

UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO

GIORDANO MUNEIRO ARANTES

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO PARA PESSOAS COM
DEFICIÊNCIA VISUAL NO APOIO AOS CURSOS DE ENGENHARIA**

CAMPINAS

2024

GIORDANO MUNEIRO ARANTES

DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL NO APOIO AOS CURSOS DE ENGENHARIA

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do título de Doutor em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Luiz César Martini

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A
VERSÃO DE DEFESA DA TESE DE
DOUTORADO DEFENDIDA PELO
ALUNO GIORDANO MUNEIRO
ARANTES E ORIENTADA PELO PROF.
DR. LUIZ CÉSAR MARTINI.

CAMPINAS

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade DE ENGENHARIA ELÉTRICA E COMPUTAÇÃO

TESE DE DOUTORADO

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO PARA PESSOAS COM
DEFICIÊNCIA VISUAL NO APOIO AOS CURSOS DE ENGENHARIA**

Autor: Giordano Muneiro Arantes

Orientador: Prof. Dr. Luiz César Martini

comissão julgadora:

Profº. Drº. Luiz César Martini

Profª. Drª. Debora Cristina Jeffrey

Profº. Drº. José Antonio dos Santos Borges

Profº. Drº. Marcos Carneiro da Silva

Profª. Drª. Rita de Cassia Ietto Montilha

A Ata de Defesa, assinada pelos membros da Comissão Examinadora, consta no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Teses e na Secretaria de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação.

DEDICATÓRIA

À Deus presente por estar ao meu lado em todos os momentos.
Aos meus pais Valério e Malu que sempre me apoiaram.

Se podes olhar, vê. Se podes ver, repara.

José Saramago

AGRADECIMENTOS

Ao longo desse período tive pessoas que me apoiaram em muitos momentos e que sem elas nada disso teria sido possível.

Agradeço ao Professor Dr. Luiz César Martini, orientador e amigo, que sempre me auxiliou e deu apoio em todos os momentos durante essa jornada.

Aos meus pais que sempre estiveram ao meu lado e me deram muito amor.

À minha parceira de vida Tatiana com quem sempre posso contar.

Às minhas irmãs Alcília e Stela que compartilharam de todos os momentos de minha vida.

À toda minha família, em especial meus avôs Darcy *in memoriam* e Hermenegildo *in memoriam* e minhas avós Leidenóe *in memoriam* e Élite, que me ensinaram muito e me deram muito amor, apesar da pouca convivência.

E aos meus amigos, aqueles que estão em meu coração e sei que sempre posso contar.

Agradeço ainda a todos àqueles que fizeram parte da minha vida e que me ajudaram a ser quem eu sou.

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Brasil.

Registro com muito amor meus agradecimentos.

Giordano Arantes

RESUMO

Nas últimas décadas, a Tecnologia Assistiva (TA) tem se tornado uma área em ascensão entre os diversos modos de comunicação e informação em destaque na nossa sociedade. Um dos ambientes em que ela pode ser utilizada é no Ensino Superior, especialmente para discentes com deficiência visual. A partir da análise dessa realidade, constatou-se que, em aulas de laboratório, como nos cursos de Engenharia, especificamente em disciplinas como programação, elétrica e eletrônica, há a necessidade de desenvolver dispositivos e ferramentas que facilitem a aprendizagem de alunos com deficiência visual. Este estudo qualitativo teórico-prático consiste na construção de um Protótipo Assistivo, composto por uma protoboard, um multímetro falante com leituras de tensão, corrente e valores de resistores, um aplicativo de celular para facilitar a aprendizagem de programação e controle de sensores e componentes eletrônicos por meio de uma segunda protoboard. Defende-se a tese de que esses dispositivos e ferramentas podem servir como indicadores para facilitar a aprendizagem de alunos com deficiência visual. Este estudo está centrado nas diretrizes da Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva Inclusiva; na Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência, promulgada em 2015; na Lei 13.409, que reforça o direito ao acesso e à permanência, instituindo cotas para pessoas com deficiência em Universidades Federais; e, por último, na Legislação Brasileira em Tecnologia Assistiva, Decreto n. 10.094 de 2009, onde são descritos os direitos dos cidadãos com deficiência à concessão dos recursos de TA necessários para o desenvolvimento de competências e habilidades, sendo esses instrumentos de aprendizagem importantes para as aulas experimentais.

PALAVRAS-CHAVE: tecnologia assistiva. ensino superior inclusivo. protótipo assistivo. deficiência visual.

ABSTRACT

In recent decades, Assistive Technology (AT) has become a growing area among the various modes of communication and information highlighted in our society. One of the environments where it can be used is in Higher Education, especially for students with visual impairments. From the analysis of this reality, it has been found that in laboratory classes, such as in Engineering courses, specifically in subjects like programming, electrical, and electronics, there is a need to develop devices and tools that facilitate the learning of visually impaired students. This qualitative theoretical-practical study consists of the construction of an Assistive Prototype, composed of a protoboard, a talking multimeter with readings of voltage, current, and resistor values, a mobile application to facilitate the learning of programming and control of sensors and electronic components through a second protoboard. It is argued that these devices and tools can serve as indicators to facilitate the learning of visually impaired students. This study is centered on the guidelines of the National Policy on Special Education from an Inclusive Perspective; the Brazilian Law on the Inclusion of Persons with Disabilities, enacted in 2015; Law 13.409, which reinforces the right to access and permanence, establishing quotas for people with disabilities in Federal Universities; and, finally, the Brazilian Legislation on Assistive Technology, Decree No. 10.094 of 2009, where the rights of citizens with disabilities to the provision of necessary AT resources for the development of skills and abilities are described, these being important learning tools for experimental classes.

KEYWORDS: assistive technology. inclusive higher education. assistive prototype. visual impairment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Protoboard com especificações	85
Figura 2 - Protoboard impressa	86
Figura 3 - Jumpers para conexões	87
Figura 4 - Arduino uno.....	88
Figura 5 - INA219.....	89
Figura 6 - Conexão INA219.....	90
Figura 7 - ACS712	91
Figura 8 - Conexão ACS712.....	92
Figura 9 - ZMPT101B.....	93
Figura 10 - Conexão ZMPT101B.....	93
Figura 11 - MP3-TF-16P	94
Figura 12 - Conexão MP3-TF-16P.....	95
Figura 13 - ATmegaA328p	96
Figura 14 - Portas ATmega328p	96
Figura 15 - Conexão ATmega328p.....	97
Figura 16- Fluxograma do funcionamento do multímetro	98
Figura 17 - Fluxograma para conversão de texto em áudio.....	100
Figura 18 - Circuito para ser impresso	102
Figura 19 - Placa impressa com os componentes	103
Figura 20 - Multímetro em 3D	104
Figura 21 - Multímetro finalizado.....	105
Figura 22 - Teclas para utilizar o aplicativo	107
Figura 23 - Tela inicial do aplicativo.....	108
Figura 24 - Adicionar Variável.....	109
Figura 25 - Excluir variável	109
Figura 26 - Alterar variável	110
Figura 27 - Exibir variáveis salvas.....	110
Figura 28 - Inserir linhas de comando.....	111
Figura 29 - Armazenar variável	112
Figura 30 - Operações aritméticas.....	112
Figura 31 - Temporizador	113
Figura 32 - Tomador de decisões	114

Figura 33 - Falar Mensagem.....	115
Figura 34 - Escrever Mensagem	115
Figura 35 - Solicitação de dados.....	116
Figura 36 - Interação com a protoboard.....	117
Figura 37 - Visualizar ou excluir linhas salvas	117
Figura 38 - Executar programa	118
Figura 39 - Loop de programação.....	119
Figura 40 - Ajuda.....	119
Figura 41 - BLE Nano.....	121
Figura 42 - Conexões BLE Nano.....	121
Figura 43 - Conexão HC-SR04.....	122
Figura 44 - Conexão sensor de umidade.....	123
Figura 45 - Conexão LDR.....	124
Figura 46 - Fluxograma programação sensores.....	125
Figura 47 - Conectores e sensores Fonte: Autor deste projeto	126
Figura 48 - Protoboard para sensores.....	126
Figura 49 - Testes com a protoboard	129
Figura 50 - Instruções para uso do multímetro	130
Figura 51 - Setor 1 multímetro	131
Figura 52 - Exemplo de medição utilizando o setor 1	132
Figura 53 - Medição de resistores (Setor 2)	133
Figura 54 - Medição de tensão AC (Setor 3).....	134
Figura 55 - Exemplo de medição (tensão AC).....	135
Figura 56 - Medição de corrente alternada ou contínua.....	136
Figura 57 - Exemplo para efetuar medição de corrente AC	137
Figura 58 - Exemplo de medição (corrente AC)	137
Figura 59 - Fluxograma Alarme.....	139
Figura 60 - Declara variável "distancia"	139
Figura 61 - Armazena valor do sensor na variável "distancia"	140
Figura 62 - Tomada de decisão para ativar o buzzer	141
Figura 63 - Incluir temporizador se o alarme foi ativado	142
Figura 64 - Loop de execução do programa	143
Figura 65 - protoboard com sensor ultrassônico e buzzer.....	143
Figura 66 - Fluxograma do projeto para verificar a umidade do solo.....	144

Figura 67 - Declarada variável umidade	145
Figura 68 - Armazenar valor do sensor na variável umidade.....	145
Figura 69 - Tomada de decisão para verificar se a umidade está baixa ou alta.....	146
Figura 70 - Instruir o usuário para nova medição (umidade).....	147
Figura 71 - Aguardar usuário solicitar nova medição (umidade)	147
Figura 72 - Executar loop do programa (umidade).....	147
Figura 73 - Sensor de umidade conectado na protoboard.....	148
Figura 74 - Fluxograma Projeto identificador de Luz.....	149
Figura 75 - Adicionar variável LDR	149
Figura 76 - Armazenar o valor do sensor na variável LDR.....	150
Figura 77 - Tomada de decisão para verificar se a luz está acesa ou apagada.....	151
Figura 78 - Aviso para apertar a tecla Enter para nova medição	152
Figura 79 - Aguardar usuário solicitar nova medição (umidade)	152
Figura 80 - Executar programa (LDR)	152
Figura 81 - Sensor LDR conectado na protoboard.....	153
Figura 82 - tentativas de impressão 3D	154
Figura 83 - QR Code Apresentação do multímetro	177
Figura 84 - QR Code Tensão e Corrente DC.....	177
Figura 85 - QR Code Medição resistores	178
Figura 86 - QR Code Medição tensão AC	178
Figura 87 - QR Code Medição Corrente AC.....	179
Figura 88 - Qr Code Alarme de Segurança.....	179
Figura 89 - QR Code Verificador de umidade do solo.....	180
Figura 90 - QR Code Identificador de Luz.....	180
Figura 91 - QR Code Download do aplicativo.....	181
Figura 92 - Instrução instalação APP	181
Figura 93 - Instrução, abrir o aplicativo	181

