente que podem ser agregados, por exemplo, a partir de *frameworks*¹⁸.

Ainda analisando as informações fornecidas pelo desenvolvedor da plataforma, pode-se observar na Figura 9 como se dá a organização do ambiente de desenvolvimento *Android*. Por meio das numerações, os pontos mais importantes a se destacar são o campos de número 3, chamado de “Janela do Editor”, que se refere ao local onde o programador pode criar ou modificar os códigos implementados, e o campo de número 5, chamado de “Janela das Ferramentas”, onde o programador tem acesso a tarefas específicas como gerenciamento de projetos, controle de versão e efetuar buscas.

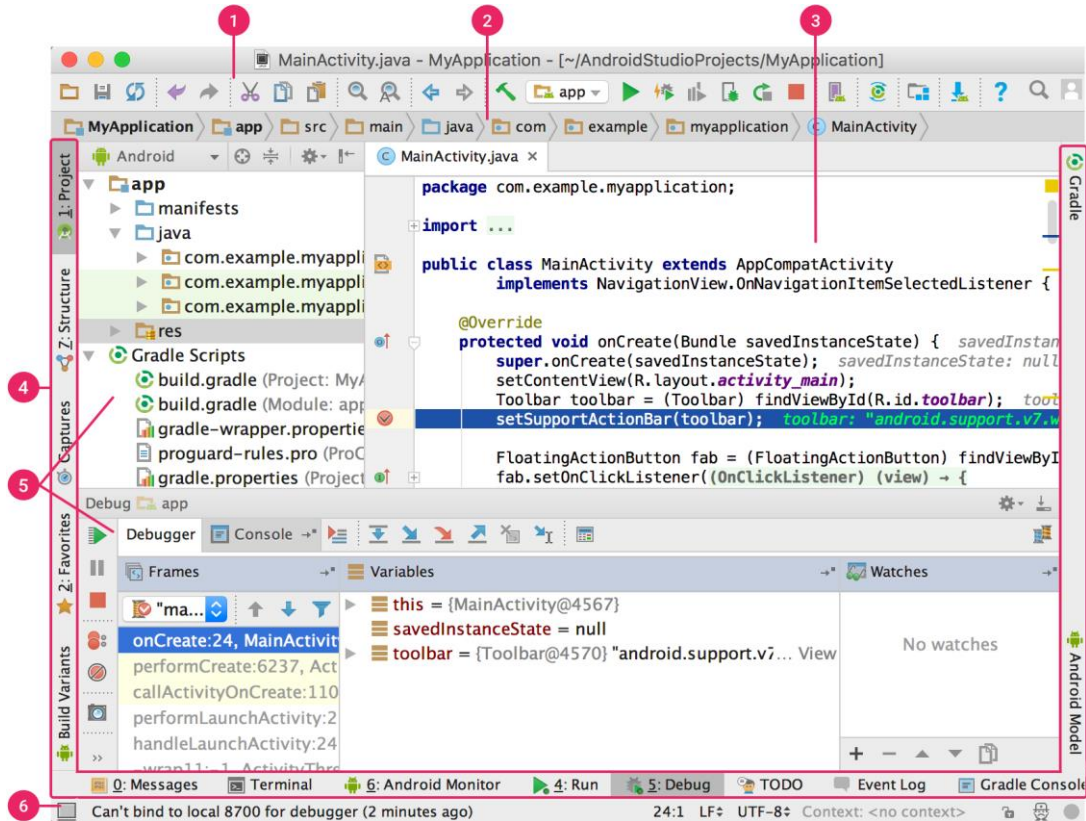
¹⁵ Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Android>>

¹⁶ Disponível em: <<https://developer.android.com/studio/intro?hl=pt-PT>>

¹⁷ Disponível em: <<https://www.jetbrains.com/idea/?hl=pt-PT>>

¹⁸ Para Fayal *et al.* (1999) e Johnson & Foote (1988), um *framework* é um “conjunto de classes que constitui um projeto abstrato para a solução de uma família de problemas.” (*apud* PASSOS e ZADRA, 2015, p. 7)

Figura 9 - Visualização da IDE Android Studio



Fonte: Retirado do site *DeveloperAndroid*¹⁹

As demais nomenclaturas e atribuições de cada campo numerado na Figura 9 podem ser consultadas, para fins de aprendizagem, no site do desenvolvedor fornecido anteriormente.

2.3 Componentes eletrônicos

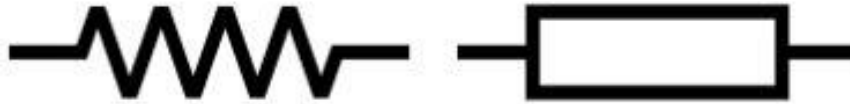
Nesta subseção serão destacados os principais componentes eletrônicos utilizados no decorrer do trabalho. A descrição será feita através da escrita de breves conceitos bem como a ilustração da simbologia dos componentes em questão através de imagens. O conceito dos componentes foram organizados e transcritos com base nas definições de Mutti²⁰ em seu trabalho sobre Noções Básicas de Eletroeletrônica Prática.

¹⁹ Disponível em: <<https://developer.android.com/studio/intro?hl=pt-PT>>

²⁰ Disponível em: <https://files.comunidades.net/mutcom/Curso_Eletroneletronica_Basica.pdf>

2.3.1 Resistor

Figura 10 - Simbologia do componente *resistor*



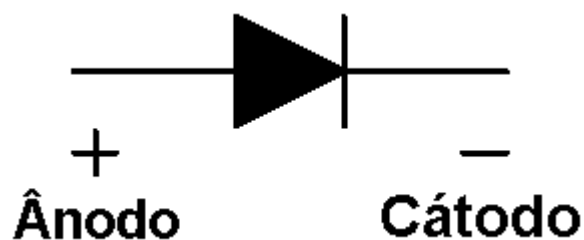
Fonte: Retirado do *site* MundoEducação²¹.

O resistor é um dos componentes eletrônicos mais utilizados na confecção de qualquer circuito, muito por conta da sua principal função que é a de limitar, dividir ou apenas diminuir a corrente ou a tensão em algum ponto do circuito eletrônico.

O resistor não possui polaridade e a sua unidade de medida é o *ohm*, simbolizado por Ω (*Ômega*).

2.3.2 Diodo

Figura 11 - Simbologia do componente diodo



Fonte: Retirado do *site* Museu das Comunicações²².

Segundo Mutti, os diodos “são componentes semicondutores formados basicamente por uma junção PN, podendo ser de germânio ou silício”, onde junção

²¹ Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/resistores.htm>>

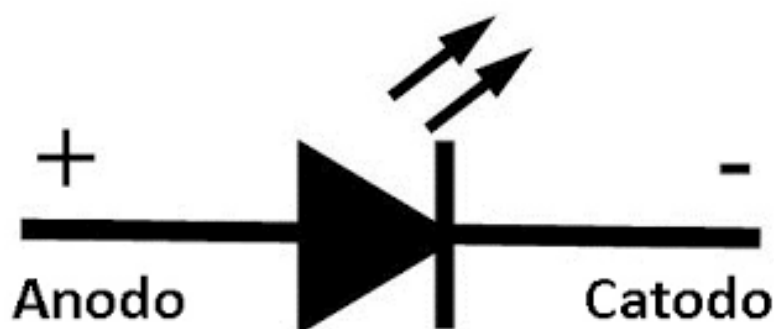
²² Disponível em: <http://macao.communications.museum/por/Exhibition/SecondFloor/MoreInfo/2_10_2_HowDiodeWorks.html>

PN (Positivo-Negativo), significa que o componente foi produzido utilizando-se de dois semicondutores, o do tipo P, que forma o polo positivo (Ânodo), e o do tipo N, que forma o polo negativo (Cátodo).

A principal característica que torna o diodo um componente bastante utilizado é a de permitir a condução da corrente elétrica em apenas um sentido, no caso, do polo positivo (Ânodo) para o polo negativo (Cátodo). Por conta desta característica, os diodos podem ser utilizados na estruturação de muitos componentes, como por exemplo, na formação de pontes retificadoras, onde os diodos são organizados de uma determinada forma que possibilita alcançar a finalidade de transformar a passagem de corrente alternada em corrente contínua.

2.3.3 LED

Figura 12 - Simbologia do componente LED



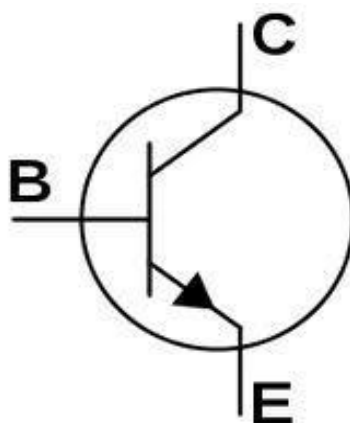
Fonte: Retirado do *site* Squids²³.

O Diodo Emissor de Luz (LED), como sua própria sigla diz, trata-se de um diodo emissor de luz, ou seja, são um tipo de diodo especial capaz de converter a corrente elétrica em luminosidade, e, assim como qualquer diodo, os LEDs também só permitem a condução elétrica em um único sentido.

²³ Disponível em: <<http://www.squids.com.br/arduino/index.php/hardware/componentes-eletronicos/63-led-5mm>>

2.3.4 Transistor

Figura 13 - Simbologia do componente *transistor*



Fonte: Retirado do *site* Baú da Eletrônica²⁴.

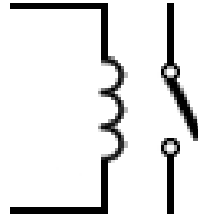
Como afirma Mutti, os transistores são um dos principais componentes eletrônicos por possuir uma vasta quantidade de aplicações e utilidades como a de amplificadores ou geradores de sinais, e podem funcionar como interruptores eletrônicos, alternando o estado do circuito para aberto ou fechado dependendo de como a corrente circula no seu terminal central, representado na Figura 13 com a letra B. De forma bem simplificada, pode-se dizer que o transistor possui a capacidade de controlar o nível de resistência que a corrente do circuito que liga os terminais C e E, da imagem acima, vai possuir, e este controle é feito através da quantidade de corrente na base do transistor, ou seja, o terminal B referenciado na imagem acima.

Por se tratar de um componente que opera com pequena potência, os transistores são ideais para compor os circuitos dos sistemas embarcados, visto que a tensão e corrente de operação dos microcontroladores são relativamente baixas, geralmente em torno dos 5V de tensão. Um bom uso para este tipo de componente nos sistemas embarcados é a ligação do seu terminal central nas portas de saída do microcontrolador, para, com isso, determinar o controle de acionamento e desligamento de alguma parte do circuito.

²⁴ Disponível em: <<http://baudaeletronica.blogspot.com/2013/05/simbolo-do-transistor-npn.html>>

2.3.5 Relé

Figura 14 - Simbologia do componente relé



Fonte: Retirado do site *Electrical & Electronic Symbols*²⁵.

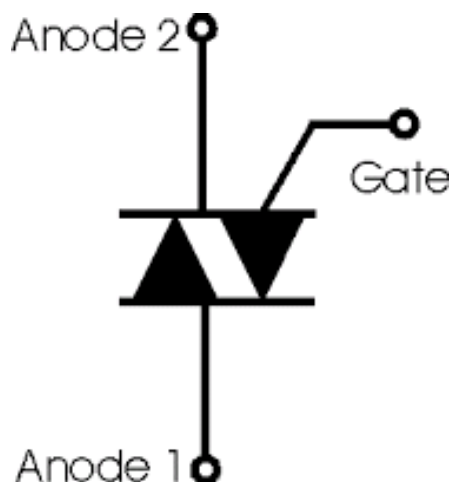
O relé é um componente que funciona como um interruptor eletrônico, ou seja, que pode modificar o seu estado interno para abrir ou fechar algum circuito. O seu funcionamento se dá através da atuação de um campo magnético gerado por sua bobina interna quando uma corrente circula pela mesma, com isso, os contatos dos seus terminais são atraídos por conta do magnetismo induzido, ou voltam ao seu estado de repouso quando não há corrente circulando pela bobina.

Este componente possui bastante aplicações na área de Automação Residencial por isolar o circuito do sistema embarcado que funciona com baixa tensão, e a rede doméstica que possui uma tensão mais elevada, sendo a bobina acionada pelo microcontrolador, por exemplo, e os terminais, que estão isolados do circuito, conectados à rede doméstica.

2.3.6 TRIAC

²⁵ Disponível em: <<https://www.electrical-symbols.com/electric-electronic-symbols/relay-electromagnet-symbols.htm>>

Figura 15 - Simbologia do componente TRIAC



Fonte: Retirado do *site* Automação Criativa²⁶.

O Triodo para Corrente Alternada (TRIAC) é um componente, como seu próprio nome diz, usado na composição de circuitos de corrente alternada. Conforme Mutti²⁷ em seu trabalho sobre Noções Básicas sobre componentes eletrônicos, os TRIACs:

conduzem corrente nos dois sentidos quando disparados, e por isso são indicados para o controle de dispositivos em circuitos de corrente alternada. São usados para controlar a passagem da corrente alternada em lâmpadas incandescentes, motores, resistências de chuveiros, etc.

Visto isso, pode-se atribuir a este componente a capacidade de controle da passagem de corrente em cargas que funcionam em corrente alternada, controlando, assim, a potência fornecida à mesma.

Observando a Figura 15, o princípio de funcionamento do TRIAC se dá na permissão de passagem da corrente pelos terminais nomeados de *Anode* (Ânodo) 1 e *Anode* (Ânodo) 2, em ambos os sentidos, quando um disparo é feito no terminal nomeado de *Gate* (Gatilho), e com isso, pode-se controlar o tempo de disparo do

²⁶ Disponível em: <<http://automacao-criativa.blogspot.com/2012/02/triac-tiristor-bidirecional.html>>

²⁷ Disponível em:

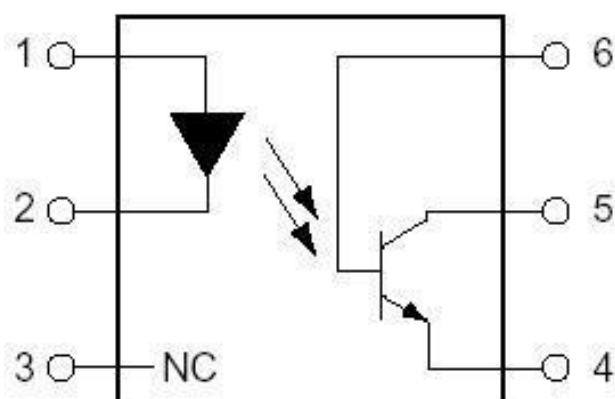
<https://files.comunidades.net/mutcom/Nocoas_basicas_de_componentes_eletronicos..pdf>

terminal *Gate* com a intenção de determinar quando a corrente pode circular no circuito.

2.3.7 Acopladores ópticos

Os acopladores ópticos são circuitos integrados feitos para operar na transferência de sinais através da luz, ou seja, observando o caso do acoplador óptico 4N25 ilustrado na Figura 16, internamente, o seu circuito é composto por um LED, que pode emitir luz visível ou até infravermelha, e um transistor sensível à luz, também conhecido como fototransistor. Através desse esquema de componentes internos, o funcionamento de ambos se torna isolado eletricamente, pois, a única forma de contato para a ativação do transistor é através da transmissão luminosa do LED e não uma ligação direta entre os componentes em um mesmo circuito.

Figura 16 - Simbologia do acoplador óptico 4N25



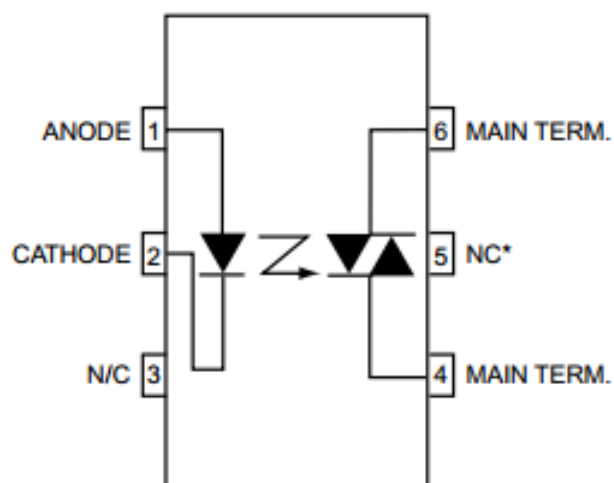
Fonte: Retirado do *site Athos Electronics*²⁸.

