

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

FLÁVIA CRUZ VIDAL  
LUAN ROBERTO ESTRADA MARTINS  
MATHIAS SCHIAVUZZO BURIOLLA

**DISPENSADOR DE REMÉDIOS PARA O AUXÍLIO DE TERAPIAS  
MEDICAMENTOSAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA  
2019

**FLÁVIA CRUZ VIDAL  
LUAN ROBERTO ESTRADA MARTINS  
MATHIAS SCHIAVUZZO BURIOLLA**

**DISPENSADOR DE REMÉDIOS PARA O AUXÍLIO DE TERAPIAS  
MEDICAMENTOSAS**

Trabalho de conclusão de curso de Graduação em Engenharia Elétrica apresentado à disciplina de Trabalho de conclusão de curso 2, do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) como requisito para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Candido

Coorientador: Dr. André Filipak

**CURITIBA  
2019**

**Flavia Cruz Vidal  
Luan Roberto Estrada Martins  
Mathias Schiavuzzo Buriolla**

## **Dispensador de remédios para auxílio de terapitas medicamentosas**

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Eletricista, do curso de Engenharia Elétrica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Curitiba, 21 de novembro de 2019.

---

**Prof. Antonio Carlos Pinho, Dr.  
Coordenador de Curso  
Engenharia Elétrica**

---

**Profa. Annemarlen Gehrke Castagna, Mestre  
Responsável pelos Trabalhos de Conclusão de Curso  
de Engenharia Elétrica do DAELT**

### **ORIENTAÇÃO**

---

**Prof. Roberto Candido, Dr  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Orientador**

---

**Dr. André Filipak  
Universidade Federal do Paraná  
Co-Orientador**

### **BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof. Roberto Candido, Dr.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná**

---

**Prof. Luiz Erley Schafranski, Dr.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná**

---

**Prof. Paulo Apelles Camboim De Oliveira, Dr.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná**

## RESUMO

VIDAL, Flávia, A.; MARTINS, Luan, B.; BURIOLLA, Mathias, C. **Dispensador de remédios para o auxílio de terapias medicamentosas.** 2019. 93 pg. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação - Curso Engenharia Elétrica). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

A preocupação dos médicos com a efetividade dos tratamentos medicamentosos está aumentando com o passar dos anos. Seja por descuido, dificuldades cognitivas, memória ou a má administração dos medicamentos, os pacientes que não seguem a prescrição médica dificultam o tratamento de doenças e podem gerar tanto custos adicionais pessoais quanto à saúde pública. Uma parcela significativa do tempo das consultas no médico ou no enfermeiro é gasto para repassar as informações dos remédios e como devem ser ingeridos. Como motivação do projeto, entende-se ao aumento da população idosa no Brasil e o aumento médio do número de medicamentos utilizados pelos pacientes. O objetivo deste trabalho é apresentar uma possível solução de automação médica para o problema à má administração dos comprimidos pelos pacientes, o desenvolvimento de um dispensador de medicamentos que comporta os comprimidos e auxilia as pessoas com incapacidade de administrar corretamente a prescrição feita pelo médico. O desenvolvimento do trabalho foi abranger a aplicação para pacientes idosos, ou que tenham dificuldades cognitivas, ou dificuldade na leitura das prescrições e necessitam de um auxílio nessa administração dos seus medicamentos. Foram utilizados 2 *softwares* gratuitos, o *Fusion 360* para o desenvolvimento da estrutura mecânica do dispensador e a realização dos testes antes da fabricação do protótipo e o *Easy EDA* para a montagem do circuito eletrônico e o *layout* da placa de circuito impresso. Com o código de configuração do microprocessador arduino em linguagem C, a partir de uma automatização com microprocessador, motores e dispositivos que auxiliam o funcionamento do produto, a configuração se assemelha a uma configuração de alarmes feita por celular e a alimentação do dispositivo é simplificada para facilitar seu uso. O resultado obtido é um protótipo funcional que possibilita a configurações de alarmes e que atenderá a necessidade de diversos pacientes.

**Palavras-chave:** Dispensador de medicamentos. Terapias medicamentosas. Automação médica. Acessibilidade.Arduino.

## ABSTRACT

VIDAL, Flávia, A.; MARTINS, Luan, B.; BURIOLLA, Mathias, C. **Pill dispenser for the aid of medicine therapies.** 2019. 93 pg. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação - Curso Engenharia Elétrica). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

*The concern of doctors about the effectiveness of drug treatments is increasing over the years. Whether due to carelessness, cognitive difficulties, memory or poor administration of medication, patients who do not follow the prescription make it difficult to treat diseases and can generate both personal and public health costs. A significant portion of the time for doctor or nurse visits is spent reviewing drug information and how it should be taken. The motivation of the project is the increase in the elderly population in Brazil and the average increase in the number of medicines used by patients. The aim of this paper is to present a possible medical automation solution to the problem of patient maladministration of pills, the development of a drug dispenser that supports the pills and assists those unable to properly administer the prescription. The development of the work was to cover the application for elderly patients, or who have cognitive difficulties, or difficulty reading the prescriptions and need help in administering their medications. We used 2 free softwares, the Fusion 360 for the assembly of the mechanical structure of the dispenser and the tests before the prototype manufacture and the Easy EDA for the development of the electronic circuit and the layout of the printed circuit board. With the C-language Arduino microprocessor setup code, from microprocessor automation, motors, and devices that aid product operation, the setup resembles a cell phone alarm setup, and device power is simplified to facilitate its use. The result is a functional prototype that allows alarm configurations and will meet the needs of several patients.*

**Keywords:** Medication dispenser. Drug therapies. Medical Automation. Accessibility. Arduino.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura relativa da população por sexo e idade - Brasil 1940/2050 . . . . .	16
Figura 2 – Razão de dependência e índice de envelhecimento - Brasil 1940/2050 . . . . .	16
Figura 3 – Dispensador automatizado de remédio Alertmed. . . . .	20
Figura 4 – Dispensador automatizado de remédio tipo PHILIPS. . . . .	21
Figura 5 – Bandeja de configuração dos recipientes do dispensador automatizado de remédios tipo PHILIPS. . . . .	22
Figura 6 – Dispensador automatizado de medicamentos Maya, produzido pela MedMinder.	23
Figura 7 – Arduino Uno . . . . .	24
Figura 8 – Arduino Nano . . . . .	25
Figura 9 – Arduino Mega 2650 . . . . .	26
Figura 10 – Comparativo de plataformas Arduino . . . . .	27
Figura 11 – Fluxograma - Dispensador de remédios . . . . .	30
Figura 12 – Formato circular para armazenamento de medicamentos . . . . .	31
Figura 13 – Formato circular com quatro camadas para armazenamento de medicamentos	32
Figura 14 – Esquema básico do eixo Z com seus componentes . . . . .	32
Figura 15 – Eixos com sua direção de movimento e posição do eixo Z . . . . .	33
Figura 16 – Eixo Z demonstrando a abertura da porta por meio da haste de acionamento	34
Figura 17 – Eixo Z demonstrando o processo de dispensa do medicamento . . . . .	35
Figura 18 – Receptáculo em perspectiva e vista lateral com linhas internas . . . . .	35
Figura 19 – Cobertura interna com receptáculo . . . . .	36
Figura 20 – Funcionamento da inserção de cápsulas no dispensador . . . . .	37
Figura 21 – Eixo Z em vista explodida e com nomes de cada peça . . . . .	38
Figura 22 – Conjunto exemplo de sistema de engrenagem planetária com os componentes citados . . . . .	40
Figura 23 – Engrenagens Interna, Solar e Planetária lado a lado . . . . .	41
Figura 24 – Montagem porta planetária com engrenagens . . . . .	42
Figura 25 – Montagem porta planetária com engrenagens . . . . .	43
Figura 26 – Base completa em vista explodida . . . . .	44
Figura 27 – Pinagem utilizada no arduino. . . . .	45
Figura 28 – Pinagem utilizada nos drivers dos motores. . . . .	46
Figura 29 – Pinagem utilizada para o clock. . . . .	47
Figura 30 – Pinagem utilizada para o buzzer. . . . .	48
Figura 31 – Pinagem utilizada para o LED RGB. . . . .	48
Figura 32 – Esquemático de ligação entre o botão capacitivo, resistores e o arduino. . . . .	49
Figura 33 – Pinagem de ligação do módulo <i>bluetooth</i> . . . . .	50
Figura 34 – Placa PCB gerada automática. . . . .	51

Figura 35 – Placa PCB corrigida. . . . .	51
Figura 36 – Fluxograma - Perguntas da interface de configuração . . . . .	56
Figura 37 – Orçamento geral da montagem do protótipo. . . . .	58
Figura 38 – Montagem do protótipo e a fixação da placa no eixo Z. . . . .	59
Figura 39 – Detalhe da porca quadrada fixa no perfilado do eixo Z. . . . .	60
Figura 40 – Carcaça externa cilíndrica impressa em 3D, com detalhamento da face retangular ressaltada. . . . .	61
Figura 41 – Fluxograma - Loop principal do dispositivo . . . . .	69
Figura 42 – Fluxograma - Inicialização do Dispositivo . . . . .	70

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Principais funções do software . . . . .	53
Tabela 2 – Endereços de memória . . . . .	54
Tabela 3 – Lógica para registro na EEPROM . . . . .	54
Tabela 4 – Pacote de dados de configuração . . . . .	55

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AD	Atenção Domiciliar
BCD	<i>Binary-coded Decimal</i>
ESF	Estratégia Saúde da Família
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICSP	<i>In Circuit Serial Programming</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IOT	<i>Internet of Things</i>
MS	Ministério da Saúde
nvSRAM	<i>Non-volatile Random-access Memory</i>
OMS	Organização Mundial da Saúde
PCB	<i>Printed Circuit Boards</i>
PEP	Prontuário Eletrônico do Paciente
RTC	<i>Real Time Clock</i>
SCL	<i>Serial Clock</i>
SDA	<i>Serial Data</i>
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i>
SUS	Sistema Único de Saúde

## SUMÁRIO

<b>1 – INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>11</b>
1.1 Tema . . . . .	11
1.1.1 Delimitação do tema . . . . .	11
1.2 Problemas e premissas . . . . .	12
1.3 Objetivos . . . . .	12
1.3.1 Objetivo Geral . . . . .	12
1.3.2 Objetivos Específicos . . . . .	12
1.4 Justificativa . . . . .	12
1.5 Procedimentos metodológicos . . . . .	13
1.6 Estrutura do trabalho . . . . .	13
<b>2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA . . . . .</b>	<b>15</b>
2.1 Cenário de aplicação e aspectos da utilização de medicamentos . . . . .	15
2.1.1 Crescimento da população idosa . . . . .	15
2.1.2 Dificuldade de administração de medicamentos por idosos . . . . .	17
2.1.3 Automação Médica . . . . .	18
2.2 Modelos de dispensadores de medicamentos existentes no mercado . . . . .	18
2.2.1 Alertmed . . . . .	19
2.2.2 Lifeline – PHILIPS . . . . .	20
2.2.3 Maya Pill Dispenser – MedMinder . . . . .	22
2.3 Levantamento de material técnico para concepção do dispositivo de medicamentos	23
2.3.1 Arduinos . . . . .	23
2.3.1.1 Modelos de arduino . . . . .	24
2.3.2 Módulo RTC . . . . .	27
2.3.3 Módulo de alarme sonoro e luminoso . . . . .	28
2.3.4 Módulo de acionamento . . . . .	28
2.3.5 Motores . . . . .	29
<b>3 – DESENVOLVIMENTO DO MODELO DO DISPENSADOR . . . . .</b>	<b>30</b>
3.1 Etapas de funcionamento . . . . .	30
3.2 Estrutura Mecânica . . . . .	31
3.2.1 Funcionamento . . . . .	31
3.2.2 Sistemas de Eixo . . . . .	37
3.2.2.1 Eixo Z . . . . .	37
3.2.2.2 Eixo Circular . . . . .	39
3.3 Circuito eletrônico . . . . .	44

3.3.1	Testes Iniciais . . . . .	44
3.3.2	Motores e Drivers . . . . .	45
3.3.3	Clock . . . . .	46
3.3.4	Alarmes . . . . .	47
3.3.5	Botão Capacitivo . . . . .	48
3.3.6	<i>Bluetooth</i> . . . . .	49
3.3.7	Placa PCB . . . . .	50
3.4	Estrutura do Software . . . . .	52
3.4.1	Funções . . . . .	52
3.4.1.1	Registro das informações . . . . .	53
3.4.1.2	Configuração dos horários de alarme . . . . .	54
3.4.1.3	Modo de abastecimento . . . . .	56
3.4.1.4	Modo de operação de liberação . . . . .	57
<b>4 – ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b>	. . . . .	<b>58</b>
4.1	Montagem e adequações . . . . .	58
4.2	Aplicação e público alvo . . . . .	62
<b>5 – CONCLUSÃO</b>	. . . . .	<b>63</b>
5.1	Sugestões e Melhorias . . . . .	64
<b>Referências</b>	. . . . .	<b>65</b>
<b>Apêndices</b>	. . . . .	<b>68</b>
<b>APÊNDICE A –FLUXOGRAMAS DE FUNCIONAMENTO</b>	. . . . .	<b>69</b>
<b>APÊNDICE B –CÓDIGO DO ARDUINO 2560 MEGA EM LINGUAGEM C</b>	. . . . .	<b>71</b>

## **1 INTRODUÇÃO**

### **1.1 Tema**

De acordo com a Constituição Federal Brasileira de 1988, em seu Art. 196, a saúde é considerado um direito social (BRASIL, 1988), e o Sistema Único de Saúde (SUS) é uma política pública implantada pelo governo para suprir essa necessidade. Conforme pesquisa realizada pelo Ministério da Saúde (MS), em parceria com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 71,1% da população já o utilizaram. Entre às frentes de atendimento desse sistema, há o programa de Estratégia Saúde da Família (ESF), que beneficia especialmente famílias de baixa renda.

Em relação ao surgimento do SUS, o cenário brasileiro sofreu diversas alterações, como por exemplo o aumento da expectativa de vida, que de acordo com o IBGE subiu 30,3 anos de 1940 (45 anos) a 2016 (75 anos), o que leva a um maior número de pessoas atendidas e o aumento de casos de doenças crônicas, cujo tratamento necessita de uso frequente de medicamentos. Esse tratamento medicamentoso pode variar com a idade, sexo, condições financeiras e de saúde e outros fatores sociais e demográficos. (ROZENFELD, 2003).

Conforme a Organização Mundial da Saúde (OMS), 50% dos pacientes fazem uso de medicamentos de maneira incorreta, fato que pode levar ao agravamento da doença tratada e até mesmo a morte. A não adesão ao tratamento médico, seja intencional ou não, tem-se mostrado um dos fatores mais problemáticos em relação à atenção primária à saúde, outros fatores são a grande quantidade simultânea de medicamentos, a falta de compreensão das orientações médicas, o esquecimento e/ou dificuldades físicas, além do alto índice de analfabetismo. (MARIN et al., 2010).

Devido ao exposto, o uso da tecnologia em prol da saúde com um dispensador de medicamentos se faz muito benéfico frente ao desafio das equipes de saúde básica na orientação do paciente sobre a rotina do tratamento.

#### **1.1.1 Delimitação do tema**

Existem várias opções de dispensadores de medicamentos no mercado, que serão mostrados no decorrer deste documento, mas não foi encontrado um com foco em acessibilidade. O trabalho desenvolvido visou elaborar uma versão acessível de dispensador de remédios para pessoas sem alfabetização, com dificuldades de leitura, com dificuldades cognitivas, que tenham o costume de má administração dos seus medicamentos e que não necessite do usuário final a leitura ou entendimento sobre qual medicamento tomar. Essa responsabilidade fica apenas para quem for realizar a alimentação e configuração do dispensador.

## 1.2 Problemas e premissas

Para a realização deste trabalho, necessitou-se conhecer as nuances do local onde haverá a intervenção tecnológica. Foi necessário buscar a quantidade e o tamanho dos comprimidos que o dispensador deve suportar, a frequência dos horários e quantidade de medicamentos que os pacientes necessitam, a portabilidade do dispensador e a complexidade da sua configuração.

Em relação a utilização do equipamento, requisitou-se uma acessibilidade quanto as ações a serem tomadas pelos paciente. Para a configuração, foi necessário utilizar uma plataforma de fácil uso para quem irá configurar-lo e inserir as informações de alarmes e posicionamento, proporcionando uma experiência intuitiva com a aplicação de uma interface *mobile* de acesso rápido.

Necessitou-se também desenvolver um sistema elétrico e mecânico. Isto demandará um estudo detalhado dos componentes a serem utilizados, para que seja possível encontrar opções de preço acessível e que ainda apresentem as funções necessárias para o objetivo do trabalho. Em relação a função mecânica, buscou-se, desde o desenvolvimento do desenho até os materiais utilizados, a forma mais viável de ser produzido para atender o requisito da acessibilidade.

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um dispositivo de uso geral que dispense medicamentos na forma sólida e no horário correto pré estabelecido de acordo com a prescrição.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

Para a elaboração do equipamento dispensador de medicamentos foi necessário realizar algumas tarefas:

- pesquisa das necessidades do público alvo;
- análise dos materiais necessários para a construção do equipamento;
- escolha dos *softwares* utilizados para o desenvolvimento do projeto;
- desenvolvimento de um protótipo de dispensador de medicamentos automatizado;
- teste funcional do protótipo.

## 1.4 Justificativa

A não adesão ao tratamento médico, seja intencional ou não, tem-se mostrado um fator problemático em relação à atenção primária à saúde. Essa situação é agravante em população de menor condição socioeconômico e com baixo grau de escolaridade e/ou como uma parcela da população idosa. Adicionando essa esfera com a complexidade de alguns tratamentos médicos, se torna um desafio a orientação do paciente em relação a rotina do tratamento (MARQUES; PETUCO; GONÇALVES, 2010).

A dificuldade na adesão desse público compromete não apenas a efetividade da terapia mas também possui um impacto econômico para o país com o aumento da procura pelos serviços públicos de saúde e morte da população economicamente ativa e ainda afeta diretamente a qualidade de vida dos pacientes (MARQUES; PETUCO; GONÇALVES, 2010).

Com isto, a intervenção tecnológica para suprir uma necessidade dos pacientes que necessitam de auxílio para controle dos medicamentos, tendo em vista o impacto que pode gerar em suas vidas se mostra eficaz e de grande valor para uma grande parcela de potenciais usuários.

### 1.5 Procedimentos metodológicos

Buscando-se alcançar os objetivos propostos com a execução deste trabalho, foi realizado pesquisa e revisão bibliográfica da parte técnica, utilizando-se livros, manuais e catálogos, fazendo-se um levantamento de estruturas, componentes e equipamentos existentes e suas condições de uso.

Foi utilizado um *software* de análise e projeto de circuitos eletrônicos, e o *software Fusion 360* para desenvolvimento da estrutura mecânica.

Para obtenção de informações sobre os potenciais usuários do produto final, foram feitas pesquisas de mercado com modelos existentes de outros fabricantes e realizou-se levantamentos teóricos sobre esses usuários, fornecendo um melhor direcionamento em atender as necessidades do cliente.

Por fim foram feitos testes de eficácia com o protótipo final para conclusões, considerando-se os resultados obtidos e as possíveis implicações quanto a ética médica que o trabalho possa vir a afetar.

### 1.6 Estrutura do trabalho

O trabalho tem a seguinte estrutura:

- Capítulo 1 - Introdução

Apresenta o tema proposto, os problemas, premissas e objetivos relacionados ao tema, a justificativa para elaboração deste trabalho, o cronograma e as metodologia adotadas na realização.

- Capítulo 2 - Fundamentação Teórica

Aborda a revisão bibliográfica com levantamento do material técnico necessário no desenvolvimento do trabalho e estudo de campo com os potenciais usuários para conhecimento do ambiente real em que o trabalho será aplicado.

- Capítulo 3 - Desenvolvimento do modelo de dispensador

Contempla o projeto e montagem do circuito eletrônico, desenvolvimento do código, método de comunicação e *design* da interface *mobile* e o leiaute da estrutura mecânica necessária para montagem do dispensador.

- Capítulo 4 - Análise de resultados

Apresenta o manual de instrução do dispensador de medicamentos e resultados obtidos em testes de funcionalidade do produto final.

- Capítulo 5 - Conclusão

Conclusão do trabalho realizado com considerações sobre a efetividade do projeto, sua importância e aplicabilidade além de possíveis estudos futuros.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O capítulo a seguir apresenta um levantamento de características que justificam a necessidade de dispensadores de remédios de fácil usabilidade para auxílio nos tratamentos médicos, além de apresentar alguns modelos já existentes no mercado. Em seguida apresentam-se especificações sobre tecnologias e componentes que se mostram indispensáveis para a construção do circuito eletrônico do dispensador.

### 2.1 Cenário de aplicação e aspectos da utilização de medicamentos

Nesta seção justifica-se a utilização de um dispositivo que auxilie na terapia medicamentosa para pessoas com dificuldades de administrar corretamente seus medicamentos.

#### 2.1.1 Crescimento da população idosa

O Brasil de forma tímida, desde 1950, vem observando uma tendência de transformação da pirâmide etária da população, consequência importante de mudanças nos padrões demográficos observadas no país (SIMÕES, 2016).

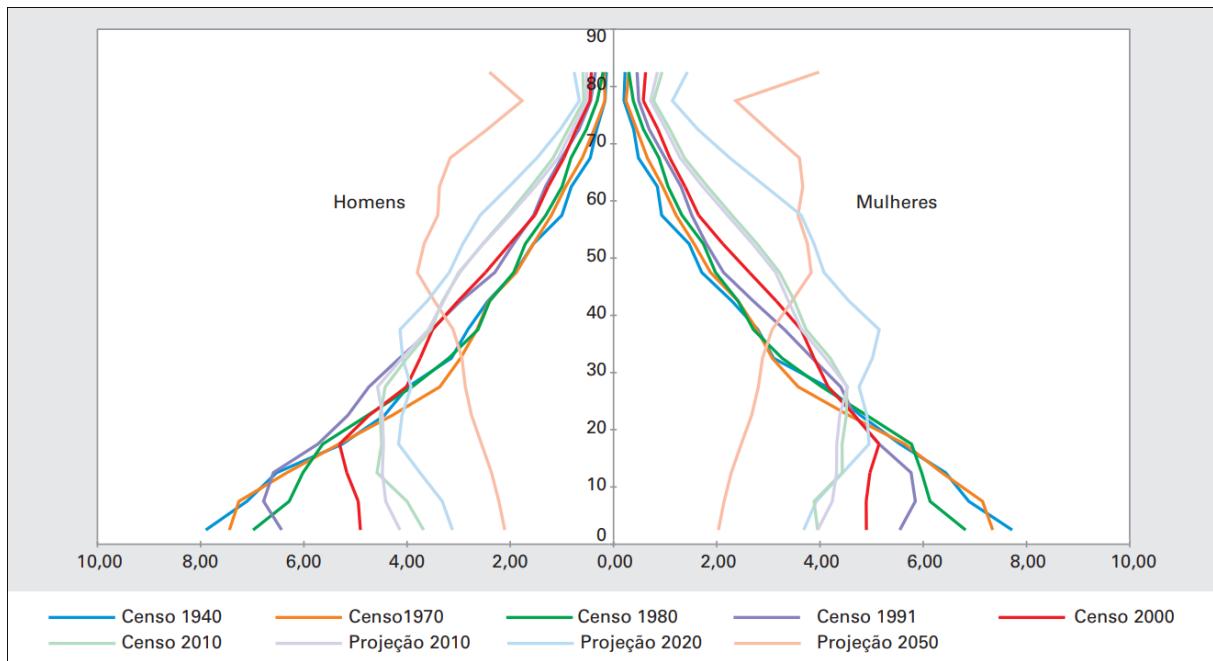
Com a diminuição da taxa de mortalidade, aumento da expectativa de vida que no início do Século XX não passava de 33,5 anos e principalmente com a diminuição da taxa de natalidade, (MINAYO, 2012) estima-se que até 2050, a população com mais de 60 anos, alcance o número de 66,5 milhões de pessoas, um aumento mais do que considerável, principalmente quando olhamos o número de idosos previsto para 2020: 29,3 milhões de pessoas (IBGE, 2013).

