

Etec EURO ALBINO DE SOUZA
ENSINO MÉDIO COM HABILITAÇÃO PROFISSIONAL DE TÉCNICO
EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

NICOLY GABRIELY GÓES BERNARDINO
EDMILA DA SILVA CARDOSO
PENÉLOPE MARRIE COSTA FONSECA
ESTHER VITÓRIA DA SILVA DOS SANTOS

DISPOSITIVO AUTOMATIZADO PARA CÓDIGO BRAILLE

Etec Euro Albino de Souza
Ensino Médio com Habilitação Profissional de Técnico
em Automação Industrial

NICOLY GABRIELY GÓES BERNARDINO
EDMILA DA SILVA CARDOSO
PENÉLOPE MARRIE COSTA FONSECA
ESTHER VITÓRIA DA SILVA DOS SANTOS

DISPOSITIVO AUTOMATIZADO PARA CÓDIGO BRAILLE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Etec Euro Albino de Souza, do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, submetida à banca examinadora do curso Ensino Médio com Habilitação Profissional, como requisito para obtenção do diploma de Técnico em Automação Industrial.

Orientador: Prof. Ms. Diogo Pedriali.

B523d Bernardino, Nicolý Gabriely Góes; Cardoso, Edmila da Silva; Fonseca, Penélope Marrie Costa; Santos, Esther Vitória da Silva dos.

Dispositivo automatizado para código Braille – Mogi Guaçu/SP, 2024.

92 p.

Trabalho de Conclusão do Curso de Ensino Médio com Habilitação Profissional de Técnico em Automação da ETEC Euro Albino de Souza, de Mogi Guaçu.

Orientador: Professor Mestre Diogo Pedriali

I. Código Braille. II. Deficiência visual. III. PDV. VI. Bluetooth serial terminal.

CDD: 338.4

Etec Euro Albino de Souza
Ensino Médio com Habilitação Profissional de Técnico
em Automação Industrial

Nicolly Gabriely Góes Bernardino
Edmila da Silva Cardoso
Penélope Marrie Costa Fonseca
Esther Vitória da Silva dos Santos

Dispositivo Automatizado para Código Braille

Monografia aprovada por banca examinadora em 18 de novembro de 2024.

Banca Examinadora:

Prof. Diogo Pedriali – (Orientador)

Prof. Luis Carlos Pompeu

Prof. Cicero Augusto Queiroz de Mello

DEDICATÓRIA

Dedicamos esta monografia primeiramente a Deus por guiar todas nós e nos dar forças nos momentos mais difíceis. Agradecemos a sabedoria e coragem que nos permitiu concluir e chegar a esta grande etapa em nossas vidas. Dedicamos também esta monografia aos nossos queridos pais que sempre acreditaram em nós, e nos deram todo o apoio para que pudéssemos chegar até o final dessa grande etapa, obrigado pelo amor incondicional e pelo apoio constante. Sem vocês nada disso também poderia ter acontecido. E dedicamos ao nosso querido professor Diogo Pedriali, cuja ajuda, orientação, companheirismo e conhecimento foram de extrema importância para a realização deste projeto. Graças a sua dedicação e amor pelo que faz somos eternamente gratas por seus ensinamentos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos que contribuíram para a realização deste projeto. Agradecemos a Deus, nossas famílias, amigos e professores pelo apoio, incentivo e orientação durante nossas jornadas. Agradecemos pela escola ETEC Euro Albino de Souza por proporcionar o ambiente e recursos que nos ajudaram na realização dos estudos. Agradecemos ao orientador Diogo Pedriali, nossas profundas gratidões pelas orientações, paciência e a sabedoria incrível que nos proporcionou ao longo dos anos.

“A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo.”

Nelson Mandela, 2003.

RESUMO

Desempenhará a função de um tradutor para braille, o código de programação automaticamente irá converter letras em pontos de braille formando assim as palavras. Uma célula tátil composta por 6 motores vibracall que irão trabalhar simultaneamente com o aplicativo criado para comunicação bluetooth e monitor serial, assim eliminando a necessidade de que a célula fique limitada a um local, pois também será utilizada baterias como fonte de alimentação. Este trabalho tem como objetivo principal a inclusão de pessoas com deficiência visual no cotidiano da sociedade, com um custo acessível, também criando a oportunidade para que este projeto seja desenvolvido de forma intuitiva em casa sem a necessidade de um profissional. Foi escolhido pelo grande apelo que o mesmo tem perante a sociedade em relação a inclusão e acessibilidade. Para a escrita da monografia foram utilizados diversos artigos e vídeos, com isso uma base de conhecimento teórico foi mais bem estruturado, dando assim maior confiabilidade para que o processo de criação física do protótipo seja realizado corretamente. Foi utilizado como base para o desenvolvimento deste projeto o CELTA (Sistema de célula tátil para leitura braille) da UFSCar (Universidade Federal de São Carlos), a base de trabalho é a mesma, porém com o método de trabalho modificado.

Palavras-chave: Código Braille. Deficiência visual. PDV. Bluetooth serial terminal.

ABSTRACT

It will act as a Braille translator; the programming code will automatically convert letters into Braille dots, thus forming words. A tactile cell composed of 6 vibracall motors that will work simultaneously with the application created for Bluetooth communication and serial monitor, thus eliminating the need for the cell to be limited to one location, since batteries will also be used as a power source. The main objective of this work is to include people with visual impairments in everyday society, at an affordable cost, also creating the opportunity for this project to be developed intuitively at home without the need for a professional. It was chosen due to the great appeal it has for society in relation to inclusion and accessibility. Several articles and videos were used to write the monograph, thus a better structured theoretical knowledge base was created, thus providing greater reliability so that the physical creation process of the prototype is carried out correctly. The CELTA (Tactile Cell System for Braille Reading) from UFSCar (Federal University of São Carlos) was used as a basis for the development of this project. The work basis is the same but with a modified work method.

Key words: Braille code. Visual impairment. POS. Bluetooth serial terminal.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - JAWS	22
Figura 2 - Sistema Unix	34
Figura 3 - Algoritmo em Linguagem C.....	35
Figura 4 - Algoritmo de Linguagem C++	36
Figura 5 - Ponte H.....	38
Figura 6 - L9110	39
Figura 7 - Funcionamento impressão SLA.....	48
Figura 8 - Impressão SLA.....	48
Figura 9 – SLS.....	49
Figura 10 - Funcionamento SLS.....	49
Figura 11 - Projeto inicial das peças.....	50
Figura 12 - Cronograma da escrita.....	53
Figura 13 - Cronograma de referências e citações.....	54
Figura 14 - Peça 'a'.....	55
Figura 15 - Peça 'b'.....	56
Figura 16 - Peça 'c'.....	57
Figura 17 - Peça 'd'.....	58
Figura 18 - Peça 'e'.....	59
Figura 19 - Peça 'f'.....	60
Figura 20 – Primeira tentativa do diagrama elétrico.....	61
Figura 21 - LM7805.....	61
Figura 22 - Conector Borne.....	62
Figura 23 - Conectores fêmeas.....	62
Figura 24 - ESP 32.....	63
Figura 25 - Diagrama eletrônico utilizado.....	63
Figura 26 - Primeira tentativa PCB.....	64
Figura 27 - Segunda tentativa PCB.....	64
Figura 28 - Terceira tentativa PCB e conclusiva.....	65
Figura 29 - Primeira tentativa de impressão das peças.....	67
Figura 30 - Peça 'a' do processo de teste.....	67
Figura 31 - Teste feito com jumpers.....	68

Figura 32 - Pregos recém cortados.	68
Figura 33 - Confeção da placa de controle.	69
Figura 34 - Processo de soldagem da placa de controle.	70
Figura 35 - Placa finalizada.	70
Figura 36 - Definição dos pinos de entrada.	71
Figura 37 - Definição de cada pino como saída.	72
Figura 38 - Comando do void loop.	73
Figura 39 - Condição letra b.	74
Figura 40 - Condição letra q.	74
Figura 41 - Fluxograma da programação.	75
Figura 42 - Processo de impressão da peça a.	79
Figura 43 - Processo de impressão da peça f.	79
Figura 44 - Outra tentativa peça f.	80
Figura 45 - Motor CASE.	81
Figura 46 - Teste de impressão completo.	82

TABELA DE QUADROS

Quadro 1 - Comparação.....	31
Quadro 2 - Entradas e saídas do L9110.	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CONFEA	Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
ETEC	Escolas Técnicas do Estados de São Paulo
3D	Tridimensional
TA	Tecnologias Assistivas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PDV	Pessoa com Deficiência Visual
ONCB	Organização Nacional de Cegos do Brasil
JAWS	Job Access With Speech
CAT	Comitê de Ajudas Técnicas
TICs	Tecnologias da Informação e Comunicação
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
PNE	Plano Nacional de Educação
ADA	Lei dos Americanos com Deficiências
IDEA	Lei de Educação para Indivíduos com Deficiências
SOC	Sistem on Chip
IoT	Internet of Things
OOP	Object Oriented Programming
WPAN	Rede pessoal sem fio
MHz	Megahertz
GHz	Gigahertz
CAD	Computer-Aided Design
SLA	Estereolitografia
SLS	Sinterização Seletiva a Laser
PCB	Printed Circuit Board
PCI	Placas de Circuito Impresso
PTH	Through-Hole Technology
SMT	Surface Mount Technology
mm	Milímetro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVO GERAL	15
1.1.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.2	JUSTIFICATIVA	16
1.2.1	ANÁLISE FINANCEIRA	16
1.2.2	ANÁLISE SOCIAL	17
1.2.3	ANÁLISE AMBIENTAL	17
1.2.4	ANÁLISE DE SEGURANÇA	17
1.3	RELEVÂNCIA	17
1.4	ACESSIBILIDADE	18
2	DESENVOLVIMENTO	19
2.1	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1.1	METODOLOGIA CIENTÍFICA	19
2.2	TÓPICOS DE FUNDAMENTAÇÃO	52
2.3	RECURSOS NECESSÁRIOS	53
2.4	CRONOGRAMA	53
2.5	DESENHOS E DETALHAMENTOS	54
2.6	CUSTOS	66
2.7	CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO	66
2.7.1	PROGRAMAÇÃO	71
2.7.2	DESENVOLVIMENTO DA MONTAGEM	75
2.8	PROTOCOLO DE TESTES	77
2.8.1	EXECUÇÃO DOS TESTES	78
2.8.2	PROCESSO DE IMPRESSÃO DAS PEÇAS 3D	78
2.8.3	COLETA DE DADOS DOS TESTES	82
2.8.4	ANÁLISE DOS DADOS DOS TESTES	83
2.9	MELHORIAS	83
2.10	ASPECTOS POSITIVOS	83
2.11	RISCOS	83
2.12	DIFERENCIAIS	84
2.13	RECOMENDAÇÕES	84
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
3.1	TRABALHOS FUTUROS	85

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico cada vez mais acelerado, o desenvolvimento de dispositivos automatizados tem sido crucial para diversas áreas, principalmente no setor industrial. A automação industrial tem como foco a criação de sistemas que otimizem processos, elevem a eficiência produtiva e reduzam o erro humano. Nesse cenário, o uso de dispositivos automáticos para facilitar a interação humana com as máquinas ganha destaque, principalmente em aplicações voltadas para a acessibilidade.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar o projeto e desenvolvimento de um dispositivo automatizado para código Braille, que visa proporcionar uma solução acessível para pessoas com deficiência visual. A proposta é a criação de um equipamento que, de maneira automatizada, seja capaz de traduzir informações visuais para um formato tátil, permitindo de forma acessível e de baixa renda que indivíduos cegos ou com baixa visão possam interpretar conteúdos que, de outra forma, estariam inacessíveis.

O dispositivo aqui proposto será integrado a sistemas de automação, fazendo uso de sensores, atuadores e algoritmos de controle, que permitem a leitura e conversão dos dados de maneira eficiente. Além disso, o projeto aborda questões relacionadas à ergonomia, sustentabilidade e viabilidade técnica, garantindo que a solução proposta seja eficaz e acessível.

Esta monografia busca não apenas descrever o processo de desenvolvimento do dispositivo, mas também explorar o impacto social da automação aplicada à acessibilidade, ressaltando a importância de criar soluções tecnológicas inclusivas que atendam às necessidades de todos os usuários. Assim, o desenvolvimento deste dispositivo insere-se no contexto da automação industrial, ampliando as fronteiras da tecnologia para além das aplicações tradicionais, em direção a uma sociedade mais justa e igualitária.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo do projeto é apresentar uma solução acessível para a inclusão de pessoas com deficiências visuais, oferecendo um custo reduzido e a possibilidade

de produção de forma intuitiva. Assim, busca-se contextualizar o sistema Braille tanto no Brasil quanto no âmbito internacional.

1.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Demonstrar, passo a passo, a execução da célula tátil automática para que as pessoas possam compreender e reproduzir o funcionamento do projeto. O objetivo é proporcionar à sociedade, especialmente às pessoas com deficiência visual, a oportunidade de inclusão por meio de um dispositivo de baixo custo e alta eficiência. Desde a concepção do projeto, o foco principal é promover a inclusão social, com o intuito de facilitar e ampliar essa integração.

1.2 JUSTIFICATIVA

O principal motivo que impulsionou a execução deste projeto foi a possibilidade de demonstrar, de maneira coerente e objetiva, o desenvolvimento de um dispositivo de baixo custo e com bom desempenho. Atualmente, há grande facilidade no desenvolvimento de projetos voltados ao mercado comercial, mas ainda existem desafios significativos na criação de soluções que priorizem o impacto social. Este projeto busca oferecer um suporte auxiliar na vida de pessoas com deficiência visual, especialmente àquelas em situação de vulnerabilidade econômica, promovendo sua inclusão no cotidiano da sociedade e facilitando a comunicação social por meio de um dispositivo automático. Por esse motivo, optou-se por um projeto voltado à inclusão social, com foco específico no apoio a pessoas com deficiência visual que utilizam o sistema de leitura Braille.

1.2.1 ANÁLISE FINANCEIRA

É em si o quesito mais importante para o projeto. Após a análise dos valores de cada componente e material utilizado no projeto, teve-se em mente as alternativas de custos mais amplos para a confecção. O foco, porém, mudou para o custo-benefício, e após ter constatado a relação ao apelo social e a inclusão como foco do projeto, o custo se tornou baixo e acessível.

1.2.2 ANÁLISE SOCIAL

Este projeto possui um apelo social extremamente importante, ao buscar incluir no cotidiano das pessoas com deficiência visual algumas práticas comuns para aqueles que não enfrentam essas limitações. Exemplos disso são a comunicação com outras pessoas ao seu redor ou a possibilidade de realizar pesquisas de forma independente sobre assuntos de interesse. Para indivíduos sem deficiência visual, esses hábitos fazem parte do dia a dia, mas, para aqueles com deficiência visual, essas atividades nem sempre são facilmente acessíveis. O objetivo deste projeto é proporcionar a esse grupo a oportunidade de vivenciar experiências significativas e ampliar sua inclusão social.

1.2.3 ANÁLISE AMBIENTAL

Não é possível afirmar que o projeto não causa impacto ambiental, pois o descarte inadequado dos componentes eletrônicos pode, de fato, poluir o meio ambiente devido aos materiais utilizados em sua fabricação. No entanto, o único fator considerado poluente está relacionado ao descarte irregular desses componentes. Por isso, os materiais foram escolhidos visando durabilidade, para evitar descartes prematuros e reduzir o risco de descarte inadequado. Além disso, o projeto foi concebido para ter uma vida útil prolongada, com a possibilidade de reparos sempre que necessário, contribuindo para minimizar impactos ambientais.

1.2.4 ANÁLISE DE SEGURANÇA

O protótipo possui um alto nível de segurança, permitindo que crianças mais novas o utilizem sem risco de ferimentos ou danos físicos. A única parte exposta é a estrutura mecânica, onde estão localizados os pontos que formam as letras.

1.3 RELEVÂNCIA

O projeto apresenta grande relevância, pois oferece suporte a pessoas com deficiência visual, ajudando um grupo significativo da sociedade. Sua

implementação é acessível, pois pode ser realizada em casa, com baixo custo e um funcionamento intuitivo, de fácil compreensão. O foco principal é facilitar as tarefas diárias e promover mais autonomia para essas pessoas.

1.4 ACESSIBILIDADE

O projeto tem como objetivo melhorar a acessibilidade para pessoas com deficiência visual, atendendo a uma necessidade significativa dentro da sociedade. Cerca de 1 milhão de pessoas vivem sem a capacidade de enxergar, enfrentando desafios diários devido à falta de recursos adaptados. Diante desse cenário, o projeto é direcionado especificamente a esses indivíduos, buscando minimizar os obstáculos que essa condição impõe e promover uma maior autonomia e qualidade de vida no cotidiano.

2 DESENVOLVIMENTO

Para facilitar a compreensão deste projeto proposto, este capítulo será dividido em subtítulos onde serão abordados os componentes utilizados no projeto, como também os recursos utilizados para a realização. Tendo como análise a evolução histórica dos temas abordados e os conceitos teóricos importantes para a compreensão completa do projeto.

2.1 REFERENCIAL TEÓRICO

Todo o embasamento sobre a célula foi adquirido através do site <https://celta.ufscar.br/> nele foi encontrado o necessário para a construção do protótipo e até mesmo para as mudanças executadas.

2.1.1 METODOLOGIA CIENTÍFICA

O desenvolvimento de um dispositivo automático para o código Braille foi viabilizado por meio de uma metodologia científica estruturada, que orientou as etapas do projeto e garantiu uma base sólida para a construção do protótipo. A metodologia incluiu uma pesquisa abrangente, com a coleta de dados na internet, tanto para identificar materiais eletrônicos e mecânicos adequados quanto para compreender as necessidades das pessoas com deficiência visual no Brasil.

Inicialmente, foram realizadas buscas por componentes específicos para o dispositivo, como micro atuadores e sistemas de controle acessíveis e de baixo custo. Dessa forma, a escolha dos materiais e a construção mecânica do dispositivo foram guiadas pelos critérios de acessibilidade e durabilidade, com o objetivo de criar um dispositivo eficiente, intuitivo e fácil de manusear para usuários com deficiência visual. Além disso, foram consultadas bases de dados sobre a população com deficiência visual no Brasil e o sistema Braille, para compreender a realidade desse grupo e os desafios enfrentados em seu cotidiano.

No Brasil, de acordo com o IBGE, existem cerca de 6,5 milhões de pessoas com deficiência visual, sendo aproximadamente 500 mil totalmente cegas. Esses números destacam a importância de desenvolver tecnologias que promovam a

autonomia e a inclusão, disponibilizando recursos acessíveis e facilitando o acesso à informação. O levantamento inicial de informações foi fundamental para a definição do projeto, permitindo uma compreensão detalhada das necessidades e limitações do grupo-alvo, além de ajudar na determinação das características técnicas e funcionais do protótipo

2.1.1.1 CLASSIFICAÇÃO DA CEGUEIRA DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

Conforme a lei brasileira de inclusão (lei nº 13.146/2015) e a classificação internacional de doenças (CID-10). Os indivíduos que são considerados como cegos possuem 2 classificações principais: i) Cegueira total que se refere a ausência completa de percepção visual, sendo indispensável auxílio na realização de atividades básicas, podendo ser ocasionado por diversos motivos como doenças genéticas, traumas oculares e patologias degenerativas. (LEMOS, 2019); ii) Baixa visão é a condição onde o indivíduo possui algum grau de percepção visual, mas é insuficiente para realizar tarefas diárias sem auxílio. Podem se manifestar de várias formas como a perda de visão central ou periférica. (LEMOS, 2019)

Sendo esta classificação um elemento indispensável para avaliar e garantir que as necessidades específicas de cada pessoa seja efetivamente atingida. Facilitando e promovendo ambientes e práticas inclusivas. (LEMOS, 2019)

2.1.1.2 A INCLUSÃO DE PDV'S NA SOCIEDADE

A educação deveria ser o nicho mais acessível para todos, é com ela que os indivíduos são capazes de decidir escolhas e caminhos. Segundo o IBGE em seu último censo ocorrido em 2010 mais de 6,5 milhões de pessoas tem deficiências visuais no Brasil, sendo, 500 mil totalmente cegos e 6 milhões com uma baixa visão, mesmo assim ainda existem enormes defasagens em relação aos materiais em braille para pessoas com qualquer nível de deficiência visual em escolas ou até mesmo nas de níveis superiores. (RAMOS, 2023)

Entre as pessoas cegas cerca de 110 mil tem em torno de 15 anos ou mais e ainda não são alfabetizadas, dentre as que possuem um nível baixo de visão são aproximadamente 1,5 milhões que não sabem ler e nem escrever, ou seja, 1 em

cada 4 pessoas são considerada analfabeta com um percentual de 25%, um valor muito alto que ao ser comparado com a quantidade de pessoas analfabetas em todo o conjunto social, que foi de 8% em 2010. (MINISTERIO DA EDUCAÇÃO, 2018)

Segundo a Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência no mundo, o braile deveria ser reconhecido e oficializado como o meio de comunicação e inclusão de PDV's, o braile não pode ser deixado de lado, já que na hora de leitura essa é uma ferramenta fundamental. A ONCB (Organização Nacional de Cegos do Brasil) conta com 90 entidades responsáveis pela inclusão e alfabetização, quando este número é falado aparenta-se ter uma enorme quantidade, porém se comparado aos 6,5 milhões de pessoas que necessitam desses institutos podemos ver na pratica o déficit que o Brasil possui, mesmo com todas os avanços dentro deste assunto ainda e notável o desequilíbrio na inclusão. (RAMOS, 2023)

No campo da tecnologia, é totalmente indispensável a utilização do Braille para que as pessoas com deficiência visual consigam acessar a internet. Atualmente, já existem algumas tecnologias que possibilitam essa inclusão, porém o custo é tão alto que impede o acesso generalizado aos aparelhos. (MINISTERIO DA EDUCAÇÃO, 2018)

Até mesmo no âmbito jurídico esta exclusão ocorre, atualmente enquadram grande parte do sistema judicial trabalhando eletronicamente, permitindo que ocorra a administração de processos inteiramente dentro do sistema, trazendo mais confiabilidade, porém, as pessoas que não possuem a visão já não estão incluídas neste assunto. A nova atualização demonstra muita utilidade, embora seja incompatível com métodos assistivos, que são estratégias tecnológicas que permitem a inclusão de pessoas que possuem algum tipo de deficiência. (MINISTERIO DA EDUCAÇÃO, 2018)

Muitas sugestões estão em aberto como o melhor treinamento para que haja pessoas capacitadas para auxiliar esses usuários na hora da utilização, ou até mesmo o treinamento dos próprios usuários para que eles sejam capazes de utilizar o sistema independentemente. (RAMOS, 2023)

Para aqueles que cansaram de esperar uma solução vinda do governo, existem alguns softwares independentes que auxiliam nesse processo como por exemplo o JAWS (*Job Access With Speech*), ele trabalha com leitura do texto do

computador e a fala desse texto dentre várias outras ferramentas. (TECNOLOGIA&ACESSIBILIDADE, 2023)

Figura 1 - JAWS

- Software desenvolvido para instalar diretamente no PC (Desktop, Laptop ou Tablet) totalmente compatível com Windows® 11, Windows 10, Windows Server® 2022, Windows Server 2019 e Windows Server 2016;
- Suporte para novos e modernos aplicativos do Windows (Email, IE, Tempo, Notícias, Loja Virtual e etc.);
- Recurso Rótulos Personalizados, para modificar identificadores para fala e Braille, ajustando de acordo com as necessidades dos usuários;
- Ferramentas de Web assim como Web Flexível e colocar marcadores para personalizar a experiência no JAWS para páginas de web específicas, para necessidades individuais;
- Texto selecionado do teclado em uma página HTML é realçado e o Formato HTML é mantido quando estiver copiando e colando;
- Suporte no ARIA para menus, regiões ao vivo, marcadores, etc...
- Marcadores no Word, Analisadores de Texto, Índice de Palavras para Braille abreviado;
- Regiões dinâmicas delimitadas;
- Busca de Texto de Tela com contexto do histórico específico;
- Inclui sintetizadores de voz para 20 idiomas.