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Frequência de idade com o tipo de deficiência.....	28
Tabela 2 - Tecnologia Assistiva para a pessoa com deficiência visual	60
Tabela 3 - Umidade X dados do Sensor	123
Tabela 4 - iluminação X dados do Sensor	124
Tabela 5 - Produto x Valor.....	128
Tabela 6 - Resultados de medições (tensão DC).....	177
Tabela 7 - Resultados de medições (corrente DC)	178
Tabela 8 - Resultados de medições (resistores)	178
Tabela 9 - Resultado de medições (tensão AC).....	179
Tabela 10 - Resultado de medições (corrente AC)	179

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA DEFICIÊNCIA VISUAL E CONSIDERAÇÕES SOBRE INCLUSÃO NA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA.....	20
1.1 Conceituação do termo deficiência	20
1.2 Relato de concepções históricas no trato da deficiência	22
1.3 Classificação e etiologia da deficiência visual	27
1.4 Legislação Brasileira: diretrizes para inclusão educacional de pessoas com deficiência e inclusão de discentes no Ensino Superior	30
2 TECNOLOGIA EDUCACIONAL, TECNOLOGIA ASSISTIVA E FUNÇÃO PEDAGÓGICA PARA DISCENTES COM DEFICIÊNCIA VISUAL NO ENSINO SUPERIOR	43
2.1 Identificação de barreiras e dificuldades enfrentadas por alunos com deficiência visual no espaço educacional no ensino superior	43
2.2 Tecnologia Educacional e Tecnologia Assistiva: especificidades	51
3 REFERENCIAL TEÓRICO DO PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM DE DISCENTES COM DEFICIÊNCIA VISUAL NO ENSINO SUPERIOR E DE FERRAMENTAS ADAPTATIVAS PARA OS CURSOS DE ENGENHARIA COM BASE METODOLÓGICA.....	63
3.1 Processo ensino-aprendizagem de alunos com deficiência visual no Ensino Superior.....	63
3.2 Inclusão de ferramentas adaptativas: protótipos para auxiliar alunos com deficiência visual	72
3.2.2 Identificação na criação de materiais de apoio com base metodológica .	80
4 MATERIAIS E MÉTODOS	84
4.1 Protoboard	84
4.2 Multímetro Falante	87
4.2.1 Apresentação dos materiais e testes iniciais na elaboração do multímetro falante	88

4.2.2 Junção do material para elaboração do multímetro	97
4.3 Aplicativo e protoboard para controle de sensores	105
4.3.1 Criação do aplicativo e suas principais funções	106
4.3.2 Protoboard para Sensores e Componentes Eletrônicos	120
4.3.2.1 Materiais Utilizados	120
4.3.2.2 Junção do material	124
4.4 Custo para o desenvolvimento dos dispositivos desenvolvidos	127
5 RESULTADOS	129
Considerações Finais	156
Referências bibliográficas e eletrônicas	161
Apêndice 1	177
Apêndice 2	181
Memorial	182

INTRODUÇÃO

O contexto social contemporâneo, dinâmico e complexo, nos faz viver tempos de grandes mudanças tecnológicas, que possibilitam reconfigurar nossa sociedade e interagir nas relações sociais, econômicas, culturais e educacionais a partir de novas formas de informações, conhecimentos e atitudes. Frequentemente acompanhamos discussões sobre os benefícios e/ou malefícios dessa revolução tecnológica. Nos argumentos que listam os benefícios, teóricos concordam que a tecnologia trouxe inúmeras vantagens para o ser humano, apontando novas possibilidades para projetos científicos que outrora foram considerados impossíveis de serem realizados, como transplantes de órgãos, cirurgias robóticas, meios de transporte rápidos e ecológicos, sistemas de automação e Tecnologia Assistiva (TA). Concorda-se que, em uma sociedade democrática, a igualdade de condições de direitos é para todos, assim como, tecnologias como estas significam evolução e possibilidades para trazerem mais qualidade de vida para todos (NEGRÃO; SÁ, 2023).

Neste mesmo contexto, escutamos apelos como “há necessidade de mais inclusão social e educacional”, referindo-se às pessoas historicamente excluídas da sociedade e da escola, por serem pessoas com deficiência, dentre os diversos grupos sociais que vivem à sua margem. As necessidades emergentes, próprias da inclusão social, além de subsídios básicos, demandam novos valores e atitudes que se façam permanentes, como o reconhecimento das diferenças, a quebra de barreiras de preconceitos e de estigmas, bem como nos levam a buscar novos desafios e a privilegiar novas ideias que atendam aos anseios da população, em especial das pessoas com deficiência visual.

Assim, neste início de trabalho, pontua-se a necessidade e a justificativa para desenvolver este estudo. A definição do problema da pesquisa, hipóteses e os objetivos que norteiam os passos desta pesquisa nos orientam na busca de respostas, dentro da perspectiva de uma educação inclusiva, pois, a presença de pessoas com deficiências e, em especial, com deficiência visual nas universidades, caracteriza-se como um desafio, já que recursos adaptativos são fundamentais para atender às diferenças de alunos nesta etapa da escolarização. Além disso, para haver inclusão

educacional, é necessário que experiências, informações e diálogos façam parte do cotidiano da sala de aula, bem como em aulas práticas de laboratórios específicos.

A literatura na área do desenvolvimento tecnológico destaca que, apesar da crescente presença de computadores, celulares e tecnologias assistivas, uma parcela significativa da sociedade, especialmente de pessoas com deficiências, fica excluída de seus benefícios devido ao custo e à inacessibilidade no seu manuseio (BORGES, 2009; SILVA *et al.*, 2015; BARBOSA; GUEDES, 2020). Essa exclusão é acentuada no ambiente educacional, onde a falta de recursos tecnológicos acessíveis, em especial para alunos com deficiência visual, constitui-se como uma barreira ao desenvolvimento de suas habilidades. Assim, adaptar o espaço físico, linguagens, comunicação, funções pedagógicas, conteúdos, currículo e tecnologias é fundamental para superar esses desafios e promover uma educação verdadeiramente inclusiva.

No Brasil, a Lei 13.146/2015 instituiu o Estatuto da Pessoa com Deficiência para assegurar e promover condições de igualdade no exercício dos direitos e das liberdades individuais. Esta lei determina que pessoas com qualquer tipo de deficiência tenham igualdade de direitos, acesso à escola, locomoção, computadores, celulares e outras ferramentas tecnológicas, assim como é assegurado a todos os seres humanos. Porém, passados nove anos da promulgação desta lei, ainda se constata desigualdades no acesso e manejo de ferramentas tecnológicas, principalmente por pessoas com deficiência visual (Robe *et al.*, 2020).

É fato que a legislação brasileira prevê o amparo e inclusão de pessoas com deficiência em todos os setores da sociedade, inclusive na esfera educacional, nos currículos do ensino fundamental, médio e superior, onde temas tecnológicos estão inclusos, com especificações destinadas às pessoas com deficiências apontadas na legislação brasileira, incluindo a Lei 13.409/2016 e o Decreto n. 10.094 de 2019, que enfatizam a inclusão de pessoas com deficiência em todos os setores, inclusive na educação, promovendo o uso de Tecnologia Assistiva.

Contudo, a inclusão efetiva de alunos com deficiência visual, em especial no ensino superior, permanece desafiadora. Barbosa e Guedes (2020) destacam que, apesar das políticas de inclusão, estudantes com deficiência visual, frequentemente, enfrentam barreiras de acessibilidade, ao acesso a ferramentas tecnológicas, dificultando aprendizagem de conteúdos e participação em atividades práticas de laboratório, podendo representar sua exclusão em diversas atividades educacionais. Os autores argumentam a importância de adaptar metodologias pedagógicas para

valorizar outros sentidos além da visão, como tato e audição, na construção do conhecimento por esses alunos, bem como incentivar o desenvolvimento de pesquisas tecnológicas.

Buscar soluções para uma inclusão efetiva no ambiente educacional possibilita atender às prerrogativas da Legislação Brasileira em Tecnologia Assistiva, Decreto n. 10.094 de 2019, onde são apontados os direitos do cidadão com deficiência à concessão dos recursos de TA dos quais necessita. É importante entender, que a pessoa com deficiência visual segundo Barbosa e Guedes (2020, p.3):

tem uma dialética de aprendizagem diferente em função de seu conteúdo que não é visual, sendo importante desenvolver atuações pedagógicas que valorizem o tato, a audição, o olfato e a sinestesia como vias de acesso à construção do conhecimento.

Destacamos neste estudo autores como Petitto (2003); Araújo; Abib (2003); Braga (2013); Alves *et al.* (2018); Arantes (2019) que exemplificam recursos tecnológicos, entre eles a robótica, para facilitar o aprendizado em cursos tecnológicos de ensino médio e superior. Contudo, pessoas com deficiência visual acabam perdendo a oportunidade de envolver-se nesse tipo de atividade por não conseguirem utilizar os recursos por falta de acessibilidade, permanecendo apenas como espectadores. Também, em outros cursos de graduação, muitas vezes o aluno com deficiência visual acaba desistindo de dar continuidade aos seus estudos, não por falta de motivação e interesse, mas sim por falta de acessibilidade e dificuldade em manusear equipamentos, principalmente em aulas de laboratório, fato que priva o aluno de participar do aprendizado e dos experimentos.

Essa realidade está presente em cursos de Engenharia, que necessitam da utilização de equipamentos eletrônicos como computadores, multímetros, osciloscópios, entre outros equipamentos, que são essenciais para o aprendizado. Sem acessibilidade para utilizar estas ferramentas, pessoas com deficiência visual encontram-se impossibilitadas de utilizá-las, pois não conseguem enxergar para manusear os dispositivos. Frente a este cenário, ferramentas auxiliares são requeridas, o que poderia contribuir para mais autonomia na aprendizagem. Entre as dificuldades identificadas no cenário acadêmico por teóricos da área, constata-se a falta de dispositivos ou ferramentas, o que contribui para dificultar ou impossibilitar à pessoa com deficiência visual de aprender (ALMEIDA *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2015; MEJÍA *et al.*, 2021; SINGLA; YADAV, 2014).

Neste estudo, abordamos a necessidade crítica de acessibilidade para estudantes com deficiência visual em cursos de Engenharia, mais especificamente em disciplinas como programação, elétrica e eletrônica, onde a falta de equipamentos adaptados limita severamente sua participação e aprendizado. Propomos o desenvolvimento de um Protótipo Assistivo econômico, incluindo duas protoboards, um multímetro falante e um aplicativo móvel para facilitar o ensino de programação e o manuseio de componentes eletrônicos. Alinhando-se às diretrizes da Lei 13.146/2015 e ao Decreto 10.094/2019 sobre Tecnologia Assistiva, o objetivo é contribuir para superar barreiras educacionais, contribuir para promoção da inclusão, autonomia e melhor qualidade de vida para pessoas com deficiência visual, tanto no ambiente acadêmico quanto profissional.

Estas diretrizes envolvem ações governamentais que apontam para o direito do cidadão com deficiência à concessão dos recursos de TA dos quais necessita, bem como o conhecimento científico, desenvolvimento e inovação em tecnologia para a melhoria da qualidade de vida, inclusão social, educacional e inserção no mercado de trabalho para pessoas com deficiência visual. Esses temas também fazem parte do Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP. Assim, ainda que modestamente, propomo-nos contribuir com o debate sobre a função pedagógica e o processo ensino-aprendizagem do discente com deficiência visual na área da Tecnologia Assistiva.

