

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

FABIO YUJI SOYAMA

Desenvolvimento de *hardware* de dispositivo para controle de aplicações domésticas por idosos:

Guaratinguetá

2021

Fabio Yuji Soyama

Desenvolvimento de *hardware* de dispositivo para controle de aplicações domésticas por idosos:

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Elétrica .

Orientador: Prof. Dr. Daniel Julien Barros da Silva Sampaio

Guaratinguetá

2021

S731d	Soyama, Fabio Yuji Desenvolvimento de hardware de dispositivo para controle de aplicações domésticas para idosos / Fabio Yuji Soyama – Guaratinguetá, 2021. 52 f : il. Bibliografia: f. 48 Trabalho de Graduação em Engenharia Elétrica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2021. Orientador: Prof. Dr. Daniel Julien Barros da Silva Sampaio 1. Automação residencial. 2. Idosos - Tecnologia. 3. Circuitos impressos. I. Título. CDU 681.3.068
-------	--

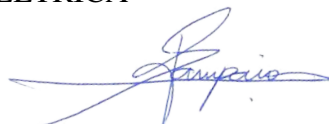
Luciana Máximo
Bibliotecária CRB-8-3595

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

FABIO YUJI SOYAMA

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO PARTE DO
REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE "GRADUANDO EM
ENGENHARIA ELÉTRICA "

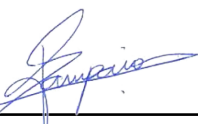
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA ELÉTRICA



Prof. Dr. DANIEL JULIEN BARROS DA SILVA SAMPAIO

Coordenador

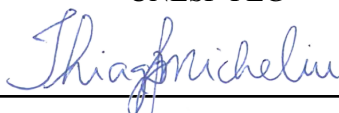
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Daniel Julien Barros da Silva Sampaio
Orientador/UNESP-FEG



Prof. Dr. Samuel Euzédice de Lucena
UNESP-FEG



Prof. MSC. Thiago José Michelin
UNESP-FEG

Março de 2021

DADOS CURRICULARES

FABIO YUJI SOYAMA

NASCIMENTO 15/01/1997 - Guarulhos / SP

FILIAÇÃO Iutaka Soyama
Julia Kazumi Hoshino Soyama

2015 / 2021 Formação acadêmica ou Complementar
(Engenharia Elétrica)
UNESP - Guaratinguetá

Dedico esse trabalho, de modo especial, aos meus pais, pois é graças ao seus esforços que hoje posso concluir a minha graduação e meus amigos pelo companheirismo e auxílio durante toda esta jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Daniel Julien Sampaio, que me auxiliou durante toda a resolução desse trabalho e sempre respondeu as minhas dúvidas de forma compreensível e simples;

Sou grato aos meus pais Iutaka e Julia, e aos meus irmãos Vitor e Roberto, que me ajudaram em diversos momentos da minha vida e, sem eles com total certeza eu não teria conseguido chegar até onde eu cheguei;

Agradeço a todos os meus amigos, pelo apoio e incentivo a sempre perseguir o meu sonho, proporcionando momentos incríveis durante toda a minha jornada;

Também agradeço ao meu companheiro Gustamo Lemos, pela perseverança e assistência durante toda a confecção deste estudo. Sem a sua colaboração, não iria conseguir finalizar este trabalho.

*“O conhecimento tem um começo, mas não tem fim.”
(Geeta Iyengar)*

RESUMO

Pessoas idosas muitas vezes não aproveitam as facilidades do mundo digital por acharem complexas e não intuitivas. Este trabalho visa facilitar o uso da tecnologia para essas pessoas, propondo o desenvolvimento de *hardware* de dispositivos que permitem o acionamento remoto de eletrodomésticos em uma residência. Esta solução será através do estudo de componentes eletrônicos e a criação das placas de circuito impresso de comutadores e de um controlador remoto. Os circuitos comutadores, consistem no chaveamento da alimentação do equipamento na rede elétrica, de acordo com os comandos enviados pelo circuito controlador, através de transmissores e receptores de comunicação rádio frequência. Após a confecção dos circuitos e integração ao *software* desenvolvido, a comunicação rádio frequência se demonstrou eficiente e rápida, com um alcance considerável e sem atrasos. Desse modo, o endereçamento e acionamento remoto do circuito receptor ocorreu da maneira esperada. A partir dos resultados obtidos, os componentes utilizados se apresentaram como boas soluções para o sistema proposto, e o processo de fabricação de placas de circuito impresso foi uma ótima alternativa para a confecção deste. Portanto, tanto no quesito eletrônico, quanto no social, o sistema desenvolvido é eficaz e aplicável por ser barato, intuitivo e simples ao público alvo.

PALAVRAS-CHAVE: Idosos. Hardware. Rádio Frequência. Automação residencial. Placas de Circuito Impresso.

ABSTRACT

Elderly people often do not take advantage of the facilities of the digital world because they find it complex and not intuitive. This work aims to facilitate the use of technology for these people, proposing the development of hardware of devices that allow the remote activation of home appliances in a home. This solution will be through the study of electronic components and the creation of printed circuit boards for switches and a remote controller. The switching circuits consist of switching the equipment supply to the electrical network, according to the commands sent by the controller circuit, through transmitters and receivers of radio frequency communication. After making the circuits, radio frequency communication proved to be efficient and fast, with a considerable range and without delays. In this way, the addressing and remote activation of the receiving circuit occurred as expected. From the results obtained, the components used were presented as good solutions for the proposed system, and the process of making printed circuit boards was a great alternative for making it. In addition, both in electronic and social terms, the developed system is effective and applicable as it is cheap, intuitive and simple to the target audience.

KEYWORDS: Elderly. Hardware. Radio frequency. Residential automation. Printed Circuit Boards.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Transição demográfica da pirâmide etária	17
Figura 2	Pirâmides etárias mundiais e projeções para os próximos anos	18
Figura 3	População idosa mundial	19
Figura 4	Tempo gasto online per capita	20
Figura 5	Porcentagem de uso de instrumentos por faixa etária	21
Figura 6	Conexão da Tomada inteligente	22
Figura 7	Pinagem Arduino Nano	23
Figura 8	Módulos RF 433 MHz	24
Figura 9	Diagrama de blocos de uma fonte linear	25
Figura 10	Diagrama de blocos de uma fonte chaveada	25
Figura 11	Exemplo de Fonte Chaveada	26
Figura 12	Fluxograma do Trabalho	29
Figura 13	Esquemático circuito Transmissor	31
Figura 14	Esquemático circuito Receptor	32
Figura 15	Esquemático: Simulação	33
Figura 16	Acionamento Receptor 100	34
Figura 17	Acionamento Receptor 200	35
Figura 18	Acionamento simultâneo Receptor 100 e 200	35
Figura 19	<i>Pull-Up</i> Arduino	36
Figura 20	Esquemático circuito transmissor	37
Figura 21	Circuito Impresso do Transmissor	38
Figura 22	Pré-visualização 3D do Transmissor	38
Figura 23	Esquemático circuito receptor	40
Figura 24	Circuito Impresso do Receptor	40
Figura 25	Pré-visualização 3D do Receptor	40
Figura 26	Placa de Fenolite e Imagem do circuito impresso	41
Figura 27	Papel do circuito após o aquecimento	41
Figura 28	Circuito impresso na camada de cobre	42
Figura 29	Impressão finalizada na placa de fenolite	42
Figura 30	Placa do transmissor	43
Figura 31	Placa do receptor	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Custos circuito Receptor	45
Tabela 2 – Custos circuito Transmissor	46
Tabela 3 – Custos Kit - Receptor e Transmissor	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
UNESP	Universidade Estadual Paulista
PWM	Pulse Width Modulation/Modulação por largura de pulso
TX	Transmissor
RX	Receptor
RF	Radio-Frequência
AC	Corrente alternada
DC	Corrente contínua
GND	Ground/Terra
NA	Normalmente aberto
NF	Normalmente fechado
PCI	Placa de circuito impresso
EPPROM	Memória Não Volátil
IoT	Internet of Things/Internet das Coisas
Arduino IDE	Arduino Integrated Development Environment/Ambiente de desenvolvimento integrado Arduino

LISTA DE SÍMBOLOS

R\$ Unidade monetária Brasileira (Real)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Motivação e justificativa	15
1.2	Objetivos do trabalho	16
1.3	Organização do trabalho	16
2	ASPECTOS CONCEITUAIS	17
2.1	Contextualização	17
2.1.1	Inversão da pirâmide etária	17
2.1.2	Aumento da expectativa de vida	18
2.1.3	Uso de tecnologia	19
2.2	Estado atual	21
2.2.1	Automação residencial	21
2.2.2	Tomadas inteligentes	22
2.2.3	Adaptação das tomadas inteligentes	22
3	ASPECTOS TEÓRICOS	23
3.1	Arduino	23
3.2	Modulo de comunicação rádio frequência	24
3.3	Fonte de alimentação	25
4	MATERIAIS E MÉTODOS	27
4.1	Materiais utilizados	27
4.2	Fluxograma da metodologia	29
5	DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	30
5.1	Simulação	30
5.1.1	<i>Proteus design suite</i>	30
5.1.2	Esquemático no <i>Proteus Design Suite</i>	31
5.1.3	Programação no arduíno	33
5.1.4	Simulação da comunicação rádio frequência	34
5.2	Circuito transmissor	36
5.3	Circuito receptor	39
5.4	Confecção e montagem das placas de circuito impresso	41
5.5	Tamanho da antena no transmissor	44
5.6	Eficiência e armazenamento	44
6	RESULTADOS	45
6.1	Validação do sistema proposto	45

6.2	Custo do protótipo	45
6.3	Utilização	46
7	CONCLUSÃO	47
7.1	Sugestão para trabalhos futuros	47
	REFERÊNCIAS	49
	APÊNDICE A – PROGRAMAÇÃO DA SIMULAÇÃO	50

1 INTRODUÇÃO

Há muito tempo o processo do envelhecimento da população era algo restrito e quase um privilégio, dadas as condições de subsistência. Nos últimos anos, a ciência e a tecnologia avançaram de forma acelerada nunca vista antes em diversas áreas do conhecimento, buscando e oferecendo melhorias na qualidade de vida e evolução medicinal para a sociedade. Dessa forma, com a redução das taxas de mortalidade, as pessoas estão sendo capazes de viver cada vez mais e o envelhecimento da população já é um desafio encontrado atualmente (SILVA, 2016).

Com os avanços tecnológicos e a digitalização do mundo, muito se fala sobre as *Smart Homes* e *Smart Cities* para melhorar a vida das pessoas. A automação residencial permite que as tecnologias desenvolvidas possam ser usadas em casa no cotidiano.

1.1 MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA

A era digitalização não se resume aos *smartphones*, mas esse é grande indicador que demonstra o quão conectado o mundo está. Entretanto, como toda regra possui sua exceção, existe um seleto grupo de pessoas que está caminhando a passos lentos na transição para essa nova era. Segundo a Eurostat, mais de 70% dos idosos da União Europeia acima de 75 anos não estiveram online no último ano (EUROSTAT, 2019), e um estudo da Pew Reserch Center, uma empresa americana que estuda mudança de tendências mundiais, mostra que os idosos americanos estão aproveitando mais o uso de tecnologia, mas não em comparação com os mais jovens (PEW, 2014). Um dos fatores que influencia a falta de motivação dos idosos na adaptação digital se relaciona ao fato de que eles não vivenciarem em maior parte a experiência da utilização desses recursos. Por isso, é importante evidenciar os benefícios da utilização da tecnologia (KIM, 2008).

Foi estudado também o motivo pelos quais os usuários acima de 65 anos não utilizam com tanta frequência as aplicações, em que Vicki L. Hanson e Bran Knowles foram a fundo no artigo “The Wisdom of Older Technology (Non) Users”, encontrando que o medo de cometer erros, e a responsabilidade social indexada a esse tema são os maiores causadores desse vão entre idades no uso de tecnologia. Portanto, é possível assim implementar o conceito de digitalização a tarefas simples do cotidiano (KNOWLES BRAN, 2018).

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Este trabalho propõe um *hardware* de dispositivo IoT utilizando tecnologia embarcada, tornando possível que idosos controlem equipamentos em sua casa, via tomadas inteligentes. Essas são acionadas a partir de comutadores e sua comunicação é feita através de rádio frequência, apresentando uma solução barata em comparação as atuais tomadas inteligentes no mercado e cumprindo o seu papel fundamental, facilitando o cotidiano do usuário, visto suas limitações físicas.

O trabalho visa a simulação e validação da comunicação rádio frequência, o estudo de componentes necessários nessa aplicação e a confecção final de todos os circuitos do sistema, através de Placas de Circuito Impresso (PCI). O detalhamento do *software*, é descrito no trabalho de Graduação (Desenvolvimento de *software* de dispositivo IoT para controle de aplicações domésticas por idosos) de Gustavo do Rego Monteiro Castro Lemos, com previsão de publicação em março de 2021.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho está dividido em sete capítulos, sendo o primeiro esta a introdução. Os capítulos 2 e 3 referem-se aos aspectos conceituais e teóricos, os quais abordam as informações necessárias com estudos acerca do tema para compreensão da dimensão do trabalho, de maneira global, e também uma revisão de literatura sobre toda a constituição física do protótipo (como as comunicações de rádio frequência, Arduino, etc...), respectivamente. O capítulo 4, Materiais e Métodos, é especificado os componentes utilizados, além de sua metodologia, com fluxograma e etapas de desenvolvimento.

Com o conteúdo apresentado, os capítulos finais correspondem consolidação do trabalho, com o capítulo 5 abordando as simulações prévias realizadas e o desenvolvimento físico do protótipo. Por fim, o capítulo 6, trazendo os resultados e conclusões do protótipo construído.

