

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
ENGENHARIA ELETRÔNICA E DE TELECOMUNICAÇÕES
CAMPUS PATOS DE MINAS

VÍTOR RIOS LUCCAS

**DESENVOLVIMENTO DE UM ROBÔ PARA A AUTOMAÇÃO DE UMA
CORTINA POR MEIO DO COMANDO DE VOZ VIA *ECHO DOT***

PATOS DE MINAS - MG

2024

VÍTOR RIOS LUCCAS

**DESENVOLVIMENTO DE UM ROBÔ PARA A AUTOMAÇÃO DE UMA
CORTINA POR MEIO DO COMANDO DE VOZ VIA ECHO DOT**

Monografia apresentado à banca examinadora da Universidade Federal de Uberlândia como requisito de avaliação do componente Projeto Final de Curso II do curso de graduação em Engenharia Eletrônica e de Telecomunicações da Faculdade de Engenharia Elétrica – Campus Patos de Minas.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Costa Ramos

PATOS DE MINAS – MG

2024

VÍTOR RIOS LUCCAS

**DESENVOLVIMENTO DE UM ROBÔ PARA A AUTOMAÇÃO DE UMA
CORTINA POR MEIO DO COMANDO DE VOZ VIA ECHO DOT**

Monografia apresentado à banca examinadora da Universidade Federal de Uberlândia como requisito de avaliação do componente Projeto Final de Curso II do curso de graduação em Engenharia Eletrônica e de Telecomunicações da Faculdade de Engenharia Elétrica – Campus Patos de Minas.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Costa Ramos.

Patos de Minas, 19 de março de 2024

Banca Examinadora

Prof. Dr. Daniel Costa Ramos – FEELT/UFU (Orientador)

Prof^ª. Dr^ª. Elise Saraiva – FEELT/UFU (Membro 1)

Prof. Dr. Davi Sabbag Roveri – FEELT/UFU (Membro 2)

RESUMO

A “domótica” é uma área da robótica voltada para a automação de residências que tem tido avanços tecnológicos de modo que é possível encontrar diversos dispositivos no mercado já prontos para os entusiastas do conceito do it yourself (faça você mesmo). A grande maioria desses dispositivos possuem modelos padronizado para sua própria plataforma e pouca flexibilidade para com projetos complexos e personalizados. Dessa forma, foi proposto nesse trabalho, trazer para o ambiente acadêmico, em especial na graduação de engenharia eletrônica e de telecomunicações, a aplicação de um assunto que consiga unir as duas áreas do curso com a utilização de eletrônica aplicada à comunicação wireless. Com isso, foi desenvolvido um robô que com a função de abrir ou fechar cortinas de varão por meio de comandos de voz via assistente pessoal Echo Dot Alexa, ou smartphone, com a utilização de plataformas como aplicativo Blynk e o software VoiceFlow. A estrutura foi composta por três compartimentos, acoplados e impressos em 3D, sendo que na parte superior foi fixado um sensor ultrassônico para medição da distância da parede, juntamente com o motor, as engrenagens e o rolamento. Para um bom funcionamento do protótipo foi necessário que todos os componentes fossem interligados e comunicassem de maneira adequada com os softwares utilizados. Como resultado, foram criadas diferentes versões do robô, cada uma visando avaliar parâmetros essenciais. A versão inicial focou na validação do hardware e do software, enquanto a versão final mirou em ajustes a partir de baterias de testes na primeira versão. Essas modificações culminaram em melhorias no desempenho dinâmico, com um aumento de 150% na velocidade de abertura de fechamento, estrutural e térmico do sistema, com a diminuição de 40,6% na temperatura após operações, que resultou em uma solução otimizada para o robô em sua versão final.

Palavras-chave: Domótica; Automação Residencial, Comando de voz; *Amazon Alexa; Blynk; VoiceFlow.*

ABSTRACT

The “domótica” is an area of robotics focused on home automation that has seen technological advances so that it is possible to find several devices on the market ready for do-it-yourself enthusiasts. However, the vast majority of these devices have standardized models for their own platform and little flexibility for complex and personalized projects. Therefore, it was proposed in this work to bring to the academic environment, especially in electronic and telecommunications engineering degrees, the application of a subject that can unite the two areas of the course with the use of electronics applied to wireless communication. As a result, a robot was developed with the function of opening or closing curtain rods using voice commands via the Echo Dot Alexa personal assistant, or smartphone, using platforms such as the Blynk app and the VoiceFlow software. The structure was made up of three compartments, coupled and printed in 3D, with an ultrasonic sensor fixed to the top to measure the distance from the wall, along with the motor, gears and bearing. For the prototype to function properly, it was necessary for all components to be interconnected and communicate appropriately with the software used. Finally, different versions of the robot were created, each aiming to evaluate essential parameters. The initial version focused on validating the hardware and software, while the final version focused on adjustments based on batteries of tests in the first version. These modifications resulted in improvements in dynamic performance, with a 150% increase in opening and closing speed, as well as structural and thermal performance of the system, with a 40.6% decrease in temperature after operations, culminating in an optimized solution for the robot in its final version.

Keywords: Domoticz; Home Automation, Voice command; Amazon Alexa; Blynk; VoiceFlow.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1- Benefícios da <i>Smart Home</i>	14
Figura 1.2 - Protótipo reduzido da persiana simulada em placas de isopor.	18
Figura 1.3 - Protótipo melhorado da persiana na qual foi substituído o isopor por madeira. ..	18
Figura 1.4 - Projeto interligado em funcionamento.....	19
Figura 1.5 - Estrutura do projeto.	20
Figura 2.1 - Módulo <i>WiFi</i> ESP8266 NodeMCU.	24
Figura 2.2 - Sensor Ultrassônico HC-SR04.....	24
Figura 2.3 - Regulador de tensão.....	25
Figura 2.4 - Motor de passo NEMA 17.	26
Figura 2.5 - Módulo <i>driver</i> L298N.....	26
Figura 2.6 - Pinos do módulo <i>driver</i> L298N.	27
Figura 2.7 - Bateria Li-Íon 18650 3.7V.....	28
Figura 2.8 - Resistor de 3,3k Ω	28
Figura 2.9 - Resistor de 10k Ω	29
Figura 2.10 - Transistor NPN.	29
Figura 2.11 - Placa de Circuito Ilhada 2x8.....	30
Figura 2.12 - Impressão 3D.	31
Figura 2.13 - Etapas da impressão em 3D.	32
Figura 2.14 - Desenho 3D da engrenagem de 92 dentes.	33
Figura 2.15 - <i>Arduino</i> IDE.....	34
Figura 2.16 - Plataforma <i>web</i> da <i>Blynk</i>	35
Figura 2.17 - Plataforma do <i>Voiceflow</i>	36
Figura 2.18 - <i>Echo Dot</i> 4ª geração.....	37
Figura 4.1 - Esquema das ligações interna dos materiais utilizados.	43
Figura 4.2 - Estrutura do robô.	43
Figura 4.3 - Teste placa <i>Arduino</i> Uno e ESP8266.	44
Figura 4.4 - Compartimento completo do sensor ultrassônico (junto).....	45
Figura 4.5 - Sensor ultrassônico entre as duas peças do compartimento.	45
Figura 4.6 - Primeira peça do compartimento do sensor ultrassônico.....	45
Figura 4.7 - Segunda peça do compartimento do sensor ultrassônico.....	46
Figura 4.8 - Peças do compartimento do sensor ultrassônico impressas.....	46
Figura 4.9 - Motor DC com sensor de velocidade (encoder).	47

Figura 4.10 - Teste com motor DC simples.....	47
Figura 4.11 - Teste motor DC robusto.....	48
Figura 4.12 - Teste motor de passo 28byj-48.	49
Figura 4.13 - Primeira versão do robô.....	50
Figura 4.14 - Desalinhamento entre os compartimentos.	51
Figura 4.15 - Itens do suporte do varão.....	51
Figura 4.16 - Local de travamento.....	52
Figura 4.17 - Ajuda para destravar.	52
Figura 4.18 - Suporte do varão da primeira versão.	53
Figura 4.19 - Layout com só um compartimento.	54
Figura 4.20 - Parte superior com dois rolamentos.....	54
Figura 4.21 - Varão acoplado.	55
Figura 4.22 - Varão desacoplado.....	55
Figura 4.23 - Projeto da garra.....	56
Figura 4.24 - Novo compartimento superior.	56
Figura 4.25 - Garras centralizando o varão.	57
Figura 4.26 - Teste de diâmetro do varão.....	57
Figura 4.27 - Compartimento com aberturas para ventilação.	58
Figura 4.28 - Amarrações para os compartimentos.....	58
Figura 4.29 - Projeto da estrutura final.....	59
Figura 4.30 - Impressão das peças.....	60
Figura 4.31 - Peças impressas separadamente.....	60
Figura 4.32 - Montagem do robô.....	61
Figura 4.33 - Estrutura final impressa.	61
Figura 4.34 - Teste na protoboard.	62
Figura 4.35 - Ligação dos componentes na placa.....	63
Figura 4.36 - Placa interligada com os demais dispositivos.....	63
Figura 4.37 - Representação das conexões com os componentes recém incorporados.....	64
Figura 4.38 - Representação das conexões na placa de circuito ilhada.....	65
Figura 5.1 - Rolamento principal primeira versão.....	71
Figura 5.2 - Travamento das engrenagens.....	71
Figura 5.3 - Rolamento principal pressionado no encaixe.	72
Figura 5.4 - Garras sendo acopladas.....	72
Figura 5.5 - Indicação rolamento principal na versão final.....	73

Figura 5.6 - Distância da parede robô primeira versão.....	74
Figura 5.7 - Distância da parede robô versão final.....	76
Figura 5.8 - Termômetro digital a laser.....	76
Figura 5.9 - Temperatura de 55,3°C.....	77
Figura 5.10 - Temperatura de 35,7°C.....	77
Figura 5.11 - Temperatura final da ponte H.	78
Figura 5.12 - Placa em temperatura ambiente sem ter operado.....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Materiais e respectivos custos, quando aplicável.....	41
Tabela 4.1 - Valor do torque dos Motores de passo.	50
Tabela 4.2 - Código fonte da primeira versão do robô.....	65
Tabela 4.3 - Código fonte da versão atual.....	68
Tabela 5.1 - Velocidade média da primeira versão do robô.....	73
Tabela 5.2 - Velocidade média da última versão do robô.	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	<i>Três Dimensões</i>
A	<i>Ampère</i>
a.c.	<i>Antes de Cristo</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
DC	<i>Direct Current</i>
DIY	<i>Do-It-Yourself</i>
FM	<i>Frequência Modulada</i>
GM	<i>General Motors</i>
GND	<i>Ground</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
Li-Íon	<i>Íons- Lítio</i>
mAh	<i>Mili Ampère Hora</i>
MODICON	<i>Modular Digital Controller</i>
MQTT	<i>Message Queuing Telemetry Transport</i>
NEMA	<i>National Electrical Manufacturers Association</i>
NiCd	<i>Níquel Cádmio</i>
NiMH	<i>Hidreto Metálico De Níquel</i>
OTA	<i>Over The Air</i>
PVC	<i>Policloreto de polivinila</i>
RISC	<i>Reduced Instruction Set Computer</i>
TTL	<i>Transistor-Transistor Logic</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
V	<i>Volts</i>
VCC	<i>Voltage Common Collector</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	TEMA DO PROJETO	15
1.2	PROBLEMATIZAÇÃO	15
1.3	HIPÓTESE	16
1.4	OBJETIVOS	16
1.4.1	Objetivo Geral	16
1.4.2	Objetivos Específicos	16
1.5	JUSTIFICATIVA	17
1.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1	AUTOMAÇÃO	21
2.1.1	Automação Industrial	21
2.1.2	Automação Predial	22
2.1.3	Automação Residencial	22
2.2	DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS	23
2.2.1	ESP8266 NodeMCU	23
2.2.2	Sensor Ultrassônico	24
2.2.3	Regulador de tensão	24
2.2.4	Motores de Passo	25
2.2.5	Módulo <i>driver</i> L298N	26
2.2.6	Bateria Li-Íon 18650 3.7V - 1200mAh	27
2.2.7	Resistores	28
2.2.8	Transistor	29
2.2.9	Tra Placa de Circuito Ilhada 2x8	29
2.3	IMPRESSÃO 3D	30
2.3.1	Engrenagens	32
2.4	<i>SOFTWARES</i>	33
2.4.1	<i>Arduino IDE</i>	33
2.4.2	Blynk	34
2.4.3	<i>Voiceflow</i>	35

2.5	ALEXA	36
3	MATERIAIS E MÉTODOS	38
3.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	38
3.2	METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO	38
3.3	MATERIAIS	41
4	DESENVOLVIMENTO	42
4.1	PRIMEIRA VERSÃO.....	42
4.1.1	Definição dos componentes	44
4.1.2	Desafios enfrentados	50
4.2	VERSÃO FINAL	53
4.2.1	Modelagem e confecção da nova estrutura	53
4.2.2	Eletrônica e redução de aquecimento	62
4.2.3	Alteração do código fonte.....	65
5	RESULTADOS.....	71
6	CONCLUSÃO	79
	REFERÊNCIAS.....	81

1 INTRODUÇÃO

A automação residencial consiste no controle remoto de dispositivos instalados no ambiente doméstico, como cortinas, televisores, luminárias, ar-condicionado e outros, por meio de *smartphone* ou comandos de voz, com o intuito de proporcionar praticidade, segurança e economia, além de agregar valor ao imóvel diante a aquisições de dispositivos que remetem o conceito de *smart house*.

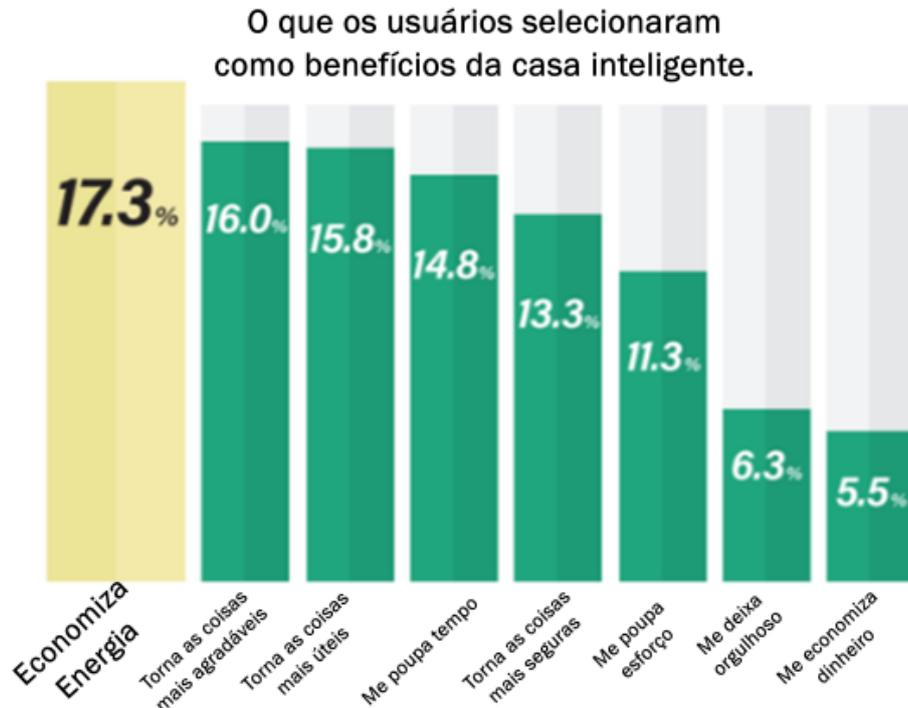
Em um mundo globalizado, com rotinas conturbadas, tem-se o tempo como o elemento mais valioso, com isso, dispositivos que ajudam a gerir melhor o dia, por meio de notificações de compromisso, lista de supermercado enviadas diretamente de eletrodomésticos, desligamento automático de iluminação, são alguns dos exemplos que ao todo geram praticidade e economia de tempo.

No quesito segurança, é possível monitorar uma residência por meio de um *smartphone*, em qualquer lugar do mundo, com a instalação de câmeras *WiFi*, cortinas que fecham sozinhas quando não detectam ninguém em casa, assim como também, sensores de presença vinculados a alarmes sonoros.

Por último, de acordo com a associação dos grandes consumidores industriais de energia (ABRACE), o Brasil tem a segunda conta de energia mais cara do mundo, portanto, diante da necessidade de economia dos brasileiros, com a automação residencial é possível programar para todas as luzes serem apagadas em horários determinados, sensores de movimento acionam as lâmpadas somente quando for necessário, além da possibilidade do monitoramento do gasto de energia por meio de gráficos advindo dos dispositivos inteligentes e outros mecanismos que fazem com que 17,3% das pessoas entrevistadas afirmem que, a economia de energia é a vantagem mais sentida residindo em casas inteligentes, como mostra a Figura 1.1 (MOSCHEN, 2021).

Anos atrás, pouco se falava sobre casas inteligente, o conceito era mais conhecido em indústrias, como a automação industrial ligada ao controle e supervisão de linhas de produção. Posteriormente, surgiu a automação de edifícios comerciais, voltados a áreas patrimonial e institucional, para em seguida chegar à automação de domicílios.

A ideia de ter o controle de dispositivos de forma inteligente não é tão nova, uma vez que em 1894, Nikolas Tesla demonstrou os primeiros experimentos utilizando comunicação sem fio e quatro anos depois, ele apresentou um pequeno barco controlado por rádio, equipamento este que posteriormente originou o primeiro controle remoto (STEVAN; FARINELLI, 2018).

Figura 1.1- Benefícios da *Smart Home*.

Fonte: (IFA, modificado pelo autor).

Para o controle desses dispositivos inteligentes, em sua grande maioria eram utilizados *smartphones*, entretanto, com o avanço da tecnologia, o próximo passo dessa evolução da automação, são os dispositivos que permitem a interação por comando de voz. Com isso, as assistentes virtuais já são realidade em quase todos os *smartphones* dos grandes fabricantes do mercado (PAIXÃO; WENCELEWSKI; NASCIMENTO, 2019). Assim sendo, além dos *smartphones* terem essa funcionalidade, atualmente é possível encontrar assistentes virtuais na forma física, como a *Amazon Echo* e o *Google Home* que são dispositivos com tecnologia de reconhecimento de voz que possuem microfone de campo de distância no qual podem captar comandos de voz por meio do ruído de fundo, servindo também como caixa de som (BOYLE, 2021).

Diante desse cenário tecnológico, um dos aparelhos que está adentrando no mercado de *smart house* é um robô que permite a abertura ou o fechamento de cortinas e persianas por meio de comandos de voz ou *smartphone*. Com isso, torna-se possível o controle da iluminação natural do ambiente, programando-o para abrir ou fechar em determinados horários, administrando assim a temperatura, além valorizar o cômodo em que foi instalada.

1.1 TEMA DO PROJETO

O tema deste trabalho é o projeto, desenvolvimento e a construção de um protótipo didático de automação de uma cortina, visando a demonstração prática da domótica, em especial, do controle por voz de um dispositivo via assistente virtual, assim como também a diminuição do valor desse produto no mercado.

1.2 PROBLEMATIZAÇÃO

No curso de engenharia eletrônica e de telecomunicações, muita das vezes os discentes não aproveitam os dois universos que estão estudando na graduação, uma vez que tendem a escolher a especialização em eletrônica ou em telecomunicações, quando na verdade existem mercados onde é possível unir esses dois meios, como por exemplo a domótica.

Nela, pode-se desenvolver protótipos que utilizam eletrônica aplicada, como montagem de circuitos, confecção de placas, da mesma forma que é possível projetar antenas que possibilitam a comunicação *wireless*. Pensando nisso, uma forma de contribuir para o aprendizado desses dois campos da engenharia eletrônica e de telecomunicações será feito um robô para a automação de uma cortina por comando de voz.

As cortinas têm um papel essencial dentro de uma residência, além de decorar o espaço, contribui com a iluminação do ambiente, oferece proteção contra os raios solares, preserva a privacidade do ambiente, além de oferecer acessibilidade a pessoas com dificuldades de locomoção. Em uma residência com diversas janelas, o controle manual das cortinas pode tornar-se um problema, uma vez que a iluminação deve ser controlada conforme a necessidade ou a incidência solar nos cômodos. Dito isso, robôs que se adaptam facilmente em cortinas, tornam-se a solução para a automação da iluminação natural do ambiente, pois programado da maneira desejada, são acionados tanto pela voz quanto por sensores de luminosidade sem a necessidade da intervenção humana.

Atualmente, no mercado existem modelos com ideias parecidas com a que foi desenvolvida, entretanto, acabam tendo um alto valor que impossibilita a utilização deles em residências de famílias com baixa renda, salas de aula ou laboratórios, além de possuírem uma arquitetura fechada de *hardware* e *software*.

O projeto do robô para automação de cortinas foi pensado com o objetivo de realizar uma implementação dos conceitos de automação residencial e IoT (*Internet of Things* ou *Internet das Coisas*), visando a utilização de conteúdos, ferramentas, dispositivos e *software* estudados

no decorrer no curso engenharia eletrônica e de telecomunicações, além de ser uma forma de viabilizar esse produto que atualmente tem um alto valor no mercado.

Por fim, com esse robô, os alunos de engenharia eletrônica e de telecomunicações irão conseguir relacionar os conceitos vistos em disciplinas de eletrônica como as placas de circuito impresso e componentes eletrônicos, assim como também dispositivos que fazem a conexão *Wifi* com o *smartphone* para que posteriormente seja possível comandá-lo por voz. Com isso, os discentes de engenharia conseguiriam ver na prática que é possível projetar e desenvolver, em baixo custo, seus próprios dispositivos de IoT, por meio dos conhecimentos obtidos na graduação.

1.3 HIPÓTESE

A hipótese central é a possibilidade de melhorar o ensino e a compreensão de conceitos de comunicação e de automação por meio de um protótipo didático de baixo custo. Além abordar o desenvolvimento e a aperfeiçoamento desse protótipo que automatiza cortinas, aplicando conceitos e técnicas de eletrônica e de telecomunicações.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

O principal objetivo deste trabalho foi o projeto e construção de um protótipo de baixo custo para a automação de uma cortina por um robô que responde a comando de voz, que permitiu o aprofundamento de conceitos, práticas e fundamentos aprendidos no curso de engenharia.

1.4.2 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral, é necessário cumprir os seguintes objetivos específicos:

- Desenvolver um robô capaz de abrir cortinas;
- Estabelecer comunicação do robô com a plataforma do *Blynk*, para então comunicar com o sistema da Alexa, via *voiceflow*;
- Comandar o robô via comando de voz da assistente pessoal *Amazon Alexa Echo Dot*;
- Apresentar de forma didática os conhecimentos do curso de engenharia eletrônica e de telecomunicações utilizados no projeto;
- Apresentar as melhorias de engenharia existentes na versão final, advindas de testes consecutivos com a primeira versão.

1.5 JUSTIFICATIVA

Com a expansão da domótica paralelo à redução dos custos de componentes eletrônicos, diversos dispositivos foram desenvolvidos por empresas da área de IoT e com isso, pesquisas acadêmicas surgiram com propostas de protótipos voltados a automação residencial. Entretanto, a junção dessa tecnologia com a assistente virtual *Amazon Alexa Echo Dot* ainda é recente e tem grande potencial de ser a próxima revolução da domótica, uma vez que esse termo em inglês “*home automation*” pesquisado em uma das principais bases de artigos científicos do mundo, *Science Direct* (*Science Direct*, 2023), resulta em 17.247 trabalhos publicados entre os anos de 2017 e 2023.