Embora não se tenha ao certo os motivos que causaram a diminuição da taxa de mortalidade, pode-se atribuir ao “impulso dado ao sistema de saúde pública, à previdência social, à infraestrutura urbana, e à regulamentação do trabalho nas principais regiões do País a partir dos anos 1930” (SIMÕES, 2016). Além disso, o uso de antibióticos a partir do Século XX, também trouxe mudanças na mortalidade infantil e no aumento da expectativa de vida, evitando óbitos por doenças mais comuns como gripes e viroses (SIMÕES, 2016).

Os movimentos migratórios para as zonas urbanas, a conscientização quanto ao crescimento da população, o aumento dos métodos contraceptivos e os efeitos sócio econômicos, foram moldando ao longo das décadas, um novo padrão familiar brasileiro (SIMÕES, 2016). Face a essas mudanças, vê-se que muitos casais passaram a optar por bens de consumo ao invés de aumentarem a família, caindo de 5,0 em 1970 para 2,3 em 2000 o número de filhos por mulher. (CARVALHO; GARCIA, 2003).

Essas mudanças trazem de forma gradativa, alterações na estrutura da população, com diminuição da base e aumento nas idades posteriores da pirâmide etária, até que, em um futuro não muito distante, atinja novamente uma estrutura piramidal estabilizada, (CARVALHO; GARCIA, 2003), conforme mostra figura 1.

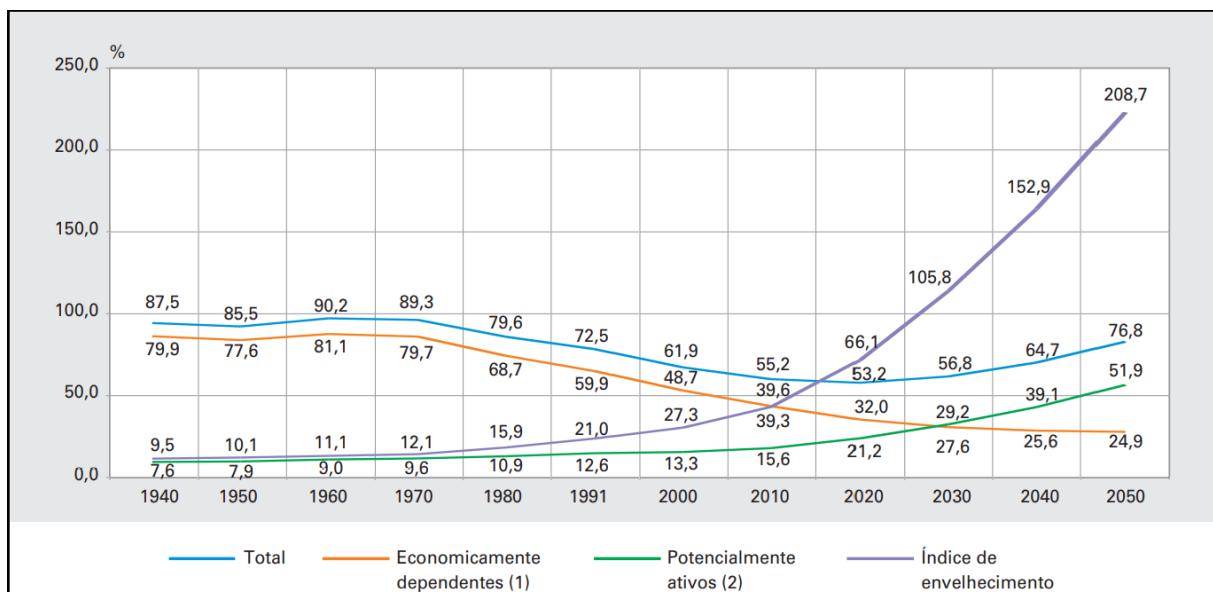
Figura 1 – Estrutura relativa da população por sexo e idade - Brasil 1940/2050



Fonte: (SIMÕES, 2016)

O IBGE utiliza-se de um indicador, denominado razão de dependência total, para estimar qual será a quantidade de indivíduos em grupos inativos ou economicamente dependentes (0 a 14 anos e 60 anos ou mais) (SIMÕES, 2016) que dependerá dos grupos ativos, que exercem atividade econômica. Na Figura 2 podemos observar o crescimento dessa dependência nos próximos anos.

Figura 2 – Razão de dependência e índice de envelhecimento - Brasil 1940/2050



Fonte: (SIMÕES, 2016)

Então, com a previsão de aumento da população idosa, é necessário pensar em políticas e maneiras de tornar esse cenário futuro mais fácil de ser aceito e trabalhado pela população. Por isso em seu Relatório Mundial de Envelhecimento e Saúde, a Organização Mundial da Saúde (OMS) publicou que os gastos necessários para se adequar a essa realidade de aumento da população idosa devem ser vistos como investimentos visando a capacidade e bem estar dessas pessoas (SAÚDE, 2015).

Ao pensar em formas de atender a nova realidade prevista pela OMS, deve-se levar em conta não apenas a debilidade da saúde que acarretará um número maior de cuidados, mas também um “declínio geral na capacidade intrínseca do indivíduo” (SAÚDE, 2015).

Vê-se então que ferramentas capazes de aumentar a habilidade e autonomia funcional e proporcionar comodidade e segurança, para os idosos e seus responsáveis, vem de encontro com o futuro de uma forma positiva e benéfica.

#### 2.1.2 Dificuldade de administração de medicamentos por idosos

Com o avanço da idade, as pessoas estão propensas a terem de ingerir uma quantia elevada de medicamentos no dia-a-dia, pois a variedade de patologias exige tratamentos complexos e diferentes (WERLANG; ARGIMON; STEIN, 2008). Junto a isso, mesmo que postergável, é inevitável o envelhecimento cerebral (NORDON et al., 2009) causando falhas de memória e esquecimento, consequentemente, os idosos são muito mais suscetíveis a confundir seus medicamentos (GELLAD; GRENARD; MARCUM, 2011), confundir horários e quantidades.

Encontram-se várias estratégias de memória (WERLANG; ARGIMON; STEIN, 2008) buscando auxiliar na administração dos medicamentos, porém, ainda assim, capazes apenas de “minimizar ou compensar as dificuldades mnemônicas” (WERLANG; ARGIMON; STEIN, 2008) e não erradicá-las totalmente.

Uma pesquisa realizada pela área de design da informação da Universidade Federal do Paraná, após a realização de entrevistas com idosos, cuidadores e médicos, foi apresentado as dificuldades enfrentadas para uma correta utilização da medicação, entre elas, a dificuldade de manusear embalagens, similaridade dos comprimidos e embalagens e o nome dos medicamentos, além é claro, da dificuldade de não perder o horário (SILVA; SPINILLO, 2016).

As dificuldades também aparecem quando olhamos para clínicas de repouso, onde muitas vezes um cuidador é responsável por vários idosos, com tratamentos e medicações diferentes. O acondicionamento dos comprimidos deve facilitar a identificação e o manuseio pelos cuidadores e idosos (FREITAS; NORONHA, 2013) principalmente pois a administração correta dos medicamentos é apenas uma das esferas de atenção pelos cuidadores e nem sempre as clínicas possuem uma “sistematização completa das medicações usadas por todos os idosos” (FREITAS; NORONHA, 2013).

Vê-se então, claramente, uma necessidade atual e futura de meios que possibilitem uma melhor administração e controle de medicamentos, de forma a erradicar ao máximo as chances de falha nos tratamentos e uma possibilidade poderia ser com processos automatizados.

### 2.1.3 Automação Médica

Existe um grande nicho de pesquisas em relação à automação industrial, devido ao aumento constante de soluções tecnológicas e o aumento de produção no mercado. Assim também é para o setor médico, que vem sendo incorporado ao setor hospitalar, ou Atenção Domiciliar (AD) (LEITE et al., 2009).

Novas tecnologias vão surgindo e sendo utilizadas para automatizar processos dentro da área hospitalar. O caso mais conhecido é o do Prontuário Eletrônico do Paciente (PEP), que registra o histórico médico dos pacientes e que serve de “suporte à pesquisa, ao ensino e ao gerenciamento dos serviços de saúde” (PATRÍCIO et al., 2011).

O primeiro uso desta tecnologia vem da década de 70, que iniciou-se com o uso de sistemas de informação para comunicação entre áreas específicas de um hospital. Posteriormente foi utilizado para armazenamento de prontuários (COSTA et al., 2001) e se encontra difundido até hoje.

Uma área de pesquisa específica de estudo dentro da automação hospitalar tem-se por objetivo aprimorar sistemas para o monitoramento de pacientes (VALENTIM et al., 2012). Devido ao grau de gravidade do paciente, faz-se necessário um monitoramento de observação dos estados que estes se encontram. Este acompanhamento normalmente se dá por meio de biossensores ou biodispositivos que detectam os sinais do paciente (VALENTIM et al., 2012).

Também existe um progresso nos estudos de tecnologias fora do ambiente hospitalar. A assistência médica domiciliar, ou Atenção Domiciliar (AD), está tomando, cada vez mais, um espaço nos serviços de saúde. O envelhecimento da população, ou seja, o aumento da população idosa, tem aumentado o interesse das pessoas pela própria saúde e de seus familiares e os recursos financeiros favoráveis para uma parcela da população, são apenas alguns exemplos de fatores que colaboram para o aumento do atendimento em domicílio (GALVÃO et al., 2011). Associado a isto ocorre também o aumento da conectividade. Com o advento da Internet das Coisas (*Internet of Things*) e o avanço dos *smartphones*, cada dia mais observa-se que a tecnologia em função da saúde não está mais apenas dentro dos hospitais.

Essas preocupações com a automação médica e a utilização da tecnologia em prol de uma melhor assistência à área da medicina está aumentando com o passar dos anos. A fim de atender uma aplicação defasada como automatização de prescrições e auxilio na organização dos medicamentos, realizou-se o estudo em cima de dispensadores automáticos de medicamentos existentes no mercado, objetivando-se o levantamento de suas características, vantagens e dificuldades como produtos.

## 2.2 Modelos de dispensadores de medicamentos existentes no mercado

Com o objetivo de comparar modelos existentes no mercado, serão abordados alguns exemplos que mais se destacam e que se encontram disponíveis para comercialização, de modo a apontar suas principais características e diferenças, utilizando a disponibilidade de informações

existentes em sites de vendas e manuais dos fabricantes.

Encontrou-se diversos dispositivos com diferentes funcionalidades, mas que contém o mesmo objetivo de auxiliar o cliente a ingerir corretamente os medicamentos, e estes serão comparados mas a frente deste documento, citando suas vantagens e desvantagens.

### 2.2.1 Alertmed

Liderando as pesquisas na internet sobre dispensador automático de medicamentos e um dos modelos de maior acessibilidade no Brasil, este dispensador eletrônico de medicamentos está como um dos mais procurados nacionalmente, contendo sua produção e estabelecimento no sul do país.

O fabricante indica o uso do Alertmed para pessoas que necessitam de medicação contínua ou esporádica, familiares que cuidam de pacientes em casa, cuidadores profissionais e autônomos, *home cares* e casas geriátricas, entre outros (ALERTMED, 2019).

O Alertmed é formado por uma carcaça elíptica com 28 compartimentos, como pode ser visto na figura 3. De acordo com o fabricante, cada compartimento pode comportar até 20 comprimidos de diversos tipos e tamanhos.

Foi analisado a possibilidade de considerar o dispensador Alertmed como compacto, com um diâmetro de 192 milímetros e pesando 490 gramas, é alimentado por baterias a pilha, facilitando seu uso em locais externos (SAREDOGRARIAS, 2019).

Analizando os comentários e avaliações nos sites, o dispensador circular acompanha um manual de uso, 4 pilhas AA para a ativação, 1 chave que auxilia no travamento da tampa frontal e 4 cartões móveis e circulares que auxiliam a configuração em cima dos dias e o período do dia (SAREDOGRARIAS, 2019).

De acordo com seu manual, sua configuração de alimentação dos remédios se limita a 28 repetições por recarga, e 4 configurações de repetição (1 vez ao dia, 2 vezes ao dia, 3 vezes ao dia e 4 vezes ao dia), então se o paciente toma medicamentos 4 diferentes horas por dia, será necessário alimentá-lo a cada semana (7 dias). Quando chegar a hora de tomar o medicamento, ele é deslocado para um compartimento aberto de retirada, e auxiliado por sinalizadores sonoros e luminosos, que avisam o paciente a hora correta de ingerir os comprimidos.

Figura 3 – Dispensador automatizado de remédio Alertmed.



Fonte: Adaptado de <<http://www.alertmed.com.br>>

Como segurança do usuário, quando o alarme for ativado, ele permanecerá indicando via luz e som que o remédio está pronto até 30 minutos após sua ativação. Depois desse período, o remédio sai do compartimento aberto para retirada e vai para outro compartimento fechado, continuando o ciclo.

#### 2.2.2 *Lifeline – PHILIPS*

No segmento de mercado importado, o desenvolvimento da PHILIPS com o serviço de dispensadores de medicamentos automáticos com o Lifeline (EUA). Com o valor de aproximadamente de 60 dólares por mês, o Serviço de Dispensador de Medicamentos da PHILIPS tem o objetivo de diminuir os riscos à saúde associados a erros de medicação (PHILIPS, 2019).

A carcaça do Dispensador de Medicamentos da PHILIPS tem seu formato cilíndrico, com o corpo principal em formato de cilindro e sua base com mais detalhes, para acomodar o leitor em LED, botões de configuração, botão principal de liberar o remédio e uma rampa por onde serão disponibilizados os copos com os medicamentos, podendo ser visto na figura 4.

Figura 4 – Dispensador automatizado de remédio tipo PHILIPS.



Fonte: Retirado de <<https://www.lifeline.philips.com/pill-dispenser/health-mdp.html>>

Sobre a instalação e configurações de funcionamento, o dispensador de medicamentos da PHILIPS necessita de uma tomada de energia elétrica para carregamento e funcionamento de baterias que suportam até 18 horas sem carregar. Para realizar seu check-in diário e um bom funcionamento, o produto necessita de uma linha telefônica para ser conectado e gerar os relatórios e mensagens diárias sobre o funcionamento em conjunto com a central de suporte 24x7.

O sistema de acomodação dos medicamentos em copos plásticos foi projetado para suportar até 60 recipientes, apresentando configurações de 1 a 6 doses por dia. Não suporta medicamentos líquidos, pois podem danificar o dispensador (PHILIPS, 2019).

Seu carregamento tem como auxílio uma bandeja com as posições e organização dos copos com os medicamentos, essa bandeja é separada em doses e qual dia da semana será tomada essa dose, como pode ser visto na figura 5. Caso o carregamento seja superior do que 7 dias, é necessário alimentar o dispensador com os copos separados inicialmente e depois fazer a organização dos dias restantes. Todo seu carregamento, tanto nos copos como no dispensador

são feitos manualmente, portanto são demorados e susceptíveis a erros humanos.

Figura 5 – Bandeja de configuração dos recipientes do dispensador automatizado de remédios tipo PHILIPS.



Fonte: Retirado de <[https://www.youtube.com/watch?v=IdVF\\_Bvnd9E](https://www.youtube.com/watch?v=IdVF_Bvnd9E)>

### 2.2.3 Maya Pill Dispenser – MedMinder

Outro dispensador automático que trabalha com serviço de cobrança mensal do dispositivo, seria o Maya criado pela MedMinder. Com o objetivo trazido pela MedMinder como uma solução eficaz e disponível para aumentar a adesão da medicamentação, o valor de 39,99 dólares por mês acompanha suporte para a instalação prévia e manutenção (MEDMINDER, 2019).

Aparentando ser uma cartela organizadora de medicamentos, o produto está focado em facilidade de uso, sua interface simples e amigável não possui leituras ou botões digitais, visto na figura 6 . O dispensador de medicamentos contém 28 compartimentos e pode acomodar diferentes tipos de comprimidos, porém, com a sua configuração tem um limitador de no máximo 4 horários por dia para a medicação, se quiser completar o ciclo semanal.

Seu monitoramento é sem fio, com um micro celular embutido, onde ele conecta-se a central MedMinder para monitoramento e configuração de dosagem do paciente. Essas informações estão disponíveis on-line para cuidadores que também podem receber notificações imediatas por e-mail ou mensagens de texto e relatórios semanais (MEDMINDER, 2019). Isso influencia diretamente no custo final do produto, que é repassado para os usuários.

Figura 6 – Dispensador automatizado de medicamentos Maya, produzido pela MedMinder.



Fonte: Retirado de <<https://www.medminder.com/pill-dispensers-2/maya-pill-dispenser/>>

Após configuração prévia, o dispensador auxilia com lembretes visuais quando é hora de tomar uma medicação. Se o compartimento não for removido dentro do prazo estabelecido, o paciente pode receber avisos auditivos, bem como chamadas telefônicas automáticas opcionais, mensagens de texto e e-mails.

Existe também o recurso de monitoramento remoto, onde o MedMinder mantém registros das atividades do paciente. O cuidador pode acessar essas informações pela Internet ou receber notificações em tempo real por email ou mensagem de texto.

O carregamento dos 28 compartimentos pode ser feito manualmente ou comprando bandejas pré-montadas, que são a preferência de venda pela MedMinder para reduzir as chances de erro de configuração dos medicamentos dentro do Maya (MEDMINDER, 2019).

Avaliando esses modelos existentes no mercado, foi possível consolidar funcionários e traçar algumas métricas e que serão utilizados da criação de um novo dispensador de medicamentos, e assim pode-se iniciar a listagem do material necessário para a sua construção.

### 2.3 Levantamento de material técnico para concepção do dispositivo de medicamentos

Para atender a necessidade de um dispositivo que consiga interpretar informações de entrada e carregamento, agir corretamente e avisar o paciente do horário do remédio, uma concepção eletrônica e mecânica faz-se necessária. Nesta seção levantaremos o material eletrônico e mecânico necessário para essa concepção.

#### 2.3.1 Arduinos

Com o avanço da tecnologia é cada dia mais difícil projetar um equipamento eletrônico que não contenha um microcontrolador capaz de realizar o comando e processamento de dados da aplicação. Buscando-se tornar o projeto desses equipamentos algo simples e viável para todos,

os professores Massino Banzi e David Cuartielles criaram em 2005 na Itália a placa Arduino (ROBÓTICA, 2012).

Uma solução bastante versátil, o Arduino é uma plataforma aberta disponível para “criação de objetos interativos independentes ou de colaboração com *software* de computador” (BANZI; SHILOH, 2015).

As plataformas Arduino são compostas por duas partes principais: a placa e o *software*, conhecido como *Integrated Development Environment* (IDE) disponível para download gratuito no site <[www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)> e compatível com as plataformas Windows, Mac OS X e Linux(BANZI; SHILOH, 2015). Para complemento da placa, encontram-se vários módulos e sensores, como por exemplo: sensor de temperatura, sensor de pressão, módulo de buzzer, etc., já projetados para se encaixar nos Arduinos.

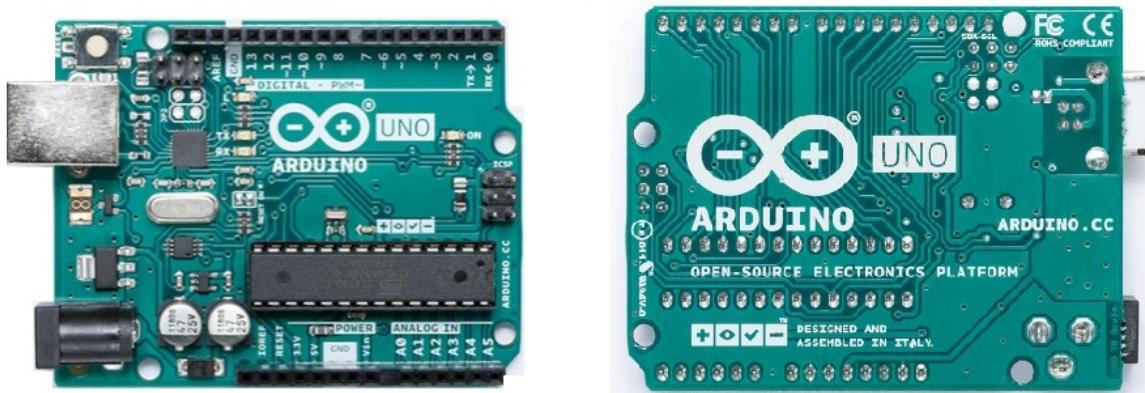
### 2.3.1.1 Modelos de arduino

Encontramos uma grande opção de plataformas Arduino no mercado. As mais comuns são apresentadas a seguir:

1. Arduino UNO (figura 7), principais características:

- Microcontrolador Atmega328;
- 14 entradas e saídas digitais;
- 6 entradas analógicas;
- Cristal *oscilador* de 16 MHz;
- Conexão USB;
- EEPROM 1kB;
- Entrada para fonte externa;
- Soquete para comunicação ICSP (*In Circuit Serial Programming*).

Figura 7 – Arduino Uno

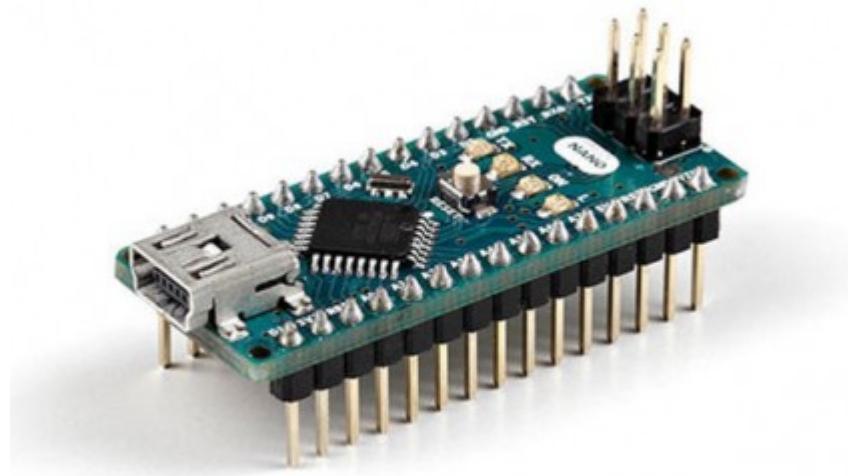


Fonte: (ARDUINO, 2019)

2. Arduino Nano (figura 8), similar ao Arduino UNO, exceto pela quantidade de entradas

analógicas, possui apenas 2 e não possui entrada para fonte externa.

Figura 8 – Arduino Nano



Fonte: (ARDUINO, 2019)

3. Arduino Mega 2560 (figura 9), principais características:

- Microcontrolador AtMega2560;
- 54 entradas e saídas digitais ;
- 16 entradas analógicas;
- EEPROM 4kB;
- Cristal *oscilador* de 16 MHz;
- Entrada para fonte externa.

Figura 9 – Arduino Mega 2650



Fonte: (ARDUINO, 2019)

Além dos modelos citados acima, existem outros com variações em algumas características. Na figura 10 encontra-se uma lista com mais alguns modelos e especificações.