2 ASPECTOS CONCEITUAIS

2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

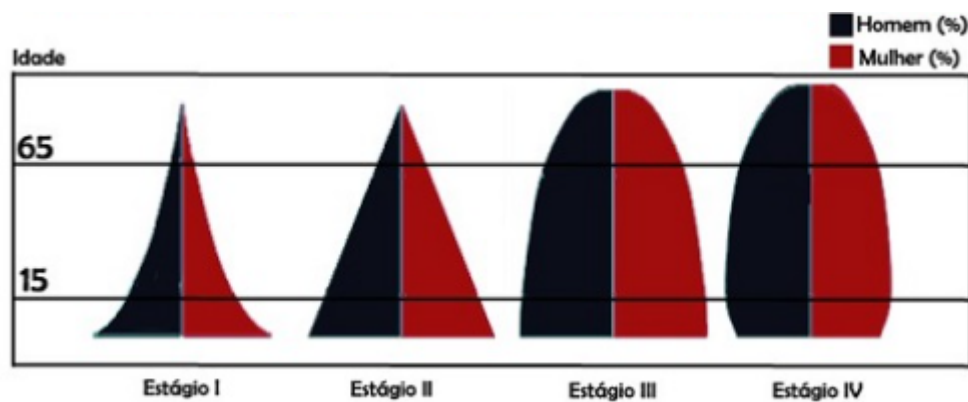
2.1.1 Inversão da pirâmide etária

A pirâmide etária é um recurso utilizado para conhecimento sobre elementos como o número de habitantes de uma dada sociedade em termos absolutos, ou mesmo em valores relativos, distribuição da população segundo gênero e por idade dos habitantes de uma determinada sociedade, como pode ser visto por meio das Figura 1 e Figura 2.

As principais quatro tipos de pirâmide são:

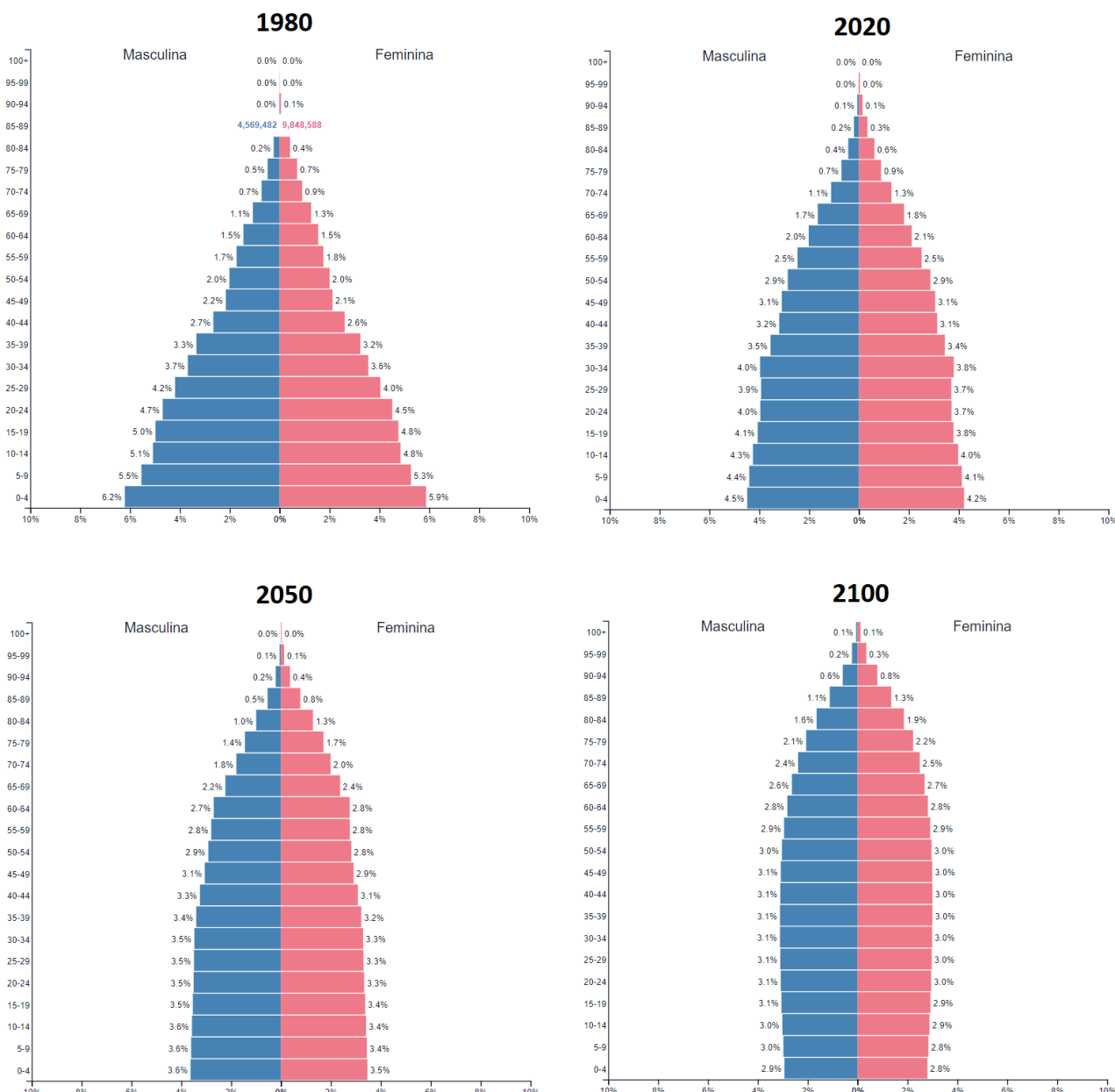
- Pirâmide Jovem: Alta taxa de natalidade e baixa expectativa de vida (Estágio I);
- Pirâmide Adulta: Alta taxa de natalidade e aumento na expectativa de vida (Estágio II);
- Pirâmide Rejuvenescida: Quedas na taxa de natalidade e mortalidade (Estágio III);
- Pirâmide Envelhecida: Envelhecimento populacional (Estágio IV).

Figura 1 – Transição demográfica da pirâmide etária



fonte: Luana Polon (2014).

Figura 2 – Pirâmides etárias mundiais e projeções para os próximos anos



fonte: O.N.U. (2018).

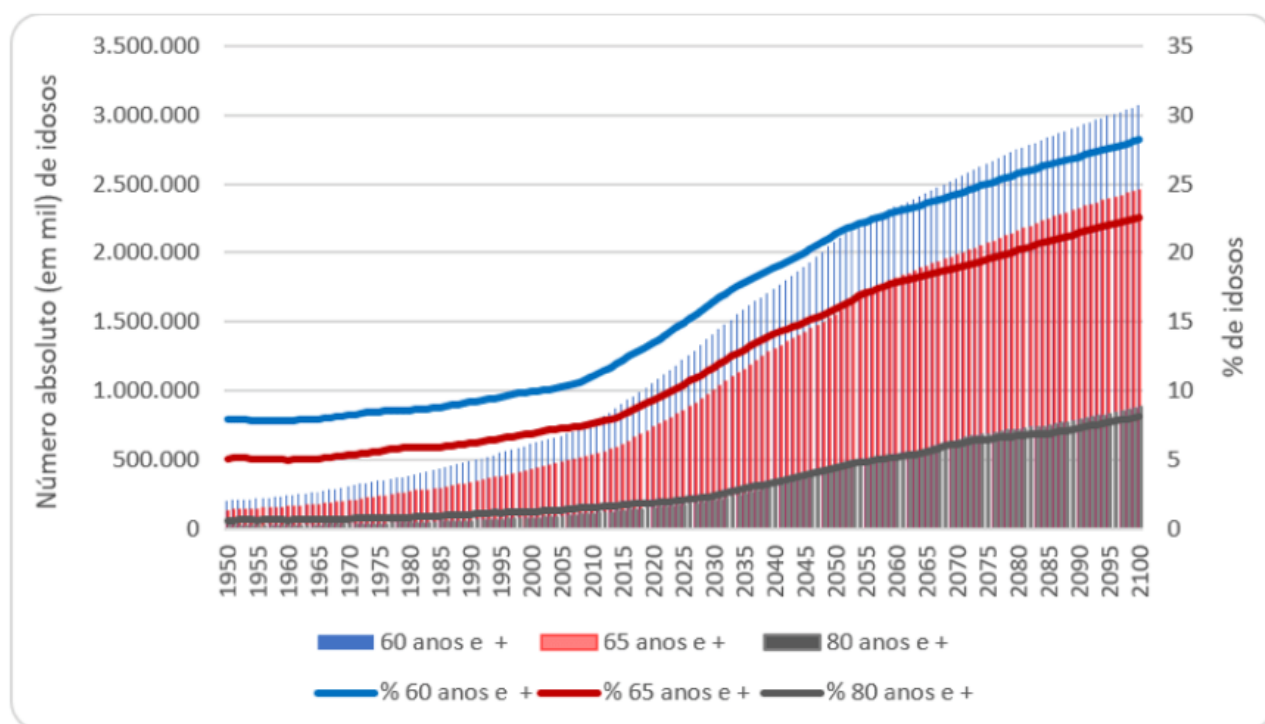
O histórico apresentado reflete claramente o avanço dos estágios nas pirâmides etárias e consequentemente, o aumento do número de idosos.

Pela primeira vez na história, há mais idosos no mundo do que crianças pequenas, sendo 705 milhões de pessoas acima de 65 anos contra 680 milhões entre zero e quatro anos (O.N.U., 2018).

2.1.2 Aumento da expectativa de vida

Em países desenvolvidos são classificados como idosos pessoas de 65 anos de idade, enquanto, os países em desenvolvimento a classificação de idade para idosos é acima de 60 anos (MEIRELES, 2007). Por meio da figura 3 é possível observar o crescimento percentual dessa classe da população nos últimos anos.

Figura 3 – População idosa mundial



fonte: Organização das Nações Unidas (2019).

Enquanto a população mundial deve passar de 11 bilhões de habitantes, a população com 60 anos alcançará a marca de 3 bilhões. Os idosos eram 10% em 2000 e vão chegar a mais de 25% em 2100. Em nenhum outro século do passado houve ou haverá uma mudança tão significativa da estrutura etária. Assim com a transição demográfica, o Agequake só acontece uma vez na história. O século XXI vai ser o século do envelhecimento populacional (ALVES, 2014).

Nesse contexto, a demografia brasileira tem sofrido drásticas mudanças nas últimas décadas, principalmente quanto à inversão da pirâmide etária, colocando os idosos em maior número (FLORES VANESSA BOEIRA; BENVENÚ, 2008).

O crescimento da população idosa ocorre de forma acelerada tanto no mundo, quanto no Brasil. A população brasileira está envelhecendo e pode chegar a 19 milhões de pessoas com mais de 80 anos em 2060 (IBGE, 2019).

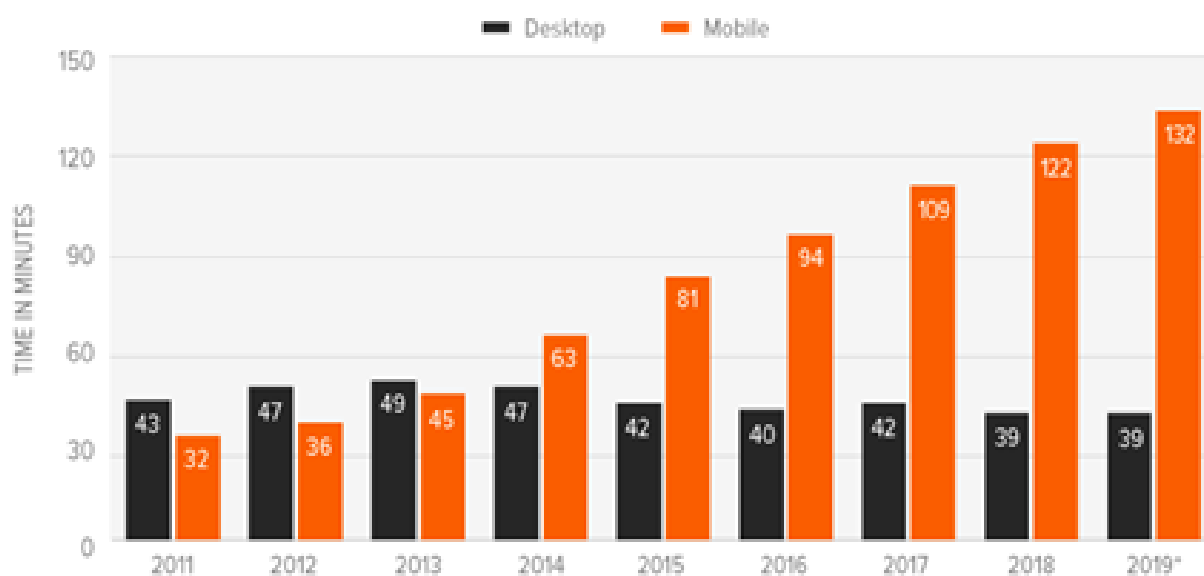
2.1.3 Uso de tecnologia

Durante as últimas décadas, a percepção do avanço tecnológico está cada vez mais explícito. Estamos passando na dita era exponencial, onde cada passo à frente resulta em mudanças drásticas em nosso cotidiano. O primeiro smartphone, criado em 1992, pelo designer norte-americano Frank Canova demonstra claramente esse fator exponencial no uso de equipamento eletrônicos. Desde os primeiros anos, o uso diário de uma ferramenta como o smartphone era casual, feito para poucos. Porém, com o passar do tempo, o custo dos dados transmitidos, peças para fabricar o equipamento e a quantidade de fabricantes favoreceu o aumento exponencial de pessoas utilizando o equipamento, tanto quanto a quantidade de horas diárias gastas na frente da tela do celular.

A facilidade de acesso e uso do celular atingiu a população, e o advento da mudança das redes 3G para o 4G em 2010 foi o ponto chave (PALANDRINI, 2020). Um estudo feito pelo grupo Statista, uma empresa alemã focada em dados de mercado e consumo, mostrou que o tempo diário de uso de smartphones aumentou significativamente, triplicando seu valor entre 2011 e o ano de 2019, como pode ser visto pela Figura 4. O uso dos smartphones definitivamente trouxe ao mundo a era da digitalização, onde a facilidade na transmissão de dados trouxe benefícios a vida de bilhões de habitantes, tanto para rápida comunicação de mídia ou para aplicações em nosso cotidiano.