Dentre os trabalhos pesquisados, o projeto acadêmico dos alunos da Universidade Norte do Paraná (2008) exemplifica a automação de cortinas persianas, sendo controlada por um motor por rádio frequência. O sinal foi transmitido via controle remoto, composto de um transmissor FM (frequência modulada) com quatro osciladores vinculados aos botões, adiante o sinal será recebido por meio de um receptor acoplado a quatro filtros que serviram para interpretar o sinal recebido e assim realizar o movimento do motor. A proposta desse trabalho seria atingir clientes que buscam comodidade em seu dia a dia e empresas que atuam com soluções de automação residencial.

Uma estrutura simples e com custo mais acessível foi desenvolvida por NETO (2021), em seu trabalho de conclusão de curso. Nesse exemplo aplicou-se a automação de uma persiana vertical que utiliza um sensor de som para efetuar a abertura e fechamento, por meio de palmas. Com a utilização de um *Arduino Uno*, foi construído um protótipo reduzido que movimenta isopores posicionados na vertical e acoplados a um micro *servo tower pro* SG90, que simula a abertura da persiana por meio da detecção sonora captada pelo sensor de som KY-038. Por meio desse protótipo menor, ilustrado na Figura 1.2, foi possível validar o código fonte para que posteriormente fosse construído um tamanho maior acrescentado engrenagens e corrente para executar os movimentos, como na Figura 1.3.

Uma abordagem diferente é proposta no artigo de PAIXÃO, WENCELEWSKI, NASCIMENTO (2019). Foi desenvolvido um sistema de automação integrando uma assistente virtual e dispositivos IoT, entretanto, essa assistente foi elaborada por meio de um microfone MEMS acoplado em um *Raspberry Pi* para a captação sonora. Foi desenvolvido um circuito de uma assistente virtual, que posteriormente será interpretada por um microcontrolador ESP8266 que irá fazer o controle dos periféricos com o acionamento de relés de 9V. O processo todo é realizado na placa *Raspberry* com exceção das API (*Application Programming Interface* ou

Interface de Programação de Aplicação) de conversão de voz para texto do *Google*, já na etapa do microcontrolador, é feita uma conexão em uma rede MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), que consiste em um protocolo de comunicação máquina para máquina.

Figura 1.2 - Protótipo reduzido da persiana simulada em placas de isopor.



Fonte: (NETO, 2021).

Figura 1.3 - Protótipo melhorado da persiana na qual foi substituído o isopor por madeira.



Fonte: (NETO, 2021).

Em outro trabalho de conclusão de curso, PEDROSA (2021) utiliza da assistente virtual Alexa e a integra ao aplicativo de celular *Blynk* com a proposta de controlar o ESP8266 NodeMCU em aplicações de automação em geral. Sensores de temperatura, umidade e chuva foram monitorados na tela de um *smartphone* utilizando conexão com a *Internet* por meio do servidor do aplicativo *Blynk*, além da possibilidade de acesso via comando de voz pela assistente pessoal da *Amazon* com a finalidade de verificar os valores dos sensores e o apagar e acender das cargas. Para isso, foi desenvolvido um código com a programação para o ESP8266 baseado na plataforma do aplicativo, em seguida foi realizada a integração desse código com a assistente pessoal e a elaboração de um ambiente de interação personalizado para os comandos de voz na plataforma *Voiceflow*. A Figura 1.4 mostra o projeto integrado em funcionamento juntamente com a *Echo Dot* mais a plataforma do aplicativo *Blynk*.

Figura 1.4 - Projeto interligado em funcionamento.



Fonte: (PEDROSA, 2021).

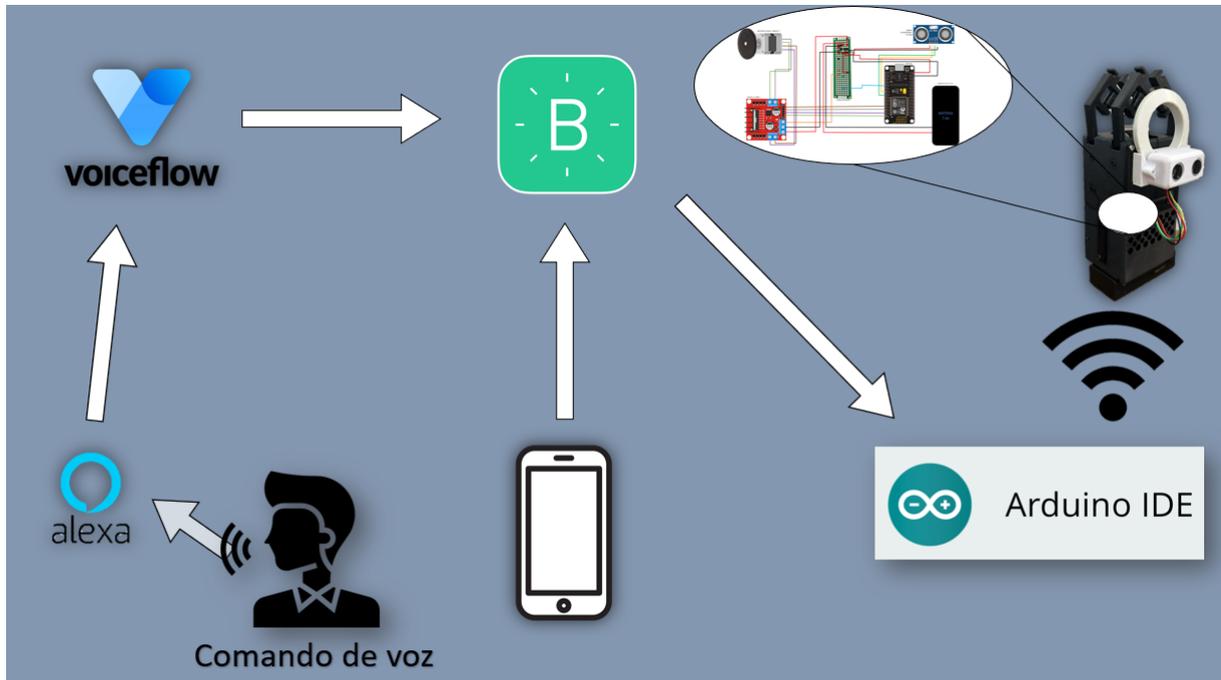
Diante dos trabalhos mencionados é possível concluir a importância do estudo da domótica no século XXI, em especial durante os anos de graduação em engenharia, onde é possível colocar em práticas os assuntos estudados e comparar diferentes técnicas no desenvolvimento de protótipos similares.

Nesse trabalho foi proposto um modelo didático de um robô que irá abrir ou fechar cortinas de varão, tanto por comando de voz quanto por *smartphone*, com uma estrutura semelhante a apresentada por PEDROSA (2021). Foi utilizado a IDE (*integrated development environment* ou Ambiente de desenvolvimento integrado) do *Arduino* interligada ao aplicativo *Blynk* junto com a plataforma do *Voiceflow*. O intuito dessa unidade didática é a comunicação entre os *softwares* mencionados mais o desenvolvimento de circuitos e *hardwares*, para então a aplicação da domótica na prática.

A Figura 1.5 ilustra a ideia central do protótipo. A comunicação do hardware do robô com os demais softwares utilizados acontece após uma solicitação de instrução (abrir ou

fechar), por meio do comando de voz direcionado a *Echo Dot*, na qual essa instrução é interpretada pelo software *Voiceflow* que se comunica com o *Blynk* via nuvem, que posteriormente aciona os comandos dos botões virtuais que é interpretado na plataforma IDE e assim envia via *WiFi* para o NodeMCU que executa o comando do movimento da cortina.

Figura 1.5 - Estrutura do projeto.



Fonte: (Do autor).

1.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, falou-se sobre como a automação residencial vem ganhando espaço no século atual devido aos seus diversos benefícios como conforto, segurança e economia, assim como também foi levantado a importância de estudar esse assunto na graduação de engenharia eletrônica e de telecomunicações, uma vez que a domótica é um dos temas que faz a união desses dois universos. Foi discutido também o quão esse assunto é pesquisado na atualidade dando margem para possibilidade de diminuição de valores dos protótipos que já existem no mercado, assim como também foi ilustrado o diagrama da ideia central do protótipo.

No próximo capítulo será levantado literaturas sobre *smart home* e dispositivos eletrônicos relacionados, bases teóricas e obras recentes que utilizam desse assunto.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para melhor entendimento deste trabalho, é essencial familiarizar-se com ferramentas, conceitos e dispositivos eletrônicos relacionados à automação residencial. Neste capítulo, serão abordados aspectos centrais como, automação, dispositivos eletrônicos e softwares específicos. Será apresentado um código elaborado na plataforma IDE do *Arduino*, com o objetivo de automatizar o robô usando o dispositivo ESP8266. Além disso, será utilizado técnicas de impressão 3D para criar tanto a estrutura interna quanto as engrenagens do robô. Finalmente, as plataformas *Blynk* e *Voiceflow* serão empregadas em conjunto para viabilizar os comandos de voz.

2.1 AUTOMAÇÃO

Da origem grega, *autômatos* que significa mover-se por si, a automação é um sistema que controla os mecanismos para seu próprio funcionamento, utiliza-se de tecnologia para executar tarefas com o mínimo de interatividade humana (MUSEUWEG, 2018).

Esta ideia está diretamente ligada ao conceito de máquinas que agilizam tarefas por si só. Porém, existem alguns tipos de automação que se referem especificamente em algumas áreas, como industrial, automação predial de edifícios comerciais e por fim a automação residencial ou doméstica.

2.1.1 Automação Industrial

Desde o período neolítico o homem buscava por alternativas que tornassem o trabalho mais simples e rápido, como a fabricação de pequenas ferramentas de pedra. Com o passar os anos, o trabalho foi aumentando em quantidade de tarefas e a necessidade de processos mais ágeis foram surgindo, com isso, a automação de tarefas surgiu como solução para a mão de obra repetitiva. No filme tempos modernos de 1936, o ator Charlie Chaplin encarna um operário de uma fábrica, no qual faz diversos movimentos repetitivos, para exemplificar a mão de obra monótona das indústrias na época (CHAPLIN, 1936).

Uma boa definição para automação é um conjunto de técnicas destinadas a tornar automáticas a realização de tarefas, substituindo o gasto de bioenergia humana, com esforço muscular e mental, por elementos eletromecânicos computáveis. Percebe-se, portanto, que este amplo conceito se estende a diversos cenários, como, por exemplo, a máquina de lavar roupa para a lavadeira, a xerox para o escrivão, ou o robô para o operário industrial. Os benefícios para qualquer processo automático são nítidos: eficiência, segurança, menor custo, maior produção etc. (SILEVIRA; LIMA, 2003).

Em meados do século XX, Henry Ford, da *General Motors* (GM) idealizou algo que chamou de linha de montagem, com produção em massa, pontos de montagem, estoque intermediários etc. Ainda naquele século, algumas máquinas que produziam os automóveis da GM, já possuíam dispositivos relés, com isso, iniciava ali o conceito de automatizar algo repetitivo, mesmo que a programação das máquinas eram extremamente complexas além da pequena vida útil dos relés.

Em 1968, a empresa *Bedford Association*, foi contratada para desenvolver um dispositivo que substituísse o relé, com isso, nasceu o MODICON (*Modular Digital Controller*), sendo o primeiro controlador lógico programável, que tornou o sistema mais flexível econômico e eficiente (SILEVIRA; LIMA, 2003). A partir de então, empresas começaram a produzir em larga escala e a tecnologia de automação se expandiu para diversos setores como por exemplo a automação predial de edifícios comerciais.

2.1.2 Automação Predial

A automação predial antecede a residencial, uma vez que ela é um conjunto de várias ferramentas tecnológicas advindas de *softwares* e dispositivos eletrônicos. Esse sistema pode ser usado de diversas maneiras como contra incêndios, administrar a parte elétrica e hidráulica, controle de entrada e saída de pessoas, dentre outras funcionalidades.

Essa automação, é facilmente adaptada conforme a necessidade do prédio ou condomínio, nela, as técnicas de instalação de equipamentos se diferenciam por existir um sistema central subdividido por vários apartamentos.

Existem dois tipos de automação predial, o sistema de supervisão e controle de utilidades que faz a administração das instalações elétricas, refrigeração e aquecimento, parte hidráulica, encanamento de gás etc. E o sistema de segurança, que consiste na proteção do edifício com o monitoramento das câmeras onde possível acompanhar o acesso de veículos e pessoas, além de tecnologias de biometrias, reconhecimento facial e cadastramento de indivíduos (DAKOL, 2021).

2.1.3 Automação Residencial

A automação residencial é a mais recente dentre as anteriores, seu surgimento está relacionado com o barateamento de dispositivos eletrônicos em geral, devido a produção em larga escala do século atual, com isso, pessoas familiarizadas com o conceito DIY (*do-it-yourself* ou faça você mesmo) abraçaram a ideia de ter uma casa com mais praticidade, segurança e economia.

Como dito, essa automação é derivada da industrial, entretanto com o foco nas operações domésticas, com o controle de equipamentos eletrônicos sem que haja necessidade de intervenção humana com eles. O principal objetivo é facilitar tarefas do dia a dia para atender as necessidades das pessoas no que se refere a praticidade, segurança e economia (PAULOS, 2017).

2.2 DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS

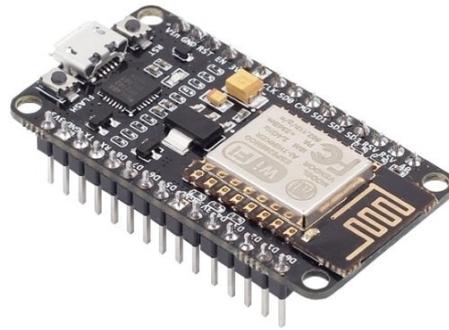
O conjunto de pequenas unidades e atuadores capazes de transmitir corrente elétrica por meio de um condutor ou semicondutor é o que define os dispositivos eletrônicos. Neste trabalho foram utilizados diversos componentes, como por exemplo, o ESP8266 NodeMCU, sensor ultrassônico, regulador de tensão, motor de passo, módulo *drive* L298N e a bateria de Li-Íon.

2.2.1 ESP8266 NodeMCU

O NodeMCU é uma plataforma *open source* da família ESP8266 criado para ser utilizado no desenvolvimento de projetos IoT. Esta placa foi iniciada em 2014 e vem com um conversor *Universal Serial Bus* (USB) serial integrado, um processador ESP8266-12E podendo operar em 80MHz / 160MHz, arquitetura RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) de 32 bits, 4Mb de memória flash, possui 11 pinos digitais, pode ser alimentado com 5V DC (*Direct Current*), além de compatível com módulos e sensores utilizados no *Arduino*. Nele é possível fazer a programação da placa via *Over The Air* (OTA), ou seja, por meio do *WiFi* você pode enviar os códigos para a placa (OLIVEIRA, 2016).

Atualmente, quando se utiliza plataforma embarcada ou microcontrolada é necessário mencionar o *Arduino* antes de qualquer coisa, uma vez que ele é a plataforma microcontrolada mais utilizada no “mundo *maker*”. Entretanto, quando se trata de projetos de automação residencial, a conexão via OTA é a mais desejada, devido a sua praticidade quando a não utilização de fio ou cabos para o envio dos comandos. Diante disso, o microcontrolador ESP8266 NodeMCU da Figura 2.1 é a melhor opção, pois além do suporte integrado a redes *WiFi*, possui baixo custo, tamanho reduzido e um baixo consumo de energia.

Figura 2.1 - Módulo *WiFi* ESP8266 NodeMCU.

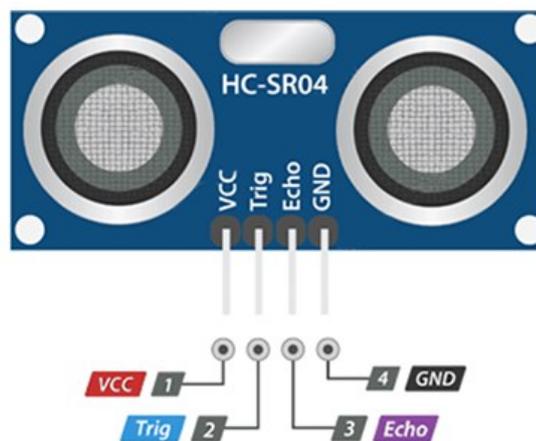


Fonte: (FILIPEFLOP, 2022).

2.2.2 Sensor Ultrassônico

O sensor ultrassônico HC-SR04, indicado na Figura 2.2, é um dispositivo capaz de medir distâncias menores com ótima precisão, uma vez que este módulo possui um circuito pronto com emissor e receptor acoplados e 4 pinos, sendo eles *VCC* (*Voltage Common Collector*), *Trigger*, *Echo* e *GND* (*Ground*) para medição. É um componente importante, pois por meio dele que é medido a distância da cortina até a parede, realizando a abertura ou o fechamento da cortina. Esses comandos são feitos a partir do código que possui distâncias determinadas a partir de testes com o sensor para essas funções (FILIPEFLOP, 2022).

Figura 2.2 - Sensor Ultrassônico HC-SR04.



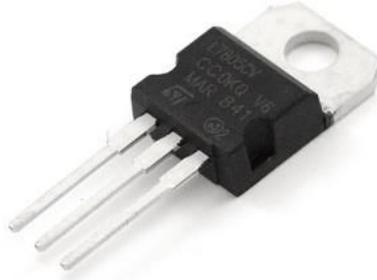
Fonte: (FILIPEFLOP, 2022).

2.2.3 Regulador de tensão

O regulador de tensão 7805 como exemplificado na Figura 2.3, pode ser usado em fontes de alimentação, carregadores e circuitos em geral, tem como objetivo regular a tensão de entrada, entre 7,5V e 20V, para uma tensão de saída estável de 5V, por isso pode ser usado com outros componentes eletrônicos para obter valores de tensão e corrente ajustáveis. O uso desse

componente será importante pois a alimentação do sensor ultrassônico é de 5V, logo, como a alimentação do circuito é de 7,4V, foi necessário à sua utilização (FILIPEFLOP, 2022).

Figura 2.3 - Regulador de tensão.



Fonte: (FILIPEFLOP, 2022).

2.2.4 Motores de Passo

Esse motor se caracteriza pelo controle preciso do seu eixo, com isso, também é possível ter exatidão em sua velocidade e torque. Cada motor tem um número específico de passos por revolução, em modelos disponíveis comercialmente esse número pode variar de 3 a 72 passos.

Trata-se de um dispositivo eletromecânico que converte pulsos elétricos em movimentos mecânicos que geram variações angulares discretas. O motor de passo é dado pelo uso de solenoides alinhados dois a dois que quando energizados atraem o rotor fazendo-o se alinhar com o eixo determinado pelos solenoides, causando assim uma pequena variação de ângulo que é chamada de passo, além disso, a velocidade e o sentido de movimento são determinados pela forma como cada solenoide é ativado a partir de sua ordem e a velocidade entre cada ativação.

Diante desse mecanismo, se faz necessário um controlador externo para que o movimento ocorra, como um microcontrolador aliado a transistores que acionam as bobinas na ordem correta e na velocidade desejada (COELHO, 2022).

Dentre muitos modelos disponíveis no mercado como o NEMA 23 que pesa entre 0,60kg-2,3kg, o NEMA 32 que pesa entre 0,60kg-5,0kg, o que melhor se adaptou no presente trabalho devido ao tamanho e especificações técnicas foi o modelo NEMA 17, mais bem observado na Figura 2.4.

Figura 2.4 - Motor de passo NEMA 17.

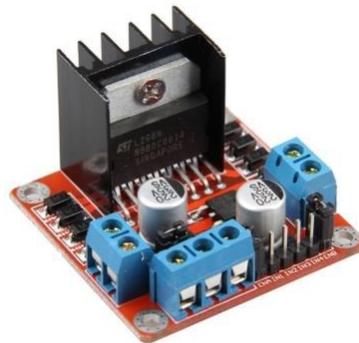


Fonte: (SMARTKITS, 2022).

2.2.5 Módulo *driver* L298N

O módulo L298N da Figura 2.5 é capaz de trabalhar com dois motores de corrente contínua, ou *Direct Current* (DC) ou um motor de passo. O código L298N, referencia seu *driver*, um circuito monolítico integrado, que tem uma ponte dupla de alta tensão e alta corrente projetado para aceitar níveis lógicos *Transistor-Transistor Logic* (TTL) padrão e acionar cargas indutivas, como relés, solenoides, motores DC e de passo (STMICROELECTRONICS, 2000).

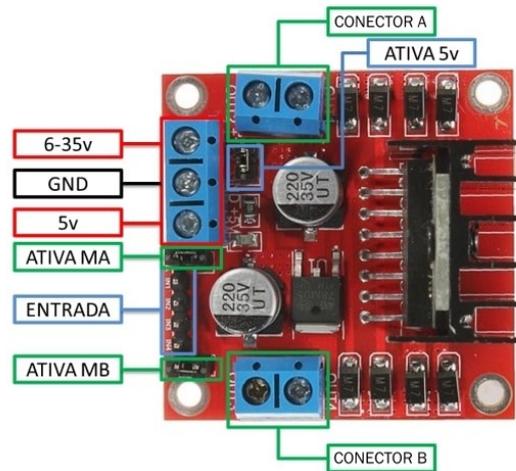
Figura 2.5 - Módulo *driver* L298N.



Fonte: (FILIPEFLOP, 2022).

Na Figura 2.6 é indicado os pinos que fazem parte e contribuem para o funcionamento da placa como por exemplo, o conector A e B se referem aos conectores para o acionamento dos passos do motor, contribuindo então para sua rotação. Ativa MA e ativa MB são responsáveis pelo controle PWM dos conectores A e B, entretanto, se eles estiverem com jumper, não existirá possibilidade de controle de velocidade, uma vez que os pinos estarão ligados aos 5V (THOMSEN, 2013).

Figura 2.6 - Pinos do módulo *driver* L298N.



Fonte: (MAKERHERO, modificado pelo autor).

Na identificação ativa 5V, quando é colocado um *jumper* o *driver* abre a possibilidade do pino de 5V disponibilizar uma saída regulada em 5V, mesmo a placa sendo alimentada entre 6-35V. Outra identificação é a de alimentação de 6-35V e a GND, no qual essa primeira possibilita uma tensão de entrada de até 35V, e a segunda é o *ground* ou pino terra. Por fim, na identificação de entrada é o barramento que compõe os pinos responsáveis pelo sentido de rotação do motor, sendo eles IN1, IN2, IN3 e IN4 (THOMSEN, 2013).

2.2.6 Bateria Li-Íon 18650 3.7V - 1200mAh

As baterias de Íons- lítio já existem há 200 anos e foram descobertas pelo químico físico Gilbert Newton Lewis, entretanto só foram comercializadas a partir dos anos 70, são consideradas as melhores baterias recarregáveis para notebook, devido ao seu custo-benefício, uma vez que armazenam o dobro de energia que uma de hidreto metálico de níquel (ou NiMH) e três vezes mais que uma bateria de níquel cádmio (ou NiCd) (STREMA, 2012).

A bateria Li-Íon 18650 3.7V - 1200mAh, é ideal para projetos robóticos e de automação por ser recarregável e capaz de manter uma corrente de 1,2A por até uma hora, na Figura 2.7 apresenta o modelo utilizado.

Figura 2.7 - Bateria Li-Íon 18650 3.7V.



Fonte: (DHGATE, 2022).