Fonte: Tecnologia Acessibilidade (2023)

Como mencionado anteriormente, nem todos têm condições acessíveis para comprar essas tecnologias. Diversos produtos e softwares podem ser encontrados atualmente, desenvolvidos por empresas de sites confiáveis, com garantia de um ano e todas as especificações técnicas fornecidas. Porém, no final, sempre se chega ao mesmo ponto: a inacessibilidade causada pelo alto custo dos produtos disponíveis. (TECNOLOGIA&ACESSIBILIDADE, 2023)

Olhando para a legislação Brasileira na teoria se possui um bom âmbito relacionado a assistências de pessoas cegas, a Constituição federal de 1988 garante os direitos fundáveis e igualdade de oportunidade para todos, incluindo as pessoas com qualquer tipo de deficiência. A lei número 13.146/2015 esta responsável por esta inclusão. (RAMOS, 2023)

O que realmente necessita é a implementação correta dessas leis colocadas no papel, na teoria tudo é válido, porém a dificuldade está quando colocadas no dia a dia da sociedade; A Legislação é um dos maiores precursores dessa implementação correta. (TECNOLOGIA&ACESSIBILIDADE, 2023)

2.1.1.3 SISTEMA BRAILLE E A SUA APLICABILIDADE NO COTIDIANO DE PDV's

O sistema universal utilizado para a leitura e escrita Braille, surgiu no ano de 1825 com jovem francês Louis Braille que aos 3 anos de idade adquiriu cegueira.

Abismado com a impossibilidade de descobrir o mundo através da leitura e escrita seguindo o método tradicional, registrou em seu diário “Se meus olhos não me deixam obter informações sobre homens e eventos sobre ideias e doutrinas terei de encontrar uma outra forma”. (SOUZA; BATISTA; MATOS, 2016)

Desta forma o método criado por Braille consiste em uma experiência tátil, onde o indivíduo consegue ler e escrever através do conjunto de 6 pontos em alto-relevo, onde suas combinações possuem a mesma abrangência que o alfabeto habitualmente utilizado, uma série de símbolos químicos e matemáticos. A partir dos resultados satisfatórios e eficazes no uso do sistema braile para deficientes visuais; o método tornou-se universalmente popular. (SOUZA; BATISTA; MATOS, 2016)

No Brasil, o braile passou a ser utilizado pela sociedade propriamente no período imperial, com reinado de D. Pedro I e a criação do Imperial Instituto Dos Meninos Cegos, onde atualmente se encontra o Instituto Benjamin Constant, na cidade do Rio de Janeiro. (EUGENIO, 2023)

Eugenio *et al*, (2023) esclarece que: “Processo de alfabetização é um momento importante na formação intelectual de uma pessoa, seu atraso pode ser definitivo nas dificuldades que esse indivíduo irá enfrentar para compreender o mundo ao seu redor”.

Levando esse argumento em relevância a preocupação com a educação de deficientes visuais no Brasil começou de maneira tardia. Sendo somente em 1961 com criação da lei 4.024/1961 (Lei de Diretrizes da Educação Nacional) que se estabelece a ideia inicial de integração no sistema geral de ensino, com pessoas de deficiência visual, onde na época eram popularmente reconhecidos como “excepcionais”. (LEMOS, 2019)

Com a criação desta lei percebe-se a preocupação inicial do governo na realização de maneira democrática o ensino e aprendizagem inclusiva de portadores de deficiência visual. (LEMOS, 2019)

Porém as tentativas mais notáveis de inclusão, deu-se apenas em 1994, na conferência realizada pela UNESCO, em Salamanca na Espanha. Com a

participação de oitenta representantes de Estados Nacionais e vinte e cinco organizações não governamentais, onde elaborou-se o documento considerado progressista sobre o processo inclusivo de deficientes visuais na sociedade, denominado Declaração de Salamanca. (SANTOS, 2023)

Sendo levantadas as discussões desde a Declaração dos Direitos Humanos do ano de 1948, que culminam nas Normas das Nações Unidas sobre a Igualdade de Oportunidade para as Pessoas com Deficiência Visual. (SANTOS, 2023)

“Pela primeira vez, em âmbito educacional, as pessoas com deficiência visual foram contempladas no que diz respeito ao direito de estudar nas chamadas salas regulares, perdendo assim o caráter discriminatório da segregação ou exclusão”. (LEMOS, 2019, p.5)

Partindo deste pressuposto, a utilização do sistema Braille nos ambientes educacionais se tornou um instrumento indispensável, já que proporciona à pessoa com deficiência visual maior autonomia. (SANTOS, 2023)

“O sistema braille representa muito mais do que um simples instrumento de alfabetização para pessoas com deficiência visual. Ele simboliza habilidade, independência e igualdade. É crucial perceber que o Sistema Braille não deve ser apresentado apenas como código a ser decifrado, mas como um método de leitura e escrita de igual valor ao sistema convencional para os que enxergam.” (SANTOS, 2024, p.9)

Um exemplo real da aplicação do sistema braille de forma prática, é no ensino de matemática, para alunos do ensino médio portadores de deficiência visuais, como foi o caso de Pacheco; Shimazaki e Mamcasz (1998), desenvolveram um projeto com uma aluna cega com o foco principal da pesquisa a busca por soluções para elaboração de conceitos matemáticos, relacionando situações rotineiras da aluna. Foram desenvolvidos os conceitos de área, a partir da exploração dos ambientes internos da residência da aluna e para aprendizagem aprofundada dos conceitos matemáticos como produtos notáveis, foram utilizados materiais adaptáveis, como placa de madeira retangulares e quadrangulares com faces granuladas e não granuladas. (VIGINHESKI, 2013)

Como resultado desta pesquisa foi constatado a consolidação de conceitos como: articulação com a propriedade comutativa da adição e da multiplicação, a

noção de área como medida e a multiplicação como soma de parcelas. (VIGINHESKI, 2013)

2.1.1.4 USO DA TECNOLOGIA ASSISTIVA PARA A EDUCAÇÃO DOS DEFICIENTES VISUAIS

Com o vigor da declaração de Salamanca na Espanha, e a possibilidade de os deficientes visuais frequentarem as chamadas salas regulares, foram-se necessárias notáveis mudanças no cenário educacional. O conceito de educação inclusiva foi cada vez mais utilizado, com isso tornou-se necessário a implantação de ferramentas auxiliares para o aprendizado eficaz de pessoas com deficiências visuais. (GASPARETTO, 2012)

Assim como sistema braile auxilia na educação e na autonomia de portadores de deficiência visual, o uso da tecnologia assistiva juntamente com as tecnologias de informação e comunicação pode proporcionar ao usuário maior independência e praticidade. (MARAVALHAS, 2015)

Segundo Radabaugh (1993) “para as pessoas sem deficiência, a tecnologia torna as coisas mais fáceis. Para as pessoas com deficiência, a tecnologia torna as coisas possíveis”.

Na história, os recursos de TA (tecnologia assistiva) sempre estiveram presentes até mesmo na pré-história, onde os homens primitivos usavam pedaços de madeira como bengala improvisada. Com a era da tecnologia estes recursos foram se tornando mais modernos e eficientes. (GASPARETTO, 2012)

Mas é somente em 1988 que o termo tecnologia assistiva foi utilizado oficialmente dentro da legislação norte-americana, para defesa de recursos e serviços que favorecem uma vida independente no contexto social. (MARAVALHAS, 2015)

No Brasil, o Comitê de Ajudas Técnicas (CAT), ligado à Secretaria Especial dos Direitos Humanos da Presidência da República (SEDH/PH), após diversas pesquisas adotaram a seguinte terminologia para a Tecnologia Assistiva:

É uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação,

de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social. (MARAVALHAS, 2015)

Com este conceito é possível notar avanços a respeito do tema abordado. Sendo a tecnologia assistiva caracterizada como interdisciplinar, o que garante que sua aplicação não seja de forma restrita ao âmbito da saúde, mas sim das mais diversas áreas do conhecimento. Além de ser definida como uma área do conhecimento, desta forma envolvendo produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços. (GASPARETTO, 2012)

De acordo com Radabaugh (1993) na atualidade existem onze pilares que são utilizados para as TA's, que são: i) Auxílio para Vida Diária e Prática; ii) Comunicação Alternativa e Aumentativa; iii) Recursos de Acessibilidade ao Computador; iv) Sistemas de Controle de Ambiente; v) Projetos Arquitetônicos para Acessibilidade; vi) Órteses e Próteses; vii) Adequação Postural; viii) Auxílios de Mobilidade; ix) Auxílios para Cegos ou Pessoas com Visão Subnormal; x) Auxílios para Surdos ou Pessoas Com Déficit Auditivo; xi) Adaptações em Veículos.

Sendo cada recurso apresentado utilizado de acordo com a necessidade e habilidades dos indivíduos com deficiência. (GASPARETTO, 2012)

Normalmente aplicação de recursos ópticos para deficientes visuais são lupas manuais e de mesa, lunetas, teléupas, óculos com lente de aumento. Além da Tecnologia Assistiva a utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), podem ser grandes facilitadoras de tarefas do cotidiano, e na educação proporcionando maior agilidade para elas. (MARAVALHAS, 2015)

Vê-se que as possibilidades tecnológicas proporcionam variadas experiências para os indivíduos deficientes visuais, capazes de fazê-los descobrirem novas estratégias, superarem limites, relacionando fatos e ideias, existentes em seu ambiente, criando oportunidades de relacionamento e formas de adquirir conhecimento. (MARAVALHAS, 2015)

Com a utilização da tecnologia da informação, foi necessário que os educadores se familiarizassem com novos recursos tecnológicos além dos habitualmente conhecidos. (GASPARETTO, 2012)

No Brasil já existem diversos softwares que proporcionam ao deficiente visual uma maior interação ao mundo virtual e a integração social. Sendo o Dosvox, mais conhecido. Foi elaborado pelo Centro de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). (MARAVALHAS, 2015)

Através destes softwares se torna possível acessar dados em pen drives, receber e enviar documentos via e-mail, navegar pela internet, fazer downloads de textos e vídeos. Além destas utilidades fornecidas o Dosvox trabalha com uso de voz semelhante a humana, desta forma oferecendo maior conforto na leitura de textos. (GASPARETTO, 2012).

Desta forma é evidente que o cenário educacional sofre notáveis mudanças, e a implementação da tecnologia assistiva juntamente com Tecnologia da Informação e Comunicação auxiliam na integração e autonomia dos deficientes visuais. (GASPARETTO, 2012).

Em seu contexto histórico, mecanismos da TA, desde bengalas primitivas até tecnologias avançadas da informática, como software Dosvox desenvolvido pela Universidade Federal do Rio de Janeiro compactuam na interação digital e acessibilidade da informação, enriquecendo a experiência educacional e social dos deficientes visuais. O que comprova a importância das inovações tecnológicas focada na Tecnologia Assistiva (GASPARETTO, 2012).

2.1.1.5 APLICAÇÃO DO BRAILLE DENTRO DAS ESCOLAS BRASILEIRAS X OUTROS PAISES

A inclusão de estudantes cegos ou com deficiência visual no sistema educacional é uma prioridade global, e o uso do sistema Braille é uma das principais estratégias para alcançar essa meta. Este capítulo discute a aplicação do Braille nas escolas brasileiras e faz uma comparação com práticas adotadas em outros países, destacando pontos fortes e áreas de melhoria (PEREIRA, 2021).

No Brasil, a educação inclusiva é garantida por diversas leis e políticas públicas. A Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Lei nº 13.146/2015) e o Plano Nacional de Educação (PNE) estabelecem diretrizes claras para a inclusão de alunos com deficiência, incluindo a oferta de materiais em Braille. Essas iniciativas visam assegurar que todos os alunos tenham acesso a uma educação de qualidade e inclusiva (SANTOS, 2022).

Apesar das boas intenções legislativas, a realidade das escolas brasileiras ainda apresenta desafios significativos. A infraestrutura das escolas muitas vezes não é adequada, faltando materiais em Braille, tecnologias assistivas como impressoras Braille e computadores com leitores de tela, e um ambiente físico adaptado (PEREIRA, 2021).

A formação de professores é outro ponto crítico. Muitos educadores não recebem treinamento específico sobre como ensinar alunos cegos, o que compromete a eficácia do ensino. Programas de capacitação contínua são essenciais, mas ainda são insuficientes e desigualmente distribuídos pelo país (SANTOS, 2022).

Apesar dos desafios, existem casos de sucesso como a Escola Municipal de Ensino Fundamental Anne Sullivan, em São Paulo, que oferece uma infraestrutura adequada e uma equipe de professores capacitados. Outra iniciativa importante são os Centros de Apoio Pedagógico para Atendimento às Pessoas com Deficiência Visual (CAP), que fornecem recursos e suporte especializado às escolas (PEREIRA, 2021).

Nos Estados Unidos, a Lei dos Americanos com Deficiências (ADA) e a Lei de Educação para Indivíduos com Deficiências (IDEA) garantem direitos educacionais para alunos com deficiência visual. As escolas americanas possuem acesso a uma ampla variedade de recursos, incluindo livros didáticos em Braille, tecnologias avançadas, e uma infraestrutura adaptada (SANTOS, 2022).

No Reino Unido, a legislação, como a Lei da Igualdade de 2010, assegura que as escolas forneçam uma educação inclusiva. As escolas britânicas são bem equipadas com materiais em Braille e tecnologias assistivas, e a capacitação de professores é uma prioridade. O apoio do governo e de organizações não-governamentais facilita a implementação de práticas inclusivas (PEREIRA, 2021).

A Alemanha possui um sistema de educação inclusiva bem desenvolvido, com leis rigorosas que garantem o acesso de alunos cegos a uma educação de qualidade. As escolas são bem equipadas com recursos em Braille e tecnologias assistivas, e há um forte foco na formação contínua dos professores. Instituições especializadas e centros de recursos desempenham um papel crucial no apoio às escolas (SANTOS, 2022).

A Lei Básica sobre Educação garante a inclusão de alunos com deficiência visual. As escolas japonesas investem em tecnologias assistivas e materiais

didáticos em Braille, e há um sistema robusto de formação de professores. No entanto, a implementação pode variar regionalmente, com algumas áreas tendo mais recursos e apoio do que outras (PEREIRA, 2021).

Comparando o Brasil com esses países, percebe-se que a infraestrutura e os recursos disponíveis nas escolas brasileiras ainda são insuficientes. Enquanto nos Estados Unidos, Reino Unido, Alemanha e Japão, a disponibilidade de materiais em Braille e tecnologias assistivas é amplamente garantida, no Brasil, muitas escolas ainda lutam para oferecer o básico (SANTOS, 2022).

A formação de professores é um desafio comum, mas países como os Estados Unidos e o Reino Unido têm programas de capacitação mais estruturados e acessíveis. No Brasil, a formação contínua é essencial, mas ainda falta uma cobertura abrangente. Embora o Brasil tenha uma legislação avançada, a implementação dessas políticas enfrenta barreiras significativas, como a falta de recursos financeiros e a desigualdade regional. Em contraste, países como a Alemanha e o Reino Unido possuem um sistema de apoio mais eficiente e bem financiado (PEREIRA, 2021).

A aplicação do Braille nas escolas brasileiras, embora fundamentada em uma base legislativa sólida, enfrenta desafios significativos em termos de recursos, infraestrutura e formação de professores. Comparado a países como Estados Unidos, Reino Unido, Alemanha e Japão, o Brasil ainda tem um longo caminho a percorrer para garantir uma educação verdadeiramente inclusiva para alunos cegos. A troca de experiências e a adaptação de práticas bem-sucedidas de outros países podem ser caminhos promissores para melhorar a situação no Brasil (SANTOS, 2022).

2.1.1.6 MICROCONTROLADOR ESP32

É um microcontrolador fabricado pela empresa chinesa *Expressify Systems* que utiliza uma técnica de encapsulamento metálico para proteção de todos os componentes eletrônicos essenciais. Conhecida como SOC (*Sistem on Chip*), baseado em um processador *dualcore*, ele possui dois núcleos, é como se ele trabalhasse com dois cérebros ao mesmo tempo e capacidade de conexão *Wi-Fi* e *bluetooth*. Pode ser considerado como um dispositivo *IoT* (*Internet of Things*). (KATO, 2024)

Um dos pontos que podem ser confundidos com extrema facilidade está na relação entre a placa e o chip controlador, a *Expressify* só fabrica o chip, existem algumas placas fabricadas por eles integralmente porém, é bem difícil para encontrar no mercado, a maioria das placas que encontramos para compra são placas paralelas que utilizam o chip controlador da *Espressif*. (KATO, 2024)

As características que mais o destaca são: menor consumo de energia sendo 3.3V, alto desempenho de potência e versatilidade. Além disso possui amplitude em relação ao uso da linguagem para programação sendo possível utilizar C, C++ e *Python*. (KATO, 2024)

O ESP32 é o sucessor de um outro microcontrolador da mesma empresa o ESP 8266, por ser uma versão mais recente possui melhores condições de trabalho, uma das principais características que os diferem é o *bluetooth* o ESP 8266 não possui. As vantagens apresentadas perante o uso do ESP32 em relação ao ESP 8266 são: as quantidades de pinos de conversão analógico/digital e digital/analógico, e como já foi citado acima o *bluetooth*. (KATO, 2024)

Atualmente existe uma enorme variedade de tipos de chips controladores, criados para que pudessem atender melhor a condições mais específicas em projetos, como exemplo podem ser citados o *nodemcu* e o *wromm* (O *wromm* possui condições que facilita o trabalho com IoT (*Internet of Things*)). (KATO, 2024)

O arduino é mais uma marca de microcontroladores, existem várias marcas no mercado devido ao grande aumento de pessoas na cultura *maker*, que é basicamente uma comunidade cheia de pessoas interessadas em criar seus próprios projetos eletrônicos, ele possui uma interface mais simples e intuitiva assim consequentemente é mais fácil para os iniciantes, embora possua uma interface relativamente simples, pode-se criar projetos avançados utilizando-o. (THE UNIVERSITY OF WESTERN, 2022)

Assim como o ESP existem variações em relação ao modelo, desde menores e mais simples, aos maiores e mais complexos como exemplo temos o arduino uno R3 que é digamos assim o mais utilizado pelos iniciantes e temos o arduino Nano que pelo seu nível de compactação exige maior conhecimento e mais prática. (BORGES, 2022)

O arduino foi criado por um grupo de 5 pessoas: Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino e David Mellis, e atualmente é uma grande

empresa reconhecida ao redor de todo mundo. (THE UNIVERSITY OF WESTERN, 2022)

Diferentemente da *Expressify* a empresa que fabrica o arduino desenvolveu placas integralmente, eles não vendem só o chip controlador e sim toda a placa. Entretanto possui uma rede de código aberta o que possibilita a réplica e facilita o desenvolvimento de projeto, assim existem placas paralelas à venda no mercado. (BORGES, 2022)

Como foi inicialmente desenvolvido pensando na cultura maker ele possui um software onde a programação pode ser feita, possui um site oficial de apoio aos programadores incluindo kits para montagem de projetos, detalhes sobre os códigos e funções e muito mais. (THE UNIVERSITY OF WESTERN, 2022)

Comparação entre: ESP 32 X ARDUINO UNO

Quadro 1 - Comparação.