De forma semelhante, o acoplador óptico MOC3011 ilustrado na Figura 17, também possui um LED internamente que possui a função de ativar outro componente sensível à luz, que neste caso, seria um Diodo para Corrente Alternada (DIAC),

²⁸ Disponível em: <https://athoselectronics.com/acoplador-optico/>

garantindo, da mesma forma que o acoplador óptico 4N25, um isolamento elétrico interno por conta da falta de ligação entre os componentes.

Figura 17 - Simbologia do acoplador óptico MOC3011



Fonte: Retirado do *site* RenderBlog²⁹.

2.4 Isolamento elétrico

Para o funcionamento do sistema embarcado, composto principalmente por uma placa com microcontrolador e seus respectivos módulos de conexão e/ou comunicação, é interessante que o mesmo opere utilizando a menor quantidade de recursos possíveis para, com isso, prover um gasto de energia baixo. Então, para funcionar em baixa potência, o seu circuito deve ser projetado para operar com baixos níveis de tensão, por exemplo, em torno dos 5V. Por outro lado, a residência possui níveis de tensão mais elevados, para suprir a necessidade de alguns aparelhos que precisam de mais potência para operação. Com isso, para se integrar um sistema embarcado de baixa tensão em uma residência que possui níveis elevados de tensão em relação ao anterior, é necessário efetuar um isolamento elétrico com a finalidade de remover a conexão elétrica entre os circuitos de diferentes potências, evitando possíveis danos aos circuitos.

²⁹ Disponível em: <<https://blog.render.com.br/diversos/acoplador-optico-o-que-e-e-para-que-serve/>>

A solução para o isolamento elétrico é feita a partir de diversas maneiras, dentre elas, utilizando do eletromagnetismo, muito comum em componentes como o relé, onde, através de uma corrente, é possível gerar um campo magnético de atração que pode surtir efeitos em componentes mecânicos, e também pode ser utilizado o recurso luminoso para se ter um isolamento elétrico, como é o caso dos acopladores ópticos, que, a partir de um feixe de luz, conseguem influenciar o estado de componentes que são sensíveis à luminosidade.

3 ANÁLISE DE VIABILIDADE

A partir da hipótese da viabilidade de implantação de um sistema de Controle Residencial no contexto brasileiro, este capítulo irá se preocupar em fazer um estudo, o mais detalhado possível a partir dos recursos de pesquisa disponíveis, como dados fornecidos pelo governo ou institutos de pesquisa e até mesmo artigos acadêmicos e o mercado de compra e venda, com o intuito de estudar sobre a condição financeira média das famílias brasileiras e o custo de implantação de um sistema de residência inteligente, para, ao final, entender a real situação da viabilidade de um sistema como este na realidade do país.

3.1 Metodologia da análise

Para entender a viabilidade de um sistema inteligente precisa-se traçar um conjunto de passos com propósitos definidos para, ao final, se chegar em uma conclusão, caracterizando, assim, a metodologia adotada.

Visto isso, esta pesquisa será feita seguindo os passos abaixo, definidos sequencialmente:

1. Estabelecer os componentes do sistema de forma que o custo-benefício seja o melhor possível;
 - a. Definir a placa com microcontrolador do sistema embarcado;
 - b. Definir o módulo de conexão;
 - c. Definir os circuitos de controle residencial.
2. Efetuar um levantamento quanto à natureza financeira da população brasileira, buscando encontrar indicadores da renda média familiar do país;
3. Estimar o custo total de implantação do sistema proposto;
 - a. Buscar o número médio de pessoas por arranjo domiciliar;
 - b. Modelar uma residência padrão brasileira, buscando quantificar a média de cômodos por domicílio baseado no número médio de pessoas encontrados;

- c. Estimar a quantidade de circuitos de controles necessários para suprir a implantação completa da residência modelada;
 - d. Calcular o custo total de implantação levando em consideração o preço médio dos componentes selecionados no passo 1, e a quantidade de circuitos de controle estimados no passo 3c.
4. Concluir a análise a partir da comparação do custo total de implantação do passo anterior e dos indicadores de renda média familiar no país.

3.2 Seleção de componentes visando baixo custo

O primeiro passo a ser seguido para o estudo da viabilidade de um modelo de Controle Residencial de baixo custo é a escolha dos componentes que irão compor o sistema como um todo. Para efetuar esta seleção, será considerado cada componente do sistema embarcado de acordo com o seu custo-benefício, ou seja, escolhendo o que possua o menor preço de aquisição médio em reais, obtido através de uma pesquisa de preço de mercado, para, ao final, se projetar um sistema com custo o mais acessível possível. Vale ressaltar que a pesquisa dos preços se deu no primeiro semestre do ano de 2019.

Dentre os componentes necessários para composição do sistema embarcado estão o:

- Microcontrolador;
- Módulo de Conexão;
- Circuitos de Controle.

3.2.1 Microcontroladores

O microcontrolador é um dos componentes principais da Automação Residencial, pois é o elemento central da interação entre a aplicação cliente e a residência em si. Dentre as principais placas com microcontroladores que o mercado oferece atualmente no contexto do Controle Residencial, e que serão abordados nesta pesquisa, estão: as placas Arduino, BeagleBone e ESP8266.

A escolha da placa com microcontrolador adotada será feita com base no custo-benefício da mesma, visto que a proposta deste trabalho é projetar um sistema economicamente inclusivo. O custo-benefício é aplicado pois apenas o preço do componente não é suficiente para determinar a melhor escolha para automatizar uma residência por completo, então, para obter um melhor resultado deve-se considerar também o número de portas lógicas de Entrada/Saída (I/O), pois, quanto maior o número de portas lógicas de I/O o controlador tenha a disposição, maior será o número de circuitos de controle que se pode acionar no sistema embarcado.

Tabela 2 - Preço médio de mercado de cada placa com microcontrolador³⁰

| | Arduino Uno | Arduino Mega | BeagleBone Green | ESP8266 ESP-01 |
|-------------------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|---------------------------|
| Fornecedor 1 | R\$ 25,75 | R\$ 27,12 | R\$ 352,90 | R\$ 22,90 |
| Fornecedor 2 | R\$ 13,10 | R\$ 50,00 | R\$ 406,90 | R\$ 19,71 |
| Fornecedor 3 | R\$ 22,70 | R\$ 45,92 | R\$ 359,90 | R\$ 25,90 |
| Fornecedor 4 | R\$ 39,59 | R\$ 34,12 | R\$ 429,90 | R\$ 6,40 |
| Preço Médio de Mercado | R\$ 25,29 | R\$ 39,29 | R\$ 387,40 | R\$ 18,73 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Apenas levando em consideração o preço médio de mercado, encontra-se que a placa com microcontrolador com preço mais acessível é o ESP8266, custando em média R\$ 18,73. Mas, como dito anteriormente, a quantidade de portas lógicas de entrada e saída são importantes para encontrar o valor de custo-benefício, que, em

³⁰ Todos os preços foram adquiridos através de pesquisa no *Google Shopping*:
<<https://www.google.com/shopping?hl=pt-BR>>

outras palavras, significa dizer o quanto vale cada porta de entrada e saída do microcontrolador.

O cálculo do custo-benefício é feito através da seguinte fórmula elaborada pelo autor:

$$\text{Custo – Benefício} = \frac{\text{Número de Portas Lógicas}}{\text{Preço Médio de Mercado}}$$

Tabela 3 - Custo-Benefício de cada placa com microcontrolador

| | Arduino Uno | Arduino Mega | BeagleBone Green | ESP8266 ESP-01 |
|------------------------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|-----------------------|
| Número de Portas Digitais | 14 | 54 | 65 | 2 |
| Número de Portas Analógicas | 6 | 16 | 7 | - |
| Número Total de Portas | 20 | 70 | 72 | 2 |
| Preço Médio de Mercado | R\$ 25,29 | R\$ 39,29 | R\$ 387,40 | R\$ 18,73 |
| Custo-Benefício | 0,79 | 1,78 | 0,19 | 0,11 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao analisar o valor do custo-benefício obtido por cada placa com microcontrolador, constata-se que o *Arduino Mega* é o que possui o maior valor,

portanto, este será o controlador escolhido para compor o sistema embarcado do modelo proposto, com preço médio de mercado em torno de R\$ 39,29.

3.2.2 Módulos de conexão

O sistema embarcado necessita de um módulo para tratar as conexões entre o aplicativo *Android* e o microcontrolador. Para isso, visando o baixo custo, uma pesquisa de mercado semelhante à realizada para a decisão da placa com microcontrolador adotada deve ser realizada para a escolha do módulo de conexão. Dentre os módulos de conexão, os mais comuns em aplicações de Automação Residencial são o: módulo *Bluetooth*, *Ethernet* e *Wi-Fi*.

Tabela 4 - Preço médio de mercado de cada módulo de conexão³¹

| | Módulo Bluetooth | Módulo Ethernet | Módulo Wi-Fi |
|-------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------|
| Fornecedor 1 | R\$ 12,18 | R\$ 56,90 | R\$ 52,11 |
| Fornecedor 2 | R\$ 32,85 | R\$ 56,61 | R\$ 59,90 |
| Fornecedor 3 | R\$ 26,89 | R\$ 37,90 | R\$ 49,90 |
| Fornecedor 4 | R\$ 13,44 | R\$ 36,98 | R\$ 52,11 |
| Preço Médio de Mercado | R\$ 21,34 | R\$ 47,10 | R\$ 53,50 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Através da Tabela 4 é possível constatar que, em média, o preço de mercado do módulo *Bluetooth* é o menor dentre os módulos de conexão, inclusive, custando

³¹ Todos os preços foram adquiridos através de pesquisa no *Google Shopping*:
<<https://www.google.com/shopping?hl=pt-BR>>

em média menos da metade do preço médio constatado para o segundo módulo de menor custo pesquisado, que é o módulo *Ethernet*. Com isso, a escolha do módulo de conexão para compor o sistema embarcado será o *Bluetooth*.

3.2.3 Circuitos de controle residencial

Além do microcontrolador e do módulo de conexão, é necessário definir os tipos de controle residencial desejados. Para o propósito de encontrar um modelo de baixo custo de Controle Residencial, optou-se por definir 3 tipos de controle, projetados na forma de circuitos que permitem a manipulação de uma grande *gama* de aparelhos domésticos. Dentre eles estão:

- Circuito Chaveado: capaz de controlar o acionamento de cargas em geral, sendo conhecido também como Controle Liga/Desliga;
- Circuito *Dimmer*: capaz de controlar a potência fornecida à carga, possuindo aplicações na variação de luminosidade, temperatura e velocidade de rotação de motores;
- Circuito Infravermelho: capaz de enviar sinais de infravermelho, possuindo aplicações para qualquer aparelho doméstico controlável através deste tipo de controle, como é o caso por exemplo, dos aparelhos de televisão.

Vale ressaltar que a composição de todos os circuitos citados será feita com base no trabalho elaborado por Lima e Dias (2015), por representar circuitos com componentes de baixo custo e resultados satisfatórios em sua aplicação.

3.2.3.1 Circuito Chaveado (Liga/Desliga)

Para a formação do Circuito Chaveado é necessário efetuar a montagem dos componentes eletrônicos correspondentes a este tipo de controle, e esta montagem é feita a partir de uma lista de componentes que, neste caso, será selecionada a partir do esquemático apresentado por Lima e Dias (2015, p. 26). Dentre os componentes listados para a formação deste circuito estão:

- 1x Resistor 10 k Ω (*ohm*);

- 1x Resistor 220 Ω ;
- 1x Diodo 1N4007;
- 1x Transistor BC337;
- 1x Relé 5V;
- 1x conector KRE³² de 2 vias.

Tabela 5 - Preço médio de mercado de cada componente do Circuito Chaveado³³

| | Resistor 10 k Ω | Resistor 220 Ω | Diodo | Transistor | Relé | KRE |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Fornecedor 1 | R\$ 0,07 | R\$ 0,07 | R\$ 0,07 | R\$ 0,16 | R\$ 2,52 | R\$ 0,80 |
| Fornecedor 2 | R\$ 0,10 | R\$ 0,15 | R\$ 0,10 | R\$ 0,10 | R\$ 2,90 | R\$ 0,85 |
| Fornecedor 3 | R\$ 0,15 | R\$ 0,15 | R\$ 0,12 | R\$ 0,06 | R\$ 3,50 | R\$ 0,70 |
| Média de Mercado | R\$ 0,11 | R\$ 0,12 | R\$ 0,10 | R\$ 0,11 | R\$ 3,00 | R\$ 0,78 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Baseado nos resultados obtidos na Tabela 5, pode-se calcular o custo unitário total de implantação de um Circuito Chaveado como é mostrado na Tabela 6, que neste caso é de R\$ 4,22 por circuito.

³² Peça mecânica fixa em circuito eletrônico onde pode-se conectar fios elétricos.

³³ Todos os preços foram adquiridos através de pesquisa no *Google Shopping*:
<<https://www.google.com/shopping?hl=pt-BR>>

Tabela 6 - Custo médio estimado de um Circuito Chaveado

| Componentes | Quantidade | Custo Médio Estimado | Custo Total Estimado |
|---|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Resistor 10 kΩ | 1x | R\$ 0,11 | R\$ 0,11 |
| Resistor 220 Ω | 1x | R\$ 0,12 | R\$ 0,12 |
| Diodo | 1x | R\$ 0,10 | R\$ 0,10 |
| Transistor | 1x | R\$ 0,11 | R\$ 0,11 |
| Relé | 1x | R\$ 3,00 | R\$ 3,00 |
| KRE | 1x | R\$ 0,78 | R\$ 0,78 |
| TOTAL | | | R\$ 4,22 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.3.2 Circuito Dimmer

Da mesma forma que ocorreu com a montagem do Circuito Chaveado, o Circuito *Dimmer* também necessita de componentes eletrônicos para a sua composição, mas, diferente do Circuito Chaveado que possuía apenas de um tipo de circuito, o Circuito *Dimmer* é composto por dois tipos de circuitos, o Circuito de Disparo e o Circuito de Detecção de Passagem por Zero, ambos representados na forma de um único esquemático elaborado por Lima e Dias (2015, p. 30).

O Circuito de Disparo é composto por:

- 1x Resistor 10 k Ω ;
- 1x Resistor 479 Ω ;
- 1x Resistor 220 Ω ;

- 1x TRIAC - TIC246B;
- 1x conector KRE de 2 vias;
- 1x Acoplador Óptico MOC3011.

Tabela 7 - Preço médio de mercado de cada componente do Circuito de Disparo³⁴

| | Resistor 10 kΩ | Resistor 470 Ω | Resistor 220 Ω | TRIAC | KRE | MOC3011 |
|-----------------------------|---|---|---|------------------|-----------------|-----------------|
| Fornecedor 1 | R\$ 0,07 | R\$ 0,07 | R\$ 0,07 | R\$ 11,00 | R\$ 0,80 | R\$ 7,00 |
| Fornecedor 2 | R\$ 0,10 | R\$ 0,11 | R\$ 0,15 | R\$ 13,81 | R\$ 0,85 | R\$ 3,50 |
| Fornecedor 3 | R\$ 0,15 | R\$ 0,12 | R\$ 0,15 | R\$ 7,00 | R\$ 0,70 | R\$ 4,30 |
| Média de Mercado | R\$ 0,11 | R\$ 0,10 | R\$ 0,12 | R\$ 10,60 | R\$ 0,78 | R\$ 4,90 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Já o Circuito de Detecção de Passagem por Zero é composto pelos seguintes componentes eletrônicos:

- 1x Resistor 10 k Ω ;
- 2x Resistor 100 k Ω ;
- 1x Ponte de Diodo (Retificadora);
- 1x conector KRE de 2 vias;

³⁴ Todos os preços foram adquiridos através de pesquisa no *Google Shopping*:
<<https://www.google.com/shopping?hl=pt-BR>>

- 1x Acoplador Óptico 4N25.