Figura 10 – Comparativo de plataformas Arduino

Modelo	Vin	Vpin	Clock	Digitais	Analógicas	PWM	UART	Flash	Bootloader	Interface de Programação
Arduino Uno - R3	7-12V	5V	16MHz	14	6	6	1	32Kb	Optiboot	USB via ATMega16U2
BlackBoard UNO R3	7-12V	5V	16MHz	14	6	6	1	32Kb	Optiboot	USB via FTI / FTI
Arduino Leonardo	7-12V	5V	16MHz	20*	12	7	1	32Kb	Leonardo	USB nativo
Romeo V2.0	7-12V	5V	16MHz	20*	12	7	1	32Kb	Leonardo	USB nativo
Julieta	7-12V	5V	16MHz	14	8**	6	1	32Kb	Optiboot	USB via FTI / FTI
Arduino Mega 2560 R3	7-12V	5V	16MHz	54	16	15	4	256Kb	STK500v2	USB via ATMega16U2
BlackBoard Mega 2560 R3	7-12V	5V	16MHz	54	16	15	4	256Kb	STK500v2	USB via FTI / FTI
Arduino Mega ADK	7-12V	5V	16MHz	54	16	15	4	256Kb	STK500v2	USB via ATMega16U2
Arduino Due	7-12V	3.3V	84MHz	54	12	12	4	512Kb	Due	USB nativo
Arduino Esplora	5V	5V	16MHz	-	-	-	-	32Kb	Esplora	USB nativo
Arduino Ethernet	7-12V	5V	16MHz	14	6	4	1	32Kb	Optiboot	USB via ATMega16U2
Arduino Fio	3,3-12V	3,3V	8MHz	14	8	6	1	32Kb	AtmegaBOOT	FTDI / XBee
Arduino Micro	7-12V	5V	16MHz	20	12	7	1	32Kb	Micro	USB nativo
Arduino Pro Micro	5-12V	5V	16MHz	12	4	5	1	32Kb	DiskLoader	USB nativo
Arduino Pro Mini 3,3V	3,3-12V	3,3V	8MHz	14	6	6	1	32Kb	AtmegaBOOT	FTDI
Arduino Pro Mini 5V	5-12V	5V	16MHz	14	8	6	1	32Kb	AtmegaBOOT	FTDI
BlackBoard Pro Mini 5V	5-12V	5V	16MHz	14	8	6	1	32Kb	AtmegaBOOT	FTDI

\*A quantidade de portas no Arduino Leonardo é a mesma que a do Arduino UNO ou da BlackBoard, mas alguns pinos possuem dupla funcionalidade fazendo que a quantidade de pinos seja um pouco maior.

\*\*A Julieta possui 2 entradas analógicas extras no barramento de sensores (A6 e A7)

Fonte: (ARDUINO, 2019)

### 2.3.2 Módulo RTC

A principal função de um dispensador de remédios é evitar que o paciente não tome a medicação errada nem perca o horário que deve administrar o medicamento. Então para o pleno funcionamento do dispositivo, é necessário um controle de tempo preciso e constante.

Para isso, é indispensável, um módulo de relógio que incorpore ao microprocessador suas informações. No mercado encontram-se os módulos RTC (*Real Time Clock*) da Maxim Integrated®, capazes de suprir essa necessidade. Dois modelos, em especial, o módulo RTC DS1307 e o RTC DS3231.

O primeiro módulo, RTC DS1307 apresenta protocolo de comunicação serial I2C (*Inter-Integrated Circuit*), que utiliza apenas duas portas para comunicação, a SDA (Serial Data) responsável pela transmissão de dados e SCL ( Serial Clock), responsável pelo clock (DANIS;

BADI, 2016), baixo consumo de energia (0,0005 mA), uma bateria de 3 V em caso de falta de energia e 56 bytes de memória não volátil (INTEGRATED, 2015a).

O módulo RTC DS3231 também trabalha com comunicação I2C, porém de alta precisão, somado a um sensor de temperatura e uma bateria de 3 V para faltas de energia (INTEGRATED, 2015b). A diferença mais relevante entre os dois modelos aparece na precisão do horário, dado que o RTC DS1307 utiliza um cristal de quartzo externo enquanto o RTC DS3231 funciona com um cristal integrado ao *chip*, com compensação de temperatura (INTEGRATED, 2015b).

### 2.3.3 Módulo de alarme sonoro e luminoso

Ao chegar o momento de o usuário administrar o remédio liberado pelo dispensador, é necessário que ele seja avisado de que a ação deve ser realizada. A forma mais básica e instintiva de se imaginar um alerta, é com o uso de luz e som de modo que chame a atenção do usuário.

Para o alarme luminoso pode-se utilizar leds coloridos de alto brilho, opção simples, porém eficaz. Já para o aviso sonoro faz-se necessário utilizar primeiramente um potenciômetro digital para controle da frequência sonora de um *buzzer*. Duas opções de potenciômetro foram encontradas. O MCP41010 da Microchip®, permite uma variação de resistência de 0 a 10 kΩ, com interface serial sincrona SPI (Serial Peripheral Interface), e faixa de operação entre 2,7 V e 5,5 V (MICROCHIP, 2003). A segunda opção é o X9C103 que apresenta características semelhantes às já apresentadas para o outro modelo de potenciômetro, resistência de 0 a 10 kΩ , interface serial SPI e tensão de operação de 5 V (ELECTRONICS, 2019).

Para emissão do sinal sonoro pode-se utilizar um *buzzer* passivo de 5 V que é mais facilmente encontrado no mercado e apropriado para o seu uso.

### 2.3.4 Módulo de acionamento

Para que ao chegar o momento de retirar os medicamentos para uso, esses sejam dispensados apenas após o usuário se mostrar presente junto ao dispositivo, evitando assim que doses sejam liberadas, mas não ingeridas e se misturem com a próxima dose, é necessário adicionar uma forma de acionamento junto ao dispositivo que ao ser acionado pelo usuário, libere os medicamentos.

A tecnologia encontrada no mercado hoje, traz várias opções como botões, sensores de presença ou ainda formas automatizadas de reconhecimento. Um exemplo simples e moderno são os botões capacitivos de aproximação, livre de pressão e sem impactos nas mãos (SIEMENS, 2019) que não exigem precisão para acionamento.

A escolha da forma de acionamento é de real importância na retirada dos medicamentos, porque isso influenciará diretamente na eficácia do dispositivo, visando a autonomia dos usuários, é importante optar por uma forma que não exija precisão para acionamento e nem força e ainda tenha uma durabilidade longa.

### 2.3.5 Motores

A liberação de medicamentos exige um equipamento capaz de controlar com precisão o sistema mecânico, utilizando-se de controle de velocidade e posição. Para isto faz-se necessário o uso de motores de passo, visto que estes possuem uma precisão e controle de graus satisfatória, são de fácil acesso e uso, viabilizando a instalação e manuseio com os controladores e drivers.

As opções que estariam de acordo com o projeto seriam duas, o motor de passo 28BYJ-48 + Driver ULN2003 e o AKXX0.35F6LN7.5. Sendo que este necessita também de um driver comprado a parte. Dois drivers que se encaixam neste projeto é o DRV8825 e o A4988.

O motor de passo 28BYJ-48 + Driver ULN2003 é do tipo unipolar, necessita uma alimentação de 5 VDC, 64 passos por revolução, totalizando 5,625° por passo e um torque máximo de 2,2 kgf.cm (ELETRÔNICA, 2019). O motor AKXX0.35F6LN7.5 já necessita de uma tensão nominal de 12 VDC, 48 passos por revolução, totalizando 7,5° por passo e um torque máximo de 0,35 kgf.cm (MOTION, 2019) Porém para este é necessário, devido à corrente associada, escolher um modelo de driver para o controle.

O driver DRV8825 é utilizado em motores bipolares, opera entre 8,2 V e 45 V e pode fornecer até 1,5 A por fase continuamente sem dissipador ou ventilação (INSTRUMENTS, 2010). O driver A4988 também é utilizado em motores bipolares, opera entre 8,0 V e 35 V e é capaz de fornecer aproximadamente 1 A por fase continuamente sem dissipador ou ventilação (MICROSYSTEMS, 2016).

A escolha desses materiais é reafirmada na realização da sua montagem, cambiando e avaliando as possibilidades e as necessidades do projeto, alterando assim entre os modelos previamente apresentados.

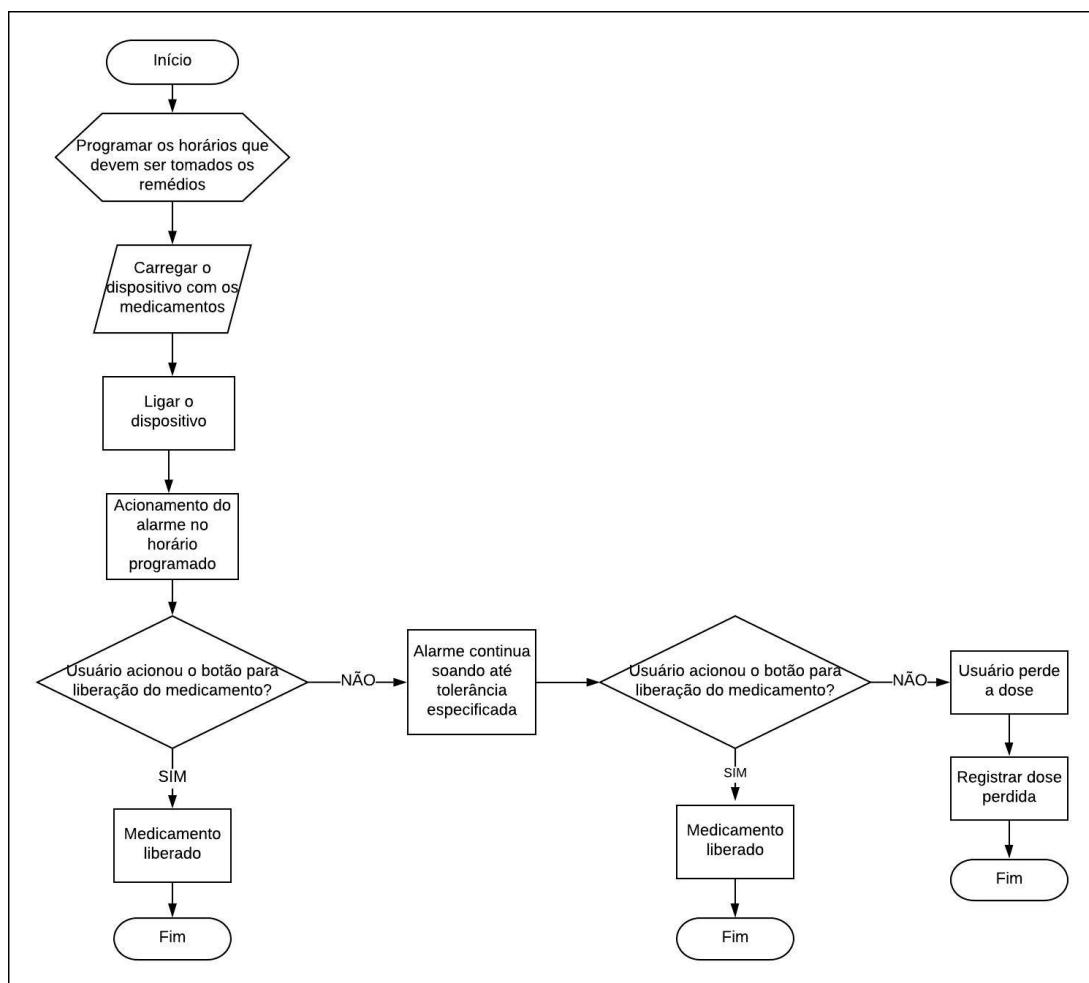
### 3 DESENVOLVIMENTO DO MODELO DO DISPENSADOR

O capítulo a seguir apresenta o desenvolvimento do circuito eletrônico, das interfaces de comunicação e controle e a estrutura mecânica necessária para o funcionamento do dispensador de remédios.

#### 3.1 Etapas de funcionamento

Buscando-se compreender e organizar as funcionalidades que se fazem indispensáveis para o funcionamento do dispensador de remédios, o diagrama de blocos na figura 11 apresenta, de modo simplificado, as etapas que devem ocorrer para que o usuário tenha seus remédios nas horas exatas e em caso de perda de uma das doses, essa não venha a se misturar com a próxima.

Figura 11 – Fluxograma - Dispensador de remédios



Fonte: Autoria própria

### 3.2 Estrutura Mecânica

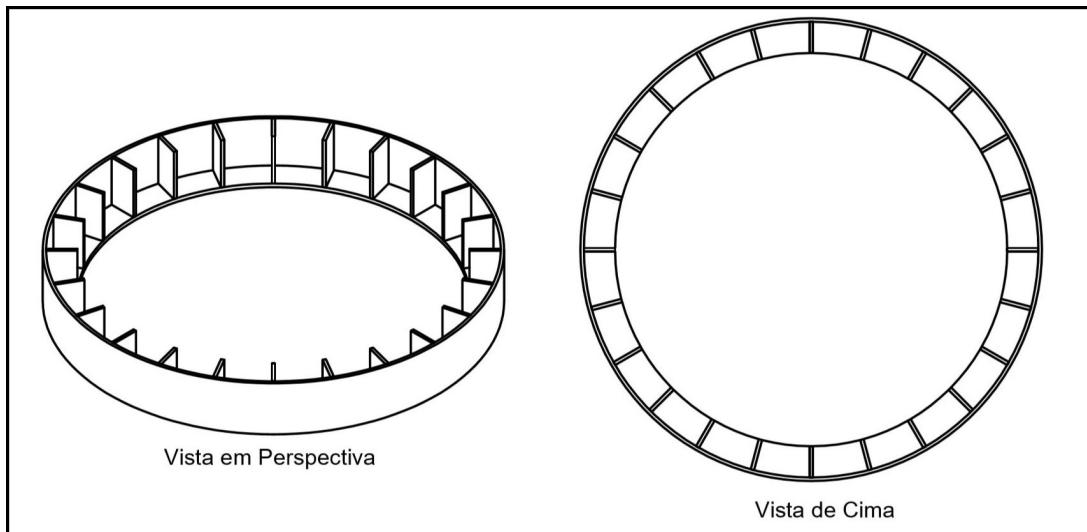
Focando em criar um sistema inovador que possa atender as necessidades do projeto sem aumentar a complexidade do uso no dia-a-dia do paciente, a estrutura mecânica foi um dos primeiros desafios a serem vencidos para iniciar a montagem do protótipo e possibilitar os testes e atingir os resultados citados futuramente nesse documento. Para o protótipo e todas as imagens desta seção foi utilizado o *software* gratuito *Fusion 360*,

Nesta seção será descrito mecanicamente o funcionamento dispensador automatizado de medicamentos, desde como o medicamento é dispensado até, genericamente, as partes compostas.

#### 3.2.1 Funcionamento

Com a função de dispensar cápsulas de medicamentos foi necessário desenvolver um sistema que comportasse os medicamentos em espaços que pudessem ser alcançáveis individualmente pelo sistema em questão. Logo uma forma circular, conforme mostrado na figura 12 é um arranjo que justifica sua construção devido sua facilidade de montagem e a possibilidade de alcançar os compartimentos apenas rotacionando o modelo.

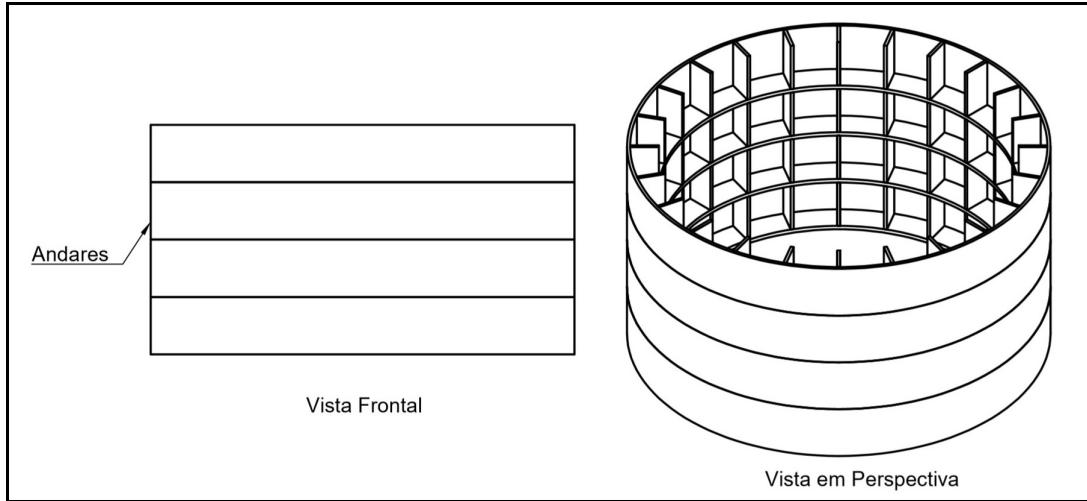
Figura 12 – Formato circular para armazenamento de medicamentos



Fonte: Autoria própria

Apenas um sistema de rotação, como o apresentado na figura 12, limitaria a capacidade de armazenamento do dispositivo, pois aumentando o número de comprimidos, aumenta-se o raio do dispositivo e por consequência seu tamanho. Desta forma torna-se muito grande horizontalmente e dependendo da necessidade do usuário se torna inviável. Para solucionar isto é necessário ampliar o dispositivo de forma vertical, isto é, inserindo andares de compartimentos, conforme a figura 13.

Figura 13 – Formato circular com quatro camadas para armazenamento de medicamentos

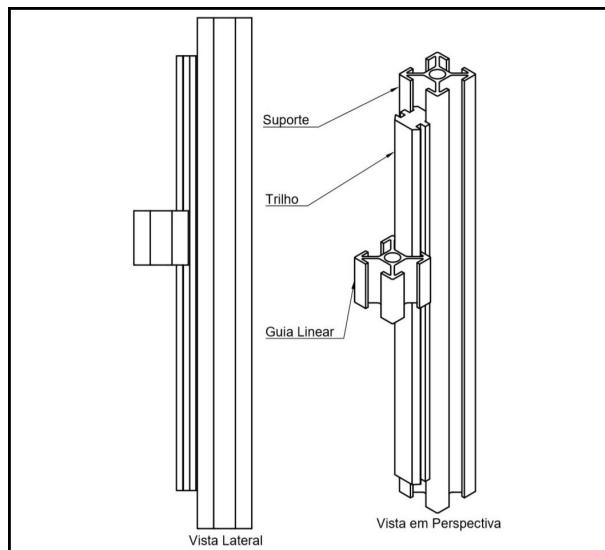


Fonte: Autoria própria

Com o aumento vertical por andares do dispositivo, foi necessário a inserção de um eixo com a direção vertical. Pois agora é necessário capturar as cápsulas não apenas de forma circular, mas também com alturas diferentes.

Portanto houve a necessidade de um eixo com movimentação vertical, que foi chamado de "Z". O eixo Z é um sistema composto por um suporte, um trilho e uma guia linear para que possa realizar a movimentação, conforme a figura 14. Desta forma a guia linear irá percorrer o trilho, atingindo qualquer uma das alturas. O funcionamento do sistema de movimentação será abordado na subseção 3.2.2.1.

Figura 14 – Esquema básico do eixo Z com seus componentes

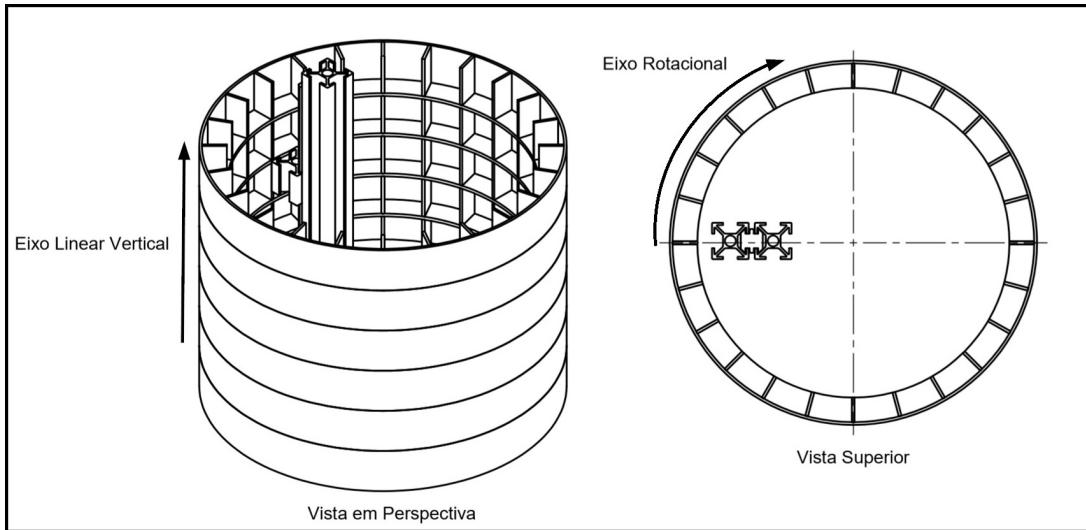


Fonte: Autoria própria

Sendo assim, o aparato apresenta 2 eixos. Um rotacional no plano horizontal, para

que seja alcançado as divisões e um linear no eixo vertical, para que possa ser alcançado compartimentos em outras alturas. Como o eixo Z capturará o medicamento, ele está localizado próximo à borda interna dos andares para que possa alcançar os compartimentos, conforme figura 15.

Figura 15 – Eixos com sua direção de movimento e posição do eixo Z



Fonte: Autoria própria

Quando o circuito selecionar o medicamento a ser dispensado, o aparelho irá se movimentar até o espaço em que este se encontra. Ao chegar no local ele deverá destampar o nicho para que a cápsula possa cair.

O sistema de portas deverá preencher alguns requisitos para ser implantado de forma que possa se adequar ao projeto:

1. Deve ser possível a abertura da porta de forma prática, em que o sistema inserido na guia do eixo Z consiga realizar esta função;
2. O sistema deve ser compatível com o modo de inserção de cápsulas;
3. Não pode atrapalhar os sistemas de eixos;
4. Não deve ser aberto quando movimentado o dispositivo, qualquer que seja a direção;

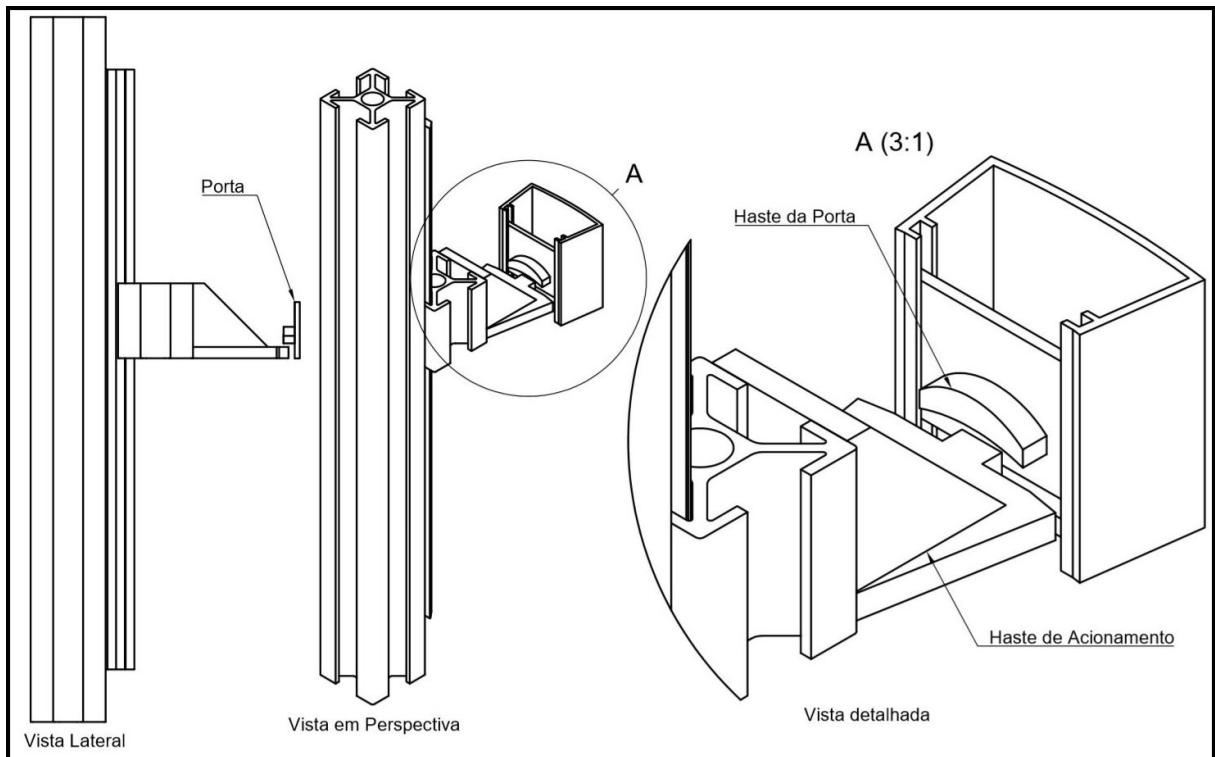
Com estes requisitos é possível criar vários modelos de portas, cada um com sua especificação. Um exemplo é acoplar um componente atuador na guia localizada no eixo Z, para que este, ao chegar na porta específica possa abri-la de forma eletrônica. Também é possível criar uma eletrônica para cada porta, de forma que ela abra automaticamente pela aproximação do eixo Z.