Figura 4 – Tempo gasto online per capita

Tempo gasto diariamente por pessoa, por dispositivo, pelo mundo (2011-2019)



*Estimate

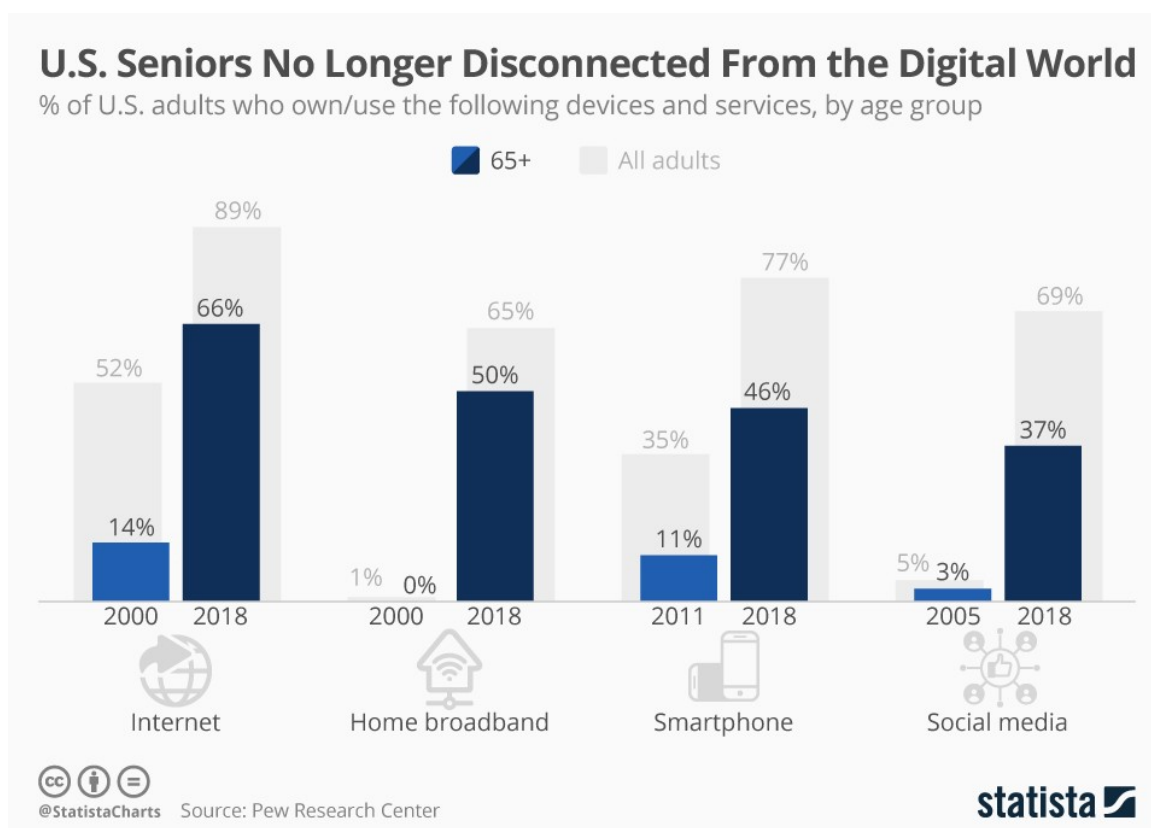
Note: Mobile passed desktop in 2014

fonte: STATISTA (2014).

Mesmo com a era da digitalização, e o avanço tecnológico mais presente no cotidiano, vemos que em grupos específicos da população, esse avanço não tem se alastrado de maneira tão efetiva. Por meio da Figura 5, é possível perceber que a população acima de 65 anos dos EUA tem dificuldade de conexão ao mundo digital.

Dessa forma, é possível compreender que se confirma a tese de que idosos realmente tem uma entrada mais lenta no meio digital, e dessa forma é necessário construir meios que permitam deixar mais intuitivo esse processo, assim como citado no Livro de Vitória Kachar, Terceira Idade e Informática: aprender revelando potencialidades, é necessário apontar o valor dessa nova tecnologia, para que o pontapé inicial seja dado em meio a digitalização (KACHAR, 2003).

Figura 5 – Porcentagem de uso de instrumentos por faixa etária



fonte: STATISTA (2019).

2.2 ESTADO ATUAL

2.2.1 Automação residencial

A automação residencial consiste no controle, programação ou agendamento de eventos para a utilização de equipamentos e dispositivos de uma casa. Desse modo, qualquer aparelho que possa ser ligado a uma rede, como iluminação, portões, ventiladores, eletrodomésticos, entre outros, poderá ser controlado remotamente de acordo com a vontade do usuário. Nesse contexto, ainda com a expansão da Internet das Coisas (IoT), onde qualquer objeto pode ser adaptado para receber e transmitir dados, a digitalização de uma residência se torna muito ampla e o seu controle muito mais complexa e detalhada.

Entretanto, para a implementação da automação em uma residência, muitas vezes é necessária especialistas e técnicos para realizar a instalação adequada e adaptar toda a casa para o controle, pois de acordo com as necessidades, pode ser indispensável um planejamento mais elaborado por envolver o sistema elétrico, de encanamento e ventilação do local, o que apresenta um custo elevado atualmente. Além disso, a maioria dos aparelhos domésticos ainda não são capazes de receber e transmitir dados para realizar o seu comando desejado. Portanto, é inevitável a sua substituição por outro aparelho que seja capaz de se comunicar digitalmente (por exemplo, substituir uma cafeteira normal, por uma cafeteira inteligente), o que gera um custo adicional na implementação.

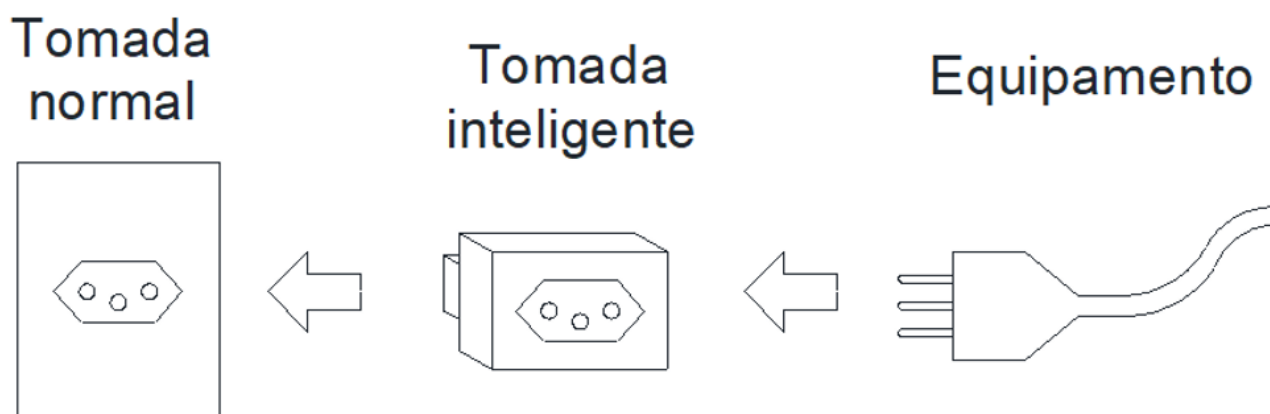
Segundo a Associação Brasileira de Automação Residencial e Predial (Aureside, 2017), um projeto de automatização residencial básico custa a partir de R\$ 6.000.

2.2.2 Tomadas inteligentes

As tomadas inteligentes, são dispositivos que, como qualquer outra tomada normal, fornece energia para os aparelhos conectados a ela. Entretanto, é possível controlar este fornecimento de energia, e consequentemente o acionamento do aparelho de forma remota, integrando-o a digitalização.

As tomadas inteligentes são plugadas em tomadas normais, como se fossem uma espécie de adaptador, onde em sua saída são conectadas qualquer aparelho como demonstra a Figura 6.

Figura 6 – Conexão da Tomada inteligente



fonte: Próprio Autor.

Como sua posição é um intermédio entre a rede de alimentação e o equipamento, a tomada inteligente consegue controlar se fornecerá energia ou não.

Com base no que foi apresentado, uma alternativa funcional, barata e básica em relação a automação residencial são as tomadas inteligentes. Com a utilização delas, é possível interagir de maneira simplificada com os aparelhos eletrônicos sem precisar de uma instalação e adaptação complexa do sistema elétrico da residência e sem substituir o equipamento a ser acionado.

Na data de confecção desse relatório, as tomadas inteligentes tem o custo médio de R\$99,90, e são conectadas diretamente ao próprio celular, por meio da tecnologia *Bluetooth* e *Wi-fi*.

2.2.3 Adaptação das tomadas inteligentes

Atualmente, todas essas tomadas no mercado, realizam comunicação via *Wi-fi*, necessitando assim de um aparelho móvel para o seu uso e controle. Como mostrado anteriormente, a população envelhecida por sua vez, demonstram dificuldades de manusear esses equipamentos sejam por medo ou falta de costume.

A complexidade da rede *Wi-fi* por conta do seu preço dificulta hoje em dia a compra desse produto. Este preço se deve tanto ao módulo *Wi-fi* quanto a construção dos circuitos auxiliares para fazer uma tomada inteligente. Dessa forma, outras maneiras de comunicação podem ser estudadas a fim de baratear o seu custo e diminuir a sua complexidade.

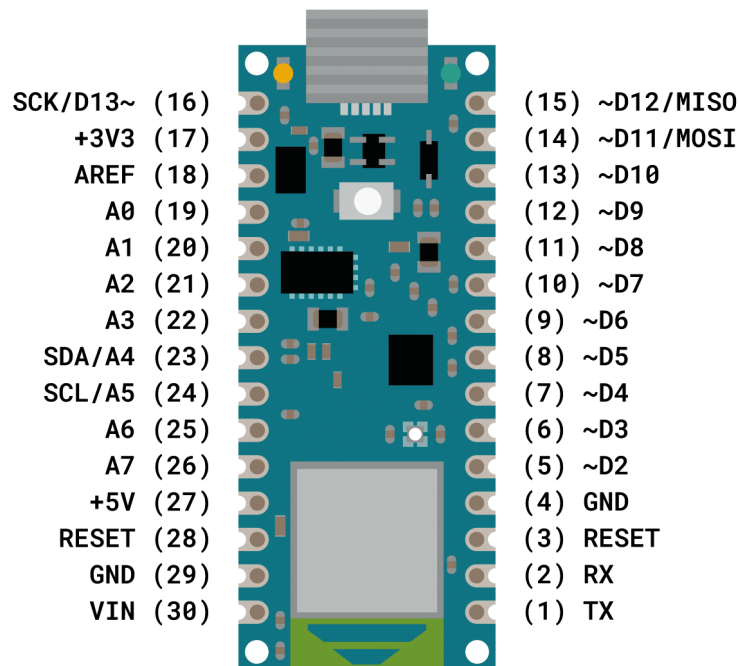
3 ASPECTOS TEÓRICOS

3.1 ARDUINO

Arduino é uma plataforma eletrônica de *Open Source* (em português, código aberto) baseada em *hardware* e *software*. As placas Arduino são capazes de ler e transformá-lo em uma saída, sendo possível controlar a sua placa enviando um conjunto de instruções para o microcontrolador conectado. Para isso, você utiliza a linguagem de programação Arduino (baseada em conexões), e o Software Arduino (IDE), baseado em programação. As placas Arduino e seu *software* capacitam os usuários a construí-las independentemente e, eventualmente, adaptá-las às suas necessidades particulares, crescendo através das contribuições dos usuários em todo o mundo (Site Arduino).

Desse modo, o Arduino é utilizado neste trabalho com o intuito de permitir o processamento dos circuitos de controle, além de possibilitar o tratamento de dados e sinais provindo dos módulos de comunicação de rádio frequência e oferecer demais recursos que podem ser explorados através de seus pinos digitais e analógicos. O microcontrolador também tem como funcionalidade alimentar demais dispositivos presentes no circuito através do seu pino 27 (ver Figura 8).

Figura 7 – Pinagem Arduino Nano



fonte: CAPSISTEMA (2020).

Para o trabalho foi utilizado a versão Nano, barateando o custo da aplicação, e ao mesmo tempo permitindo todas as funcionalidades necessárias. A programação e interface do Arduino foi utilizado, além dos conhecimentos de curso, o livro de Simon MONK, Programação com arduino: começando com sketches (MONK, 2013). O Arduino Nano é representado por meio da Figura 7.

Não foram considerados outros tipos de microcontroladores por conta da familiaridade em tra-

balhar com este microcontrolador, além deste possuir bibliotecas prontas para trabalhar com outros componentes.

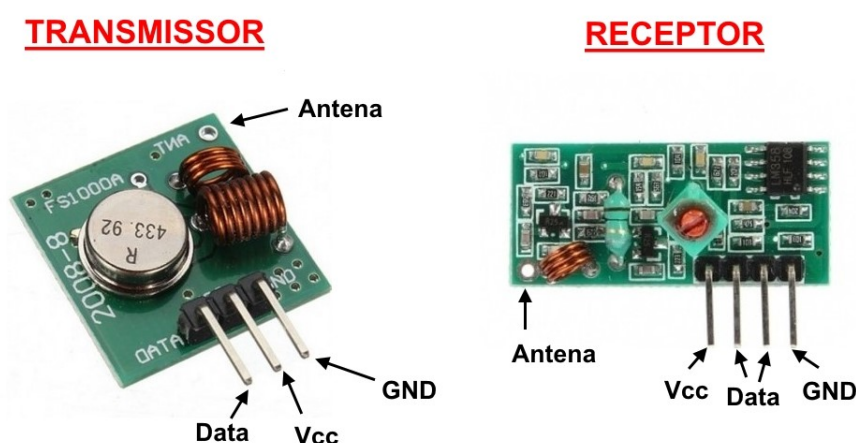
3.2 MÓDULO DE COMUNICAÇÃO RÁDIO FREQUÊNCIA

Um módulo de RF (abreviação de módulo de rádio frequência) é um pequeno dispositivo eletrônico utilizado para transmitir e/ou receber sinais entre dois dispositivos sem fio. O módulo RF é utilizado em muitas vezes quando a comunicação não requer linha de visão, com vários tipos e alcances e nessa forma de comunicação, o transmissor converte sinais digitais ou analógicos em ondas eletromagnéticas, enviando-as para o receptor que decodificam e transformam-nas novamente em sinais digitais ou analógicos (LEE, 2001).

Os módulos de RF são muito pequenos em dimensão e têm uma ampla faixa de tensão operacional, ou seja, de 3V a 12V, são módulos transmissores e receptores de RF de 433 MHz. O transmissor não consome energia ao transmitir o zero lógico enquanto suprime totalmente a frequência portadora, portanto consome significativamente pouca energia na operação da bateria. O transmissor e o receptor são devidamente interligados a seus microcontroladores (em nosso caso, o Arduino) para a transferência de dados, e podem ser compreendidos por meio da Figura 9.