Tabela 8 - Preço médio de mercado de cada componente do Circuito de Detecção de Passagem por Zero³⁵

| | Resistor 10 k Ω | Resistor 100 k Ω | Ponte de Diodo | KRE | 4N25 |
|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| Fornecedor 1 | R\$ 0,07 | R\$ 0,07 | R\$ 1,00 | R\$ 0,80 | R\$ 1,55 |
| Fornecedor 2 | R\$ 0,10 | R\$ 0,15 | R\$ 1,80 | R\$ 0,85 | R\$ 1,32 |
| Fornecedor 3 | R\$ 0,15 | R\$ 0,10 | R\$ 1,50 | R\$ 0,70 | R\$ 1,78 |
| Média de Mercado | R\$ 0,11 | R\$ 0,11 | R\$ 1,40 | R\$ 0,78 | R\$ 1,55 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com os valores médios de preço de mercado, tanto do Circuito de Disparo quanto do Circuito de Detecção de Passagem por Zero, é possível quantificar o custo total unitário do Circuito *Dimmer* de acordo com a soma dos custos dos componentes listados.

³⁵ Todos os preços foram adquiridos através de pesquisa no *Google Shopping*:
<<https://www.google.com/shopping?hl=pt-BR>>

Tabela 9 - Custo médio estimado de um Circuito *Dimmer*

| Componentes | Quantidade | Custo Médio Estimado | Custo Total Estimado |
|--|------------|----------------------|----------------------|
| Circuito de Disparo | | | |
| Resistor 10 kΩ | 1x | R\$ 0,11 | R\$ 0,11 |
| Resistor 470 Ω | 1x | R\$ 0,10 | R\$ 0,10 |
| Resistor 220 Ω | 1x | R\$ 0,12 | R\$ 0,12 |
| TRIAC | 1x | R\$ 10,60 | R\$ 10,60 |
| KRE | 1x | R\$ 0,78 | R\$ 0,78 |
| MOC3011 | 1x | R\$ 4,90 | R\$ 4,90 |
| TOTAL | | | R\$ 16,61 |
| Circuito de Detecção de Passagem por Zero | | | |
| Resistor 10 kΩ | 1x | R\$ 0,11 | R\$ 0,11 |
| Resistor 100 kΩ | 2x | R\$ 0,11 | R\$ 0,22 |
| Ponte de Diodo | 1x | R\$ 1,40 | R\$ 1,40 |
| KRE | 1x | R\$ 0,78 | R\$ 0,78 |
| 4N25 | 1x | R\$ 1,55 | R\$ 1,55 |
| TOTAL | | | R\$ 4,06 |
| Circuito <i>Dimmer</i> | | | |
| TOTAL | | | R\$ 20,67 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com isso constata-se que, para a aquisição de cada Circuito *Dimmer* individualmente, deve-se desembolsar um valor estimado de R\$ 20,67. Porém, esta estimativa inclui o Circuito de Detecção de Passagem por Zero que possui o preço estimado de R\$ 4,06, e, para cada residência que deseje implantar o Circuito *Dimmer*, apenas será necessário a aquisição de um único Circuito de Detecção de Passagem

por Zero. Então, para cada nova ocorrência de aquisição de Circuitos *Dimmer*, bastará ser feita a aquisição do Circuito de Disparo correspondente, que custa em média R\$ 16,61 por unidade.

3.2.3.3 Circuito Infravermelho

O Circuito Infravermelho possui dois circuitos bastante simples do ponto de vista eletrônico, composto apenas por um LED emissor de infravermelho e um LED receptor de sinais infravermelho. Com isso, pode-se facilmente encontrar os valores estimados de custo médio de mercado para cada um dos itens, como é demonstrado na Tabela 10.

Tabela 10 - Preço médio de mercado de cada componente do Circuito Infravermelho³⁶

| | Emissor Infravermelho | Receptor Infravermelho |
|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Fornecedor 1 | R\$ 1,10 | R\$ 1,10 |
| Fornecedor 2 | R\$ 0,51 | R\$ 1,50 |
| Fornecedor 3 | R\$ 0,86 | R\$ 1,30 |
| Média de Mercado | R\$ 0,82 | R\$ 1,30 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para finalizar o cálculo de estimativa de preços dos circuitos de controle, tem-se que o valor total de implantação de cada unidade de Circuito Infravermelho custa, em média, R\$ 2,12 como mostra a Tabela 11.

³⁶ Todos os preços foram adquiridos através de pesquisa no *Google Shopping*: <https://www.google.com/shopping?hl=pt-BR>

Tabela 11 - Custo médio estimado de um Circuito Infravermelho

| Componentes | Quantidade | Custo Médio Estimado | Custo Total Estimado |
|---------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| LED Emissor | 1x | R\$ 0,82 | R\$ 0,82 |
| LED Receptor | 1x | R\$ 1,30 | R\$ 1,30 |
| TOTAL | | | R\$ 2,12 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3 Indicadores de renda média familiar

Seguindo a metodologia adotada, o próximo passo a se concluir é encontrar indicadores que forneçam algum indício sobre o valor da renda média familiar brasileira. Este valor será de fundamental importância para comparação, ao final da análise, com o custo total de implantação do sistema proposto, embasando a conclusão final sobre a análise de viabilidade.

Como mostra a Tabela 17 elaborada pelo Portal G1³⁷, localizada no Anexo A deste trabalho, o rendimento domiciliar *per capita* do Brasil no ano de 2018, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), foi de R\$ 1.373,00. Este valor é calculado a partir do somatório das rendas de cada morador da residência, considerando o salário, pensão, aluguel, poupança e qualquer outro tipo de entrada financeira, e deste valor se obtém o rendimento domiciliar *per capita* fazendo-se a divisão do valor total pelo número de residentes.

O quantitativo obtido através do IBGE é um indicador útil para formular a análise da renda média familiar brasileira, porém, apenas este indicador não é suficiente para entender a real situação financeira das famílias estudadas, pois, apesar de ser um

³⁷ Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/2019/02/27/renda-domiciliar-per-capita-no-brasil-foi-de-r-1373-em-2018-mostra-ibge.ghtml>>

valor com certa confiabilidade, esta estatística nada revela sobre a sua divisão entre as classes de renda no país, desfavorecendo a busca, em porcentagem, da população que se pode atingir com a aplicação do modelo proposto. Para isso, será estudado mais um indicador que possua uma precisão mais específica, conduzindo o estudo para um resultado mais detalhado.

Tabela 12 - Distribuição das classes de renda brasileira em 2016

| Classe | Brasil | Sudeste | Sul | Nordeste | Centro Oeste | Norte |
|---------------|---------------|----------------|-------------|-----------------|---------------------|--------------|
| A | 2,9% | 3,6% | 3,4% | 1,4% | 4,2% | 1,8% |
| B1 | 5,0% | 6,2% | 6,2% | 2,7% | 5,3% | 3,4% |
| B2 | 17,3% | 21,0% | 20,6% | 10,5% | 18,7% | 11,7% |
| C1 | 22,2% | 25,3% | 28,0% | 15,1% | 23,0% | 17,9% |
| C2 | 25,6% | 25,4% | 24,8% | 25,6% | 27,5% | 26,3% |
| D-E | 27,0% | 18,5% | 17,0% | 44,7% | 21,3% | 38,9% |
| TOTAL | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |

Fonte: ABEP (2016)³⁸.

A Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa (ABEP) é uma das maiores entidades de pesquisas do Brasil, onde uma de suas atividades, por meio de suas metodologias de pesquisa, está relacionada à classificação da distribuição das classes de renda brasileira. Diferentemente da classificação atribuída pelo IBGE, a ABEP desde 2015 passou a adotar um critério diferente de classificação das classes, onde, em vez de classificar de acordo com a renda, a distribuição é feita utilizando um levantamento das condições domiciliares, como por exemplo, levando em conta o grau de instrução do chefe da família e a presença de certos elementos de conforto na residência.

A Tabela 12 apresenta informações cruciais para formulação da análise de viabilidade, visto que, através da verificação dos percentuais de cada classe de renda,

³⁸ Disponível em: <<http://www.abep.org/criterio-brasil>>

é possível estimar a quantidade percentual da população brasileira que estará dentro da faixa de viabilidade do modelo de Controle Residencial proposto.

Com isso, tem-se que, na possibilidade de viabilização do modelo para a classe C2, que possui uma faixa de 25,6% da população total, pode-se afirmar que cerca de 73% da população brasileira estará na faixa de viabilidade do modelo, visto que todas as classes sociais acima da classe C2 automaticamente teriam condições financeiras de custeio do modelo proposto em suas residências. É levando em consideração estes pressupostos que será feita a análise ao final do capítulo.

Porém, apenas saber o percentual de cada faixa de renda não é o suficiente para se tirar conclusões quanto à praticabilidade. É necessário, ainda, do indicador de renda média domiciliar classificado por classe de renda. Através deste indicador será possível estabelecer se o sistema estará dentro do orçamento das famílias de determinada classe social.

Tabela 13 - Renda média domiciliar em 2016

| Estrato Sócio Economico | Renda média Domiciliar |
|--------------------------------|-------------------------------|
| A | 20.888 |
| B1 | 9.254 |
| B2 | 4.852 |
| C1 | 2.705 |
| C2 | 1.625 |
| D-E | 768 |

Fonte: ABEP (2016)³⁹.

³⁹ Disponível em: <<http://www.abep.org/criterio-brasil>>

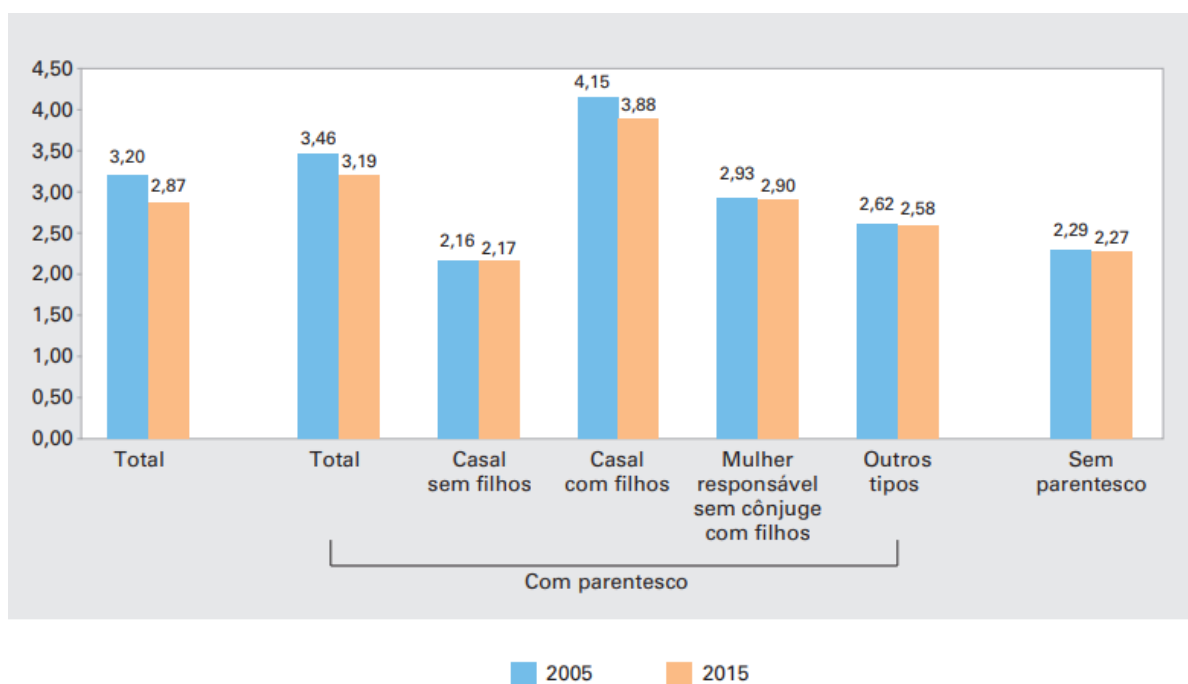
Com o indicador de renda média obtido segundo os critérios da ABEP, finaliza-se a etapa de levantamento dos dados referente à situação financeira das famílias brasileiras.

3.4 Estimativa de custo total da implantação

Esta subseção possui o objetivo de encontrar uma estimativa de custo para a realização da implantação do sistema de Controle Residencial proposto, levando em consideração a quantidade estimada de circuitos necessários para automatizar uma residência padrão brasileira e o custo médio dos componentes necessários para composição do sistema calculados na subseção 3.2 do presente capítulo.

3.4.1 Arranjo domiciliar padrão

Figura 18 - Número médio de pessoas nos arranjos residentes em domicílios particulares 2005/2015



Fonte: IBGE (2016, p. 31 *apud* Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2005/2015, 2016)⁴⁰.

⁴⁰ Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv98965.pdf>>

Segundo dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios do IBGE (2016, p. 35), a quantidade média de pessoas com parentescos⁴¹ nos arranjos domiciliares em 2005 e 2015 foram, respectivamente, de 3,46 e 3,19 pessoas. Já ao levar em consideração os domicílios sem parentescos, esta média apresenta uma queda para o valor de 2,29 pessoas em 2005 e 2,27 pessoas em 2015.

Analisando a média total dos casos, ou seja, levando em consideração os casos de domicílios em que seus membros não possuam grau de parentesco e os domicílios em que seus membros o possuam, chega-se ao número médio de 3,20 pessoas em 2005 e 2,87 pessoas em 2015.

Para compor o propósito da análise, será adotado o indicador de média total do ano de 2015 por retratar a realidade mais próxima do tempo presente. Como seu valor é fracionado, então, para facilitar a modelagem da residência no próximo passo da metodologia, será feita uma aproximação para o valor ligeiramente acima, que neste caso, representa 3 pessoas em média por residência no país.

3.4.2 Modelagem de residência padrão

Segundo a pesquisa feita por Lima (2015, p. 102) na área de Engenharia Elétrica, o censo realizado em 2010 pelo IBGE indicou que 10,7% dos domicílios brasileiros são formados por apartamentos e 86,6% são formados de casas, o que pode-se considerar que, em sua maioria absoluta, os domicílios brasileiros são, por padrão, composto por casas. Ainda levando em consideração a pesquisa feita por Lima, foi constatado que, em média, o número de moradores por domicílio é de 3,3 pessoas, valor bastante próximo do número médio constatado nos indicadores pesquisados na subseção 3.4.1 do presente trabalho, o que reforça a confiabilidade do indicador.

⁴¹ Indivíduos que possuem algum grau de ligação familiar.

Figura 19 - Planta baixa de residência padrão para 3 moradores



Fonte: Lima (2015, p. 102 *apud* Portal Tudo Construção).

A partir de todas essas informações, Lima propôs um modelo de residência que atenda à quantidade média de moradores apontadas pelo indicador que é da ordem de 3 pessoas por residência. Este modelo pode ser visto na Figura 19 retirada do Portal Tudo Construção⁴².

Considerando o modelo proposto de casa padrão, a informação mais importante adquirida é a quantidade estimada de cômodos que uma casa comum no Brasil possui. Neste caso chega-se à conclusão que, em média, o domicílio possui 10 cômodos para abrigar a quantidade de moradores apontados pelos indicadores. Entre os cômodos pode-se considerar:

- 1x Dormitório de Solteiro;
- 1x Dormitório de Casal;
- 1x Banheiro;
- 1x Área de Circulação;

⁴² Disponível em: <<https://www.tudoconstrucao.com/>>

- 1x Sala de Estar;
- 1x Sala de Jantar;
- 1x Cozinha;
- 1x Lavanderia;
- 1x Quintal/Jardim;
- 1x *Hall* (Entrada).

3.4.3 Estimativa de quantidade de circuitos de controle

Seguindo a metodologia de análise, o próximo passo é obter uma estimativa aproximada da quantidade de circuitos de controle necessários para automatizar uma residência padrão no contexto brasileiro. Para isso, será utilizado o modelo formulado na subseção anterior (3.4.2).