	ESP32	ARDUINO UNOR3
wifi	possui	não possui
bluetooth	possui	não possui
Crystal	40 MHz	16 MHz
Processador	• Xtensa®single-/dual-core 32-bit LX6 microprocessor(s)	8-bit AVR®RISC-based microcontroller
Alimentação	3.3V	5V

Fonte: Autoria própria

Após essa comparação direta entre eles demonstrada no Quadro 1, pode-se notar o que foi mencionado anteriormente, o arduino foi desenvolvido com o foco na didática e em pessoas com interesse na cultura *maker*. Já o ESP está voltado para projetos mais complexos, menos interessado na didática e na dinâmica da placa, os pinos na placa do arduino possuem uma ordem e indicações, na placa do ESP não o número dos pinos está sem ordem, não são só números possuem letras junto, por isso para trabalhar com ele é necessário um pouco mais de habilidade em interpretação de pinagem e suas funções, no ESP um único pino pode executar 4 funções. (ESPRESSIF SYSTEMS, 2024)

Cada projeto precisa de uma placa que atenda às suas necessidades específicas por isso não seria correto dizer que uma é melhor que a outra.

Pensando nas necessidades do projeto, o escolhido foi ESP32 para a confecção da programação, devido ao seu tamanho e a integração do *Wi-Fi* e

bluetooth que serão muito úteis para o desenvolvimento do projeto. (ESPRESSIF SYSTEMS, 2024)

2.1.1.7 LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO

No presente capítulo será discutido e contextualizado as linguagens de programação importantes para o desenvolvimento do projeto ou popularmente conhecidas no meio digital e acadêmico.

2.1.1.7.1 O QUE É LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO

Assim como os humanos utilizam diferentes linguagens para se comunicarem e transmitirem informações desejadas, o mesmo se aplica para os computadores. Onde sua linguagem se baseia em um conjunto de regras, símbolos e instruções, para realizarem diversas tarefas. (MAROQUIO, 2020)

Para Crestani a evolução da linguagem de programação e o modo em que moldamos e concebemos o desenvolvimento de softwares estão intimamente correlacionados. Partindo disso é indispensável lembrar a história da computação, o impacto significativo que ela tem na sociedade. (MAROQUIO, 2020)

Até os anos 50 a definição prática de um computador era diferente do que a sociedade moderna possui. Sendo que a maior aplicação do computador na década de 50 era realização de cálculos complexos, não possuindo implantação na área comercial ou doméstica. (MAROQUIO, 2020)

Somente com o surgimento da linguagem de programação de alto nível foi-se possível o surgimento dos computadores nas áreas comerciais. (MAROQUIO, 2020)

Mesmo com a modernização do século XXI as linguagens de programação ainda são ferramentas impulsionadoras para expansão da computação nos mais diversos setores, desde computadores pessoais até na criação de softwares e sistemas complexos. Linguagens como *Python*, C++, C possuem visibilidade no mercado além de contribuir significativamente no desenvolvimento do projeto. (MAROQUIO, 2020)

Ressaltamos que a linguagem de programação escolhida mediante a necessidade individual de cada projeto. Onde é subdividida em dois tipos, linguagem de baixo nível e linguagem de alto nível. (CRESTANI, 2024)

Sendo caracterizado linguagem de baixo nível aquela que depende do tipo de máquina para ser executada, requerendo que o programador tenha conhecimento aprofundado de detalhes técnicos da máquina, não tendo semelhança com a “linguagem humana”, como o exemplo a linguagem *Assembly*. (CRESTANI, 2024)

Já as linguagens de alto nível foram criadas com intuito de se parecerem com linguagens humanas, desta forma permitindo que o programador tenha engajamento maior na lógica dos programas criados. Sendo alguns exemplos da linguagem de alto nível, *Python* e *C++*. (CRESTANI, 2024)

2.1.1.7.2 CONTEXTUALIZAÇÃO DA LINGUAGEM C

Com a evolução na área da informática, juntamente com a necessidade latente de interação mais eficaz e acessível de computadores, surge nos anos 70 a criação da linguagem C por Dennis Ritchie. (FONTE TV, 2020)

Onde primordialmente foi desenvolvida para criação do sistema operacional *Unix*, que tinha a proposta de ser escrito somente por linguagem de programação reconhecida como alto nível. Sendo o sistema operacional *Unix* um marco para a computação e um facilitador para criação de novos sistemas operacionais importantes da atualidade como, *Linux* e o *MacOS*. (FONTE TV, 2020)

Figura 2 - Sistema Unix



Fonte: Fonte TV (2020)

A Com resultados satisfatórios do sistema Unix e a publicação em 1978 do livro “*The C programming Language*”, a linguagem C foi amplamente divulgada e utilizada no mundo. Atualmente a linguagem C é frequentemente utilizada no desenvolvimento de compiladores, sistemas operacionais, bancos de dados, editores de texto. (FONTE TV, 2020)

Figura 3 - Algoritmo em Linguagem C

```

#include <stdio.h>
#include <conio.h>
#include <math.h>
//-----

#pragma argsused
int main(int argc, char* argv[])
{
    int i;
    float E;
    float S = 45.0;
    float X = 84.0;
    float Y = 0.0;

    printf("\n\n\ti\t Y\t S \t Erro \n\n");
    for ( i = 0; i < 15; i++)
    {
        E = fabs( X - Y);
        printf("\t %d\t %3.2f\t %2.2f\t %2.5f\n",i,Y,S,E);
        if ( Y < X )
            Y = Y + S;
        else
            Y = Y - S;
        S = S / 2.0;
    }
    getch();
    return 0;
}

```

Fonte: Fonte TV (2020)

2.1.1.7.3 CONTEXTUALIZAÇÃO DA LINGUAGEM C++

Já nos anos 80, surge a linguagem C++ desenvolvida por Bjarne Stroustrup, sendo uma extensão da linguagem C, focada na programação para objetos. Se tornando uma linguagem versátil, e amplamente utilizada atualmente. Em 1979 a linguagem desenvolvida por Stroustrup era conhecida como “Linguagem C com classes”. Apenas em 1983 o termo “Linguagem C++” é utilizada no lançamento do livro “*The C++ Programming Language*”. (FONTE TV, 2022)

Embora a linguagem C seja popularmente conhecida como linguagem focada para objeto, qual é conhecido como linguagem OOP (*Object Oriented Programming*) sua aplicação pode ser nas mais diferentes funções devido suas atualizações e incrementando derivados da linguagem C; o que tornou C++ uma linguagem Multi-Paradigma, ou seja sendo adequada para outras aplicações como desenvolvimento de jogos, editores de imagem, editores de vídeo e sistemas embarcados. (FONTE TV, 2022)

Figura 4 - Algoritmo de Linguagem C++

```

1  #include <iostream>
2
3  using namespace std;
4
5  main ()
6  {
7      int varX=10, varY=100, resultado=0;
8
9      resultado = varX*varY;
10
11     cout << "\n\n";
12
13     cout << "\tvarX vale = " << varX << "\n";
14     cout << "\tvarY vale = " << varY << "\n";
15
16     cout << "\n A multiplicacao de varX*varY = " << resultado;
17
18     cout << "\n\n";
19 }

```

Fonte: Fonte TV (2022)

2.1.1.7.4 LINGUAGEM PYTHON

A linguagem *Python* é reconhecida por sua ampla aplicabilidade e simplicidade. Criada por Guido Van Rossum nos anos 80, é utilizada por diversos programadores desde iniciantes a profissionais experientes. (ALURA, 2019)

Sendo que os códigos escritos em *Python* não se é necessário utilizar compilação prévia, já que o código é interpretado pelo próprio programa utilizado.

Esta característica aliada com o fato de a linguagem ser similar a língua inglesa é o que tornou a linguagem tão popular no meio acadêmico, além de que alguns projetos podem ser escritos com maior rapidez e agilidade utilizando Python. (ALURA, 2019)

Ou seja, a ideia principal da linguagem criada por Rossum era possibilitar que os trabalhos realizados por *Python*, fossem mais simples, rápidas proporcionando ao programador se atentar com a parte lógica do código, sem ter grandes preocupações com parte sintática do código. (ALURA, 2019)

Sendo suas principais características:

- Linguagem Interpretada;
- Linguagem de *script*;
- Linguagem Multi-Paradigma (suporta paradigmas orientados a objeto, imperativos, funcional e procedural);
- Linguagem de tipagem forte.

2.1.1.7.5 LINGUAGENS COMPILADAS E INTERPRETADAS

Pode-se dizer que as linguagens de programação que são semelhantes a linguagem humana, isto é, aquelas linguagens que sua sintaxe não se parece com linguagem compreendida pelos computadores. Desta forma para uma maior funcionalidade, necessitam passar pelo processo de traduzir todas as informações contidas no código-fonte para a linguagem de máquina. (KITAMURA, 2021)

Esta tradução pode ser feita de duas maneiras. Sendo a primeira de forma compilada que nada mais é que pegar o código-fonte e traduzi-lo integralmente para a linguagem de máquina (linguagem binária) e de uma forma antecipada. O que acontece com as linguagens *Rust*, *C*, *C++* e *Fortran*. (KITAMURA, 2021)

Ou traduzir de forma interpretada, que consistisse repassar todas as informações tidas no código-fonte para uma linguagem que o *hardware* possa compreender, simultaneamente a sua execução. O que acontece com as linguagens *Python*, *Java Script*, *Ruby* e *PHP*. (KITAMURA, 2021)

2.1.1.7.6 LINGUAGEM UTILIZADA NO PROJETO

De acordo com a breve introdução à linguagem de programação e a alguns dos seus tipos. (CRESTANI, 2024)

Sendo levado em consideração as e objetivos do projeto, foi-se preferível a utilização da linguagem C++ para elaboração da prática do projeto devido a suas inúmeras vantagens, especialmente pela sua compatibilidade com microcontrolador ESP 32. Além da linguagem ser conhecida por sua capacidade de programação orientada a objetos, o que permite a organização e estruturação do código, facilitando e agilizando a manutenção dele, caso seja necessário. (CRESTANI, 2024)

Outro ponto decisivo para escolha, é o suporte que a linguagem C++ oferece, como uma comunidade de desenvolvedores e bibliotecas eficientes, facilitando a implementação de funções avançadas do ESP32, como gerenciamento de conexões *Wi-Fi* e *Bluetooth*. (CRESTANI, 2024)

Em suma, a linguagem C++ não só atendeu as necessidades de compatibilidade com microcontrolador ESP32, mas também ofereceu uma base sólida para alcançar os objetivos proposto no desenvolvimento do projeto. (CRESTANI, 2024)

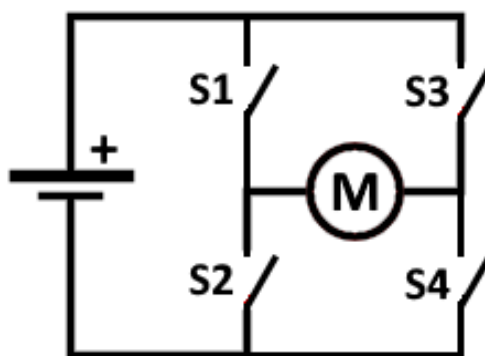
2.1.1.8 DRIVER MOTOR L9110

Os motores elétricos desempenham um papel fundamental em aplicações industriais e cotidianas. Porém, na garantia de um desempenho preciso e eficiente, é necessário a utilização de dispositivos de controles adequados.

Os drivers de motores aparecem como componentes cruciais, onde empenham o papel de regular velocidades, direções e torque do motor, aperfeiçoando assim suas operações. Os drivers são placas compactas que são utilizados no auxílio de motores pequenos, eles são módulos que podem permitir o controle de motores em sentidos horários e anti-horários, com fornecimento a comunicação por programação entre microcontroladores. Neste projeto em específico, utilizou-se driver do motor ponte H dupla L9110 com a comunicação em interface com o microcontrolador ESP32. (VELASQUEZ, 2022)

A princípio é necessário mostrar sobre o dispositivo e o seu funcionamento. É utilizado o funcionamento ponte H, onde um sub circuito ajuda a controlar não apenas a velocidade do motor utilizado, mas também o sentido de rotação. (MASCARENHAS, 2018)

Figura 5 - Ponte H



Fonte: Barone (2012)

A ponte H leva este nome justamente por seu formato, como demonstrado na figura 5. O básico do funcionamento é a partir de 4 interruptores e o motor em seu centro, assim, a forma que o acionamento desses interruptores acontecer, o fechamento do circuito irá denominar a rotação do motor ou o seu não funcionamento. (MASCARENHAS, 2018)

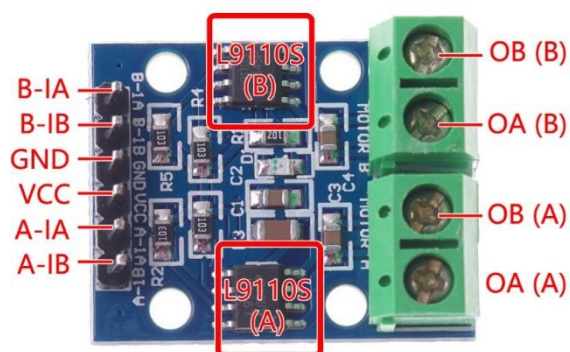
Quando os interruptores S1 e S4 forem fechados, a tensão de um sinal positivo será recebida ao motor, fazendo com que o motor gire para um sentido. Ao abrir os interruptores S2 e S3 a tensão será invertida, assim o motor operará na

direção oposta. É necessário declarar que em situações onde os interruptores S1 e S2 forem acionados simultaneamente, ocorrerá uma falha no sistema, onde poderá ocorrer o risco de curto-circuito na fonte de tensão da entrada. Isso também se encaixa no acionamento sincronizado dos interruptores S3 e S4. (VELASQUEZ, 2022)

A operação do dispositivo eletrônico L9110, faz o acionamento de uma carga com maior potência, a tensão de operação que o dispositivo pode alimentar é de 2.5 V a 12 V, podendo ser utilizado em microcontroladores que utilizam uma tensão de 3.3V ou 5V. Ele possui dois chips independentes L9110, onde podem aumentar 800mA de corrente contínua, gastando pouca energia mostrando assim ser muito eficiente. (VELASQUEZ, 2022)

O acionamento desta placa contém 2 conectores *bornes* onde podem ser ligados os motores (*Bornes* são um tipo de conectores que garante a ligação correta e segura de um condutor. É ideal para qualquer tipo de instalação, sendo fabricado com o material de alta qualidade para o seu uso genérico). Dentre os 6 pinos machos existentes na placa, sua alimentação será feita a partir de 2 pinos centrais VCC (para positivo) e GND (para negativo) enquanto os demais pinos serão referentes aos motores ligados nos conectores sendo eles nomeados como motor A e o motor B, onde será recebida a programação do microcontrolador utilizado, como mostrado na figura 6 as localizações e nomenclatura de seus pinos. (LAB, 2023)

Figura 6 - L9110



Fonte: Founder (2024)

Os pinos serão considerados entradas e saídas dos devidos motores conectados ao driver, sendo IA (entrada A) e OA (saída A) e IB (entrada B) e OB (saída B). Quando nível lógico de IA for *HIGH* (acionado) será acionado OA que

conduzirá o motor para uma direção. Se o pino IB estiver com o nível lógico *HIGH*, OB acionará o motor para a direção oposta. Porém, se os pinos IA e IB forem acionados em conjunto, seu nível lógico será *LOW* (não acionará), como mostrado na figura 3. (VELASQUEZ, 2022)

Quadro 2 - Entradas e saídas do L9110.

IA	IB	OA	OB
HIGH	LOW	HIGH	LOW
LOW	HIGH	LOW	HIGH
LOW	LOW	LOW	LOW
HIGH	HIGH	LOW	LOW

Fonte: Velasquez (2022)

2.1.1.9 MOTOR VIBRACALL

O motor vibracall é uma tecnologia crítica desenvolvida para dispositivos móveis e comunicação pessoal, permitindo uma maneira silenciosa e efetiva de notificar um usuário em chamadas, mensagens ou atividades sem o uso de barulhos audíveis. Ao longo desse capítulo investiga-se a história, operação e usos modernos desse motor, abordando os prós que o aplicam e as considerações da moderna tecnologia de comunicação. (MP CELL, 2020)

O motor vibracall, também conhecido como vibrador de alerta em termos traduzidos, é outra tecnologia que revolucionou nossa abordagem a dispositivos móveis. Ao longo deste capítulo, examino o estabelecimento da detecção inovadora no valor de vibracall, entre 1960 e 1970, no início do desenvolvimento da tecnologia móvel. Para muitos dos primeiros fabricantes de smartphones, uma detecção de vibro-tato que permite que os consumidores ressignifiquem a noção de que um deles está girando. (MP CELL, 2020)

Essa tecnologia começou a ser desenvolvida na década de 1990, nos primeiros tempos de popularização dos primeiros aparelhos celulares, ele serviu como uma alternativa ao toque sonoro de chamada, que não podia deixar o dono em um local onde não seria permitido, ele tinha o tamanho de um parafuso para óculos (cerca de 2 a 5mm). Um sinal elétrico com uma amperagem mínima o fazia girar, e o movimento centrífugo criava uma vibração que o usuário poderia perceber. Com o tempo, com o aprimoramento do próprio vibracall e com a miniaturização de motores

e baterias, eles se tornaram mais eficientes e compactos, o que permitiu integrá-los em dispositivos muito menores do que os celulares clássicos, por exemplo, smartphones modernos e outros dispositivos portáteis que possuem a mesma função. (ARAUJO, 2023)

No entanto, um dos marcos mais significativos no desenvolvimento do motor foi a miniaturização e o aumento da eficiência energética. Empresas líderes em telecomunicações e eletrônicos investiram em pesquisa e desenvolvimento para criar motores menores e mais eficientes que seriam adequados para dispositivos portáteis. Os avanços nos materiais e técnicas de fabricação também desempenharam um papel primordial. (ARAUJO, 2023)

Pesquisadores acadêmicos e engenheiros contribuíram com avanços significativos no design e na tecnologia dos motores vibracall. Instituições de pesquisa focaram em melhorar a força a confiabilidade e a capacidade de produção em massa desses motores, enquanto empresas como *Nokia*, Motorola e outras líderes do setor integraram essas inovações em seus produtos, impulsionando ainda mais o desenvolvimento da tecnologia vibratória. (ARAUJO, 2023)

A nova alternativa silenciosa e discreta aos alertas sonoros tradicionais foi habilitada pelo motor vibracall, que transformou o mercado de dispositivos móveis, a inovação não só melhorou a experiência do usuário ao permitir que as pessoas fossem alertadas sem perturbar o ambiente ao redor, mas também teve um impacto no design e na ergonomia dos dispositivos móveis, em comparação com outros dispositivos, a capacidade dos motores vibratórios mudou as expectativas dos consumidores e acelerou a evolução dos smartphones. (ARAUJO, 2023)

O motor é uma tecnologia inovadora que não apenas transforma a maneira como recebemos alertas em dispositivos móveis, mas também tem um papel essencial na inclusão e na comunicação para indivíduos surdos ou com deficiência auditiva. (ARAUJO, 2023)

Um dispositivo eficiente e compacto, o motor vibracall transforma sinais elétricos em vibrações táteis perceptíveis, ele é projetado para alertar o usuário através do toque em dispositivos como *smartphones*, relógios inteligentes, alarmes e outros equipamentos eletrônicos, oferecendo uma alternativa discreta e eficaz aos alertas sonoros tradicionais, como em escolas, escritórios e transporte público, o uso em sistemas de alarme e sinalizações garante que pessoas surdas sejam alertadas

sobre emergências, mudanças de horário e outros eventos importantes de forma eficiente e discreta. (ARAUJO, 2023)

Dispositivos especializados como despertadores vibratórios utilizam o motor vibracall para acordar pessoas surdas de maneira suave e eficaz, sem perturbar outras pessoas no ambiente, ele desempenha um papel crucial na promoção da inclusão digital e na melhoria da acessibilidade para pessoas surdas ou com deficiência auditiva. Ao proporcionar uma alternativa tátil aos alertas sonoros, ele permite que esses indivíduos participem mais plenamente da sociedade, superando barreiras de comunicação que antes eram mais desafiadoras e assim como essa tecnologia se desenvolve e é empregada, é possível que as comunidades surdas ao redor do planeta experimentem progressos significativos na inclusão e acessibilidade. (ARAUJO, 2023)

A integração do motor Vibracall com o ESP32 oferece uma maneira poderosa de adicionar feedback tátil a uma ampla gama de dispositivos eletrônicos e sistemas *IoT*. Ao ajustar a intensidade e o padrão das vibrações, é possível criar uma experiência de usuário mais rica e informativa, melhorando assim a usabilidade e a funcionalidade dos dispositivos. (ARAUJO, 2023)

O motor Vibracall pode desempenhar um papel significativo em auxiliar pessoas cegas, proporcionando-lhes informações adicionais e *feedback* tátil em diversas situações.