2.2.7 Resistores

Resistores são componentes eletrônicos essenciais, com a principal função de converter energia elétrica em calor. Conhecidos também como resistências, são encontrados em diversos equipamentos do dia a dia, como chuveiros elétricos, televisores, computadores, aquecedores, ferros de passar, rádios entre outros. Uma de suas é oferecer oposição ao fluxo de corrente elétrica, atuando como um limitador da intensidade dessa corrente. Eles são simbolizados pela letra "R" e, de acordo com o Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de medida dos resistores é o Ohm (Ω). Quanto a sua tipologia, existem os fixos e variáveis. Os resistores fixos são feitos de materiais como filme de carbono, filme metálico ou fio de precisão (). Já os resistores variáveis podem ser ajustados manualmente. Para esse projeto foi utilizado dois resistores fixos, um de $3,3k\Omega$ (Figura 2.8) e um de $10k\Omega$ (Figura 2.9) (TODAMATERIA, 2024).

Figura 2.8 - Resistor de $3,3k\Omega$.

Fonte: (RYNDACKCOMPONENTES, 2024).

Figura 2.9 - Resistor de 10kΩ.



Fonte: (PROESI, 2024).

2.2.8 Transistor

O transistor é um componente semicondutor, na maioria das vezes fabricado com silício ou germânio, que desempenha um papel importante na amplificação ou na diminuição da intensidade da corrente elétrica nos circuitos eletrônicos. Ao todo existem três configurações de transistores existentes: o sanduíche de silício, o transistor de junção e o transistor de efeito de campo. Nesse projeto foi utilizado o de junção, ele é formado pela combinação de três camadas de silício em diferentes dopagens. Nessa configuração há duas formas de empilhar as camadas de silício a PNP e NPN (BRASILESCOLA, 2024).

Ele possui duas funções primordiais, sendo a primeira de amplificar a corrente elétrica, e a segunda impedir seu fluxo atuando como chaves eletrônicas, controlando o estado de ligado ou desligado da corrente elétrica em um circuito, como é o caso do projeto em questão. Esta capacidade de tanto amplificar quanto atenuar a corrente elétrica pode ser executada com extrema rapidez, com os transistores modernos realizando essas ações várias vezes por segundo se necessário (BRASILESCOLA, 2024).

Figura 2.10 - Transistor NPN.



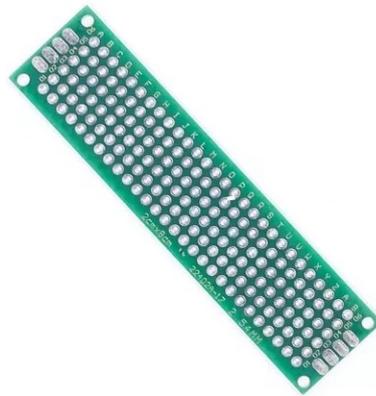
Fonte: (MAKERHERO, 2024).

2.2.9 Tra Placa de Circuito Ilhada 2x8

A Placa de Circuito Ilhada (Figura 2.11), é caracterizada por apresentar uma série de pontos de conexão isolados, conhecidos como ilhas, que estão distribuídos com um espaçamento padrão de 2,54mm, esta distância corresponde ao espaçamento comum de pinos

encontrado na maioria dos componentes eletrônicos, facilitando a montagem e a prototipagem de projetos eletrônicos variados. A simplicidade no design e a facilidade de soldagem dos componentes às ilhas deixam a placa de circuito ilhada atrativa para protótipos e pequenos projetos, permitindo uma organização do layout do circuito e uma montagem na maioria das vezes simples, em comparação a uma placa de circuito impresso feito em uma CNC (*Computer Numeric Control*).

Figura 2.11 - Placa de Circuito Ilhada 2x8.



Fonte: (ELETROGATE, 2024)

2.3 IMPRESSÃO 3D

A impressora 3D é um equipamento que consegue imprimir objetos em formato tridimensional com base em um modelo digital por meio da utilização de materiais como plásticos e resinas (Figura 2.12). Entretanto, essa tecnologia ganhou espaço em diversos setores como automobilísticos, com a impressão de peças de metais, na engenharia civil com a construção de casas de concreto, como acontecerá no Texas, onde será formada uma vila somente com casas construídas em impressoras 3D (HOLLAND, 2023). Assim como também, na medicina com a impressão de ossos artificiais como os estudantes do ensino médio de Rio Claro (SP), da escola Puríssimo, produziram ossos utilizando impressoras 3D para auxiliar em uma cirurgia de alto risco (EPTV2, 2022).

Em 1984 a primeira versão de uma impressora 3D que se baseava em estereolitografia, tecnologia que solidifica resinas por luz ultravioleta, foi criada no estado da Califórnia, no Estados Unidos, por Chuck Hull. O engenheiro teve essa iniciativa devido ao atraso que ocorria na produção de peças de plástico, com isso, desenvolveu um protótipo que curava a resina fotossensível camada por camada até o formato desejado da peça. Em 1986 o americano patenteou a inovação e deu início a produção em larga escala de impressoras 3D em laboratório (3DLAB, 2021).

No século atual, estão disponíveis no mercado nacional e internacional diversas opções de impressoras 3D com preços acessíveis, uma vez que empresas locais têm se dedicado à fabricação de suas próprias máquinas, junto com o *hardware* e *software* de código aberto. Paralelo a isso, com o aumento do acesso à *Internet* e o barateamento de componentes eletrônicos o público familiarizado com o conceito *DIY*, têm projetado suas próprias impressoras caseiras.

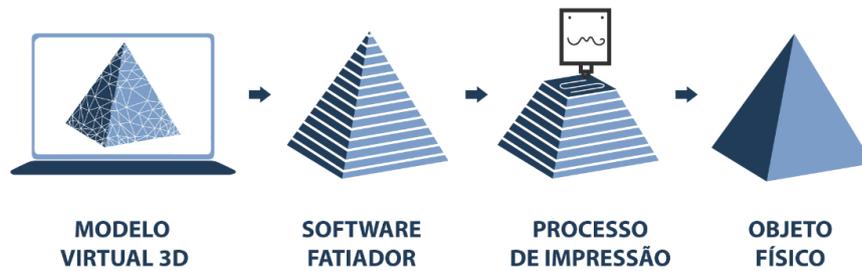
Figura 2.12 - Impressão 3D.



Fonte: (ATLÂNTICO, 2022).

O processo de criação de uma peça em 3D é feito em algumas etapas, como na Figura 2.13. Ela é iniciada a partir de um modelo digital tridimensional, construído em um *software* CAD (*Computer Aided Design*) como o *CATIA*, *SolidWorks*, *Draftsight*, ou baixado gratuitamente em um site especializado como o *GrabCAD*, a geometria desenvolvida será enviada para um *software* de preparação específico para cada impressora, nele é definido parâmetros como a espessura da camada de impressão, o posicionamento do modelo tridimensional na bandeja, a velocidade de extrusão ou de deslocamento do cabeçote, o material de suporte, entre outros para em seguida fatiar o modelo 3D, ou seja, irá dividir todo o volume tridimensional em camadas. Após todos esses passos as camadas de matéria começam a ser construídas progressivamente até se obter o modelo físico 3D (JACOB, 2020).

Figura 2.13 - Etapas da impressão em 3D.



Fonte: (MOUSTA, 2022).

2.3.1 Engrenagens

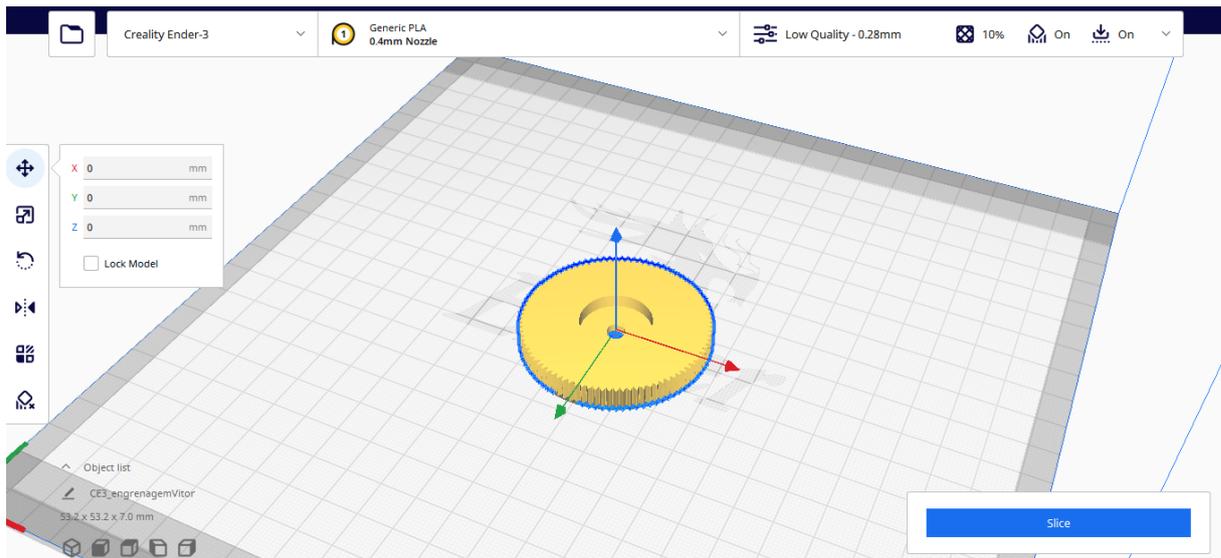
As engrenagens são rodas ou cilindros dentados que estão presentes na grande maioria de sistemas rotativos que transmitem potência de um eixo para outro, com isso é possível aumentar ou diminuir variáveis como rotação, velocidade angular e o torque.

Esse mecanismo surgiu por volta de 1000 a.c., ainda na idade antiga, feitas de forma rudimentar, com pedaços de madeira e outros materiais maleáveis. As primeiras citações feitas sobre engrenagens foram de Aristóteles, no século 4 a.c., em que mencionou sobre elementos como parafuso sem fim e coroas (REDUTORESIBR, 2022)

Desde então é possível encontrar aplicações desde relógios, com peças pequenas que exigem maior precisão, até em sistemas de transporte de materiais, onde utiliza-se peças mais robustas com maior exigência de resistência mecânica (ABECOM, 2020).

No trabalho em questão, são utilizadas duas engrenagens, uma de 92 dentes (Figura 2.14) e outra com 24. A escolha da quantidade de dentes nas engrenagens foi pensada para atender às necessidades de desempenho do sistema, uma vez que a engrenagem de 92 dentes, acoplada diretamente ao eixo do motor de passo, permite uma rotação mais gradual e controlada, garantindo precisão nos movimentos. Já a engrenagem menor, com 24 dentes, fixada no rolamento em contato com o varão da cortina, permite uma transmissão de rotação mais rápida. Esta diferença na proporção de dentes cria um efeito de redução. Isso significa que para cada rotação completa da engrenagem maior, a engrenagem menor fará aproximadamente 3,83 rotações ($92 \div 24 = 3,83$). Esse mecanismo permite que a cortina se mova a uma velocidade mais elevada, enquanto o motor de passo NEMA 17 opera com um torque elevado, oferecendo a força necessária para mover a cortina com eficiência, tornando essa combinação de velocidade e torque essencial para um funcionamento seguro, evitando superaquecimento do robô.

Figura 2.14 - Desenho 3D da engrenagem de 92 dentes.



Fonte: (Do autor).

2.4 SOFTWARES

Softwares referem-se ao conjunto de instruções codificadas que direcionam o funcionamento de sistemas computacionais. São estruturas que possibilitam que os programas manipulem adequadamente a informação. Ele pode variar desde sistemas operacionais, que servem como uma interface entre o usuário e o hardware, até aplicativos específicos, como processadores de texto e programas gráficos.

Para o presente trabalho, foram utilizados *softwares* como o Ambiente de Desenvolvimento Integrado do *Arduino* para a programação do código fonte, o *Blynk* que é uma plataforma baseada em um aplicativo personalizável que permite controlar remotamente um *hardware* programável, e o *Voiceflow* que funciona como uma estrutura de blocos, na qual permite a criação de aplicativos que agregam novas funções a assistente pessoal.

2.4.1 *Arduino* IDE

A *Integrated Development Environment* ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE), é o local onde será programado o código fonte do projeto. Nesse ambiente, como o da Figura 2.15, é possível ter acesso a destaque de sintaxe, correção de erros, inclusão de bibliotecas, monitor serial e envio de código para a placa utilizada.

A plataforma pode ser executada em computadores com sistema operacional Mac OS, Windows e Linux. Além de possuir um programa, já instalado em seu microcontrolador, codinome Bootloader, nele toda vez que é ligado ou reiniciado o *Arduino* este programa é

executado primeiro para facilitar a gravação de um código novo no microcontrolador (BRINCANDO COM IDEIAS, 2022).

Figura 2.15 - *Arduino IDE*.



Fonte: (Do autor).

2.4.2 Blynk

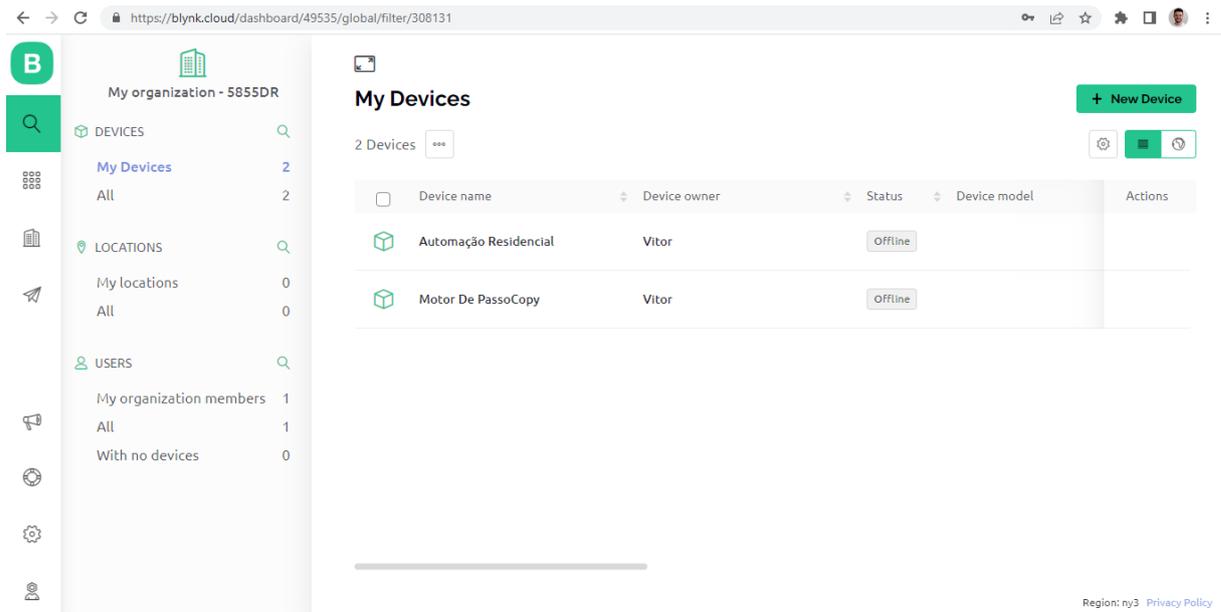
O *Blynk* é um aplicativo personalizável que permite controlar de forma remota um *hardware*, como por exemplo reportar dados desse *hardware* a um outro aplicativo compatível. Com isso é possível construir interfaces gráficas de controle de forma rápida e prática.

O serviço da plataforma *Blynk*, como na Figura 2.16, é composto por três partes principais para a formação da estrutura. A primeira é o aplicativo, onde o usuário consegue criar aplicações que interagem com o *hardware*, com a inserção de *Widgets* (ferramentas) que utilizam funções de controle (como botões, controles deslizantes e chaves), notificação e leitura de dados, que podem ser exibidos em displays, gráficos e mapas (PEDROSA, 2021).

O Segundo é o servidor, onde toda comunicação entre o aplicativo e o *hardware* do usuário é realizada por meio do *cloud* (nuvem) *Blynk*, sendo responsável por transmitir e armazenar os dados do *hardware* e os dados de sensores lidos pelo dispositivo físico mesmo se o aplicativo estiver fechado (PEDROSA, 2021).

Por fim, o terceiro consiste nas bibliotecas que são responsáveis por conduzir a conexão do *hardware* com o servidor da plataforma e fazer as requisições de entrada e saída de dados e comandos, sendo possível encontrar versões de biblioteca para Linux, *Raspberry Pi*, *Python*, Lua, entre outras. Atualmente existem muitas bibliotecas para as principais plataformas compatíveis com o *Blynk*, o que permite a comunicação tanto com o servidor na nuvem quanto local (PEDROSA, 2021).

Figura 2.16 - Plataforma web da Blynk.



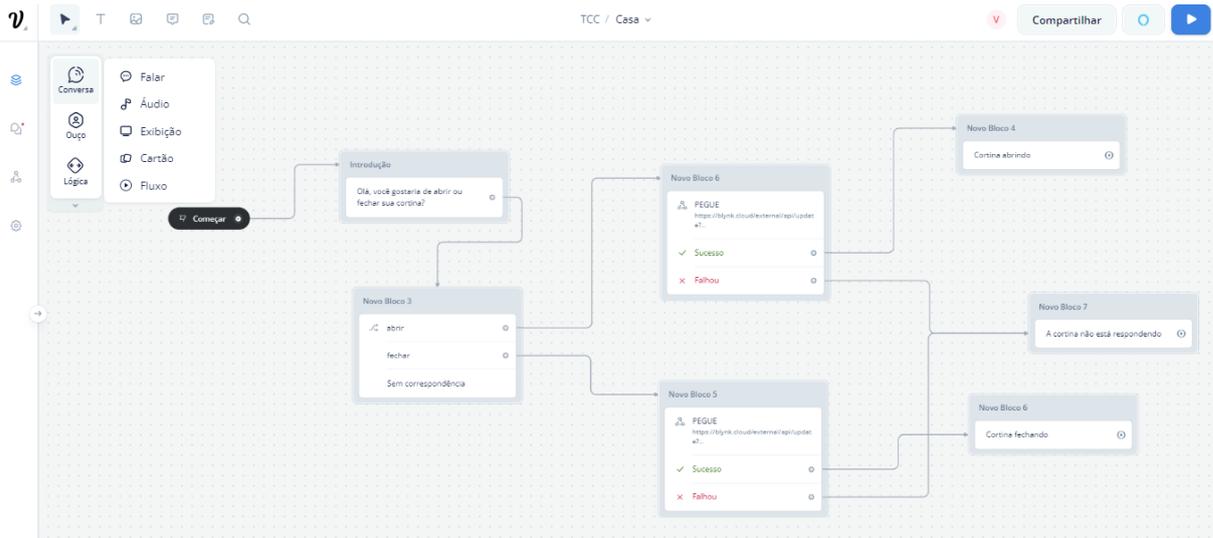
Fonte: (Do autor).

2.4.3 Voiceflow

O *Voiceflow* é uma plataforma online, criada em 2018, na qual é possível elaborar *skills* (aplicativos que agregam novas funções a assistente pessoal), para Alexa e *actions* para o Google Assistente sem a necessidade de o usuário ter qualquer conhecimento de programação (NEWVOICE, 2021).

O funcionamento desse *software* consiste na interligação de blocos que contém funções que define o que será respondido pelo assistente virtual (função falar), é possível também estabelecer as opções de condições que podem ser selecionadas pelo usuário, adicionar blocos lógico, entre outras funções que pode ser melhor observado na Figura 2.17 (PEDROSA, 2021).

Com essas opções, o *Voiceflow* consegue a partir de uma estrutura de blocos fazer conexão ao Blynk Cloud tornando possível a manipulação do funcionamento dos botões digitais de abrir e fechar a cortina e, conseqüentemente, o funcionamento do circuito.

Figura 2.17 - Plataforma do *Voiceflow*.

Fonte: (Do autor).

2.5 ALEXA

A assistente pessoal da *Amazon*, lançada nos Estados Unidos em 2014, chegou no Brasil em meados de 2019. Ela é comercializada como um *software* inteligente no qual os usuários deste serviço interagem com ele usando os dispositivos *Amazon Echo* ou *Amazon Echo Dot*, esses dispositivos recebem os comandos de voz dos usuários e enviam para o servidor da *Amazon*. Com isso, um usuário pode realizar perguntas e comandos nos quais são respondidos instantaneamente no idioma que foi programado.

O *Echo Dot* é o *smart speaker* da *Amazon* como ele é possível automatizar dispositivos inteligentes da casa como luzes, cortinas, câmeras, televisores, realizar ligações, chamar um *Uber*, pedir comida no *iFood*, pedir músicas, notícias, informações e muito mais, além disso, pode ligar para amigos e familiares direto do *Echo Dot*. Tudo isso graças à assistente pessoal *Alexa*, que recebe o comando de voz.

O dispositivo *Echo Dot* 4ª geração da Figura 2.14 abaixo, como mencionado, fornece uma interface baseada em fala para o usuário. Seu funcionamento consiste em estar a todo momento captando áudio do ambiente, e apenas quando detecta a palavra de ativação ele transmite o áudio subsequente para o serviço de nuvem *Alexa*. Em sequência, aguarda para receber uma resposta baseada em texto da nuvem, com isso, renderizar e reproduzir o áudio em forma de uma resposta omitida por meio de seus autofalantes (PEDROSA, 2021).

Figura 2.18 - *Echo Dot* 4ª geração.



Fonte: (AMAZON, 2022).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo é apresentada a metodologia e os recursos de desenvolvimento do trabalho de conclusão de curso, mencionando as etapas para o desenvolvimento desse projeto.

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O propósito deste trabalho é o desenvolvimento de um robô com funcionalidade de abertura e fechamento de cortinas, integrando a tecnologia de automação residencial com foco na conectividade IoT, via Alexa. A metodologia adotada engloba aprimoramentos práticos, por meio da coleta de dados em teste com a primeira versão. Análises numéricas e testes foram realizados utilizando o ESP8266 NodeMCU e componentes eletrônicos específicos, como o motor NEMA 17 e o driver da ponte H L298N, visando a otimização do desempenho e a diminuição do superaquecimento do sistema.

3.2 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO

Etapas planejadas para o funcionamento do trabalho em sua última versão:

1) Revisão e Estudos

Nesse primeiro assunto foram buscadas referências tanto de protótipos já existentes no mercado, quanto de monografias escritas sobre domótica aplicada a cortinas, com o intuito de facilitar a concepção de ideias e o estudo das teorias sobre os dispositivos, *softwares* e técnicas que foram utilizadas para o desenvolvimento desse trabalho.

2) Definição dos componentes

Tomando como base o estudo da primeira etapa, foi definido como será o novo protótipo e como ele funcionará. Com isso, foi avaliado os principais componentes necessários para a construção, focando em componentes de baixo custo como é mostrado na tabela 3.1. Assim como também foi avaliado o desenvolvimento de uma placa de circuito impresso ilhada para melhor fixação dos fios e novos componentes internos.

3) Planejamento e construção da estrutura

Nessa etapa foi feito a construção do modelo, o que inclui a ligação e instalação dos componentes elétricos (sensor, motor, módulo, etc.). A estrutura do robô que automatiza a cortina foi projetada em três dimensões no *software Tinkercad*, com a utilização de um paquímetro para dimensionar cada peça.

Foram três compartimentos arquitetados para a impressão 3D, sendo o primeiro para o motor de passo acoplado no rolamento, o segundo para o módulo *driver* L298N e o terceiro para o ESP8266 NodeMCU, junto com a placa ilhada, mais o suporte para as baterias de lítio, parafusado na parte inferior do último compartimento.