Nesta etapa da metodologia, serão adotados critérios empíricos de estimativa, ou seja, com base na vivência e experiência do autor. Com isso, visto a subjetividade deste quesito, cabe ao leitor o direito de interpretação e/ou aplicação de outras medidas que, em seu entendimento, possuam maior grau de sensatez.

Utilizando o número de cômodos como base, será adotado uma estimativa de 5 circuitos de controle por cômodo em média para o cálculo quantidade de circuitos totais na residência. Essa quantidade de circuitos por cômodo é bastante razoável visto que alguns cômodos como o Banheiro e a Área de Circulação, bem como o *Hall* e o Quintal/Jardim, por exemplo, não necessitam de tantos tipos de controle quanto um Dormitório ou uma Sala de Estar, por exemplo. Como o número total de cômodos do modelo é 10 e para cada cômodo, em média, fara-se uso de 5 circuitos de controle, então apenas utilizando de uma multiplicação simples chega-se ao valor estimado de 50 circuitos de controle por residência padrão.

Mas, além de estimar a quantidade de circuitos de controle, para se ter o custo total de implantação deve-se saber como se dá a distribuição de cada circuito proposto. A simples divisão igualitária dos circuitos não é um critério razoável, visto que os controles do tipo Infravermelho e *Dimmer* não possuem a mesma necessidade

de aplicação quanto o Controle Chaveado (Liga/Desliga). Então, para se ter um resultado que represente melhor a realidade, se adotará uma média de 1 Circuito Infravermelho por cômodo, pois não existe a necessidade de mais de um controle deste tipo no mesmo cômodo, por se tratar de um controle geral onde qualquer aparelho do ambiente em questão, teoricamente, terá acesso, e a média de 1 Circuito *Dimmer* por cômodo, visto que não é um tipo de controle que demanda tantas aplicações quanto o controle Chaveado, além de ser um circuito mais caro para o consumidor em geral.

Com isso chega-se ao resultado apresentado na Tabela 14, onde está computado exatamente a quantidade de circuitos estimados para cada cômodo e na residência como um todo, levando em conta os 5 circuitos de controle por cômodo e os 10 cômodos por residência em média.

Tabela 14 - Estimativa da quantidade de circuitos de controle na residência

| | Circuito Chaveado | Circuito <i>Dimmer</i> | Circuito Infravermelho | TOTAL |
|-----------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------|
| Por cômodo | 3 | 1 | 1 | 5 |
| Por residência | 30 | 10 | 10 | 50 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4.4 Custo total de implantação estimado

De posse de todas as informações estimadas referente ao número de cômodos, quantidade de circuitos de controle por cômodo e o preço médio de mercado de cada componente do sistema embarcado obtidos pelo levantamento efetuado nas subseções 3.4.3 e 3.2 do presente capítulo, é possível finalmente estimar o custo total de implantação do sistema em uma residência padrão brasileira. Para isso, basta somar os custos dos equipamentos individuais necessários para suprir a necessidade da residência modelada como demonstra a Tabela 15.

Tabela 15 - Estimativa de custo total de implantação do sistema

| Componente do Sistema | Quantidade por Residência | Preço Médio de Mercado | Custo Total Estimado |
|---|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Placa com Microcontrolador (Arduino <i>Mega</i>) | 1x | R\$ 39,29 | R\$ 39,29 |
| Módulo de Conexão (<i>Bluetooth</i>) | 1x | R\$ 21,34 | R\$ 21,34 |
| Circuito Chaveado | 30x | R\$ 4,22 | R\$ 126,60 |
| Circuito <i>Dimmer</i> (Passagem por Zero) | 1x | R\$ 4,06 | R\$ 4,06 |
| Circuito <i>Dimmer</i> (Disparo) | 10x | R\$ 16,61 | R\$ 166,10 |
| Circuito Infravermelho | 10x | R\$ 2,12 | R\$ 21,2 |
| TOTAL | | | R\$ 378,59 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Vale ressaltar que, para suprir as necessidades da residência modelada, se faz necessário apenas a aquisição de uma unidade do Arduino *Mega*, visto que a placa do mesmo possui portas lógicas suficiente para cobrir toda a *gama* de circuitos de controle estimados, assim como um módulo de conexão *Bluetooth*. E ainda, apenas se faz necessário a aquisição de uma unidade do Circuito de Detecção de Passagem por Zero que integra o Circuito *Dimmer*, pois, como foi dito anteriormente, apenas é necessário um circuito para detectar as referências de passagem por zero da rede doméstica por residência.

3.5 Conclusão da análise

É importante ressaltar que, para a análise de viabilidade de implantação deste sistema, não serão contabilizados os custos referentes aos *smartphones*, que são de fundamental importância para a composição do sistema, pois, pressupõe-se que esta tecnologia já é bastante difundida no território nacional e não se trata de um elemento específico do presente projeto, e sim um aparelho de uso geral. Também não será contabilizado os custos da implantação em si, ou seja, os gastos com mão de obra e com a operação de reforma na residência ao qual se está sendo instalado o sistema de fato, por se tratar de uma questão que pode variar bastante de empresa para empresa responsável pela implantação, e também por ser um aspecto que foge da competência do autor responsável por este trabalho, então, para não comprometer a confiabilidade do trabalho, optou-se pela não inclusão de tal variável que, com certeza, deve-se levar em conta em trabalhos futuros que visem a possibilidade de comercialização do sistema.

Analisando os indicadores a respeito da renda familiar brasileira e as estimativas de custo total de implantação do sistema de Controle Residencial proposto neste capítulo, foi possível colher alguns números bastante significativos através da pesquisa, dentre eles estão:

1. A renda média domiciliar *per capita* do Brasil em 2018 foi de cerca de R\$ 1.373,00, segundo o IBGE;
2. A classe de renda brasileira caracterizada como C2, corresponde a uma fatia de 25,6% da população do país e, esta mesma classe, possui renda domiciliar média da ordem de R\$ 1.625,00, segundo a ABEP;
3. A classe de renda brasileira caracterizada como D-E, corresponde a uma fatia de 27% da população do país e, esta mesma classe, possui renda domiciliar média da ordem de R\$ 768,00, segundo a ABEP;
4. A estimativa de custo total de implantação do sistema proposto, composto por 3 circuitos de controle residencial, foi de cerca de R\$ 378,59 por residência.

Com estes números pode-se verificar que o custo total de implantação representa cerca de 27,57% da renda média domiciliar *per capita* do brasileiro segundo os dados fornecidos pelo IBGE, o que caracteriza um bom indicador de

viabilidade visto que a implantação se dá de uma única vez e não possui custo mensal periódico. Porém, este indicador não possui muita significância isoladamente, pois, não demonstra como a renda é distribuída entre as classes sociais do país, inviabilizando, por exemplo, o entendimento da porcentagem da população que possuiria acessibilidade ao sistema de Controle Residencial proposto.

Com isso, buscando os dados fornecidos pela ABEP, tem-se que o custo total de implantação representa cerca de 23,29% da renda domiciliar média da classe C2, pelo critério dos dados da própria ABEP, ou seja, um custo bastante razoável, fortalecendo o entendimento da viabilidade financeira do setor de automação de residências no país, e, além disso, como a classe C2 representa 25,6% da população brasileira e somando-se aos 47,4% da população referente aos grupos com maiores rendas (C1, B2, B1 e A), tem-se que um total de 73% da população brasileira possui condições financeiras favoráveis à implantação total do sistema proposto, ou seja, uma parcela considerável da sociedade que pode ser medida através dos indicadores da ABEP diferentemente do indicador fornecido pelo IBGE isoladamente.

Para aumentar a porcentagem da população viabilizada pelo modelo proposto, é necessário atingir os 27% restante da população que possuem uma renda média um pouco inferior, representada pelas classes D-E segundo os critérios da ABEP. Para este grupo de renda tem-se que o custo total de implantação representa cerca de 49,30% de sua renda domiciliar média, ou seja, praticamente a metade da renda média, o que pode caracterizar uma situação que compromete a viabilidade de implantação total, visto que a renda domiciliar essencialmente possui finalidades primordiais como alimentação, saúde, higiene, segurança entre outras que, teoricamente, precisam ser levadas em conta em primeiro lugar.

Com o intuito de amenizar os fatores que inviabilizam a implantação do sistema proposto para as classes mais carentes da sociedade, algumas medidas podem ser adotadas, tais como: utilizar soluções de mercado já consolidadas como a prática do parcelamento, preferencialmente sem juros, onde, conseguindo dividir a aquisição total do sistema em, por exemplo, 3 vezes, tem-se que o custo mensal para uma família de classe D-E representa 16,43% de sua renda domiciliar média. Conseguindo parcelamentos maiores e sem taxas de juros, a viabilização se torna cada vez mais favorável.

Outra alternativa para reduzir os impactos de custo da implantação é a aquisição parcial do sistema, ou seja, em vez de automatizar a residência como um todo de uma única vez, o usuário poderia efetuar a aquisição dos controles residenciais à medida que possuir recursos financeiros para tal, mas, para que isso ocorra, o sistema deve ser adaptado para atuar de forma modular e que facilite a entrada de novos controles de forma simples, permitindo que os circuitos de controle possam ser obtidos através de módulos unitários e integrados ao sistema dinamicamente.

4 PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO

A proposta de implantação tem como objetivo a elaboração de um sistema de Controle Residencial modular, aplicável, e de baixo custo, onde um protótipo deste sistema será desenvolvido na prática utilizando os componentes melhor avaliados no critério de custo e benefício efetuado no capítulo anterior, sendo eles, a placa Arduino e seu respectivo microcontrolador, o módulo de conexão *Bluetooth*, bem como os três principais tipos de controle residencial: Controle Chaveado (Liga/Desliga), Controle *Dimmer* e Controle Infravermelho, de forma que atenda ao propósito da viabilidade de implantação no contexto brasileiro, assim como a aplicação da solução proposta no Capítulo 3 a respeito da modularidade do sistema. Para a integração completa do sistema, uma aplicação *Android* também foi desenvolvida para atuar como intermediário entre o usuário e o sistema embarcado.

Como este trabalho possui o objetivo de desenvolver um protótipo de baixo custo, então foram escolhidos três tipos de controle fundamentais para implementação através de módulos. São eles:

- Módulo Chaveado (Liga/Desliga): composto pelo Circuito Chaveado;
- Módulo *Dimmer*: composto pelo Circuito *Dimmer*;
- Módulo Infravermelho: composto pelo Circuito Infravermelho.

Estas formas de controle foram escolhidas por englobar a grande maioria dos controles de aparelhos domésticos convencionais. No entanto, não se exclui a possibilidade de, futuramente, novos tipos de módulos mais sofisticados serem agregados ao sistema proposto, como por exemplo, módulos de controle de sonorização ambiente.

Com a finalidade de fornecer um sistema que favorece a viabilidade de implantação para a sociedade em geral, como dito anteriormente, o mesmo foi projetado com o propósito de ser bastante modular, ou seja, o usuário possuirá a vantagem de agregar mais tipos de controles a medida que possuir recursos financeiros disponíveis, com isso, tal usuário não precisa arcar com o custo de implantação total de sua residência de uma única vez, mas com o passar do tempo novos módulos podem ser adicionados ao domicílio de acordo com a sua necessidade, gerando uma das soluções propostas no capítulo anterior.

Além disso, dependendo da classe de renda do usuário, controles mais sofisticados podem ser agregados além dos três básicos tratados e implementados no decorrer deste trabalho, à medida que novos módulos de controle forem desenvolvidos para o sistema em questão.

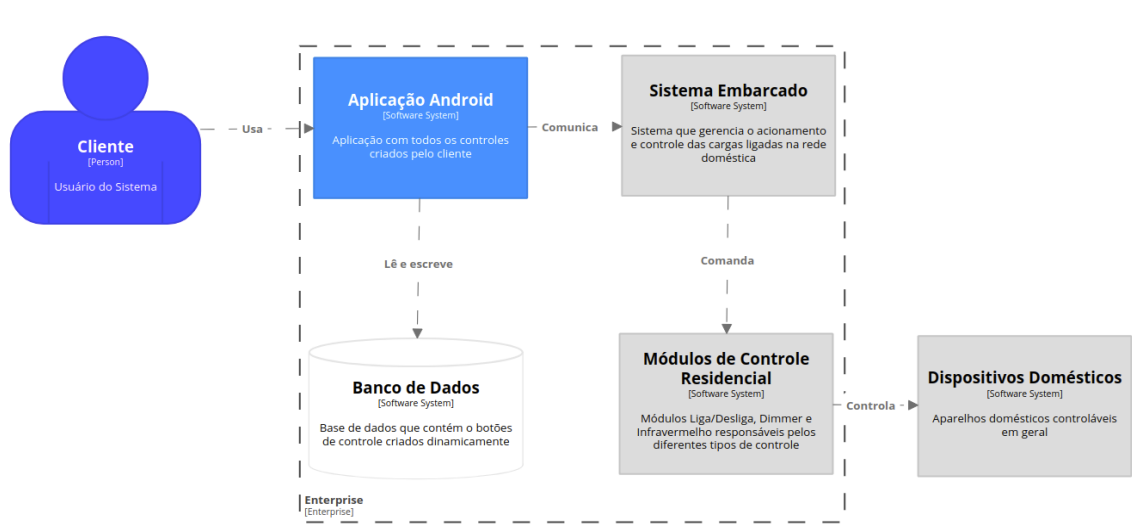
O sistema de Controle Residencial proposto foi projetado para atuar suportando a tensão da rede domiciliar de 220V RMS (Valor Quadrático Médio) e frequência de 60Hz (*Hertz*). Esta configuração é utilizada tanto para alimentar a placa Arduino, com o seu respectivo microcontrolador, como as cargas ligadas às tomadas de saída do protótipo, onde qualquer dispositivo que possuir a característica de controle Liga/Desliga ou *Dimmer* poderá ser controlado.

4.1 Funcionamento do projeto

4.1.1 Diagrama arquitetural

A modelagem da arquitetura do sistema é de fundamental importância para o entendimento do mesmo, a partir dela é possível entender como as partes que compõe o projeto se comunicam e operam em conjunto. Para isso, elaborou-se um diagrama arquitetural que engloba toda a delimitação do projeto:

Figura 20 - Diagrama Arquitetural do Sistema de Controle Residencial



Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir do diagrama acima pode-se entender que a Aplicação *Android* instalada em um *smartphone* é o elemento central utilizado para comunicação entre o Cliente, que é o usuário externo do sistema, e o Sistema Embarcado. A aplicação contém os tipos de controle implementados e salvos no Banco de Dados apresentado no diagrama arquitetural. A partir dos comandos enviados para o Sistema Embarcado através do aplicativo, essas informações serão computadas para gerar o controle de fato dos módulos de controle residencial. Com isso, tem-se uma resposta imediata no acionamento e controle dos Dispositivos Domésticos.

4.1.2 Recursos de software utilizados

Durante o processo de implementação foram utilizados alguns recursos de *software* empregados pela comunidade. Tais recursos são de bastante valia por se tratar de implementações específicas na resolução de seus propósitos. Dentre os recursos mais importantes utilizados estão as APIs *Bluetooth* e *SQLite* da própria plataforma *Android*, além da biblioteca *IRremote* utilizada no sistema embarcado.

4.1.2.1 API *Bluetooth*

Para o desenvolvimento da aplicação *Android*, já que, segundo a análise feita no capítulo anterior, indicou que o módulo *Bluetooth* possui o menor custo dentre os módulos de comunicação avaliados, então foi necessária a utilização da API *Bluetooth* nativa a plataforma com o intuito de fazer a comunicação entre o *smartphone* e o sistema embarcado.

Esta API é nativa no próprio ambiente de desenvolvimento *Android* onde, segundo o seu manual de referência⁴³, a mesma permite:

- Consultar dispositivos *Bluetooth* pareados utilizando o próprio adaptador *Bluetooth* do aparelho;
- Buscar novos dispositivos *Bluetooth*;
- Estabelecer canais *RFCOMM*;

⁴³ Disponível em: <<https://developer.android.com/guide/topics/connectivity/bluetooth?hl=pt-br>>

- Gerenciamento de diversas conexões;
- Tratar a transferência de dados entre dispositivos conectados.