Um dos modelos considerados foi com as portas deslizantes no eixo vertical. Pois é de fácil construção, atende aos requisitos, muito simples de ser desenhado e não necessita de um sistema de atuação eletrônica. Com este, o projeto ficará mais simples, haverá menos partes

eletrônicas e móveis, o que reduz a manutenção e possibilidade de erros, e também tornará o projeto mais barato.

Este sistema escolhido consiste em uma porta de abertura com elevação vertical, com uma haste para fora da porta em que o sistema Z atue levantando a porta de forma mecânica empurrando-a, de acordo com a figura 16. Para isto a guia do eixo Z deve estar acoplada de uma peça que também possua uma haste de ação compatível com a haste da porta em questão.

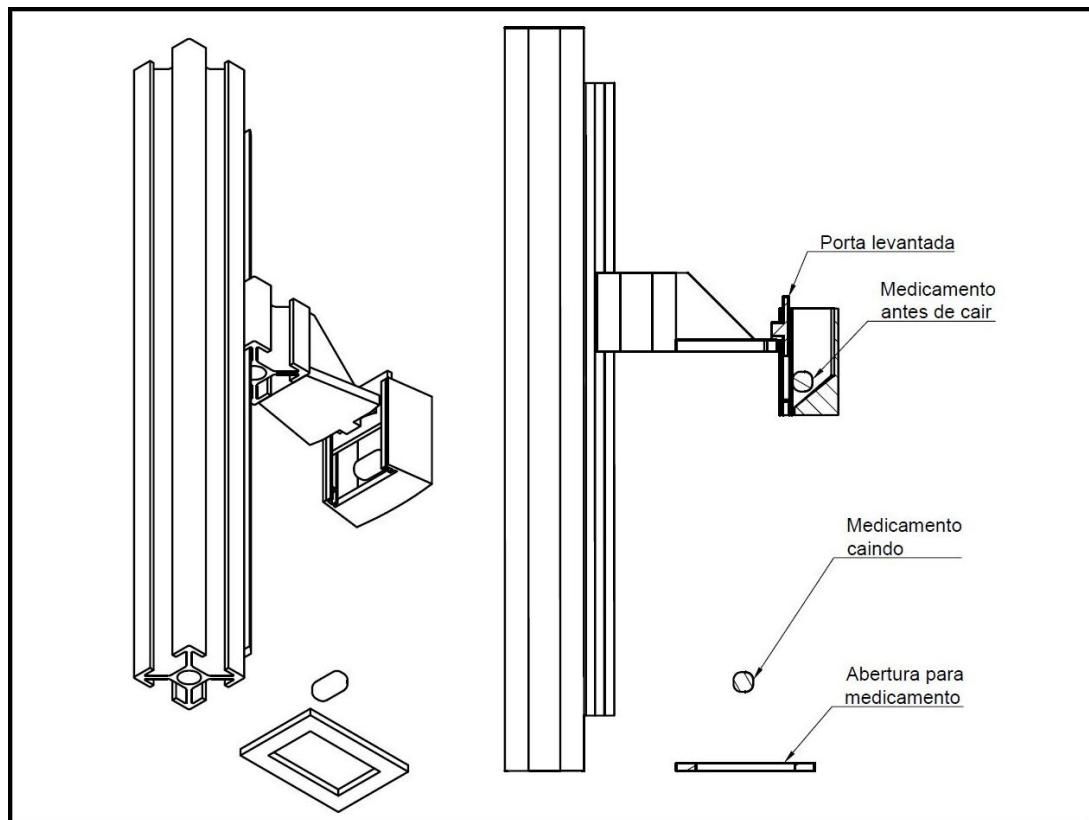
Figura 16 – Eixo Z demonstrando a abertura da porta por meio da haste de açãoamento



Fonte: Autoria própria

Ao levantar a porta o medicamento cairá para fora do estojo em que está inserido, de forma que chegue a base do equipamento conforme figura 17. Na base do equipamento haverá um orifício em que deverá ser depositado o medicamento. Debaixo e alinhado com este furo ficará o compartimento que o usuário pegará o medicamento, podendo ser uma gaveta ou mesmo um copinho colocado pelo próprio usuário.

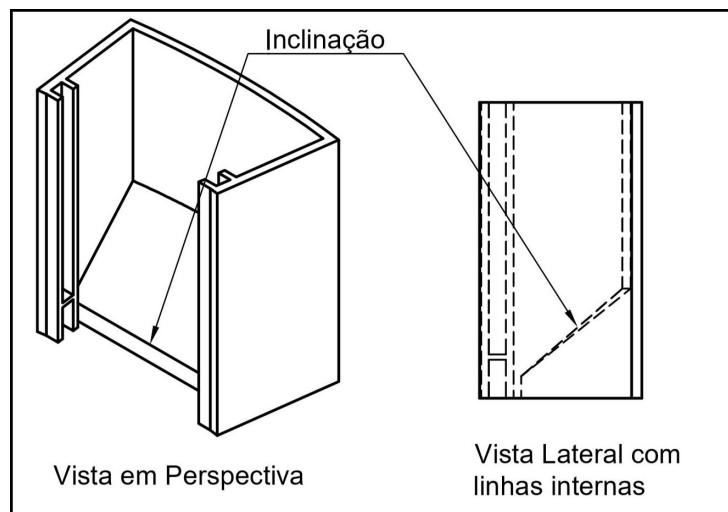
Figura 17 – Eixo Z demonstrando o processo de dispensa do medicamento



Fonte: Autoria própria

Ao abrir o acesso, o medicamento deve sair do estojo. Para que isto ocorra de forma natural, foi colocado um declive dentro de cada compartimento. Desta forma basta abrir a porta para que a medicação saia, conforme figura 18.

Figura 18 – Receptáculo em perspectiva e vista lateral com linhas internas

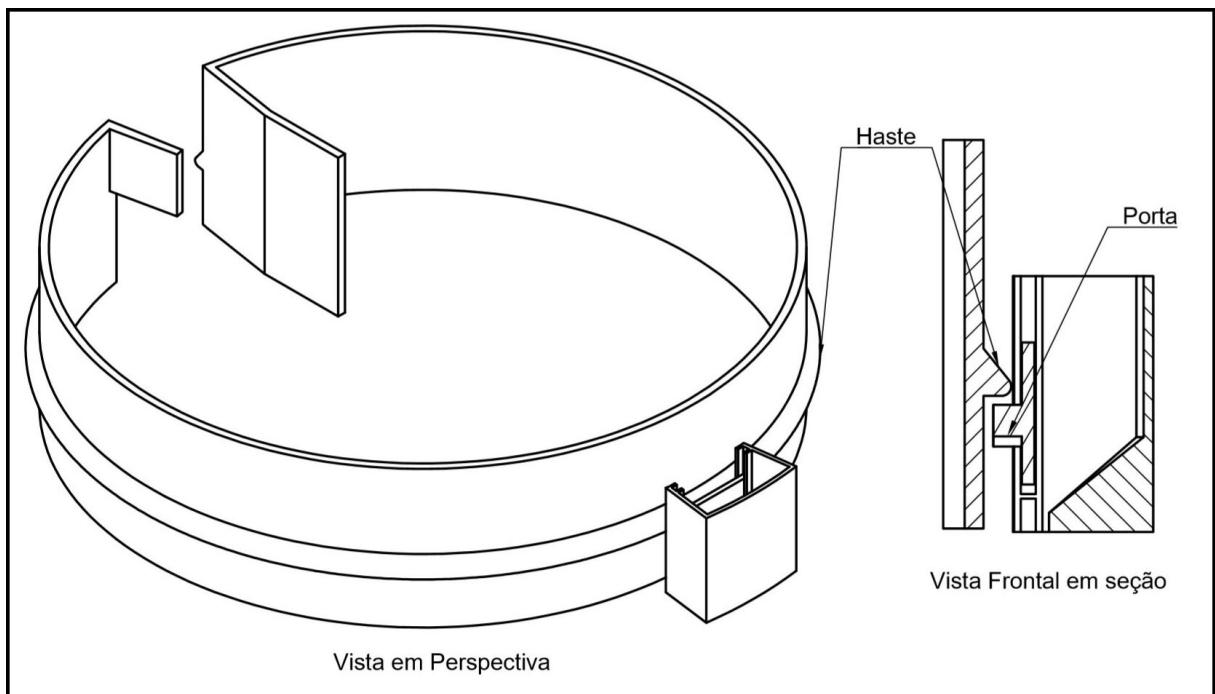


Fonte: Autoria própria

Para que a porta não abra ao movimentar o dispositivo, independente da direção, foi desenvolvido uma cobertura internamente ao dispositivo, com hastes lineares para fora de forma radial, em cada andar mostrado na figura 19. Com estas hastes apenas uma coluna de portas poderá ser aberta pois esta cobertura irá impedir a abertura devido a haste que a porta possui, que, ao realizar o movimento de abertura será impedida.

Como a coluna que se encontra alinhada mais próxima ao eixo Z pode ser aberta livremente, ao movimentar o dispositivo os medicamentos localizado na mesma cairão. Para que isto não ocorra uma coluna, pelo menos, deve não conter medicamento algum. Com isto, quando o dispositivo não estiver operando, esta coluna vazia deve estar nesta posição, para que evite acidentes em que os medicamentos caiam.

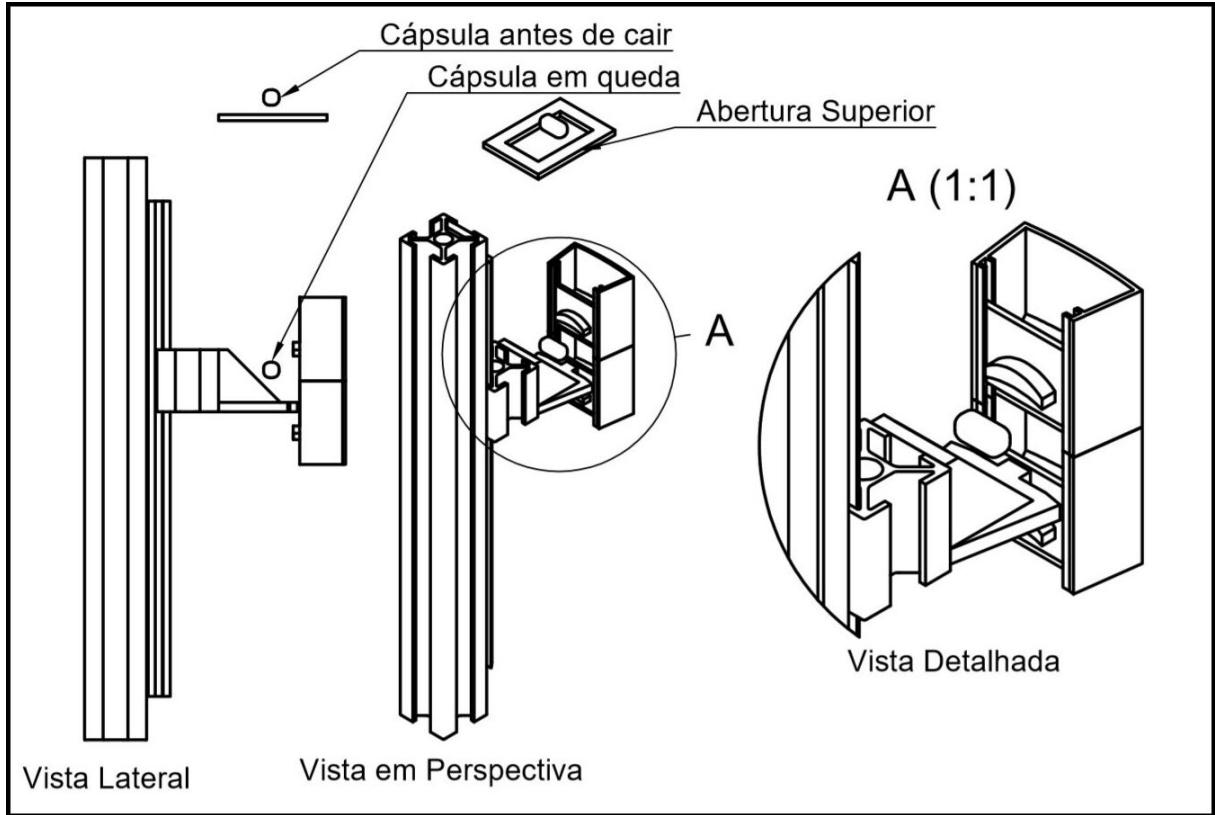
Figura 19 – Cobertura interna com receptáculo



Fonte: Autoria própria

Para que seja inserido os medicamentos nos estojos específicos foi deixado um espaço aberto na parte superior da porta, conforme figura 20. Desta forma é possível ser inserido uma cápsula pela parte superior do equipamento e para que isto aconteça o eixo Z deve estar localizado de forma que ao soltar o remédio em cápsula, pela parte superior do equipamento, este bata na peça acoplada à guia linear e entre pelo canal deixado no sistema de portas, superior a porta.

Figura 20 – Funcionamento da inserção de cápsulas no dispensador



Fonte: Autoria própria

Este sistema foi pensado de forma a suprir as necessidades deste trabalho, como um dispositivo genérico que dispensa medicamentos. Dependendo do uso, aplicação e local de instalação, o sistema de funcionamento pode ser variado, adequando-se às especificações requisitadas.

### 3.2.2 Sistemas de Eixo

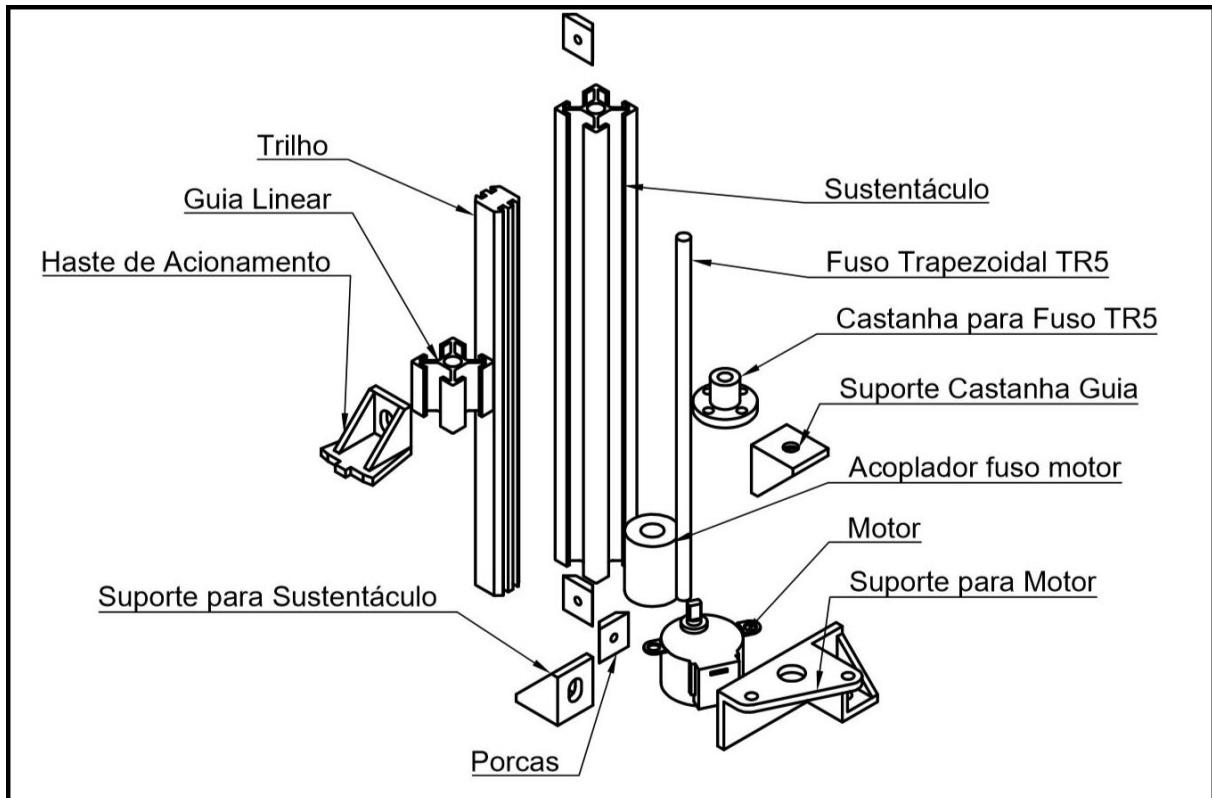
O sistema mecânico do dispensador pode ser dividido por eixos devido a complexidade na construção de cada um deles. Sendo o eixo Z e o eixo circular da base.

Nesta seção será descrito o funcionamento, a construção dos sistemas de eixos e o acoplamento dos motores nestes mesmos mecanismos.

#### 3.2.2.1 Eixo Z

O eixo Z é um sistema localizado internamente ao dispositivo e tem a função básica de movimentar a peça, que irá abrir a porta e servir de suporte para a inserção de medicamentos, para cima e baixo verticalmente. Para isto ele é composto dos seguintes componentes:

Figura 21 – Eixo Z em vista explodida e com nomes de cada peça



Fonte: Autoria própria

- Sustentáculo;
- Suporte para sustentáculo;
- Guia linear;
- Trilho;
- Haste de acionamento;
- Suporte para motor;
- Motor;
- Fuso trapezoidal TR5;
- Castanha para fuso TR5;
- Suporte castanha guia;
- Acoplador fuso motor;
- Parafusos e porcas.

O Sustentáculo nada mais é que um perfil estrutural de alumínio com medidas de 20x20mm. Este serve de suporte para o eixo Z, ou seja, todos os componentes do eixo Z serão acoplados nele de forma que ele sustente a estrutura.

Para que seja fixado à base utilizou-se o suporte para o sustentáculo, que consiste de uma cantoneira em formato L. Este item é facilmente encontrado à venda porém, para o projeto, houve a necessidade de imprimir em 3D esta peça pois, desta forma, pode-se controlar o tamanho

e facilita na hora de projetar os encaixes corretos.

A guia linear é o suporte que fará o movimento vertical de forma a alcançar todos os andares. Para este projeto foi utilizado um pedaço pequeno de perfil estrutural de alumínio, pois em conjunto com o trilho pode ser feito um sistema linear deslizante que percorre o eixo Z de forma fácil. O trilho se trata de um perfil deslizante que se encaixa no perfil de alumínio e o torna deslizante.

A haste de acionamento é uma peça desenhada e impressa em 3D cuja função é acionar as portas do modelo para que elas se abram. Esta é acoplada na guia linear de forma que sua haste fique voltada para fora, direcionada para os andares, próxima o suficiente para que alcance a haste da porta.

O suporte para o motor é a peça que fixa o sustentáculo, deixa o motor alinhado com o fuso e ainda serve como suporte para o sustentáculo central. Esta peça é de extrema importância pois acumula três funções ao mesmo tempo, portanto foi desenhada de forma que fique bem localizada e fixa.

O fuso é acoplado com o motor de forma a alinhar seus eixos, por meio do acoplador fuso motor. O mesmo fuso é fixado na castanha e na guia linear. Desta forma, quando o motor for acionado, irá movimentar o fuso. Como a castanha é fixa na guia linear, com o movimento do fuso o sistema irá se movimentar verticalmente para cima e para baixo, cumprindo o propósito projetado.

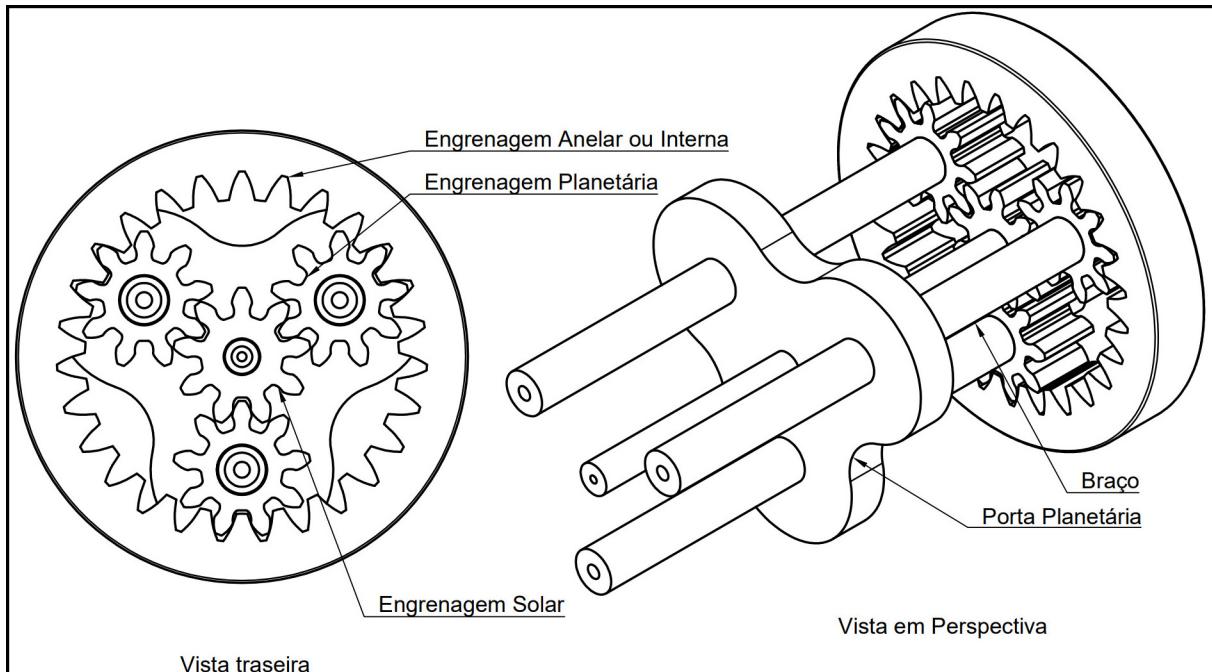
### 3.2.2.2 Eixo Circular

Este eixo está localizado em baixo do dispositivo com a função de movimentar, de forma circular, os andares. Com este movimento horizontal, todos os andares serão movidos juntamente e será possível selecionar horizontalmente quais envólucros iremos acionar.

Com o objetivo de ocupar menos espaço, para aumentar o torque de atuação do motor, visto que o conjunto atua como uma caixa de redução, e por motivos de montagem escolheu-se criar um sistema de engrenagens planetárias, mostrado na figura 22. Este sistema consiste em um conjunto de engrenagens com funções específicas. Possui este nome por causa do movimento que eles realizam, uma vez que é semelhante ao sistema solar girando ao redor do sol.

- Engrenagem Anelar ou Interna;
- Braço;
- Engrenagem Solar;
- Engrenagem planetária;
- Porta planetária.