Mais especificamente, a problemática a ser aqui discutida situa-se no âmbito da inclusão educacional em sua função pedagógica, na medida em que propõe a criação de um protótipo e aplicativo para a aprendizagem de medição de tensão e corrente, programação e controle de componentes eletrônicos para alunos com deficiência visual. O interesse central é o conhecimento das possibilidades existentes para alunos com deficiência visual vencerem obstáculos, colocados por essa deficiência e das finalidades existentes para sua inclusão e permanência no Ensino Superior.

O objetivo geral deste trabalho consiste em analisar o sentido histórico do processo de inclusão educacional de alunos com deficiência visual no Ensino Superior. O objetivo específico está na criação de um protótipo composto por um multímetro falante, uma protoboard e um aplicativo para o aprendizado de programação e controle de sensores e componentes eletrônicos para alunos com deficiência visual.

Assim, este estudo segue as diretrizes da pesquisa qualitativa, apresentando uma revisão bibliográfica de obras científicas e técnicas, de natureza descritiva para embasamento teórico-prático, conforme orientação de Lüdke e André (1986, p. 11), buscando compreender e interpretar a inclusão educacional de alunos com deficiência visual no ensino superior. A criação de um Protótipo Assistivo, composto por uma protoboard, um multímetro falante com leituras tensão e corrente, e um aplicativo de celular para facilitar a aprendizagem de programação e controle de sensores e componentes eletrônicos, está incluso na área de pesquisas de desenvolvimento tecnológico e de inovação, especificamente dentro das áreas de Engenharia e Tecnologia Assistiva. Essas pesquisas, conforme Manduchi (2012) são focadas em criar novas ferramentas ou melhorar tecnologias existentes para atender às necessidades específicas de pessoas com deficiência visual.

A estrutura deste trabalho está dividida da seguinte forma: no primeiro capítulo apresenta-se uma contextualização do termo deficiência e considerações sobre Inclusão e Legislação Brasileira, envolvendo conceituação, relatos de concepções históricas, classificação e etiologia da deficiência, diretrizes para a inclusão educacional de pessoas com deficiência visual e inclusão de discentes com deficiência visual no ensino superior. O segundo capítulo preocupa-se com a tecnologia educacional e assistiva e função pedagógica para alunos com deficiência visual no Ensino Superior, identificando barreiras e dificuldades enfrentadas por alunos com deficiência visual no espaço educacional e distinção da terminologia: tecnologia educacional e tecnologia assistiva. O terceiro capítulo é dedicado a uma revisão bibliográfica sobre o processo ensino-aprendizagem para discentes com deficiência visual no Ensino Superior e de ferramentas adaptativas: protótipos para auxiliar alunos com deficiência visual nos cursos de engenharia ligado a metodologia deste trabalho. O quarto capítulo está dedicado à explicação dos procedimentos para a construção do protótipo e do aplicativo. No quinto capítulo será exposta a análise específica dos resultados em conformidade com os objetivos aqui apontados. Finalizando com as considerações finais e as referências bibliográficas e eletrônicas.

1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA DEFICIÊNCIA VISUAL E CONSIDERAÇÕES SOBRE INCLUSÃO NA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

O documento da “Associação Nacional dos Membros dos Direitos dos Idosos e Pessoas com Deficiência” (AMPID) assinado por Maria Aparecida Gugel, nos permite justificar a apresentação deste primeiro capítulo: “os estudos sobre os direitos das pessoas com deficiência não estão dissociados dos fatos históricos, reveladores que são da evolução da sociedade e da consequente edição de suas leis” (GUGEL, 2007, p. 3). Por isso, não podemos perder de vista a razão básica desta reflexão sobre a necessidade de situar historicamente pessoas com deficiência como expressão de dominação por um lado e de resistência pelo outro.

1.1 Conceituação do termo deficiência

A origem do conceito de deficiência remete à carência, imperfeição e insuficiência. Conforme Amiralian *et al.* (2000), essa explicação deriva da perspectiva da área médica, que fundamentou e ainda fundamenta, em diversas áreas, a compreensão do conceito de deficiência como falta de algo, baseada na característica da perda, da anormalidade fisiológica, sensorial, anatômica, temporária ou permanente. Representando um estado patológico que precisa ser tratado, bem como um estado de incapacidade ou restrição de habilidade para desempenhar uma atividade considerada normal. Essa concepção do termo, embora bem-intencionada, também tem conduzido a interpretações sociais desrespeitosas, desqualificando pessoas com deficiências.

A Revolução Francesa (Liberdade, Igualdade e Fraternidade)¹ ocorreu entre 1789 e 1799 (século XVIII), conhecida por ideias humanistas em defesa de populações oprimidas (BUONO, 2019). Porém, seus reflexos foram sentidos na vida de pessoas com deficiências a partir do século XIX, com manifestações de que estas precisavam de cuidados, muito além de hospitais e abrigos. A partir desse período, a história dessa parcela da população passa a relatar episódios que demonstram mais atenção às pessoas com deficiências, inclusive na forma de referir-se a elas.

¹ Tradução do lema da Revolução Francesa (Liberté, Égalité, Fraternité).

Populações com deficiências receberam várias denominações: Pessoas com Necessidades Especiais (PNE); este termo foi considerado ofensivo, porque ao afirmar que alguém possui uma necessidade especial, estamos desqualificando as habilidades que ela possui, sugerindo ineficácia e deixando de considerar suas potencialidades inerentes.

Outra denominação que foi usual é Pessoa Portadora de Deficiência (PPD); este termo também foi considerado equivocado, pois sugere que a deficiência seja algo que o indivíduo porta, sendo que, a deficiência não se porta, pois ela é uma condição existencial da pessoa, que tanto podem ser agudas (momentâneas) como crônicas (permanentes).

Nas duas denominações acima, acentuam-se características deficitárias a partir do modelo médico de saúde e funcionalidade orgânica. A valorização da pessoa como tal fica prejudicada, “fala-se do deficiente, gerando-se um processo de generalização (ontologização) da limitação funcional. A limitação em determinada área perde seu caráter parcial e adquire uma conotação substantiva. Define-se o todo por uma das partes” (BEYER, 2005, p. 80). Dessa forma, a pessoa com limitação visual é deficiente visual, a pessoa com limitação auditiva é deficiente auditiva e assim por diante.

Assim, para Clemente (2008), o termo deficiência deve ser compreendido pela perspectiva histórica, ou pelo lugar que a pessoa com deficiência ocupa na sociedade e no mundo do trabalho. Esta abordagem entende a deficiência como diferença, em seu sentido amplo, incluindo a ideia de que todos somos diferentes, singulares e pertencentes a uma coletividade. Esta perspectiva está sendo defendida e adotada por instituições democráticas, fazendo parte de regras normativas de vários países, ganhando espaço na mídia e sendo amplamente aceita na área acadêmica, com o argumento de que somos diferentes, possuindo ou não alguma deficiência. Uma sociedade minimamente igualitária pressupõe equidade entre todos os cidadãos, acesso à escola, ao trabalho, à saúde, à tecnologia, à informação e outros.

A partir dessa compreensão, Clemente (2008) reitera que o termo correto para se referir a pessoas que possuem algum tipo de deficiência (física, mental, intelectual, sensorial), considerando que a intenção não é desqualificar e sim denominar de forma respeitosa este público com o termo: Pessoa com Deficiência (PcD). O autor acima mencionado resgata a convenção das Nações Unidas sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência (2006), que defende a ideia de que a

denominação de Pessoa com Deficiência é a forma correta de se referir àqueles que possuem qualquer tipo de deficiência, na medida em que não impõe discriminação, preconceitos ou barreiras denominativas, imagem negativa ou inferiorizada desses indivíduos.

Consideram-se também os argumentos de Correia (2003), que contribuíram para a construção e entendimento dessa ideia: foi no século XX que o mundo começou a se organizar em termos de direitos humanos e cidadania, com apoio de programas de reabilitação, produção de conhecimento e legislação sobre pessoas com deficiência que se organizavam em busca de direitos. Assim, órgãos como a Organização das Nações Unidas (ONU), a Organização Mundial da Saúde (OMS), a Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) e a Organização Internacional do Trabalho (OIT) ofereceram as coordenadas democráticas que culminaram com uma maior equidade entre os seres humanos.

Neste contexto, a Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência foi realizada pela ONU em 10 de dezembro de 2006, em comemoração ao Dia Internacional dos Direitos Humanos, 10/12. Essa Assembleia Geral representou e ainda representa um marco de justiça e equidade sociais para pessoas com deficiência na medida em que condenou o uso de qualquer termo pejorativo, permitindo um novo entendimento da sociedade em relação a esta população, defendendo uma maior inclusão social, escolar e no mercado de trabalho.

1.2 Relato de concepções históricas no trato da deficiência

Conforme o historiador Diaz (1995), registros pré-históricos relatam a existência de pessoas com deficiências em movimentos migratórios, identificados sob um duplo ponto de vista: em alguns grupos entendidos como expressão do mal e, assim, abandonados pelos companheiros migratórios; e em outros como manifestação do sagrado, expressados pelos movimentos migratórios com comportamentos de resignação e aceitação. Na antiguidade, segundo esse historiador, atribuía-se a deficiência a partir de dois enfoques: o passivo, atribuindo a responsabilidade da deficiência aos deuses ou demônios; e o ativo, atribuindo a responsabilidade às pessoas que os cuidavam. Esses enfoques se diferenciavam pela

localização geográfica e por práticas culturais vivenciadas na China, Índia, Assíria, Babilônia e Pérsia, Egito e Palestina.

Na China, por exemplo, Confúcio (561 a.C - 479 a.C) falava da responsabilidade moral, da amabilidade e da ajuda às pessoas com deficiência. Na Índia antiga, entregavam as crianças com deformidades a gangues e praticava-se o infanticídio dos cegos; em contrapartida, Buda (363 a.C - 483 a.C) pregava a compaixão, a caridade e a generosidade a essas pessoas.

Nas regiões da Assíria, Babilônia e Pérsia, entendia-se a deficiência como um castigo dos deuses por um pecado cometido, a ideologia da demonologia (a incapacidade como castigo divino, ou possessão por um espírito do mal), ou em obediência ao Código de Hammurabi (1792 e 1750 a.C), no qual se previa a adoção das crianças com deficiência. O referido Código foi o primeiro da história (Mesopotâmia) e se baseava na Lei do Talião (aproximadamente 1770 a.C), que punia um criminoso de forma semelhante ao crime cometido, originando a máxima "olho por olho, dente por dente". No Egito, encontram-se registros de doenças e tratamentos prestados às pessoas com deficiências, e sensibilidade no cuidado das crianças. Já na Palestina, não há registros de infanticídio, segundo Diaz (1995), mas a venda de crianças com deficiência como escravos era permitida. Entretanto, na Bíblia (aproximadamente em 1455), pregava-se a ajuda aos cegos, aos surdos, assim como aos pobres.