A integração desta API foi de fundamental importância para o prosseguimento do projeto, pois sem a mesma seria inviável tratar a comunicação entre os dispositivos em tempo hábil.

4.1.2.2 Persistência de dados

Para efetuar a persistência de dados, ou seja, o ato de gravar os dados em memória não-volátil para futuros carregamentos ao reiniciar a aplicação, utilizou-se a API também nativa do ambiente de desenvolvimento *Android*, SQLite⁴⁴, representando o banco de dados interno oficial da plataforma. Por se tratar de um banco de dados simples, leve e rápido, sua aplicabilidade ao sistema *Android* é extremamente satisfatória.

De acordo com as palavras de Cordeiro (201-?) em seu artigo no *site AndroidPro*⁴⁵, o SQLite é um banco de dados relacional que possui uma sintaxe em Linguagem de Consulta Estruturada (SQL) que suporta os seguintes tipos de dados: *TEXT*, *INTEGER* e *REAL*. Esses tipos de dados são o suficiente para possibilitar o ato de salvar os botões criados pelo usuário.

O banco de dados é acionado sempre que o usuário cria, modifica ou exclui algum botão de controle na aplicação, e, por se tratar de uma forma de persistência, ao iniciar a aplicação, o banco de dados também é acionado com a intenção de carregar os botões, criados anteriormente, na tela principal do aplicativo.

4.1.2.3 Biblioteca IRremote

Dentre os circuitos de controle dos dispositivos domésticos propostos está contido o circuito infravermelho. Para o envio das informações através do LED infravermelho foi utilizada a biblioteca chamada IRremote⁴⁶. Essa biblioteca foi

⁴⁴ Documentação disponível em: <<https://developer.android.com/training/data-storage/sqlite>>

⁴⁵ Disponível em: <<https://www.androidpro.com.br/blog/armazenamento-de-dados/sqlite/>>

⁴⁶ Documentação disponível em: <https://www.pjrc.com/teensy/td_libs_IRremote.html>

incluída no código do microcontrolador do sistema embarcado e possui as propriedades tanto de recepção de dados quanto do envio dos mesmos.

A recepção dos dados é feita através do componente eletrônico Receptor Infravermelho. Ao se enviar um sinal de controle remoto, por exemplo, este receptor irá captar as informações contidas no sinal e, através da biblioteca em questão, será possível ter acesso ao seu conteúdo, que, para fins da proposta de implantação, consiste basicamente do:

- Tipo de sinal: Que depende do fabricante do aparelho, podendo, por exemplo, ser do tipo SONY, NEC, SAMSUNG, RC5, RC6, UNKNOWN, entre outros;
- Valor: Código infravermelho em si;
- Bits: Número de bits utilizado por este código.

Já a transmissão de dados, é feita através do LED infravermelho, onde o mesmo fará uso dos valores listados acima e enviará os sinais utilizando os recursos também da biblioteca IRremote.

4.2 Sistema embarcado

Conforme analisado no capítulo anterior do presente trabalho, a placa Arduino *Mega*, com seu respectivo microcontrolador, e o módulo *Bluetooth* mostraram-se os melhores no critério de custo-benefício para compor a principal unidade de controle do sistema embarcado. Mas, para fins de prototipagem, optou-se por utilizar o Arduino Uno por não possuir necessidade de utilização de uma grande quantidade de portas de saída para comprovar o real funcionamento do sistema como todo, gerando um gasto ainda menor para o processo de composição do protótipo.

Para atingir a finalidade da proposta de implantação, a programação⁴⁷ do microcontrolador contido no Arduino foi completamente projetada para ser modular. Com isso, torna-se simples a adição, remoção e alteração dos módulos de controle conectados ao sistema, visto que a qualquer momento o usuário pode adquirir um

⁴⁷ Link do código implementado para o Arduino disponível em:
<https://github.com/RafaNunes/Home-Automation-Arduino/tree/master/Arduino_Code/main_controller_bt>

novo módulo e cadastrá-lo ao sistema apenas informando a sua porta lógica, assim como alterando-a.

Outra característica da implementação do sistema embarcado foi a busca por tornar o código mais funcional possível, ou seja, a partir da comunicação entre o sistema *Android*, onde todos os botões de controle do usuário estão disponíveis, será repassado uma série de informações de ordem pré-definidas como é detalhado na Tabela 16, de forma que, internamente, o microcontrolador não precise armazenar nenhuma informação referente aos controles cadastrados, em vez disso, apenas recebê-las sequencialmente e se adaptar aos tipos de controle dinamicamente, garantindo menor alocação de memória no próprio Arduino, visto as limitações de hardware, e garantindo também maior organização, compactação de código e aproveitamento de recursos.

Tabela 16 - Informações repassadas da aplicação para o sistema embarcado

| | Receptor Infravermelho | Módulo Chaveado (Liga/Desliga) | Módulo Dimmer | Módulo Infravermelho |
|------------------|------------------------|--------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Tipo de Controle | 0 | 1 | 2 | 3 |
| Porta Lógica | - | Escolhida pelo Usuário | Escolhida pelo Usuário | Definida pela Aplicação |
| Conteúdo | - | - | Variação de Potência | Formato do Fabricante |
| Bits | - | - | - | Número de Bits |
| Código | - | - | - | Código Infravermelho |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como pode-se observar na tabela acima, cada módulo possui um conjunto individual de parâmetros pré-definidos que podem ser recebidos *via Bluetooth*. É através do primeiro parâmetro (Tipo de Controle) que o sistema embarcado reconhece se o tipo de módulo de controle será o Chaveado, caso receba o valor 1, *Dimmer* caso receba o valor 2 ou será o módulo de controle Infravermelho, caso receba o valor 3. Além dos tipos de módulos, também existe a opção de recebimento do valor 0, significando que o microcontrolador deve se projetar para o recebimento dos sinais infravermelhos de algum controle remoto.

4.3 Módulos de controle

Nesta seção serão apresentados os três tipos de módulos de controle residencial escolhidos para prototipagem da proposta de implantação do presente trabalho. O entendimento e a produção de ambos os módulos foram extraídos do conhecimento adquirido com o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) de Lima e Dias (2015) elaborado no Instituto Federal da Paraíba (IFPB). Para maior entendimento do funcionamento dos circuitos e suas simbologias, recomenda-se a leitura complementar do TCC referido.

Todos os códigos implementados para o controle dos diferentes módulos também estão inclusos na programação do microcontrolador do Arduino utilizado no protótipo⁴⁸.

4.3.1 Módulo Chaveado (*Liga/Desliga*)

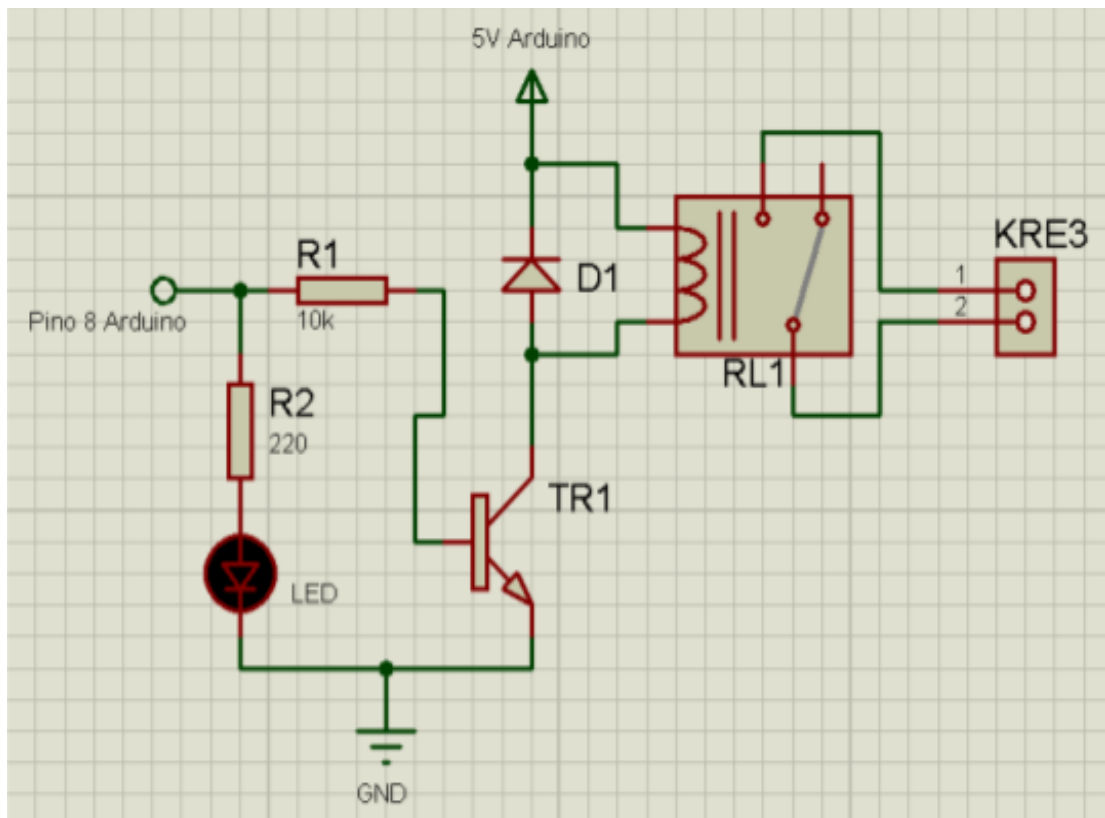
O controle de acionamento de cargas por chaveamento, também conhecido como Liga/Desliga, é possivelmente o tipo de controle mais utilizado em uma residência, pois a partir dele é possível determinar se a carga ligada à rede será energizada, o que caracteriza o seu acionamento, ou desativada, o que caracteriza o seu desligamento. Praticamente todos os eletrodomésticos podem ser controlados a

⁴⁸ Link do código implementado para o Arduino disponível em: https://github.com/RafaNunes/Home-Automation-Arduino/tree/master/Arduino_Code/main_controller_bt

partir deste tipo de circuito, desde um simples acionamento de lâmpadas convencionais até um sistema mais complexo de irrigação, por exemplo.

Para entender este tipo de circuito, é de fundamental importância ter o conhecimento adquirido sobre o funcionamento dos componentes eletrônicos que foram abordados no capítulo específico de fundamentação teórica, principalmente o componente relé, que, além de ser o componente chave deste circuito, ainda é o componente de isolamento elétrico usado para manter o microcontrolador isolado das tensões da rede doméstica.

Figura 21 - Esquemático do circuito Chaveado (Liga/Desliga)



Fonte: Lima e Dias (2015, p.26).

Analisando a Figura 21 acima, temos que o relé (RL1) funciona como interruptor que permite a transição entre os estados de ligado e desligado da carga conectada ao componente KRE3 referenciado na Figura 21. Mas, para que o relé seja acionado permitindo essa transição, é necessário que o microcontrolador conectado ao

transistor (TR1) envie um sinal através de uma tensão de 5V, fazendo com que o relé seja acionado, e, com isso, modificando o estado atual da carga controlada.

Para fins de prototipagem, como medida para melhor visualização do acionamento do circuito, fez-se necessário a adição de um componente LED conectado ao pino de saída do microcontrolador, com isso, sempre que o circuito for acionado, o LED emitirá um sinal luminoso indicando o correto funcionamento do módulo em questão.

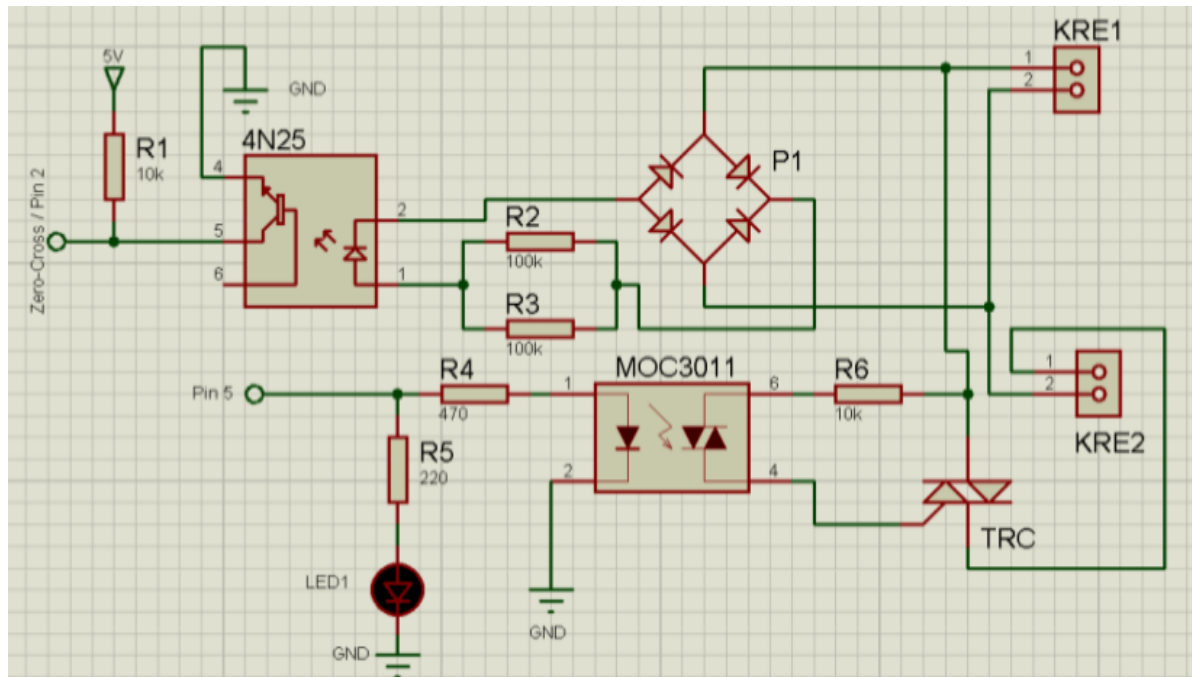
4.3.2 Módulo Controlador de potência (*Dimmer*)

O controle de potência, também conhecido como *Dimmer*, é um tipo de controle bastante interessante pelos ganhos adquiridos com a diminuição da potência consumida nos aparelhos que funcionam com este tipo de circuito.

Suas aplicações também são bastante variadas, podendo ser utilizado no controle de iluminação de lâmpadas, escolhendo a intensidade do seu brilho de acordo com a potência fornecida, utilizado também no controle de temperatura de determinados dispositivos como é o caso do chuveiro elétrico, e até no controle de velocidade de motores, onde a primeira aplicação que se podem imaginar é nos ventiladores de modo geral, controlando a velocidade de sua rotação.

A Figura 22 abaixo representa o esquemático completo do circuito eletrônico de controle de potência que servirá de base para o entendimento de toda esta seção, mas, para entender este circuito, é necessário entender os dois tipos de circuitos que o compõe:

- Circuito de Disparo;
- Circuito de Detecção de Passagem por Zero.

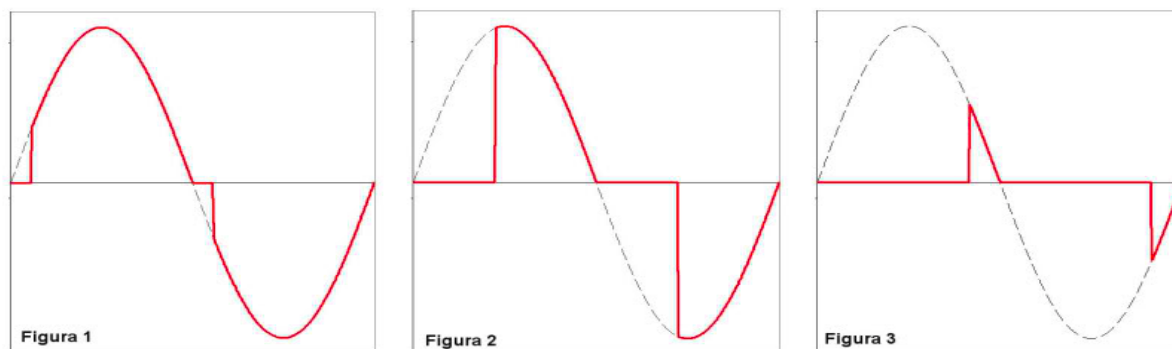
Figura 22 - Esquemático do circuito *Dimmer*

Fonte: Lima e Dias (2015, p.30).