Figura 22 – Conjunto exemplo de sistema de engrenagem planetária com os componentes citados

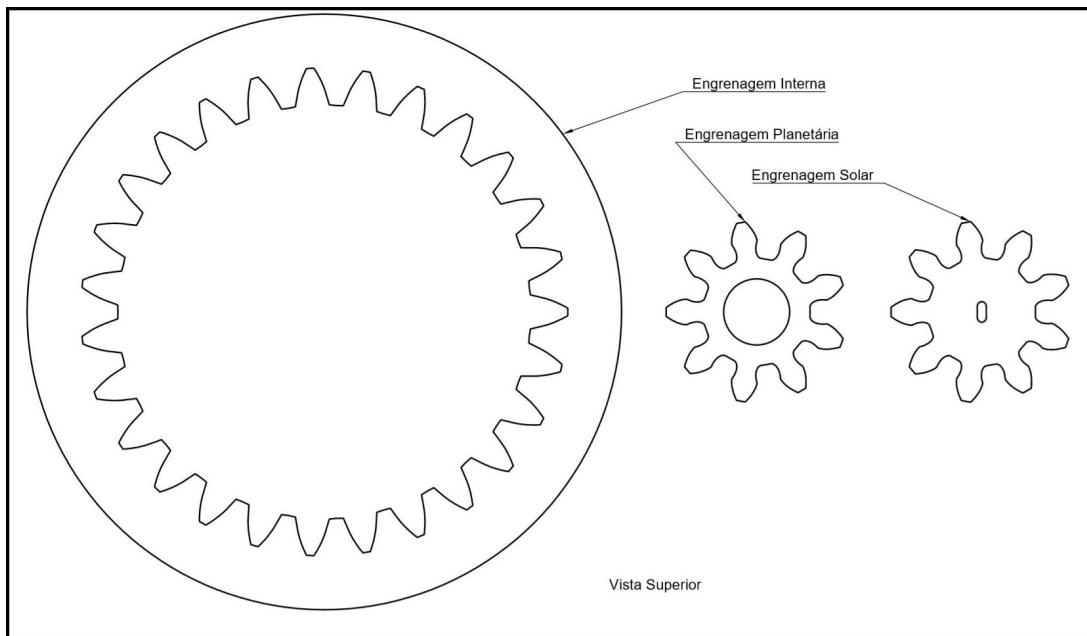


Fonte: Autoria própria

Este sistema de engrenagens pode ser produzido com várias configurações. Pode-se utilizar variados números de engrenagens planetárias, não utilizar a engrenagem anelar, utilizar as engrenagens planetárias ou a engrenagem solar fixa, dentre outros.

Porém para o dispositivo, o arranjo acima cumprirá com o objetivo. Consiste em um sistema com três engrenagens, os braços são fixos em uma porta planetária e o movimento se dará no centro, por meio da engrenagem solar. Para que as engrenagens se encaixem com esta configuração é necessário utilizar os seguinte números de dentes.

Figura 23 – Engrenagens Interna, Solar e Planetária lado a lado



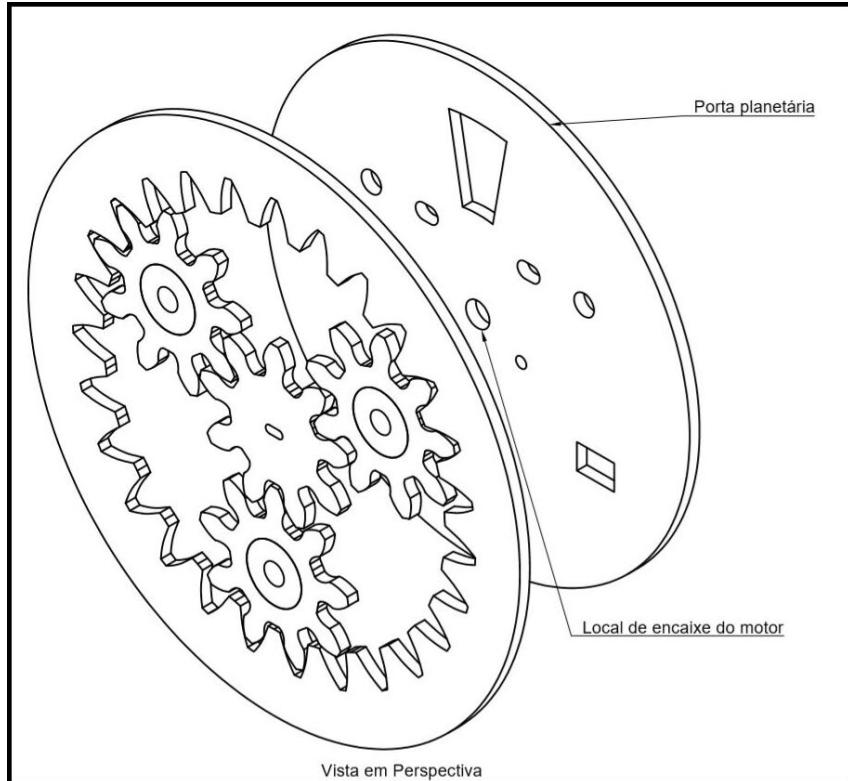
Fonte: Autoria própria

- Engrenagem Interna - 27 dentes;
- Engrenagem solar - 9 dentes;
- Engrenagem planetária - 9 dentes.

Utilizando este esquema de engrenagens é possível, deixando a porta planetária fixa, movimentar a engrenagem anelar por meio da engrenagem solar. Com isto teremos um eixo rotatório no centro que atuará na rotação do sistema, portanto a engrenagem anelar deverá suportar, em cima dela, os andares. Haverá também uma redução do motor em relação a engrenagem interna de 4 para 1, ou seja, a cada rotação completa do motor a engrenagem interna rodará 4 rotações completas. Isto fará com que a força de atuação do motor aumente em detrimento da quantidade de voltas que terá que realizar para completar uma rotação completa.

A porta planetária foi aproveitada e utilizada para mais de uma função. Além de deixar fixo as engrenagens planetárias, ela também segura o motor no centro, de forma que este esteja acoplado a engrenagem solar e pronto para utilização.

Figura 24 – Montagem porta planetária com engrenagens



Fonte: Autoria própria

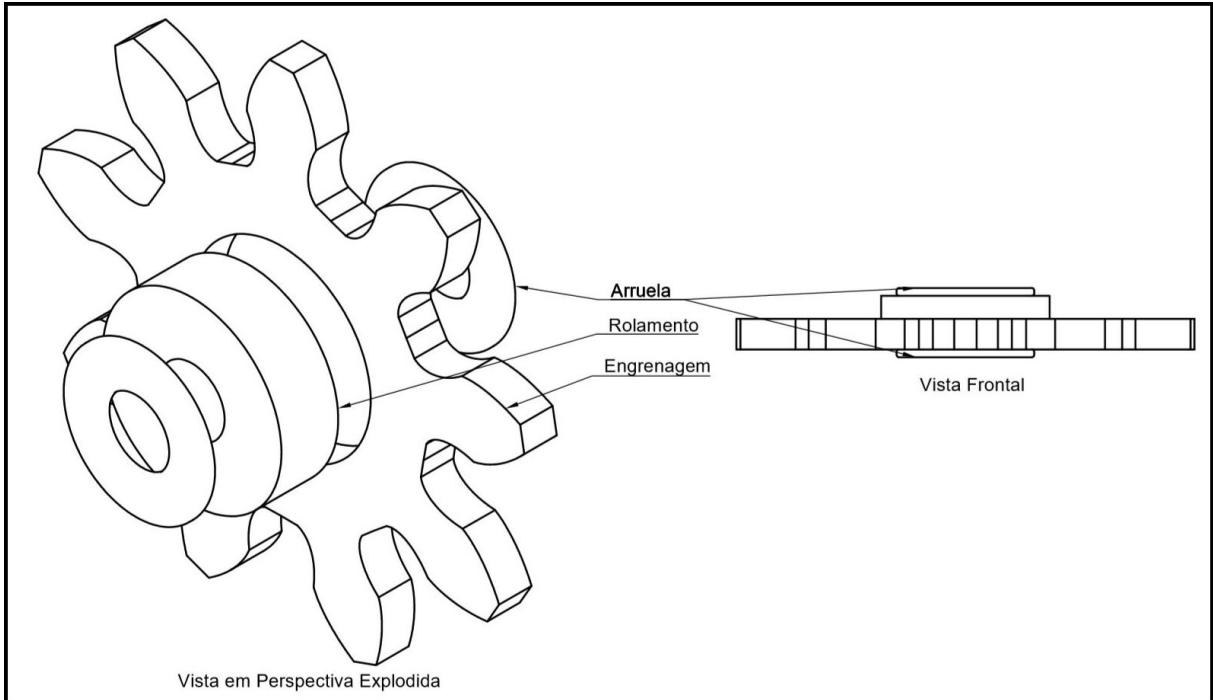
Este sistema precisará estar sobre uma base de apoio para que possa girar. Então foi colocado uma base abaixo deste sistema, conforme figura 24. Esta base possui o mesmo formato circular que a aresta externa da engrenagem anelar, para que possa dar apoio às engrenagens internas do sistema de rotação.

Porém percebeu-se que este esquema causaria atrito entre as peças que se movimentam e as que estão fixas. Então, para auxiliar a rotação e diminuir o atrito, foi projetado um sistema de rolamento, onde aproximadamente 40 esferas de aço de 4,5mm de diâmetro seguem uma trilha circular entre a base de apoio e a engrenagem anelar.

Com isto todos os andares estarão sobre um sistema de rolamentos, diminuindo a força necessária a ser utilizada pelo motor e aumentando a precisão.

Para apoio das engrenagens internas também foi utilizado um sistema de rolamento. Inseriu-se um rolamento no orifício central das engrenagens planetárias. Estes rolamentos são montados no sistema com duas arruelas, uma superior e outra inferior, para que estas engrenagens não tenham atrito com a base de apoio.

Figura 25 – Montagem porta planetária com engrenagens

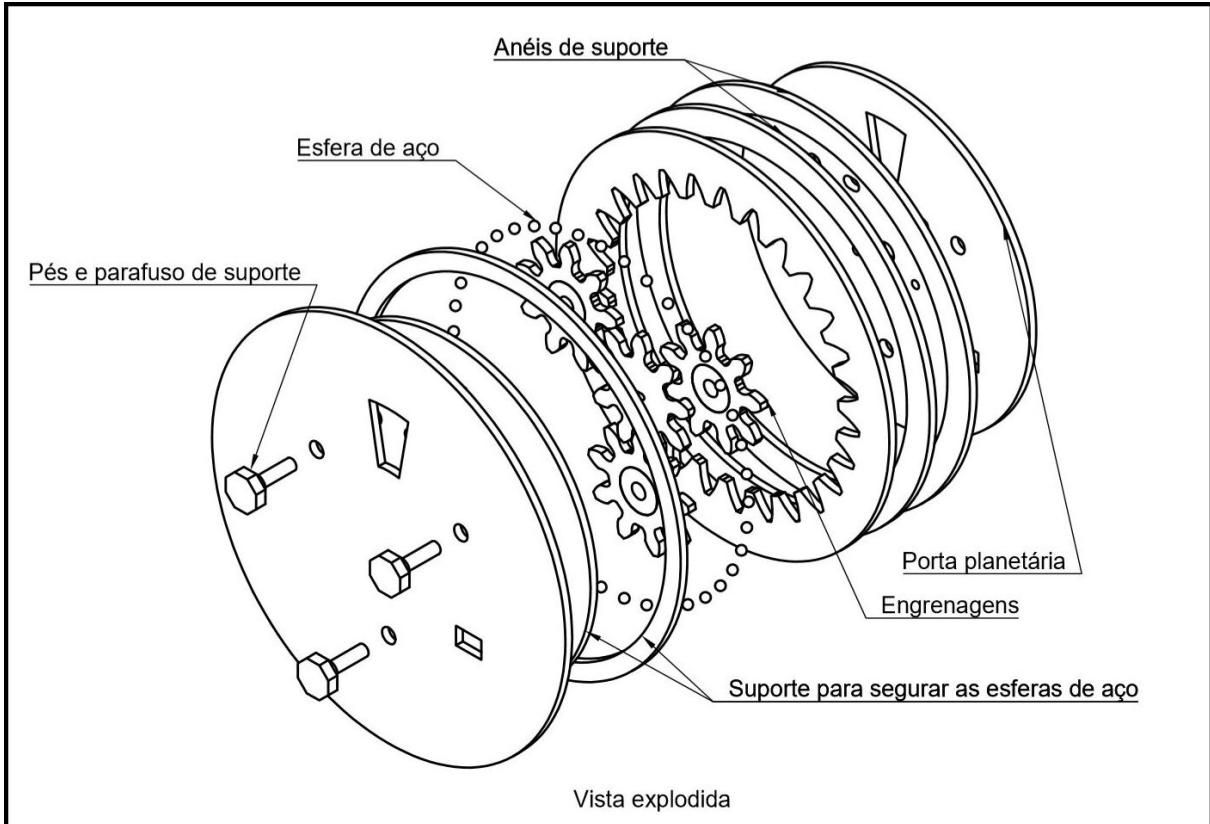


Fonte: Autoria própria

Para que as engrenagens planetárias estejam fixas foi utilizado um parafuso que atravessa o sistema de rotação, servindo como o braço destas engrenagens, já mostrado na figura 22. Aproveitando-se destes parafusos foi inserido um suporte em uma das extremidades que serve de pé para todo o dispensador.

Foi inserido também anéis de suporte em cima da engrenagem anelar. Estes anéis servem para que os andares possam ser apoiados na engrenagem anelar, visto que entre esta e os andares, existem outras partes, como a base e os rolamentos.

Figura 26 – Base completa em vista explodida



Fonte: Autoria própria

### 3.3 Circuito eletrônico

Nesta seção serão descritos os componentes do circuito eletrônico, sua montagem e o funcionamento para atender as necessidades do protótipo.

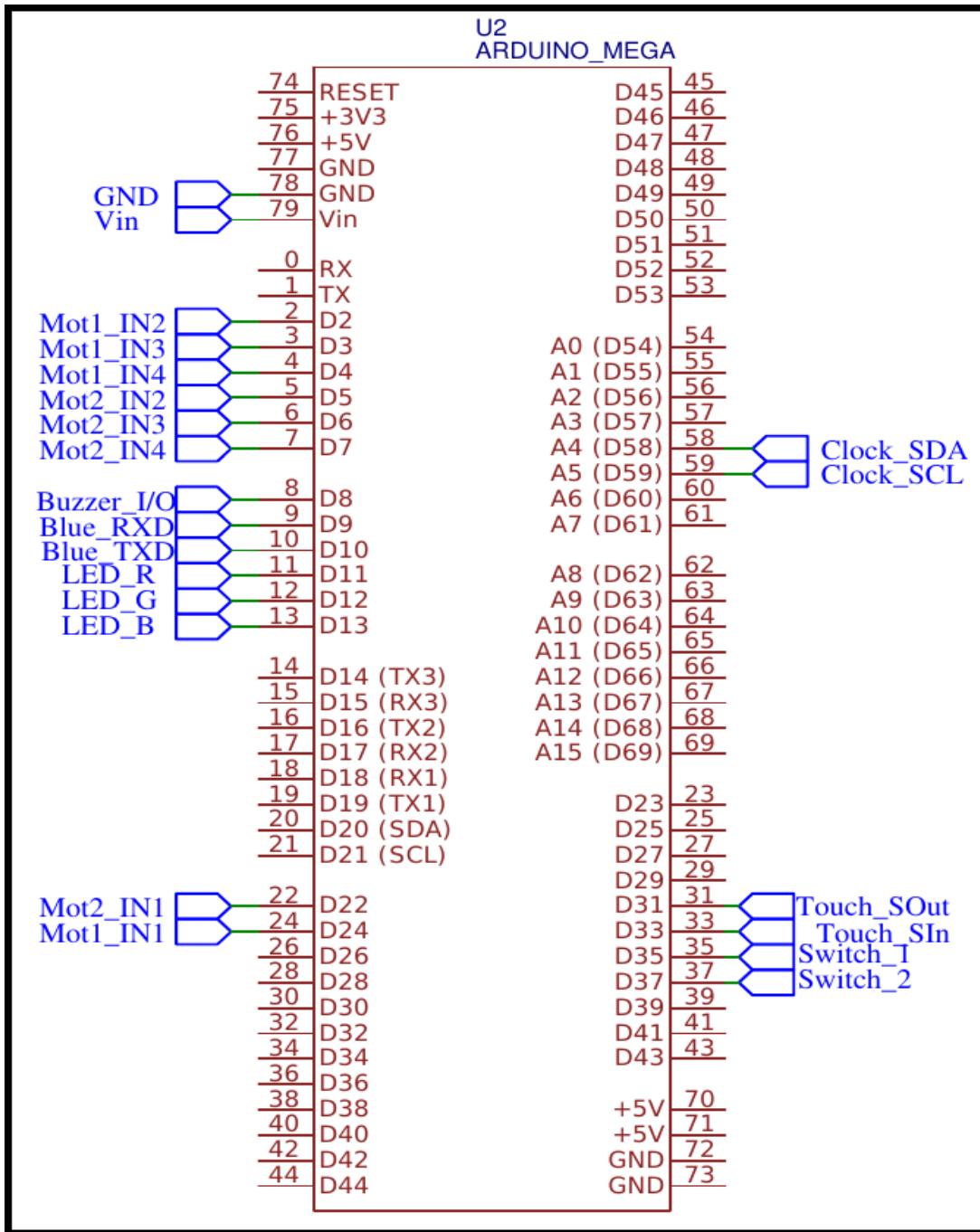
#### 3.3.1 Testes Iniciais

Como o projeto alimenta vários componentes eletrônicos para formar seu circuito eletrônico, por meio de testes e verificações, conclui-se que o arduino 2560 mega atenderia melhor as necessidades de portas digitais solicitadas por todos os componentes que serão controlados pelo microprocessador.

Um desses testes foi a montagem do circuito no *software Easy EDA*, que é livre para uso em navegadores de internet e contém os componentes necessários para realizar esse projeto. Foi realizado inicialmente, a montagem da simulação do circuito para analisar necessidades de portas e todas as ligações, conforme as imagens a seguir.

É possível perceber na figura 27 em sequência, que foram utilizados 4 entradas/saídas digitais para cada *driver* dos motores, 3 para o LED RGB, 2 para o *clock*, 2 para o botão capacitivo *touch*, 2 para o módulo *bluetooth*, 2 para *switches* para o sensor de fim de curso e 1 para o módulo *buzzer*.

Figura 27 – Pinagem utilizada no arduino.



Fonte: Autoria própria

A alimentação do arduino 2560 mega pelas portas de Vin e GND, foi realizada com um carregador de celular com características elétricas de 5 V e 2 A, até 9 V e 2 A. A montagem e funcionamento de cada módulo utilizado será melhor explicado nas próximas subseções.

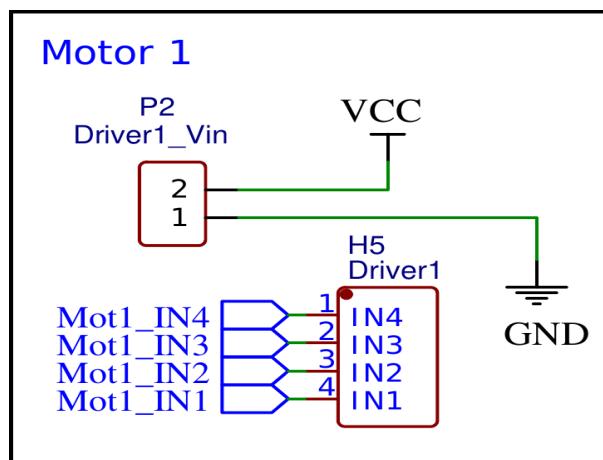
### 3.3.2 Motores e Drivers

O projeto necessita de 2 motores que irão movimentar os eixos responsáveis pela liberação dos medicamentos no devido suporte do protótipo. Com a necessidade de motores

que possibilitam controlar quantos graus de rotação e sua velocidade, o motor de passo 28BYJ-48 com o *driver* ULN2003 demonstrou ser uma boa escolha para o cliente, sendo facilmente encontrado no mercado.

Um motor de passo converte os impulsos elétricos em reações mecânicas, e o eixo do motor gira em parcelas discretas quando os impulsos de comando eléctricos são aplicados a ele na sequência correta. A rotação dos motores tem relação direta a sequência dos impulsos aplicados nele, assim como a direção de rotação do eixo do motor, a velocidade de rotação do motor com a frequência dos impulsos de entrada e o comprimento de rotação com o número de impulsos de entrada. Ou seja, Para controlar o motor de passo precisa-se aplicar tensão a cada um a das bobinas em uma sequência específica.

Figura 28 – Pinagem utilizada nos drivers dos motores.



Fonte: Autoria própria

Trabalhando com a variação de velocidade em 1/64 vezes e o ângulo de rotação mínimo de  $5,625^\circ/64$ , ele pode ser programado para rotacionar entre as "casinhas" do protótipo e ativar apenas qual o medicamento deve ser tomado no horário configurado como alarme. O motor de passo é unipolar, e possui quatro enrolamentos que são chamados de fases, como pode ser visto na figura 28. Cada circuito do chip ULN2003 aciona uma das fases, e a ativação de cada *driver* é realizada pelas portas digitais do arduino, sendo neste caso as portas D24, D02, D03 e D04 para o motor 1 e D22, D05, D06 e D07 para o motor 2.

### 3.3.3 Clock

Como o tratamento de terapias medicamentosas sempre está relacionado a uma frequência em que o paciente necessita tomar seus comprimidos, o protótipo conta com um *clock-serial* de tempo real (RTC), modelo 1307.

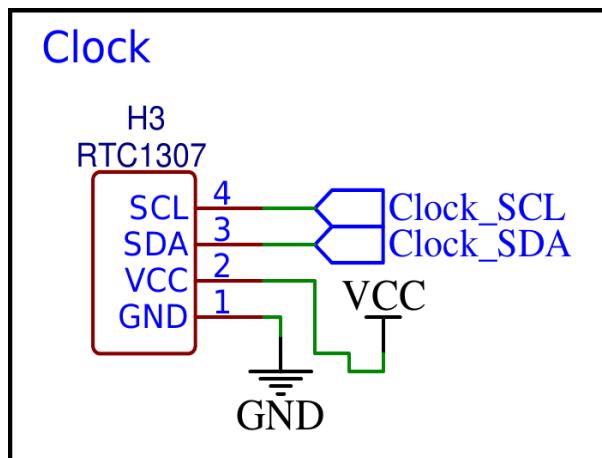
O relógio é codificado de forma decimal-binário completo (BCD) de baixa potência com 56 bytes de memória de acesso aleatório não volátil (nvSRAM). Endereço e dados são transferido

em série através de um barramento bidirecional, podendo fornecer valores de segundos, minutos, horas, informações sobre dia, data, mês e ano.

Esse modelo conta com algumas facilidades como o ajuste de fim de mês, que é automático para meses com menos de 31 dias, incluindo correções para a mudança do ano e pode ser configurado como 24 ou 12 horas com o indicador AM e PM. O RTC 1307 possui um circuito integrado de detecção de energia que detecta falhas de energia e alterna automaticamente para o suprimento de backup, a operação de cronometragem continua enquanto a peça opera a partir desse suprimento.

Para a configuração do relógio com o arduino, necessita-se configurar os pinos de SDA e SCL, podemos ver suas pinagens na figura 29. O SDA é a entrada e saída serial de dados, utilizando interface  $I^2C$ , conectado a porta D58 do arduino, recebe e envia as informações de data e horário, e o SCL conectado a porta D59 é a entrada serial do relógio que sincroniza os dados com a interface  $I^2C$ .

Figura 29 – Pinagem utilizada para o clock.