Vale ainda acrescentar mais alguns registros mencionados por Diaz (1995): a Antiguidade Clássica foi marcada pelo infanticídio, pelos maus-tratos, pela venda de crianças deficientes como escravos e mutilação de seus membros para mendigarem. Na Grécia Clássica, Hipócrates (469 a.C - 377 a.C), considerado o pai da medicina e da psiquiatria clínica, já atribuía as doenças a causas naturais, bem como descrevia as doenças e prescrevia remédios e dietas apropriadas. Contudo, em uma cultura em que a beleza física e a saúde eram cultuadas, a prática do infanticídio de bebês nascidos com alguma deficiência era realizada com frequência. Mas, no período que compreende a fundação de Roma (735 a.C) até o seu declínio (476 d.C), houve mudanças no tratamento oferecido às pessoas com deficiência observados na Lei de Rômulo (753 a.C – 716 a.C) que proibia o abandono de crianças com deficiências, havendo descumprimento, o confisco da metade dos bens do familiar que a descumprisse. A Lei de Marco Túlio Cícero (43 a.C – 106 a.C) fazia oposição à escravidão, ao infanticídio e à compra de pessoas com deficiência para diversão.

Os estudos de Guhur (1992) explicam que, no início da humanidade, pessoas com deficiência eram abandonadas e mesmo excluídas da sociedade por não conseguirem ajudar no desenvolvimento dos trabalhos necessários. Até mesmo Aristóteles (384 a.C - 322 a.C), segundo Guhur (1992), no contexto da organização de suas ideias para composição de uma ética social, sugeria a prática do aborto no caso de uma mãe identificar a possibilidade de ter um filho com alguma “deformidade”, evitando assim prejudicar a composição sadia da sociedade.

Embora o Cristianismo primitivo (envolvendo os três primeiros séculos I, II, III, e parte do IV d.C) tenha influenciado positivamente nos cuidados com as pessoas com deficiência, com as mensagens de Jesus Cristo defendendo os princípios de amor e misericórdia e de que todos somos iguais perante Deus; a ideologia da possessão diabólica ainda persistia. No mundo árabe, o infanticídio também foi proibido por Mahoma (562 d.C - 622 d.C), que defendia ajuda e tratamento humanitário aos doentes, estendidos às pessoas com deficiência, denominados “os inocentes do Pai”. Contudo, coexistiam a este humanismo, práticas brutais como a mutilação de membros como castigo por roubo.

Na Europa Ocidental deste período, como observa Clemente (2008), as crescentes guerras e epidemias contribuíram para um aumento significativo de pessoas com deficiência física. Estes recebiam tratamento digno e respeitoso, sendo considerados heróis. Porém, os loucos e as pessoas com deficiências inatas eram ainda interpretados por muitos como filhos do pecado ou do demônio.

Na Idade Média (séc. V ao séc. XV, 476 - 1453 d.C.), com o advento do Cristianismo, conceitos como caridade, tolerância e assistencialismo foram alcançados por pessoas com deficiência, apoiados pela Igreja, junto à construção dos primeiros hospitais, organizações de caridade e de assistência, destinados ao atendimento de pobres, deficientes abandonados e doentes graves ou crônicos.

Importante registrar que, neste período, a construção do primeiro hospital para pessoas cegas (entre 1214 e 1270) foi chamada de Quinze-Vingts, assim nomeada em homenagem aos 300 cavaleiros que tiveram seus olhos vazados (20 soldados por dia, durante 15 dias). Foram assim condenados por ordem de sultões na 7ª Cruzada (GARCIA, 2012). Vale recordar que as Cruzadas aconteceram na Europa Ocidental, e entre os objetivos estava o de retomar a Palestina e Jerusalém, tirando as cidades do domínio muçulmano. Foram nove as Cruzadas oficiais, que aconteceram entre os séculos XI e XIII.

Um estudo sobre a jornada histórica da população com deficiência, realizado por Dicher e Trevisam (2014), aponta que a sua situação só começou a mudar com o advento do Cristianismo, que admitiu, mesmo que tardiamente, que essa população também possuía alma e não poderia ser descartada como coisas. Contudo, caso apresentassem problemas de conduta, eram julgados pela Inquisição (tribunal que julgava hereges, com punições de: flagelo, forca, exorcismo, tortura, entre outros).

Na Idade Moderna (séc. XV - XVIII), no período que se estendeu de 1453 a 1789, com a entrada do modo de produção capitalista, época do Renascimento (séc. XIV – XVII), conhecido como marco da transição da Idade Média para a Idade Moderna, caracterizado pela queda do feudalismo e diminuição do poder da Igreja, auge do nacionalismo, burguesia cidadã e pela criação do Estado Moderno; constata-se o início das primeiras práticas de reabilitação para deficiências em áreas como medicina e educação, bem como a criação de um código de sinais pelo médico Gerolamo Cardano (1501-1576); com o objetivo de ensinar pessoas surdas a se comunicar (SILVA, 2013). Também neste período, na Espanha, um monge chamado Pedro Ponce de León (1520-1584) ensinou um surdo-mudo a se comunicar com as mãos, dando origem assim à Língua de Sinais. Contudo, durante este período, ainda permanecia viva a ideia de possessão diabólica para explicar a deficiência.

Foi somente a partir do século XVII que as pessoas cegas começaram a ser vistas como indivíduos com direitos e necessidades especiais. Na França, o escritor e filósofo Valentin Haüy (1745-1822) fundou a primeira escola para cegos: Instituto Nacional dos Jovens Cegos de Paris, em 1784, e a exemplo desta, outras escolas foram espalhadas pelo mundo. Mas foi no séc. XIX que surgiram as primeiras escolas especializadas para cegos na Europa e nos Estados Unidos. Nessa mesma época, foi desenvolvido o método Braille, sistema de leitura e escrita para cegos, criado pelo francês Louis Braille (1809-1853).

Em 1819, foi apresentada a primeira versão da linguagem para pessoas cegas. Surgiu de um pedido de Napoleão Bonaparte (1769-1821), governante da França na época, ao capitão do exército francês Charles Barbier (1767-1841), para que criasse um código por meio do qual as mensagens fossem transmitidas durante a noite. Porém, o sistema criado por Barbier não deu muito certo, não foi posto em operação; na verdade, foi considerado muito complicado. Barbier, então, apresentou seu projeto ao Instituto Nacional dos Jovens Cegos de Paris onde foi recebido por

Louis Braille (1809-1852), que se interessou pelo projeto e sugeriu uma série de modificações que não foram acatadas por Barbier (SILVA, 2013).

Louis Braille, então, dedicou os anos seguintes da sua vida a estudar o sistema criado por Barbier e, em 1824, apresentou um método alternativo, inspirado na criação de Barbier, porém mais adequado. Surgiu assim a escrita e leitura dos cegos em 1826, identificada por seu sobrenome. Começou então a ensinar seu sistema em 1829 e, em seguida, publicou um livro explicando o método. Em 1837, publicou uma revisão, tornando-se a versão mais apropriada a partir de 1854. O Braille se popularizou e ganhou o mundo a partir de sua apresentação na Exposição Internacional em Paris, em 1855 (GARCIA, 2012).

Braille ficou cego aos 3 anos de idade e, aos 20 anos, conseguiu formar um sistema com diferentes combinações de 1 a 6 pontos em relevo, caracterizando a escrita e leitura das pessoas cegas. Esta se alastrou pelo mundo e hoje representa a sua linguagem oficial. O Braille é composto por 63 sinais gravados em relevo, esses sinais são combinados em duas (2) filas verticais com 3 pontos cada uma. “O Sistema Braille consta de códigos ou símbolos, baseado no tato para escrita e leitura, que permite o acesso das pessoas cegas ao mundo da cultura, à informação e ao conhecimento” (MARTINS, 2006, p. 63). A leitura se faz da esquerda para a direita. Comemora-se o Dia Mundial do Braille em 4 de janeiro.

No Brasil, o sistema Braille foi adotado junto à criação do Imperial Instituto dos Meninos Cegos, no Rio de Janeiro, em 1854, por Dom Pedro II, hoje Instituto Benjamin Constant (IBC). Nesta mesma cidade, com o objetivo de “ministrar a instrução primária e alguns ramos da instrução secundária, educação moral e religiosa, ensino de música, bem como ofícios fabris” (CABRAL, 2019). Hoje, estes objetivos ampliaram-se, buscando alcançar o aprendizado da leitura e escrita para pessoas com deficiência visual em todos os níveis de escolarização. O Sistema Braille foi oficializado em 1962, tornando-se língua oficial em todo o território nacional.

Barbosa e Guedes (2020, p. 8) concordam que o “Sistema Braille configurou-se como a forma mais efetiva de escrita e leitura para os cegos até os dias de hoje”, mas que é importante estimular as pessoas com deficiência visual a alfabetizar-se em Braille e buscar conhecimentos nesse código, recomendam as autoras. Ainda no século XIX, surgiram novas tecnologias para aprimorar a aprendizagem de pessoas cegas, como o Braille elétrico e o leitor de fita. Mas foi no século XX, com os avanços tecnológicos e científicos, que pessoas com deficiências

punderam dar os maiores passos na busca da equidade e justiça social, impulsionados por situações adversas, como no caso de soldados mutilados em guerras que necessitavam de atenção e tratamento.

Não se pode esquecer que, com o advento da Primeira Guerra Mundial (1914-1918) e da Segunda Guerra Mundial (1939-1945), houve um aumento significativo no número de pessoas com deficiências, reconhecidos como heróis de guerra, que necessitavam de atendimento e resolução de problemas diversos, obrigando hospitais, instituições de pesquisa e órgãos públicos a buscar alternativas inovadoras (HSATINGS, 2011).

Conforme Clemente (2008, p.21), é na Idade Contemporânea (abarcando os séculos XIX, XX, XXI), período compreendido até os dias atuais, que a crença na imutabilidade das deficiências passa a ser questionada a partir do surgimento dos primeiros tratamentos para as deficiências sensoriais, bem como polemiza-se a marginalização dos cegos, surdos, deficientes físicos e mentais. Estes marcos, aliados a lutas por direitos sociais e políticas públicas, representam uma iniciação à autonomia de pessoas com deficiências no espaço social e educacional, com projetos e programas de reabilitação, desenvolvimento de potencialidades e capacitação para o mundo do trabalho.

1.3 Classificação e etiologia da deficiência visual

Conforme declaração da Organização das Nações Unidas (ONU) (BRASIL, 2007), pessoas com deficiência são aquelas que apresentam impedimentos de longo prazo de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, os quais, em interação com diversas barreiras ambientais, podem obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdade de condições com as demais pessoas. Dentro da mesma perspectiva, a Organização Mundial da Saúde (OMS) define a deficiência visual pela dificuldade na habilidade em executar atividades da vida diária relacionadas à visão.