As possibilidades de aplicação do motor integrado com o ESP32 são vastas e variadas. Além das aplicações comuns, como notificações de chamadas ou mensagens em *smartphones*, o sistema pode ser utilizado em uma variedade de dispositivos inteligentes, como:

- Dispositivos vestíveis, como *smartwatches* e pulseiras de *fitness*, para alertas de atividade física ou lembretes de saúde.
- Sistemas de automação residencial, para notificar sobre a detecção de movimento ou a ativação de dispositivos de segurança.
- Dispositivos médicos, para alertar pacientes sobre a necessidade de tomar medicamentos ou realizar verificações de saúde. (ARAUJO, 2023)

O motor Vibracall pode desempenhar um papel valioso em tornar a tecnologia mais acessível e inclusiva para pessoas cegas, fornecendo-lhes informações adicionais e *feedback* tátil em uma variedade de situações e contextos.

2.1.1.10 REDE BLUETOOTH

O nome Bluetooth veio em homenagem ao rei Dinamarquês e Norueguês *Harald Blatand* – em inglês *Harold Bluetooth* (traduzido do inglês como dente azul) Blatand ficou conhecido na história por unir tribos norueguesas, suecas e dinamarquesas. Do mesmo modo o *Bluetooth* analisa unir diferentes tecnologias, como telefones móveis e computadores. A tão conhecida logotipo *Bluetooth* é a junção de duas runas nórdicas para letras H e B. (BONATTO; OLIVEIRA, 2007)

Em 1998, um consórcio denominado *SIG (Special Interest Group)*, foi estabelecido pela *Sony, Ericsson, IBM, Intel, Toshiba e Nokia*, onde se desenvolveu o padrão *Bluetooth* (atualmente o consórcio inclui mais de 2000 empresas). Nesse mesmo ano o nome *Bluetooth* foi oficialmente utilizado por esse grupo onde no ano seguinte, em 1999 é lançado sua primeira versão do padrão *Bluetooth 1.0*. Após o lançamento iniciou-se cada vez mais o seu desenvolvimento, sendo em 2000 o surgimento do primeiro telefone celular com a utilização de *Bluetooth*. Originou-se também a primeira placa de computador pessoal de PC com *Bluetooth*, o primeiro protótipo de *mouse, laptop* e fone de ouvido que foram todos desenvolvidos no início do ano 2000. (BONATTO; OLIVEIRA, 2007)

Já em 2001 surgiu a primeira impressora para se conectar ao padrão *Bluetooth*, acompanhado do primeiro laptop efetivo, e em seguida o surgimento de outros itens como teclado e *mouses* combinados para conexão ao padrão, receptores GPS e câmeras digitais. O padrão *Bluetooth* foi muito bem desenvolvido ao passar dos anos, sendo em 2002 a IEEE (Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos) formaliza o padrão com uma norma específica chamada 802.15.1. Em 2006 surgiu então os óculos de sol, relógios, porta-retratos utilizando os padrões *Bluetooth*, sendo no ano seguinte o primeiro rádio despertador, a primeira televisão nesse padrão foi surgida, como também em 2013 o primeiro mp3 player com esse padrão foi lançado. (HAYASHI, 2020)

No ano de 2016, surgiu o *Bluetooth 5*, onde dobrou-se a velocidade do padrão *Bluetooth* e um aumento considerável da capacidade de transmissão de dados para 800%. No mesmo ano com a versão *Bluetooth 5* foi apresentado novos kits de desenvolvimento de *IoT* (Internet das coisas), o *Bluetooth* é uma tecnologia muito esperada para a aplicação na Internet das Coisas (*IoT* é quando os objetos passam a ser internet e interagem com outros objetos). No *Bluetooth 5* além do aumento de

capacidade, também é ampliado o padrão de velocidade, passando a ser orientado a trabalhar com *IoT*. (HAYASHI, 2020)

É importante mencionar que em 2017 a capacidade de rede em malha do padrão *Bluetooth*, onde até então só havia padrões de conexão ponto a ponto comuns, dispositivos diretos ao outro, para especificamente implementar o padrão *Bluetooth* em redes de larga e grande escala. A capacidade em rede de malha implantada ao padrão oficial *Bluetooth*, isto é, uma rede de ponto-a-ponto tradicional com o padrão é um computador onde conectado ao outro usando padrões *Bluetooth*, onde numa conexão ponto-a-ponto estão conectados diretamente ao outro. Porém esse padrão em malha corresponde a várias conexões ponto-a-ponto onde cada terminal é conectado a todos os outros. Assim o padrão *Bluetooth* passou a permitir a formação de uma rede *mesh*, uma rede com topologia em malha, onde causa uma revolução no padrão *Bluetooth* que a início era apenas conexões ponto-a-pontos comuns e passa a permitir redes em malha. (HAYASHI, 2020)

A tecnologia Bluetooth é um dispositivo de curto alcance, onde a finalidade é dissipar cabos na conexão de dispositivos eletrônicos, tantos fixos como portáteis. Sua principal característica dessa tecnologia são a confiabilidade, o baixo consumo e o custo mínimo. Os dispositivos Bluetooth se comunicam entre si, formando uma rede denominada *piconet*, na qual podem existir até 8 dispositivos interligados, sendo um deles o *master* (Mestre) e os dispositivos *slave* (escravos). (BONATTO; OLIVEIRA, 2007)

O *Bluetooth* é a rede de comunicação mais utilizado para conexões padrões *wireless*, conhecida como tecnologia para comunicação sem fio. O *Bluetooth* foi desenvolvido com o objetivo de o padrão ser o consumo de redes do tipo WPAN (PAN significa redes pessoais, W vem de *Wireless* que significa sem fio, sendo a rede pessoal sem fio). (HAYASHI, 2020)

Mas a princípio o que seria rede pessoal? É aquela rede que conecta dispositivos de um determinado usuário. Quando mencionado a WPAN, significa que essa determinada rede pessoal não utiliza fio, sendo assim essa a finalidade para o desenvolvimento do *Bluetooth*, para conectar *laptops*, *smartphones* e *tabletes*. (HAYASHI, 2020)

O padrão *Bluetooth* para realizar a sua comunicação sem fio utiliza ondas de radiofrequência operando com uma frequência de aproximadamente 2,4 GHz, compreende como de 2.400 MHz até 2.483,5 MHz, o que dá em um

arredondamento de aproximadamente 2,4 GHz de faixa de operação de frequência do *Bluetooth*. (HAYASHI, 2020)

O seu funcionamento é muito parecido com o funcionamento de redes *Wi-Fi*. O *Wi-Fi* e *Bluetooth* são tecnologias que utilizam ondas eletromagnéticas e ondas de rádio para transmitir os dados entre os aparelhos sem fio e esses aparelhos funcionarem como receptores e transmissores ao mesmo tempo. Essa transmissão de dados é medida em GHz como dito acima. A velocidade de ciclo que essas ondas se movimentam carregando essas informações nesse caso é de 2.4 bilhões de vezes por segundo. O *Bluetooth* em comparação ao *Wi-Fi* utiliza menos energia e muita menos força, resultando num sinal mais fraco, sendo por esse motivo os aparelhos conectados estarem perto um do outro caso contrário a conexão é cortada. (CRUZ, 2020)

A vantagem de o *Bluetooth* ter essa conexão fraca é que normalmente não se sofre interferência de outros aparelhos que também estão usando da tecnologia de comunicação sem fio, como *smartphones* e móveis. Isso também se dá pelo fator de que a frequência da tecnologia *Bluetooth* pode mudar até 1.600 vezes por segundo. Quando conectado um aparelho *Bluetooth* mestre a um aparelho *Bluetooth* comandado, como por exemplo um celular e o *hardware* de um carro, se a conexão entre esses dois aparelhos for aprovada uma rede entre esses aparelhos será gerada, impedindo que outros aparelhos interfiram nessa conexão. (CRUZ, 2020)

2.1.1.11 IMPRESSÃO 3D

De acordo com Miranda Morandini (2020) a impressão tridimensional é uma tecnologia capaz de trazer para o mundo físico objetos no qual suas dimensões como altura, largura e profundidade foram estabelecidas digitalmente e passadas para a impressora através de um *software*. Tecnicamente falando a impressão 3D pode ser considerada manufatura aditiva já que a matéria prima é adicionada gradualmente ao objeto até que ele se forme totalmente. (MORANDINI; VECHIO, 2020)

Nos dias atuais esta tecnologia vem revolucionando o mercado atual, principalmente o processo de prototipagem de peças, antes tinham que ser moldados manualmente e só depois ir para o processo de fabricação porém com a revolução da impressão 3D muitas áreas como engenharia civil e até a indústria

móbil elaborando suas peças através deste processo, entretanto os materiais utilizados como matéria prima não são mais só polímeros (plásticos), também são utilizados metais, resinas, borracha, papel e até cimento. (MORANDINI; VECHIO, 2020)

2.1.1.11.1 SURGIMENTO DA IMPRESSÃO 3D

Antes mesmo dos homens aprenderem a falar, eles já buscavam formas de realizar tarefas mais facilmente e com mais agilidade, a impressão tridimensional é um ótimo exemplo desta busca. (MORANDINI; VECHIO, 2020)

Segundo Lonjon (2017) esta tecnologia teve sua primeira aparição em 1980 quando o médico Japonês Hideo Kodama do Instituto Municipal de pesquisa industrial de Nagoya solicitou a patente para o seu sistema de prototipagem rápida, que ele descreveu como uma “cuba de material foto polímero, exposta a uma luz UV, que endurece uma peça e constrói um modelo em camadas“, este medico buscava um método de prototipagem através de foto polimerização o processo utiliza uma resina que ao ser exposta a luz UV (ultravioleta) muda seu estado físico e se torna rígido e resistente. Entretanto não conseguiu a sua patente. (LONJON, 2017)

Em 1983 o Engenheiro Charles Hull formado em 1961 pela Universidade do Colorado estava passando pela mesma frustração, a longa demora para o desenvolvimento de materiais plásticos, que ele utilizava para criar moveis colocando pequenas camadas de plástico e unindo-as através da luz ultravioleta, uma simples peça levava pelo menos 2 meses para ser feita. Por esse motivo Charles se dedicou e criou a primeira impressora 3D do mundo todo, chamada de estereolitografia, em pouco tempo a comercialização das impressoras de estereolitografia já estava sendo feita, e conseqüentemente Charles também criou a primeira empresa de impressão 3D em 1986 chamada de 3D Systems. (LONJON, 2017)

2.1.1.11.2 FUNCIONAMENTO DA IMPRESSÃO 3D

Trott (2012), descreve que todo objeto impresso tridimensionalmente possui uma representação gráfica no computador, mas especificamente em softwares

específicos para esse trabalho como o *CURA*, *SolidWorks*, *3D Slash* dentre outros. Os protótipos das peças podem ser inicialmente feitos através de programas *CAD* (*Computer-Aided Design*) com *softwares* como o *Autodesck AutoCAD*, *Autodesck Inventor*, *zBrush*.

Após o objeto ser previamente desenvolvido, o processo se inicia, o software que converte o projeto do objeto para uma linguagem que a impressora entenda e reconheça fatia a peça em diversas camadas, que dependem da complexidade da peça e tamanho, a impressão é feita camada por camada até a conclusão total, este processo pode levar de minutos até muitas horas. Dentre esses processos existe também o preparo da impressora, para garantir que esteja na temperatura certa e com o material correto. (TROTT, 2012)

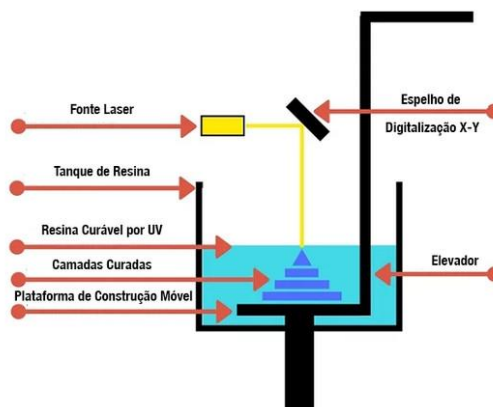
2.1.1.11.3 TIPOS DE IMPRESSÃO

No mercado atual existem diversos tipos de impressão, embora não exista uma impressora que abranja todas as possibilidades de processos, logo cada modelo está direcionado para um fim específico. (GARRET, 2016)

2.1.1.11.4 ESTEREOLITOGRAFIA (SLA)

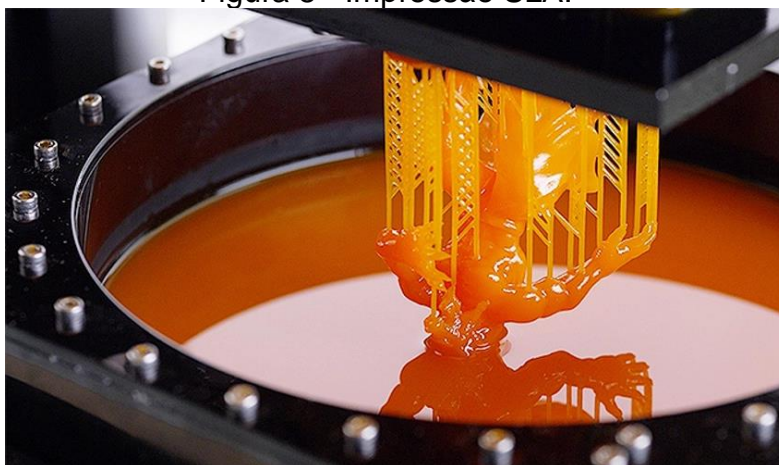
Como já citado a cima este foi o primeiro modelo, cujo processo ocorre da seguinte forma o caminho da impressão é guiado por um laser de alta potência sobre a superfície de um tanque preenchido com uma resina fotossensível, quando o laser é direcionado para dentro do tanque em locais específicos, esta resina se solidifica formando assim camada por camada do objeto desejado, geralmente as impressoras que tem esse meio de trabalho, funcionam inversamente, pois o material não é depositado em quantidade específica e sequencialmente, mas sim o laser direcionado para um tanque preenchido com a resina e assim se inicia o formato da peça. (TROTT, 2012)

Figura 7 - Funcionamento impressão SLA.



Fonte: Printers (2023)

Figura 8 - Impressão SLA.



Fonte: Lab indústria 3D (2020)

2.1.1.11.5 SLS – SINTERIZAÇÃO SELETIVA A LAZER

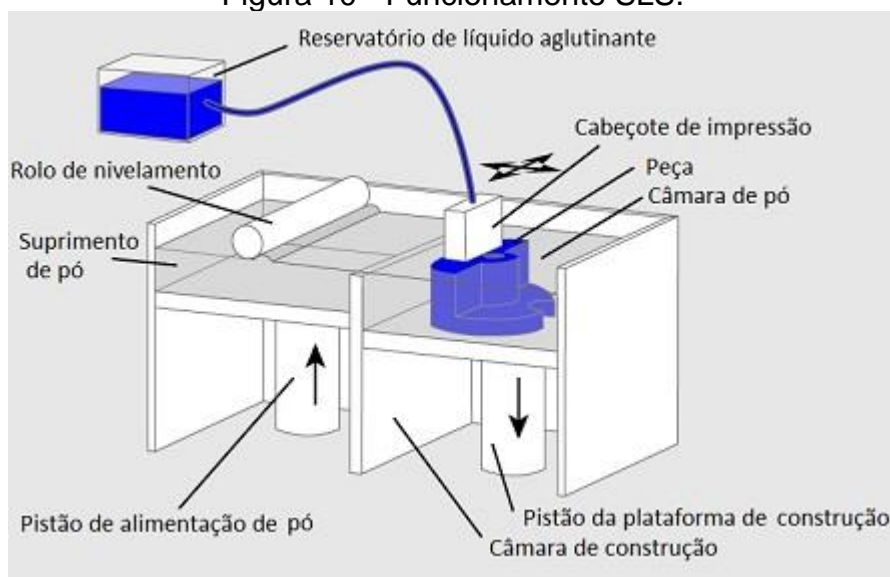
Segundo BOX (2020), este pode ser considerado um dos processos mais baratos no mercado, utiliza um laser de dióxido de carbono para sintetizar um pó, o laser funde as partículas deste pó e não necessariamente precisa ser um material em específico ou especial, para ser matéria prima deste processo basta ser um pó que possa ter suas moléculas fundidas. É similar a estereolitografia as matérias primas nos dois processos são expostas em um tanque e o laser que solidifica o material para que a peça seja concluída.

Figura 9 – SLS.



Fonte: Box (2020)

Figura 10 - Funcionamento SLS.

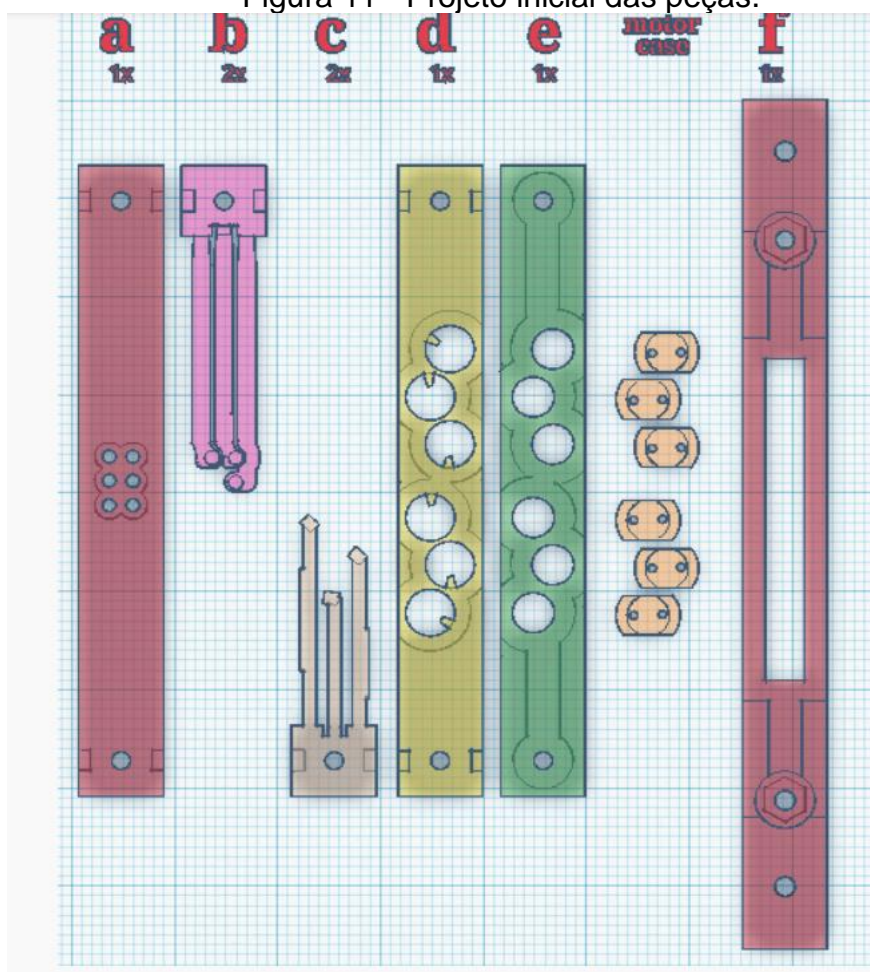


Fonte: Roda (2020)

2.1.1.11.6 COMPOSIÇÃO DA CÉLULA

A célula é formada por 8 peças, sendo elas subdivididas em 6 grupos. Peça 'a' é o topo da célula, o local onde o usuário utilizará para sentir os pontos que formaram as letras. Peça 'b' são os pontos que formaram as letras. Peça 'c' é o intermediário que transformará a rotação dos motores em movimento de sobe e desce, consequentemente sobem os pontos que formam as letras. Peça 'd' está encarregada da trava dos motores em um único ponto, para garantir assim, junto com a programação, que os motores não fiquem em rotação infinita. Peça 'e' responsável por literalmente segurar os motores, assim eles não irão rotacionar junto com o pêndulo que acionará os pontos. Peça 'f' é o suporte de toda a célula.

Figura 11 - Projeto inicial das peças.



Fonte: Santiago et al (2020)

2.1.1.12 PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO

Na língua inglesa, *Printed Circuit Board (PCB)*, no Brasil, é conhecida como Placas de Circuito Impresso (PCI).