Neste trabalho, o RF é necessário para emitir o sinal de endereço do transmissor ao receptor. Caso seja confirmado, o receptor receberá o sinal e ativará o funcionamento do resto do circuito.

Figura 8 – Módulos RF 433 MHz



fonte: FILIPEFLOP (2013).

3.3 FONTE DE ALIMENTAÇÃO

Para uma autonomia de energia da tomada inteligente e o funcionamento de todos os seus dispositivos internos, é necessária uma fonte de alimentação DC de baixa tensão. Seria inconveniente para o usuário precisar trocar as baterias de suas tomadas sempre que elas se esgotassem. Dessa maneira, o próprio circuito interno da tomada irá se aproveitar da energia da rede e converterá a tensão 127/220 Volts 60 Hz AC para 9 Volts DC.

Para isso, existem as fontes de tensão de alimentação lineares e chaveadas. A primeira, utiliza-se de um transformador de baixa frequência (60 Hz) para abaixar a tensão da rede elétrica e realizar a sua retificação, filtragem e regulação, na Figura 10.

Figura 9 – Diagrama de blocos de uma fonte linear

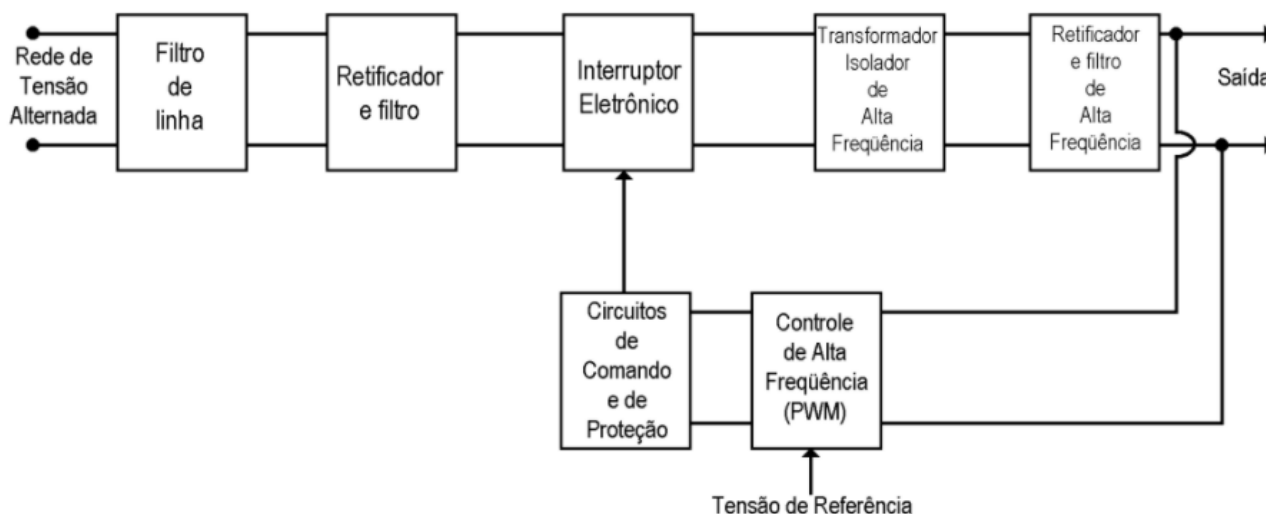


fonte: SANUSB (2020).

Entretanto, esse tipo de fonte é mais pesada e maior, demandando um espaço adicional para o circuito, o que não é interessante quando o assunto é sobre tomadas inteligentes.

Além disso, sua alta dissipação de calor e sua eficiência energética durante a conversão não são agradáveis também nesse contexto. Já que a tomada inteligente estará ligada ao todo momento, seria péssimo a elevação da temperatura e o baixo rendimento contínuo da economia de energia do circuito. Dessa maneira, claramente se torna viável o uso das fontes chaveadas para esta aplicação. Porém, esta é muito mais complexa que a anterior e exige alta especialização em eletrônica para o seu desenvolvimento, como pode ser visto por meio da Figura 11.

Figura 10 – Diagrama de blocos de uma fonte chaveada



fonte: SANUSB (2020).

Resumidamente, a conversão da tensão da rede para corrente contínua é feita através de um chaveamento em alta frequência, onde a regulação da tensão de saída é obtida variando-se a largura dos pulsos de *PWM*. Assim, pela alta frequência no processo, possibilita a utilização de transformadores bem menores com maior rendimento energético.

Todas as fontes de alimentação dos aparelhos hoje em dia são feitas com fontes chaveadas, como demonstrado na Figura 12.

Figura 11 – Exemplo de Fonte Chaveada



fonte: FILIPEFLOP (2013).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS UTILIZADOS

Para o desenvolvimento do dispositivo proposto, são necessárias três placas, dois circuitos receptores, e um circuito transmissor. O circuito transmissor é controlado pelos usuários, enquanto os circuitos receptores são projetados para chavearem a rede ao equipamento.

No circuito transmissor, foi utilizado uma bateria 9V para alimentação dos circuitos, ligada ao microcontrolador Arduino Nano, no qual é inserido toda a programação do protótipo. A partir da tensão do pino 5V do Arduino, junto a um resistor 220 Ohms, o *display* Nokia 5110 é a interface usuário-máquina, para que seja possível a visualização de todos os recursos previstos na programação. Na interface do *display*, existem quatro botões, onde dois servirão para navegação, um para mudança de página e um último sendo encarregado da função Enter. Ao mesmo tempo, quando pressionado o botão Enter, o módulo transmissor rádio frequência atuará enviando o sinal adicionado ao módulo receptor. Dessa forma o circuito transmissor tem os componentes resumidos abaixo:

- 1 Microcontrolador Arduino Nano;
- 1 *Display* Nokia 5110;
- 1 Módulo transmissor rádio frequência;
- 4 *Push-buttons*;
- Resistor 220 Ohms.

Por sua vez, no circuito receptor sua alimentação é diretamente pela rede. Por meio de uma fonte chaveada, é possível abaixar sua tensão para 9V, que alimenta o microcontrolador Arduino Nano. Sua programação tem como o objetivo receber a mensagem do circuito transmissor. Caso a mensagem corresponda com seu endereço, é feito o acionamento do relé, que junto ao diodo, comuta e permite a passagem de corrente da rede ao equipamento. Junto relé, também como dispositivo de segurança, existe um fusível de 10A. Os componentes do circuito receptor são resumidos abaixo:

- 1 Microcontrolador Arduino Nano;
- 1 Módulo receptor rádio frequência;
- 1 Fonte Bivolt 9V/1A;
- 1 Relé 5V/127 220V 10A;
- 1 Fusível de Vidro 10A;
- 1 Diodo 1N4007;
- 1 Entrada de tomada convencional.

Para a confecção das Placas de Circuito Impresso são necessários nesse processo, os seguintes materiais:

- Papel Fotográfico;
- Placa de Fenolite Cobreado;
- Ferro de Passar Roupa;
- Percloroeto de Ferro;
- Palha de Aço;
- Ferro de Solda;
- Estanho;
- Cabos e fios.

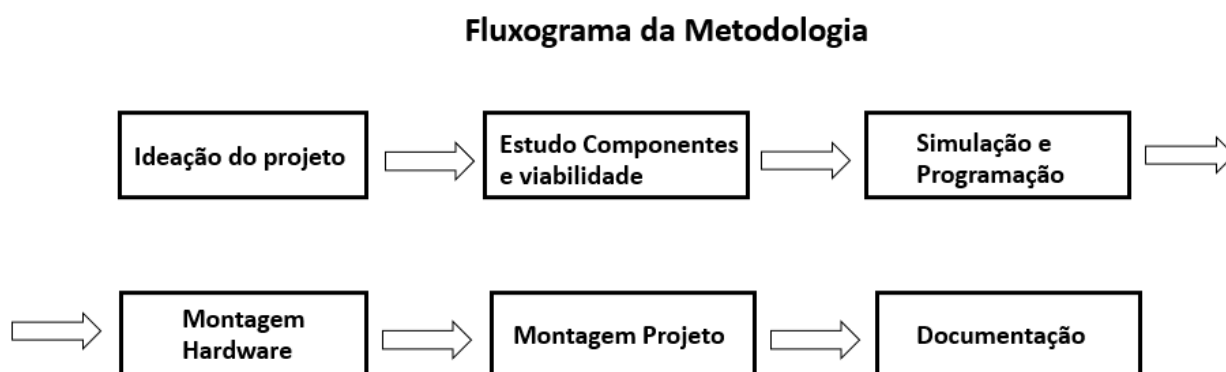
4.2 FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA

Com base no que foi apresentado, este trabalho visa desenvolver equipamentos que possam ser úteis e intuitivos no dia a dia da população envelhecida. Para isso, o trabalho e estudo foram divididos nas seguintes etapas:

1. Ideação do trabalho: Alinhamento de expectativa, para compreensão do seu resultado;
2. Estudo Componentes e Viabilidade: Entendimento se é possível confeccionar o protótipo assim como foi idealizado. Para isso, será estudado os componentes a fundo para compreensão dessa possibilidade;
3. Simulação e Programação: A partir da viabilidade do trabalho, é necessário colocar em prática com softwares de simulação, antes da compra dos componentes e montagem;
4. Montagem Hardware: Deverá ser confeccionado as placas, além da finalização do circuito junto a seus testes;
5. Montagem do Protótipo: Com os componentes finalizados, deverá adaptá-los de acordo com as dores analisada na introdução dessa relatório;
6. Documentação: A finalização do relatório e apresentação do trabalho será o último passo do trabalho.

O fluxograma é representado pela Figura 13.

Figura 12 – Fluxograma do Trabalho



fonte: Próprio Autor.

5 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

5.1 SIMULAÇÃO

Com base nas tecnologias escolhidas para esse trabalho, houve a necessidade de simular de forma satisfatória o sistema a ser desenvolvido, para verificar a sua eficácia, o seu funcionamento, e para prever o que será essencial para seu desenvolvimento antes de se seguir com a aquisição dos componentes e montagem do circuito.

Para isso, o *software* Proteus se apresentou uma ótima solução, pois, além de possuir bibliotecas que permitem simular todos os componentes do projeto, os seus recursos são fundamentais para o desenvolvimento das PCI (Placa de circuito impresso) para a montagem do protótipo final.

A simulação consiste tanto no teste de *hardware* do circuito, utilizando o *software* Proteus, quanto sua programação, pelo Arduino. Como existe a integração entre as duas plataformas por meio de bibliotecas, foi possível simular todo o funcionamento do esquemático.

Nessa seção, é detalhado o objetivo e funcionamento do Proteus, para depois detalhar a montagem de seu circuito, e da mesma forma para o Arduino IDE. Ao final, é mostrado o resultado, com os testes de caso, que são esperados a se obter na prática.

5.1.1 *Proteus design suite*

O *software* Proteus Design Suite, lançado em 1988 e desenvolvido pela Labcenter Electronics Ltd, é usado para desenvolvimento de projetos eletrônicos. Ele possui uma vasta biblioteca de componentes, permitindo que o usuário simule e crie esquemáticos para serem implementados em PCI. Para o uso do *software*, foi instalado no computador sua versão gratuita (demonstração), visto que é possível montar o esquemático para o projeto e testá-lo imediatamente, possibilitando a importação de bibliotecas, e consequentemente, sendo possível fazer a conexão com o Arduino.

Nesse quesito, com o objetivo de unir o *hardware* a programação, foi necessário importar bibliotecas já disponíveis na internet para suprir a demanda dos componentes, e também permitir a conexão entre o circuito e sua programação, feita pelo Arduino. As bibliotecas utilizadas foram:

1. Simulino – Integração com o Arduino;
2. Nokia 5110 – *Display* LCD;
3. Módulo TX RX – Transmissor e Receptor rádio frequência

Os demais componentes necessários para montagem do esquemático já existiam previamente no software escolhido, assim foram adicionados de forma a ter o resultado esperado.

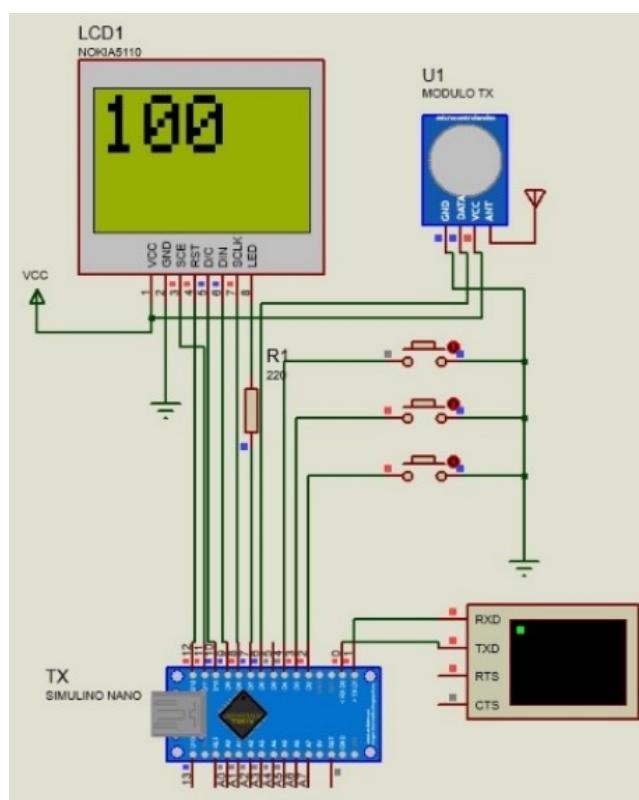
5.1.2 Esquemático no *Proteus Design Suite*

Para montagem do circuito no Proteus, separamos em duas partes. Um circuito transmissor RF, para emitir a informação selecionada pelo usuário, e um circuito receptor, com o objetivo de ligar e desligar a alimentação provinda da rede de acordo com a informação recebida por meio do transmissor.

No circuito transmissor, existem os seguintes componentes que podem ser analisados por meio da Figura 14:

1. *Display* LCD;
2. Arduino Nano;
3. Módulo Transmissor RF;
4. 3 Push Button;
5. Fonte 9V DC;
6. Virtual Terminal.