A definição brasileira para o termo deficiência segue o Decreto 3.298 de 20 de dezembro de 1999: “Entende-se por deficiência qualquer restrição física, mental ou sensorial, de natureza permanente ou transitória, que limite a capacidade de exercer uma ou mais atividades essenciais da vida diária, causada ou agravada pelo ambiente econômico ou social” (BRASIL, 1999, p. 24). No Decreto 5.296 de 2004, na definição do Artigo 70, encontramos as categorias a que as deficiências se referem:

I - Deficiência Física: alteração completa ou parcial de um ou mais segmentos do corpo humano, acarretando o comprometimento da função física para o desempenho das funções;

II – Deficiência Auditiva: perda bilateral, parcial ou total de 41 decibéis (dB) ou mais, aferida por audiograma nas frequências de 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz e 3000 Hz;

III – Deficiência Visual: na qual a acuidade visual é igual ou menor a 0,05 no melhor olho com a melhor correção óptica; a baixa visão, que significa acuidade visual entre 0,03 e 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica; os casos nos quais a somatória da medida do campo visual em ambos os olhos for igual ou menor que 60°; ou a ocorrência simultânea de quaisquer das condições anteriores;

IV – Deficiência Mental: funcionamento intelectual significativamente inferior à média, com manifestação antes dos dezoito anos e limitações associadas a duas ou mais áreas de habilidades adaptativas, tais como comunicação, cuidado pessoal, habilidades acadêmicas, lazer e trabalho;

V – Deficiência Múltipla: associação de duas ou mais deficiências (BRASIL, 2004).

Segundo dados do Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), o Brasil possui 45,6 milhões de pessoas com alguma deficiência, representando em torno de 18,6% da população brasileira. Desse total, 6,5 milhões apresentam deficiência visual severa, sendo que aproximadamente 506 mil têm perda total da visão (0,3% da população) e 6 milhões têm grande dificuldade para enxergar (3,2%), com acesso restrito à educação, à cultura e ao mercado de trabalho.

A deficiência visual é a que aparece com maior frequência, inclusive em todos os grupos de idades registrados conforme a Tabela 1 abaixo:

Tabela 1 - Frequência de idade com o tipo de deficiência

Idade	Deficiência Visual	Deficiência Auditiva	Deficiência Motora	Deficiência Mental ou Intelectual
0 a 14	5,3%	1,3%	1,0%	0,9%
15 a 64	20,1%	4,2%	5,7%	1,4%
Maior que 65	49,8%	25,6%	38,3%	2,9%

Fonte: <<https://inclusao.enap.gov.br/wp-content/uploads/2018/05/cartilha-censo-2010-pessoas-com-deficiencia-reduzido-original-eleitoral.pdf>>

Referindo-se a estes dados, Garcia (2012) afirma que a deficiência visual no Brasil se caracteriza como um problema de saúde pública. Amorim (2021) complementa Garcia (2012) dizendo que a deficiência visual afeta também milhões de pessoas em todo o mundo, afirmando que o número estimado de pessoas com deficiência visual no mundo em 2015 passou para 36,0 milhões, com uma projeção

para 114,6 milhões de pessoas em 2050, sendo que mais de 90% viverão em países pobres ou em desenvolvimento.

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saúde de 2013, intitulada "Ciclos de Vida: Brasil e Grandes Regiões", cerca de 7,2 milhões de pessoas no Brasil possuem deficiência visual, o que representa 58% de todas as deficiências entre adultos e idosos. Dentre esses casos, 91% são deficiências adquiridas, e 16% apresentam limitações intensas (BRASIL, 2013). De acordo com a definição da Secretaria de Educação Especial do Ministério da Educação (MEC), o termo "cegueira" é usado para identificar a condição de pessoas que apresentam total incapacidade de enxergar e para aquelas com uma visão residual que, apesar de não ser a perda total da visão, dificulta a realização de suas atividades diárias normalmente, quando a pessoa precisa contar com habilidades de substituição da visão (BRASIL, 2006).

Para Nunes e Lomônaco (2008), a deficiência visual caracteriza-se pela dificuldade de apreensão de informação do mundo externo pelo sentido da visão e se divide em dois grupos com características e necessidades diferentes: pessoas que apresentam baixa visão e pessoas com cegueira. Clemente (2008) esclarece que a deficiência visual pode ser congênita, ou seja, o indivíduo nasce com ela, ou adquirida através de doenças infecciosas, acidentes, lesões cerebrais e traumas oculares e/ou outros. O autor identifica que as principais causas de cegueira e baixa visão no Brasil incluem o glaucoma, degeneração macular, catarata, retinopatia diabética e deslocamento da retina, bem como chama a atenção para o fato de que, no Brasil, as diversas deficiências adquiridas têm se pronunciado mais nos últimos anos, principalmente na faixa etária de pessoas com 40 a 44 anos, que representa 20,1% da população com deficiência.

Na pesquisa dirigida por Scherer (2020), os dados mostram que a deficiência visual congênita está presente em 56% dos deficientes visuais no Brasil, ao passo que o tempo médio daqueles que adquiriram a deficiência visual foi de aproximadamente 26 anos.

Vale mencionartambém que dados da Pesquisa Nacional de Saúde (PNS), divulgados em 2015 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em parceria com o Ministério da Saúde, apontam que 6,2% da população brasileira tem algum tipo de deficiência, sendo que a deficiência visual é aquela que afeta o maior percentual de pessoas (3,6% dos brasileiros). Também, de acordo com os dados

desta pesquisa, 16% das pessoas apresentam um grau intenso e muito intenso de limitação visual, dificultando a realização de atividades cotidianas, como trabalhar e frequentar a escola.

1.4 Legislação Brasileira: diretrizes para inclusão educacional de pessoas com deficiência e inclusão de discentes no Ensino Superior

Neste item, seguiremos as coordenadas da legislação brasileira, acreditando que a “educação inclusiva é uma educação democrática, comunitária, que propõe ao professor a quebra de paradigmas, em que educadores e educandos se definem como sujeitos contextualizados ... num forte compromisso com a prática emancipatória” (FRÓES *et al.*, 2003, p. 344), o que nos leva a pensar na existência da busca pela justiça e equidade social e educacional.

Para iniciar essa pequena reflexão sobre legislação nacional e inclusão educacional, convém esclarecer que o termo “inclusão” se caracteriza como um movimento mundial de luta pela garantia de direitos das pessoas com deficiência. Tem como objetivo a equiparação dos tratamentos dispensados, para que pessoas com deficiência possam participar da vida em sociedade e atuar no mercado de trabalho. Foi em meio ao processo de formação de movimentos sociais em prol de novos direitos, intensificados no pós-Segunda Guerra Mundial, que pessoas com deficiência, entre estas pessoas com deficiência visual, passaram a ser reconhecidas também como sujeitos de direitos (BRUMER *et al.*, 2004).

Ao longo dos anos, os termos que definem a deficiência foram se adequando à evolução da ciência e da sociedade. Atualmente, o termo correto a ser utilizado é Pessoa com Deficiência (PcD), denominação esta que faz parte do texto aprovado pela Convenção Internacional para Proteção e Promoção dos Direitos e Dignidades das Pessoas com Deficiência, aprovada pela Assembleia Geral da ONU em 2006, e ratificada no Brasil em julho de 2008, originada do Programa de Ação Mundial para Pessoas Deficientes, da ONU (1982), que objetivava, segundo Brumer *et al.* (2004), promover medidas “para a prevenção da deficiência... reabilitação e realização dos objetivos de ‘igualdade’ e ‘participação plena’ das pessoas deficientes na vida social e no desenvolvimento” (ONU, 1982). Isso significa buscar oportunidades iguais para toda a população e uma participação equitativa na melhoria das condições de vida resultante do desenvolvimento social e econômico.

Os referidos autores apresentam uma reflexão interessante sobre essa medida da ONU de 1982, afirmando que a experiência tem demonstrado que, em grande medida, é o meio que determina o efeito de uma deficiência ou de uma incapacidade sobre a vida cotidiana da pessoa. No sentido de que a pessoa se acomoda à invalidez quando lhe são negados direitos e oportunidades. Esses, nos dizem Brumer *et al.* (2004), são geralmente necessários à vida, como viver em condições de igualdade no espaço familiar, frequentar a escola, profissionalizar-se, trabalhar e obter condições econômicas para adquirir uma habitação, segurança pessoal, saúde, bem como participar ativamente da sua comunidade, relacionar-se afetivamente, frequentar instituições educacionais, religiosas, públicas, entre outras.

Por isso, afirmam Brumer *et al.* (2004), a relevância das perspectivas estabelecidas pela ONU ainda em 1982: pessoas com deficiência devem ser consideradas cidadãs possuidoras de direitos e obrigações, participantes e construtoras da sociedade. Abaixo, a citação de alguns dos direitos contidos na Declaração de Direitos das Pessoas Deficientes, proclamada pela ONU em 1975, que forneceram sustentação teórica para as medidas de 1982.

Direito ao respeito, por sua dignidade humana, direito de desfrutar dos mesmos direitos fundamentais que seus concidadãos da mesma idade, visando ter-se uma vida decente, tão normal e plena quanto possível;
 Direitos civis e políticos iguais aos demais seres humanos;
 Direitos à capacitação visando a conquista da autoconfiança;
 Direito ao tratamento médico, psicológico e funcional, a aparelhos, à reabilitação médica e social, à educação, ao treinamento vocacional e à reabilitação, à assistência, ao aconselhamento e outros serviços que possibilitem ao máximo o desenvolvimento de suas capacidades e habilidades, acelerando o processo de integração social; Direito à segurança econômica e social, obtida através do desenvolvimento de atividades úteis, produtivas e remuneradas realizadas de acordo com suas capacidades, além da participação em sindicatos;
 Direito a ter suas necessidades especiais levadas em consideração em todos os estágios de planejamento econômico e social da nação;
 Direito a viver com suas famílias e de participar de todas as atividades sociais, criativas e recreativas, caso for indispensável a permanência em estabelecimentos especializados, estes deverão aproximar-se da realidade da vida normal de pessoas de sua idade.
 Direito a proteção contra toda exploração e discriminação.
 Direito à assistência legal qualificada e as medidas jurídicas de acordo com suas condições físicas e mentais.
 Direito das organizações de pessoas deficientes de serem consultadas em todos os assuntos referentes aos direitos de pessoas deficientes.
 Direito a informação sobre os direitos contidos nesta Declaração.

No Brasil, segundo Pinheiro (1997), as lutas em prol de direitos das pessoas com deficiência, ou em prol da condição de sujeitos com diferentes vontades e de diversos outros movimentos sociais organizados, remetem-se a menos de três

décadas. Nesse período, houve avanços significativos de visibilidade social. No entanto, ainda permanecem obstáculos que mantêm a exclusão de pessoas com deficiência em termos de uma vida independente, autossustentada e plena.

Importa observar que a Legislação Brasileira até a década de 1980 tinha um caráter basicamente assistencialista e paternalista. No caso das pessoas com deficiência visual, essas políticas centravam-se na organização do ensino e instalação de classes em Braille e na adaptação social e reabilitação. Sendo assim, cabia à pessoa adaptar-se ao meio onde vivia (PINHEIRO, 1997).