4.3.2.1 Circuito de disparo

A função do circuito de disparo é controlar a potência fornecida à carga conectada, por exemplo, para se obter o brilho máximo de uma lâmpada incandescente, basta que a mesma esteja 100% do seu tempo de acionamento recebendo a corrente da rede doméstica, ou seja, recebendo a potência máxima fornecida pela rede. Já para o caso desta mesma lâmpada possuir a metade da sua intensidade de brilho, é necessário fazer com que o tempo alimentação da lâmpada seja reduzido para 50%, e assim por diante. A Figura 23 apresenta um exemplo do funcionamento na prática de como se dá o comportamento dos disparos quando efetuados próximos do início do ciclo da forma de onda da rede, da metade do ciclo e do final do ciclo, respectivamente.

Figura 23 - Exemplos de disparos do TRIAC em diferentes momentos



Fonte: Retirado do site Lissandro⁴⁹.

Como pode-se constatar, os disparos são sempre efetuados no mesmo ângulo dos semiciclos positivo e negativo da tensão da rede. Este ângulo, por sua vez, varia entre 0° e 180° para cada semiciclo. A relação entre o ângulo de disparo e a quantidade de potência fornecida está no tempo de disparo. Quanto menor o tempo de disparo, menor o valor do ângulo, conseqüentemente, maior a potência fornecida para a carga ligada ao conector (KRE2), já o inverso também é verdadeiro, quanto maior o tempo de disparo, maior o ângulo e, conseqüentemente, menor a potência fornecida.

Quem produz o disparo da alimentação é o componente TRIAC, representado na Figura 22 com a nomenclatura TRC, e quem determina o ângulo de disparo é o microcontrolador do Arduino, mandando pulsos para o acoplador óptico (MOC3011) que contém o componente DIAC, dependendo do comando recebido pelo usuário que informa a intensidade desejada.

Figura 24 - Programação do *Dimmer* no microcontrolador do Arduino

```
// Após passar o tempo calculado para o ângulo de disparo
// O algoritmo envia um pulso de 8,33 microssegundos para o gate do TRIAC
int dimtime = (65 * dimming);
delayMicroseconds(dimtime);
digitalWrite(logical_port_dimmer, HIGH);
delayMicroseconds(8.33); // Tempo de disparo
digitalWrite(logical_port_dimmer, LOW);
```

Fonte: Elaborado pelo autor.

⁴⁹ Disponível em: <<http://www.lissandro.com.br/eletrica/>>

A Figura 24 demonstra como foi implementada a função de controle do circuito de disparo, onde a variável “*dimming*” representa o valor enviado pelo usuário que determinará o ângulo de disparo entre 0° , para a potência máxima da carga, e 180° , para a potência mínima.

O valor 65 fixado na atribuição da variável “*dimtime*” representa a quantidade de tempo, em microssegundos, que cada variação de intensidade de potência possui, ou seja, cada vez que se deseje aumentar 1 nível de intensidade no brilho de uma lâmpada incandescente conectada ao circuito, por exemplo, deve-se decrementar em 65 microssegundos o tempo de disparo do TRIAC. O valor da variável em questão é calculado levando em consideração a frequência da rede doméstica junto com a quantidade de níveis de potência desejado para a variação, que no caso do protótipo foi escolhido o valor de 128 variações para tornar as transições mais suaves. A explicação mais precisa para entender este cálculo se encontra nos comentários do código do microcontrolador do Arduino fornecido anteriormente.

Visto o funcionamento do circuito de disparo, precisa-se entender que é de fundamental importância que o microcontrolador possua a informação de quando a tensão senoidal da rede cruza o valor zero, pois, caso contrário, o Arduino enviaria os disparos em ângulos aleatórios da forma de onda, justamente por não possuir um referencial. Então, deve-se fazer uma detecção de passagem por zero para garantir a informação desse ponto de referência do ângulo de disparo.

4.3.2.2 Circuito de detecção de passagem por zero

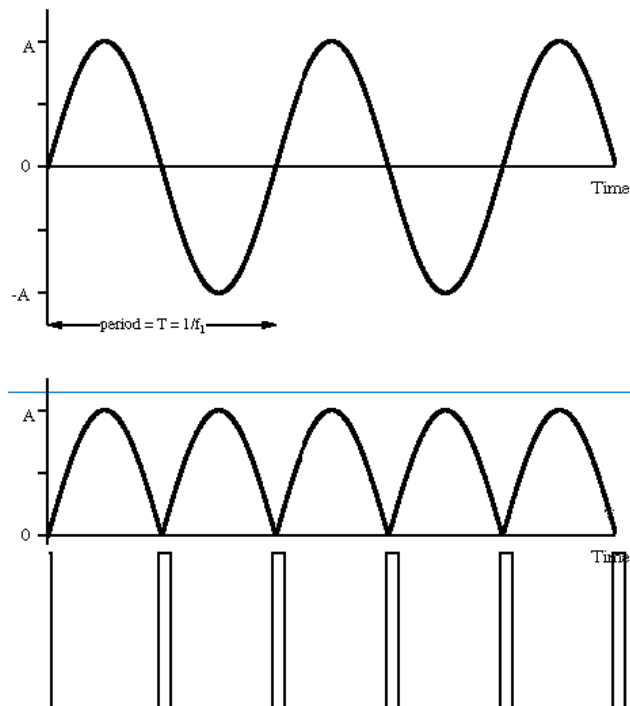
Para o entendimento do circuito de detecção de passagem por zero deve-se prestar atenção nos dois componentes de maior relevância do circuito, que são a ponte retificadora (P1) e o acoplador óptico (4N25) apresentados na Figura 22.

Primeiramente, o componente 4N25 é um acoplador óptico que possui internamente um circuito composto por um LED e um fototransistor, que funciona como interruptor, responsáveis pelo isolamento elétrico do microcontrolador do Arduino. A intenção é fazer com que sempre que a tensão da rede ligada ao conector (KRE1) atingir o seu valor 0 (zero), o LED interno do 4N25 gere um pulso luminoso para informar ao microcontrolador o momento exato de cada passagem por 0V na

tensão desta rede. Como o LED interno sempre estará conectado à fonte de tensão pelo conector (KRE1), então o LED sempre estará acesso internamente, menos no momento em que a tensão atinja o nível de 0V, quando o LED apagará por não possuir uma corrente circulando no circuito.

Porém, como a tensão da rede possui forma de onda senoidal, ou seja, funciona em corrente alternada, não é possível manter o LED interno acesso no semiciclo negativo da forma de onda, pois, por se tratar de um diodo, o mesmo só permite a passagem de corrente em um sentido. Para isso, é utilizado como solução a aplicação da ponte retificadora que, internamente, faz com que a corrente sempre circule no mesmo sentido. A Figura 25 ilustra o comportamento da corrente antes de passar pela ponte retificadora e depois.

Figura 25 - Identificação de passagem por zero



Fonte: Retirado do *site* Arduinodiy⁵⁰.

⁵⁰ Disponível em: <<https://arduinodiy.wordpress.com/2012/10/19/dimmer-arduino/>>

Como pode ser observado na Figura 25, o primeiro gráfico mais acima apresenta a forma de onda senoidal gerada pela corrente elétrica da rede doméstica, ou seja, que percorre nos dois sentidos, já o segundo gráfico, logo abaixo, apresenta a forma de onda da corrente elétrica após passar pela ponte retificadora. Percebe-se claramente que ocorreu um rebatimento do semiciclo negativo para o positivo, o que faz com que, desta forma, o LED interno sempre receba a corrente elétrica no seu sentido de condução, e sempre que atingir o valor mínimo de 0V, um pulso será captado no microcontrolador que a partir deste momento possui a referência do zero da rede doméstica.

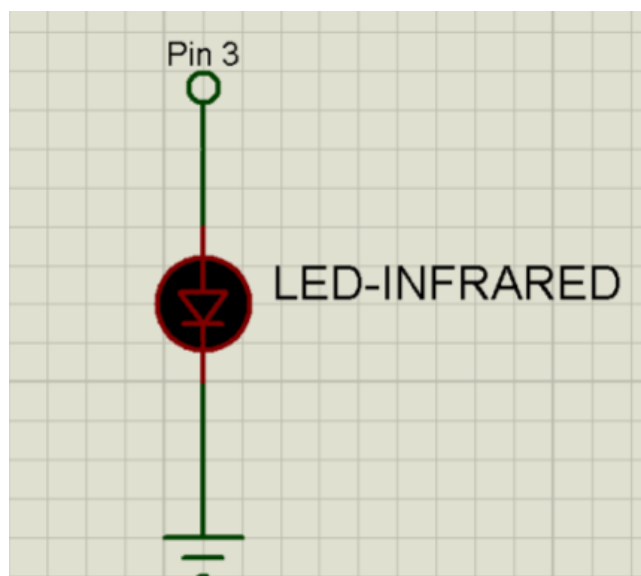
Agora, sempre que um pulso for detectado pela passagem por zero, o algoritmo implementado no microcontrolador chamará a função de acionamento do disparo, citado na Figura 24, com o referencial garantido.

4.3.3 Módulo Infravermelho

O circuito infravermelho faz parte do último módulo desenvolvido como proposta de implantação deste trabalho. A partir deste módulo de controle, é possível obter uma infinidade de tipos de comandos, enviados para os seus respectivos aparelhos domésticos. Um modo de uso interessante é a utilizando a capacidade de simular um controle remoto de aparelhos de televisão, que, inclusive, será utilizado como demonstração do modelo proposto durante a prototipagem. Mas, outras formas de aplicação também podem ser elaboradas, como por exemplo, o controle de aparelhos de ar-condicionado, aparelhos de som e até mesmo o acionamento de portões elétricos entre outras aplicações.

No âmbito do projeto, o circuito faz parte do conjunto de módulos de controle que o sistema embarcado possui. Com isso, o ciclo de funcionamento é bem simples, o microcontrolador (elemento central do sistema embarcado) ao receber da aplicação *Android*, via *Bluetooth*, a mensagem de comando infravermelho, imediatamente se encarregará de enviar os sinais de frequência pelo componente LED infravermelho. O esquemático deste circuito é representado pela Figura 26, onde pode-se notar a baixa complexidade envolvida no desenvolvimento deste módulo, o que acarreta também em seu baixo custo de implantação.

Figura 26 - Esquemático do circuito Infravermelho



Fonte: Lima e Dias (2015, p.34).

4.3.3.1 Receptor infravermelho

Faz parte deste circuito o componente receptor infravermelho, que, no projeto de implantação, possui a finalidade de receber os códigos infravermelhos de um controle remoto que se deseje mapear, e tal código será repassado à aplicação *Android* para o seu devido armazenamento no botão recém-criado ou alterado.

4.4 A aplicação *Android*

Para finalizar a proposta de implantação, esta seção tem o intuito de apresentar os detalhes sobre o aplicativo desenvolvido para integrar o sistema⁵¹. Dentro da arquitetura do projeto, apresentada no tópico 4.1.1 deste capítulo, pode-se perceber que a aplicação *Android* é o meio de comunicação entre o usuário final e o sistema embarcado, portanto, sua implementação se deu visando garantir que o usuário possua o controle dos dispositivos domésticos de forma facilitada, deixando a complexidade das operações encapsuladas dentro da própria aplicação, e modular,

⁵¹ Link do código implementado na plataforma *Android* disponível em:
<<https://github.com/RafaNunes/Home-Automation-Arduino/tree/master/app/src/main>>

permitindo ao usuário um melhor aproveitamento dos seus recursos financeiros e flexibilizando a implantação do sistema em sua residência.

4.4.1 Padrões utilizado

Nem sempre projetar algum *software* é uma tarefa fácil. Diversas vezes o projetista se depara com problemas de desenvolvimento que já ocorreram no passado. Para minimizar este problema, os desenvolvedores podem estudar padrões de projeto e de arquitetura que outros projetos anteriores utilizaram para resolver problemas semelhantes.

Como o nome já diz, os padrões de projeto e arquitetura são utilizados para resolver problemas que ocorrem sempre da mesma forma, e possuindo o conhecimento necessário sobre como funcionam, é possível evitá-los durante o processo de projeto de *software*.

Neste trabalho, alguns padrões de projeto foram utilizados com o intuito de garantir a consistência dos dados, padronizar procedimentos, dar mais legibilidade ao código, e principalmente, melhorar a sua manutenção. Todo o entendimento e aplicação dos padrões foi extraído do livro Padrões de Projeto com autoria de Gamma *et al.* (2008).

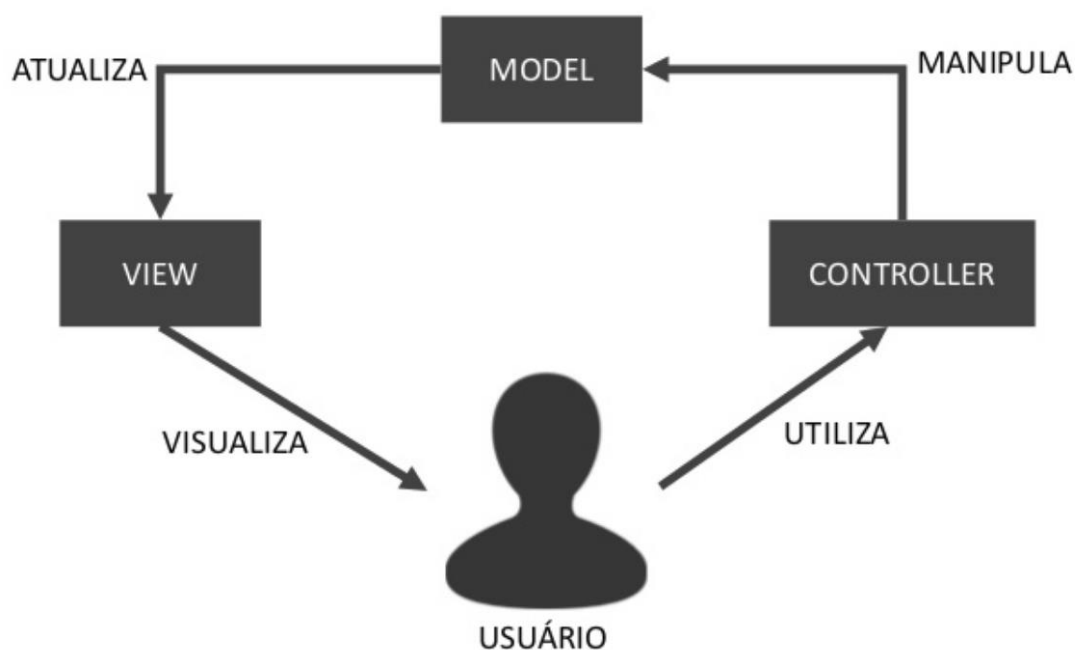
Dentre os padrões implementados para a aplicação *Android* e seus respectivos propósitos estão:

- *Factory Method*: utilizado para gerar a visualização dos botões na tela principal da aplicação. Cada tipo de botão, correspondente a cada tipo de módulo controlável, possui a sua própria fábrica implementada;
- *Singleton*: utilizado na classe gerente de *Bluetooth* e no Banco de Dados, para garantir que apenas uma instância do objeto seja criada e a partir dela todas as demais classes utilizem esta instância;
- *Adapter*: utilizado no gerente de conexão para garantir uma futura adaptação de conexão *Bluetooth* para conexão através da *internet*, e este padrão também é utilizado na geração dos diferentes *layouts* de criação e edição dos botões de controle;

- *Data Access Object* (DAO) (SARDAGNA, 2007): utilizado no acesso ao Banco de Dados interno do sistema *Android*, servindo para encapsular a implementação do acesso aos dados fazendo com que alterações no Banco de Dados não afetem o funcionamento da aplicação, e *vice-versa*.