Figura 13 – Esquemático circuito Transmissor

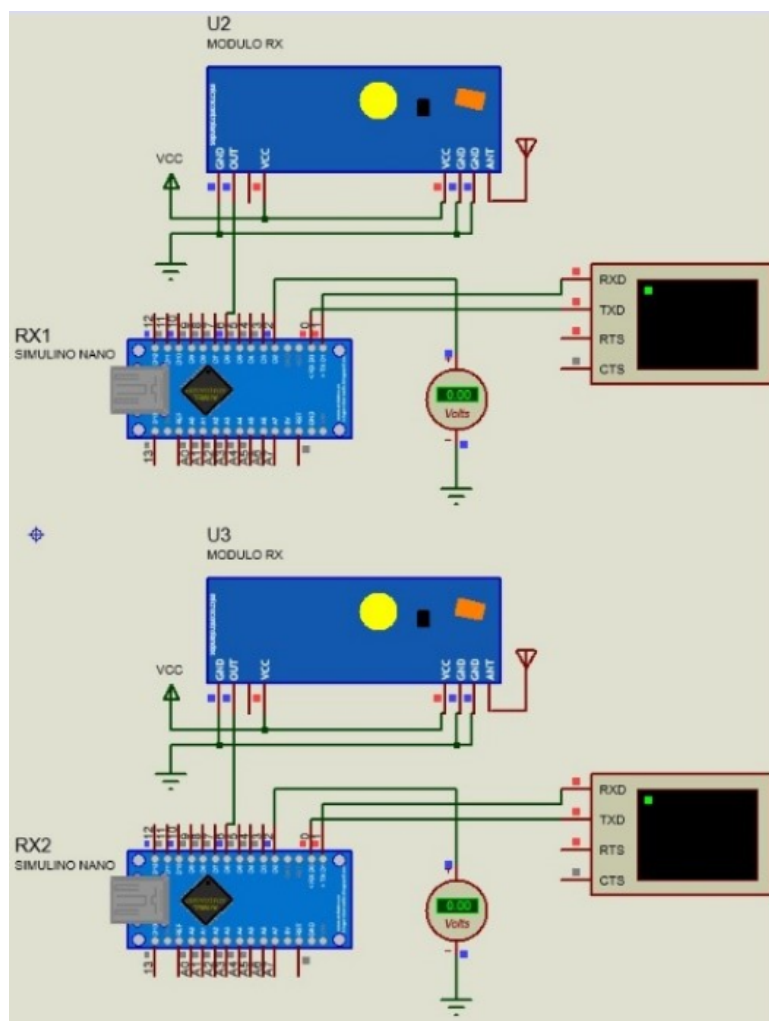


fonte: Próprio Autor.

Nos circuitos receptores, existem os seguintes componentes que podem ser analisados por meio da Figura 15:

1. Arduino Nano;
2. Módulo Receptor RF;
3. Voltímetro;
4. Fonte 9V DC;
5. Virtual Terminal.

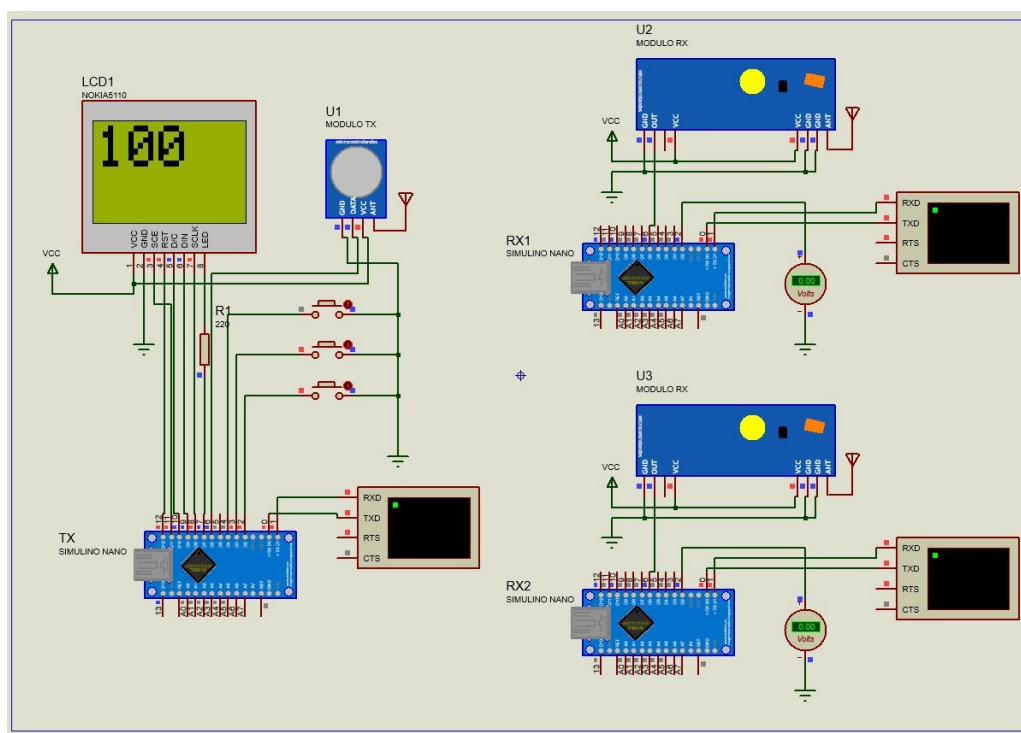
Figura 14 – Esquemático circuito Receptor



fonte: Próprio Autor.

Por fim, temos o circuito completo, unindo os circuitos transmissor, e dois circuitos receptores, como pode ser visto pela Figura 16.

Figura 15 – Esquemático: Simulação



fonte: Próprio Autor.

Para realização de testes, era necessário finalizar a programação que permitisse a comunicação e parâmetros entre os módulos de rádio frequência por meio do Arduino Nano.

5.1.3 Programação no arduíno

Com o intuito permitir a simulação completa do *hardware*, foi necessário inicialmente criar parâmetros na programação do Arduino. Durante o desenvolvimento, a programação será aprofundada no trabalho de graduação (Desenvolvimento de um *software* baseado em IoT visando o acionamento de um dispositivo de controle para aplicações domésticas por idosos) de Gustavo do Rego Monteiro Castro Lemos, cujo o intuito de permitir ao usuário a navegação por meio de Menus, onde possa adicionar novos componentes, reforçando a replicabilidade do protótipo, e também nomear tais seus módulos receptores. Dessa forma, objetivamente a programação relatada nesse tópico serviu apenas de suporte para o *hardware* consolidado no Proteus.

Foram nomeados os pinos de entrada de acordo com o esquemático. Um dos botões de seleção modificava a mensagem descrita no LCD, e o outro botão acionava o transmissor para envio dessa mensagem. Os circuitos receptores possuíam, cada um, um endereço específico, e a partir do momento em que era recebido a informação por meio do Transmissor, esse alterava o seu pino digital programado para nível lógico alto (5V DC).

Caso fosse enviado a informação novamente, o receptor receberia a mensagem voltaria a nível lógico baixo no mesmo pino. Esse circuito permite múltiplos acionamentos, visto que os módulos receptores

são independentes, e cada um necessita apenas do sinal do receptor, por meio do endereçamento, para seu controle.

As programações de ambos os circuitos podem ser encontradas nesse trabalho no APÊNDICE A.

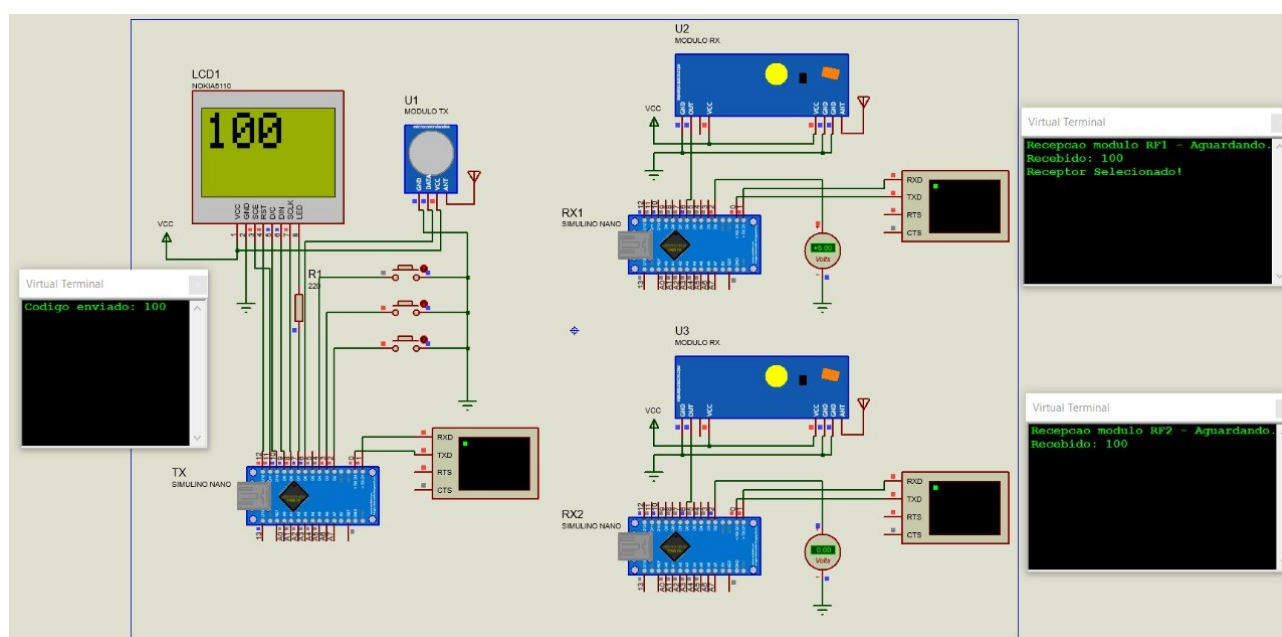
5.1.4 Simulação da comunicação rádio frequência

Com a finalização do esquemático do *hardware* no Proteus e elaboração da programação no Arduino, foi possível simular os circuitos a fim de visualizar o seu funcionamento e confirmar a viabilidade do trabalho. Ao enviar o endereço de mensagem por meio do circuito Transmissor, é possível visualizar no Voltímetro 5.00V sendo aplicado na saída do circuito receptor.

Por meio do Virtual Terminal conectado a cada Arduino presente nas Figuras, pôde-se visualizar informação e qual receptor era selecionado para analisar todos os possíveis casos atrelados ao uso de dois canais receptores:

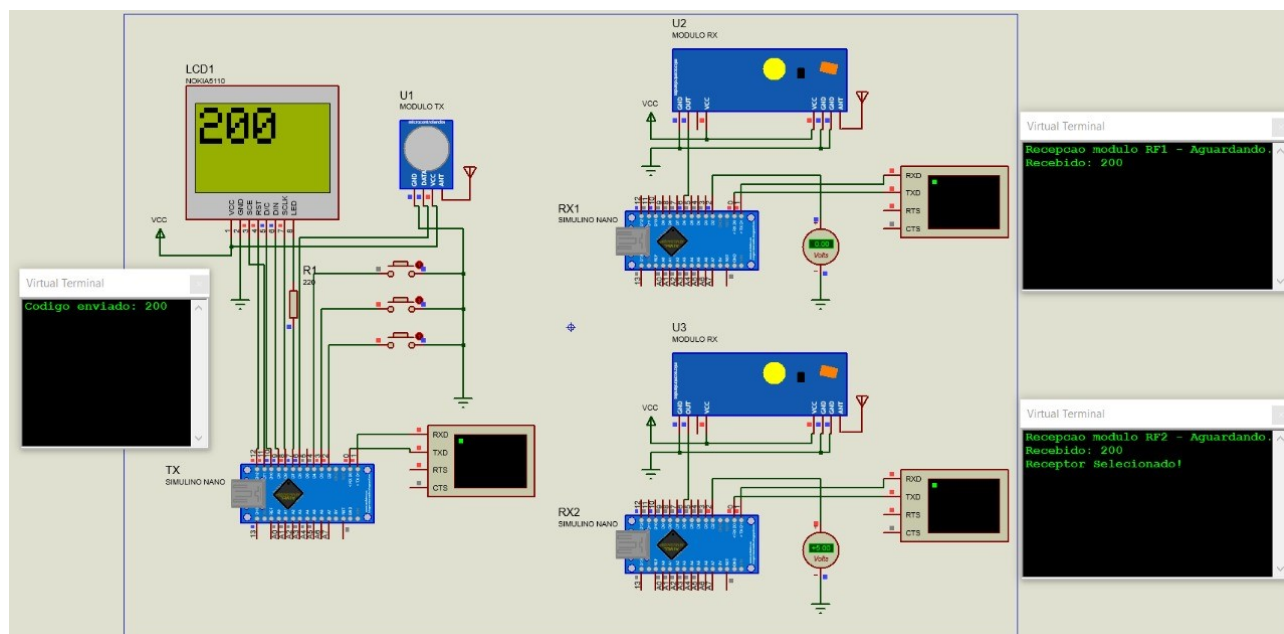
- Figura 17 - Receptor 100 é acionado;
- Figura 18 - Receptor 200 é acionado;
- Figura 19 - Receptor 100 e 200 são acionados simultaneamente.