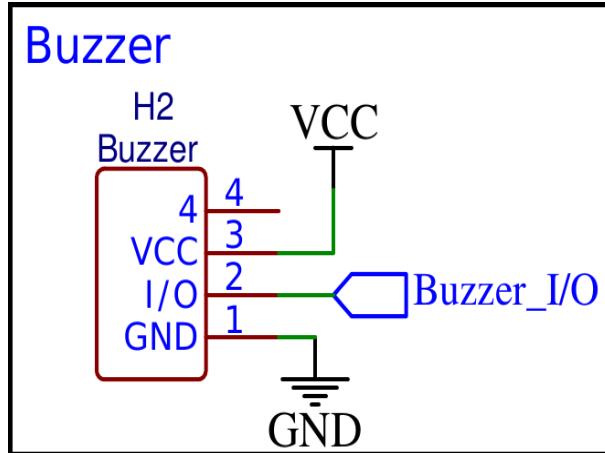
Fonte: Autoria própria

### 3.3.4 Alarmes

Para alertar o paciente o horário correto de ingerir os medicamentos, o protótipo conta com 2 sistemas de alarmes, um visual e outro sonoro.

Utilizando um *buzzer* passivo de 5 V, pode ser conectado à porta de entrada e saída digital de um PWM, porta D8 no arduino conforme a figura 30, emitindo pulsos que geram uma variedade de tonalidades sonoras, que podem compor uma música.

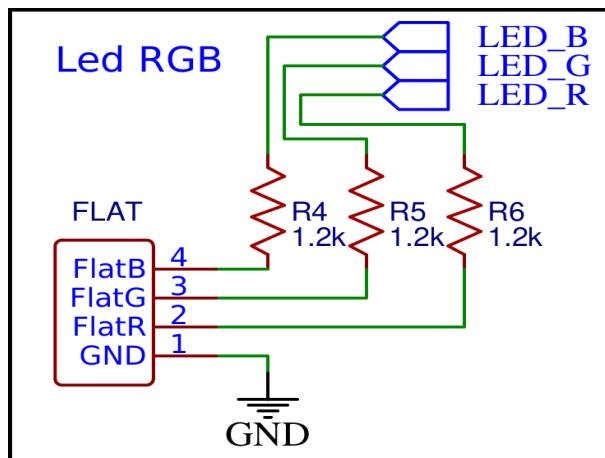
Figura 30 – Pinagem utilizada para o buzzer.



Fonte: Autoria própria

Pensando no alarme visual, foi escolhido para aumentar seu número de aplicações um LED RGB de alto brilho que demonstra, junto com o alarme sonoro, que o protótipo está pronto para ser acionado e liberar o medicamento. O LED RGB utilizou 3 portas digitais do arduino, sendo elas D11, D12 e D13, conforme o esquemático da figura 27. Para um bom funcionamento, o LED precisa de uma baixa corrente, então utilizou-se resistores de  $1,2\text{ k}\Omega$  conectados a um cabo *flat*, conforme figura 31. Esse cabo *flat* sai da placa do circuito até a carcaça externa do dispensador.

Figura 31 – Pinagem utilizada para o LED RGB.



Fonte: Autoria própria

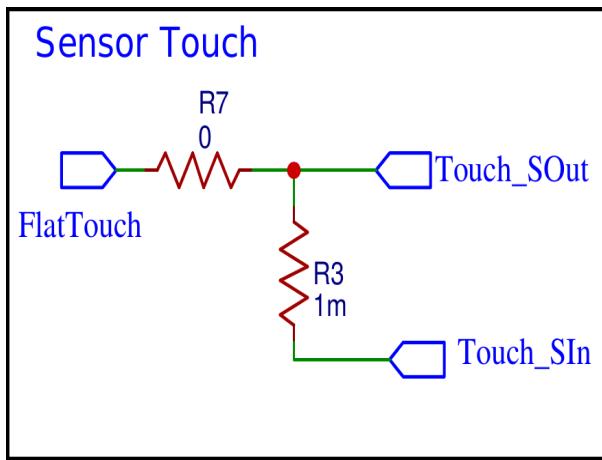
### 3.3.5 Botão Capacitivo

Pensando segurança e processo para a liberação do medicamento, como forma de proteção e controle de registros, o comprimido só será liberado enquanto o alarme é acionado e o paciente ou algum responsável tocar no botão ao lado do LED RGB com o formato circular.

Visando maior acessibilidade e conforto para o paciente, optou-se em utilizar um botão capacitivo que não necessita de muita pressão ou precisão para ser acionado, uma das reclamações recorrentes vistas em modelos concorrentes.

Da mesma forma que o LED RGB fica na parte externa e é alimentado por um cabo *flat*, esse mesmo cabo alimenta e comunica com botão capacitivo, que é conectado com resistores e as portas digitais D31 (saída) e D33 (entrada) do arduino. A montagem do cabo *flat*, pode ser visto nesse esquemático de ligação entre o cabo e os resistores e *jumpers* pode ser verificado na figura 32.

Figura 32 – Esquemático de ligação entre o botão capacitivo, resistores e o arduino.



Fonte: Autoria própria

O resistor R3 e o *jumper* demonstrado na imagem como R7, tem a função controlar a corrente que é enviada do botão e recebida no arduino e auxiliar a montagem do esquemático para placa PCB. Esse botão é acionado apenas com o toque de uma superfície metálica, onde foi utilizado um papel metálico reflexivo que está conectado ao cabo *flat*.

### 3.3.6 Bluetooth

Atendendo a necessidade de comunicação entre um meio disseminado hoje como o celular e o protótipo, o dispositivo tem sua comunicação realizada por um módulo *bluetooth* HC-06 que trabalha na configuração *slave*, onde apenas será encaminhado informações do celular para o módulo e consequente armazenado no arduino.

Essa comunicação é realizada com o sentido de transmissão simplex serial onde o receptor (RX) está conectado a porta digital D9 e o transmissor (TX) na porta D10 no arduino.

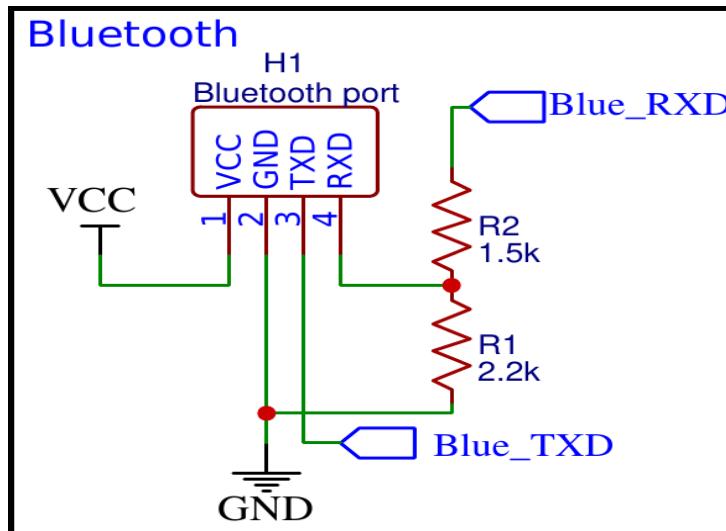
Sua principal função é receber as configurações iniciais como texto, separados por ponto e vírgula. Alguns exemplos:

- total de alarmes;
- quantos tipos de alarmes;

- para quantos dias;
- tipo do remédio1;
- horário do alarme1.

Essa configuração será melhor explicada na subseção 3.4.1.2, em configuração dos horários de alarme.

Figura 33 – Pinagem de ligação do módulo *bluetooth*.



Fonte: Autoria própria

Conforme a figura 33, o esquemático de ligação para o módulo *bluetooth* conta com resistores de 1,5 e 2,2 kΩ para realizar um controle de corrente e filtro para o sinal recebido.

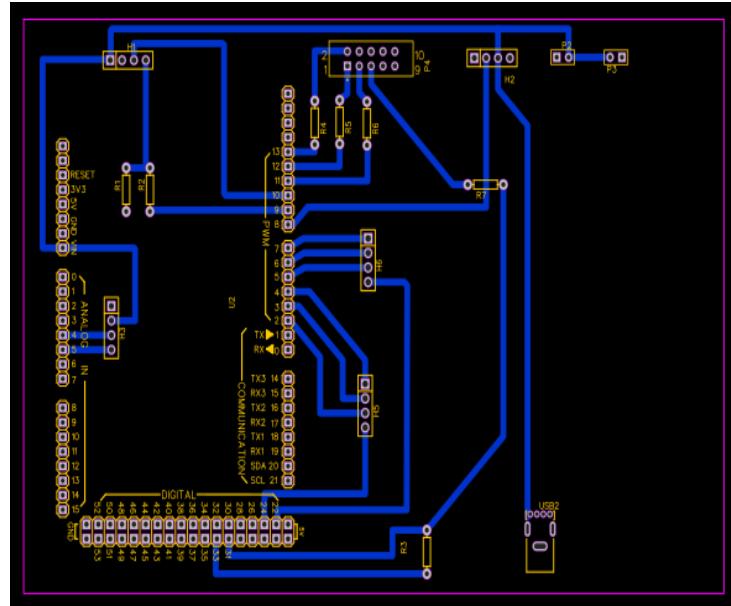
### 3.3.7 Placa PCB

Para a montagem do circuito ser mais limpa e precisa, optou-se por realizar a montagem em uma placa de fenolite para impressão das trilhas e marcações dos furos onde ficaram posicionado os componentes.

Como o protótipo deve ser resistente e será movimentado para levar até a apresentação desse devido documento e futuramente para as aplicações dentro da casa de cada paciente, uma placa de circuito impresso ou PCB, foi uma alternativa para manter a qualidade do circuito e facilitar sua montagem.

O software *EasyEDA* livre consegue fazer a transformação automática da montagem do circuito por ligação entre os pinos dos componentes, mostrado nas ultimas figuras, em uma placa de circuito impresso que pode ser vista na figura 34.

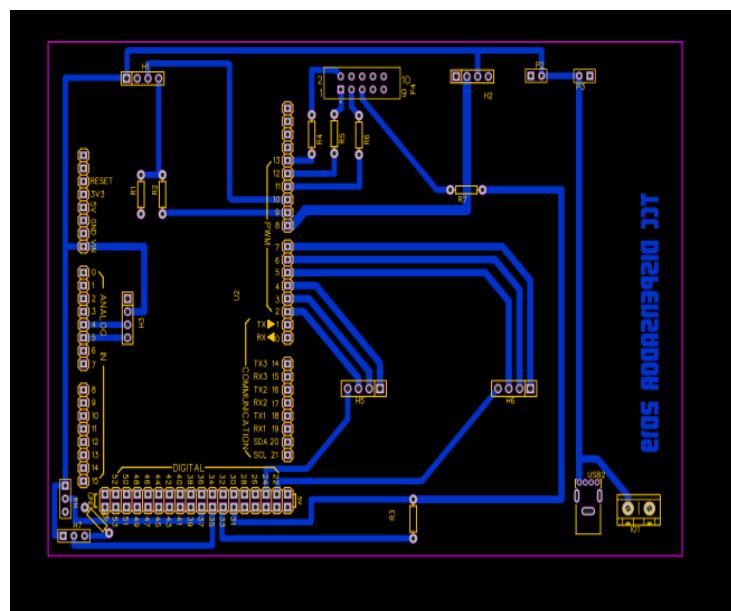
Figura 34 – Placa PCB gerada automática.



Fonte: Autoria própria

Para otimizar a montagem e reduzir o número de *jumpers*, foram realizadas algumas alterações manuais do arquivo gerado automático, e ele foi preparado para a impressão de acordo com a figura 35. Pensando também em alterar as posições dos pinos facilitando a montagem considerando o tamanho físico dos módulos.

Figura 35 – Placa PCB corrigida.



Fonte: Autoria própria

Após a impressão em papel transparente e repassado as trilhas e GNDs para a placa de fenolite com caneta específica de circuito impresso, é realizado a corrosão com o percloreto de

ferro 42%. Em poucos minutos a placa já está corroída e pronta para receber os componentes e ser soldada.

Com a montagem da placa impressa finalizada, são realizados os testes do funcionamento do circuito em conjunto com o código que será melhor explicado na próxima seção.

### 3.4 Estrutura do Software

#### 3.4.1 Funções

Considerando as funcionalidades e controles necessários para o funcionamento do dispositivo, decidiu-se por não utilizar um sistema operacional. Ao se iniciar a execução de uma atividade, apenas a contagem da hora precisa continuar ocorrendo sem interrupções e para isso, o uso do RTC 1307 atende a necessidade, consequentemente apenas o uso de funções de interrupções junto ao código principal é suficiente.

As funções foram construídas de forma a serem simples e objetivas, não travando o programa no mesmo lugar por muito tempo. Procurou-se quebrar as atividades ao máximo em funções modulares para que facilmente pudesse ser reaproveitado a mesma função em diferentes modos de funcionamento.

A seguir estão listadas na tabela 1 as principais funções que comandam toda a operação do dispositivo. Dentro delas outras funções secundárias ainda são chamadas para completar as atividades que devem ser realizadas.

Tabela 1 – Principais funções do software.

Função	Descrição	Observações - Eletrônica
Carregar_informações()	Sempre que o dispositivo é ligado, atualiza as variáveis com os horários dos alarmes	Lê EEPROM
Escrever_horário()	Relógio - sempre ativa	RTC 1307
Ler_Bluetooth()	Acionada com o <i>bluetooth</i> conectado e dados enviados	Módulo Bluetooth
Gravar_EEPROM()	Após validação dos dados dos alarmes, armazena as informações na EEPROM	Escreve na EEPROM
Abastecer_dispositivo()	Abastecer dispositivo com os medicamentos. Aguarda o usuário pressionar o botão para avançar nos compartimentos	Espera mudança do nível de sinal no botão para liberar a execução dos motores
Validar_horário()	Comparar horário atual com horário dos alarmes. Aciona os alarmes ao encontrar o horário igual ao atual e o remédio ainda não ter sido tomado	Acionamento do alarme sonoro e luminoso
Dispensar_medicamento()	Aguarda o usuário pressionar o botão para liberar os medicamentos	Espera mudança do nível de sinal no botão para liberar a execução dos motores
Executar_motores()	Executa os motores conforme a operação, abastecimento ou liberação de medicamentos	Motores

Fonte: Autoria própria.

Visando um melhor entendimento do software desenvolvido para o dispositivo, as figuras 41 e 42 no apêndice A, apresentam um diagrama de sequência das duas principais separações do código, a inicialização do dispositivo e o *loop* principal.

### 3.4.1.1 Registro das informações

Ao desligar o dispositivo e ligar novamente, é necessário que as informações que foram configuradas durante o setup dos alarmes, ainda estejam disponíveis. Para isso, deve ser usado a memória EEPROM (não volátil) do microcontrolador.

O arduino mega 2560, como apresentado no capítulo anterior, apresenta 4 kB de espaço para essa memória. Para uma melhor organização, os endereços de memória foram divididos conforme mostrado na tabela 2 a seguir:

Tabela 2 – Endereços de memória.

Endereço	Utilização
0 ~ 60	Hora e minuto dos alarmes
61 ~ 100	Andar do dispositivo em que o medicamento foi colocado
101 ~ 105	Contador para cada um dos andares para controle das doses
110	Quantidade total de alarmes cadastrados
111	Para quantos dias foi abastecido o dispositivo
201 ~ 250	Controle para saber se o remédio já foi tomado

Fonte: Autoria própria.

Para que não se perca a relação entre os dados e não se misture qual tipo de remédio para cada alarme, o registro na EEPROM foi feito utilizando a seguinte lógica, conforme mostrado na tabela 3:

Tabela 3 – Lógica para registro na EEPROM.

Informação	Endereço
Hora	$i * 2$
Minuto	$(i * 2) + 1$
Andar do dispositivo em que o remédio será colocado	$i + 60$
Controle para saber que se o remédio já foi liberado naquele dia	$i + 200$

Fonte: Autoria própria.

Dessa forma, em todas as funções que necessita-se acessar as informações da EEPROM, é possível se fazer apenas com uma variável de posição, que na tabela 3 acima está representada pela letra “i”.

Para futuras implementações que possam surgir, ainda há endereços de memória disponíveis.

### 3.4.1.2 Configuração dos horários de alarme

Para configuração dos horários de alarme de liberação dos medicamentos, escolheu-se utilizar comunicação por *bluetooth*, pois possibilita o uso de aplicativos de celular para envio das informações.

A comunicação por *bluetooth* transmite e recebe via comunicação serial e o microcontrolador já apresenta portas específicas para isso e também uma biblioteca própria para funções serial, o que torna a configuração simples.

Para realização dos testes foi utilizado um aplicativo disponível gratuitamente para android de forma a poder simular as configurações.

Após identificar uma comunicação por *bluetooth* disponível, o *software* lê os dados até encontrar um ponto e vírgula, indicando que a transmissão encerrou. O pacote de dados é esperado na ordem descrita na tabela 4:

Tabela 4 – Pacote de dados de configuração.

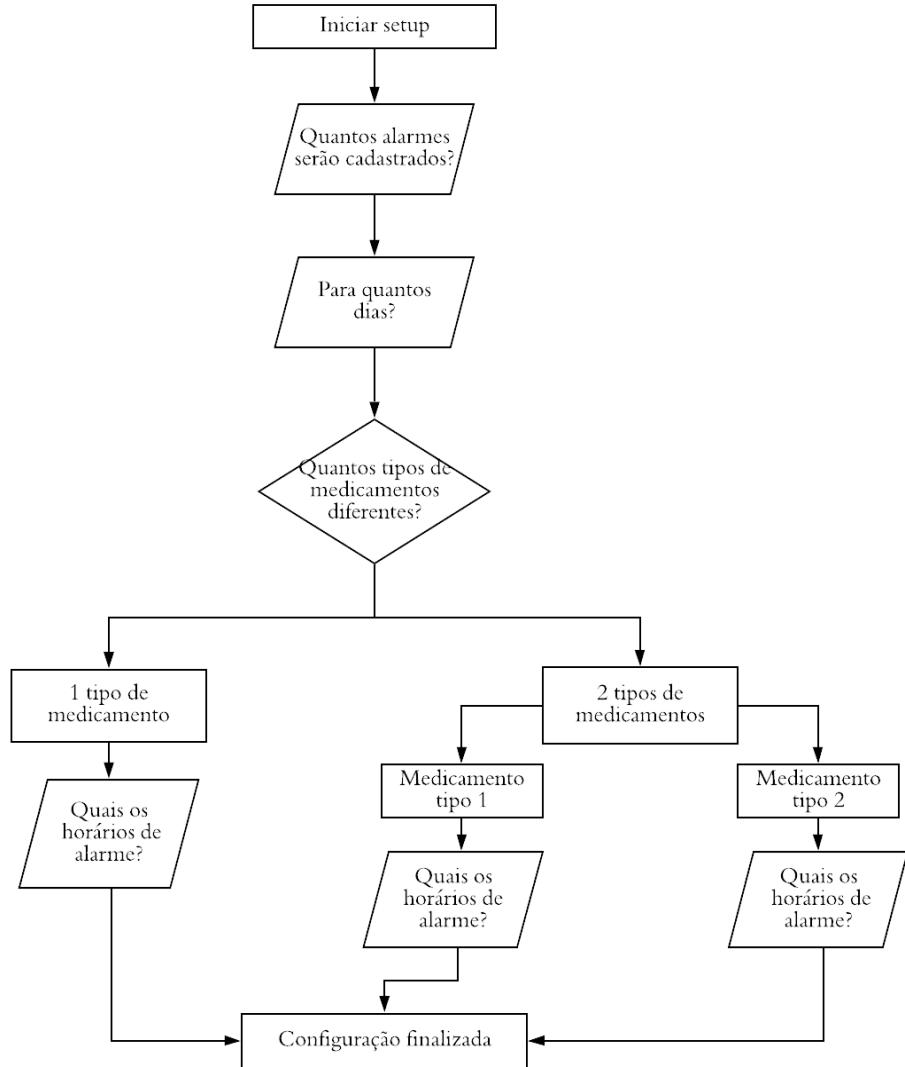
Total de alarmes,	Quantos tipos,	Para quantos dias,	Tipo do remédio1,	Horário alarme1,	Tipo do remédio2,	Horário alarme2,;
-------------------	----------------	--------------------	-------------------	------------------	-------------------	-------------------

Fonte: Autoria própria.

Validações foram adicionadas para garantir que apenas pacotes de dados válidos sejam aceitos, caso os dados recebidos não estejam dentro das especificações, por exemplo a hora tenha três dígitos ou a quantidade total de alarmes seja maior que a quantidade de horários informada, o programa ignora o pacote de dados lido e volta ao modo de operação de espera por novos dados.

Para que o usuário forneça as informações acima, a interface de configuração deverá seguir o fluxograma da figura 36:

Figura 36 – Fluxograma - Perguntas da interface de configuração



Fonte: Autoria própria

Caso os dados sejam válidos, são gravados na EEPROM e o dispositivo entra no modo de abastecimento.

#### 3.4.1.3 Modo de abastecimento

Após a configuração dos horários de alarme, será necessário que o usuário alimente o dispositivo com os medicamentos. Com as informações fornecidas, a função de abastecimento saberá quando todas as doses foram inseridas no dispositivo e o mesmo já pode iniciar o modo de operação de liberação.

O dispositivo tem uma limitação de apenas 24 compartimentos por nível, como apresentado anteriormente, por isso o *software* tem um controle de posição, para que saiba quando chegou ao fim do andar e precisa subir para o próximo ou que o abastecimento encerrou para

aquele tipo de remédio.

Visando a garantia de que o usuário terá tempo de depositar o medicamento, o dispositivo só avançará ao próximo compartimento para abastecimento quando o usuário liberar, pressionando o único botão disponível no dispositivo.

O modo de abastecimento só será encerrado após todas as doses serem inseridas, mesmo que o dispositivo seja desligado, ele continuará neste modo até completar.

#### 3.4.1.4 Modo de operação de liberação

Com os horários de alarme cadastrados e os compartimentos abastecidos, o dispositivo passa a operar no modo em que apenas irá atuar ao encontrar um horário de alarme igual ao horário atual e que o medicamento ainda não tenha sido liberado naquele dia.

Ao validar que os horários batem, os alarmes são acionados e ficam disparados até o usuário pressionar o botão para liberação do medicamento ou até se estourar um limite de tempo pré definido pelo usuário.

Após a dose ser liberada, uma variável que controla se o remédio foi tomado é alterada para verdadeira, e então, mesmo que o dispositivo seja desligado e ligado novamente, ainda dentro do limite de tempo que o alarme pode soar, o mesmo permanecerá desligado porque essa variável será lida assim que o dispositivo ligar. A meia noite essas variáveis são zeradas para que os alarmes açãoem no dia seguinte.

## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O capítulo seguinte apresentará como seguiu as montagens e resultados obtidos com o desenvolvimento do protótipo e o estudo de aplicação do dispensador automatizado de medicamentos.

### 4.1 Montagem e adequações

Como já foi citado no desenvolvimento do protótipo, o dispensador contém partes complexas de sistemas mecânicos e eletrônicos nunca vistos antes no mercado com essa aplicação. Sistemas distintos mas que dependem um do outro para um bom funcionamento do produto como um todo.

Para a montagem do protótipo foi necessário comprar diversas peças, componentes e acessórios, muitas vezes em quantidade dobrada, prevendo erros de montagem que acarretaram no custo total de R\$ 934,65 que pode ser observado na figura 37.

Figura 37 – Orçamento geral da montagem do protótipo.