Além dos padrões de projeto citados acima, também é utilizado o padrão de arquitetura Modelo-Vista-Controlador (MVC) que é bastante comum no desenvolvimento de aplicações *web* e já é discutido desde o século passado, como é o caso do trabalho de Krasner e Pope (1988). Este padrão se preocupa em separar a estrutura do código em 3 camadas interconectadas, como mostra a Figura 27, visando melhorar a manutenção de código, pois cada camada possui suas atribuições específicas além das alterações em uma camada não influírem diretamente nas outras, facilitar o reuso e permitir o desenvolvimento paralelo da aplicação.

Figura 27 - Estrutura de padrão MVC



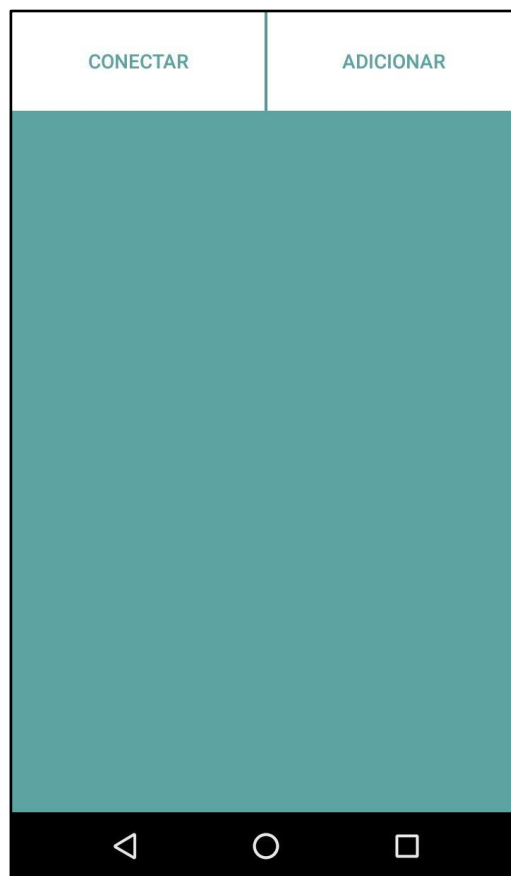
Fonte: Retirado do *site* Slideshare⁵².

⁵² Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/makiyamad/dev-41251453>>

4.4.2 Funcionamento da aplicação

Ao iniciar a aplicação, será apresentado ao usuário a sua Tela a Principal, que representa uma abstração de uma residência. A Tela Principal possui visualização semelhante à ilustrada pela Figura 28, e nela contém toda a lista de botões de controle criados pelo usuário. Ao iniciar a aplicação pela primeira vez, esta tela estará vazia com exceção dos botões “Conectar”, utilizado para estabelecer a conexão *bluetooth*, e “Adicionar”, utilizado para fazer a adição de um novo botão de controle.

Figura 28 - Tela principal da aplicação



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para adicionar um novo botão de controle o usuário apenas precisa selecionar o botão “Adicionar”, sendo assim, redirecionado para a tela de criação de botões de controle ilustrada na Figura 29. Nessa tela pode-se escolher entre os diferentes tipos de controle.

Figura 29 - Tela para criação de botões de controle

Escolha o tipo de controle

CONTROLE CHAVEADO **CONTROLE DIMMER** CONTROLE INFRAVERMELHO

Nome: Luminária

Porta Lógica: 5

CONFIRMAR

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na criação dos botões de controle Chaveado e *Dimmer*, o usuário deverá informar o nome que deseja dar ao controle e a porta lógica escolhida para o acionamento do módulo no microcontrolador do Arduino. Para finalizar a criação do botão basta selecionar o botão “Confirmar” para que o novo botão gerado seja apresentado na Tela Principal da aplicação. Já para o caso da adição de um controle Infravermelho, o sistema embarcado se preparará para a recepção de um sinal infravermelho fornecido pelo usuário através de um controle remoto. Este controle será captado pelo Arduino por meio do seu sensor infravermelho e repassará a informação para o aplicativo *Android* que, de posse do código infravermelho, armazenará essa informação no novo botão de controle criado. Desta forma, o sistema

ganha o seu atributo de modularidade, garantindo que o modelo seja adaptável e flexível ao seu utilizador.

Ao concluir a etapa de criação de botões, a Tela Principal irá conter toda a lista de controles criados, apresentando um visual semelhante ao demonstrado na Figura 30.

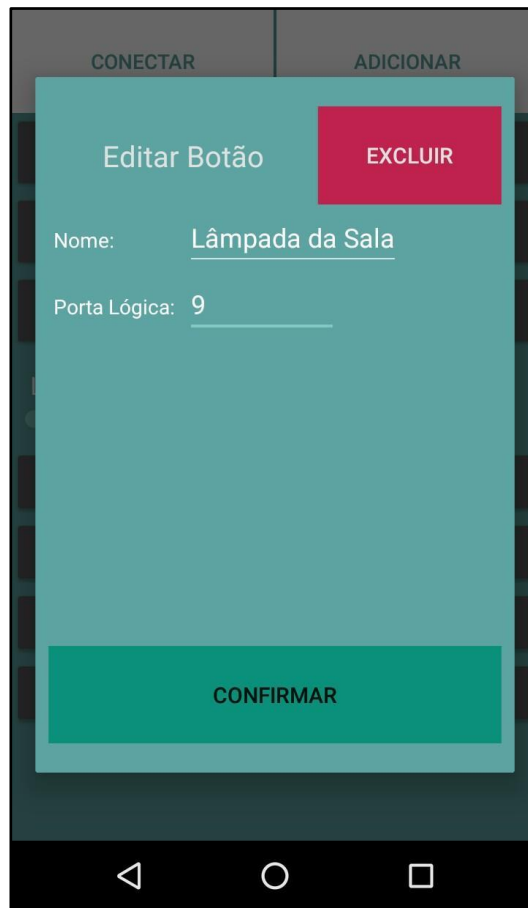
Figura 30 - Simulação de Tela Principal após criação dos botões de controle



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao pressionar qualquer botão de controle na Tela Principal, a aplicação abrirá uma janela de edição de botão como exibido na Figura 31. Nesta janela é possível efetuar tanto a operação de exclusão de botão, ao selecionar o botão “Excluir”, quanto a operação de edição, onde pode-se alterar o nome e porta lógica atribuídos durante a etapa de criação do botão de controle, caso se trate de um controle do tipo *Dimmer* ou Chaveado, ou receber uma nova configuração de controle infravermelho, caso se trate de um controle do tipo Infravermelho.

Figura 31 - Tela para edição de botão de controle



CONECTAR ADICIONAR

Editar Botão EXCLUIR

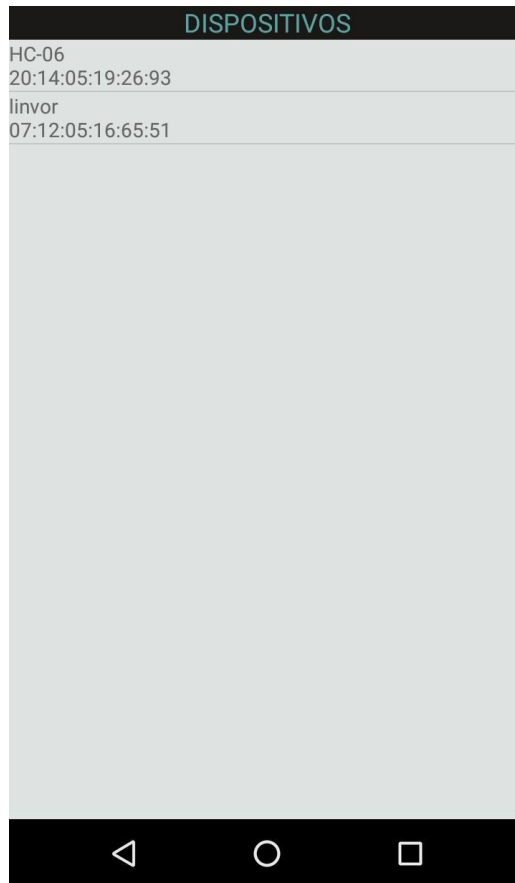
Nome: Lâmpada da Sala

Porta Lógica: 9

CONFIRMAR

Fonte: Elaborado pelo autor.

Terminado o processo de criação dos botões de controle, para que de fato seja possível utilizar o controle dos módulos cadastrados, é necessário estabelecer uma conexão *bluetooth* através da seleção do botão “Conectar”, direcionando o usuário para a uma tela semelhante à demonstrada na Figura 32. Nessa tela, será exibido a lista de todos os dispositivos *bluetooth* pareados no *smartphone* em questão, e, ao selecionar o dispositivo correspondente ao módulo *bluetooth* conectado ao Arduino, já será possível utilizar os botões de controle da Tela Principal.

Figura 32 - Tela para conexão *bluetooth*

Fonte: Elaborado pelo autor.

5 RESULTADOS

Para atestar o funcionamento da prototipagem do sistema proposto, foram utilizadas lâmpadas fluorescentes na aplicação do Módulo Chaveado, uma lâmpada incandescente para demonstração do Módulo *Dimmer* e um aparelho de televisão da marca *Samsung* na demonstração do funcionamento do Módulo Infravermelho.

Como o número estimado de tipos de controle foi de 5 por cômodo, sendo 1 Controle Infravermelho, 1 Controle *Dimmer* e 3 Controles Chaveados, e o protótipo elaborado por Lima e Dias (2015) possuir essa mesma configuração, então foi possível simular exatamente a prototipagem equivalente a um cômodo da residência modelada, permitindo apresentar de forma simples o funcionamento da modularidade do sistema projetado de modo geral, sem a necessidade de implantação do sistema em uma residência física.

Todos os códigos implementados para o sistema embarcado do protótipo elaborado por Lima e Dias (2015) foram modificados, aproveitando apenas o trecho referente ao cálculo do circuito *Dimmer* demonstrado na Figura 24. O esquemático completo do protótipo elaborado pelos autores citados, pode ser observado na Figura 33 apresentada no Anexo B do presente trabalho, assim como o protótipo em si pode ser observado nas Figuras 34 e 35 apresentadas no Apêndice A e B, respectivamente. A única mudança efetuada no *hardware* do protótipo foi o acréscimo de um LED receptor de sinais infravermelho para a composição do Módulo Infravermelho. Este LED, como explicado anteriormente, possui a função de receber sinais de infravermelho adquiridos através, por exemplo, de um controle remoto.

Ao final da etapa de testes das implementações feitas, tanto no sistema embarcado quanto na aplicação desenvolvida para *smartphone* através da plataforma *Android*, conclui-se que o sistema proposto apresentou o funcionamento esperado, ou seja, permitiu o controle dos 3 tipos de módulos projetados e, com isso, atendendo à demanda pela solução modularizada proposta na conclusão da análise elaborada no Capítulo 3 deste trabalho. A única ressalva quanto ao correto funcionamento do projeto se dá em relação ao acionamento do Módulo Infravermelho enquanto o Circuito de Disparo do Módulo *Dimmer* está em operação, que acarreta no não envio dos sinais do Módulo Infravermelho, provavelmente um erro causado pelo uso simultâneo da interrupção do microcontrolador do Arduino.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho serviu para modelar e elaborar um protótipo de um sistema de Controle Residencial, levando em consideração os fatores que favorecem a aquisição deste tipo de sistema para as famílias situadas no Brasil. Além disso, serviu também para contribuir com a documentação sobre o tema, visando fortalecer os estudos na área de aplicação da Automação Residencial, por se tratar de um assunto bastante atual e com potencial de crescimento e consolidação no território nacional.

Ao longo de todo o trabalho foi possível concluir com êxito o objetivo geral, ao analisar a situação econômica das classes de renda brasileira e, a partir delas, entender a abrangência da população que possui capital para viabilização da implantação do sistema proposto.

Além do objetivo geral, os objetivos específicos também foram atingidos visto que possuíam ligação direta com o estudo feito durante a análise e a implementação do protótipo do sistema que, como foi visto nos resultados, apresentou o funcionamento desejado.

Como proposta de melhorias para trabalhos futuros, deve-se considerar a implantação de sensores e programação para que, de fato, o projeto descrito por meio deste trabalho atue de forma automática na residência implantada, com isso, alcançando completamente o patamar de Automação Residencial. Não descartando as futuras pesquisas de mercado, incluindo tais sensores no cálculo, para uma nova análise de viabilidade.

Já para a proposta de implantação, pode-se considerar as seguintes melhorias:

- Estudar a viabilidade de implantação de novos tipos de módulos de controle de baixo, médio e até alto custo;
- Utilizar de sensores como suporte automático para que o sistema possa de fato se configurar como Automação Residencial completamente, bem como estudar a possibilidade de aplicações de inteligência artificial, aprendizagem de máquina e/ou programação de usuário no controle automático do sistema;
- Adaptar o sistema para operar também através da *internet*, possivelmente até permitindo a conexão simultânea entre a *internet* e o *bluetooth*, dependendo de como o usuário desejar no momento;

- Estudar a possibilidade de substituição do módulo de conexão *Bluetooth* por um ESP8266, por possuir um custo financeiro menor e suportar a forma de conexão através da *internet* pelo *Wi-Fi*;
- Melhorar a *interface* de interação com o usuário, permitindo customizações variadas e melhor interatividade.

REFERÊNCIAS

ABEP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE PESQUISA. **Critério Brasil 2015 e atualização da distribuição de classes para 2016**. ABEP. [S.l.]. 2016.

ALMEIDA, D. Módulo Bluetooth HC-05 e HC-06 – Acionando um módulo relé via Bluetooth. **Vida de Silício**, 2017. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/modulo-bluetooth-hc-05-e-hc-06/>>. Acesso em: 13 abril 2019.

ALMEIDA, F.; ALVES, M. POSSIBILIDADES PARA A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO HUMANO. **Encontros de Vista**, Lisboa, n. 3, p. 68-74, maio 2017. ISSN 1983-828X. Disponível em: <http://www.encontrosdevista.com.br/Artigos/Antigos/POSSIBILIDADES_PARA_A_CONSTRUCAO_DO_CONHECIMENTO_HUMANO.pdf>. Acesso em: 18 Abril 2019.

ANDROID. Bluetooth. **Developers Android**. Disponível em: <<https://developer.android.com/guide/topics/connectivity/bluetooth?hl=pt-br>>. Acesso em: 3 abril 2019.

_____. Conheça o Android Studio. **Developers Android**. Disponível em: <<https://developer.android.com/studio/intro?hl=pt-PT>>. Acesso em: 17 abril 2019.

_____. Save data using SQLite. **Developers Android**. Disponível em: <<https://developer.android.com/training/data-storage/sqlite>>. Acesso em: 17 abril 2019.

ARDUINO. HomePage. **Playground Arduino**, 2019. Disponível em: <<https://playground.arduino.cc/Portugues/HomePage/>>. Acesso em: 15 abril 2019.

BENEVIDES, Í. F. D. S.; MORAIS, P. H. P. D.; FERNANDES, V. T. **KERNEL HOME: CASA AUTOMATIZADA COM USO DA DOMÓTICA**. [S.l.]: [s.n.], 2017. Disponível em:

<<http://sistemaolimpo.org/midias/uploads/8e9c685944dbb5b6725b775192defa01.pdf>>. Acesso em: 5 abril 2019.

CANATO, D. A. **Utilização de Conceitos de Integração de Sistemas Direcionados a Domótica**: Estudo de Caso para Automação Residencial. Campinas: [s.n.], 2007. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/265350/1/Canato_DecioAlbino_M.pdf>. Acesso em: 18 abril 2019.

CORDEIRO, F. Guardando Dados com SQLite. **AndroidPro**, [201-?]. Disponível em: <<https://www.androidpro.com.br/blog/armazenamento-de-dados/sqlite/>>. Acesso em: 17 abril 2019.

DIAS, C. L. D. A.; PIZZOLATO, N. D. DOMÓTICA: Aplicabilidade e Sistemas de Automação Residencial. **Vértices**, Campos dos Goytacazes, v. 6, n. 3, p. 10-32, 2004. ISSN 1809-2667. Disponível em: <<http://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/vertices/article/download/1809-2667.20040015/86>>. Acesso em: 5 abril 2019.