As principais leis formuladas no Brasil que se propuseram a ampliar as perspectivas de inclusão das pessoas com deficiência visual ocorreram após os anos de 1990, envolvendo aspectos culturais como a identificação do preconceito e as terminologias utilizadas para referir-se às Pessoas com Deficiência e os estigmas associados a elas, inclusive pela linguagem, pois expressa-se, voluntária ou involuntariamente, o respeito ou a discriminação em relação às pessoas com deficiências, bem como nos aspectos social e econômico, envolvendo a educação, a formação profissional e o acesso ao mercado de trabalho.

Nos anos 2000, a Política Nacional da Pessoa com Deficiência no Brasil acompanhava as iniciativas realizadas em âmbito internacional organizadas pelos Movimentos de Direitos Humanos e pela ONU, adotando-se a Lei 10.048, que priorizava o atendimento às pessoas com deficiências. A “inclusão” passou a envolver as esferas culturais, educacionais, socioeconômicas e políticas. Almejava-se que as sociedades e suas instituições se adaptassem para receber pessoas com deficiência, na crença de que a construção de uma verdadeira sociedade inclusiva passa por esta preparação.

Nesse sentido, pelo menos três Declarações Internacionais, pertencentes à Organização das Nações Unidas (ONU), representam marcos legais para a educação inclusiva: a começar pela Declaração de Direitos Humanos promulgada pela ONU em 1948, que estabeleceu direitos à liberdade, à igualdade, à educação e à dignidade para todo ser humano. Foi essa Declaração de 1948 que serviu de base teórica para a Declaração Mundial sobre Educação para Todos (1990) e para o Plano de Ação para Satisfazer as Necessidades Básicas de Aprendizagem, em Jomtien, na Tailândia. Em seguida, foi elaborado um outro documento intitulado “Conferência Mundial sobre Educação Especial”, ocorrida em Salamanca, na Espanha (1994). Esta tratou dos princípios, políticas e práticas na área das necessidades educativas

especiais, na qual o Brasil estabeleceu compromissos de ampliar o conceito de necessidades educacionais especiais.

Vale lembrar que foi em 1961 que a Legislação Brasileira estabeleceu seu primeiro compromisso com a Educação Especial. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional n. 4.024/1961 (LDB, 1961) sugeria uma organização nas instituições particulares de caráter assistencialista e disponibilizava algumas classes públicas para atender essa população. A segunda Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional n. 5.692/1971 (LDB, 1971) passou a substituir a anterior, com o objetivo de oficializar o atendimento dessa população na escola especial. Não estava em pauta a inclusão de alunos com necessidades especiais em escolas regulares de ensino. A escola especial estava destinada a receber crianças com deficiências (PINHEIRO, 1997).

Na década de 1980, no Brasil, iniciaram-se as primeiras discussões sobre o tema “integração educativa”: a ideia era a de que o ensino de crianças e jovens com dificuldades especiais deveria ser realizado dentro da escola regular. Aliada a essa ideia, a Constituição Brasileira de 1988 passou a afirmar que é dever do Estado garantir atendimento educacional especializado às pessoas com deficiência, preferencialmente na rede regular de ensino. Essa proposta foi solidificada pela Declaração de Salamanca, na Espanha, em 1994, como um dos principais documentos mundiais em defesa da inclusão escolar e social de alunos com necessidades educacionais especiais. No âmbito nacional, a Lei n. 6.949, de 25 de agosto de 2009, promulgou a Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência, com o objetivo de resguardar os direitos dessa população (BRASIL, 2009).

A seguir, sintetizam-se algumas diretrizes definidas na Legislação Brasileira para garantir a inclusão de pessoas com deficiências no espaço educacional: Constituição Federal (1988), a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBN, 1996), a Lei de Acessibilidade (2011), a Lei de Cotas para o Ensino Superior (Lei n. 12.711/2012 e Lei n. 13.409/2016), a Lei Brasileira de Inclusão (Lei nº 13.146/2015) e a Legislação Brasileira em Tecnologia Assistiva, Decreto n. 10.094 de 2019.

A Constituição Federal de 1988 garante, no art. 205 e seguintes, o direito à educação para todos os cidadãos. Esse direito visa o pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para a cidadania, sua qualificação para o trabalho e a dignidade

para a pessoa humana, incluindo aqueles com deficiência (art. 1º, incisos II e III). No art. 3º, inciso IV, deixa claro que um dos seus objetivos fundamentais é a promoção do bem de todos, sem preconceitos de origem, raça, sexo, cor, idade e quaisquer outras formas de discriminação. Além disso, a Constituição elege como um dos princípios para o ensino “a igualdade de condições de acesso e permanência na escola” (art. 206, inciso II), acrescentando que o dever do Estado com a educação será efetivado mediante a garantia de acesso aos níveis mais elevados do ensino, da pesquisa e da criação artística, segundo a capacidade de cada um (art. 208, V)” (MANTOAN, 2003, p. 34).

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação (1996) representa o conjunto de diretrizes que regulamenta o ensino brasileiro, bem como estabelece e especifica que as escolas devem garantir o atendimento aos alunos com necessidades especiais e que os professores devem estar capacitados para atender essas necessidades. Define a obrigação das instituições de ensino de garantir acesso e permanência das pessoas com deficiência no ensino fundamental e médio. Essa obrigatoriedade consta também na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), não só para destacar os direitos da pessoa com deficiência visual, mas para contribuir com a reflexão e conscientização na sociedade de que as pessoas com deficiência são cidadãos, participantes da sociedade, em todos os setores e espaços, e seus direitos devem ser respeitados.

Várias atualizações foram inseridas na LDB de 1996. Para constar brevemente as últimas: a LDBN de 2021 aprimora as regras de oferecimento da Educação Bilíngue dos Surdos. A LDBN de 2022 dispõe sobre a garantia de mobiliários, equipamentos e materiais pedagógicos adequados à idade e às necessidades de cada aluno; e a LDBN de 2023 traz para o ensino regular as habilidades tecnológicas para formar nativos digitais.

A Política Nacional de Educação Especial (PNEE): Equitativa, Inclusiva e com Aprendizado ao Longo da Vida, da Secretaria de Modalidades Especializadas de Educação de 1994, teve como objetivo garantir que pessoas com deficiência, incluindo aquelas com deficiência visual, tenham acesso a uma educação inclusiva de qualidade. Essa Política incluiu a oferta de Educação Especial em ambientes regulares de ensino, além de recursos e apoio para professores e alunos com necessidades especiais. Já o Plano Nacional de Educação (PNE, 2014-2024) também

definiu o objetivo de garantir a inclusão de pessoas com deficiência no ensino fundamental, médio e superior (MEC/SEMESP, 2020).

Em termos gerais, a Lei de Acessibilidade n. 10.098, de 2000 (MEC), estabelece as normas para acessibilidade de edifícios, meios de transporte, serviços e equipamentos urbanos para pessoas com deficiência. Já a Portaria nº 3.298, de 20 de dezembro de 1999, estabelece as regras para a acessibilidade e inclusão de pessoas com deficiência nas Instituições de Ensino. Esta norma também estabelece a obrigatoriedade de criação de um plano de acessibilidade para cada instituição, além de medidas para garantir a inclusão de pessoas com deficiência visual, incluindo a oferta de atendimento educacional especializado (BRASIL, 1999).

Sobre a Lei de Cotas para Instituições do Ensino Superior (IES), sancionada em 2012 sob o n. 12.711:

imputa responsabilidades normativas, administrativas e acadêmicas em IES vinculadas ao sistema federal de educação, tornando obrigatória a reserva de vagas aos candidatos que se autodeclararem pretos, pardos, indígenas e/ou deficientes, no caso das IES públicas estaduais (JEFFREY, 2023).

E ainda prevê a reserva de vagas para grupos de baixa renda (até 1,5 salário-mínimo de renda mensal familiar por pessoa) e pessoas que estudaram em escolas públicas. Em 2016, houve a inclusão de pessoas com deficiência (PcD), sob a Lei n. 13.409. Consta também as cotas para pessoas com deficiência visual nas universidades e institutos federais de ensino que já são uma realidade desde 2017. De modo geral, esse sistema de cotas visa garantir o direito de ingressar no Sistema Educacional Superior. A Lei de Cotas 13.409, de 28 de dezembro de 2016, reserva uma quantidade de vagas para pessoas com deficiência nos cursos técnicos de nível médio e superior das Instituições Federais de Ensino.

A Lei n. 13.146, de 6 de julho de 2015, trata especificamente da inclusão da pessoa com deficiência, mais conhecida como Estatuto da Pessoa com Deficiência, que passou a vigorar em janeiro de 2016. Essa Lei dispõe sobre o acesso a garantias e direitos das pessoas com deficiência em todas as áreas (BRASIL, 2016).

Dentro do contexto da inclusão na área educacional, destaca-se especialmente a Legislação Brasileira em Tecnologia Assistiva, Decreto n. 10.094 de 2019, onde as ações governamentais apontam para o direito do cidadão com deficiência à concessão dos recursos de Tecnologia Assistiva dos quais necessita. Em relação à Legislação Nacional da TA, no contexto da inclusão na área educacional do Decreto n. 10.094 de 2019, importa lembrar a promulgação do Decreto 3.298 de

1999, no art. 19, que fala do direito do cidadão brasileiro com deficiência às Ajudas Técnicas.

Parágrafo único: I. São ajudas técnicas: Próteses auditivas, visuais e físicas... Consideram-se ajudas técnicas, para os efeitos deste Decreto, os elementos que permitem compensar uma ou mais limitações funcionais motoras, sensoriais ou mentais da pessoa portadora de deficiência, com o objetivo de permitir-lhe superar as barreiras de comunicação e de mobilidade e de possibilitar sua plena inclusão social.

Artigo 4: Das obrigações gerais: Realizar ou promover a pesquisa e o desenvolvimento, bem como a disponibilidade e o emprego de novas tecnologias, inclusive as tecnologias de informação e comunicação, ajudas técnicas para locomoção, dispositivos e tecnologia assistiva adequadas a pessoas com deficiência, dando prioridade a tecnologias de custo acessível; Propiciar informação acessível para as pessoas com deficiência a respeito de ajudas técnicas para locomoção, dispositivos e tecnologia assistiva, incluindo novas tecnologias bem como outras formas de assistência, serviços e apoio e instalações; (BRASIL, SDHPR – Secretaria Nacional de Promoção dos Direitos das Pessoas com Deficiência – SNPD, 2012. In: BERSCH, 2017 p. 15 e p.16).

Também, a Lei Brasileira de Inclusão Lei n. 13.146, de julho de 2015, já mencionada acima, no seu artigo 74 diz: “É garantido à pessoa com deficiência acesso a produtos, recursos, estratégias, práticas, processos, métodos e serviços de tecnologia assistiva que maximizem sua autonomia, mobilidade pessoal e qualidade de vida”.