Figura 16 – Acionamento Receptor 100



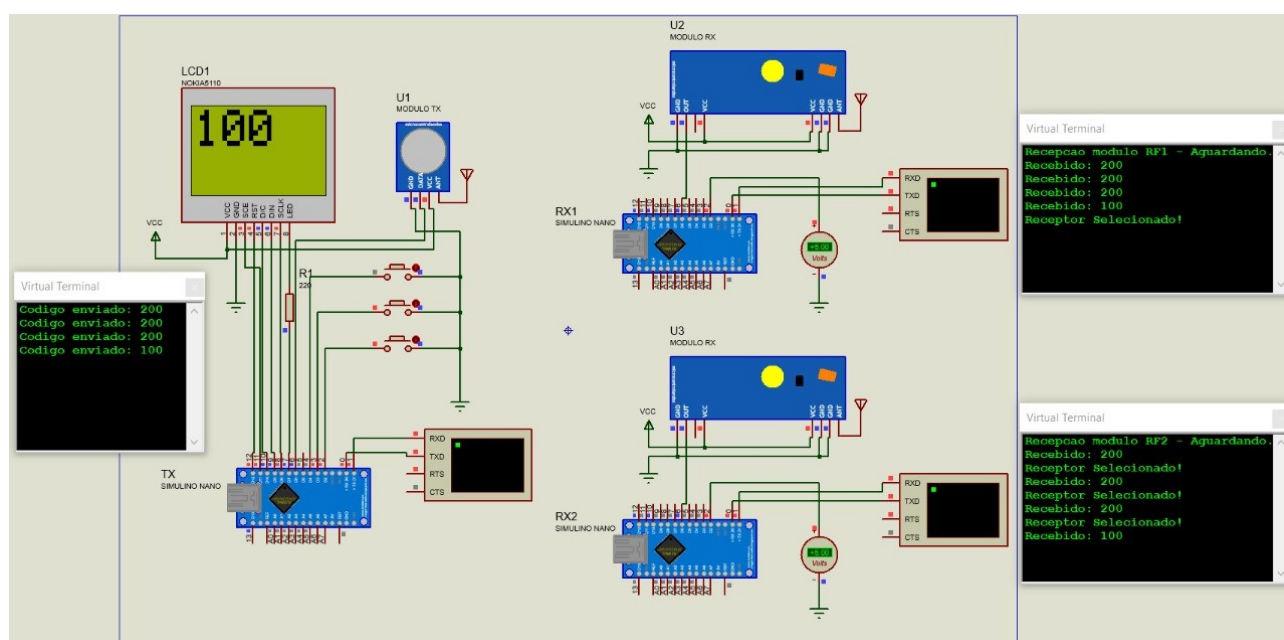
fonte: Próprio Autor.

Figura 17 – Acionamento Receptor 200



fonte: Próprio Autor.

Figura 18 – Acionamento simultâneo Receptor 100 e 200



fonte: Próprio Autor.

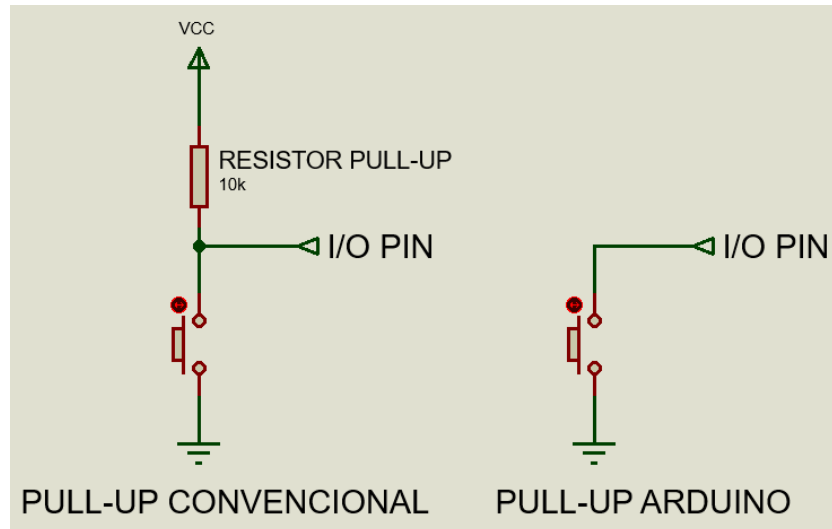
Da forma que foi apresentado, os circuitos atenderam os resultados esperados, sendo agora, possível realizar a montagem das placas de comunicação e desenvolvimento da programação.

Os circuitos desenvolvidos até esta etapa se baseiam apenas na validação da comunicação entre os circuitos receptores com o transmissor através da simulação feita. Desse modo, como o sistema teve o comportamento esperado, para os próximos passos é necessário adicionar mais componentes em ambos os circuitos para atender as todas as funcionalidades do protótipo.

5.2 CIRCUITO TRANSMISSOR

Para o desenvolvimento do circuito transmissor, satisfazendo todas as funções propostas na programação, foi colocado um total de 4 *push-buttons* (ENTER, CIMA, BAIXO e MUDAR) no circuito para o interfaceamento do usuário com o sistema conectando-os nos pinos digitais D2, D3, D4 e D5 do Arduino. Um recurso interessante deste microcontrolador é a sua resistência interna exclusiva para se trabalhar com circuitos *Pull-Up* como demonstra a Figura 20.

Figura 19 – *Pull-Up* Arduino



fonte: Próprio Autor.

Dessa forma, configurando as entradas digitais na programação como *Pull-Up* torna o circuito transmissor mais compacto.

Os terminais do *Display* Nokia 5110 é conectado aos pinos D7, D8, D9, D10, D11 e D12 do Arduino, sendo acompanhado por um resistor de 220 Ohms em seu pino BL (*Back Light*) para ligar o seus LED's internos de iluminação de fundo.

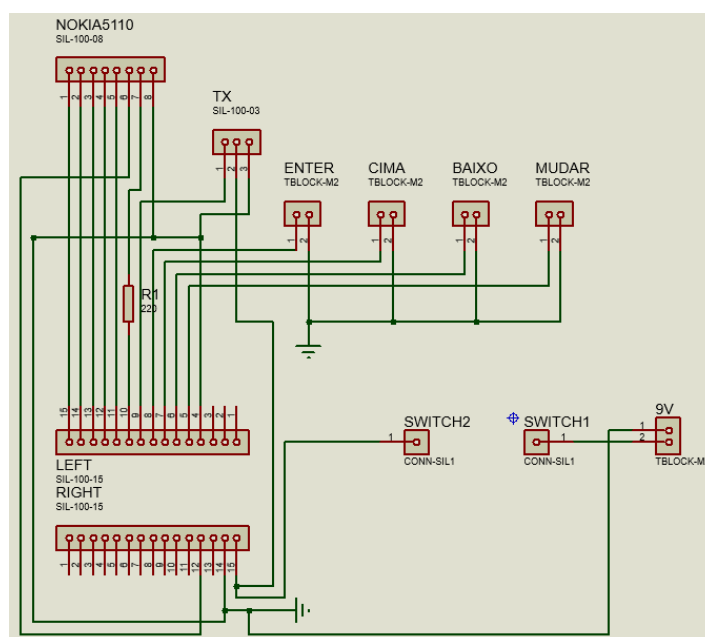
O Módulo TX possui somente quatro terminais. A sua alimentação é feita da mesma maneira que a do Arduino, (através da bateria de 9V. Não foi utilizado o pino de 5V fornecida pelo Arduino para esta função, pois o alcance da transmissão rádio frequência é proporcional à tensão de alimentação do componente (Limite de 12V). Portanto, para aumentar o alcance da comunicação, foi aproveitado essa tensão da bateria. O seu terminal de dados é conectada ao pino D6 do Arduino, e um fio de cobre foi acoplado ao seu terminal da antena (o seu tamanho será detalhado na seção 5.5).

Por fim, segue as conexões da placa transmissora e o seu esquemático na Figura 21 desenvolvido no Proteus:

- Botão 'MUDAR'D2
- Botão 'BAIXO'D3
- Botão 'CIMA'D4
- Botão 'ENTER'D5

- MÓDULO TX 'DATA'D6
- MÓDULO TX 'VCC'BATERIA 9V DC
- MÓDULO TX 'ANTENA'FIO DE COBRE
- NOKIA 5110 'BL'RESISTOR 220 OHMS.....D7
- NOKIA 5110 'VCC'ARDUINO 5V DC
- NOKIA 5110 'CLK'D8
- NOKIA 5110 'DIN'D9
- NOKIA 5110 'DC'D10
- NOKIA 5110 'CE'D11
- NOKIA 5110 'RST'D12

Figura 20 – Esquemático circuito transmissor

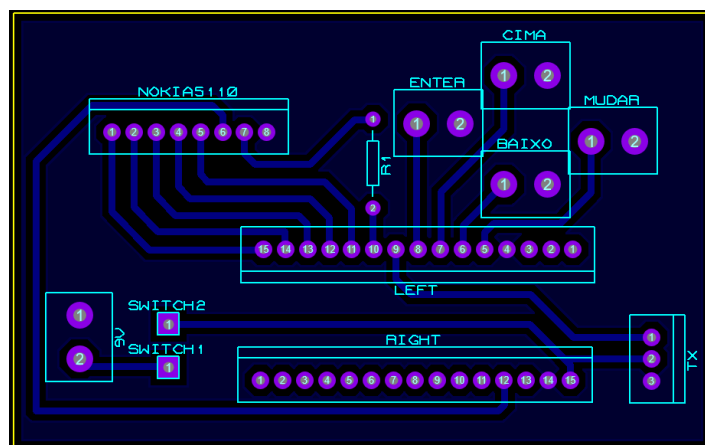


fonte: Próprio Autor.

O desenho do esquemático é a primeira etapa para a confecção de PCI. O próximo passo é realocar concretamente de maneira organizada os componentes do circuito e desenhar as trilhas que interconectam os seus terminais dadas pelo esquemático dada pela Figura 21. Além disso, é feito um plano terra que conecta todos os terminais GND dos componentes, garantindo que todos operem no mesmo referencial, evitando problemas de funcionamento.

É essencial que as distâncias reais entre os pinos dos componentes sejam respeitadas nesta etapa, pois na impressão do circuito, estes devem se encaixar perfeitamente para a continuação do processo.

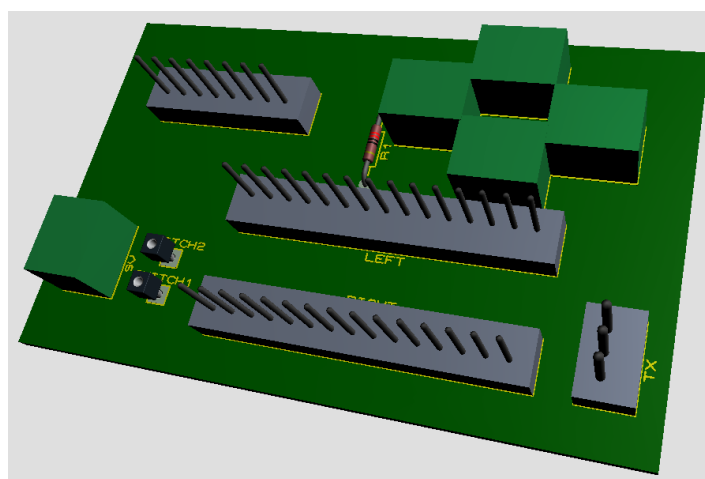
Figura 21 – Circuito Impresso do Transmissor



fonte: Próprio Autor.

É possível também visualizar o desenho 3D do circuito para observar de maneira resumida como ficará a placa.

Figura 22 – Pré-visualização 3D do Transmissor



fonte: Próprio Autor.

Todos esses recursos utilizados no procedimento foram feitos no Proteus.

5.3 CIRCUITO RECEPTOR

Para o desenvolvimento do circuito receptor, o relé é o responsável em realizar a comutação de energia da rede de acordo com as respostas dadas pelo Arduino. Para isso, foi selecionado um relé adequado para se trabalhar com o Arduino, com tensão operação de sua bobina em 5V DC e acionar cargas 220/127V AC.

Entretanto, ao utilizar componentes comutadores por indução (relés), pela propriedades dos indutores, quando há o desenergização de seus terminais, acontece um pico repentino de tensão que pode danificar o microcontrolador conectado à ele. Dessa maneira, é acompanhado um diodo em paralelo com o indutor do relé denominado diodo *flyback*, com o objetivo de limitar os picos de tensão causados. Ambos foram conectados ao pino D2 do Arduino.

Além disso, o relé escolhido atende a cargas de no máximo 10A, portanto, para não danificá-lo em casos de sobrecorrente e curto-circuitos, foi previsto um fusível de proteção de 10A. Todos os componentes da parte de corrente alternada do circuito foram conectadas ao NA (Normalmete Aberto) e ao contato Comum, pois só haverá alimentação do equipamento pela rede quando o circuito receptor for acionado.

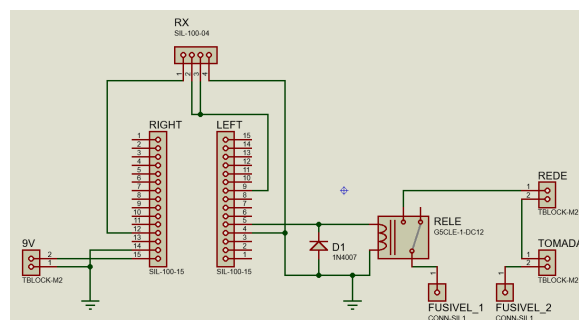
O Módulo RX possui cinco terminais. A sua alimentação é feita através do 5V fornecidos pelo Arduino. Seus dois pinos de dados são curto-circuitados e conectados ao pino D6, e no seu terminal de antena não foi prevista a sua utilização.

Visto que, a alimentação do circuito receptor é feita também pela rede em que ele está conectada devido a sua autonomia, a saída de 9V/1A da fonte chaveada é conectada ao pino VIN Arduino (pino utilizado para alimentação externa).

Por fim, segue as conexões da placa receptora e seu esquemático na Figura 24:

- RELÉ 'Bobina'D2
- RELÉ 'Comum'FUSÍVEL
- RELÉ 'NA'ENTRADA REDE
- DIODO 'Cátodo'D2
- MÓDULO RX 'DATA'D6
- MÓDULO RX 'VCC'ARDUINO 5V DC
- ARDUINO 'VIN'FONTE CHAVEADA 9V
- FUSÍVEL.....SAÍDA EQUIPAMENTO

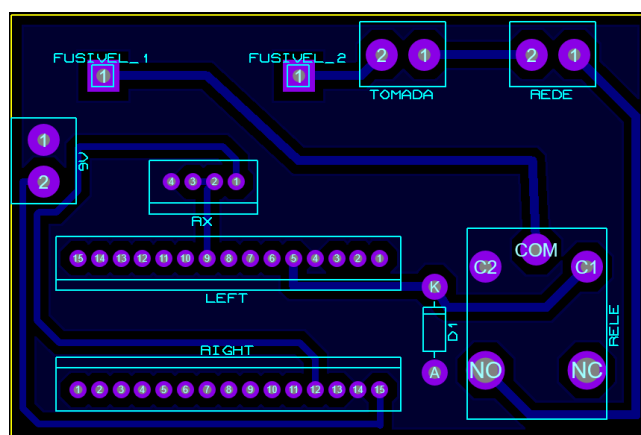
Figura 23 – Esquemático circuito receptor



fonte: Próprio Autor.