Para a versão final, se manteve o modelo com três compartimentos, entretanto foram feitas algumas melhorias, mediante a estudos de estruturas. A escolha do suporte para a sustentação do robô no varão foi reavaliada, uma vez que o atrito dificultava o rolamento do protótipo durante o movimento de abertura ou fechamento da cortina, com isso, foi incluído um sistema de rolamentos acoplados em uma espécie de garra, no compartimento superior do robô. Assim como também no foi desenvolvido um sistema de ventilação para o compartimento central.

4) Leitura dos dados com o ESP8266 NodeMCU

Para um melhor funcionamento do sistema, foi necessário uma leitura precisa do sensor ultrassônico para com a distância do robô até a parede, por isso, foram feitos teste para verificar a precisão dos dados e a velocidade com que o motor irá responder via *WiFi*. Testes de torque e resposta do motor para com os dados recebidos também ocorreram, com o intuito de descobrir se a latência da *Internet* afetaria no desempenho.

5) Comunicação entre o *Arduino IDE* e o ESP8266 NodeMCU

O *software* utilizado para o desenvolvimento da programação é o *Arduino IDE*, no qual é um ambiente integrado de desenvolvimento, com ele é possível realizar a comunicação com o ESP8266 NodeMCU utilizando a linguagem de programação C/C++ por meio de seus comandos e instruções. A utilização de bibliotecas específicas também foi necessária para que haja a comunicação da IDE com o ESP8266, como por exemplo “ESP8266WiFi.h”, com ela é possível estabelecer uma conexão com a rede *WiFi*.

6) Comunicação entre o ESP8266 NodeMCU e o BLYNK

O aplicativo *Blynk* permite que o usuário crie seu “aplicativo próprio” e personalize ele com uma variedade de funções, tanto gratuitas quanto pagas, para o controle da entrada e saída de dados. Por isso, foi a opção ideal para o projeto, pois possibilitou uma boa relação com a IDE e com o ESP8266 por meio de bibliotecas como a “BlynkSimpleEsp8266.h” que faz a configuração da conexão com o servidor *Blynk*, possibilitando o controle remoto por um *smartphone* ou computador de qual quer lugar que possua conexão com a *Internet*.

7) Comunicação entre o *BLYNK* e o *VOICEFLOW*

Com o *VoiceFlow*, foi possível criar programas de instruções personalizáveis, para a interação com outras plataformas, como o *Blynk* por exemplo. Além da possibilidade de o usuário criar projetos que envolvam comandos de voz compatíveis com dispositivos como a assistente pessoal da *Amazon*. Nele é possível definir as respostas que serão apresentadas para os questionamentos feitos ao *Echo Dot*, e acessar os servidores na nuvem do *Blynk* para o controle das saídas de microcontroladores. Entretanto, para a realização da integração do código com a assistente pessoal e elaboração de um ambiente de interação personalizado para os comandos por voz na plataforma *Voiceflow*, foi necessário a definição de comandos e bibliotecas específicas na IDE.

8) Integração entre todas as plataformas

A primeira etapa do sistema consiste no recebimento de dados do sensor ultrassônico para em seguida serem computados no microcontrolador e então notificar a IDE do *Arduino*, via *WiFi*, a distância exata que o robô se encontra da parede. Feito isso é iniciada a comunicação entre o *Blynk* e o IDE por meio do monitor serial que envia o *status* do projeto em relação a conexão com a rede *WiFi* e informações como o IP resultante dessa conexão. Por fim, para implementar a interação por comando de voz foi utilizado a plataforma do *VoiceFlow*, no qual tem sua estrutura baseada em blocos de construção, em que cada um deles executa comandos distintos. Sendo assim, no bloco API é feito a conexão com o servidor do *Blynk* na nuvem, para então converter os comandos de voz recebidos do *VoiceFlow* em ações de *high* ou *low* na plataforma *Blynk* que enviará os comandos ao IDE e conseqüentemente ao robô (Figura 1.5).

9) Melhoria na primeira versão

Após identificar limitações iniciais, como desempenho, questões de mobilidade e temperatura, adotou-se uma abordagem estratégica para aprimoramento desses problemas. As melhorias englobaram desde a revisão do design e otimização do código-fonte até a integração de novos componentes eletrônicos, visando aprimorar tanto a eficiência térmica quanto a mobilidade. Este processo de análise e ajuste, foi baseado em testes consecutivos e estresse no sistema, o que resultou em um protótipo aprimorado, com desempenho dinâmico, estrutural e térmico superior que a versão inicial.

3.3 MATERIAIS

Na Tabela 3.1 são indicados os principais materiais que serão utilizados e seus respectivos valores.

Tabela 3.1 - Materiais e respectivos custos, quando aplicável.

Nome	Preço unitário [R\$]	Quantidade	Preço total
ESP8266 NodeMCU	21,99	1	21,99
Motor de passo – Nema 17	49,40	1	49,40
Módulo <i>driver</i> - L298N	15,99	1	15,99
Sensor ultrassônico	13,75	1	13,75
Bateria Li-Íon 18650 - 3,7V	15,54	2	31,08
Porta bateria	15,00	1	15,00
Rolamento em 3D	1,50	1	1,50
Engrenagem em 3D	0,48	1	0,48
Estrutura em 3D	44,36	1	44,36
Computador	-	1	-
IDE <i>Arduino</i>	-	1	-
<i>Blynk</i>	-	1	-
<i>VoiceFlow</i>	-	1	-
Placa <i>ilhada 2x8</i>	13,44	1	13,44
<i>Resistor 3,3kΩ</i>	0,15	1	0,15
<i>Resistor 10kΩ</i>	0,15	1	0,15
Componentes adicionais	10,00	1	10,00
TOTAL:	R\$201,75	15	R\$ 217,29

Fonte: (Mercado livre 14/02/24).

4 DESENVOLVIMENTO

A partir do levantamento teórico dos trabalhos existentes, como foi abordado no capítulo 1, relacionados com o tema proposto nesse projeto, realizou-se o desenvolvimento do robô abridor de cortinas. Com isso, tem-se como objetivo nesse capítulo apresentar o desenvolvimento para a criação do protótipo inicial e final. Além disso, espera-se apresentar de forma didática os métodos utilizados neste trabalho relacionando-os com as matérias da grade curricular do curso de Engenharia Eletrônica e de Telecomunicações

Serão apresentados os resultados e discussões dos estudos teóricos e testes práticos realizados para chegar em uma versão aprimorada do robô abridor de cortinas.

Para melhor compreensão do projeto foram divididas em duas partes. Primeiramente, tem-se a reprodução detalhada do trabalho em sua primeira versão, com o objetivo de validar os resultados e compreender a dinâmica de execução. Por fim, aplicar os *upgrades* na primeira versão, chegando ao protótipo finalizado com todas as melhorias implementadas.

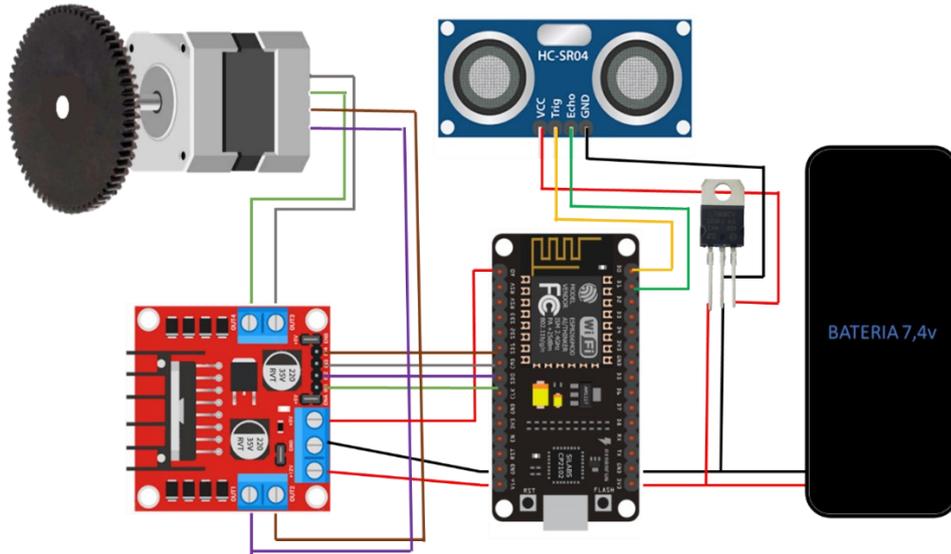
4.1 PRIMEIRA VERSÃO

O protótipo consiste em um sistema com três compartimentos acoplados, nos quais possuem aberturas entre eles para passagem dos fios que fazem a conexão dos dispositivos internos (Figura 4.2). Para que o motor possa entrar em movimento é necessário energizá-lo com as baterias que ficam na parte inferior da estrutura, entretanto, essa energia percorre um caminho que passa pelo módulo L298N até chegar de fato ao NEMA 17, como é possível observar na Figura 4.1.

No compartimento superior foi posicionado um sensor ultrassônico que detecta a posição atual em que o protótipo se encontra, com a finalidade de evitar acidentes caso seja acionado um comando de abertura e a cortina já esteja aberta, ou o contrário. Para isso, esse dispositivo precisou de uma alimentação de 5V, na qual foi necessário interligar um regulador de tensão no circuito, visto que a alimentação de entrada é de 7,4V.

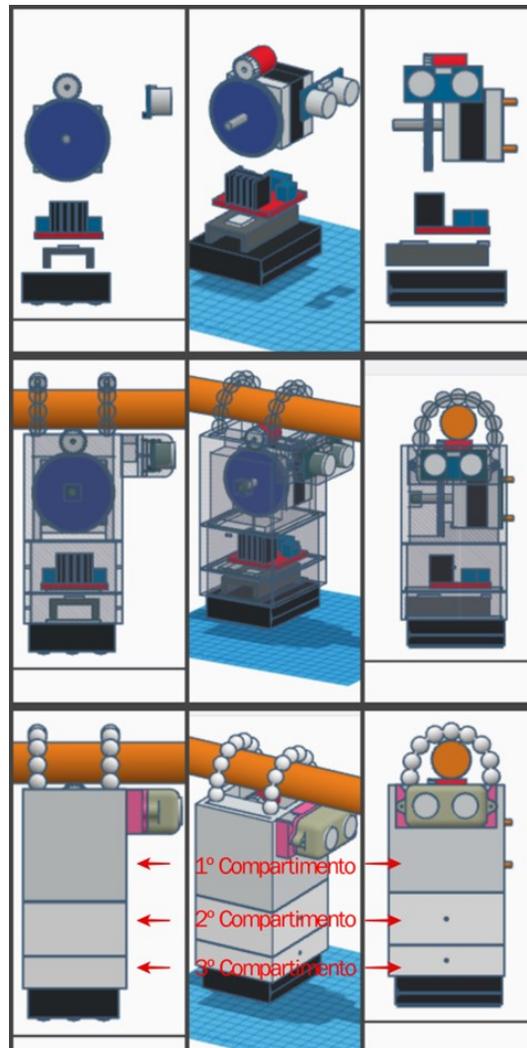
O ESP8266 que fica no terceiro compartimento da estrutura atua no sistema por meio dos comandos recebidos da IDE do Arduino. Optou-se por utilizar a placa NodeMCU para facilitar a implementação e a comunicação com a plataforma, pois ela é capaz de enviar e receber dados por meio da conexão WiFi.

Figura 4.1 - Esquema das ligações interna dos materiais utilizados.



Fonte: (Do autor).

Figura 4.2 - Estrutura do robô.



Fonte: (Do autor).

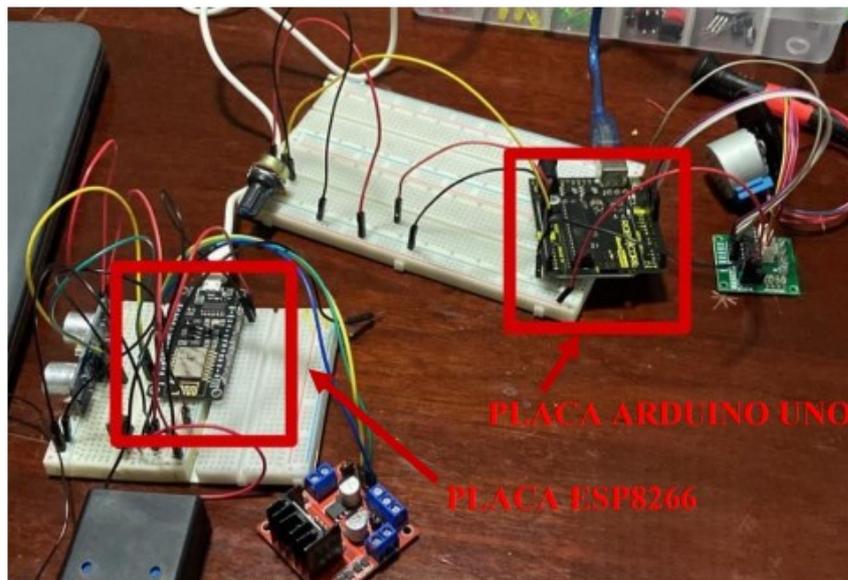
Sendo assim, serão destacados neste capítulo os principais componentes utilizados e a sequência de etapas necessárias para o funcionamento da unidade didática.

4.1.1 Definição dos componentes

A placa NodeMCU da família ESP8266, na qual é considerada o “cérebro” do robô, pois a maioria dos comandos passam por ela para serem processados, foi escolhida dentre diversas outras no mercado, como por exemplo, a placa *Arduino Uno* e seu concorrente direto, a placa ESP32. Embora essa última seja produzida pela *Espressif*, mesma marca da ESP8266, há algumas diferenças significativas entre elas, a principal é que o ESP32 é um chip de 32 bits, enquanto o ESP8266 é um chip de 8 bits. Isso significa que o ESP32 possui mais poder de processamento e mais recursos de memória do que o ESP8266, e automaticamente torna ela mais cara, deixando-a inviável para o projeto em questão (PORTALUTIL, 2022).

Além dela, foi testada uma placa mais barata, a *Arduino Uno* (Figura 4.3), na qual não apresentou um bom desempenho em comparação a utilizada atualmente, por não possuir conexão *WiFi* integrada, culminando na escolha da ESP8266 para o projeto em questão.

Figura 4.3 - Teste placa Arduino Uno e ESP8266.

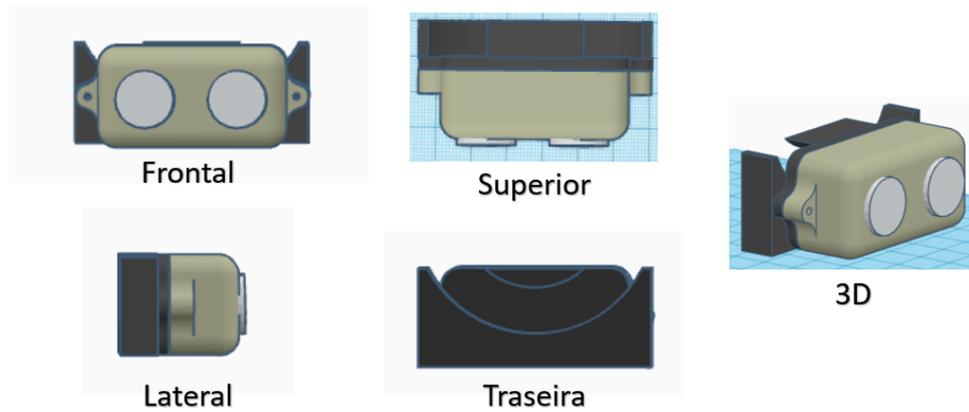


Fonte: (Do autor).

Na parte superior do robô, o que pode ser analogamente descrito como seus "olhos", foi implementado o sensor ultrassônico HC-SR04. Na Figura 4.4, e Figura 4.5, é possível visualizar como o sensor é posicionado entre as duas peças do compartimento, assim como também é possível observar a modelagem da primeira e segunda peça, nas Figura 4.6 e Figura 4.7,

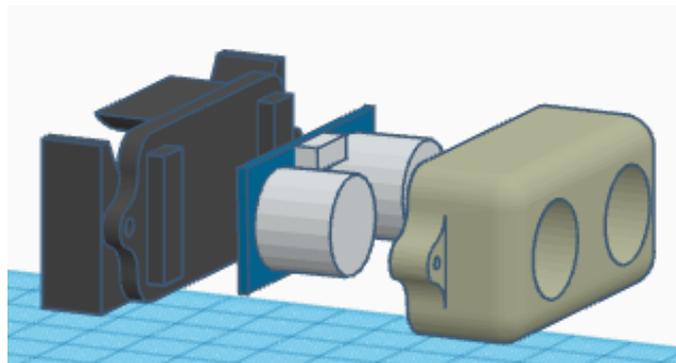
respectivamente e por fim na Figura 4.8, as peças já impressas, com o sensor ultrassônico posicionado entre elas.

Figura 4.4 - Compartimento completo do sensor ultrassônico (junto).



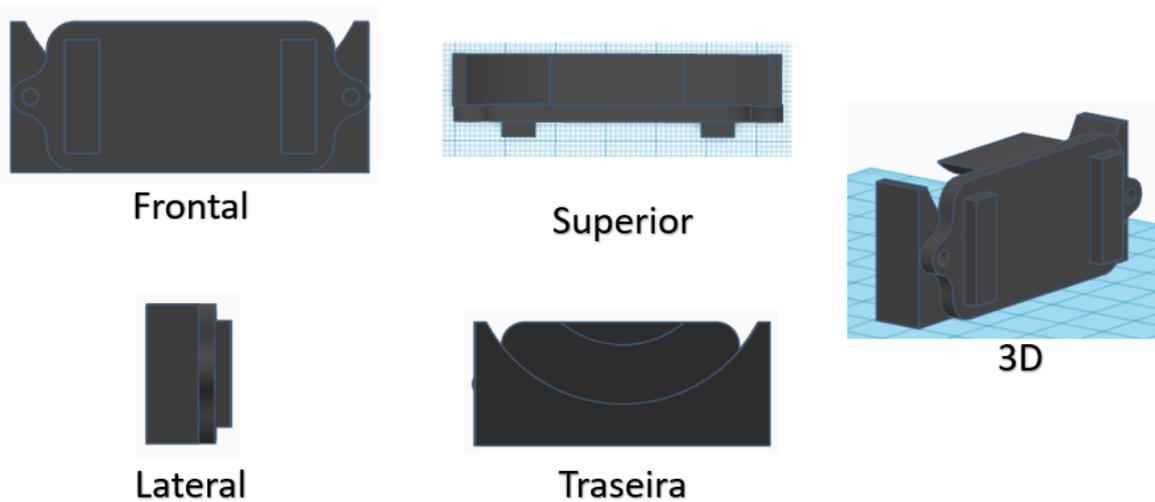
Fonte: (Do autor).

Figura 4.5 - Sensor ultrassônico entre as duas peças do compartimento.



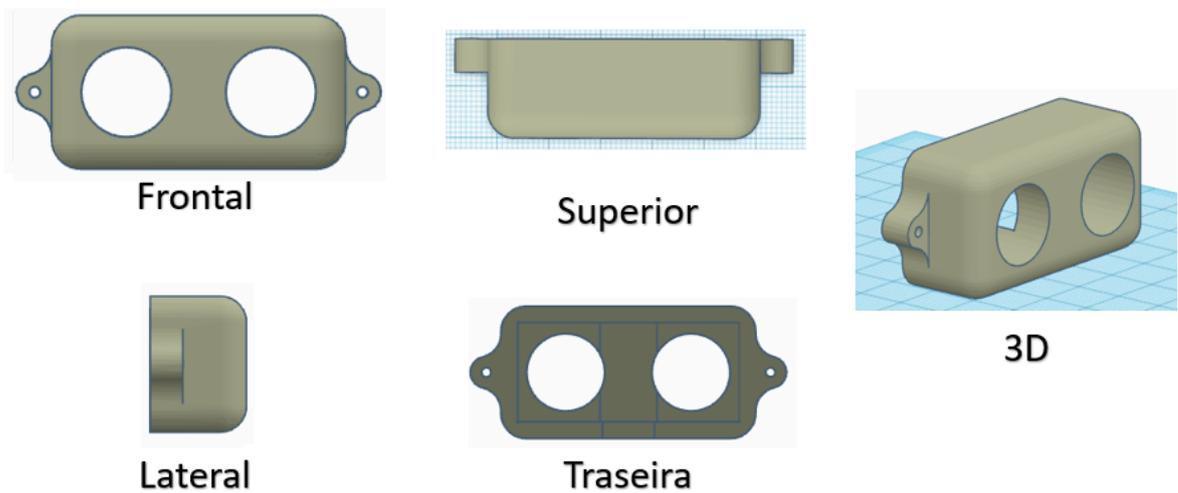
Fonte: (Do autor).

Figura 4.6 - Primeira peça do compartimento do sensor ultrassônico.



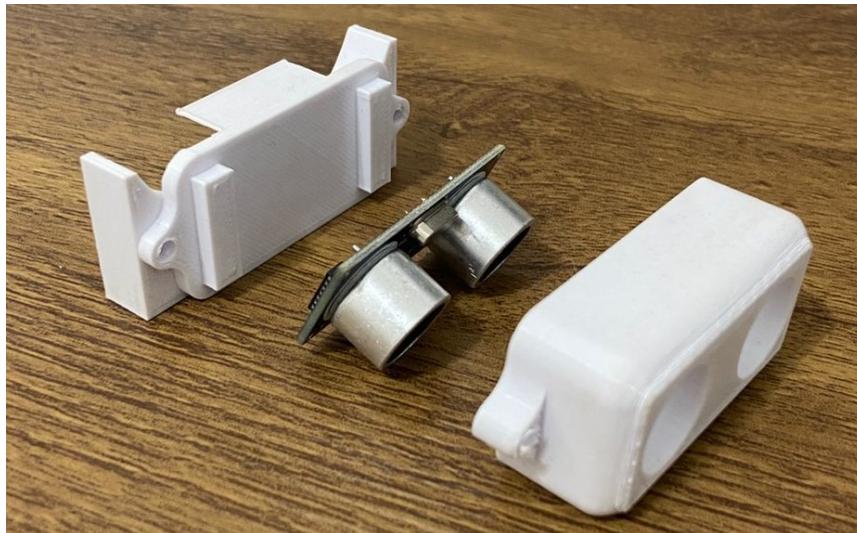
Fonte: (Do autor).

Figura 4.7 - Segunda peça do compartimento do sensor ultrassônico



Fonte: (Do autor).

Figura 4.8 - Peças do compartimento do sensor ultrassônico impressas.