Sasaki (2019), considerando a relevância dessas Leis, afirma que representam esforços para melhorar a qualidade de vida das pessoas com deficiências no Brasil. O governo tem implementado políticas e programas para promover a inclusão e acessibilidade, nos diz Sasaki (2019), em especial a Lei de Inclusão de Pessoas com Deficiência e o Programa Nacional de Acessibilidade. Acessibilidade, conforme indicação de Sasaki (2019), representa uma diretriz que conduz a pessoa com deficiência ao direito de sentir-se cidadão no sentido amplo do termo, de reconhecer e ser reconhecido pela sociedade, de poder agir e reagir, na manifestação de atitudes, direitos e deveres sociais, para o que o autor chama de inclusão verdadeira.

Para apresentar a amplitude da Acessibilidade, Sasaki (2019) enumera sete dimensões complementares entre si, que envolvem a arquitetônica, a comunicacional, a metodológica, a instrumental, a natural, a pragmática e a atitudinal. Baseando-se em Sasaki (2019), Amorim (2021, p. 73), apresenta uma síntese das dimensões da acessibilidade e suas especificações da seguinte forma:

1. Acessibilidade arquitetônica: acesso sem barreiras físicas construídas no interior e no entorno de edificações e nos espaços urbanos;

2. Acesso atitudinal: acesso sem barreiras resultantes de preconceitos, estigmas, estereótipos e discriminações;
3. Acessibilidade comunicacional: acesso sem barreiras na comunicação, a qual pode ser: interpessoal ou face a face, falada, por escrito ou à distância;
4. Acessibilidade instrumental: acesso sem barreiras a instrumentos, ferramentas, utensílios e tecnológicos utilizados na execução de atividades em quaisquer campos;
5. Acessibilidade metodológica: acesso sem barreiras nos métodos, teorias e técnicas utilizados na execução de atividades em quaisquer campos;
6. Acessibilidade natural: acesso sem barreiras nos espaços criados pela natureza e existentes em terra e águas de propriedades públicas ou particulares;
7. Acessibilidade programática: acesso sem barreiras invisíveis embutidas em textos normativos tais como: leis, normas de serviço, avisos, notícias, políticas da organização, manuais operacionais, regulamentos internos etc.

Conforme as coordenadas oferecidas por Sassaki (2019), é possível compreender que a Lei Brasileira de Inclusão, n. 13.146/2015, ou o Estatuto da Pessoa com Deficiência, entende a deficiência como uma situação de reorganização dos espaços físicos e sociais que não estão prontos para recebê-las. Por isso, na área educacional, diante do movimento de inclusão, acredita-se que é preciso enxergar a educação inclusiva não como especial, mas como uma reorganização das metodologias tanto de ensino quanto de aprendizagem, dos espaços físicos e dos materiais, bem como na qualificação de profissionais que devem ser capazes de atender a todos, independentemente das condições físicas, intelectuais ou sensoriais.

Há outras políticas e programas em andamento no Brasil para melhorar a educação de pessoas com deficiência, como o Programa de Inclusão Digital, que fornece acesso à Tecnologia Assistiva e treinamento para pessoas com deficiência. O Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego (PRONATEC) oferece cursos técnicos e profissionalizantes para pessoas com deficiência. Publicada no Diário Oficial da União, a Lei 14.417/2022, que tem origem na Lei 3.144/2015, autoriza a participação de prestadoras de assistência técnica e extensão rural no Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego.

Quanto aos avanços identificados para pessoas com deficiências visuais, no contexto das Políticas de Educação Especial da Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão (SECADI) do MEC, encontra-se o programa Livro Acessível em parceria com o Instituto Benjamin Constant, que oferece livros didáticos e paradidáticos em Braille para alunos com deficiência visual, matriculados na educação básica. Esse programa faz parte do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) e tem como objetivo fornecer em Braille os mesmos livros

utilizados pelos demais alunos. Em 2016 e 2017, foram distribuídas em torno de 3.000 obras. Vale lembrar que, em 2000, a Lei 10.098 responsabilizou o poder público na implementação da formação de intérpretes de escrita Braille e de guias intérpretes para o favorecimento da comunicação direta (BRASIL, 2000).

A Comissão Brasileira do Braille (CBB) do MEC acompanha e atualiza o uso e aplicação do Sistema Braille no Brasil em todas as áreas do conhecimento. Lembra-se que o CBB/MEC publicaram a Grafia Química Braille para uso no Brasil, que atenderá alunos e profissionais da educação básica e superior. O objetivo é alcançar mais autonomia. Assim, o indivíduo ao ingressar na universidade deve encontrar um ambiente inclusivo e cidadão com acessibilidade. Cabe ao governo garantir não apenas a sua vaga, mas também a sua inclusão e permanência. Isso significa acompanhar as aulas em tempo real, tendo acesso fácil e instantâneo a todo material escolar impresso ou digital.

Só para constar, há outros órgãos responsáveis pela fiscalização e implementação das leis e diretrizes de inclusão de pessoas com deficiência, ligados ao Ministério Público Federal, em conjunto com as Secretarias das Pessoas com Deficiência, que estão espalhadas pelo Brasil, e acreditam ser importante o trabalho contínuo de averiguação para garantir que essas diretrizes sejam implementadas e eficazes.

Existem também organizações não governamentais e grupos de defesa dos direitos das pessoas com deficiência que trabalham para melhorar a conscientização e a inclusão dessas pessoas na sociedade, como por exemplo, a Associação dos Deficientes Visuais do Vale do Paraíba Paulista (ONG ADV-VALE), estado de São Paulo, fundada em 2000. Trata-se de uma associação civil estatutária sem fins econômicos que visa a inclusão e integração de pessoas com deficiência visual na sociedade. “Por meio de parcerias, desenvolve ações voltadas para a educação, esporte, empregabilidade, melhoria da qualidade de vida e saúde de pessoas com deficiência visual”. Atualmente, conta com cem associados com deficiência visual (ROMA, 2020, p. 23).

Pautados neste cenário brasileiro, leis e diretrizes objetivam resguardar a garantia da inclusão social e escolar de pessoas com deficiência visual no Brasil. Mas, importante sinalizar que ainda há barreiras que precisam ser superadas para que se aprimore a efetivação da acessibilidade, inclusão e permanência de pessoas com deficiência visual no Ensino Superior. Essa necessidade está registrada nos baixos

índices de alunos com deficiência visual matriculados no Ensino Superior. Isso porque, conforme pesquisadores da área, a Educação, especialmente a Superior, representa a vanguarda do aprendizado e da igualdade nas sociedades democráticas, tema que será discutido no próximo capítulo.

1.5 Considerações da Inclusão de discentes com deficiência visual no Ensino Superior

Em 1996, com a Lei 9.394 de Diretrizes e Bases (LDB), a educação especial passa a ser concebida como uma modalidade da educação escolar, cuja inclusão se fará preferencialmente na rede regular de ensino, com o objetivo de alcançar condições de socialização, desenvolvimento de habilidades cognitivas e competências socioemocionais (BRASIL, 1996). Sete anos depois, o Ministério da Educação (MEC), pela portaria n. 3.284/2003, dispõe sobre a necessidade de atendimento por Instituições de Ensino Superior aos requisitos de acessibilidade às pessoas com deficiência, para que sejam instituídos processos de autorização, reconhecimento de cursos e credenciamentos de Instituições.

Em 2008, passados doze anos da LDB 9.394/1996, com o objetivo de assegurar a inclusão educacional de alunos com deficiência, foi estabelecida a Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva Inclusiva, a qual norteia os sistemas de ensino, garantindo assim, o acesso ao ensino regular, bem como a participação, aprendizado e continuidade nos níveis mais elevados de ensino (BRASIL, 2008).

Em 2013, a Lei n. 12.796 alterou a LDB/1996, acrescentando que é dever do Estado “assegurar atendimento educacional especializado gratuito aos educandos com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades ou superdotação, transversal a todos os níveis, etapas e modalidades, preferencialmente na rede regular de ensino” (BRASIL, 2013). Este acréscimo traz o entendimento, segundo Barbosa e Guedes (2020), de que concerne também às Instituições de Ensino Superior oferecerem atendimento especializado e prover recursos para o acesso e a permanência desses estudantes neste nível de ensino.

Com a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência, Lei n. 13.146 de 2015, um conjunto de dispositivos é destinado a assegurar e promover o respeito à diversidade, às necessidades individuais de acordo com as deficiências de cada indivíduo, respeitando seu ritmo de aprendizado, estado emocional e condições gerais para o aprendizado, bem como destaca a importância da comunicação como forma

de combater impactos negativos no processo de inclusão e erradicação de preconceitos. Esta Lei também enfatiza o direito de acesso e as condições de igualdade para que pessoas com deficiência alcancem a inclusão social e cidadania plena (BRASIL, 2015).

Em 2016, reforçando o direito da pessoa com deficiência ao acesso e permanência no Ensino Superior, entra em vigor a Lei 13.409, que institui cotas para esse grupo em Universidades Federais (BRASIL, 2016). Escorada por um conjunto de leis e políticas dirigidas a estes grupos, a democratização do Ensino Superior, nos últimos anos, tem contribuído para a inclusão de estudantes que se autodeclararam pessoas com deficiência nas Instituições de Ensino Superior. Processo esse que entende que pessoas com deficiência no Ensino Superior representam uma conquista histórica, cuja mobilização acadêmica deve contemplar, “além dos direitos, o acolhimento desses estudantes, com dignidade e acessibilidade a fim de que as estruturas e os serviços de apoio tenham o envolvimento ativo dos gestores, dos professores e de toda a comunidade acadêmica no esforço para a superação do preconceito e da exclusão” (BARBOSA e GUEDES, 2020, p. 5).

Dados apresentados pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep) revelaram um aumento de matrículas de pessoas com deficiência no Ensino Superior entre os anos de 2012 e 2017. Em 2012, 7.037.688 alunos se matricularam no Ensino Superior, dos quais 27.143 se declararam pessoas com deficiência. Em 2017, cerca de 8.286.663 alunos ingressaram no Ensino Superior e, destes, 38.272 se autodeclararam com algum tipo de deficiência (BRASIL, 2017).

O Censo da Educação Superior de 2015 (INEP/MEC) informou que neste ano havia 1.922 alunos com cegueira e 9.224 alunos com baixa visão matriculados em instituições superiores de ensino. Conforme o Censo da Educação Superior de 2018, alunos com cegueira totalizavam 2.537 e com baixa visão 12.751. Comprovando-se que, no período de três anos, houve um aumento de 4.142 alunos com deficiência visual no Ensino Superior. Dados da Educação Superior (BRASIL, 2020) constata que, em 2019, 34,01% dos estudantes com deficiência matriculados são estudantes cegos ou com baixa visão.

Constata-se assim o aumento do número de estudantes com deficiência que ingressam no Ensino Superior. O INEP/2020 atribui o crescimento às políticas de ações afirmativas e às mudanças na educação básica destinadas a este grupo nos

últimos anos. Contudo, para atender a esta demanda, a qualificação de docentes, o acesso à informação e as condições de acessibilidade disponibilizadas nas Instituições de Ensino Superior devem ser prioridades para garantir a permanência desses estudantes na universidade, pois “a inclusão é um processo bilateral de adequação e, sendo assim definida, exigirá de seus participantes e do próprio sistema educacional responsabilidades e funções favoráveis às condições de ensino”, nos diz Camargo (2016, p. 137).