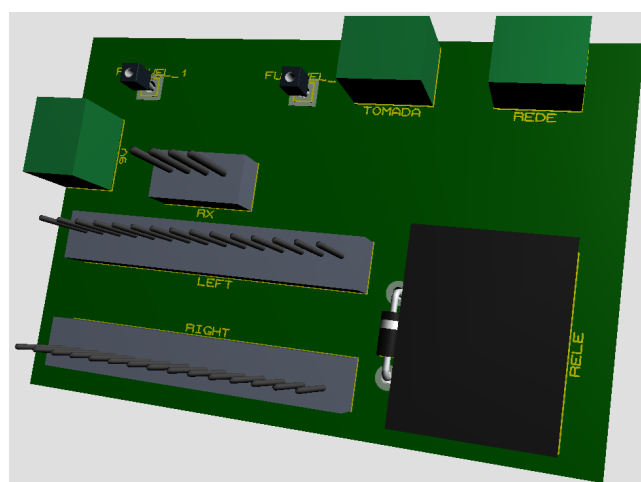
De maneira análoga ao circuito transmissor, os mesmos passos foram executados para o desenho da placa do receptor, bem como a sua visualização em 3D, dada pelas Figura 25 e Figura 26, respectivamente.

Figura 24 – Circuito Impresso do Receptor



fonte: Próprio Autor.

Figura 25 – Pré-visualização 3D do Receptor

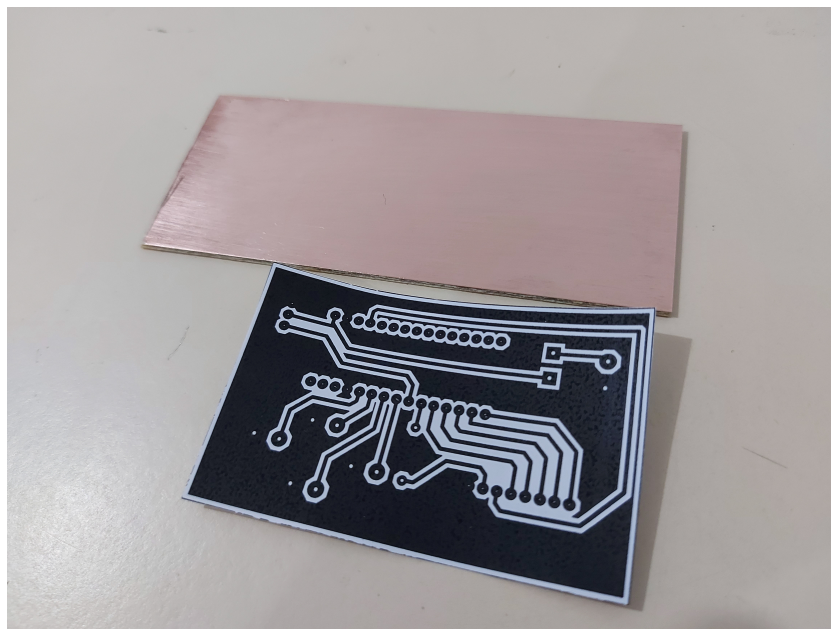


fonte: Próprio Autor.

5.4 CONFECÇÃO E MONTAGEM DAS PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO

Após a finalização das atividades no Proteus, é possível exportar para PDF o circuito desenvolvido. É essencial que na impressão da imagem seja em papel fotográfico com impressora a laser para manter a qualidade da resolução e precisão como demonstra a Figura 27.

Figura 26 – Placa de Fenolite e Imagem do circuito impresso



fonte: Próprio Autor.

Com a placa de fenolite e sua superfície de cobre bem lixada e limpa, coloca-se a imagem do circuito virada para baixo. Ao ajustar a imagem da forma desejada por cima do cobre, deve-se pressionar com o ferro de passar roupa pré-aquecido. O aquecimento e pressão através do ferro de passar devem ser mantidas até que o papel fique da maneira apresentada pela Figura 28.

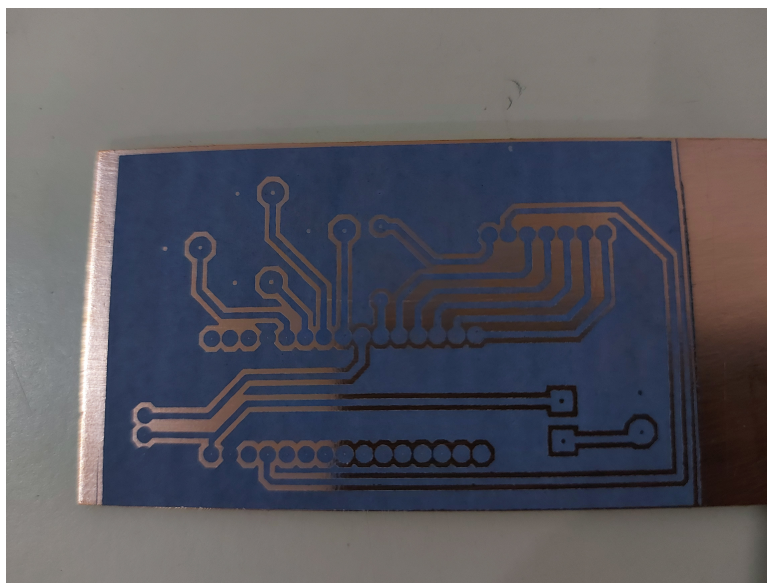
Figura 27 – Papel do circuito após o aquecimento



fonte: Próprio Autor.

Ao retirar o papel, toda a tinta do desenho será transferida para a camada de cobre.

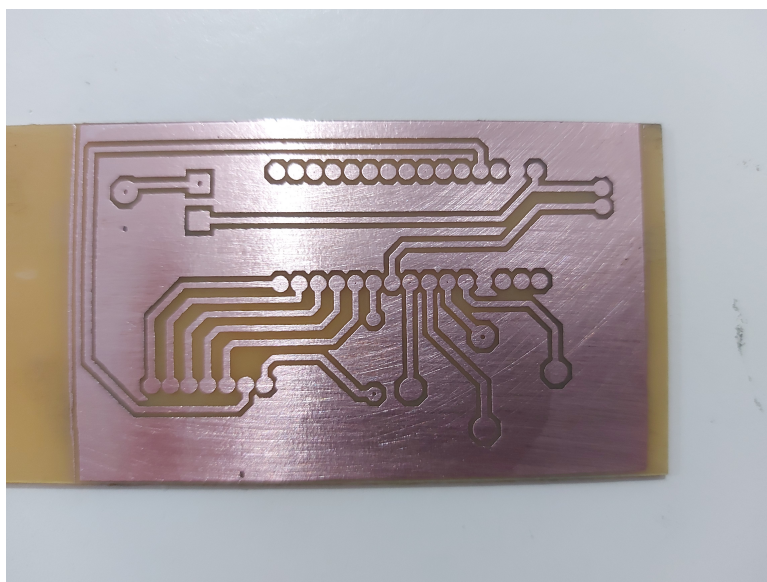
Figura 28 – Circuito impresso na camada de cobre



fonte: Próprio Autor.

Com o circuito impresso, ao mergulhar a placa na solução aquosa de percloreto de ferro, o cobre revestido pela tinta não é afetado pela reação química de corrosão, portanto, todo o cobre desprotegido é eliminado da placa. Após a corrosão completa, ao lixar a placa com palha de aço para remover a camada de tinta protetora, a impressão do circuito estará finalizada como demonstra a Figura 30.

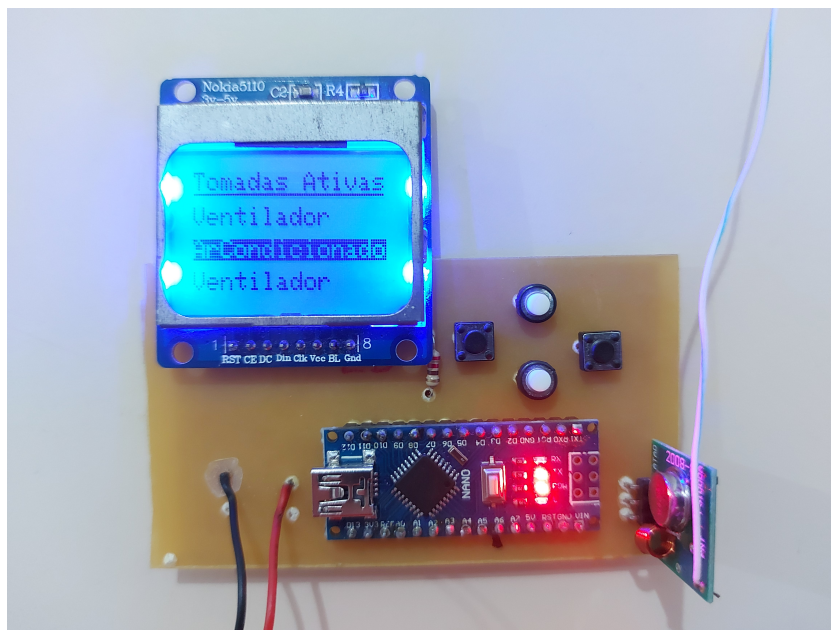
Figura 29 – Impressão finalizada na placa de fenolite



fonte: Próprio Autor.

Por fim, o processo de confecção se completa ao furar a placas nos pontos de sinalizados, encaixe os componentes do circuito e realizar a sua soldagem nos pinos.

Figura 30 – Placa do transmissor

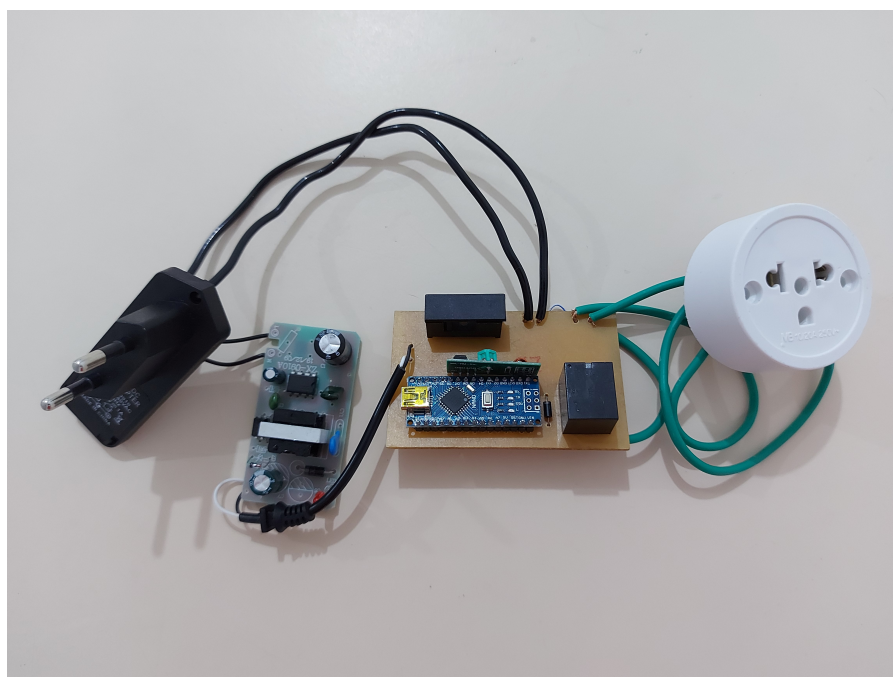


fonte: Próprio Autor.

O mesmo processo foi feito com o circuito receptor. Junto a placa receptora confeccionada, foi acoplado à ela a fonte chaveada, um plug de tomada para ser conectada à rede, e uma entrada de tomada para ser inserido o equipamento a ser ligado remotamente.

Em adicional, as trilhas de potência do receptor, nas quais a corrente da carga passará, foram estanhadas para aumentar a capacidade de condução de corrente. Pode haver casos que apenas a camada fina de cobre não será o suficiente para a corrente demandada, danificando as trilhas e a funcionalidade do circuito.

Figura 31 – Placa do receptor



fonte: Próprio Autor.

5.5 TAMANHO DA ANTENA NO TRANSMISSOR

Para melhorar o alcance da comunicação rádio frequência, os módulos TX e RX possuem pinos para serem acoplados antenas para melhor transmissão e captação do sinal.

Sabendo que a frequência da portadora desses módulos são 433,92 Mhz, é possível calcular o comprimento mais eficiente para a antena, através da equação 1.

$$\begin{aligned}\lambda &= v/f = 300.000.000/433.920.000 \\ \lambda &= 0,69\text{metros}\end{aligned}\tag{1}$$

Usando uma antena com 1/4 do comprimento de onda, temos 0,1725m de comprimento para a antena acoplada no transmissor.

5.6 EFICIÊNCIA E ARMAZENAMENTO

A bateria 9V para o transmissor tem uma vida útil limitada, sendo sempre consumida pelo *Display* Nokia 5110, o que diminui o tempo de uso de forma considerável. Dessa forma, foi pensado em um botão interruptor liga-desliga, que desativa a alimentação do circuito de forma completa enquanto não usado.

A capacidade média de uma bateria de mercado é em torno de 600mAh, sendo o consumo feito pela alimentação do Arduíno e do *Display* Nokia 5110, que são em média 19mA e 4mA, respectivamente. Dessa forma, podemos calcular o tempo de duração caso o transmissor fique ligado de forma intermitente por meio da equação 2.

$$\begin{aligned}Horas &= 600m/(4m + 19m) \\ Horas &= 26,09\text{horas} \\ Minutos &= 1565,22\text{minutos}\end{aligned}\tag{2}$$

Desse modo, ligando e utilizando o controle apenas quando necessário, por exemplo um ventilador, duas vezes (ligar e desligar) cinco vezes ao dia, durante um período de 30 segundos (tempo necessário para seleção e acionamento), tem-se duração de 3 minutos por dia, o que provê, por meio da equação 3, o número de dias que serão necessários para troca da bateria.

$$\begin{aligned}Dias &= 1565,22/4 \\ Dias &= 313,05\text{dias}\end{aligned}\tag{3}$$

Com um botão interruptor liga-desliga, é possível utilizar a bateria por aproximadamente 1 ano antes de sua troca, aumentando assim a eficiência do protótipo.