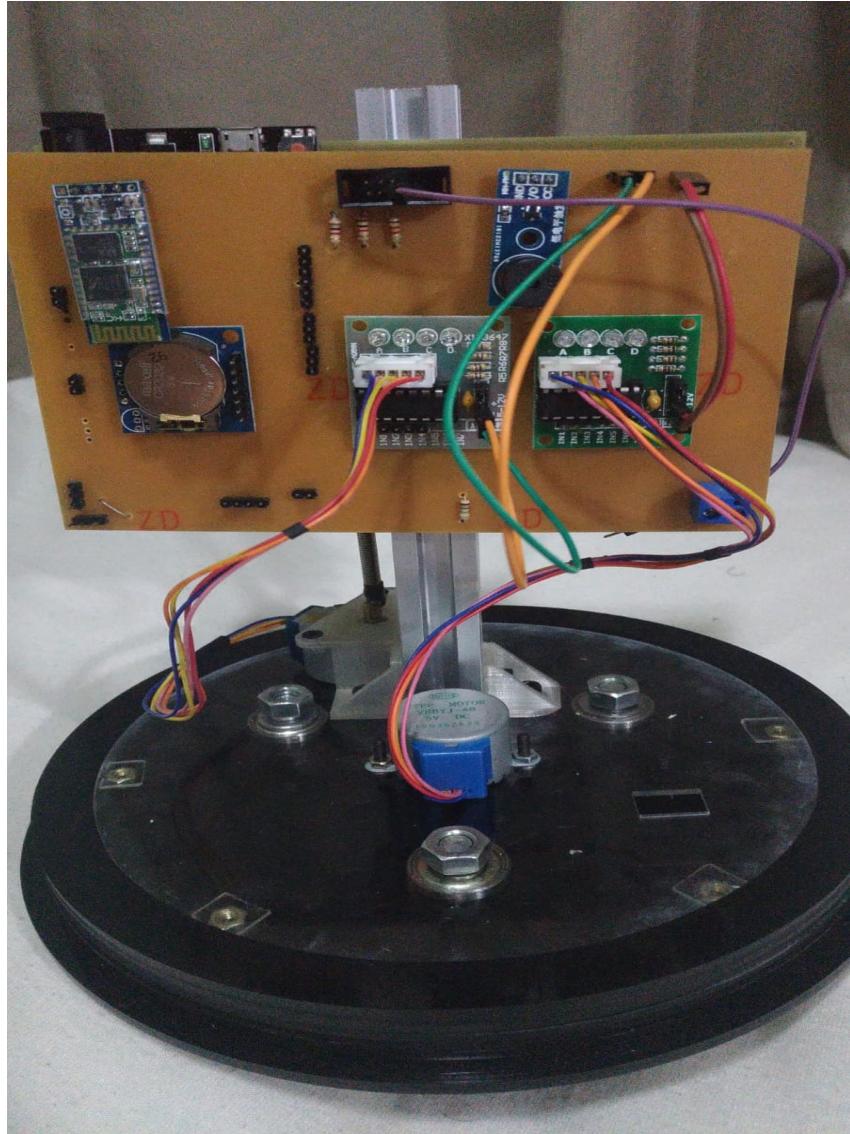
N.	Descrição	Data	Valor Unitário	Quantidade	Frete	Valor Total
1	Corte Acrílico Preto base TCC	04/10/2019	R\$ 150,00	1	R\$ 0,00	R\$ 150,00
2	Corte Acrílico Transparente - Apenas uma peça	14/10/2019	R\$ 15,00	1	R\$ 0,00	R\$ 15,00
3	Custo de impressão 3D	07/11/2019	R\$ 350,00	1	R\$ 0,00	R\$ 350,00
4	Parafusos M3, Porca M3, Parafuso M4, Arruelas	12/10/2019	R\$ 15,39	1	R\$ 0,00	R\$ 15,39
5	Fuso Trapezoidal TR5	16/10/2019	R\$ 28,50	1	R\$ 14,90	R\$ 43,40
6	Parafusos, porcas, Pézinho, Barra rosada	05/10/2019	R\$ 27,95	1	R\$ 0,00	R\$ 27,95
7	Frames alumínio e acessórios para eixo Z - Forseti	30/09/2019	R\$ 27,51	1	R\$ 0,00	R\$ 27,51
8	Filamento 3D Prime PETG - Preto Fumê Translúcido - 500g	31/01/2019	R\$ 80,00	1	R\$ 0,00	R\$ 80,00
9	Filamento 3D Prime PLA - Prata - 500g	31/01/2019	R\$ 80,00	1	R\$ 0,00	R\$ 80,00
10	Feltro Anti deslizante para pé do dispensador	09/10/2019	R\$ 3,90	1	R\$ 0,00	R\$ 3,90
11	Barra de pinos femea	24/10/2019	R\$ 2,50	1	R\$ 0,00	R\$ 2,50
12	Cabo flat,barras de pino, RGB, resistores	05/10/2019	R\$ 19,00	1	R\$ 0,00	R\$ 19,00
13	Arduino Mega - Usado	01/10/2019	R\$ 40,00	1	R\$ 0,00	R\$ 40,00
14	Percloreto de ferro 42% - 500ml	19/10/2019	R\$ 17,00	1	R\$ 0,00	R\$ 17,00
15	Esferas de aço 4,5mm	04/10/2019	R\$ 0,25	150	R\$ 0,00	R\$ 37,50
16	Placa 10x15 ilhada	01/10/2019	R\$ 10,00	1	R\$ 0,00	R\$ 10,00
17	Placa Fenolite 10x15 lisa	17/10/2019	R\$ 5,00	2	R\$ 0,00	R\$ 10,00
18	Caneta para PCB	17/10/2019	R\$ 5,50	1	R\$ 0,00	R\$ 5,50

Fonte: Autoria própria

Para o encaixe dos componentes eletrônicos aproveitou-se o perfil estrutural de alumínio utilizado no eixo Z citado na subseção 3.2.2.1. Com uma outra placa perfurada 10x15 cm, do

mesmo tamanho da placa PCB citada na subseção 3.3.7, foi fixado o arduino e perfurado para que possa ser instalado no perfil. Desta forma a placa ficou fixa e centralizada dentro do dispensador.

Figura 38 – Montagem do protótipo e a fixação da placa no eixo Z.



Fonte: Autoria própria

Para todo o conjunto de fixação foi utilizado parafusos *allen* sextavado de aço com cabeça cilíndrica pela facilidade de montagem e de disponibilidade de mercado. Todas as montagens que foram fixas no perfil de alumínio estrutural utilizaram porcas quadradas que se encaixam nas aberturas. Para montá-las, basta inseri-la e apertar com um parafuso.

Figura 39 – Detalhe da porca quadrada fixa no perfilado do eixo Z.



Fonte: Autoria própria

Próximo ao eixo Z, na base do projeto foi inserido uma abertura onde os remédios serão dispensados para o consumidor. Para que os remédios caiam corretamente no local especificado, a cobertura interna, citada na subseção 3.2.1, foi projetada para formar um corredor vertical e fará com que o medicamento caia corretamente no devido local. Também foi inserido um calço para que não haja a possibilidade do medicamento se direcionar para outro local.

Sobre os espaços utilizados para os medicamentos, foram utilizados 3 andares funcionais e 2 andares de suporte, sendo que cada andar funcional possui 24 reservatórios de medicamentos.

Esses reservatórios foram desenhados e impressos em 3D para ter uma folga entre seu tamanho e o encaixe nos andares para se moverem livremente e retornem a posição inicial com a gravidade, porém foi necessário lixar todas as portas para aumentar essa folga e deixar mais espaços no encaixe.

Os andares de suporte serão o primeiro e o último. Estes andares estão localizados num local em que o eixo Z tem limitações físicas para alcançar, portanto eles foram montados como apoio ao projeto e não funcionais.

Para a cobertura externa do dispensador foi impresso um modelo cilíndrico com uma face retangular ressaltada que serve de interface para o usuário. Nesta face se encontra o botão touch e o LED conforme citado na subseção 3.3.5.

Figura 40 – Carcaça externa cilíndrica impressa em 3D, com detalhamento da face retangular ressaltada.



Fonte: Autoria própria

Uma alteração realizada na placa PCB do circuito eletrônico que adicionou mais uma função no dispensador foi a presença de 2 sensores de final de curso que irão auxiliar no controle e funcionamento dos motores e com a movimentação dos eixos do dispensador. Na figura 27 pode se encontrar 2 portas digitais D35 e D37 que estão sendo utilizadas por um *label* chamada *switch*, que representam esses sensores de final de curso.

Eles irão realizar o controle de final de curso para repassar a informação ao arduino que os eixos voltaram ao seu posicionamento de origem e que podem continuar a controlar os movimentos tomando esse ponto de referência.

#### 4.2 Aplicação e público alvo

Iniciou-se o estudo desse documento pensando em atender pessoas idosas e carentes com uma grande quantidade de medicamentos presentes no seu dia-a-dia. O público alvo era focado em pessoas analfabetas ou com dificuldades cognitivas para administrar todos esses tratamentos que eram repassados pelos seus médicos. Essa má administração gera um desperdício de custo e medicamentos tanto pessoal quanto para a saúde pública.

Avaliando as aplicações de forma mais abrangente, observou-se que o dispensador automatizado de medicamentos pode servir tanto para pessoas mais velhas quanto as mais jovens, aplicações para industria farmacêutica e para linha de atendimento em hospitais.

Pessoas mais jovens que têm com uma rotina muito corrida, podem fazer uso do dispensador para auxiliar o tratamento e reduzir a quantidade de preocupações que eles teriam de ficar lembrando todos os medicamentos que deveriam tomar.

Planejando uma facilidade na organização e atendimento dos seus pacientes, farmácias e hospitais podem utilizar o recurso de um dispensador automatizado de medicamentos para agilizar e reduzir o número de erros humanos na escolha e organização dos medicamentos de cada paciente.

Em um andar de repouso com quartos para pacientes, por exemplo, a enfermaria poderia obter esse dispositivo e configurá-lo para alertar os medicamentos por pacientes e auxiliar o trabalho das enfermeiras que administraram essas aplicações.

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho possibilitou entender como a adesão incorreta de terapias medicamentosas pode influenciar na efetividade dos tratamentos e nos gastos relacionados a saúde dessa pessoa. Com isso, pôde-se interpretar a necessidade de desenvolver uma solução que auxilie os pacientes a alertar e organizar corretamente seus medicamentos.

De forma a unir a engenharia com a área de saúde e transformar o conhecimento adquirido durante o curso em valor para a sociedade, criou-se um dispensador automatizado de comprimidos que irá facilitar a adesão de terapias medicamentosas e a ingestão correta para cada remédio, dada uma certa configuração inicial.

O desenvolvimento dessa solução pode trazer benefícios para a sociedade que ainda não interpreta a automação na área de saúde como investimentos futuros para benefício da população. Com o trabalho de novas soluções nessa área, possibilitaria mudar o cenário de uma parte defasada tecnologicamente em nosso país. O conhecimento adquirido pelos autores nesse documento, criou uma sensação de responsabilidade social que estará presente em futuras atividades.

Foi realizado um estudo com produtos similares existentes no mercado, e entender como os pacientes buscavam esses produtos e para atender quais seriam essas necessidades. Conhecendo as características de cada modelo e avaliando os *feedbacks* que pacientes tinham, sejam eles as maiores dificuldades e angústias em utilizar um produto desses na sua rotina ou apontamentos positivos do uso. Com esse levantamento e as limitações presentes no atual protótipo, foi montado um dispensador com as partes mecânicas impressas em 3D, arduino como o microprocessador e integrador dos diversos componentes eletrônicos e motores para realizar a movimentação automática dentro do dispensador.

A criação do protótipo necessitou de *softwares* para modelagem mecânica e montagem do circuito eletrônico, utilizando alguns conhecimentos repassados em salas de aula, porém em sua maioria, foram adquiridos novos conhecimentos com o desenvolvimento do projeto que se apresentaram necessários com a evolução do dispensador.

Para se aprofundar nessa realidade, foi necessário identificar os possíveis pacientes que se enquadravam como público alvo e suas necessidades para uma boa adesão e funcionamento de um dispositivo que ficaria alertando-o no dia-a-dia. Seriam eles: pessoas idosas, pessoas com dificuldades cognitivas ou com dificuldades em leitura (para entender a prescrição), participantes do programa de Estratégia de Saúde da Família ou ainda para uso comercial em hospitais e asilos.

Para atender de forma mais assertiva esse público que pode ter dificuldades na acessibilidade com novos produtos e a tecnologia, pensou-se em uma interface entre o protótipo e o paciente, que não precisa de força motora. A única ação que o paciente deve tomar é o encostar da mão no botão circular capacitivo que então desligará o alarme e ativará os motores liberando

assim o comprimido para o usuário.

Com a finalização da montagem do dispensador, obteve-se um dispositivo eficaz e funcional, capaz de suportar 3 tipos de comprimidos com até 24 repetições para cada, recebendo sua configuração de alarmes e posições via *bluetooth*, onde o paciente, familiar, ou auxiliar de saúde pode entrar com essas informações.

### 5.1 Sugestões e Melhorias

De forma a sempre buscar a melhoria contínua nos estudos e projetos de saúde e automação, para o dispensador automatizado de medicamentos poderão ser implementados diferenciais que facilitaram a disseminação desse produto no mercado, como a escalabilidade de novos andares, segurança e controle maior nos dados que ficam na EEPROM do arduino.

A escalabilidade aumentaria o número possível de comprimidos suportados e consequentemente o número de pacientes interessados no produto. Para conseguir realizar essa melhoria, seria necessário um estudo mais aprofundado na estrutura mecânica do dispensador, visando encaixes entre os andares e a estrutura externa, assim como a potência e o torque dos motores para conseguir realizar a movimentação dos eixos mais rápida.

Sobre a segurança e o controle dos dados que ficam na EEPROM do arduino, indica-se como trabalhos futuros um desenvolvimento de *software web* que irá fazer a configuração inicial dos alarmes, mas que ficará recebendo essas informações constantemente como backup e necessitará de um login e senha para entrar nesses dados. Para a realização dessa modificação, indicamos a troca do módulo *bluetooth* do HC-06 para o HC-05, onde permite o envio em dois sentidos de informação, e assim alimentar o *software*.

## Referências

- ALERTMED. **Perguntas Frequentes**. 2019. Disponível em: <<http://www.alertmed.com.br/index.php/perguntas-frequentes>>. Acesso em: 05/05/2019. Citado na página 19.
- ARDUINO. **Arduino Products**. 2019. Disponível em: <<http://www.arduino.cc/en/Main/Products>>. Acesso em: 20/06/2019. Citado 4 vezes nas páginas 24, 25, 26 e 27.
- BANZI, M.; SHILOH, M. **Primeiros Passos com o Arduino–2<sup>a</sup> Edição: A plataforma de prototipagem eletrônica open source**. [S.I.]: Novatec Editora, 2015. Citado na página 24.
- BRASIL, S. F. do. Constituição da república federativa do brasil. **Brasília: Senado Federal, Centro Gráfico**, 1988. Citado na página 11.
- CARVALHO, J. A. M. d.; GARCIA, R. A. O envelhecimento da população brasileira: um enfoque demográfico. **Cadernos de Saúde Pública**, SciELO Public Health, v. 19, 2003. Citado na página 15.
- COSTA, C. G. A. d. et al. Desenvolvimento e avaliação tecnológica de um sistema de prontuário eletrônico do paciente, baseado nos paradigmas da world wide web e da engenharia de software. [sn], 2001. Citado na página 18.
- DANIS, F.; BADI, E. L. P. **I2C controller register, control, command and R/W buffer queue logic**. [S.I.]: Google Patents, 2016. US Patent 9,336,167. Citado na página 28.
- ELECTRONICS, R. **X9C102, X9C103, X9C104, X9C503 Digitally Controlled Potentiometer (XDCP™)**. 2019. Disponível em: <<https://www.renesas.com/br/en/products/data-converters/digital-potentiometers/dcp/device/X9C103.html#overviewInfol>>. Acesso em: 27/04/2019. Citado na página 28.
- ELETRONICA, B. da. **Motor de passo drive uln2003**. 2019. Disponível em: <<http://www.baudaelectronica.com.br/motor-de-passo-drive-uln2003.html>>. Acesso em: 01/05/2019. Citado na página 29.
- FREITAS, A. V. da S.; NORONHA, C. V. Uso de medicamentos em idosos que residem em uma instituição de longa permanência. **Estudos Interdisciplinares sobre o Envelhecimento**, v. 18, n. 1, 2013. Citado na página 17.
- GALVÃO, C. R. et al. Análise de indicadores de monitoramento de pacientes portadores de doenças crônicas: estratégia de redução de custos. **Mundo saúde**, v. 35, n. 4, p. 427–37, 2011. Citado na página 18.
- GELLAD, W. F.; GRENARD, J. L.; MARCUM, Z. A. A systematic review of barriers to medication adherence in the elderly: looking beyond cost and regimen complexity. **The American journal of geriatric pharmacotherapy**, Elsevier, v. 9, n. 1, 2011. Citado na página 17.
- IBGE, I. B. de Geografia e E. **Projeções da população: Brasil e unidades da federação**. [S.I.]: IBGE Rio de Janeiro, 2013. Citado na página 15.
- INSTRUMENTS, T. Drv8825 stepper motor controller ic. **DRV8825 Datasheet. April**, 2010. Disponível em: <<https://www.pololu.com/file/0J590/drv8825.pdf>>. Acesso em: 01/05/2019. Citado na página 29.

INTEGRATED, M. **64 x 8, Serial, I2C Real-Time Clock**. 2015. Disponível em: <<https://www.maximintegrated.com/en/products/analog/real-time-clocks/DS1307.html>>. Acesso em: 27/04/2019. Citado na página 28.

INTEGRATED, M. **Extremely Accurate I2C-Integrated RTC/TCXO/Crystal**. 2015. Disponível em: <<https://www.maximintegrated.com/en/products/analog/real-time-clocks/DS3231.html>>. Acesso em: 27/04/2019. Citado na página 28.

LEITE, C. R. et al. Novas tecnologias para automação hospitalar. In: **Proc. III Escola Regional de Computação Ceará-Maranhão-Piauí (ERCEMAPI)**. [S.l.: s.n.], 2009. p. 1–21. Citado na página 18.

MARIN, M. J. S. et al. Diagnósticos de enfermagem de idosos que utilizam múltiplos medicamentos. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, SciELO Brasil, 2010. Citado na página 11.

MARQUES, E. I. W.; PETUCO, V. M.; GONÇALVES, C. B. C. Motivos da não adesão ao tratamento médico prescrito entre os idosos de uma unidade de saúde da família do município de passo fundo-rs. **Revista Brasileira de Ciências do Envelhecimento Humano**, v. 7, n. 2, 2010. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 13.

MEDMINDER. **Smart Automated Pill Dispenser**. 2019. Disponível em: <<https://www.medminder.com/pill-dispensers-2/maya-pill-dispenser/>>. Acesso em: 15/06/2019. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 23.

MICROCHIP. **Single/Dual Digital Potentiometer with SPI Interface**. 2003. Disponível em: <<https://www.microchip.com/wwwproducts/en/MCP41010>>. Acesso em: 27/04/2019. Citado na página 28.

MICROSYSTEMS, A. **ALLDATASHEET A4988**. 2016. Disponível em: <<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/338780/ALLEGRO/A4988.html>>. Acesso em: 01/05/2019. Citado na página 29.

MINAYO, M. C. d. S. **O envelhecimento da população brasileira e os desafios para o setor saúde**. [S.l.]: SciELO Public Health, 2012. Citado na página 15.

MOTION, N. **DATASHEET DE PRODUTO AKXX0.35F6LN7.5**. 2019. Disponível em: <<http://www.baudaelectronica.com.br/Documentos/AKXX0.35F6LN7.5.rev05.pdf>>. Acesso em: 01/05/2019. Citado na página 29.

NORDON, D. G. et al. Perda cognitiva em idosos. **Revista da Faculdade de Ciências Médicas de Sorocaba**, v. 11, n. 3, 2009. Citado na página 17.

PATRÍCIO, C. M. et al. O prontuário eletrônico do paciente no sistema de saúde brasileiro: uma realidade para os médicos? **Scientia Medica**, v. 21, n. 3, 2011. Citado na página 18.

PHILIPS. **Lifeline - Automated Medication Dispensing Service**. 2019. Disponível em: <<https://www.lifeline.philips.com/pill-dispenser/health-mdp.html>>. Acesso em: 25/05/2019. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 21.

ROBÓTICA, G. de. **Introdução ao Arduino**. [S.l.]: Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Faculdade de Computação, 2012. Citado na página 24.

ROZENFELD, S. Prevalência, fatores associados e mau uso de medicamentos entre os idosos: uma revisão. **Cadernos de Saúde Pública**, SciELO Public Health, v. 19, p. 717–724, 2003. Citado na página 11.

SAREDOGRARIAS. **Sare Drogarias - Alertmed**. 2019. Disponível em: <<https://www.saredrogarias.com.br/alertmed-dispensador-eletronico-medicamentos>>. Acesso em: 10/05/2019. Citado na página 19.

SAÚDE, O. M. de. **Resumo: Relatório mundial de envelhecimento e saúde**. [S.l.]: OMS Genebra, 2015. Citado na página 17.

SIEMENS. **Botões Sensores SIRIUS ACT**. 2019. Disponível em: <<https://w3.siemens.com.br/automation/br/pt/dispositivos-baixa-tensao/botoes-e-sinalizadores/sirius-act/botoes/pages/sensor-switch.aspx>>. Acesso em: 16/06/2019. Citado na página 28.

SILVA, C. H. da; SPINILLO, C. G. Dificuldades e estratégias no uso de múltiplos medicamentos por idosos no contexto do design da informação. **Estudos em Design**, v. 24, n. 3, 2016. Citado na página 17.

SIMÕES, C. C. d. S. Relações entre as alterações históricas na dinâmica demográfica brasileira e os impactos decorrentes do processo de envelhecimento da população. **Rio de Janeiro: IBGE**, 2016. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 16.

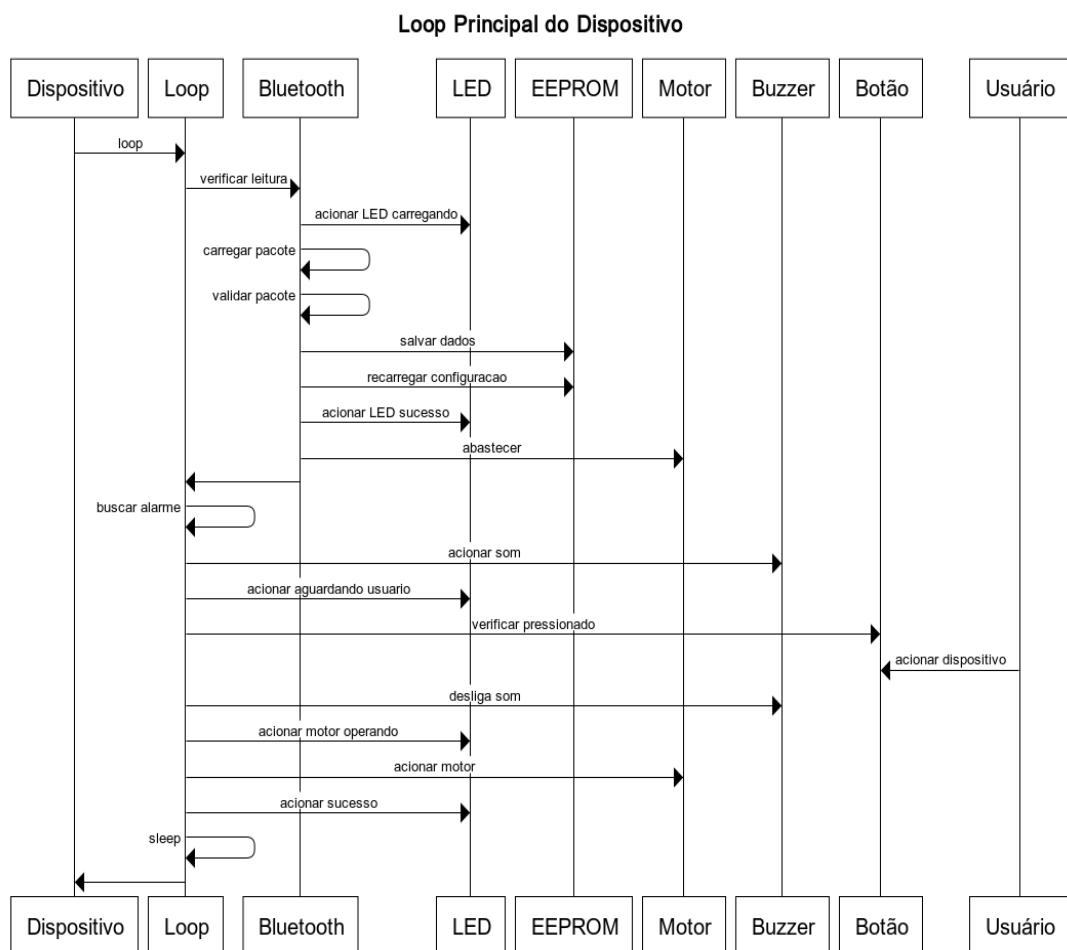
VALENTIM, R. A. de M. et al. Automacao hospitalar: O estado da arte. **Revista Brasileira de Inovação Tecnológica em Saúde-ISSN: 2236-1103**, 2012. Citado na página 18.