É uma peça fundamental na eletrônica moderna, sendo utilizada para suportar e interconectar componentes eletrônicos de maneira eficiente e confiável surgiu ao início do século 20, quando foram desenvolvidas técnicas para montagem de dispositivos elétricos e eletrônicos de forma mais compacta e organizada. (FRISSE; SILVA, 2020)

No entanto, o desenvolvimento moderno das *PCBs* teve um marco significativo durante a Segunda Guerra Mundial, quando as necessidades militares

levaram ao aprimoramento das técnicas de fabricação de placas de circuito. (FRISSO; SILVA, 2020)

O desenvolvimento inicial das *PCBs* pode ser atribuído a diferentes avanços em tecnologia e materiais. Por exemplo, em 1925, Charles Ducas patenteou um método para imprimir circuitos diretamente em uma base isolante. Esse conceito foi posteriormente aprimorado e adaptado para uso em eletrônicos mais complexos. (BRASIL, 2024)

Durante os anos 1940 e 1950, avanços adicionais na tecnologia de impressão e na aplicação de materiais isolantes permitiram o surgimento das *PCBs* como as conhecemos hoje, inicialmente as placas de circuito impresso eram usadas principalmente em aplicações militares e industriais, devido à sua confiabilidade e capacidade de miniaturização de componentes. (BRASIL, 2024)

O primeiro uso documentado das *PCBs* foi durante a Segunda Guerra Mundial, quando foram empregadas em equipamentos militares sensíveis e rádios. A tecnologia foi mantida em segredo por muitos anos, até que se tornou mais amplamente disponível para aplicações comerciais e industriais após o conflito. (EISLER, 2021)

Herbert Paul Eisler é amplamente reconhecido como um dos pioneiros no uso de *PCBs* para aplicações industriais nos anos 1940. Sua empresa, a Paul Eisler Ltda., foi uma das primeiras a produzir e comercializar placas de circuito impresso em larga escala. (EISLER, 2021)

As placas de circuito impresso podem ser classificadas de acordo com vários critérios, incluindo o número de camadas, o tipo de material isolante e o método de montagem dos componentes. As categorias comuns incluem:

Simple Face: Contém traços em apenas um lado da placa.

Dupla Face: Traços em ambos os lados da placa, interconectados através de furos metalizados.

Multicamadas: Placas com mais de duas camadas, proporcionando maior densidade de componentes

FR-4: Material composto de fibra de vidro e resina epóxi, amplamente utilizado devido à sua alta resistência e desempenho elétrico.

Materiais Especiais: Incluem substratos cerâmicos e polímeros de alta temperatura para aplicações específicas.

PTH (Through-Hole Technology (Tecnologia de furo passante)): Componentes são montados através de furos metalizados na placa.

SMT (Surface Mount Technology): Componentes são montados diretamente na superfície da placa, sem furos. (EISLER, 2021)

A placa de controle recebe sinais de entrada dos sensores, que detectam condições específicas no ambiente ou sistema. Esses sinais são processados pelo circuito da placa, que os compara com parâmetros pré-definidos. Com base nessa comparação, a placa envia sinais de saída para atuadores, que ajustam as variáveis do sistema para manter as condições desejadas. (EISLER, 2021)

Componentes e Tecnologias: As placas de controle podem variar amplamente em complexidade e tecnologia. Podem incluir microcontroladores ou sistemas embarcados, software de controle e algoritmos de processamento de sinal.

Sensores e atuadores específicos são escolhidos de acordo com as necessidades do sistema que está sendo controlado. (EISLER, 2021)

2.2 TÓPICOS DE FUNDAMENTAÇÃO

O protótipo de dispositivo tátil de código Braille foi desenvolvido com foco em portabilidade, conectividade e desempenho dinâmico. A escolha de utilizar baterias recarregáveis foi fundamental para garantir a portabilidade do dispositivo, permitindo que fosse utilizado em qualquer ambiente, sem a necessidade de uma fonte de alimentação constante. Para o controle e comunicação sem fio, optou-se pelo microcontrolador ESP32, que, além de ser eficiente, oferece conectividade *Bluetooth*, possibilitando o controle remoto do dispositivo via *smartphones* e outros dispositivos. Já o driver L9119 foi escolhido por sua capacidade de controlar de forma precisa e dinâmica os motores vibracall, responsáveis pela movimentação das células Braille. Sua integração com o ESP32 facilita o controle do movimento com baixo consumo de energia, assegurando a eficiência do sistema. Juntas, essas tecnologias garantem um protótipo funcional, flexível e acessível, proporcionando uma experiência de leitura tátil moderna e intuitiva para pessoas com deficiência visual.

2.3 RECURSOS NECESSÁRIOS

Embasamento teórico, junto da organização para arrecadação de dinheiro para o protótipo, materiais eletrônicos, ferramentas, peças 3D, espaço adequado para trabalho disponibilizado pela escola, habilidade e recursos para programação e planejamento para desenvolvimento do projeto.

2.4 CRONOGRAMA

O projeto foi finalizado no decorrer de 1 ano, a parte de planejamento teórico durou 2 meses, após este período o desenvolvimento da monografia foi iniciado, em março iniciou e foi concluída em setembro, o desenvolvimento eletrônico do projeto se iniciou em Maio e foi concluído em Julho, a montagem final e desenvolvimento da placa de controle foram iniciados em Julho e finalizados em Novembro.

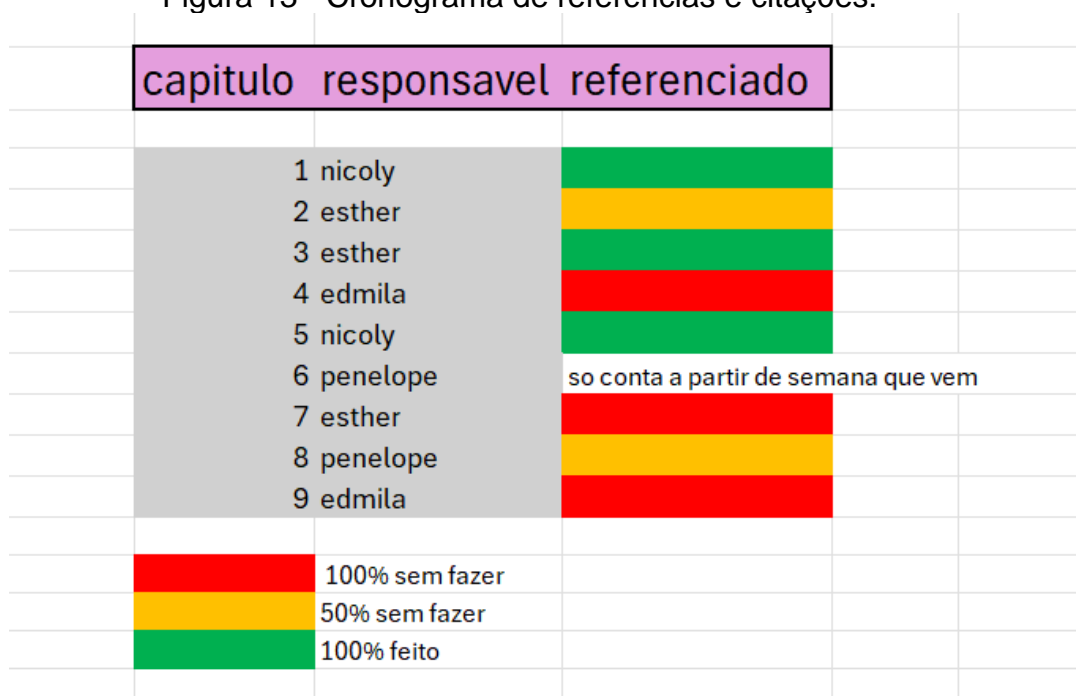
Foi utilizado um sistema para a escrita dos capítulos da monografia proposta pelo professor. Antecipadamente foram estipulados temas cogitados serem importantes para serem escritos, em seguida foram determinadas datas para início das pesquisas e escrita e a data de término de cada capítulo, que posteriormente seriam iniciadas as escritas de novos capítulos para serem entregues, além disso, 2 documentos foram criados, um para organização dos indivíduos que escreveriam cada capítulo como demonstrado na figura 12 e outro para a organização das referências e citações como demonstrado na figura 13.

Figura 12 - Cronograma da escrita.

Capitulo	responsavel	inicio	termino	feito
2	esther	15/mai	25/mai	
3	esther	25/mai	02/jun	
4	edmila	02/jun	12/jun	
5	Nicolý	12/jun	17/jun	
6	Nicolý	20/jun	17/jun	
7	esther	28/jun	10/jul	
8	penelope	06/jul	10/jul	
9	edmila	14/jun	22/jul	
10	esther	22/jul	30/jul	

Fonte: Autoria própria

Figura 13 - Cronograma de referências e citações.



Fonte: Autoria Própria

2.5 DESENHOS E DETALHAMENTOS

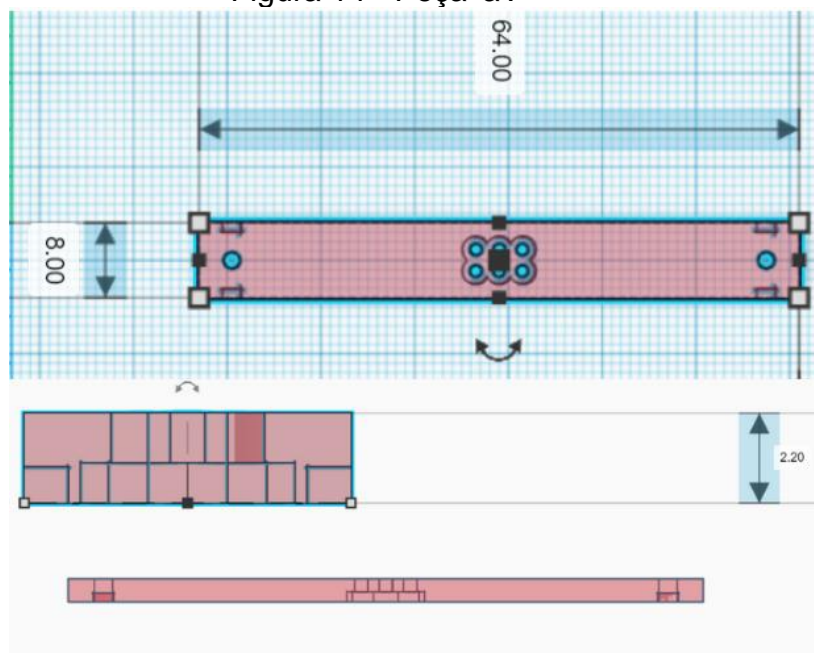
Neste tópico serão expostos os desenhos e detalhamentos que foram necessários durante a execução do projeto, desde as peças que foram impressas até os diagramas feitos para elaboração da *PCB*.

Dando início ao detalhamento das peças 3D, sendo visão superior, lateral, frontal sem cota. Sendo mm (milímetro) a unidade de medida utilizada.

Em sequência, as imagens e declarações necessárias sobre os diagramas feitos, juntamente com a imagem 3D de como ficaria a *PCB*.

Esta é a peça 'a', responsável por assegurar que os pontos estarão na posição correta quando forem acionados.

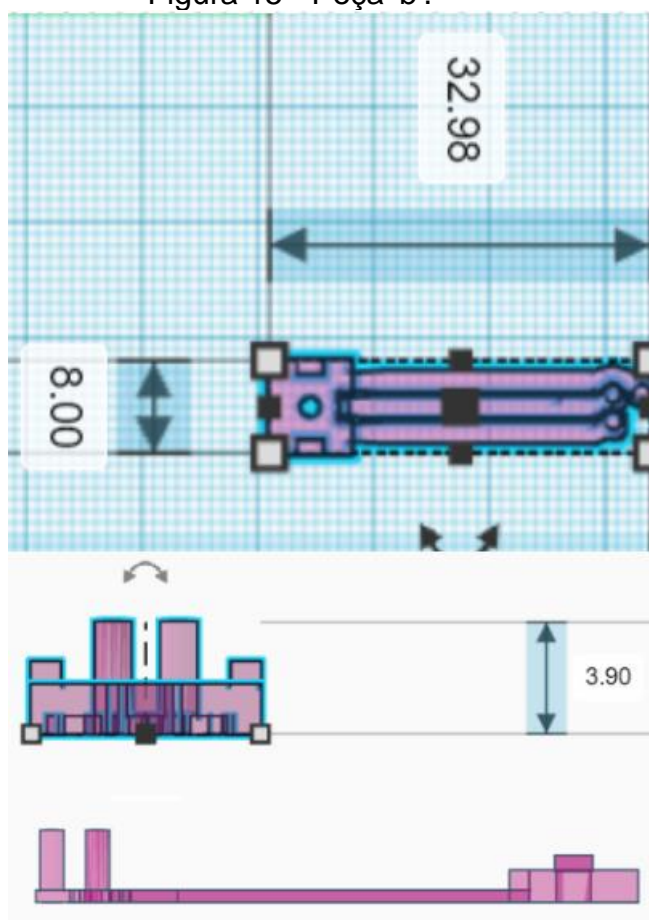
Figura 14 - Peça 'a'.



Fonte: Santiago et al (2020)

Peça 'b', ela é literalmente os pontos que formam as letras, para a montagem física são necessárias 2 delas, pois cada uma executa a função de 3 pontos.

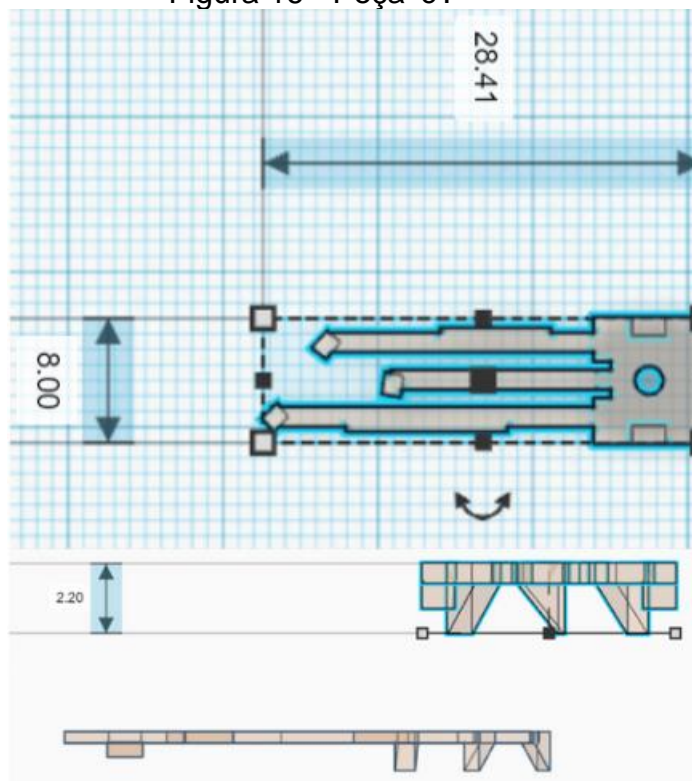
Figura 15 - Peça 'b'.



Fonte: Santiago et al (2020)

Esta é a peça 'c', responsável por acionar a peça 'b'. Quando os motores são acionados, ela sobe e faz com que a peça 'b' suba, sendo correspondente ao motor acionado.

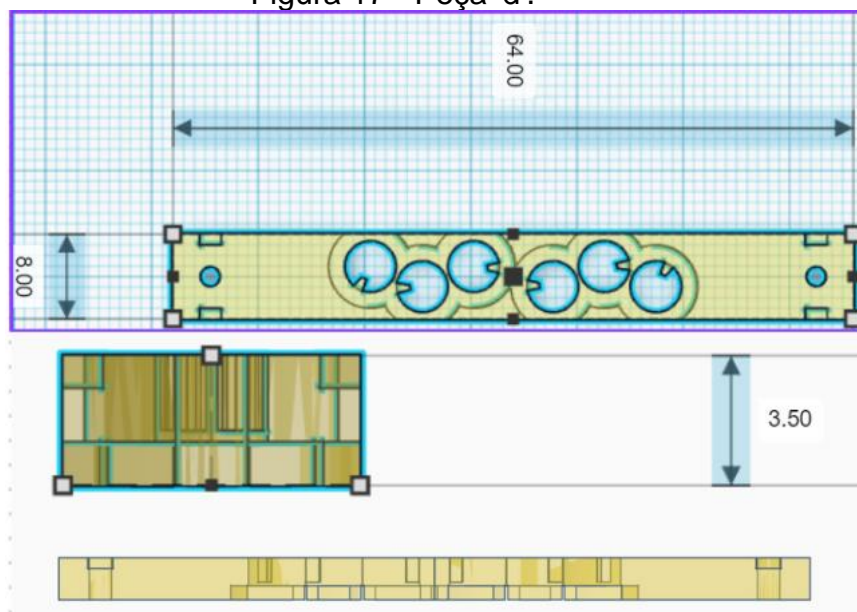
Figura 16 - Peça 'c'.



Fonte: Santiago et al (2020)

Para que os motores não fiquem rodando infinitamente é necessária uma trava para cada um e esta é a função da peça 'd'.

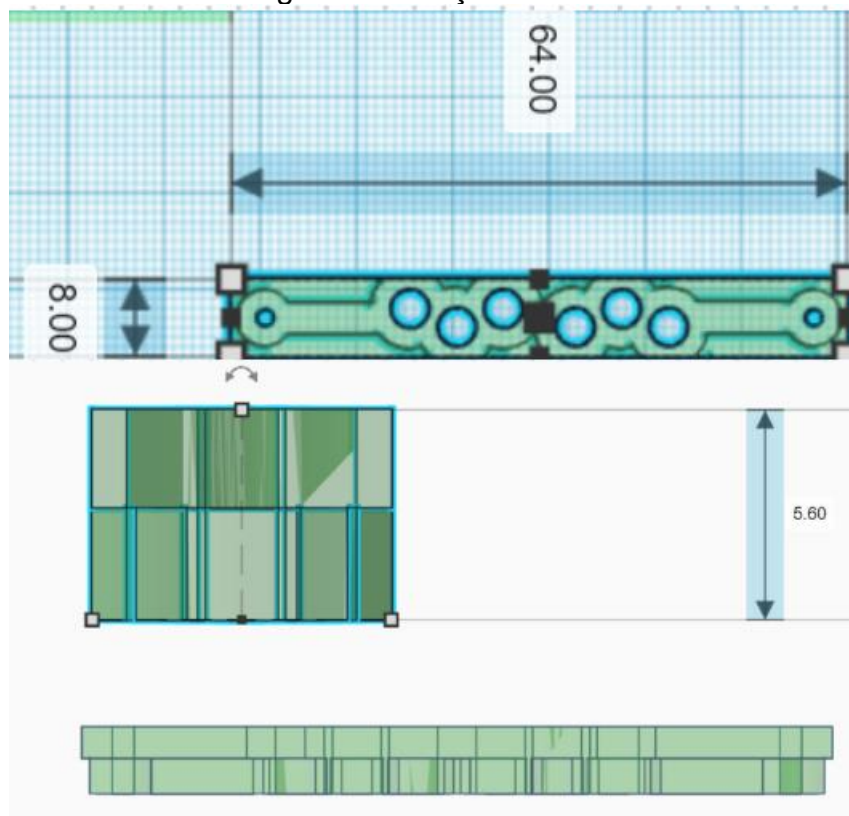
Figura 17 - Peça 'd'.



Fonte: Santiago et al (2020)

Os motores precisam estar posicionados corretamente para que a estrutura mecânica funcione, esta é função da peça 'e', posicionar cada motor em seu devido lugar.

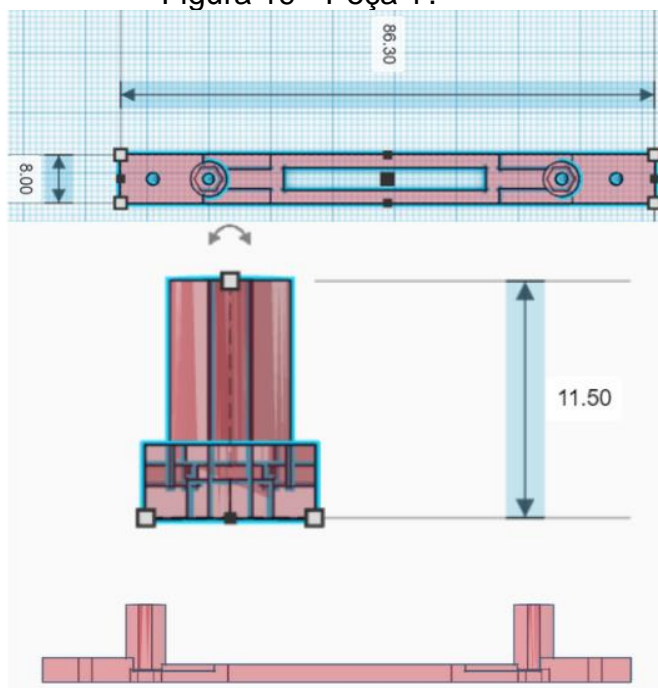
Figura 18 - Peça 'e'.



Fonte: Santiago et al (2020)

Para que todas as peças se mantenham estáveis e fixas, a peça 'f' é colocada abaixo de todas para ser como o suporte da célula.