6 RESULTADOS

6.1 VALIDAÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO

Assim como explicado na introdução, o desenvolvimento de *software* e programação é detalhadamente descrito no Trabalho de Graduação (Desenvolvimento de *software* de dispositivo IoT para controle de aplicações domésticas por idosos) de Gustavo do Rego Monteiro Castro Lemos, com previsão de publicação em março de 2021. Para esse trabalho, apenas foi analisado os resultados referentes ao *hardware* do sistema.

Com o desenvolvimento e estudo dos circuitos, com a programação inserida nos Arduinos, foi necessário validar o sistema proposto com o seu funcionamento. A placa transmissora foi anexada a bateria 9V, como mostrado na Figura 31, e o circuito receptor foi montado e soldado com os conectores de tomada, fonte chaveada e circuito controlador, como pode ser visto pela Figura 32.

Com ambos os circuitos energizados, foi possível controlar o relé e consequentemente o fornecimento de energia, via comunicação rádio frequência da forma esperada. Além disso, foi desenvolvido neste trabalho dois circuitos receptores, validando de forma prática o funcionamento do endereçamento e acionamento particular de cada um, sem interferência.

Os botões de interface, presentes no transmissor para interação com o *display*, também não demonstraram nenhum defeito, podendo-se utilizar sem problemas todos os recursos desenvolvidos na programação do Arduino, que se apresentou eficaz no processamento do sistema.

6.2 CUSTO DO PROTÓTIPO

Para contemplar todo o custo, será levado em consideração todos os componentes e materiais utilizados em sua confecção. Nesse caso, foi construído um Kit, sendo contemplado: um Circuito transmissor, e dois Circuitos receptores. Seus custos foram detalhados por meio da Tabela 1 e Tabela 2, sendo a Tabela 3 o preço final do Kit

Tabela 1 – Custos circuito Receptor

Componente	Quantidade	Custo (R\$)
Arduíno Nano	1	23,95
Módulo Receptor RF	1	4,50
Fonte Bivolt 9V/1A	1	10,80
Relé 5V/127 220V 10A	1	3,00
Fusível 10A	1	0,50
Diodo 1N4007	1	0,20
Porta fusível	1	0,40
Placa fenolite	1	2,50
Suporte Tomada	1	3,00
Total	-	48,85

fonte: Próprio Autor.

Tabela 2 – Custos circuito Transmissor

Componente	Quantidade	Custo (R\$)
Arduíno Nano	1	23,95
Módulo Transmissor RF	1	4,50
<i>Display</i> Nokia 5110	1	31,90
Resistor 200Ohms	1	0,10
Push Button	4	1,60
Placa Fenolite	1	2,50
Total	-	64,55

fonte: Próprio Autor.

Tabela 3 – Custos Kit - Receptor e Transmissor

Componente	Quantidade	Custo (R\$)
Circuito Receptor	2	48,85
Circuito Transmissor	1	64,55
Total	-	162,25

fonte: Próprio Autor.

6.3 UTILIZAÇÃO

O sistema se tornou viável de utilização em diversos equipamentos, visto a corrente da rede, liberação do relé e fusível de proteção. Dessa forma, todos os equipamentos que não utilizem mais de 10A podem ser adicionados junto a tomada inteligente. Dessa forma, existe uma lista enorme de itens que podem ser acionados, alguns são identificados abaixo:

- Ventilador;
- Torradeira;
- Ar-Condicionado;
- Panela de Arroz;
- Luminária;
- Carregador de Celular;
- Computador;
- Monitor;
- Televisão; etc...

7 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, o quesito funcionalidade, o trabalho atendeu as expectativas. O alcance da comunicação, que era um problema no início, foi solucionado através da antena acoplada no transmissor e não apresentou atrasos nos comandos. Além disso, a utilização de *push-buttons* e o *display* Nokia 5110 foram suficientes para interfacear e desenvolver o protótipo do sistema.

O processo de confecção de Placas de Circuito Impresso também foi bastante satisfatório e eficiente, pois não é necessário a utilização de equipamentos complexos e materiais inacessíveis. Desse modo, é possível utilizar em diversas aplicações e projetos para o desenvolvimento de circuitos elétricos.

O custo do protótipo foi de R\$162,25, com o valor de R\$48,85 para adição de módulos novos. O custo de uma tomada inteligente atual conectada por *bluetooth* e *Wi-fi* é de R\$99,90, com a necessidade do uso de um aparelho celular para seu funcionamento. Dessa forma, podemos concluir que a partir de dois módulos, o custo se torna mais viável que uma tomada inteligente atual, e caso o usuário queira adquirir mais tomadas para serem controladas (256 endereçamentos possíveis), mais barato fica o investimento nessa comparação.

Porém, para aplicação definida com o público da terceira idade, o uso de apenas um módulo consegue gerar o valor necessário para seu uso, visto que a rádio frequência com a automatização de equipamentos de uso cotidiano por meio de botões e um *display* já atinge o objetivo de inserir o público no meio da digitalização.

Assim como citado, o público de referência para esse trabalho não está inserido de forma relevante quando o resto da população na Internet. O medo de errar, a fuga da internet e aparelhos celulares dificultam ainda mais esse processo. A solução encontrada para esse problema foi descrita com sucesso nesse trabalho, que une uma forma mais amigável a automatização com a entrada no meio digital.

7.1 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

A respeito da circuitaria, alguns pontos poderiam ter sido melhoradas em seu desenvolvimento. Devido ao trabalho ter como intuito a criação de um protótipo de produto, as melhorias foram identificadas no momento pós-desenvolvimento do protótipo e relatados nesse documento abaixo em forma de itens

- A utilização da antena, tanto no transmissor, quanto no receptor para elevar ainda mais o alcance e controle do sistema;
- Dimensionamento de cabos e organização do circuito receptor para a confecção de um dispositivo compacto onde apenas os conectores de tomada são acessíveis;
- Utilização de semicondutores para realizar a comutação no lugar do relé, visto o tempo de vida útil do componente dado pelo chaveamento mecânico.
- Remover o switch de liga/desliga no controle remoto e inserir um temporizador na programação para que o circuito se desligue automaticamente quando não é executado nenhum comando.

REFERÊNCIAS

- ALVES, J. **'Agequake':** um bilhão de idosos até 2020 e 3 bilhões até 2100. 2014. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2014/01/24/agequake-um-bilhao-de-idosos-ate-2020-e-3-bilhoes-ate-2100-artigo-de-jose-eustaquio-diniz-alves/>. Acesso em: 27 nov. 2020.
- CAPSISTEMA. **Guia da placa Arduino Nano (pinagem, especificações, comparação).** 2020. Disponível em: <https://capsistema.com.br/index.php/2020/11/10/guia-da-placa-arduino-nano-pinagem-especificacoes-comparacao/>. Acesso em: 02 fev. 2021.
- EUROSTAT. **Internet purchases in the previous 12 months, by age class.** 2019. Disponível em: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Internet_purchases_in_the_previous_12_months,_by_age_class,_2019_\(%25_of_people\)_AE2020.png](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Internet_purchases_in_the_previous_12_months,_by_age_class,_2019_(%25_of_people)_AE2020.png). Acesso em: 11 dez. 2021.
- FILIFELOP. **Comunicação wireless com módulo RF 433MHz.** 2013. Disponível em: <https://www.filifelop.com/blog/modulo-rf-transmissor-receptor-433mhz-arduino/>. Acesso em: 02 fev. 2021.
- FLORES VANESSA BOEIRA; BENVENÚ, L. A. Perfil de utilização de medicamentos em idosos da zona urbana de Santa Rosa, Rio Grande do Sul, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 2, p. 1439–1446, 2008.
- IBGE. **Projeção da população do Brasil.** 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>. Acesso em: 13 dez. 2021.
- KACHAR, V. **Terceira idade e informática:** aprender revelando potencialidades. São Paulo, SP: Cortez, 2003.
- KIM, Y. S. Reviewing and critiquing computer learning and usage among older adults. **Educational Gerontology**, n. 34, p. 709–753, 2008.
- KNOWLES BRAN, V. L. H. The wisdom of older technology (non)users. **Communications of the ACM**, v. 3, n. 61, p. 72, 2018.
- LEE, T. **The design of CMOS radio-frequency integrated circuits.** Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- MEIRELES, V. C. E. **Característica dos idosos em área de abrangência do programa saúde da família na região noroeste do paraná:** Contribuições para gestão do cuidado em enfermagem. Paraná: Saúde e Sociedade, v. 16, p. 71, 2007.
- MONK, S. **Programação com arduino:** começando com sketches. Porto Alegre, RS - Brasil: Bookman, 2013.
- ONU. **World population prospects.** 2018. Disponível em: <https://population.un.org/wpp/>. Acesso em: 17 jan. 2021.

ONU. **World population pyramid 1950 - 2100**. 2018. Disponível em: <https://www.populationpyramid.net/pt/mundo/2020/>. Acesso em: 23 jan. 2021.

PALANDRINI, P. **A decade of change: how tech evolved in the 2010s and what's in store for the 2020s**. 2020. Disponível em: <https://www.globalxetfs.com/a-decade-of-change-how-tech-evolved-in-the-2010s-and-whats-in-store-for-the-2020s/>. Acesso em: 23 jan. 2021.

PEW. **Attitudes, impacts, and barriers to adoption**. 2014. Disponível em: <https://www.pewresearch.org/internet/2014/04/03/attitudes-impacts-and-barriers-to-adoption/>. Acesso em: 25 jan. 2021.

POLON, L. **Crescimento vegetativo**. 2018. Disponível em: <https://www.estudopratico.com.br/crescimento-vegetativo-teoria-da-transcricao-demografica/>. Acesso em: 27 nov. 2020.

SANUSB. **Fonte linear e fonte chaveada de computadores**. 2020. Disponível em: <http://sanusb.blogspot.com/2020/10/fonte-linear-e-fonte-chaveada.html>. Acesso em: 05 fev. 2021.

SILVA, M. M. Envelhecimento populacional brasileiro: desafios e consequências sociais atuais e futuras. **Rev. Bras. Griatr. Geronto**, v. 19, p. 71, 2016.

STATISTA. **U.S. seniors no longer disconnected from the digital world**. 2019. Disponível em: <https://www.statista.com/chart/9648/tech-adoption-by-seniors/>. Acesso em: 25 jan. 2021.

APÊNDICE A – PROGRAMAÇÃO DA SIMULAÇÃO

Circuito Transmissor

```

1      #include <VirtualWire.h>
2      #include <Adafruit_GFX.h>
3      #include <Adafruit_PCD8544.h>
4      // pin 8 - Serial clock out (SCLK) // pin 9 - Serial data
5      out (DIN)
6      // pin 10 - Data/Command select (D/C) // pin 11 - LCD chip
7      select (CS/CE)
8      // pin 12 - LCD reset (RST)
9      Adafruit_PCD8544 display = Adafruit_PCD8544(8, 9, 10, 11,
10     12);
11
12     int mudar = 2; int enviar = 3; int a = 0;
13     char *codigo[] = {"100", "200"};
14
15     void setup()
16     {
17         Serial.begin(9600); // Pino ligado ao pino DATA do
18         transmissor RF
19         vw_set_tx_pin(6); // Velocidade de comunicacao (bits por
20         segundo)
21
22         vw_setup(1000);
23         pinMode(mudar, INPUT_PULLUP);
24         pinMode(enviar, INPUT_PULLUP);
25         pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
26         pinMode(7, OUTPUT);
27         display.begin();
28         display.setContrast(10);
29         display.clearDisplay();
30         display.display();
31         display.setTextSize(3);
32         display.setTextColor(BLACK);
33         display.print(codigo[a]);
34         display.display();
35     }
36     void loop()
37     {
38         if (digitalRead(mudar) == LOW)
39         {
40             a = a + 1;
41             if (a == 3)
42             {
43                 a = 0;
44             }
45         }
46     }

```



```
40         display.clearDisplay();
41         display.print(codigo[a]);
42         display.display();
43         delay(200);
44     }
45
46     if (digitalRead(enviar) == LOW)
47     {
48         digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);
49         send(codigo[a]);
50         Serial.print("Codigo enviado: ");
51         Serial.println(codigo[a]);
52         delay(500);
53         digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
54     }
55     delay(50);
56 }
57 void send (char *message)
58 {
59     vw_send((uint8_t *)message, strlen(message));
60     vw_wait_tx(); // Aguarda o envio de dados
61 }
62
63
64
```

Circuito Receptor

```

1      #include <VirtualWire.h>
2
3
4      char recebido_RF_char[10];
5      bool chave_estado = false;
6      int endereco = 100; int codigo = 0; int chave = 2;
7
8      void setup()
9      {
10         Serial.begin(9600);
11         pinMode(chave, OUTPUT);
12         digitalWrite(chave, LOW); //Pino ligado ao pino DATA do
receptor RF
13
14         vw_set_rx_pin(6); //Velocidade de comunicacao (bits por
segundo)
15
16         vw_setup(1000); //Inicia a recepcao
17         vw_rx_start();
18         Serial.println("Recepcao modulo RF1 - Aguardando...");
19     }
20
21     void loop()
22     {
23         uint8_t buf[VW_MAX_MESSAGE_LEN];
24         uint8_t buflen = VW_MAX_MESSAGE_LEN;
25         if (vw_get_message(buf, &buflen))
26         {
27             int i;
28             for (i = 0; i < buflen; i++)
29             {
30                 //Armazena os caracteres recebidos
31                 recebido_RF_char[i] = char(buf[i]);
32             }
33             recebido_RF_char[buflen] = '\0';
34
35             //Converte o valor recebido para integer
36             codigo = atoi(recebido_RF_char);
37
38             //Mostra no serial monitor o valor recebido
39             Serial.print("Recebido: ");
40             Serial.println(recebido_RF_char);
41
42             if(codigo == endereco)
43             {
44                 Serial.println("Receptor Selecionado!");
45                 chave_estado = !chave_estado;
46
47                 if (chave_estado == true)
48                 {

```

```
47         digitalWrite(chave, HIGH);
48     }
49     else
50     {
51         digitalWrite(chave, LOW);
52     }
53     delay(200);
54 }
55 }
56 delay(50);
57 }
58
```