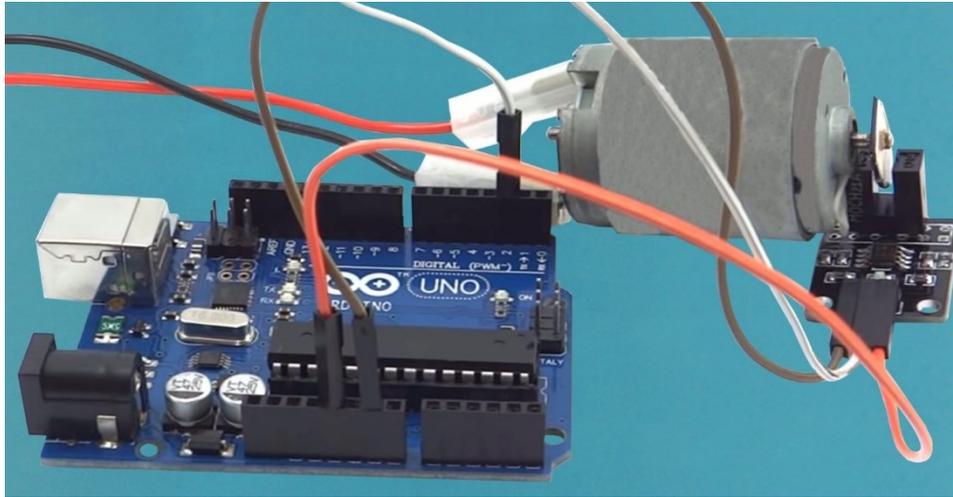
Fonte: (Do autor)

Ainda na parte superior do robô, no desenvolvimento deste projeto, optou-se pela utilização do motor NEMA 17, foram feitos testes com diferentes tipos de motores, como por exemplo, motor DC simples, motor DC robusto, motor de passo 28byj-48 e motor NEMA 23.

Em testes com o motor DC simples (Figura 4.10), a decisão de utilizar o motor NEMA 17 foi fundamentada em cima de comparações de critérios técnicos e operacionais entre os dois. O motor NEMA, sendo um tipo específico de motor de passo, oferece controle preciso sobre a posição e o movimento. Esta capacidade de controle de posição é inerente ao motor e não requer sistemas de feedback adicionais para sua operação, diferentemente de muitos motores DC que necessitam de dispositivos como *encoders* para alcançar uma precisão semelhante. Um exemplo clássico de *encoder* que foi testado, é um sistema que funciona a partir de um feixe de

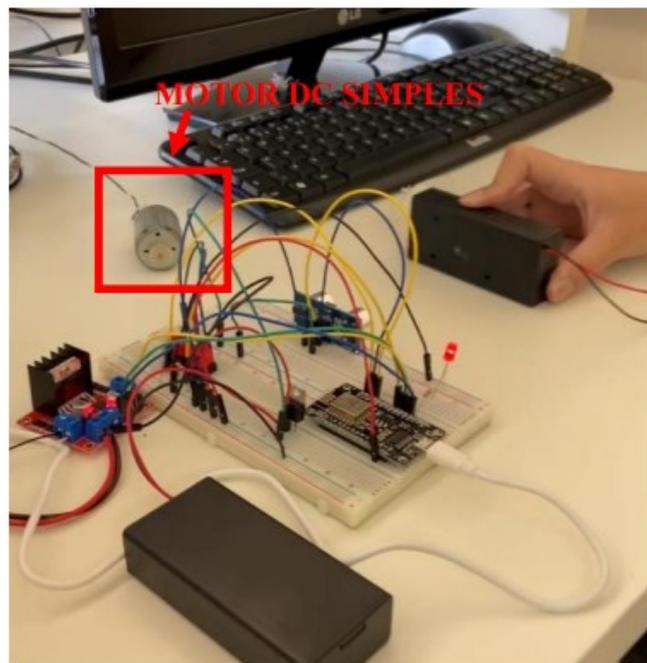
luz imperceptível a visão humana, que sai de um emissor e chega a um receptor, uma vez que é interrompido, faz uma contagem para determinar a velocidade ou a posição do motor (Figura 4.9). Além disso, a padronização dos motores NEMA garante uma consistência nas especificações e na qualidade, simplificando a integração e garantindo uma performance previsível.

Figura 4.9 - Motor DC com sensor de velocidade (encoder).



Fonte: (USINAINFO, 2016).

Figura 4.10 - Teste com motor DC simples.



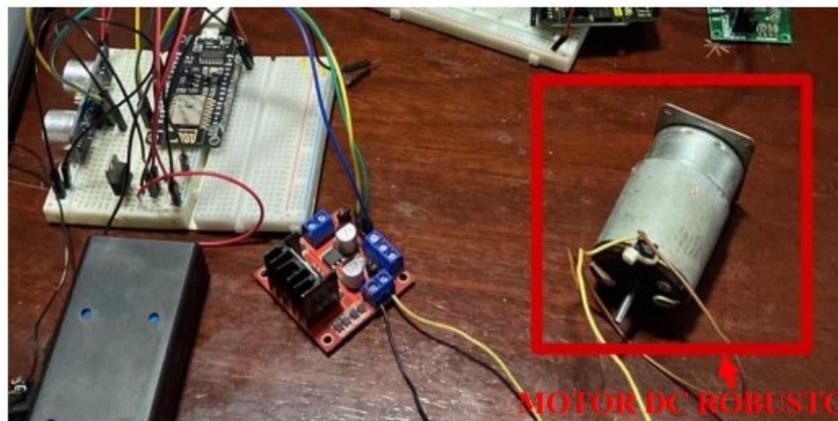
Fonte: (Do autor).

Embora os motores DC funcionem com o mesmo princípio de conservação de corrente contínua em movimento rotacional, eles podem variar significativamente em termos de construção e capacidade. O motor mencionado anteriormente na Figura 4.10 foi retirado de um

pequeno dispositivo eletrônico, onde também é encontrado em brinquedos e aplicações de baixo custo, sendo caracterizado por sua construção mais básica, menor torque e menor vida útil, o que ajudou na sua inviabilidade para com o projeto em questão.

Diante disso, foi testado um motor DC robusto, com suas engrenagens em metal, todo construído com materiais de maior qualidade, com um design mais sofisticado, e um torque maior (Figura 4.11).

Figura 4.11 - Teste motor DC robusto.



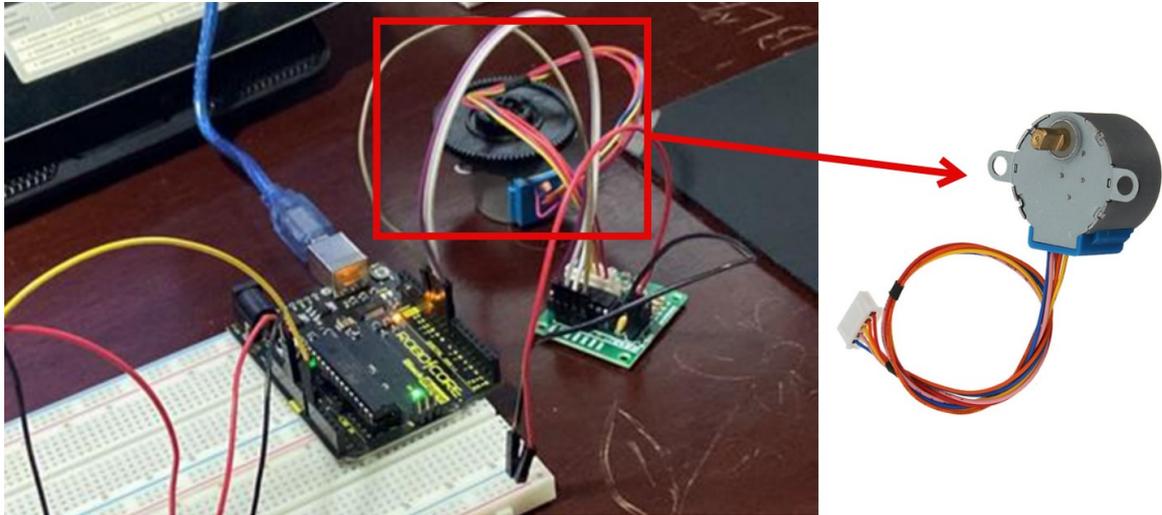
Fonte: (Do autor).

Entretanto, pela mesma necessidade de sistemas adicionais de feedback, como encoders para aferir velocidade e posição com precisão, mesmo que eles sejam eficientes em sua função, introduzem uma complexidade adicional ao sistema, tanto em termos de integração física quanto de programação e controle, além de que a introdução de tais componentes pode aumentar o risco de falhas, especialmente em ambientes adversos ou durante operações prolongadas. Em resumo, mesmo que o motor DC robusto ofereça certas vantagens em termos de potência e durabilidade, a necessidade de acoplar encoders para garantir sua operação precisa, fez com que este motor também não fosse escolhido para operar no robô.

Considerando os fatores mencionados, determinou-se que a melhor solução para o protótipo seria adotar um motor com uma tecnologia diferente. Buscando a precisão nos movimentos sem a complexidade de sistemas externos adicionais, optou-se pela tecnologia presente nos motores de passo. Diante disso, três opções de motores de passo foram avaliadas: o Motor de passo 28byj-48, o motor NEMA 17 e o motor NEMA 23. A escolha final foi baseada em testes práticos e análise das características de cada um destes em relação às necessidades do projeto, com foco principal em torque (Tabela 4.1) e dimensão.

O primeiro a ser testado foi o motor de passo 28byj-48 (Figura 4.12), modelo amplamente reconhecido por sua confiabilidade e precisão em diversas aplicações, como câmara, atuadores de válvula, relógios, equipamento de laboratório, entre outros.

Figura 4.12 - Teste motor de passo 28byj-48.



Fonte: (Do autor).

Entretanto, após análise e testes práticos, foi decidido não optar pelo motor de passo 28byj-48 para o projeto, sendo a principal razão para esta decisão a capacidade de torque do motor. Embora ele seja reconhecido por sua precisão e confiabilidade em diversas aplicações, não ofereceu a força necessária para atender às demandas específicas do robô, tornando-se menos adequado para a tarefa em questão.

Com isso, o motor NEMA que é de uma categoria específica de motor de passo, foi o próximo a ser testado, ele oferece a capacidade de mover-se em incrementos exatos, permitindo um controle detalhado sobre a posição e o movimento. Isso é essencial para operações que necessitam de uma precisão assertiva. Além disso, os motores NEMA são construídos seguindo padrões definidos pelo *National Electrical Manufacturers Association*, garantindo consistência na qualidade, desempenho e especificações de montagem. Esta padronização facilita a integração do motor em sistemas e dispositivos, já que os requisitos de montagem e as especificações de desempenho são amplamente reconhecidos e consistentes entre diferentes fabricantes (NEWTONCBRAGA, 2024).

Para os testes com o NEMA, foram selecionados o 23 e o 17. Iniciando com o motor NEMA 23, ele se mostrou eficiente em relação a sua precisão e torque, entretanto, após análise e testes práticos, foi decidido não optar por ele para o projeto, apesar de possui um alto torque (Tabela 4.1), suas dimensões e custo elevado não atenderam as necessidades do protótipo atual.

Com isso, por último, foi testado o motor NEMA 17 no qual, de acordo com suas dimensões e torque, foi o motor escolhido para o projeto.

Tabela 4.1 - Valor do torque dos Motores de passo.

Motor de passo	Torque [kgf.cm]
28byj-48	2,2
NEMA 17	4,2
NEMA 23	12

Fonte: (MARINOSTORE, MAKERHERO, 2024).

Por fim, a estrutura da primeira versão do robô ficou de acordo com a Figura 4.13.

Figura 4.13 - Primeira versão do robô.



Fonte: (Do autor).

4.1.2 Desafios enfrentados

O primeiro desafio técnico enfrentado relacionou-se à estabilidade estrutural do robô. As amarrações entre os compartimentos se movimentavam durante o deslocamento de abertura e fechamento das cortinas, o que acabava resultando em desalinhamentos (Figura 4.14) que afetavam a funcionalidade do sistema, uma vez que os componentes e ligações são sensíveis por serem jumpers interligados. Uma medida preventiva seria revisar o mecanismo de fixação para assegurar que o alinhamento fosse preservado ao longo de todos os movimentos.

O segundo problema identificado foi o superaquecimento da ponte H, situada no compartimento central do robô. Durante os testes, constatou-se que o uso prolongado do protótipo induzia um calor excessivo nesta área (Figura 5.9), o que poderia prejudicar os componentes eletrônicos, reduzir a vida útil do dispositivo e causar um acidente uma vez que o

robô está em contato direto com a cortina. Portanto, medidas de dissipação de calor foi uma prioridade para garantir a continuidade operacional do robô na última versão.

Figura 4.14 - Desalinhamento entre os compartimentos.



Fonte: (Do autor).

Por fim, a sustentação e o deslizamento do robô no varão dependiam de um conjunto de esferas (Figura 4.15) que, apesar de efetivas em teoria, resultavam em travamentos durante o percurso de movimento (Figura 4.16), no qual precisava ser ajudado para destravar (Figura 4.17). A fixação por meio de um arame, para manter os rolamentos em contato com o varão (Figura 4.18), não foi suficiente para evitar essas interrupções, fazendo com que uma reavaliação desse mecanismo fosse necessária para a versão final.

Figura 4.15 - Itens do suporte do varão.



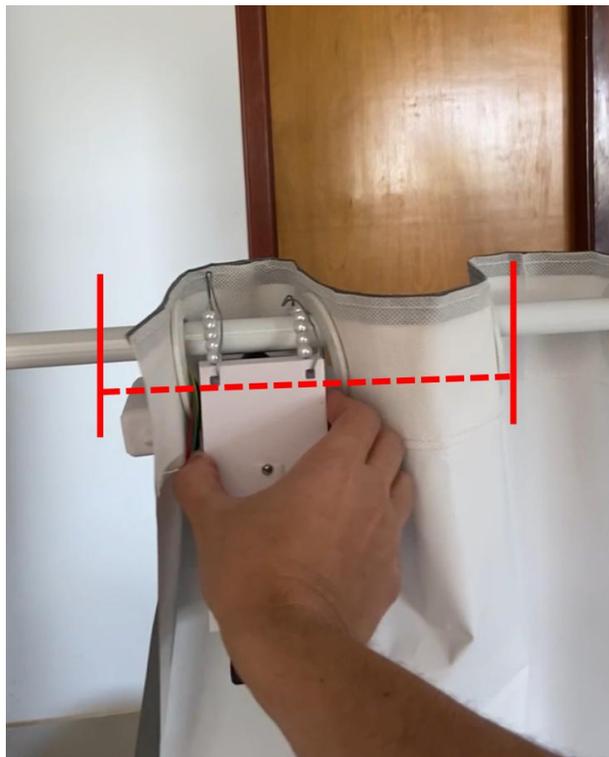
Fonte: (Do autor).

Figura 4.16 - Local de travamento.



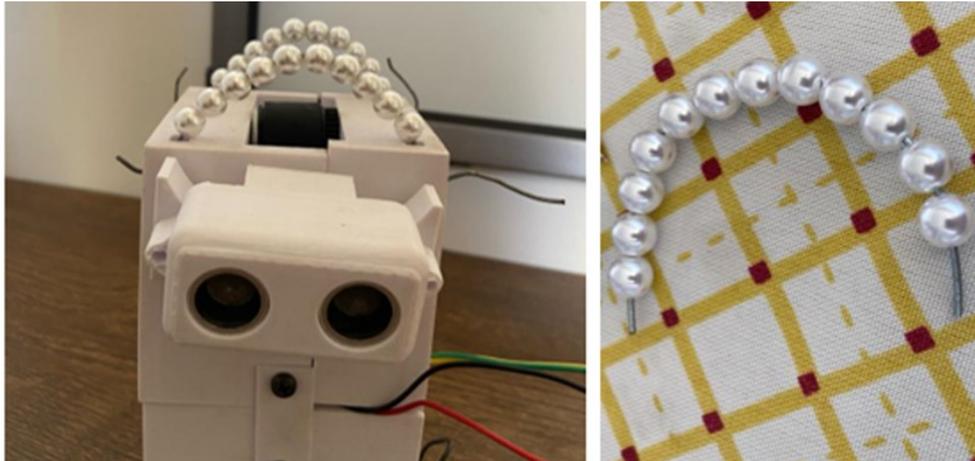
Fonte: (Do autor).

Figura 4.17 - Ajuda para destravar.



Fonte: (Do autor).

Figura 4.18 - Suporte do varão da primeira versão.



Fonte: (Do autor).

4.2 VERSÃO FINAL

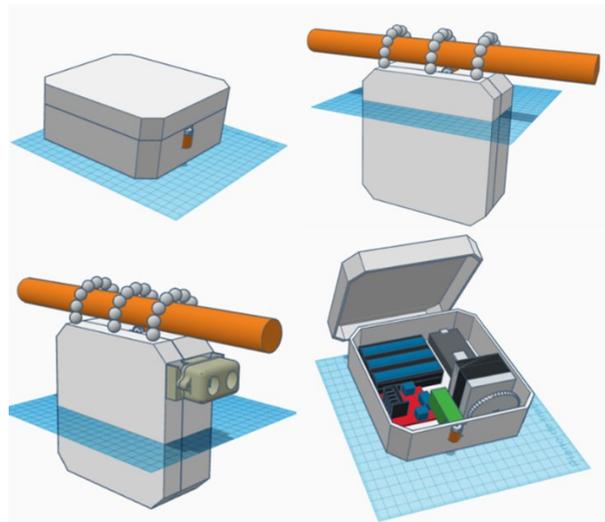
4.2.1 Modelagem e confecção da nova estrutura

No desenvolvimento da revisão da estrutura do robô, foi criado um modelo no Tinkercad, que diminuísse o superaquecimento, melhorasse o desempenho e fornecesse maior confiabilidade. A ideia inicial era tirar a divisão de três compartimentos pensando em um design mais compacto e integrado, que acomodasse todos os componentes em uma única seção.

Essa reorganização visava não só a economia de material, mas também a simplificação da montagem e manutenção do equipamento. No entanto, ao estudar o novo layout, como todos os componentes dentro (Figura 4.19), novos desafios foram encontrados. Essa mudança estrutural foi menos eficiente do que o previsto, devido principalmente a problemas de dissipação de calor e de distribuição de peso. Os componentes eletrônicos, quando posicionados muito próximos uns dos outros, geram um acúmulo de calor que pode comprometer o desempenho e a longevidade do sistema. Além disso, concentrar todos os elementos em um único compartimento, resulta em um centro de gravidade desfavorável, afetando a estabilidade e a mobilidade do robô.

Com isso, foi concluído que em design de robôs, o espaço interno deve ser meticulosamente planejado para equilibrar tudo. Diante desses obstáculos, foi necessário reverter para a estrutura da primeira versão do robô. Essa configuração original havia demonstrado um desempenho aceitável, com uma gestão de calor melhor e uma distribuição de peso equilibrada, garantindo a estabilidade e a funcionalidade dos dispositivos e do robô em si.

Figura 4.19 - Layout com só um compartimento.

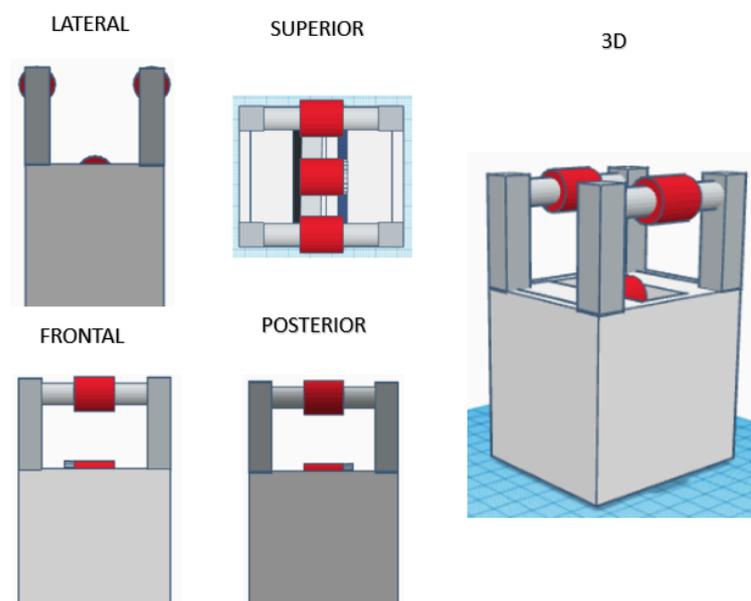


Fonte: (Do autor).

Assim, foi desenvolvido um segundo modelo que abordasse as limitações do original, especialmente o problema de deslizamento do robô no varão, uma vez que com um melhor deslizamento, não iria exigir tanta força no motor e automaticamente diminuiria o seu aquecimento.

Para a segunda versão foram acrescentados dois rolamentos, o que exigiu um estudo para mudança na estrutura do compartimento superior do robô. Esses rolamentos, precisavam estar em contato com o protótipo, e ter uma boa fixação no varão, com isso, foi modelado no Tinkercad a estrutura da Figura 4.20.

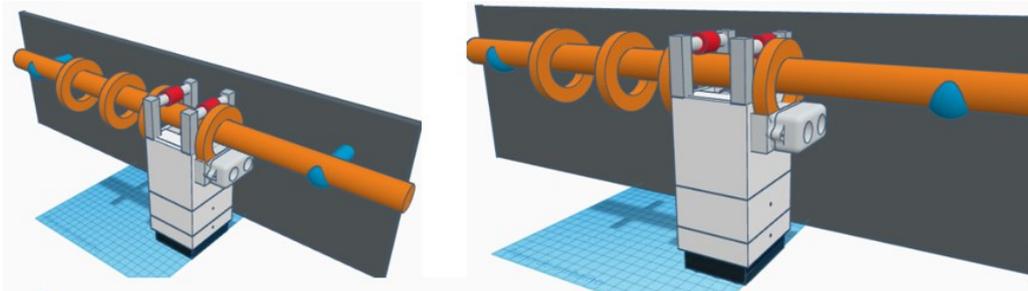
Figura 4.20 - Parte superior com dois rolamentos.



Fonte: (Do autor).

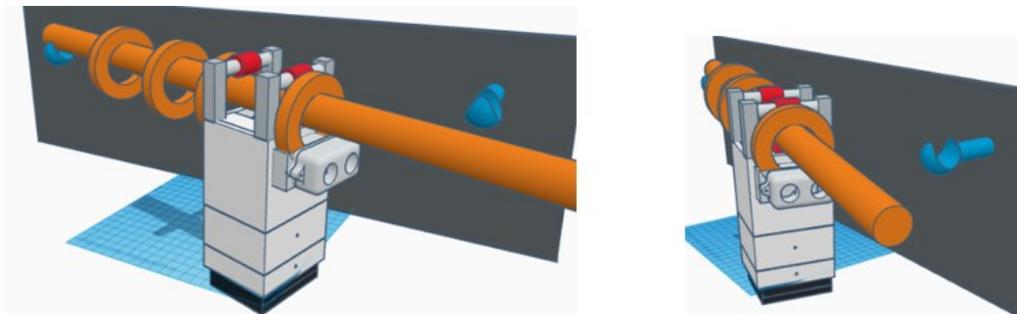
Entretanto, apesar de melhorar a fluidez da movimentação do robô, o encaixe dele no varão não era eficiente, uma vez que seria necessário desacoplar o varão do suporte e encaixar o robô pela lateral (Figura 4.21 e Figura 4.22).

Figura 4.21 - Varão acoplado.



Fonte: (Do autor).

Figura 4.22 - Varão desacoplado.