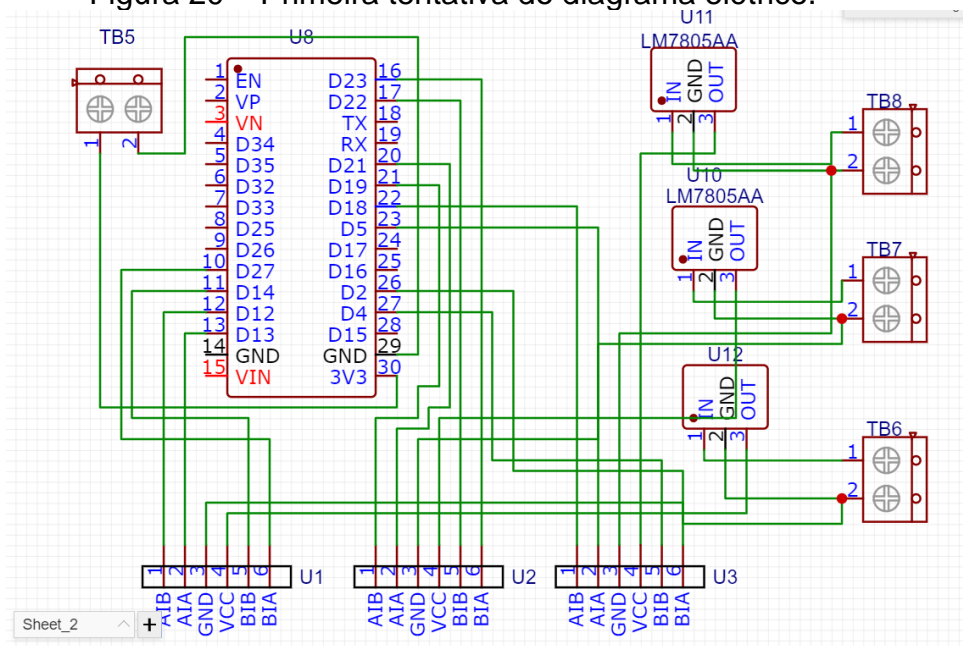
Figura 19 - Peça 'f'.



Fonte: Santiago et al (2020)

Após esta etapa, se iniciou a elaboração da PCI (Placa de Circuito Impresso), tudo foi executado através do *software EasyEDA*, foram necessárias várias tentativas e mudanças no decorrer do processo. O primeiro passo para a conclusão foi o diagrama eletrônico, que também foi alterado no decorrer do processo.

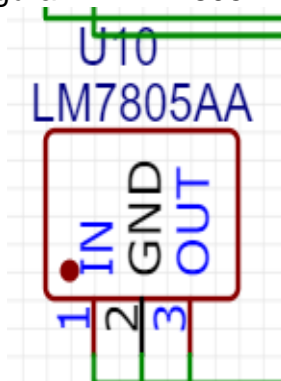
Figura 20 – Primeira tentativa do diagrama elétrico.



Fonte: Autoria própria

Na primeira tentativa foram utilizados: 3 LM7805

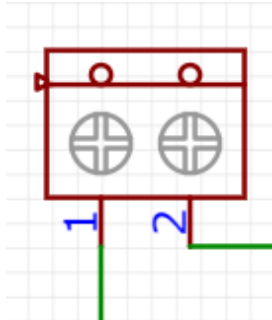
Figura 21 - LM7805.



Fonte: Autoria própria

Inicialmente, a ideia de que os drivers e os motores não aguentariam 3,7V e correriam o risco de queimar foi colocada nos LM para cada um dos *drivers*, eles foram conectados com os 3 Conectores Borne, assim a redução de tensão já seria feita diretamente na placa, facilitando a hora da montagem e soldagem.

Figura 22 - Conector Borne.

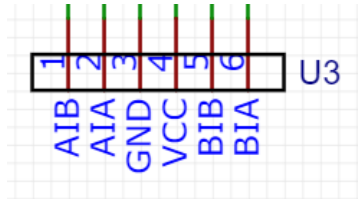


Fonte: Autoria própria

Para a parte de energização da placa foram utilizados esses componentes.

Em seguida, foram utilizados 3 conectores fêmea, para que, ao executar a placa, o local onde seriam instalados os *drivers* já estivesse corretamente posicionado, conectados e furado.

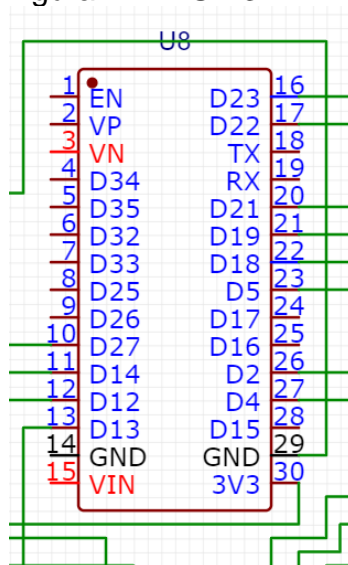
Figura 23 - Conectores fêmeas.



Fonte: Autoria própria

E por fim, o local onde o ESP32 seria instalado, representando também as ligações com o restante do projeto eletrônico.

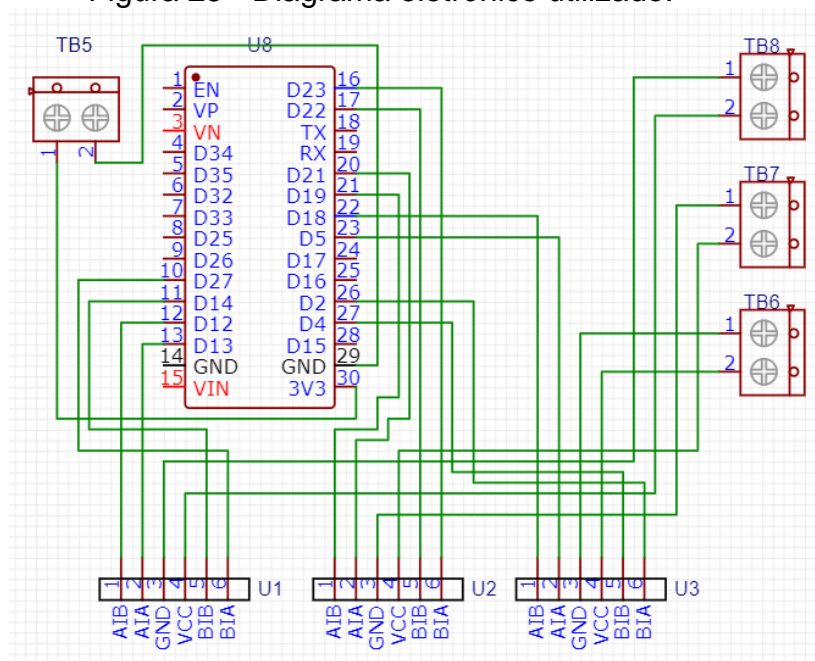
Figura 24 - ESP 32.



Fonte: Autoria própria

Na segunda tentativa, a conclusiva, os reguladores de tensão foram retirados, pois após uma pesquisa foi constatado que os drivers aguentariam 3,7V.

Figura 25 - Diagrama eletrônico utilizado.

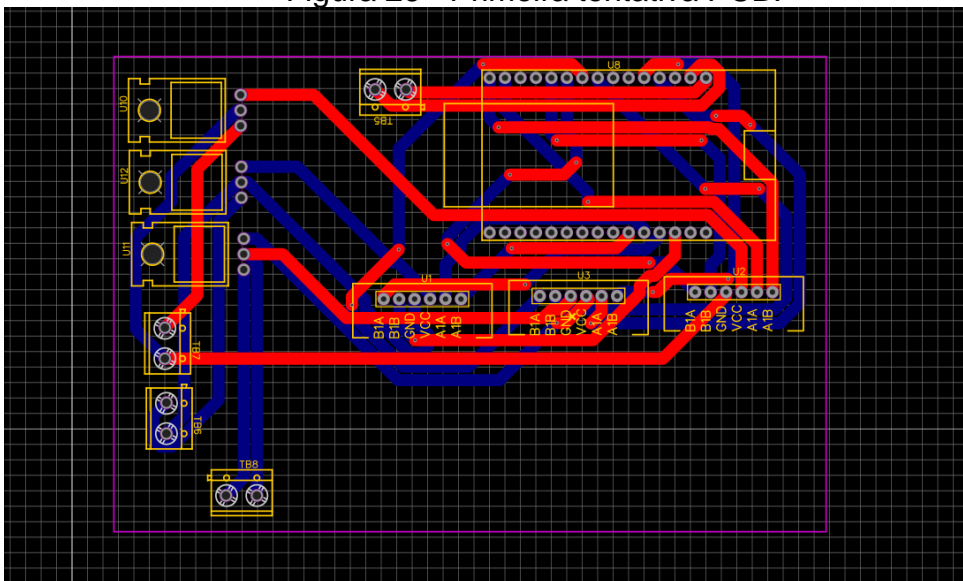


Fonte: Autoria Própria

Para que a placa pudesse se concretizar, foi elaborado o projeto da PCB em si, onde foi decidido o diâmetro das trilhas e ilhas juntamente com o *layout* da posição dos componentes.

Na primeira tentativa.

Figura 26 - Primeira tentativa PCB.

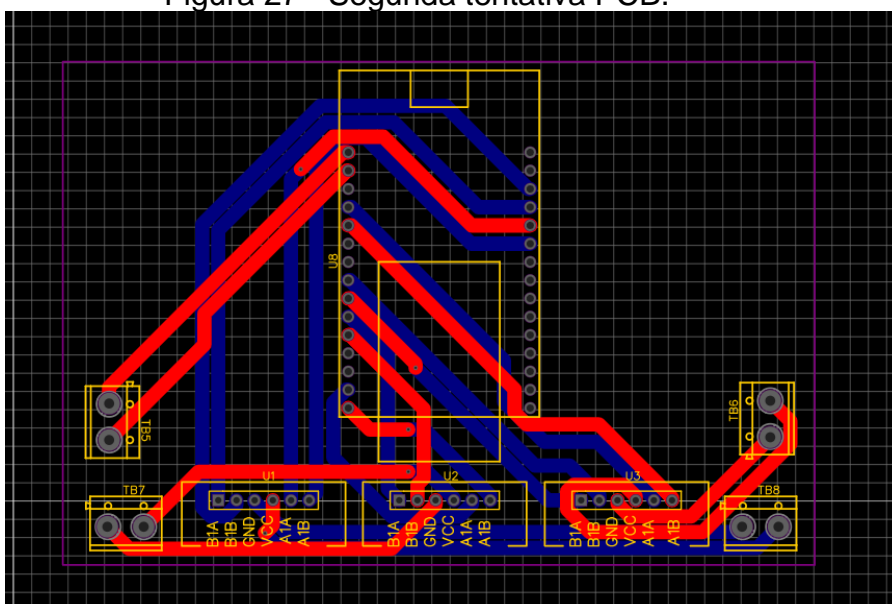


Fonte: Autoria Própria

Pode-se notar que neste se encontram os reguladores de tensão. Posicionados no canto superior esquerdo.

Na segunda tentativa, este *layout*, a partir desta, as mudanças ocorridas foram somente em relação ao *layout*.

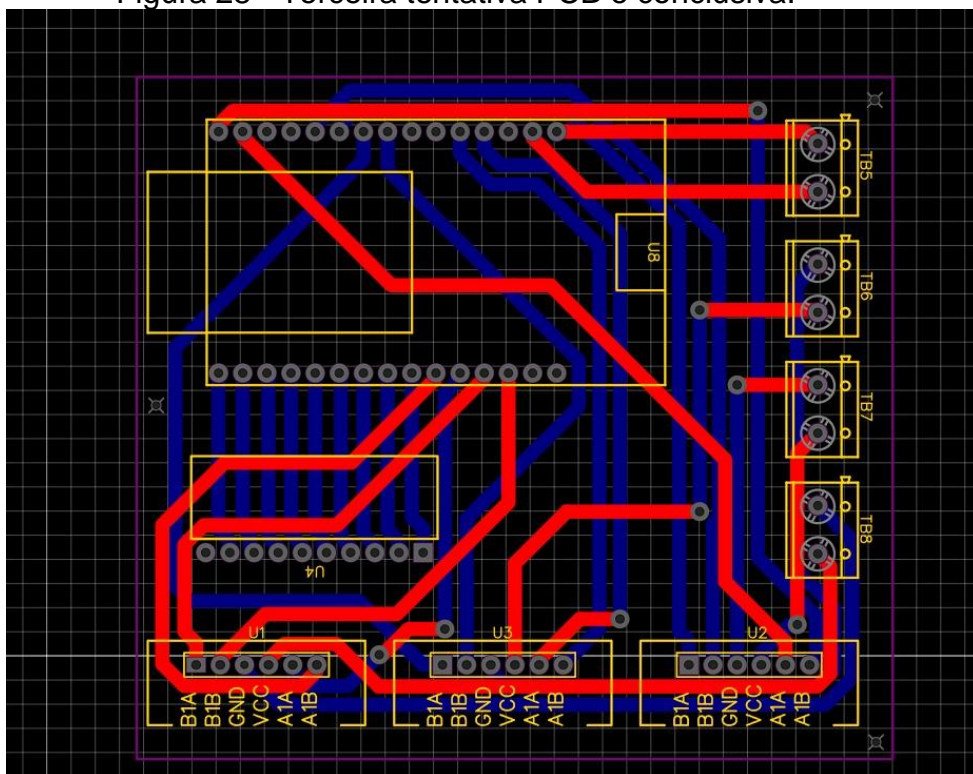
Figura 27 - Segunda tentativa PCB.



Fonte: Autoria própria

Na terceira e conclusiva, a PCB se encontra assim.

Figura 28 - Terceira tentativa PCB e conclusiva.



Fonte: Autoria própria

2.6 CUSTOS

Tabela 1 - Tabela de gastos protótipo.

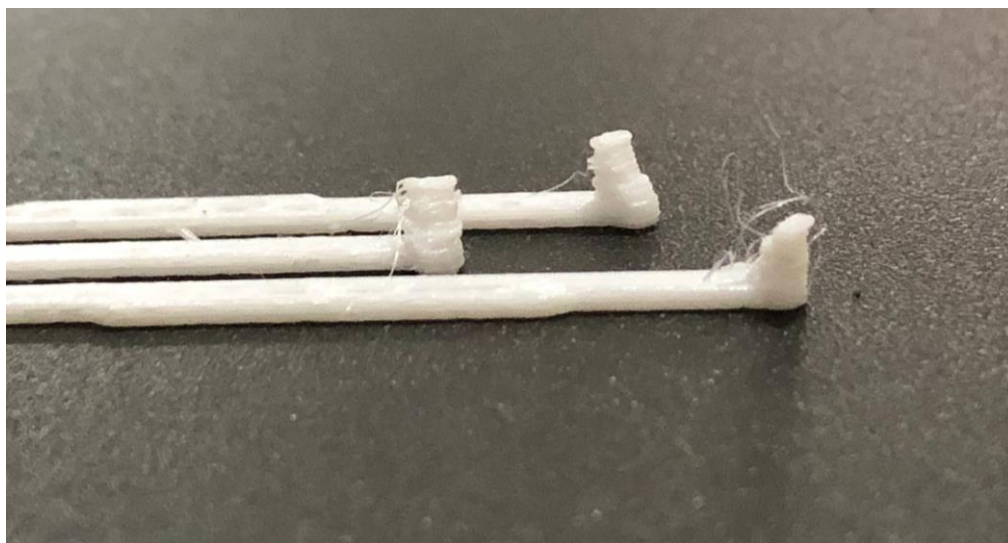
	Qntd	Valor	Descrição
	10	R\$ 38,00	Motores vibracall
	4	R\$ 35,83	Berço bateria
	3	R\$ 41,12	Driver l9119
	7	R\$ 90,81	Motores vibracall
	1	R\$ 39,63	Placa fenolite
	5	R\$ 50,00	Baterias
	1	R\$ 49,98	Esp32
	6	R\$ 30,00	peças 3d
	20	R\$ 12,00	Jumper fema
	1	R\$ 12,00	estanho
	4	R\$ 6,50	Conector borne
	1	R\$ 60,00	cesta rifa
	1	R\$ 1,50	barra pino fema
			Total
			R\$ 467,37

Fonte: Autoria própria

2.7 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

O primeiro passo foi a impressão das peças 3D, logo após um novo problema surgiu, as peças 'b' e 'c', devido ao pequeno tamanho nas pontas, possuíam pouca resistência ao impacto e conseqüentemente se quebravam com muita facilidade. Devido ao tipo de impressora, os pontos não saíram no formato redondo correto, dificultando o encaixe na peça 'a'.

Figura 29 - Primeira tentativa de impressão das peças.



Fonte: Autoria Própria

A primeira solução pensada foi utilizar rebites com a ponta lixada e seu diâmetro também reduzido através do lixamento, porém, com as ferramentas que tínhamos, isso não foi possível, demoraria muito para deixar todos os 6 rebites no formato correto. Seguem imagens deste processo.

Figura 30 - Peça 'a' do processo de teste.

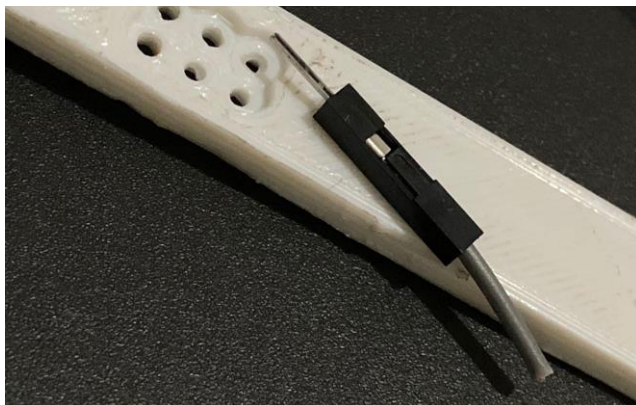


Fonte: Autoria própria

A segunda ideia foi adaptar as pontas de jumpers macho, porém possuem um diâmetro muito pequeno e assim não daria para lixar as pontas para adequar ao formato arredondado e nem juntar duas pontas em uma única, pois necessitaria de uma solda e isso aumentaria o diâmetro passando da medida adequada. Também

foi pensado em utilizar o próprio fio dos jumpers, mas eles são muito maleáveis, não suprimindo a necessidade desejada.

Figura 31 - Teste feito com jumpers.



Fonte: Autoria própria

A terceira e final foi utilizar pregos com diâmetro pequeno e lixar somente suas pontas para adequar ao formato, colando-os à peça 'b'.

Figura 32 - Pregos recém cortados.

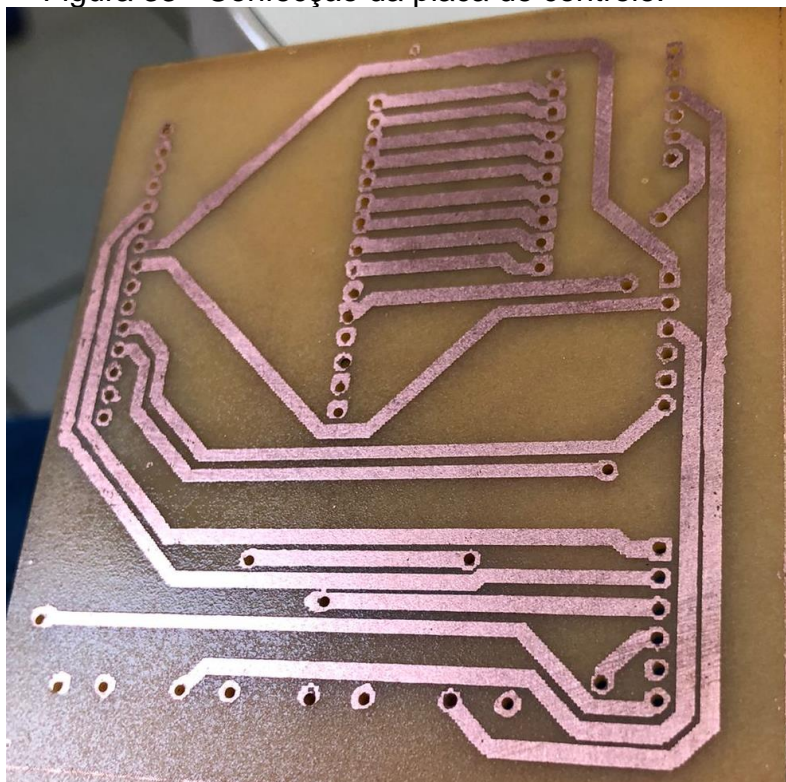


Fonte: Autoria própria

Após a concretização do processo da parte mecânica do projeto, se iniciou o processo de confecção da placa de controle, inicialmente pensada para ser feita manualmente, porém, como a placa ficou com muitas trilhas, foi necessário desenvolvê-la no modo de dupla face e isso dificultaria muito o processo manual,

então foi feita por uma empresa especializada, em uma máquina CNC própria para este tipo de trabalho preciso.