EXAME. Novas tecnologias? Brasil corre o risco de se tornar irrelevante. **EXAME**, 29 maio 2017. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/revista-exame/novas-tecnologias-brasil-corre-o-risco-de-se-tornar-irrelevante/>>. Acesso em: 15 abril 2019.

FIRMINO, C. R. S.; PEREIRA, L. S. S.; NUNES, J. D. D. C. **ESTUDO DE VIABILIDADE E IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL NO ABRIGO PARA IDOSOS AMANTINO CÂMARA NA CIDADE DE MOSSORÓ-RN**. II Simpório de Engenharia de Produção: As Contribuições de Engenharia de Produção para a Indústria de Serviços. Sumé: [s.n.]. 2014.

G1. Renda domiciliar per capita no Brasil foi de R\$ 1.373 em 2018, mostra IBGE. **G1 Globo**, 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/2019/02/27/renda-domiciliar-per-capita-no-brasil-foi-de-r-1373-em-2018-mostra-ibge.ghtml>>. Acesso em: 5 fevereiro 2019.

GAMMA, E. et al. **Padrões de Projeto: Soluções reutilizáveis de software orientado a objetos.** São Paulo: bookman, 2000. Disponível em: <https://books.google.com.br/books/about/Padr%C3%B5es_de_Projetos_Solu%C3%A7%C3%B5es_Reutiliz.html?id=U91CYCqTCgkC&printsec=frontcover&source=kp_read_button&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 8 março 2019.

GII - GLOBAL INNOVATION INDEX. **Índice Global de Inovação de 2017.** Universidade Cornell, INSEAD e WIPO. Ithaca, Fontainebleau e Genebra. 2017. (979-10-95870-07-4).

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Síntese de Indicadores Sociais: Uma Análise das Condições de Vida da População Brasileira.** IBGE. Rio de Janeiro. 2016. (1516-3296).

IRREMOTE Library. **PJRC.** Disponível em: <https://www.pjrc.com/teensy/td_libs_IRremote.html>. Acesso em: 14 abril 2019.

JÚNIOR, A. P. D. A.; CHAGAS, C. V. D.; FERNANDES, R. G. **UMA RÁPIDA ANÁLISE SOBRE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL.** Natal: [s.n.], 2003. Disponível em: <<http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17829/material/ARTIGO05.pdf>>. Acesso em: 4 abril 2019.

KEVIN RYE. Arduino Mega 2560. **Kevin Rye,** 2013. Disponível em: <http://kevinrye.net/index_files/arduino_mega_2560.php>. Acesso em: 12 abril 2019.

KRASNER, G. E.; POPE, S. T. **A Description of the Model-View-Controller User Interface Paradigm in the Smalltalk-80 System.** [S.l.]: [s.n.], 1988. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Stephen_Pope/publication/248825145_A_cookbook_for_using_the_model_-_view_controller_user_interface_paradigm_in_Smalltalk_-_80/links/5436c5f30cf2643ab9888926/A-cookbook-for-using-the-model-view-controller-user-interface>. Acesso em: 18 abril 2019.

LIMA, J. C. **ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL A BAIXO CUSTO**. Cariacica: [s.n.], 2015. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/tcc-versao_antiga-pos-banca-2015-07-20-final.pdf>. Acesso em: 5 fevereiro 2019.

LIMA, J. V. G. D.; DIAS, R. N. B. **AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL VIA SMARTPHONE**. Instituto Federal da Paraíba - IFPB. João Pessoa. 2015.

MURATORI, J. R.; BÓ, P. H. D. Automação residencial: histórico, definições e conceitos. **O SETOR ELÉTRICO**, p. 70-77, abril 2011. Disponível em: <http://www.osetoelettrico.com.br/wp-content/uploads/2011/04/Ed62_fasc_automacao_capl.pdf>. Acesso em: 4 abril 2019.

MUTTI, H. D. C. **NOÇÕES BÁSICAS DE ELETROELETRÔNICA PRÁTICA**. Bragança Paulista: [s.n.]. Disponível em: <https://files.comunidades.net/mutcom/Curso_Eletroeletronica_Basica.pdf>. Acesso em: 14 abril 2019.

_____, H. D. C. Noções básicas sobre componentes eletrônicos. **MUTCOM**. Disponível em: <https://files.comunidades.net/mutcom/Nocoos_basicas_de_componentes_eletronicos.pdf>. Acesso em: 10 abril 2019.

NETO, M. P. **AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL**. Campinas: [s.n.], 2009. Disponível em: <<http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/1735.pdf>>. Acesso em: 18 abril 2019.

PASSOS, D. D. S.; ZADRA, A. N. Abordagem de Frameworks e Design Patterns para desenvolvimento de Aplicações. **Revista Pensar Tecnologia**, v. 4, n. 2, Julho 2015. ISSN 2237-5252. Disponível em: <http://revistapensar.com.br/tecnologia/pasta_upload/artigos/a119.pdf>. Acesso em: 18 abril 2019.

REDEL, R.; HOUNSELL, M. D. S. **Implementação de Simuladores de Robôs com o Uso da Tecnologia de Realidade Virtual**. IV Congresso Brasileiro de Computação. [S.l.]: [s.n.]. 2004. p. 396-401.

SARDAGNA, M. **FERRAMENTA PARA APLICAÇÃO DO PADRÃO DATA ACCESS OBJECT (DAO) EM SISTEMAS DESENVOLVIDOS COM A LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO DELPHI**. Blumenau: [s.n.], 2007. Disponível em: <<http://campeche.inf.furb.br/tccs/2007-II/TCC2007-2-25-VF-MarceloSardagna.pdf>>. Acesso em: 8 março 2019.

SILEVIRA, L.; LIMA, W. Q. **Um breve histórico conceitual da Automação Industrial e Redes para Automação**. [S.l.]: [s.n.], 2003. Disponível em: <https://www.dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/trabalho1/trabalho1_13.pdf>. Acesso em: 3 abril 2019.

WIKIPÉDIA. Android. **Wikipédia, a enciclopédia livre**. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Android>>. Acesso em: 13 abril 2019.

ANEXOS

ANEXO A

Tabela 17 - Rendimento domiciliar *per capita* por estado, em reais

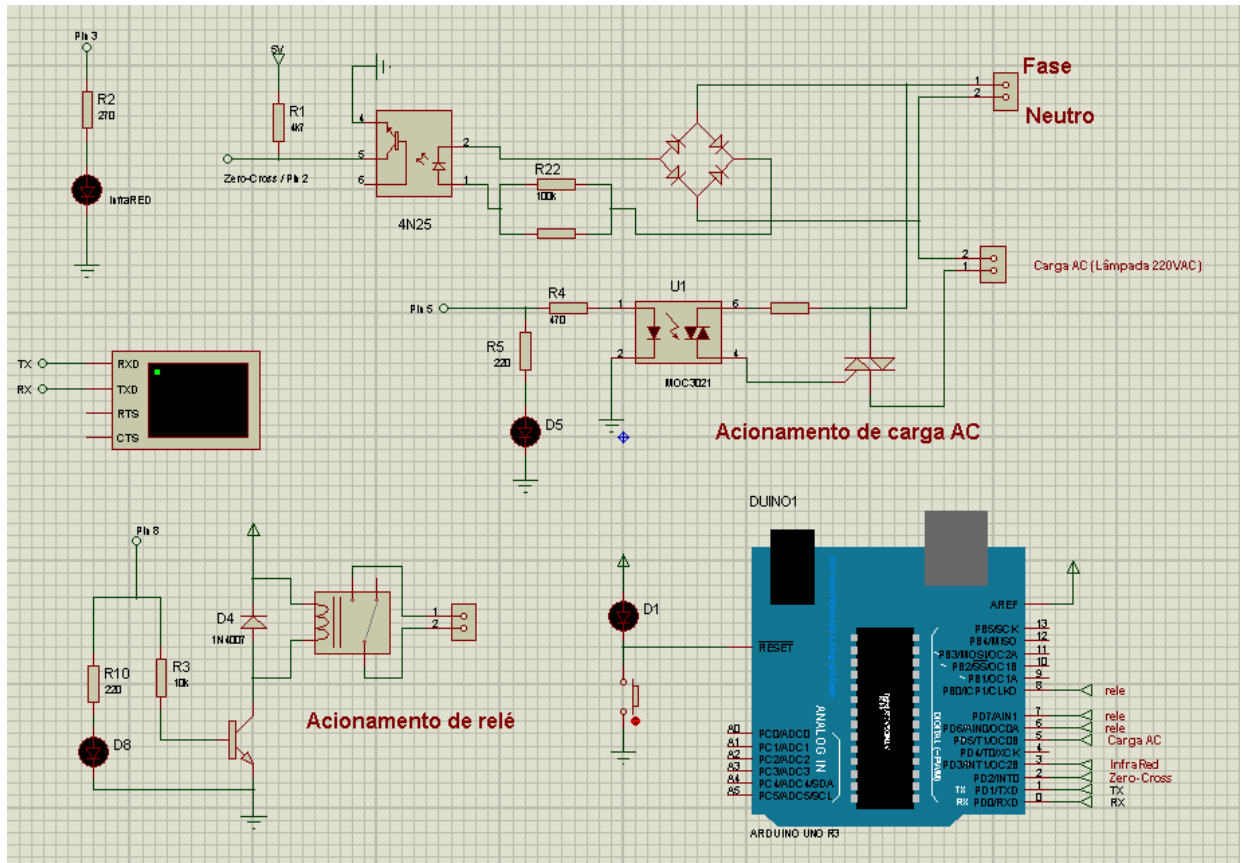
| Estado | 2018 | 2017 | 2016 | 2015 | 2014 |
|---------------------|------|------|------|------|------|
| Brasil | 1373 | 1268 | 1226 | 1113 | 1052 |
| Distrito Federal | 2460 | 2548 | 2351 | 2254 | 2055 |
| São Paulo | 1898 | 1712 | 1723 | 1482 | 1432 |
| Rio Grande do Sul | 1705 | 1635 | 1554 | 1434 | 1318 |
| Santa Catarina | 1660 | 1597 | 1458 | 1398 | 1245 |
| Paraná | 1607 | 1472 | 1398 | 1241 | 1210 |
| Rio de Janeiro | 1689 | 1445 | 1429 | 1284 | 1193 |
| Mato Grosso do Sul | 1439 | 1291 | 1283 | 1044 | 1053 |
| Goiás | 1323 | 1277 | 1140 | 1078 | 1031 |
| Mato Grosso | 1386 | 1247 | 1139 | 1053 | 1032 |
| Minas Gerais | 1322 | 1224 | 1168 | 1128 | 1049 |
| Espírito Santo | 1295 | 1205 | 1157 | 1074 | 1052 |
| Roraima | 1204 | 1006 | 1068 | 1008 | 871 |
| Rondônia | 1113 | 957 | 901 | 823 | 762 |
| Tocantins | 1045 | 937 | 863 | 816 | 765 |
| Amapá | 857 | 936 | 881 | 840 | 753 |
| Paraíba | 898 | 928 | 790 | 774 | 682 |
| Bahia | 841 | 862 | 773 | 736 | 697 |
| Pernambuco | 871 | 852 | 872 | 825 | 802 |
| Amazonas | 791 | 850 | 739 | 753 | 739 |
| Rio Grande do Norte | 956 | 845 | 919 | 819 | 695 |
| Sergipe | 906 | 834 | 878 | 782 | 758 |
| Ceará | 855 | 824 | 751 | 681 | 616 |
| Acre | 909 | 769 | 761 | 752 | 670 |
| Plauí | 817 | 750 | 747 | 728 | 659 |
| Pará | 863 | 715 | 708 | 671 | 631 |
| Alagoas | 714 | 658 | 662 | 598 | 604 |
| Maranhão | 605 | 597 | 575 | 509 | 461 |

Fonte: IBGE, 2019 *apud* Portal G1⁵³.

⁵³ Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/2019/02/27/renda-domiciliar-per-capita-no-brasil-foi-de-r-1373-em-2018-mostra-ibge.ghtml>>

ANEXO B

Figura 33 - Esquemático do protótipo elaborado em 2015



Fonte: Prof. Dr. Ilton Luiz Barbacena, 2015 *apud* Lima e Dias (2015, p. 39).

APÊNDICES

APÊNDICE A

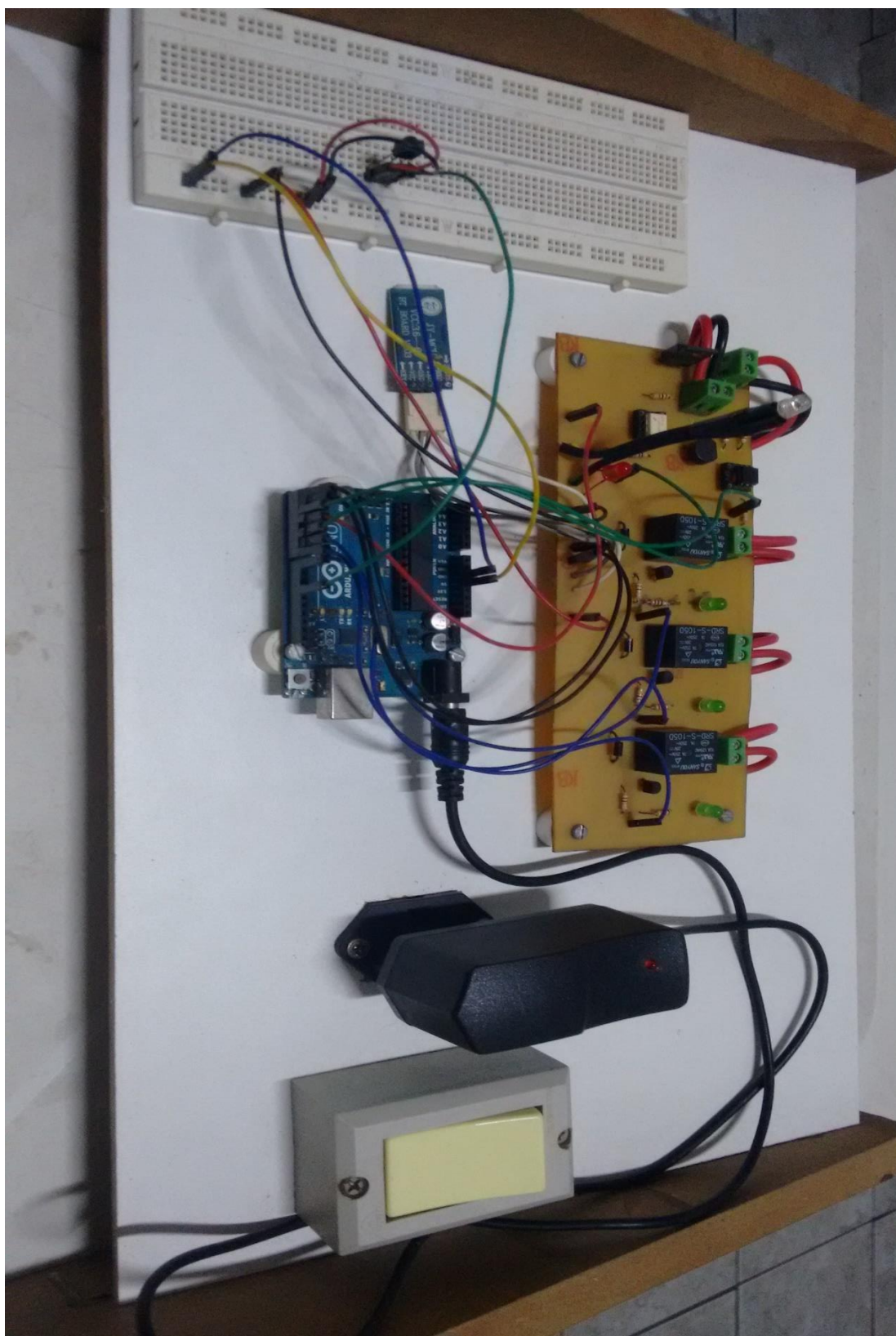
Figura 34 - Imagem frontal do protótipo



Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE B

Figura 35 - Imagem traseira do protótipo



Fonte: Elaborado pelo autor.