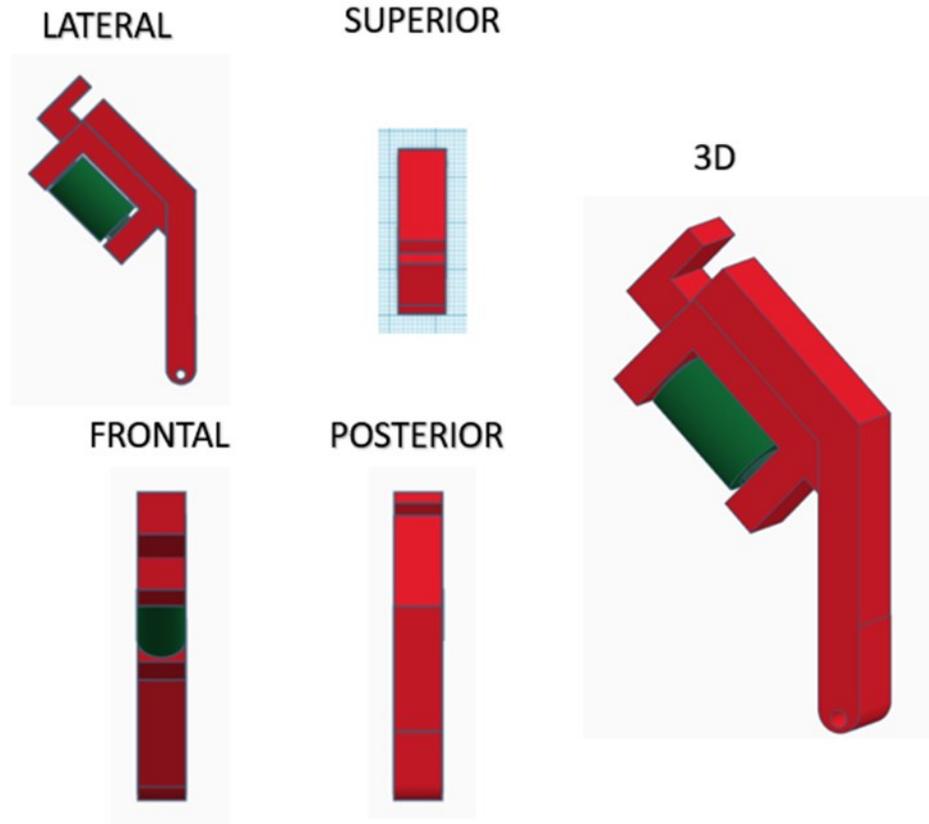


Fonte: (Do autor).

Com isso, a segunda versão foi descartada, dando espaço para a terceira e última versão, na qual, seriam acrescentados quatro rolamentos, exigindo um estudo para a reestruturação do compartimento superior do robô. Estes rolamentos precisavam estar acoplados com o robô permitindo uma boa fixação no varão, seguido de um mecanismo com movimento para encaixar nele sem a necessidade de retirá-lo do suporte da parede.

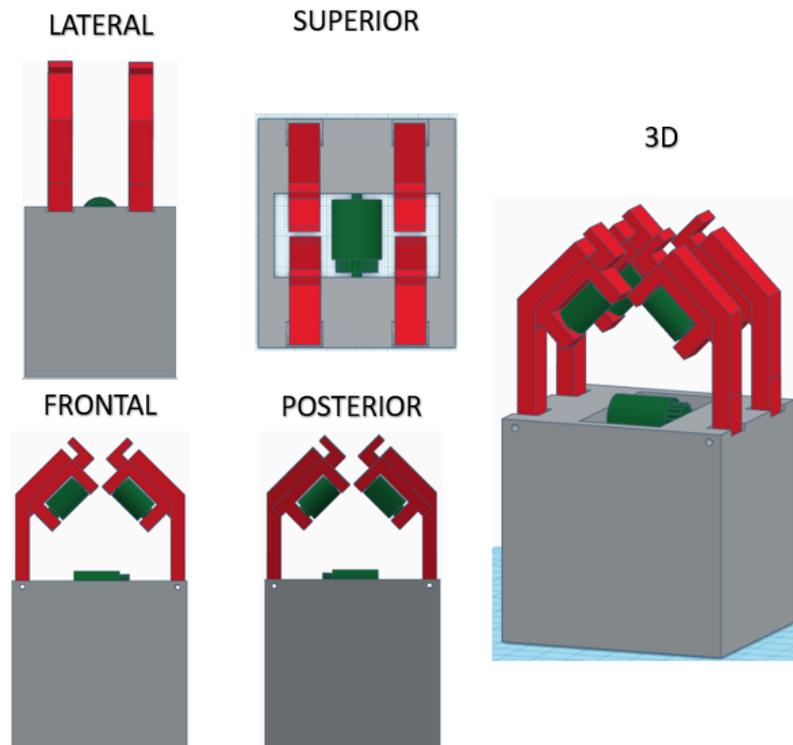
Para atingir esse objetivo, foi projetado um tipo de garra com o rolamento integrado (Figura 4.23), que pode ser acoplada no varão com a utilização de um elástico na parte superior. O elástico na montagem das garras do robô proporcionou um ajuste flexível, sendo adaptável a variações no diâmetro do varão, além de facilitar a instalação e remoção simplificando a manutenção e possíveis ajustes (Figura 4.24).

Figura 4.23 - Projeto da garra.



Fonte: (Do autor).

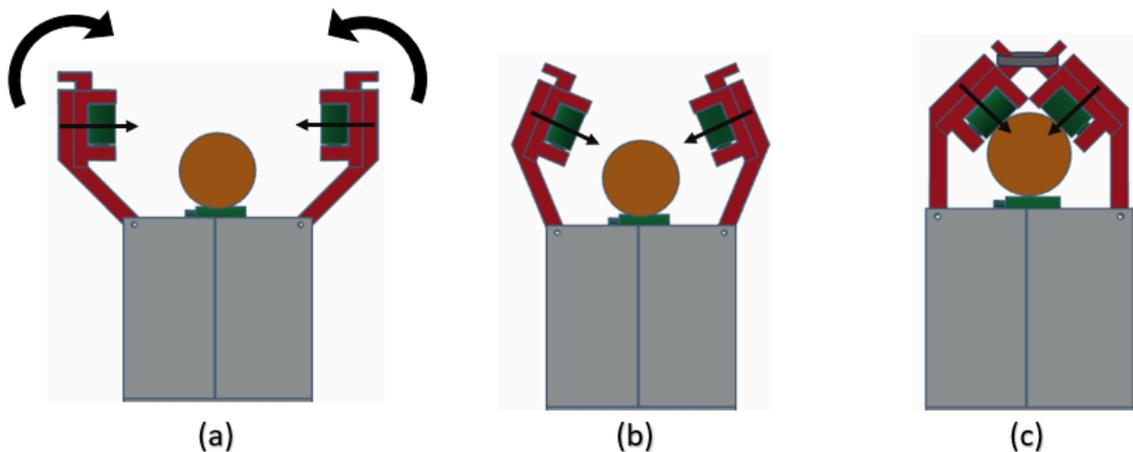
Figura 4.24 - Novo compartimento superior.



Fonte: (Do autor).

A junção, “rolamento e elástico” nas garras flexíveis, proporcionou um ajuste de forças que centralizou os rolamentos superiores para o rolamento principal inferior, fazendo com que fosse evitado quais quer deslocamento lateral indesejado (Figura 4.25). Além disso, com essa flexibilidade, foram feitos testes (Figura 4.26), para saber quais poderiam ser os diâmetros máximos e mínimos para o qual a garra teria uma aderência aceitável, chegando nos resultados de 25mm de diâmetro para uma aderência mínima e 45mm para uma aderência máxima.

Figura 4.25 - Garras centralizando o varão.



Fonte: (Do autor).

Figura 4.26 - Teste de diâmetro do varão.

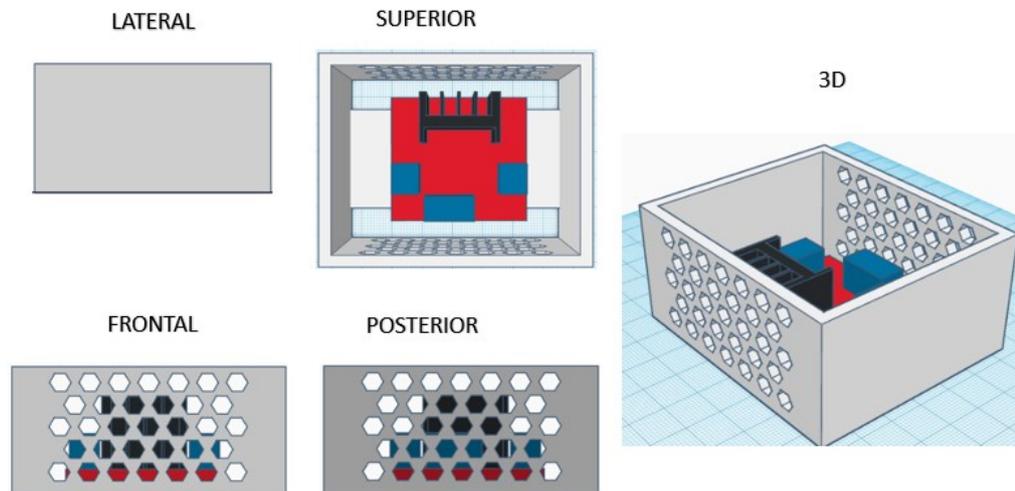


Fonte: (Do autor).

Outra modificação significativa foi realizada no compartimento central do robô, onde se localiza a ponte H, um componente crítico que enfrentava problemas de aquecimento devido

ao uso do motor NEMA 17. Para mitigar esse problema, a nova estrutura foi projetada com várias aberturas para ventilação, permitindo que o ar circule e resfrie o componente durante o movimento do robô visando aumentar a segurança do sistema e ajudando na prevenção do superaquecimento (Figura 4.27).

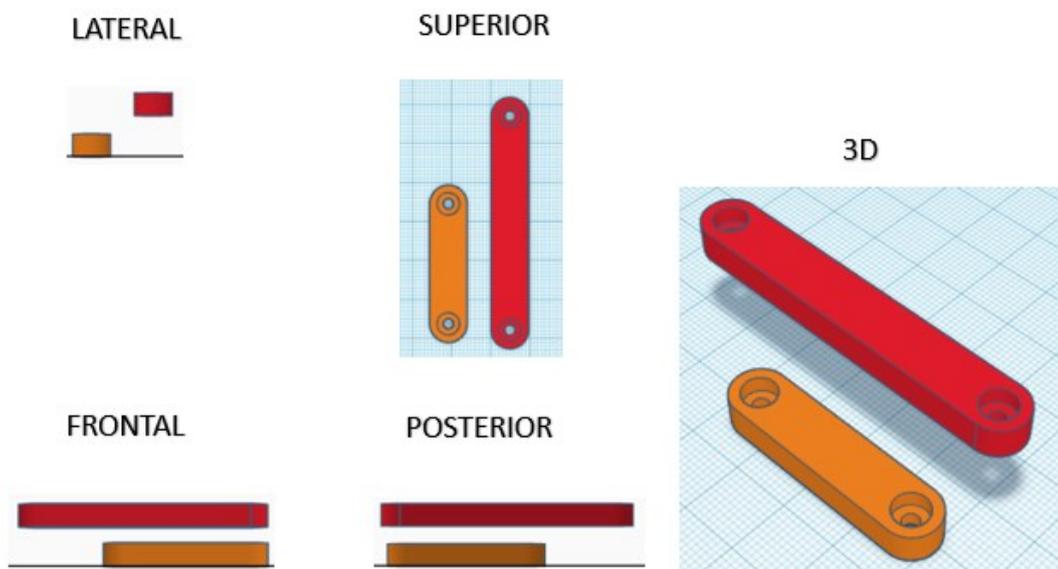
Figura 4.27 - Compartimento com aberturas para ventilação.



Fonte: (Do autor).

Pensando ainda em melhorias para a versão atual do protótipo, foi projetado um sistema de "amarrações" que conectam os diferentes compartimentos robô. As novas amarrações proporcionam uma união mais sólida entre as partes, resultando em uma melhor estabilidade durante seu funcionamento e assegurando uma maior durabilidade da estrutura (Figura 4.28).

Figura 4.28 - Amarrações para os compartimentos.

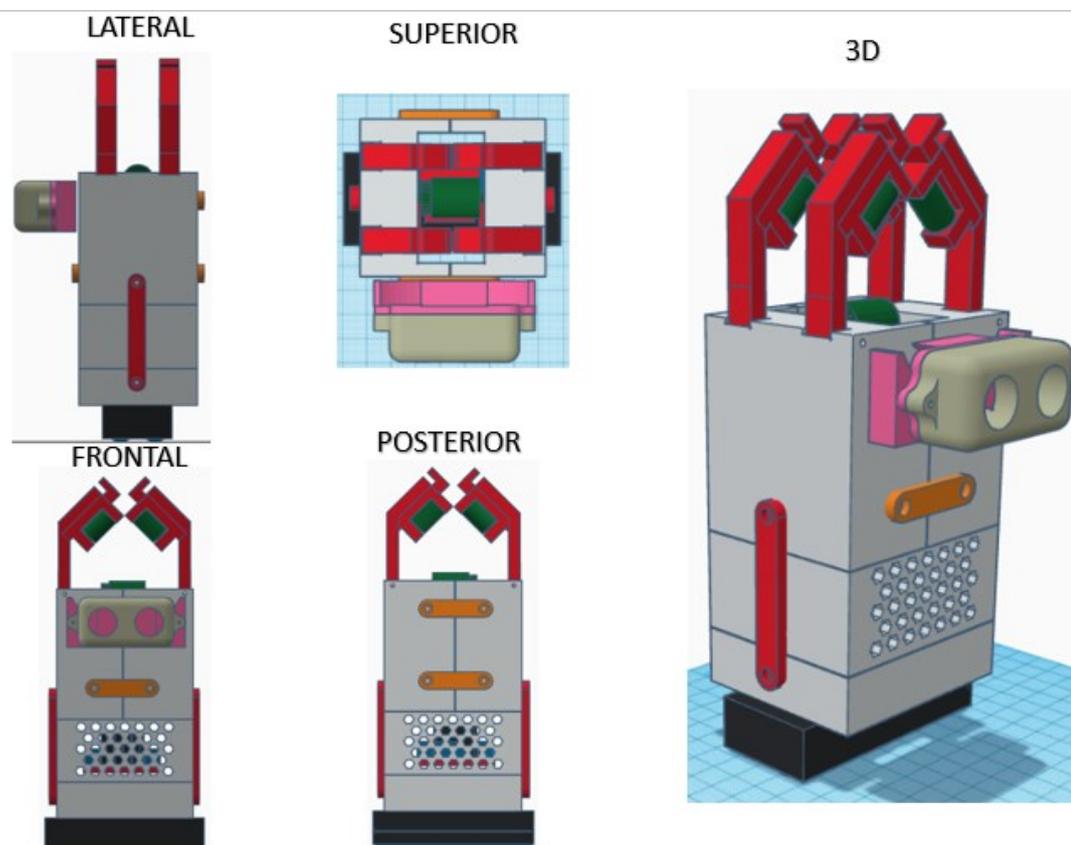


Fonte: (Do autor).

As melhorias estruturais implementadas neste projeto surgiram de estudos contínuos de testes com a primeira versão, selecionando seus pontos fracos e buscando por *upgrades*. Iniciando com a incorporação dos quatro rolamentos acoplados nas garras, que contribuíram para a eficiência operacional, uma vez que o robô encaixa e se movimenta com mais facilidade no varão.

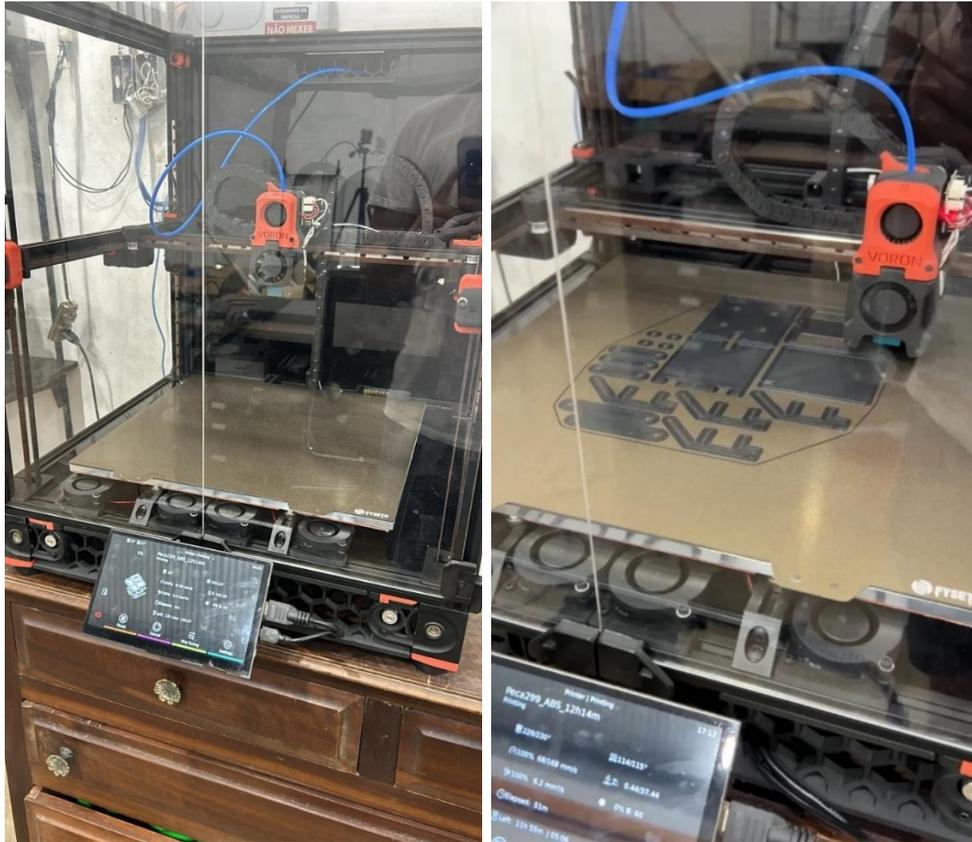
A inclusão de aberturas de ventilação para evitar o superaquecimento da ponte H e finalizando com um sistema de amarração mais robusto para aumentar a estabilidade e durabilidade do projeto. Com isso, a estrutura final pode ser observada na Figura 4.29 em projeto no software, na Figura 4.30 as peças sendo impressas, na Figura 4.31 as peças impressas separadamente, na Figura 4.32 o projeto sendo montado e por fim, na Figura 4.33 o robô montado em tamanho real.

Figura 4.29 - Projeto da estrutura final.



Fonte: (Do autor).

Figura 4.30 - Impressão das peças.



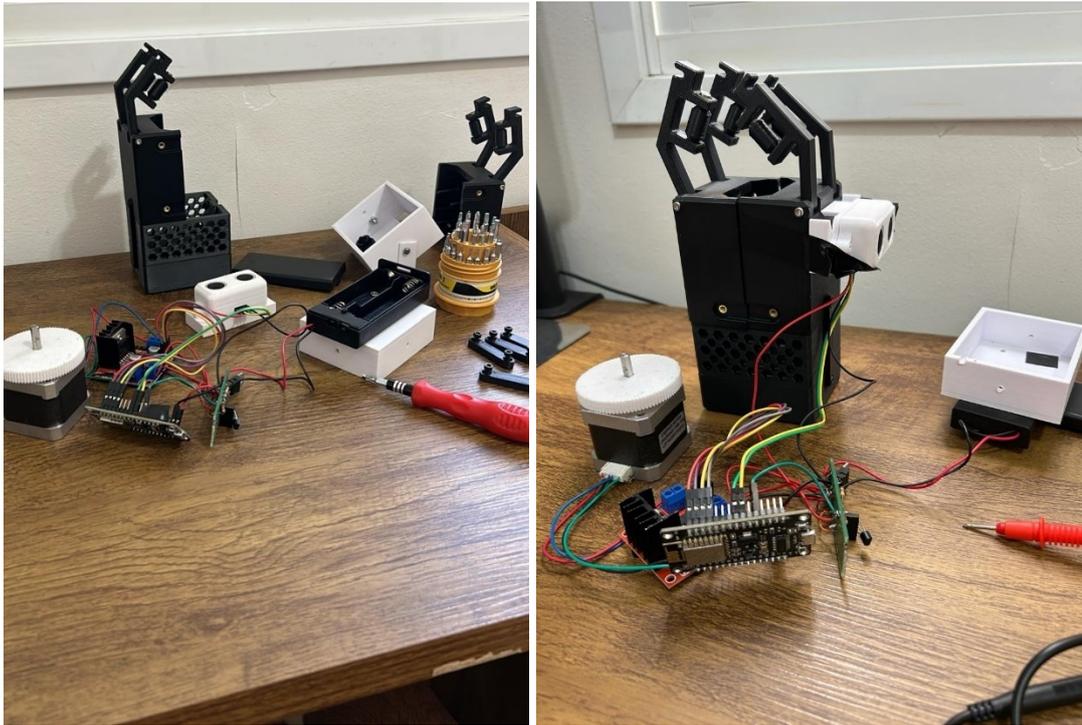
Fonte: (Do autor).

Figura 4.31 - Peças impressas separadamente.



Fonte: (Do autor).

Figura 4.32 - Montagem do robô.



Fonte: (Do autor).

Figura 4.33 - Estrutura final impressa.



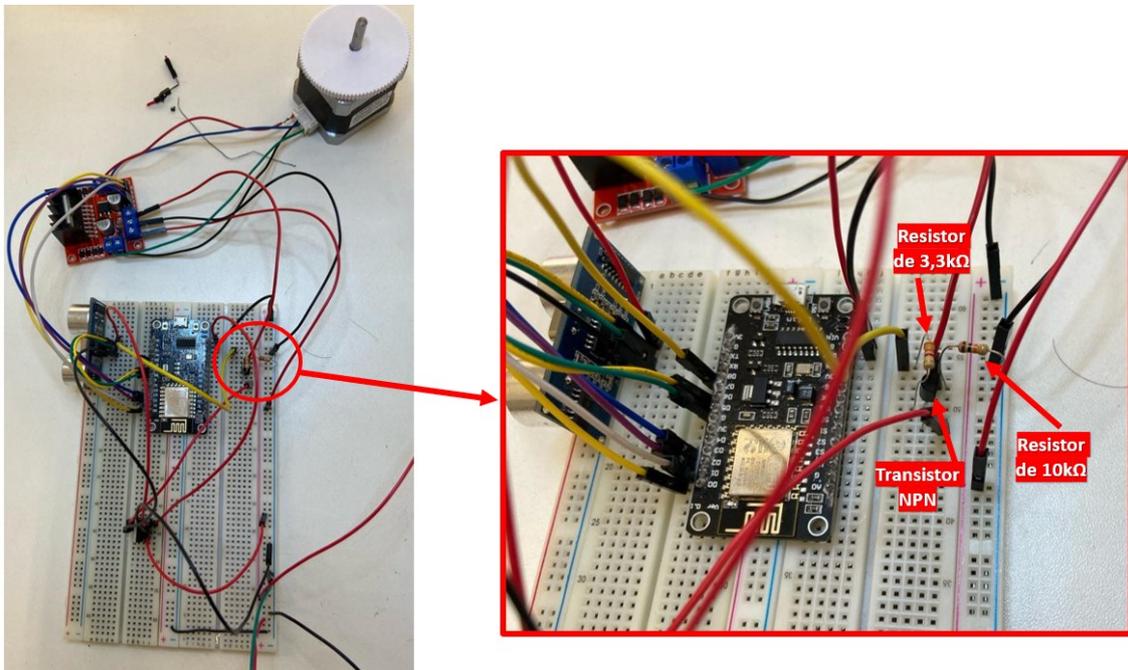
Fonte: (Do autor).