WERLANG, M. C.; ARGIMON, I. I. de L.; STEIN, L. M. Estratégias de memória utilizadas por idosos para lembrarem do uso dos seus medicamentos. **Estudos Interdisciplinares sobre o Envelhecimento**, v. 13, n. 1, 2008. Citado na página 17.

## Apêndices

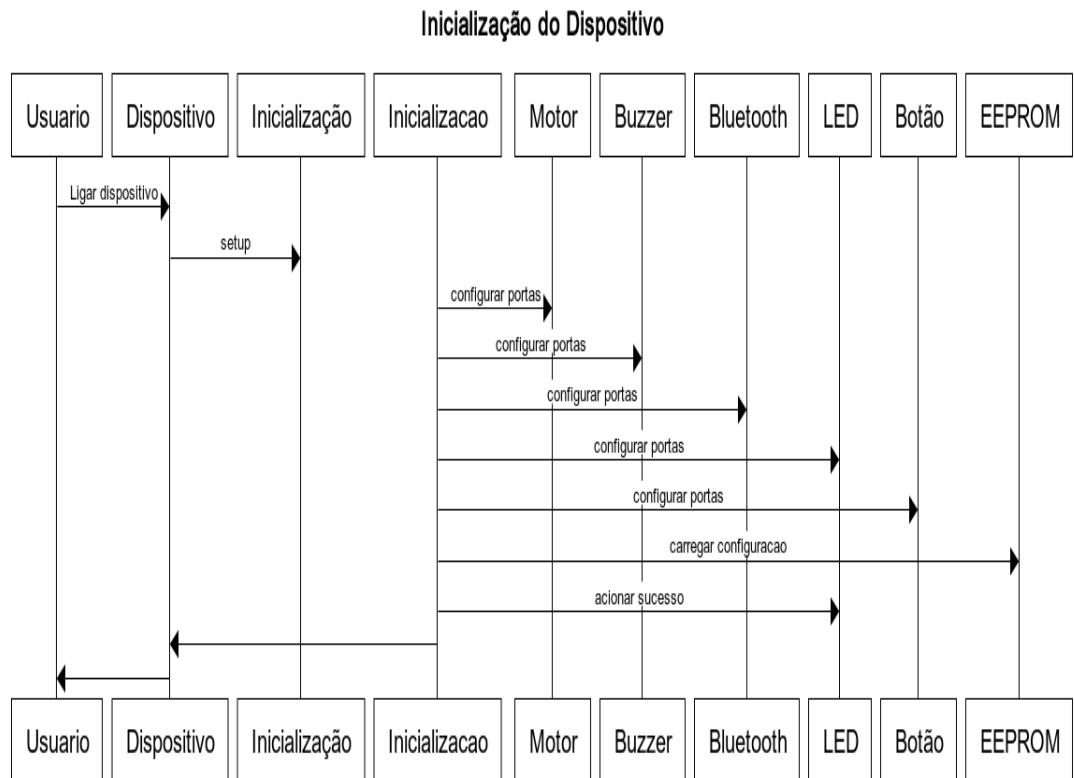
## APÊNDICE A – FLUXOGRAMAS DE FUNCIONAMENTO

Figura 41 – Fluxograma - Loop principal do dispositivo



Fonte: Autoria própria ,

Figura 42 – Fluxograma - Inicialização do Dispositivo



Fonte: Autoria própria

## APÊNDICE B – CÓDIGO DO ARDUINO 2560 MEGA EM LINGUAGEM C

### 1. Entrada.c

```
#include <stdlib.h>
#include <DS1307.h>
#include <EEPROM.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Stepper.h>
#include <CapacitiveSensor.h>
#include "U8glib.h"
#include "Variaveis_inicializacao.h"
#include "Funcoes.h"

void setup()
{
    Serial.begin(9600);

    config_rtc();
    config_motor();
    config_bluetooth();
    config_RGB();
    carregar_info();
}

void loop()
{
    receber_BT();
    escrever_hora();
    validar_horario();
    dispensar_remedio();
    zerar_controles();

    delay (1000);
}
```

### 2. Variaveis\_Inicializacao.h

```
#define BUFFERSIZE 255

const int stepsPerRevolution = 500;

DS1307 rtc(A4, A5);
SoftwareSerial BT(10,9);
CapacitiveSensor sensor = CapacitiveSensor(33,31);
Stepper myStepper1(stepsPerRevolution, 22,6,5,7);
Stepper myStepper2(stepsPerRevolution, 24,3,2,4);

char inBuffer[BUFFERSIZE];

const int vermelho = 13;
const int verde = 12;
const int azul = 11;

int Sensibilidade_botaو = 1300;

int count_casas = 0;
int iandar[32];
int andar;
int deslocar_eixoZ;
int avancar_casinha;

int altura_andar = 100;
int largura_casa = 200;

int count_andar1;
int count_andar2;
int count_andar3;
int count_andar4;
int count_andar5;

int alarmes[32];

bool disparar_alarm=false;
int remedio_tomado=0;
```

```
int qtd_doses = 0;
int doses=0;
int doses_andar1 = 0;
int doses_andar2 = 0;

int contador_andar = 0;
int contador_casas = 0;

int nota = 0;

int address_controle ;
int quantidade_tipos ;
int iTIPO ;

int *pHORA = NULL;
int *pMIN = NULL;
int *pANDAR =NULL;
int iTOTAL = 0;
int iDIAS = 0;

String command = ""; // Stores response of bluetooth device

int portSpeak(8); // porta ligada no speaker

// melodia do MARIO THEME
int melodia[] = {660,660,660,510,660,770,380,510,380,320,440,480,
450,430,380,660,760,860,700,760};

// dura ao de cada nota
int duracaodasnotas [] = {100,100,100,100,100,100,100,100,100,
100,100,80,100,100,100,80,50,100,80,50,80,80,80,80,100,80,
80,100,100,100,100,80,100,100,80,50,100,80,50,80,80};
```

```
void carregar_info();

void config_rtc();
void config_motor();
void config_bluetooth();
void config_RGB();
void RGB_verde();
void RGB_azul();
void desligar_RGB();
void escrever_hora();
void receber_BT();
void gravar_EEPROM();

void validar_horario();
void dispensar_remedio();

void disparar_alarne();
void executar_motor();
void definir_andar_casa(int address);
void definir_deslocamento();

void abastecimento();
void abastecer_tipo1();
void abastecer_tipo2();

void subir_eixoZ();
void retornar_origem();
void avancar_casa();

void zerar_controles();
void executar_abastecimento();
void descer_eixoZ();
```

#### 4. Setup\_almes.c

```
void receber_BT()
{
    int dados_BT = BT.readBytesUntil(';', inBuffer, BUFFERSIZE);

    if (dados_BT <= 0)
    {
        return;
    }

    String str (inBuffer);
    String sTOTAL = "";
    String sHORA = "";
    String sMIN = "";
    String sANDAR = "";
    String sTIPO = "";
    String sDIAS = "";

    int iHORA = 0;
    int iMIN = 0;

    int len = str.length();

    bool bINICIAL = false;
    bool bHORAINICIAL = false;
    bool bMININICIAL = false;
    bool bANDAR = false;
    bool bTIPO = false;
    bool bDIAS = false;

    int iPOSICAO = 0;

    for (int i = 0; i < len; i++)
    {
        char dados = str.charAt(i);
        if (dados != ',',)
        {
            if (bINICIAL == false)
            {
```

```

    sTOTAL.concat(dados);
}
else
{
    if(bTIPO == false)
    {
        sTIPO.concat(dados);
    }
    else
    {
        if(bDIAS == false)
        {
            sDIAS.concat(dados);
        }
        else
        {
            if(bANDAR == false)
            {
                sANDAR.concat(dados);
            }
            else
            {
                if(bHORAINICIAL == false)
                {
                    if(dados == ':')
                    {
                        bHORAINICIAL = true;
                    }
                }
                else
                {
                    sHORA.concat(dados);
                }
            }
            else
            {
                bMININICIAL = true;
                sMIN.concat(dados);
            }
        }
    }
}

```

```

        }
    }
}
}

else
{
    if (bINICIAL == false)
    {
        bINICIAL = true;
        iTOTAL = sTOTAL.toInt();

        pANDAR =(int *)malloc(iTOTAL*sizeof(int));
        pHORA = (int *)malloc(iTOTAL*sizeof(int));
        pMIN = (int *)malloc(iTOTAL*sizeof(int));
    }
    else
    {
        if (bTIPO == false)
        {
            bTIPO = true;
            iTIPO = sTIPO.toInt();
        }
        else
        {
            if (bDIAS == false)
            {
                bDIAS = true;
                iDIAS = sDIAS.toInt();
            }
            else
            {
                if (bANDAR == false)
                {
                    bANDAR = true;
                    pANDAR[iPOSICAO] = sANDAR.toInt();
                }
                else
                {

```

```

    if (bHORAINICIAL)
    {
        pHORA[iPOSICAO] = sHORA.toInt();
    }
    else
    {
        pHORA[iPOSICAO] = -1;
    }

    if (bMININICIAL)
    {
        pMIN[iPOSICAO] = sMIN.toInt();
    }
    else
    {
        pMIN[iPOSICAO] = -1;
    }
    iPOSICAO++;

    bANDAR = false;
    bHORAINICIAL = false;
    bMININICIAL = false;

    sANDAR = "";
    sHORA = "";
    sMIN = "";

}

}

}

}

}

if (iPOSICAO == iTOTAL && iTOTAL > 0)
{
    bool bERRO = false;

    qtd_doses = iDIAS * iTOTAL;
}

```

```
if ( qtd_doses > 120)
{
    bERRO = true;
    Serial.print ("excedeu a quantidade de doses: ");
    Serial.println (qtd_doses);
}

for (int i=0; i<iTOTAL; i++)
{
    Serial.print ("HORA:");
    Serial.print (pHORA[i]);
    Serial.print (":");
    Serial.print (pMIN[i]);
    Serial.print (" TOTAL:");
    Serial.print (iTOTAL);
    Serial.print (" TIPO:");
    Serial.print (iTIPO);
    Serial.print (" DIAS:");
    Serial.print (iDIAS);
    Serial.print (" ANDAR:");
    Serial.println (pANDAR[i]);

    if (pANDAR[i]<0 || pANDAR[i]>5)
    {
        bERRO = true;
        Serial.print ("ANDAR INVALIDO, indice: ");
        Serial.print (i);
        Serial.print ("VALOR:");
        Serial.println (pANDAR[i]);
    }

    if (iTIPO == 1 && pANDAR[i]!=1)
    {
        bERRO = true;
        Serial.println ("TIPO INVALIDO.1");
    }
}
```

```

    if (iTIPO == 2 && ((pANDAR[ i ]==2)|| (pANDAR[ i ]==4) || (pANDAR[ i ]==6))
    {
        bERRO = true ;
        Serial.println ("TIPO INVALIDO.2");
    }

    if (pHORA[ i ]<0 || pHORA[ i ]>23)
    {
        bERRO = true ;
        Serial.print ("HORA INVALIDO, indice: ");
        Serial.print (i);
        Serial.print ("VALOR:");
        Serial.println (pHORA[ i ]);
    }

    if (pMIN[ i ]<0 || pMIN[ i ]>59)
    {
        bERRO = true ;
        Serial.print ("MIN INVALIDO, indice: ");
        Serial.print (i);
        Serial.print ("VALOR:");
        Serial.println (pMIN[ i ]);
    }

    if (bERRO == false )
    {
        BT.write (" RECEBI");
        gravar_EEPROM();
        abastecimento();
    }
    else
    {
        Serial.println ("PACOTE INVALIDO:TOTAL");
    }
    memset(inBuffer , 0 , sizeof(BUFFERSIZE));
}
}

void gravar_EEPROM()

```

```

{
    count_andar1 = 1;
    count_andar2 = 1;
    count_andar3 = 1;
    count_andar4 = 1;
    count_andar5 = 1;

    remedio_tomado = 0;

    for (int i=0; i<iTOTAL; i++)
    {
        Serial.println ("gravar EEPROM");

        int address_hora = i*2;
        int addrees_min = (i*2)+1;
        int address_andar = (i+60);

        EEPROM.update (address_hora , pHORA[ i ]);
        EEPROM.update (addrees_min , pMIN[ i ]);
        EEPROM.update (address_andar , pANDAR[ i ]);
        EEPROM.update ((i+200),remedio_tomado );
    }

    EEPROM.update (101, count_andar1 );
    EEPROM.update (102, count_andar2 );
    EEPROM.update (103, count_andar3 );
    EEPROM.update (104, count_andar4 );
    EEPROM.update (105, count_andar5 );

    EEPROM.update (110, iTOTAL);
    EEPROM.update (111, iTIPO );
    carregar_info ();
}

```

## 5. Abastecimento.c

```
#include "Funcoes.h"
```

```
void abastecimento()
{
    switch(iTIPO)
    {
        case 1:
        {
            doses = qtd_doses;
            abastecer_tip01();
        } break;

        case 2:
        {
            doses_andar1 = 0;
            doses_andar2 = 0;

            for (int i=0; i<iTOTAL; i++)
            {
                iandar[i] = EEPROM.read((i+60));
                if (iandar[i] == 1)
                {
                    doses_andar1 = doses_andar1 + 1;
                }
                else
                {
                    doses_andar2 = doses_andar2 + 1;
                }
            }

            doses_andar1 = doses_andar1 * iDIAS;
            Serial.print("DOSES ANDAR 1: ");
            Serial.println(doses_andar1);
            doses_andar2 = doses_andar2 * iDIAS;

            Serial.print("DOSES ANDAR 2: ");
            Serial.println(doses_andar2);

            doses = doses_andar1;
            abastecer_tip02();
        }
    }
}
```

```
        } break;
    }
}

void abastecer_tipo1()
{
    Serial.println("1.");
    contador_andar = 1;
    contador_casas = 1;

    deslocar_eixoZ = contador_andar * altura_andar;
    subir_eixoZ();
    executar_abastecimento();
    retornar_origem();
    descer_eixoZ();
}

void executar_abastecimento()
{
    for( int i=0; i < doses ; i++)
    {
        Serial.print("qtd_abastecida: ");
        Serial.println(i);

        if( contador_casas == 25)
        {
            Serial.println("3.andar++");
            retornar_origem();
            contador_andar++;
            contador_casas = 1;

            deslocar_eixoZ = contador_andar * altura_andar;
            subir_eixoZ();
        }
        else
        { Serial.println("4.");
            long buttonState=0;
            do
            {   Serial.println("Esperando botao");
                buttonState = digitalRead(buttonPin);
            } while(buttonState == 0);
        }
    }
}
```

```

    delay(1000);
    buttonState = sensor.capacitiveSensor(30);
    BT.write(" botao ");
} while(buttonState < Sensibilidade_botao);

Serial.println("5.");
avancar_casinha = contador_casas * largura_casa;
avancar_casa();
contador_casas++;
Serial.print(" AVANCAR_CASINHAS: ");
Serial.println(avancar_casinha);

}

}

Serial.print("fim do executar - AVANCAR_CASINHAS: ");
Serial.println(avancar_casinha);
}

void subir_eixoZ()
{
    Serial.println("6.");
    myStepper2.step(deslocar_eixoZ);
    delay(1000);
}

void avancar_casa()
{
    Serial.println("7.");
    myStepper1.step(avancar_casinha);
    delay(1000);
}

void retornar_origem()
{
    Serial.println("8.RETORNAR ORIGEM");
    myStepper1.step(-avancar_casinha);
    delay(1000);
}

```

```

void descer_eixoZ()
{
    myStepper2.step(-deslocar_eixoZ);
    delay(1000);
}

void abastecer_tipo2()
{
    Serial.println("1.1");
    contador_andar = 1;
    contador_casas = 1;

    deslocar_eixoZ = contador_andar * altura_andar;
    subir_eixoZ();

    for( int i=0; i<2; i++)
    {
        executar_abastecimento();
        if ( i==0)
        {
            Serial.print("RETORNO – AVANCAR_CASINHAS: ");
            Serial.println (-avancar_casinha);

            retornar_origem();
            contador_casas = 1;
            contador_andar = 3;
            deslocar_eixoZ = contador_andar * altura_andar;
            subir_eixoZ();
            doses = doses_andar2;
            BT.write(" Abastecer Medicamento 2");
        }
    }
    retornar_origem();
    descer_eixoZ();
}

```

```
#include "Funcoes.h"

void config_rtc()
{
    rtc.halt(false);
    // rtc.setDOW(SATURDAY);
    rtc.setTime(23, 10, 40);
    // rtc.setDate(14, 19, 2019);

    rtc.setSQWRate(SQW_RATE_1);
    rtc.enableSQW(true);
}

void config_motor()
{
    myStepper1.setSpeed(27);
    myStepper2.setSpeed(50);
}

void config_bluetooth()
{
    BT.begin(9600);
}

void carregar_info()
{
    iTOTAL = EEPROM.read(110);
    iTIPO = EEPROM.read(111);

    for (int i=0;i<iTOTAL; i++)
    {
        Serial.println("carregar info");

        int address_hora = i*2;
        int addrees_min = (i*2)+1;

        alarmes[i*2] = EEPROM.read(address_hora);
    }
}
```

```
alarmes[(i*2)+1] = EEPROM.read(addresses_min);
int address = (i+60);
iandar[i] = EEPROM.read(address);

Serial.print("ALARME: ");
Serial.print(alarmes[i*2]);
Serial.print(":");
Serial.println(alarmes[(i*2)+1]);

}

}

void config_RGB()
{
pinMode(azul, OUTPUT);
pinMode(verde, OUTPUT);
pinMode(vermelho, OUTPUT);
}

void RGB_verde()
{
digitalWrite(azul, LOW);
digitalWrite(verde, HIGH);
digitalWrite(vermelho, LOW);
}

void RGB_azul()
{
digitalWrite(azul, HIGH);
digitalWrite(verde, LOW);
digitalWrite(vermelho, LOW);
}

void desligar_RGB()
{
digitalWrite(azul, LOW);
digitalWrite(verde, LOW);
digitalWrite(vermelho, LOW);
}
```

```

void escrever_hora()
{
    Serial.print("Hora : ");
    Serial.print(rtc.getTimeStr());
    Serial.print(" ");
    Serial.print("Data : ");
    Serial.print(rtc.getDateStr(FORMAT_SHORT));
    Serial.print(" ");
    Serial.println(rtc.getDOWStr(FORMAT_SHORT));
    BT.write(" ");
    BT.write(rtc.getTimeStr());
}

void zerar_controles()
{
    Time time_now = rtc.getTime();
    if (time_now.hour == 00 && time_now.min == 00 && time_now.sec < 10)
    {
        for (int i=0; i<iTOTAL; i++)
        {
            address_controle = (i + 200);
            EEPROM.update(address_controle, 0);
        }
    }
}

#include "Funcoes.h"

void validar_horario()
{
    Time time_now = rtc.getTime();

    for (int i = 0; i < iTOTAL; i++)
    {
        if (time_now.hour == alarmes[i*2] && (time_now.min >= alarmes[(i*2) + 1]))
        {
            disparar_alarm = true;
            address_controle = (i + 200);
        }
    }
}

```

```
remedio_tomado = EEPROM.read(address_controle);

andar = iandar[i];
definir_andar_casa(i);

i = iTOTAL;
}

else
{
    disparar_alarm = false;
}
}

void definir_deslocamento()
{
switch (andar)
{
case 1:
{
    deslocar_eixoZ = -3512;
    avancar_casinha = (905 * count_casas);

    int contador = (count_casas + 1);
    EEPROM.write(101, contador);
} break;

case 2:
{
    deslocar_eixoZ = -3512;
    avancar_casinha = (905 * count_casas);

    int contador = (count_casas + 1);
    EEPROM.write(102, contador);
} break;

case 3:
{
    deslocar_eixoZ = -512;
```

```

avancar_casinha = (905 * count_casas);

int contador = (count_casas + 1);
EEPROM.write(103,contador);
} break;

case 4:
{
    deslocar_eixoZ = -512;
    avancar_casinha = (905 * count_casas);

    int contador = (count_casas + 1);
    EEPROM.write(104,contador);
} break;

case 5:
{
    deslocar_eixoZ = -512;
    avancar_casinha = (905 * count_casas);

    int contador = (count_casas + 1);
    EEPROM.write(105,contador);
} break;
}

void definir_andar_casa(int address)
{
    int address_andar = andar + 100;
    count_casas = EEPROM.read(address_andar);

    if (count_casas > 24)
    {
        switch (iTIPO)
        {
            case 1:
            {
                if (andar < 5)
                {

```

```
        andar = andar +1;
        address_andar = andar + 100;
        count_casas = EEPROM.read(address_andar);
        EEPROM.write(address ,andar);

    }

else
{
    Serial.println("RECARREGAR");
    disparar_alarm = false;
}

}break;
case 2:
{
    if( andar == 1 || andar == 3)
    {
        andar = andar +1;
        address_andar = andar + 100;
        count_casas = EEPROM.read(address_andar);
        EEPROM.write(address ,andar);
    }
    else
    {
        Serial.println("RECARREGAR ANDAR:");
        Serial.println(andar);
        disparar_alarm = false;
    }
}break;
case 5:
{
    Serial.println("RECARREGAR ANDAR:");
    Serial.println(andar);
    disparar_alarm = false;
}break;
}

}

void dispensar_remedio()
```

```

{
  if (disparar_alarm == true && remedio_tomado == 0)
  {
    Serial.println("DISPARAR ALARME ");

    for (int range = 0; range <= 120; range++)
    {
      for (nota = 0; nota < 156; nota++)
      {
        disparar_alarne();

        long buttonState = sensor.capacitiveSensor(30);
        if (buttonState > Sensibilidade_botao)
        {
          noTone(portSpeak);
          nota = 156;
          RGB_azul();
          executar_motor();
          EEPROM.write(address_controle, 1);
          disparar_alarm = false;
          range = 121;
        }
      }
    }
  }
} desligar_RGB();
disparar_alarm = false;
}

void executar_motor()
{
  int abrir_portinha = 20;
  definir_deslocamento();

  myStepper2.step(deslocar_eixoZ);
  delay(1000);
  myStepper1.step(avancar_casinha);
  delay(1000);
  myStepper2.step(abrir_portinha);
  delay(1000);
}

```

```
myStepper2.step(-abrir_portinha);
delay(1000);
myStepper1.step(-avancar_casinha);
delay(1000);
myStepper2.step(-deslocar_eixoZ);
}

void disparar_alarme()
{
    RGB_verde();

    int duracaodenota = duracaodasnotas[nota];
    tone(portSpeak, melodia[nota], duracaodenota);
    int pausadepoisdasnotas[] = {150, 300, 300, 100, 300,
        550, 575, 450, 400, 500, 300, 330, 150, 300,
        200, 200, 150, 300};
    delay(pausadepoisdasnotas[nota]);

    noTone(portSpeak);
}
```