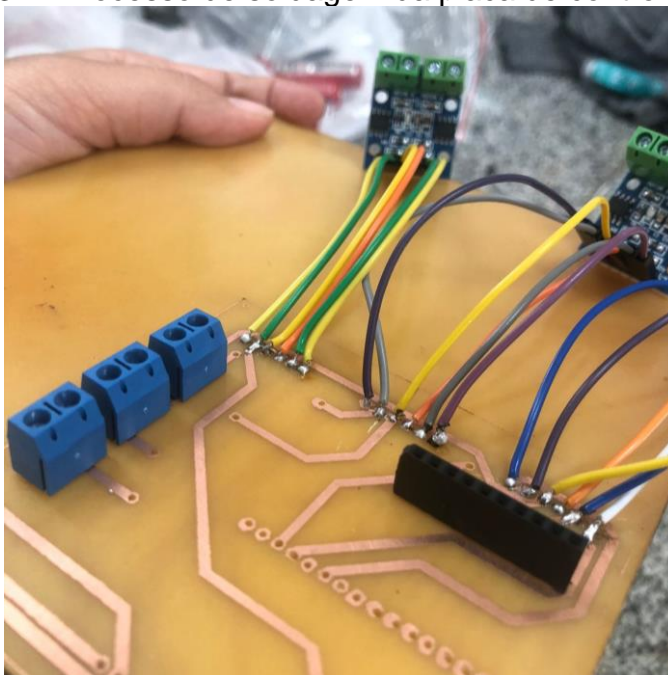
Figura 33 - Confeção da placa de controle.



Fonte: Autoria própria

Consequentemente, o processo de solda dos componentes na placa foi iniciado, primeiro os fios para o encaixe e ligação dos *drivers* de controle dos motores, logo após os bornes para alimentação, em seguida as barras de pinos.

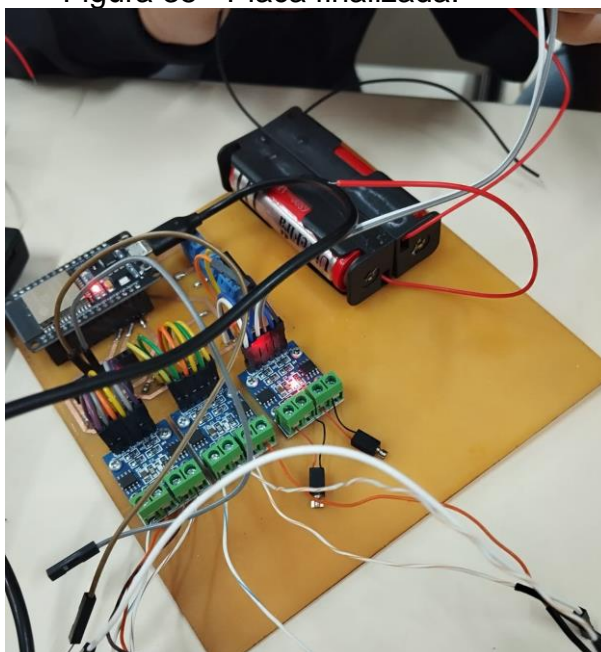
Figura 34 - Processo de soldagem da placa de controle.



Fonte: Autoria própria

Em seguida imagem da placa de controle finalizada.

Figura 35 - Placa finalizada.



Fonte: Autoria própria

2.7.1 PROGRAMAÇÃO

A programação se inicia com as predefinições, este início é responsável por mostrar ao programa com o que ele irá trabalhar.

Da linha 1 até a linha 15, são executados os primeiros passos de todo o código. Para a definição de todos os pinos dos motores, foi utilizado o `'const int'` Sendo um tipo de variável que estabelece o valor indicado nela como fixo, facilitando assim, caso haja a necessidade de mudança nos números indicados, basta mudar em um local que todo o restante do código que utilizou essa variável irá se alterar também, e no decorrer da execução do programa esse valor não pode ser alterado. Para a definição da velocidade dos motores, foi utilizada a variável `'int'` que utiliza valores inteiros que podem ser alterados durante a execução do programa, assim os testes de velocidade podem ser executados com maior facilidade. Para adicionar a possibilidade de comunicação serial através de caracteres, foi utilizada a variável `'char'` que armazena na memória do programa os caracteres, neste caso foi utilizada com o nome `'dado'`, para não criar um char para cada caractere do alfabeto. Os caracteres do alfabeto serão enviados exclusivamente através do monitor serial.

Após as predefinições, as informações declaradas são direcionadas para como irão trabalhar no decorrer do programa.

Figura 36 - Definição dos pinos de entrada.

```

1  const int m1pin1 = 13; // declara o pino 1 do motor 1
2  const int m1pin2 = 12; // declara o pino 2 do motor 1
3  const int m2pin1 = 19; // declara o pino 1 do motor 2
4  const int m2pin2 = 21; // declara o pino 2 do motor 2
5  const int m3pin1 = 5;  // declara o pino 1 do motor 3
6  const int m3pin2 = 18; // declara o pino 2 do motor 3
7  const int m4pin1 = 14; // declara o pino 1 do motor 4
8  const int m4pin2 = 27; // declara o pino 2 do motor 4
9  const int m5pin1 = 22; // declara o pino 1 do motor 5
10 const int m5pin2 = 23; // declara o pino 2 do motor 5
11 const int m6pin1 = 2;  // declara o pino 1 do motor 6
12 const int m6pin2 = 4;  // declara o pino 2 do motor 6
13
14 int speed = 30; // variavel para controlar a velocidade de giro do motor
15 char dado; // criação do dado que ira armazenar o caracter da comunicação serial

```

Fonte: Autoria própria

Da linha 18 até a linha 31 é utilizada a variável `'pinMode'` que esclarece se o pino citado está colocado como a saída das informações ou como a entrada das mesmas, neste caso todos os pinos de todos os motores estão definidos como uma

saída de informação, ou seja, quando o código for executado, as informações propostas irão aparecer como uma ação visível ou sensível, neste caso o motor irá acionar, mas podem ser diversas as reações como o acender de um Led, o acionamento de um sensor. Da linha 32 a 35 se encontra a função '*Serial.Begin*' que inicia o monitor serial e a comunicação serial, que é um dos pontos mais importantes deste protótipo.

Figura 37 - Definição de cada pino como saída.

```

18 void setup() {
19
20 pinMode(m1pin1,OUTPUT); // define o pino 1 do motor 1 como saída de informação
21 pinMode(m1pin2,OUTPUT); // define o pino 2 do motor 1 como saída de informação
22 pinMode(m2pin1,OUTPUT); // define o pino 1 do motor 2 como saída de informação
23 pinMode(m2pin2,OUTPUT); // define o pino 2 do motor 2 como saída de informação
24 pinMode(m3pin1,OUTPUT); // define o pino 1 do motor 3 como saída de informação
25 pinMode(m3pin2,OUTPUT); // define o pino 2 do motor 3 como saída de informação
26 pinMode(m4pin1,OUTPUT); // define o pino 1 do motor 4 como saída de informação
27 pinMode(m4pin2,OUTPUT); // define o pino 2 do motor 4 como saída de informação
28 pinMode(m5pin1,OUTPUT); // define o pino 1 do motor 5 como saída de informação
29 pinMode(m5pin2,OUTPUT); // define o pino 2 do motor 5 como saída de informação
30 pinMode(m6pin1,OUTPUT); // define o pino 1 do motor 6 como saída de informação
31 pinMode(m6pin2,OUTPUT); // define o pino 2 do motor 6 como saída de informação
32
33 Serial.begin(9600); //inicia o monitor serial
34
35 }

```

Fonte: Autoria própria

Da linha 36 até a 867 se encontra o '*void loop*', uma parte estrutural do código que é responsável por todo o trabalho maior. Porém, da linha 36 até a 45, ainda se encontra uma pequena parte ligada ao '*void setup*'.

Na linha 40 é possível observar a utilização da função condicional '*if*', ou seja, ela verifica se a condição proposta é verdadeira ou não e, de acordo com os comandos estabelecidos dentro das chaves { }, são executados. Neste caso, se a comunicação serial estiver funcionando, então a leitura da variável '*dado*' já citada acima será igual ao comando recebido através do monitor serial. Na linha 40 é utilizada a variável '*switch*' que não trabalha sozinha juntamente com a função '*case*', elas comparam se a informação recebida é igual a alguma condição pré-estabelecida dentro dos '*case*', se for, o comando é executado.

Da linha 46 em diante estão todas as opções de casos para execução, segue exemplificação base de como todos eles funcionam.

Figura 38 - Comando do void loop.

```

36
37 void loop() {
38
39
40 if (Serial.available()) { // se o monitor serial estiver funcionando
41     dado = Serial.read (); // leitura do dado enviado para a utilização na comunicação serial
42     Serial.print("recebido"); // mensagem que sera mostrada no monitor serial para confirmar o funcionamento desta etapa
43     Serial.println(dado); // mensagem que sera mostrada no monitor serial para confirmar o funcionamento desta etapa
44
45     switch (dado) {

```

Fonte: Autoria própria

Neste exemplo mostrado da linha 64 até 85 está a condição para caso a letra b seja recebida através do monitor serial, onde são utilizados 2 motores, e em seguida faz com que os motores girem, causando assim, através da estrutura mecânica das peças impressas, o levantamento dos pontos que formarão a letra b. Da linha 66 até 71 é utilizada a variável '*digitalWrite*' já citada acima e exposta à condição de um pino de 1 motor em nível baixo e o outro em nível alto, porém controlado através da variável '*speed*', para que assim ele não gire muito rápido a ponto de danificar a estrutura mecânica e nem muito devagar, se tornando incapaz de acionar os pontos, fazendo assim com que o motor rode no sentido horário por 500 milissegundos. Da linha 73 até 78 é utilizada a variável '*digitalWrite*' já citada acima e exposta à condição de um pino de um motor em nível baixo e o outro em nível alto, porém controlado através da variável '*speed*', neste caso fazendo com que os motores rodem no sentido anti-horário e permanecendo nesta condição por 500 milissegundos. Da linha 81 até 85, coloca todos os pinos dos 2 motores em nível baixo, fazendo com que os mesmos se desliguem.

Esse método de trabalho é utilizado no decorrer de todos os casos estabelecidos, variando somente a quantidade de motores utilizados. No caso apresentado, somente 2 foram utilizados, porém, em outras letras como o 'q', 5 motores são utilizados.

Figura 39 - Condição letra b.

```

64 case 'b': // estabelece condições para caso o caracter 'b' seja recebido atravez do monitor serial
65
66 // Faz o motor rodar no sentido horário
67 digitalWrite(13, speed); // Motor 1 roda no sentido horario
68 digitalWrite(12, LOW); // Motor 1 roda no sentido horario
69 digitalWrite(19, speed); // Motor 2 roda no sentido horario
70 digitalWrite(21, LOW); // Motor 2 roda no sentido horario
71 delay(500); // tempo que o motor ficara nesta condição
72
73 // Rodar no sentido anti-horário
74 digitalWrite(13, LOW); // Motor 1 roda no sentido anti-horario
75 digitalWrite(12, speed); // Motor 1 roda no sentido anti-horario
76 digitalWrite(19, LOW); // Motor 2 roda no sentido anti-horario
77 digitalWrite(21, speed); // Motor 2 roda no sentido anti-horario
78 delay(500);
79
80 // Coloca os todos os pinos dos dois motores em nivel baixo para que eles desliguem
81 digitalWrite(13, LOW);
82 digitalWrite(12, LOW);
83 digitalWrite(19, LOW);
84 digitalWrite(21, LOW);
85 break;

```

Fonte: Autoria própria

Figura 40 - Condição letra q.

```

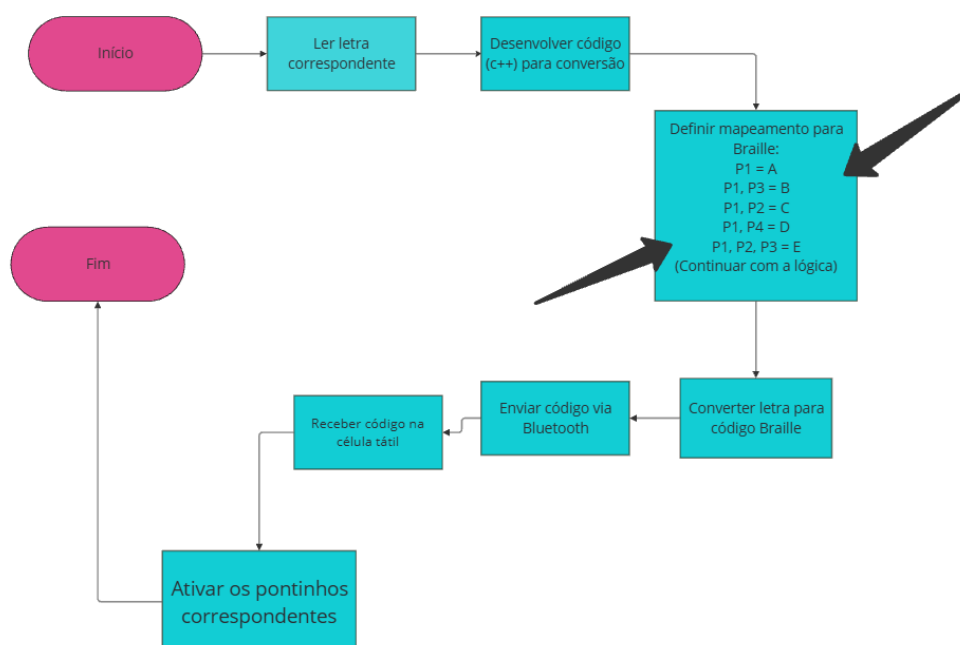
473 case 'q':
474 // Rodar no sentido horário
475 digitalWrite(13, speed); //m1
476 digitalWrite(12, LOW); //m1
477 digitalWrite(19, speed);
478 digitalWrite(21, LOW);
479 digitalWrite(5, speed);
480 digitalWrite(18, LOW);
481 digitalWrite(14, speed);
482 digitalWrite(27, LOW);
483 digitalWrite(22, speed);
484 digitalWrite(23, LOW);
485 delay(500);
486
487 // Rodar no sentido anti-horário
488 digitalWrite(13, LOW); //m1
489 digitalWrite(12, speed); //m1
490 digitalWrite(19, LOW);
491 digitalWrite(21, speed);
492 digitalWrite(5, LOW);
493 digitalWrite(18, speed);
494 digitalWrite(14, LOW);
495 digitalWrite(27, speed);
496 digitalWrite(22, LOW);
497 digitalWrite(23, speed);
498 delay(500);
499
500 // Parar o motor
501 digitalWrite(13, LOW);
502 digitalWrite(12, LOW);
503 digitalWrite(19, LOW);
504 digitalWrite(21, LOW);
505 digitalWrite(5, LOW);
506 digitalWrite(18, LOW);
507 digitalWrite(14, LOW);
508 digitalWrite(27, LOW);

```

Fonte: Autoria própria

Foi também elaborado um fluxograma para um fácil entendimento da programação utilizada no protótipo.

Figura 41 - Fluxograma da programação.



Fonte: Autoria própria

2.7.2 DESENVOLVIMENTO DA MONTAGEM

Durante a execução do projeto, a equipe enfrentou uma série de desafios técnicos que exigiram ajustes, adaptações e constantes tentativas de aprimoramento. Desde o início, tornou-se necessário realizar diversas tentativas, trocas de medidas e revisões no projeto estrutural. Com isso, acabou-se perdendo várias peças 3D ao longo do processo, o que adicionou tempo e filamento perdidos e custos adicionais. No entanto, após um longo período de busca, conseguiu-se finalmente encontrar a medida exata para as peças, um avanço essencial que permitiu concluir a estrutura principal do dispositivo. Esse resultado foi fundamental para dar ao projeto a firmeza e o alinhamento necessários, abrindo o caminho para o desenvolvimento de outras partes que eram necessárias.

Para melhorar ainda mais o desempenho do dispositivo, fez-se uma série de ajustes específicos no design do dispositivo automático de braille. Cada nova modificação tinha como foco aprimorar a funcionalidade, a durabilidade e a eficiência do protótipo. Entretanto, surgiram problemas técnicos com os motores vibracall,

essenciais para a transmissão do código braille para os motores. Originalmente, o protótipo incluía seis motores, entretanto, dois deles sofreram rompimento dos fios de ligação, o que tornou seu uso impossível. Após várias tentativas de reparo, constatou-se que os danos eram irreversíveis, forçando a substituição desses motores danificados.

Para lidar com essa situação, foi feita a compra de novos motores, mas, ao chegarem, percebeu-se que tinham medidas incompatíveis com os modelos anteriores. Essa diferença de especificação gerou um problema de compatibilidade, tornando impossível a sua integração ao dispositivo e resultando na perda de sete motores recém-adquiridos, que não puderam ser aproveitados. Diante desse imprevisto e da necessidade de evitar mais gastos, optou-se por substituir os motores perdidos por LEDs. Embora os LEDs não oferecessem a mesma função dos motores em relação aos pregos utilizados, passaram a servir como indicadores visuais de funcionamento, permitindo que o dispositivo mantivesse parte de sua funcionalidade original e indicando as respostas visuais que facilitariam o teste do sistema.

Outro ajuste importante e minucioso foi necessário na peça “b” do dispositivo. Durante os testes, observou-se que a movimentação dessa peça não estava ocorrendo de maneira necessária para o projeto, o que comprometia a precisão do mecanismo ao tentar posicionar a peça nos furos da peça “a”. Para resolver esse problema, usou-se uma lima para ajustar o tamanho de alguns pregos, garantindo que ficassem no tamanho ideal para o encaixe na ponta da peça “b” e fossem posicionadas nos furos da peça “a”. Com essa adaptação, a movimentação da peça tornou-se mais eficiente, superando até mesmo a fluidez que a ponta original, prevista no desenho técnico, poderia proporcionar, dificultando a produção da impressora que não conseguia obter a precisão necessária. Esse ajuste mecânico foi um exemplo de como pequenas mudanças podem impactar positivamente o funcionamento do dispositivo.

Em termos de circuitos e eletrônica, a placa de ligação já está finalizada, apresentando apenas a necessidade de alguns ajustes nas soldagens para garantir segurança e estabilidade no circuito. Esse cuidado com a soldagem evita possíveis falhas de conexão e ligamento, diminuindo a probabilidade de queimar o circuito, que poderiam comprometer o desempenho do sistema. Com a estrutura eletrônica quase pronta, era necessária a montagem da caixa Patola, uma parte crucial do

projeto. Essa caixa serve como a estrutura principal para abrigar todos os componentes mecânicos e eletrônicos. Na parte superior, apenas os pontos do código braille ficarão visíveis, de forma que todo o mecanismo interno estará oculto, proporcionando um visual limpo e organizado para o dispositivo. A utilização da caixa Patola permite não só um acabamento mais estético, mas também uma proteção extra para os componentes internos, aumentando a durabilidade do dispositivo.

Esses desafios, embora complexos e trabalhosos encontrados, trouxeram importantes aprendizados ao longo do desenvolvimento. Cada erro, ajuste e solução desenvolvidos reforçaram a importância da paciência e flexibilidade para enfrentar problemas técnicos e encontrar alternativas produtivas. O processo de desenvolvimento deste dispositivo mostrou-se um verdadeiro exercício de adaptação, no qual a equipe precisou repensar soluções e inovar a cada dificuldade.

2.8 PROTOCOLO DE TESTES

Espera-se inicialmente que a bateria tenha durabilidade de no mínimo 3 horas consecutivas, sem falha na funcionalidade dos motores. Para verificação desse primeiro fator, o projeto será alimentado com a carga e, de 5 em 5 minutos, palavras vão ser enviadas à célula, hora em picos únicos, hora consecutivamente, durante 1 hora. Em sequência, o protótipo ficará ligado por mais 1 hora, para verificar a duração da bateria. Caso passe desta 1 hora, o primeiro processo de envio das palavras irá se repetir. Caso o tempo mínimo não seja alcançado, são dois os caminhos que podem ser seguidos: retornar à alimentação fixa ou comprar baterias mais potentes e com mais durabilidade.

O segundo ponto esperado é o range de movimentação dos pontos e comprimento adequado para este processo. O valor ideal será descoberto através do processo de envio de palavras e avaliação tátil. O range ideal de movimentação não deve machucar os dedos, entretanto deve ser possível senti-los para que possa haver identificação da letra. Caso, mesmo com os ajustes de tamanho e range, ainda esteja fora do padrão esperado, uma opção seria a troca do material utilizado nos pontos.

Conseqüentemente, o terceiro ponto avaliado será a força dos motores para levantar os pontos, espera-se uma velocidade que seja forte o suficiente para elevá-los, mas que não seja forte demais a ponto de ferir ou causar incômodo no ato do toque.

2.8.1 EXECUÇÃO DOS TESTES

Durante os testes pode se observar que a bateria teve uma grande durabilidade, maior que a prevista, o que foi essencial para o funcionamento do projeto, porém os motores devido a sensibilidade, 4/6 apresentaram falhas, sendo substituídos por LEDs para simular o funcionamento, o driver continuou enviando sinais para os motores, mas a saída foi substituída por LEDs, sem comprometer o objetivo principal do projeto; Além disso foi identificado problemas nas soldas dos bornes, onde uma se mostrou instável e outra não aderiu corretamente à placa, para contornar a situação foi necessário fazer uma conexão externa, onde apesar de apresentar contratempos, a placa, exceto pelas falhas das soldas, teve um bom desempenho.

2.8.2 PROCESSO DE IMPRESSÃO DAS PEÇAS 3D

Inicialmente foi utilizada a impressora que a escola disponibiliza. Vários ajustes na configuração foram feitos, e até mesmo na própria impressora, porém, pelo fato de as peças serem extremamente pequenas e com detalhes específicos, foi concluído que não seriam possíveis suprir as necessidades encontradas no decorrer das confecções das peças. Entretanto, foram executadas tentativas de impressão, como mostra abaixo o registro dessa fase.