4.2.2 Eletrônica e redução de aquecimento

Para melhorar o desempenho do projeto assim como diminuir seu aquecimento interno, foram acrescentados dois resistores, um de $3,3k\Omega$ (Figura 2.8), outro de $10k\Omega$ (Figura 2.9) e um transistor NPN (Figura 2.10), interligados em uma placa de circuito impresso ilhada 2×8 (Figura 2.11), que fazem com que o robô consiga desligar e ligar o módulo driver da ponte H L298N, quando o mesmo encontra se parado durante a transição de um movimento de abrir ou fechar.

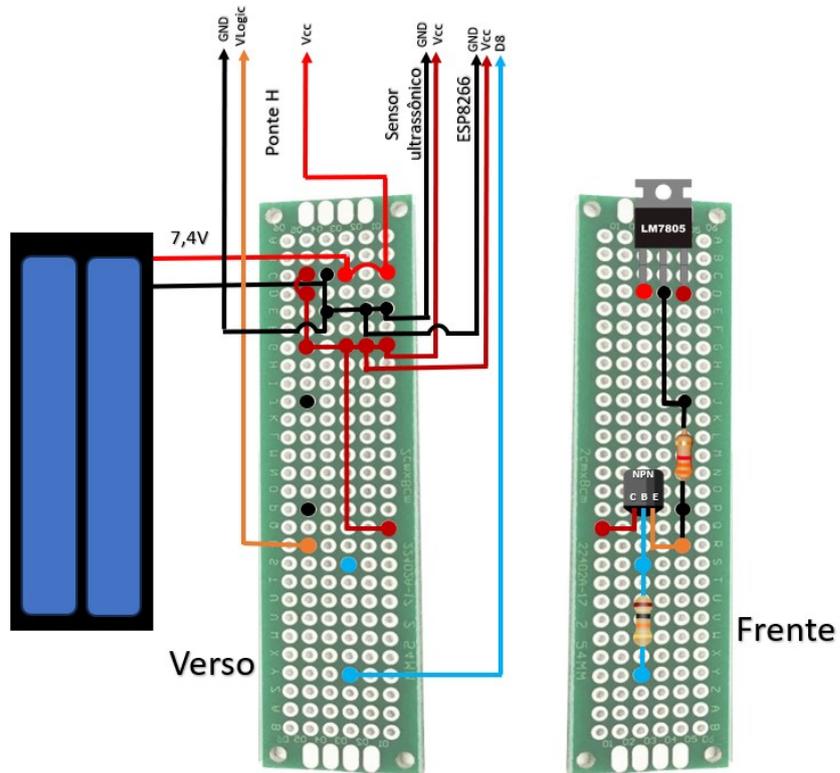
Antes de finalizar a montagem na placa de circuito impresso ilhada, foi essencial realizar testes preliminares dos componentes em uma protoboard (Figura 4.34). Essa etapa de verificação garantiu que o motor NEMA 17 operasse conforme o esperado, validando seu desempenho e dando a oportunidade de avançar para a etapa seguinte da soldagem definitiva na placa, processo no qual pode ser observado na ilustração da Figura 4.35 e já soldado e interligado com o motor e os demais componentes na Figura 4.36.

Figura 4.34 - Teste na protoboard.



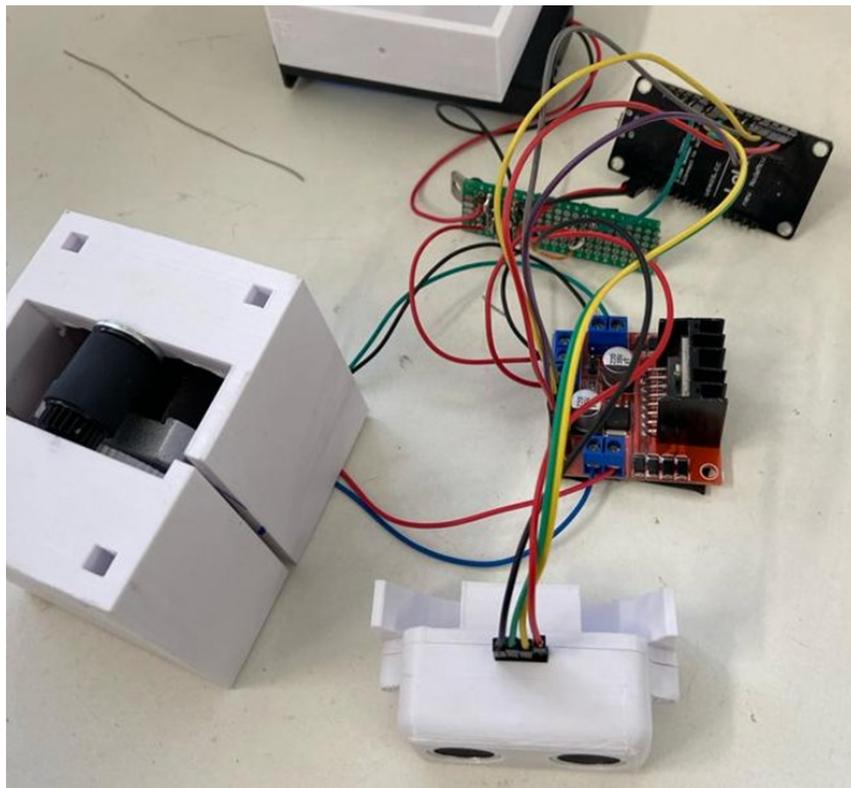
Fonte: (Do autor).

Figura 4.35 - Ligação dos componentes na placa.



Fonte: (Do autor).

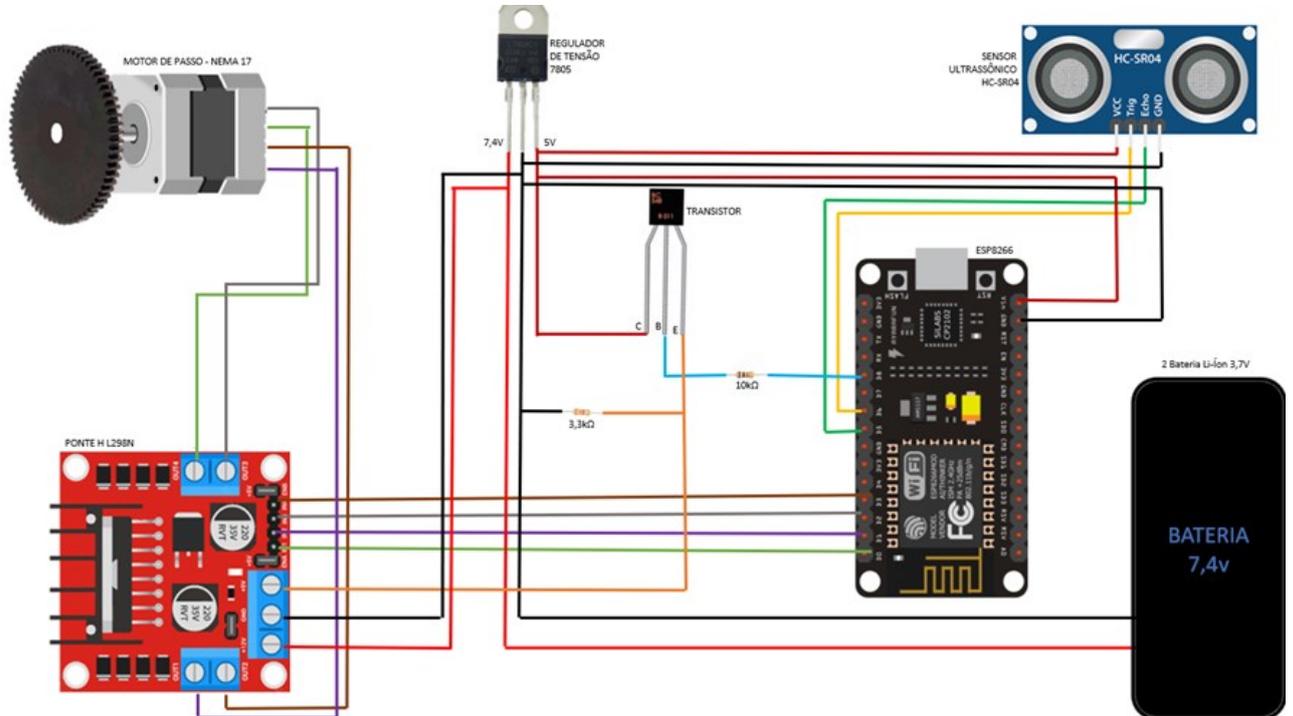
Figura 4.36 - Placa interligada com os demais dispositivos.



Fonte: (Do autor).

A Figura 4.37 apresenta uma representação detalhada das conexões do robô, incluindo os componentes recém incorporados. Já a Figura 4.38 mostra o verso da placa de circuito impresso ilhada, com os componentes incorporados nela, proporcionando a visão da nova configuração eletrônica do robô.

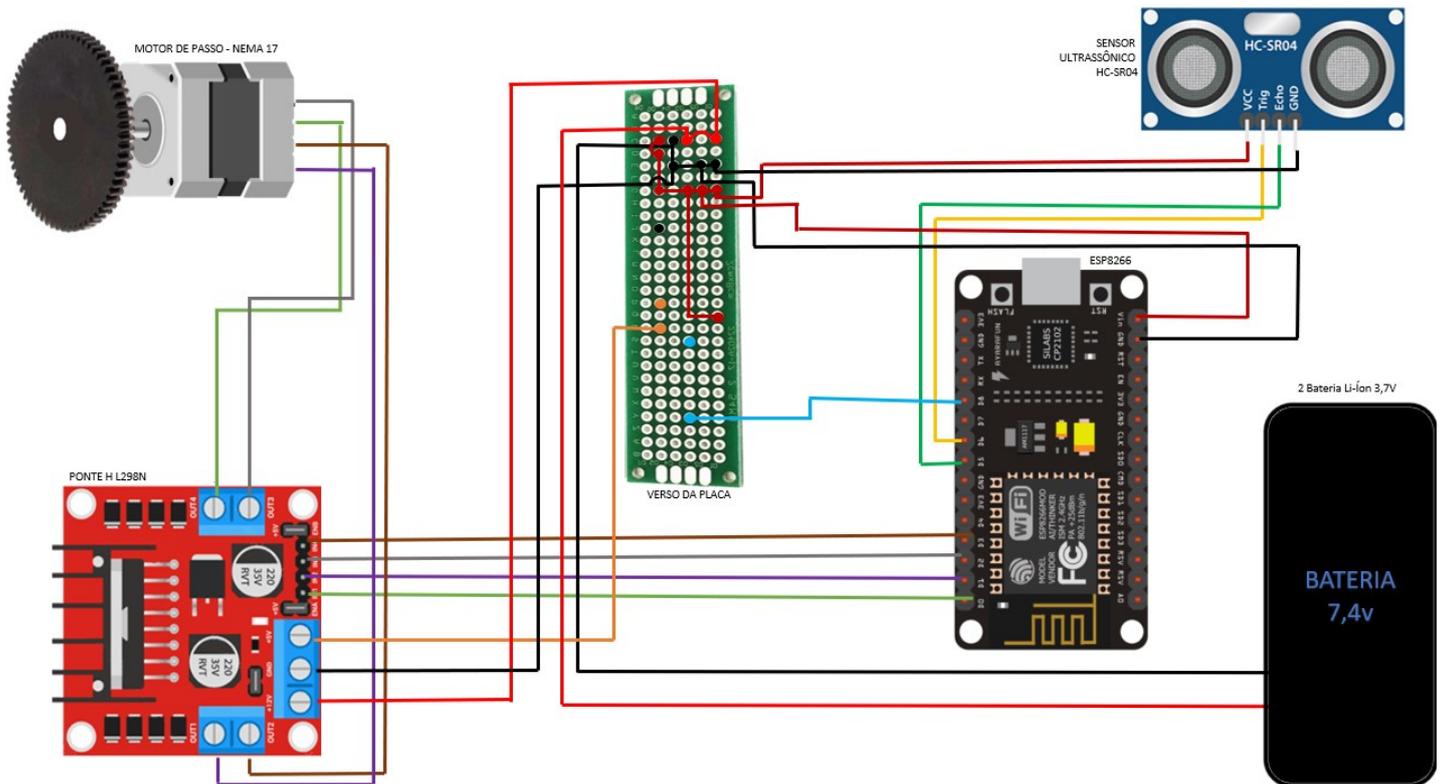
Figura 4.37 - Representação das conexões com os componentes recém incorporados



Fonte: (Do autor).

No desenvolvimento deste projeto, a integração do transistor NPN desempenha uma função vital no controle da ponte H L298N, responsável pelo movimento do motor. O transistor permite que o microcontrolador ESP8266, que opera em 3,3V, controle a ponte h, que funciona em 5V, em VLogic. A base do transistor é conectada ao pino D8 do ESP8266 por meio de um resistor de 10kOhm, limitando a corrente e protegendo o circuito. Paralelamente, um resistor de 3,3kOhm entre o emissor e o GND assegura a correta desativação do transistor, evitando a ativação indevida da ponte H por ruídos ou flutuações no sistema. Essa configuração cria uma interface entre a lógica de programação e o acionamento da ponte H. Entretanto, essa lógica programação foi alterada na versão atual, devido a necessidade de controlar a ponte H por meio do transistor NPN.

Figura 4.38 - Representação das conexões na placa de circuito ilhada



Fonte: (Do autor).

4.2.3 Alteração do código fonte

Em comparação com a primeira versão do código-fonte (Tabela 4.2), a versão atual (Tabela 4.3) inclui linhas adicionais de código essenciais. Estas novas linhas são fundamentais para melhorar o desempenho do robô, para com a integração do transistor NPN no sistema e o aprimoramento na gestão de energia e controle do motor.

Tabela 4.2 - Código fonte da primeira versão do robô.

```
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPLqk-8G7jB"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Primeira versao"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "fitcuDe8s703PjBxoHSoXlew28AKocQb"
#define BLYNK_PRINT Serial

#include <Stepper.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <Blynk.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h
```

```
char auth[] = BLYNK_AUTH_TOKEN;
char ssid[] = "Login";
char pass[] = "Senha";

Stepper my_Stepper (200, D3, D2, D1, DO);

bool Right = false;
bool Left = false;
const int TRIG 12; //D6
const int ECHO 14; //D5
const int distancia_obstaculo = 20;

BLYNK_WRITE (V0) {
  Right = param.asInt();
}
BLYNK_WRITE (V1) {
  Left = param.asInt();
}
void Stepper1 (int Direction, int Rotation)
  for (int i = 0; i < Rotation; i++) {
    my_Stepper.step(Direction * 150);
  }
}
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  pinMode(TRIG, OUTPUT);
  pinMode(ECHO, INPUT);
  my_Stepper.setSpeed(40);
  Blynk.begin(auth, ssid, pass);
}
void loop() {
  Blynk.run();
}
```

```
int distancia = sensor_morcego(TRIG, ECHO);

if (Right) {
  while (distancia < 45) {
    Stepper1(1, 1);
    distancia = sensor_morcego(TRIG, ECHO);
    Serial.print(distancia);
    Serial.println("cm - Abrindo");
  }
  Blynk.virtualWrite(V0, LOW);
  Right = false;
}

if (Left) {
  while (distancia > 4) {
    Stepper1(1, 1);
    distancia = sensor_morcego(TRIG, ECHO);
    Serial.print(distancia);
    Serial.println("cm - Fechando");
  }
  Blynk.virtualWrite(V1, LOW);
  Left = false;
}
}

int sensor_morcego(int pinotrig, int pinoecho) {
  digitalWrite(pinotrig, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(pinotrig, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(pinotrig, LOW);

  return pulseIn(pinoecho, HIGH) / 58;
}
```

Tabela 4.3 - Código fonte da versão atual.

```

#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL2-5w9s-p-"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Versao final"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "mfF9gjnd4NUv0G1kmSRF600dZBJR4Vz-"

#define BLYNK_PRINT Serial

#include <Stepper.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <Blynk.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>

char auth[] = BLYNK_AUTH_TOKEN;
char ssid[] = "Login";
char pass[] = "Senha";

Stepper my_Stepper (200, D3, D2, D1, DO);

bool Right = false;
bool Left = false;

const int TRIG 12; //D6
const int ECHO 14; //D5
const int VLOGIC_PONTEH = 15;
const int distancia_obstaculo = 20;

BLYNK_WRITE (V0) {
  Right = param.asInt();
}
BLYNK_WRITE (V1) {
  Left = param.asInt();
}

void Stepper1 (int Direction, int Rotation)

```

```
for (int i = 0; i < Rotation; i++) {
  my_Stepper.step(Direction * 150);
}
}
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  pinMode(TRIG, OUTPUT);
  pinMode(ECHO, INPUT);
  pinMode(VLOGIC_PONTEH, OUTPUT);
  my_Stepper.setSpeed(40);
  Blynk.begin(auth, ssid, pass);
}
void loop() {
  Blynk.run();
  int distancia = sensor_morcego(TRIG, ECHO);

  if (Right) {
    while (distancia < 45) {
      digitalWrite(VLOGIC_PONTEH, HIGH);
      Stepper1(-1, 1);
      delay(10);
      distancia = sensor_morcego(TRIG, ECHO);
      digitalWrite(VLOGIC_PONTEH, LOW);
      Serial.print(distancia);
      Serial.println("cm - Abrindo");
    }
    Blynk.virtualWrite(V0, LOW);
    Right = false;
  }
  if (Left) {
    while (distancia > 10) {
      digitalWrite(VLOGIC_PONTEH, HIGH);
      Stepper1(1, 1);
```

```

    delay(10);
    distancia = sensor_morcego(TRIG, ECHO);
    digitalWrite(VLOGIC_PONTEH, LOW);
    Serial.print(distancia);
    Serial.println("cm - Fechando");
  }
  Blynk.virtualWrite(V1, LOW);
  Left = false;
}
}
int sensor_morcego(int pinotrig, int pinoecho) {
  digitalWrite(pinotrig, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(pinotrig, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(pinotrig, LOW);
  return pulseIn(pinoecho, HIGH) / 58;
}

```

Fonte: (Do autor).

No código fonte da versão atual, as linhas acrescentadas mencionadas ao longo desse parágrafo detalham a operação e o controle do motor de passo via a ponte H. A linha 23 define a constante VLOGIC_PONTEH como 15, que é o pino (D8) do ESP8266 usado para controlar a lógica da ponte H L298N, a linha 51 ativa o pino possibilitando que a ponte H conduza corrente e dê movimento ao robô, a linha 64 tem a mesma função, mas nesse caso, prepara o motor para mover na direção oposta. Já as linhas 53 e 66 servem para criar uma pequena pausa entre a ativação da ponte H e a próxima operação, ele permite que o hardware responda à mudança de estado antes de prosseguir para a próxima instrução, isso garante que o motor tenha tempo de iniciar ou parar completamente, prevenindo estresse do sistema, como comandos sobrepostos.

Por fim, as linhas 55 e 68 desligam o pino parando o movimento do motor. Esses comandos asseguram que o motor execute as ações de abrir e fechar com precisão e não deixam a ponte H ligada o tempo todo, superaquecendo.

5 RESULTADOS

Na versão final foi possível obter alguns resultados com relação ao desempenho de mobilidade para com a primeira versão.

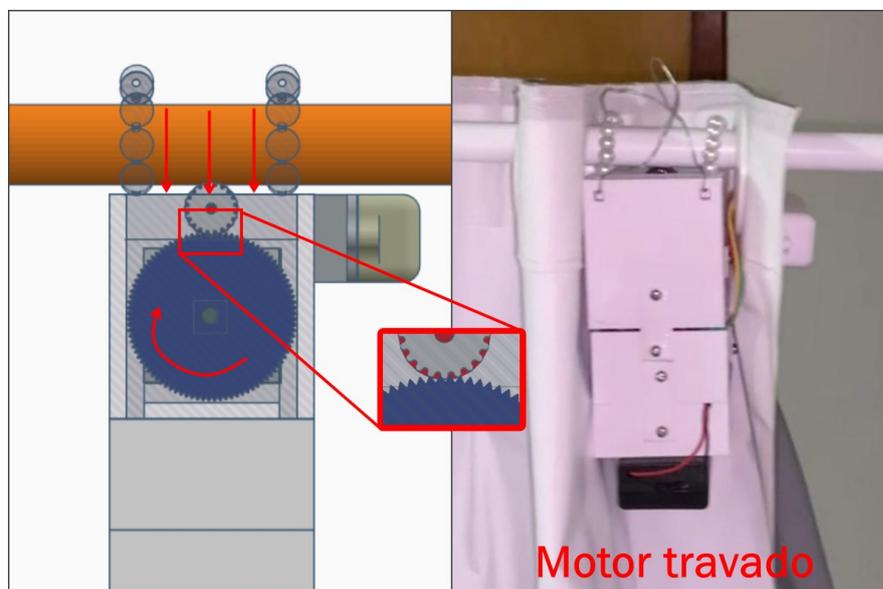
A fixação por meio de arame e esferas fez com que o robô travasse seu rolamento principal (Figura 5.1) conforme era ajustado para ter aderência, fazendo com que a engrenagem do rolamento não se movesse (Figura 5.2) devido a força que era exercida contra ele (Figura 5.3), enquanto a engrenagem do motor girava, causando desgastes entre elas.

Figura 5.1 - Rolamento principal primeira versão.



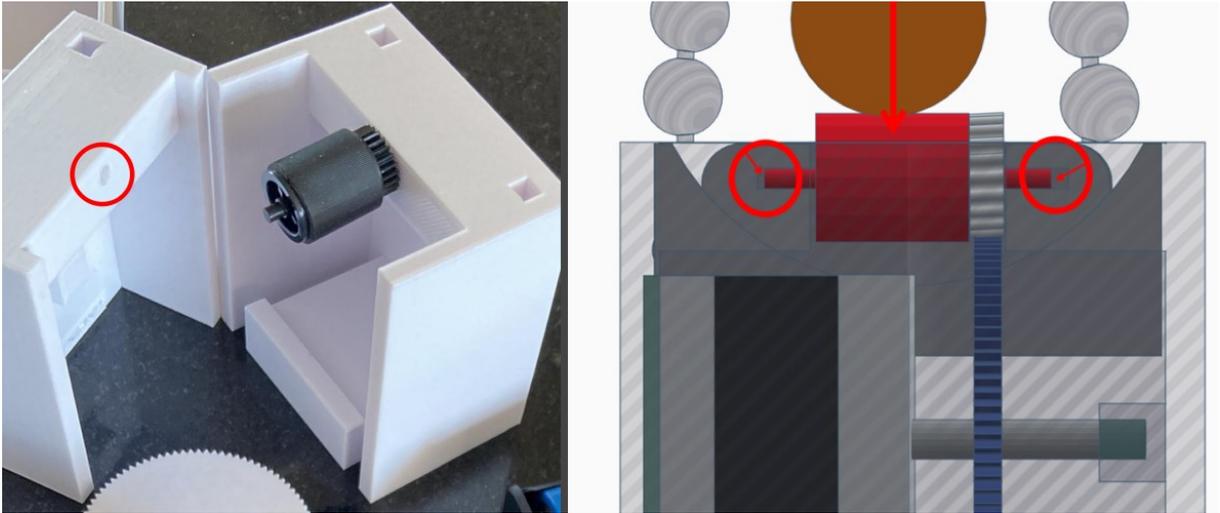
Fonte: (Do autor).

Figura 5.2 - Travamento das engrenagens.



Fonte: (Do autor).

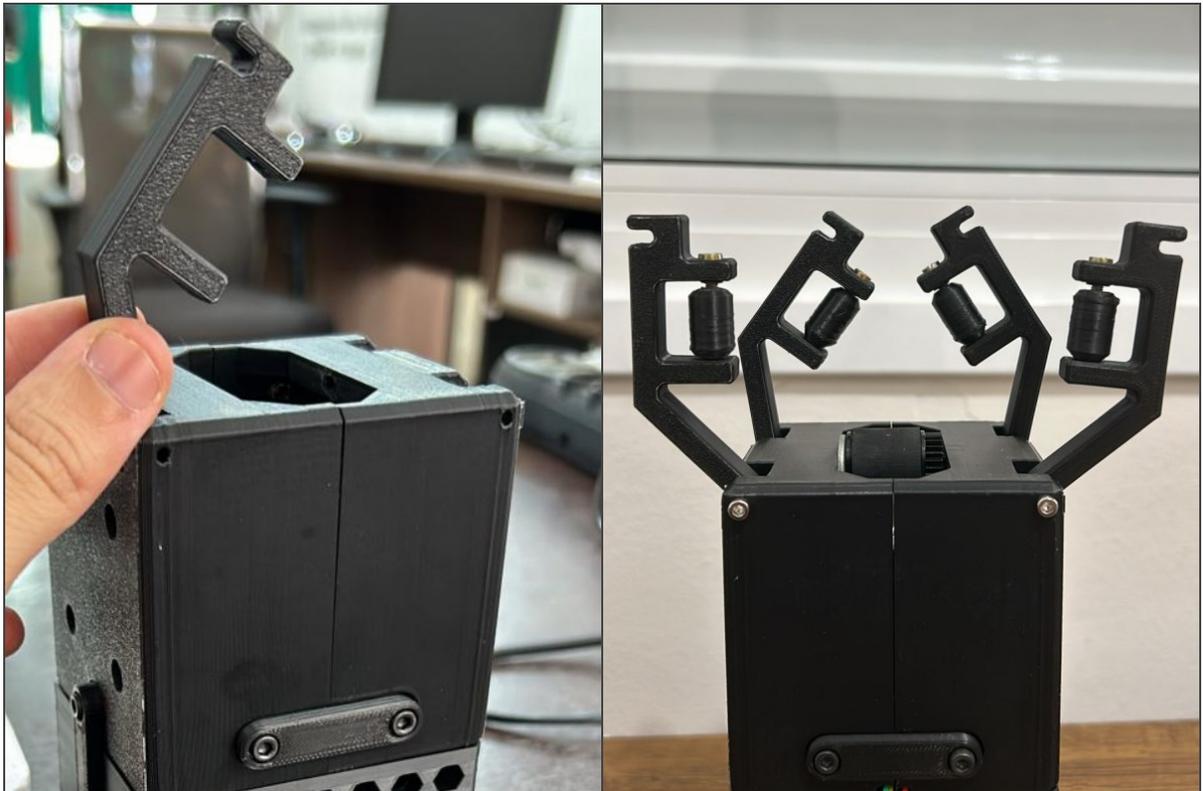
Figura 5.3 - Rolamento principal pressionado no encaixe.



Fonte: (Do autor).

Entretanto, o desenvolvimento das garras (Figura 5.4), fez com que o rolamento principal (Figura 5.5) não travasse por estar em contato com o varão.

Figura 5.4 - Garras sendo acopladas.



Fonte: (Do autor).

Figura 5.5 - Indicação rolamento principal na versão final.



Fonte: (Do autor).

Com isso, foram feitos testes para viabilizar esse novo desenvolvimento. Enquanto no primeiro protótipo, em 30 testes variando a distância em 40, 45 e 50 cm da parede (Figura 5.6), o robô adquiriu uma velocidade média de aproximadamente 4cm/s, utilizando uma cortina de PVC (Policloreto de polivinila), pois na maioria dos testes, foi necessário uma ajuda externa para ele manter seu movimento, com exceção de duas vezes no qual consegui completar o percurso em um menor tempo na distância de 40cm, como é possível observar na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Velocidade média da primeira versão do robô.

Distância [cm]	Tempo [s]
40	12
40	11
40	12
40	12
40	12
40	6
40	7
40	12
40	11
40	12
45	13
45	13
45	12

45	12
45	13
45	13
45	13
45	10
45	13
45	12
50	14
50	13
50	15
50	14
50	14
50	14
50	14
50	15
50	14
50	14

Velocidade média: (4 ± 1) cm/s

Fonte: (Do autor).

Figura 5.6 - Distância da parede robô primeira versão.



Fonte: (Do autor).

Já para o para a última versão do robô, em 30 testes variando a distância em 40, 45 e 50 cm (Figura 5.7) da parede, o robô travou somente quatro vezes, obtendo uma velocidade média de aproximadamente 10cm/s, utilizando uma cortina de pano (Tabela 5.2).

Tabela 5.2 - Velocidade média da última versão do robô.

Distância [cm]	Tempo [s]
40	4
40	4
40	4
40	4
40	4
40	3
40	4
40	4
40	3
40	4
45	12
45	4
45	4
45	4
45	9
45	10
45	5
45	4
45	4
45	5
50	10
50	5
50	5
50	4
50	5
50	5
50	5
50	10
50	5
50	5
Velocidade média: (10 ± 1) cm/s	

Fonte: (Do autor).

Figura 5.7 - Distância da parede robô versão final.



Fonte: (Do autor).

Por fim, as medidas das distâncias em centímetro foram configuradas no código fonte do robô, mais especificamente na linha 50 da **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e o t foi calculado por meio da gravação em um smartphone, com erro de 1 segundo com base no temporizador de vídeo do celular.

Diante desses resultados, é possível concluir que a versão atual do robô aumentou sua velocidade de abertura e fechamento da cortina em 150% com relação a velocidade de abertura do robô da primeira versão.

Com relação ao superaquecimento da ponte H, foi usado um termômetro a laser para aferir a temperatura para com os três momentos desse dispositivo eletrônico no robô.

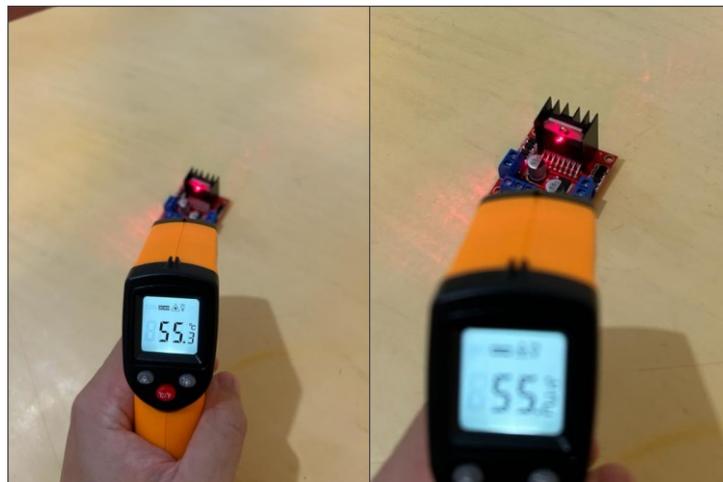
Figura 5.8 - Termômetro digital a laser.



Fonte: (MAGAZINELUIZA, 2024).

Na primeira versão o robô ficava ligado durante todo tempo, uma vez que ainda não possuía o sistema eletrônico com a placa de circuito ilhada, com isso sua temperatura durante os testes os 30 testes de abertura e fechamento que tiveram duração em média de 30 minutos, fizeram, com que a placa ponte H superaquecesse. Para aferir a temperatura, o procedimento exigia que após os testes, o robô fosse removido do varão e desmontado, com a ponte H sendo desconectada de todos os demais componentes (Figura 5.9).

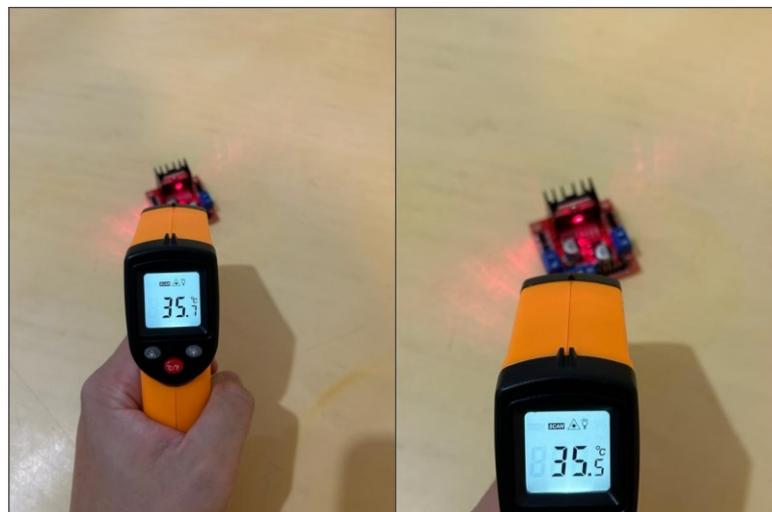
Figura 5.9 - Temperatura de 55,3°C.



Fonte: (Do autor).

Testando ainda com a primeira versão, mas com a placa de circuito ilhada, o que permitia o robô desligar a ponte H quanto estivesse parado entre os movimentos fez com que a temperatura baixasse significativamente (Figura 5.10).

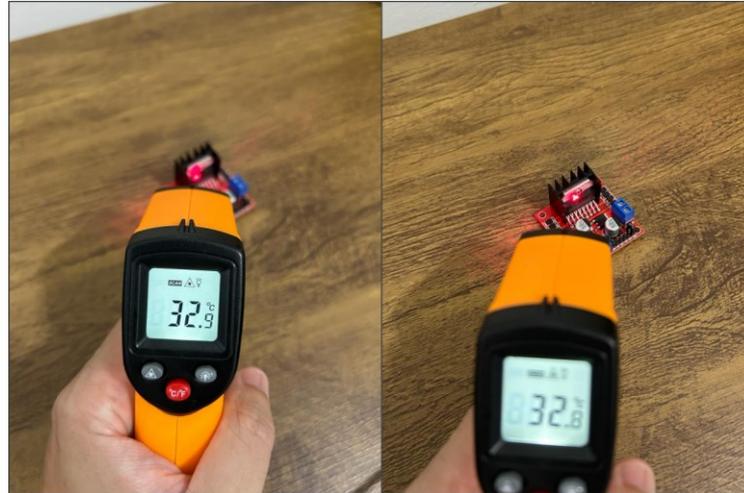
Figura 5.10 - Temperatura de 35,7°C.



Fonte: (Do autor).

Após as modificações estruturais no robô em sua última versão, na qual possui aberturas para ventilação, somado com placa de circuito ilhada, o que permitia o robô desligar a ponte H quanto estivesse parado entre os movimentos, fez com que a temperatura atual do robô durante os movimentos fosse de aproximadamente 32,9°C (Figura 5.11).

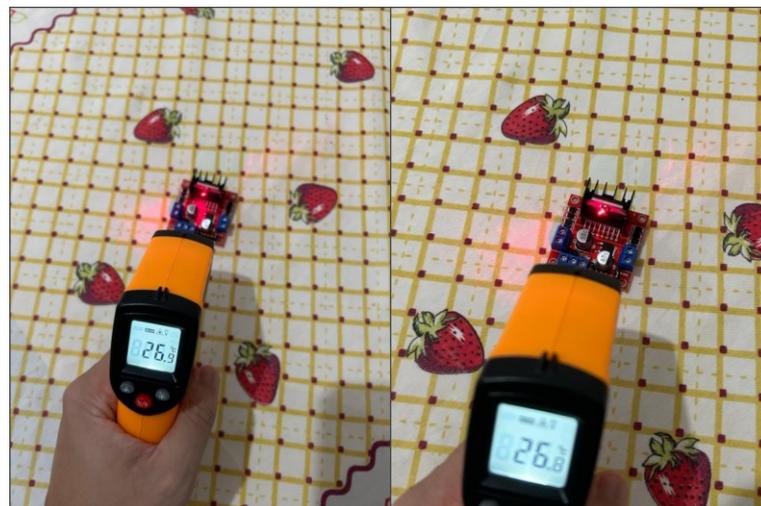
Figura 5.11 - Temperatura final da ponte H.



Fonte: (Do autor).

Os testes foram realizados em dias distintos e sob condições controladas com a temperatura inicial da placa estabelecida em 26,9°C (Figura 5.12), assim como também ocorreram em uma superfície plana. Cada sessão de teste durava em média, 30 minutos, garantindo a consistência e precisão das medições térmicas do sistema após uso contínuo. Por fim, com a versão final do projeto, foi possível diminuir a temperatura com relação a primeira versão em até 22,4°C aproximadamente.

Figura 5.12 - Placa em temperatura ambiente sem ter operado.



Fonte: (Do autor).

6 CONCLUSÃO

Espera-se que com esse trabalho em sua última versão, consiga ilustrar um protótipo real de um robô abridor de cortinas, com melhorias estruturais e de software focando nos desafios identificados na versão anterior. As modificações no design, incluindo a adição de entradas de ar e um novo sistema de garras, assim como a integração de uma placa de circuito ilhada, não apenas otimizam a eficiência e a funcionalidade do dispositivo, mas também demonstram a aplicabilidade prática dos conceitos de engenharia eletrônica e de telecomunicações em soluções de automação residencial e IoT. Esses processos de melhoria reforçam a importância da experimentação e da melhoria contínua em projetos de engenharia, enfatizando como a teoria pode ser transformada em prática e ser aplicada para facilitar a vida cotidiana.

A revisão do código-fonte, focada na melhoria da comunicação entre a placa de circuito ilhada e software, exemplifica o papel da programação na realização de projetos integrados de automação. A utilização das plataformas *Blynk* e *VoiceFlow*, em conjunto com a placa ESP8266 NodeMCU, mostra a viabilidade de criar sistemas personalizados e de baixo custo, acessíveis a um público mais amplo. Este trabalho contribui para o campo da domótica, oferecendo um protótipo que não apenas automatiza cortinas de varão de forma eficaz, mas também serve como ferramenta didática, enriquecendo o aprendizado de estudantes de engenharia com experiências práticas aplicáveis ao cotidiano.

Em conclusão, apesar de sua aplicação atual ser limitada ao tipo específico de cortina de varão, há potencial para inovações e refinamentos em modelos futuros, a integração de novos sensores que permitam uma automação ainda mais intuitiva e adaptável as condições ambientais, como um sensor que detecta a luminosidade externa e notifica o usuário a possibilidade de abertura ou fechamento, um sensor que pode notificar em caso de travamento no decorrer do movimento. Além disso, aprimoramentos no design mecânico poderiam oferecer compatibilidade com uma gama maior de modelos de cortinas, expandindo a aplicabilidade do robô. Estas áreas de desenvolvimento não só enriquecerão a funcionalidade do robô com também contribuirão para o avanço da domótica.

Por fim, o protótipo atual atendeu as expectativas tanto com a acessibilidade financeira, dado que as soluções comerciais existentes no mercado atual são de alto valor, como o quesito aplicabilidade da engenharia eletrônica e de telecomunicações de forma didática. Com isso, foi oferecido um protótipo que pode ser produzido em larga escala, com aplicabilidade tanto em contextos educacionais, auxiliando no ensino prático de engenharia em instituições acadêmicas, quanto para entusiastas da domótica.

REFERÊNCIAS

- 3DLAB. **Primeira Impressora 3D do mundo: conheça a história!** 2021. Disponível em: <https://3dlab.com.br/a-primeira-impressora-3d-do-mundo/#:~:text=A%20primeira%20vers%C3%A3o%20da%20Impressora,antecessora%20da%20impressora%203D%20SLA>. Acesso em: 19 de out. de 2022.
- ABECOM. **Engrenagem: Veja os principais tipos e aplicações. Saiba qual usar e como especificar a sua**, 2022. Disponível em: <https://www.abecom.com.br/engrenagem-tipos-e-aplicacoes/>. Acesso em: 20 de out. de 2022.
- AMAZON. **Echo Dot (4ª Geração): Smart Speaker com Alexa - Cor Azul**, 2022. Disponível em: https://m.media-amazon.com/images/I/71GYHL14uVL._AC_SX425_.jpg. Acesso em: 26 de out. de 2022.
- BOYLE, Britta. **O que é Alexa e o que o Amazon Echo pode fazer?** 2021. Disponível em: <https://www.pocket-lint.com/pt-br/casa-inteligente/noticias/amazon/138846-o-que-e-alexa-como-funciona-e-o-que-pode-amazons-alexa-fazer>. Acesso em: 14 de out. de 2022.
- BRINCANDO COM IDEIAS. **O que é o BootLoader do Arduino?** You Tube, 2022. 1 vídeo (16min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=m82diPS4PIY>. Acesso em: 11 de out. de 2022.
- COELHO, Ítalo. **O que é motor de passo? Entenda seu funcionamento e aplicações**, 2020. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-motor-de-passo-entenda-seu-funcionamento-e-aplicacoes/>. Acesso em: 14 de out. de 2022.
- ELETROGATE. **Placa Circuito Impresso Ilhada 2x8cm (Dupla Face)**, 2024. Disponível em: https://www.eletrogate.com/placa-circuito-impresso-ilhada-2x8cm-dupla-face?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=%5bMC4%5d_%5bG%5d_%5bPMa%5d_Categorias&utm_content=&utm_term=&gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAzoEuBhDqARIsAMdH14H4U1EKQ3L_g3xAgSno6aQ8Yd6XIOUn5_AHMMolzOxigKqTyw63gaAj17EALw_wcB. Acesso em: 10 de fev. de 2024.
- EPTV2. **Estudantes de Rio Claro criam ossos em impressora 3D para cirurgia ortopédica**, 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sao-carlos-regiao/noticia/2022/12/15/estudantes-de-rio-claro-criam-ossos-em-impressora-3d-para-cirurgia-ortopedica.ghtml>. Acesso em: 28 de ago. de 2023.
- FILIFELOP. **Regulador de Tensão 7805 5V**, 2022. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/regulador-de-tensao-7805-5v/>. Acesso em: 15 de out. de 2022.
- FILIFELOP. **Sensor de Distância Ultrassônico HC-SR04**, 2022. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-distancia-ultrassonico-hc-sr04/>. Acesso em: 15 de out. de 2022.
- HELETBROCK, Rafael. **Transistor**, 2024. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/transistor.htm>. Acesso em: 07 de fev. de 2024.
- HOLLAND, Oscar. **Look inside the world's largest 3D-printed neighborhood in Texas**, 2023. Disponível em: <https://edition.cnn.com/style/texas-3d-printed-home-icon/index.html>. Acesso em: 21 de ago. de 2023.

IFA. **Environmental friendliness tops list of “whys” for smart home adoption in 2021**, 2021. Disponível em: <https://news.ifa-berlin.com/smart-home-1g/>. Acesso em: 07 de ago. de 2023.

MAKERHERO. **Driver Motor Ponte H L298n**, 2023. Disponível em: https://www.makehero.com/wp-content/uploads/2017/07/Ponte_H_L298n3.jpg. Acesso em: 28 de ago. de 2023.

MAKERHERO. **Driver Motor Ponte H L298n**, 2023. Disponível em: <https://www.ryndackcomponentes.com.br/resistor-3-3k-5-1-4w-cr25-3k3.html>. Acesso em: 28 de ago. de 2023.

MAKERHERO. **Transistor NPN BC548**, 2024. Disponível em: <https://www.makehero.com/produto/transistor-npn-bc548/>. Acesso em: 08 de fev. de 2024.

MOSCHEN, Vinícius. **Economia de energia é a vantagem mais sentida por donos de casas inteligentes**, 2021. Disponível em: <https://canaltech.com.br/casa-conectada/economia-de-energia-e-a-vantagem-mais-sentida-por-donos-de-casas-inteligentes-197335/>. Acesso em: 13 de out. de 2022.

MOSCHEN, Vinícius. **Economia de energia é a vantagem mais sentida por donos de casas inteligentes**, 2021. Disponível em: <https://canaltech.com.br/casa-conectada/economia-de-energia-e-a-vantagem-mais-sentida-por-donos-de-casas-inteligentes-197335/>. Acesso em: 13 de out. de 2022.

MUSEUWEG. **Por que é importante compreender a automação**, 2018. Disponível em: https://museuweg.net/blog/compreender-a-automacao/#disqus_thread. Acesso em: 28 de ago. de 2023.

NEWVOICE. **Voiceflow agora permite criar apps de voz em um só lugar**, 2021. Disponível em: <https://newvoice.ai/2021/02/23/voiceflow-agora-permite-criar-apps-de-voz-em-um-so-lugar/#:~:text=O%20Voiceflow%20%C3%A9%20uma%20ferramenta,tenha%20qualquer%20conhecimento%20de%20programa%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 22 de out. de 2022.

OLIVEIRA, Euler. **Conhecendo o Blynk. Blogmasterwalkershop**, 2027. Disponível em: <https://blogmasterwalkershop.com.br/blynk/conhecendo-o-blynk>. Acesso em: 26 de out. de 2022.

PAIXÃO, Priscila Reis Soares et al. Development of an automation system, integrating a virtual assistant and iot devices. **ITEGAM-JETIA**, 6 de setembro de 2019.

PEDROSA, Rodrigo. **Integrando assistente pessoal alexa e aplicativo de celular Blynk para o controle do esp8266 nodemcu em aplicações de automação em geral**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Tecnologia em automação Industrial) – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia. Cajazeiras, 2021.

PORTALUTIL. **ESP32 vs ESP8266: entenda a diferença**, 2022. Disponível em: <https://portalutil.com.br/tecnologia/esp32-vs-esp8266/>. Acesso em: 13 de fev. de 2024.

PROESI. **Resistor Carbono CR25 - 1/4W - 10K Ohms**, 2024. Disponível em: <https://www.proesi.com.br/resistor-10k-carbono>. Acesso em: 05 de fev. de 2024.

REDUTORESIBR. **Conheça um pouco mais sobre as engrenagens**. Disponível em: <https://www.redutoresibr.com.br/noticia/conheca-um-pouco-mais-sobre-as-engrenagens>. Acesso em: 20 de out. de 2022.

RYNDACKCOMPONENTES. **Resistor 3,3k Ω** , 2024. Disponível em: <https://www.ryndackcomponentes.com.br/resistor-3-3k-5-1-4w-cr25-3k3.html>. Acesso em: 05 de fev. de 2024.

SCIENCEDIRECT. Home Automation, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/search?qs=home%20automation&years=2019&lastSelectedFacet=years>. Acesso em: 14 de out. de 2022.

SILVEIRA, L.; LIMA, W. Q. Um breve histórico conceitual da Automação Industrial e Redes para Automação Industrial. **PPgEE**, Lagoa Nova, maio, 2003.

SMARTKITS. **Motor de Passo NEMA 17 17HS4401 com cabo**, 2022. Disponível em: <https://www.smartkits.com.br/motor-de-passo-NEMA-17-17hs4401-com-cabo>. Acesso em: 18 de out. de 2022.

STMICROELECTRONICS. Datasheet: Dual Full-Bridge Driver. Itália, 2000. Disponível em: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/1298.pdf>. Acesso em: 30 de out. de 2022.

STREMA. **Li-Ion ICR 18650 (3.7V-2400mAH)**, 2022. Disponível em: <https://stremabaterias.com.br/produto/estoque/159/66/li-ion-icr-18650-37v-2400mah/>. Acesso em: 15 de out. de 2022.

TODAMATERIA. **Resistores**, 2024. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/resistores/>. Acesso em: 05 de fev. de 2024.

USINAINFO. **Sensor de velocidade Arduino medindo a rotação de motores**, 2026. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/blog/sensor-de-velocidade-arduino-medindo-a-rotacao-de-motores/>. Acesso em: 14 de fev. de 2024.