Figura 42 - Processo de impressão da peça a.



Fonte: Autoria própria

Figura 43 - Processo de impressão da peça f.



Fonte: Autoria própria

Figura 44 - Outra tentativa peça f.



Fonte: Autoria própria

Figura 45 - Motor CASE.



Fonte: Autoria própria

Após diversos testes, a conclusão foi decidida que seria necessário outra impressora e uma pessoa com mais experiência. Ao pesquisar indivíduos experientes para o trabalho, uma impressora mais elaborada imprimiu as peças, e os resultados obtidos estavam melhores que os anteriores.

Figura 46 - Teste de impressão completo.



Fonte: Autoria própria

Entretanto, não estavam na escala correta que seria necessária para o projeto e, conseqüentemente, os motores não puderam se encaixar corretamente.

2.8.3 COLETA DE DADOS DOS TESTES

Vale ressaltar que durante o desenvolvimento do protótipo foram encontrados diversos contratempos nas peças 3D e nos motores utilizados. Portanto, os testes de usabilidades tiveram que ser reduzidos, o que impossibilitou que o protótipo fosse efetivamente testado por uma pessoa portadora de deficiência visual.

Durante os testes, a bateria apresentou durabilidade superior à esperada, essencial para o funcionamento do projeto. No entanto, 4 dos 6 motores falharam devido à sensibilidade, sendo substituídos por LEDs sem afetar o objetivo principal. Também foram identificados problemas nas soldas dos bornes, que exigiram uma conexão externa para contornar a instabilidade.

2.8.4 ANÁLISE DOS DADOS DOS TESTES

A análise dos dados coletados a partir dos testes revelou informações significativas sobre o desempenho do protótipo. Em relação à impressão 3D, constatou-se que a maioria das peças apresentou boa qualidade, em relação ao dimensionamento e resistência, o que possibilitou uma montagem eficiente sem grandes problemas no encaixe de peças. No que diz respeito ao código de programação, a análise mostrou que a maioria das funcionalidades estava operando conforme o esperado. De acordo com os resultados obtidos as falhas nos motores vibracall foram mecânicas.

2.9 MELHORIAS

Com base nas observações dos testes do protótipo, concluiu-se que diversas melhorias podem ser implementadas para aumentar sua eficácia e conforto. Isso inclui a utilização de materiais mais duráveis na impressão 3D e a otimização do código de programação, garantindo eficiência na operação dos comandos. Além disso, a criação de um novo design, fundamentado nos feedbacks dos usuários, é essencial para proporcionar maior conforto e usabilidade.

2.10 ASPECTOS POSITIVOS

O protótipo oferece diversos benefícios para o usuário e a sociedade. Com um design leve e intuitivo, facilita o manuseio, proporcionando uma experiência de uso simplificada e acessível. Além disso, o dispositivo é desenvolvido com foco em baixo custo, tornando-o uma opção economicamente viável para mais pessoas. Ao promover a autonomia de usuários com deficiência visual, o projeto contribui significativamente para a criação de ambientes mais inclusivos e igualitários.

2.11 RISCOS

Embora o protótipo de tecnologia assistiva para deficientes visuais ofereça soluções inovadoras, é essencial considerar os riscos ambientais. A exposição à água pode danificar os circuitos internos, resultando em falhas ou curtos. Isso

destaca a necessidade de incluir como trabalho futuro alguma proteção à prova d'água para garantir a durabilidade e a segurança do dispositivo.

2.12 DIFERENCIAIS

Os elementos inovadores do protótipo incluem, a impressão 3D, que permite um design leve e personalizado, adaptado às necessidades específicas do projeto elaborado. A fabricação profissional da placa PCB assegura não apenas a qualidade, mas também a eficiência na operação dos componentes eletrônicos. A possibilidade de conexão via Bluetooth amplia a funcionalidade do dispositivo, permitindo integração com smartphones e outros equipamentos, o que facilita a experiência do usuário.

2.13 RECOMENDAÇÕES

Para garantir o uso adequado do protótipo, recomenda-se que o usuário conte com o apoio de uma pessoa que o auxilie nas primeiras utilizações. Esse suporte inicial visa facilitar a compreensão do funcionamento do dispositivo, bem como assegurar que o deficiente visual adquira familiaridade com o manuseio das funções táteis. Além disso, é importante que o ambiente de uso esteja bem-organizado, livre de obstáculos, a fim de promover uma experiência de interação segura e acessível.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a finalização do projeto, conclui-se que, a placa esteve operando conforme planejado. Contudo, não foi possível utilizar os motores, o que comprometeu o uso dos pregos no dispositivo. Embora as peças tenham sido impressas com as dimensões corretas para sua aplicação, a ausência dos motores impossibilitou seu uso na montagem final. Optou-se por adicionar LEDs como indicadores para identificar os pontos do código Braille, o que facilitou a verificação do funcionamento correto da placa PCI e da programação do ESP32. Pode-se concluir que o código obteve resultados que atenderam às expectativas iniciais.

3.1 TRABALHOS FUTUROS

Para aprimorar o projeto, é essencial pensar em estratégias que garantam sua durabilidade e eficácia a longo prazo. Um ponto crucial é desenvolver uma proteção externa para o dispositivo, de modo que evitará riscos de curto-circuito e a queima dos componentes eletrônicos. Essa proteção ajudaria a evitar que alimentos e líquidos entrem em contato com as partes mecânicas e elétricas, o que, além de prolongar a vida útil do equipamento, reduz a necessidade de manutenções frequentes e torna o dispositivo mais resistente às condições de uso.

Outra possibilidade evidenciada é a adição de um microfone para que o protótipo tenha a capacidade de transcrever as palavras captadas a partir das palavras verbalizadas, e isso pode fazer com que o projeto se torne mais inclusivo.

Outro aspecto observado como trabalho futuro é o uso de materiais de impressão 3D mais duráveis e resistentes. A escolha desses materiais permitiria a fabricação de peças mais estáveis, que proporcionaria uma melhor resistência ao uso tornando o dispositivo mais confiável e seguro.

A inclusão de uma bateria com maior capacidade de carga e que proporcione uma maior autonomia sem a necessidade de recargas frequentes, é uma evidencia resultante do processo de desenvolvimento do protótipo.

Por fim, aperfeiçoar o circuito da PCI para torná-lo mais compacto seria um avanço que permitiria reduzir o tamanho do dispositivo, tornando-o mais leve e prático para uso, transporte e a manutenção do equipamento.

Essas melhorias estruturais no dispositivo automático para leitura de código Braille representam melhores alternativas para o desenvolvimento de uma ferramenta durável e eficiente, que possa atender adequadamente as necessidades dos usuários e resistir ao desgaste do tempo e das condições de uso.

REFERÊNCIAS

ALURA. **O que é Python?**. São Paulo/SP, 20 nov. 2019. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=-LATVnPcvHI&t=441s>>. Acesso em: 26 jun. 2024.

ARAUJO, C. A. R. et al. **SI DV: semáforo inteligente para deficientes visuais**. São Caetano do Sul, Disponível em: <https://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/17343/1/t%c3%a9cnico_em_eletr%c3%b4nica_2023_2_carlos_alberto_ribeiro_de_araujo_si_dv_semaforo_inteligente_para_deficientes_visuais.pdf>. Acesso em: 1 dez. 2023.

BARONE, Vito. **Ponte H**. Altamura, Itália: Vito Barone, 2012. Disponível em: <<https://www.vitobarone.it/elettro.htm>>. Acesso em: 11 jun. 2024.

BONATTO, Aurélio; OLIVEIRA DO CANTO, Diego. **Bluetooth technology** (IEEE 802.15). 2007. 11 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado de Administração, Contábeis e Economia) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), RS, 2007. Disponível em: <<https://www.kufunda.net/publicdocs/Trabalho%20Bluetooth.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2024.

BORGES, Cleber. **Como configurar o ESP32 devkit v1 com arduino IDE**. [S. l.]: FunBots, 1 fev. 2022. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Q6u_1sPOeTs>. Acesso em: 1 jun. 2024.

BOX, Wish. **14 Tipos de Impressora 3D: Veja Como Funciona Cada Uma**. Santa Catarina, SC, 2020. Disponível em: <<https://www.wishbox.net.br/tipos-de-impressora-3d/>>. Acesso em: 7 ago. 2024.

BRASIL, PCB. **Circuitos impressos**. Rio Grande do Norte, 2024. Disponível em: <https://pcbbrasil.com.br/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjw_Na1BhAIEiwAM-dm7OGQZG9oSiyFPRmXwFPL5rQpgTfqdUgV4Dp_HO9ztFZ4Jt-lcP6zAhoC1McQAvD_BwE>. Acesso em: 9 ago. 2024.

CRESTANI, Alexandre de Rosso. **Uma Comparação Empírica em Velocidade de Processamento entre C++, Go, Rust, Python e JavaScript**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul Instituto de Informática Curso de Ciência da Computação, Porto Alegre-RS, p. 1-52, 1 jan. 2024. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/272878/001197398.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 26 jun. 2024.

CRUZ, Rapha. **Como funciona o Bluetooth?** Explicação 2020! Português pt-br. Toronto, Canadá, 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=hCGvK_WqWrA>. Acesso em: 4 jul. 2024.

EISLER, Paul. **Inventor of the printed circuit board**. China, 15 dez. 2021. Disponível em: <<https://ats-solutions.cn/paul-eisler-inventor-of-printed-circuit-board/>>. Acesso em: 29 jul. 2024.

ESPRESSIF SYSTEMS. **ESP32 Series: Datasheet**. [S. l.]: Espressif Systems. 2024. Disponível em: <https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf>. Acesso em: 28 maio 2024.

EUGENIO, Erika Lima de Melo *et al.* **Reconhecendo o mundo com as mãos: o sistema braille como ferramenta de leitura e escrita**. Contemporânea, [S. l.], v. 3, n. 7, p. 1-24, 7 jul. 2023. DOI: 10.56083/RCV3N7-028. Disponível em: <<https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/view/1150/730>>. Acesso em: 8 maio 2024.

FOUNDER, Sun. **L9110 Motor Driver Module**. Shenzhen, China, 2024. Disponível em: <https://docs.sunfounder.com/projects/3in1-kit-v2/en/latest/components/component_l9110_module.html>. Acesso em: 12 jun. 2024.

FONTE TV, **Codigo. C (A Linguagem de Programação que é uma MÃE) // Dicionário do Programador**. Petrópolis / RJ, 13 jul. 2020. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=6mUCcsnCn08>>. Acesso em: 26 jun. 2024.

FONTE TV, **Codigo. C++ (A Linguagem Imortal de Verdade) // Dicionário do Programador**. Petrópolis / RJ, 19 set. 2022. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=AQdABlihlGs>>. Acesso em: 26 jun. 2024.

FRISSO, Lidia; DAS NEVES SILVA, Suzana. **Análise dos elementos mais significantes para viabilidade ambiental de uma empresa recicladora de placas de circuito impresso**: Estudo de caso na região metropolitana da grande vitória - es. 2020. 78 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) - Universidade federal do Espírito Santo Centro tecnológico departamento de engenharia ambiental, Vitória, ES, 2020. Disponível em: <https://lagesa.ufes.br/sites/lagesa.ufes.br/files/field/anexo/edicaofinal_tcc_lidia_suzana.pdf>. Acesso em: 9 ago. 2024.

GARRETT, Filipe. **Como funcionam os diferentes tipos de impressoras 3D**. Brasil. 27 fev. 2016. Disponível em: <<https://glo.bo/2LOdkFS>>. Acesso em: 10 jul. 2024.

GASPARETTO, Maria Elisabete Rodrigues Freire *et al.* **Utilização de Recursos de Tecnologia Assistiva por Escolares com Deficiência Visual**. INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO: teoria & prática, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 1-18, 21 dez. 2012. DOI <https://doi.org/10.22456/1982-1654.23190>. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/index.php/InfEducTeoriaPratica/article/view/23190/23697>>. Acesso em: 22 maio 2024.

HAYASHI, Breno. **Bluetooth 5.0: O que é?**. Belo Horizonte, MG, 2017. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=pwwJgn4kuRU>>. Acesso em: 8 jul. 2024.

KATO, Caio. **Desenvolvimento de um Sistema de Automação Residencial com Microcontrolador ESP32 e Protocolo MQTT**. NodeMCU 32s, Sorocaba, 2024. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/27db15f8-39f8-44b3-b116-f5bc19b3e680/content>>. Acesso em: 1 jun. 2024.

KITAMURA, Celso. **O Que É Interpretador?**. São Paulo/SP, 14 dez. 2021. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Xj0YSTMgjMw&t=23s>>. Acesso em: 26 jun. 2024.

LAB INDUSTRIA 3D. **Impressora 3D SLA**: Entenda tudo sobre essa tecnologia. Belo Horizonte, MG, 2020. Disponível em: <<https://3dlab.com.br/impressora-3d-sla/>>. Acesso em: 7 ago. 2024.

LAB, Vander. **Módulo Ponte H Dupla L9110S**. São Paulo, 2023. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=GGd9772aXH0>>. Acesso em: 11 jun. 2024.

LEMOS, Sebastiana Micaela Amorim *et al.* **Ações Educativas para Inclusão de Deficientes Visuais no Sistema de Ensino**. Jabotão dos Guararapes - PE, v. 13, n. 44, p. 1-14, 23 fev. 2019. Disponível em: <<https://idonline.emnuvens.com.br/id/article/view/1654/2431>>. Acesso em: 8 maio 2024.

LONJON, Capucine. **The history of 3d printer**: from rapid prototyping to additive fabrication. Sculpteo, 1 mar. 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/2XdHhER>>. Acesso em: 2 jul. 2024.

MARAVALHAS, Manoel Rui Gomes *et al.* **Os benefícios das tecnologias assistivas para a aprendizagem e desenvolvimento educacional de alunos com deficiência visual**. ARTEFACTUM, [S. l.], ano VII, n. 02, p. 1-11, [1 jan. 2015?]. Disponível em: <<http://www.artefactum.rafrom.com.br/index.php/artefactum/article/view/716/493>>. Acesso em: 22 mar. 2024.

MAROQUIO, Ricardo. **Linguagens de Programação**: História, Curiosidades e Mercado. Cachoeiro de Itapemirim/Es, 9 out. 2020. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=USSVm09Etyk>>. Acesso em: 26 jun. 2024.

MASCARENHAS, Rafael. **O que é uma ponte H?**. Brasília: Brino Robótica Educacional, 2018. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=lfeGuLxR4Ec>>. Acesso em: 11 jun. 2024.

MINISTERIO DA EDUCAÇÃO (Brasil). GOV. **Dia Mundial do Braille reflete sobre atendimento aos cegos**. Brasil: Ministerio da educação, 2018. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/component/tags/tag/braille>>. Acesso em: 29 abr. 2024.

MORANDINI, Moisés Miranda; VECHIO, Gustavo Henrique del. **Impressão 3D, tipos e possibilidades**: uma revisão de suas características, processos, usos e tendências. Revista Interface Tecnológica, Taquaritinga, v. 17, n. 2, p. 67-77, 18 dez. 2020. Interface Tecnológica. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.31510/infa.v17i2.866>>. Acesso em: 11 jun. 2024.

MP CELL. **Forma rápida e precisa de testar o vibracall**. 2020. Disponível em: <https://youtu.be/bKO2kupmtuQ?si=oTwgT5u2U_YXCP5O>. Acesso em: 19 jul. 2024.

PRINTERS, Engi. **O Que é e Como Funciona a Impressão SLA?** Bom Retiro, SP, 2023. Disponível em: <<https://engiprinters.com.br/o-que-e-e-como-funciona-a-impressao-sla-d90/>>. Acesso em: 7 ago. 2024.

RADABAUGH, Mari Pat. **Study on the Financing of Assistive Technology Devices of Services for Individuals with Disabilities**. In: RADABAUGH, Mari Pat. Study on the Financing of Assistive Technology Devices of Services for Individuals with Disabilities. Washington, 4 mar. 1993. Disponível em: <<https://www.ncd.gov/report/study-on-the-financing-of-assistive-technology-devices-and-services-for-individuals-with-disabilities/>>. Acesso em: 27 jun. 2024.

RAMOS, Roberta. **IBGE aponta que mais de 6 milhões de pessoas têm deficiência visual no Brasil**: Dispositivo desenvolvido na Univali auxilia na locomoção de pessoas cegas. Santa Catarina: UNIVALI, 12 dez. 2023. Disponível em: <<https://www.univali.br/noticias/Paginas/ibge-aponta-que-mais-de-6-milhoes-de-pessoas-tem-deficiencia-visual-no-brasil.aspx#:~:text=O%20Instituto%20Brasileiro%20de%20Geografia,6%20milh%C3%B5es%20com%20baixa%20vis%C3%A3o>>. Acesso em: 29 abr. 2024.

RODA, Daniel Tietz. **Impressoras 3D: Como funcionam**. Vila Carlos de Campos, SP: Tudo sobre Plástico, 2018. Disponível em: <<https://www.tudosobreplasticos.com/processo/impressao3D.asp>>. Acesso em: 7 ago. 2024.

SANTIAGO, Glauber; BENGTON, Clarissa; PINO, Douglas; PENDENZA, Cristian; SANTOS, Juan; MARIOTTO, Vanessa. **Como construir um Celta**. São Carlos, SP, 2020. Disponível em: <<https://celta.ufscar.br/3-como-construir-um-celta/>>. Acesso em: 7 ago. 2024.

SANTOS, Rafael Batista dos *et al.* **O sistema braille como mecanismo para alfabetização de pessoas com deficiência visual**. Biblos: Revista do Instituto de Ciências Humanas e da Informação, Rio Grande - RS, v. 37, n. 2, p. 1-10, 26 jul. 2023. Disponível em: <<https://www.repositorio.ufal.br/bitstream/123456789/12790/1/O%20sistema%20braille%20como%20mecanismo%20para%20a%20alfabetiza%C3%A7%C3%A3o%20de%20pessoas%20com%20defici%C3%Aancia%20visual.pdf>>. Acesso em: 8 maio 2024.

SENJAM, S. S.; FOSTER, A.; BASCARAN, C. Barriers to using assistive technology among students with visual disability in schools for the blind in Delhi, India, EUA, **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, p. 1–5, 27 mar. 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/340226473_Barriers_to_using_assistive_technology_among_students_with_visual_disability_in_schools_for_the_blind_in_Delhi_India>. Acesso em: 7 ago. 2024.

SOUZA, Danilo Batista de; BATISTA, Claudenilson Pereira; MATOS, Maria Almerinda de Souza. **O sistema braille e a informática, caminhando juntos para incluir**. 2016. 13 p. Anais (Congresso Nacional de Educação) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, 2016. Disponível em:

<https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2016/TRABALHO_EV056_MD1_SA7_ID8401_13082016231555.pdf>. Acesso em: 8 maio 2024.

TECNOLOGIA&ACESSIBILIDADE, Tecassistiva. **Jaws**. Mirandópolis, SP, 2024. Disponível em:

<<https://www.tecassistiva.com.br/catalogo/jaws/#:~:text=Desenvolvido%20para%20usu%C3%A1rios%20cegos%2C%20o,ou%20a%20partir%20de%20casa>>. Acesso em: 7 ago. 2024.

THE UNIVERSITY OF WESTERN. **Embedded Robotics**. Arduino. Australia, p. 53-65, 24 mar. 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-16-0804-9_3#citeas>. Acesso em: 4 jun. 2024.

TROTT, Paul. **Gestão da inovação e desenvolvimento de novos produtos**. 4 ed. São Paulo: Bookman, 2012. Disponível em:

<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=p9_PDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=TROTT,+Paul.+Gest%C3%A3o+da+inova%C3%A7%C3%A3o+e+desenvolvimento+de+novos+produtos&ots=YsuXCJ4QVG&sig=qyfuvB1nuE9VDDYWyUr7i1OqPcU#v=onepage&q=TROTT%2C%20Paul.%20Gest%C3%A3o%20da%20inova%C3%A7%C3%A3o%20e%20desenvolvimento%20de%20novos%20produtos&f=false>. Acesso em: 10 jul. 2024.

RISK SOLUTIONS, LexisNexis. **Equality Act 2010**: New secondary legislation supports definition of disability. EUA: RELX, 2010. Disponível em:

<https://hrcentre.uk.brightmine.com/editors-choice/equality-act-2010-new-secondary-legislation-supports-definition-of-disability/104665/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwtsy1BhD7ARIsAHOi4xaWF5j1WHLonX-Q6LCRn4mByGNeLMpwq2vQerQMFhXbOu19qgYCG5caAjDaEALw_wcB>. Acesso em: 7 ago. 2024.

VELASQUEZ, Manuel. **Designing a Bipedal Robot Prototype**. 2022. 44 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Eletrônica) - Metropolia University of Applied Sciences, Helsinki, Finlândia, 2022. Disponível em: <<https://www.theseus.fi/handle/10024/781408>>. Acesso em: 26 jun. 2024.

VIGINHESKI, Lúcia Virginia Mamcasz. **O sistema Braille e o ensino da Matemática para pessoas cegas**. SciELO - Scientific Electronic Library Online, São Paulo/SP - Brasil, p. 1-14, 18 mar. 2013. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/wDwPFckG73sFgxrTQsDvwSS/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 8 maio 2024.