Para Amorim (2021), o percentual de aumento de alunos com deficiência no Ensino Superior representa 0,19% dos estudantes do país, porcentagem esta considerada um índice inexpressivo, afirma o autor, indicando a necessidade de rever políticas públicas voltadas ao acesso e permanência dessas pessoas no contexto educacional, mesmo considerando a relevância da Lei n. 13.409 de 2016, que dispõe sobre o ingresso e a reserva de vagas para pessoas com deficiência nos cursos técnicos de nível médio e superior das Instituições Federais de Ensino (BRASIL, 2016).

Amorim (2021) observa que, dos aproximadamente 2.537 estudantes cegos no Ensino Superior, 480, o que representa 18,9%, ingressaram por meio de reserva de vagas na seleção e, destes, 372 na reserva específica para pessoas com deficiência. Segundo o autor, estes dados são inexpressivos, sem contar com a falta de dados sobre o número de alunos com deficiência que se formam no Ensino Superior.

Segundo dados do levantamento de 2021, disponibilizados pelo Ministério da Educação (MEC), 24.062 estudantes com algum tipo de deficiência ingressaram no Ensino Superior. Destes, a maior parte, 7.704, tem baixa visão, o que fundamenta a necessidade de incluir nos cursos superiores ferramentas para atender às demandas dessa população.

Amorim (2021) reitera que estes dados também evidenciam que, embora a inclusão das pessoas com deficiência no Ensino Superior esteja legalmente amparada por lei, outras iniciativas devem subsidiar o seu acesso e permanência no âmbito destas Instituições. Não basta apenas possibilitar o ingresso, se não existirem estruturas físicas adequadas, recursos materiais disponíveis, tecnologia acessível e professores preparados que garantam a permanência e a efetiva formação dos estudantes no âmbito acadêmico.

Para subsidiar o acesso e permanência do aluno com deficiência visual, nos dizem Barbosa e Guedes (2020), é fundamental poder contar com a ação de professores e pesquisadores na promoção de debates a partir da inclusão, para se repensar modelos e objetivos educacionais no Ensino Superior que incluam flexibilização de currículos, adaptações nas linguagens, reflexões sobre a dialética de aprendizagem diferente em função do conteúdo que não é visual e reflexões de atuações pedagógicas que valorizem o tato, a audição, o olfato e a sinestesia como vias de acesso à construção do conhecimento.

2 TECNOLOGIA EDUCACIONAL, TECNOLOGIA ASSISTIVA E FUNÇÃO PEDAGÓGICA PARA DISCENTES COM DEFICIÊNCIA VISUAL NO ENSINO SUPERIOR

Conforme a literatura da área, a vocação da Tecnologia Educacional e Assistiva é atender às necessidades próprias da socialização, inclusão e educação de pessoas com deficiência, incluindo pessoas com deficiência visual. Essa mesma literatura identifica também barreiras e dificuldades, o que pode nos impulsionar para novas buscas, reformulações, adaptações, e para o uso da criatividade e inventividade em novos estudos e pesquisas.

2.1 Identificação de barreiras e dificuldades enfrentadas por alunos com deficiência visual no espaço educacional no ensino superior

No capítulo anterior, observamos algumas diretrizes, em termos de direito de igualdade garantidos pela legislação brasileira às pessoas com deficiências em nossa sociedade. Nas últimas décadas, seu foco foi direcionado à educação inclusiva aliada ao aperfeiçoamento em Tecnologia Educacional e Assistiva para a rotina de pessoas com deficiência tanto no seu cotidiano social quanto no contexto educacional.

No entanto, a efetivação dessas diretrizes, conforme Martins (2006); Arruda e Montilha (2008); Prates (2016); Camargo (2016); Mianes (2020); Roma (2020), ainda é um desafio para o sistema educacional. Camargo (2016, p.137) constata que, mesmo com a promulgação da Lei Brasileira de Inclusão (Lei 13.146/2015), o cenário ainda não mudou. Neste sentido, insiste o autor, existe a necessidade de instaurar uma nova perspectiva de ensino, com novos mecanismos e metodologias priorizando que alunos e professores se tornem cada vez mais participativos.

O autor lista alguns fatores que podem interferir, desde o início, no próprio planejamento de aulas do professor, repercutindo em sua prática em sala de aula, como, por exemplo, a falta de informações adquiridas na sua formação inicial, a falta de tempo e estrutura adequada para o planejamento de aulas, “a não existência de materiais nos laboratórios, a falta de apoio teórico, falta de reflexão das próprias práticas docentes, falta de auxílio para construção e utilização de recursos didáticos auxiliares na transposição de conteúdos, entre outros” (CAMARGO, 2016, p.137).

Barbosa e Guedes (2020, p.6) concordam que estes fatos podem interferir na aprendizagem dos discentes, e que é notória a existência de dificuldades de aprendizagem experienciadas por estudantes com deficiência visual no contexto educacional, especialmente no ambiente universitário; e que a dificuldade gritante estaria na visualização dos conteúdos, “os quais não possuem referenciais alternativos a outras percepções”.

As autoras acima esclarecem que esta dificuldade se centraliza no atendimento, disseminação e disponibilização da leitura e escrita em Braille. Identificam também a falta de recursos para adaptação de ambientes físicos, falta de aquisição de softwares específicos, falta de contratação de profissionais especializados, de boas práticas de equidade e justiça social, entre outras, que ainda fazem parte do cotidiano social e educacional de pessoas com deficiência visual.

Em relação à disseminação e disponibilização do sistema Braille, que se configura como a forma mais efetiva de escrita e leitura para pessoas com deficiência visual, é importante lembrar, segundo Barbosa e Guedes (2020), que nem todo aluno cego tem conhecimento suficiente do Braille. Alguns, inclusive, nunca foram alfabetizados neste código e precisam ser incentivados para tal. A necessidade de profissionais para fazer a mediação entre os textos escritos e o Braille é uma dificuldade constante, principalmente no meio universitário, reforçam as autoras.

Mesmo com as garantias da legislação, afirma Mianes (2020), é frequente o descaso vivenciado por pessoas com deficiências, em especial por pessoas com deficiência visual, em situações de acesso a materiais de comunicação ou sinalização em Braille, há falta de disponibilização de serviços de textos de receituários e materiais de divulgação, fato que não contribui para a comunicação, inclusão e emancipação social, bem como descaso ao acesso e locomoção em espaços públicos ou privados, escolas, universidades, transportes, uso de equipamentos como computadores, hoje imprescindíveis como ferramentas de trabalho e ensino.

Como nos diz Sasaki (2009, p. 98), o papel dos ambientes sociais tem valor “significativo ao proporcionar a participação ou impor restrições. No âmbito educacional, as restrições se materializam desde a falta de acessibilidade física às atitudes de preconceitos, às barreiras metodológicas nos instrumentos de uso, nos arranjos organizacionais, nos currículos e nos programas educacionais”.

Há consenso entre teóricos da área como Castro (2014); Filho e Kassari (2019); Abrão e Duarte (2017) e Amorim (2021) sobre a falta de acessibilidade

arquitetônica, identificada como uma das principais barreiras enfrentadas por pessoas com deficiência física e visual no Brasil. A começar pelos projetos de ruas e edifícios públicos, que frequentemente não são projetados para atender às necessidades dessas pessoas, e isso pode dificultar a mobilidade e a inclusão social, seguidas pela falta de programas e serviços de apoio, como acesso a cães-guia para pessoas com deficiência visual e tecnologia de acessibilidade. Especificamente nos espaços educacionais, afirma Amorim (2021), a situação de falta de mobilidade e de acessibilidade para alunos com deficiência visual não é diferente.

Trabalhos, como o de Filho e Kassar (2019) e Abrão e Duarte (2017), que citam dados do Censo da Educação Básica (2016), já nos diziam que do total de 971.372 alunos da educação especial matriculados em escolas especializadas e regulares, 76.640 são pessoas com deficiência visual e que menos de 1% dessas pessoas com deficiência visual no Brasil tem carteira assinada. Os autores justificam esse baixo número de contratações afirmando que a falta de perspectivas de trabalho está disseminada na sociedade, como reflexo da precariedade do sistema educacional, que não encontra perspectiva para preparar esses estudantes para atuar no mercado de trabalho.

Conforme Oliveira *et al.* (2006, p. 81), "... a modernidade, com a sua busca de um código mestre, produz excluídos, enquanto a pós-modernidade, na aceitação da diferença, busca a inclusão". Porém, nos dizem os autores, "é preciso ater-se ao fato de que, embora o estigma possa ter mudado em virtude de um novo discurso na sociedade e seu tempo de transformações, as dificuldades de convívio em sociedade persistem".

Filho e Kassar (2018) afirmam que, mesmo nas escolas públicas do ensino fundamental, recebendo recursos e projetos arquitetônicos para acessibilidade, ainda não são suficientes para possibilitar igualdade de locomoção para alunos com deficiência física e visual, deixando de lado requisitos básicos para atender às diferenças, como a falta de infraestrutura acessível, rampas de acesso, banheiros adaptados e elevadores. Estas situações, nos dizem os autores, podem dificultar a interação social dos estudantes, a participação e aprendizagem de pessoas com deficiências na vida escolar.

Além disso, a desinformação e estigma associados à deficiência visual representam outro grande problema, afirma Abrão e Duarte (2017). Muitas pessoas não compreendem a natureza da deficiência visual e como ela afeta a vida das

peças, o que pode levar a atitudes negativas e de discriminação, bem como limitar as oportunidades de desenvolvimento e realização pessoal, além de contribuir para dificultar a formação educacional e profissional. Nas palavras de Amorim (2021, p. 88), “indivíduos com deficiência visual são vistos como possuidores de menor status e são frequentemente vítimas de bullying... acarretando, juntamente com o estigma, consequências emocionais negativas, isolamento, solidão, pior qualidade de vida e falta de igualdade de oportunidades”.

A referida condição de menosprezo vem sendo notificada há muito tempo. Paugam (2007), já registrava sua indignação: pessoas com cegueira frequentemente enfrentam a discriminação e o estigma, enfrentam barreiras relacionadas à mobilidade, falta de orientação e assistência. Para esse autor, estas situações dificultam sua capacidade de se deslocar, de participar da vida social e, conseqüentemente, sua inclusão na escola e no mercado de trabalho.

Mello e Nuernberg, em 2012, faziam questão de frisar que a inclusão, tanto a social como a educacional, só poderia ocorrer quando a comunidade social e a escolar (professores e alunos) aprendessem a conviver e respeitar as diferenças. Os autores já enfatizavam que aprender a conviver com as diferenças não são habilidades inatas, portanto, precisam ser ensinadas para que cidadãos em geral e estudantes em particular possam aprender e praticar. Este é o objetivo do aprendizado significativo, nos diziam os autores. Assim, a crença dos autores era de que: é no espaço comunitário e no espaço escolar que se pratica e se internaliza a informação e o respeito a partir de ações relacionais concretas, o que pode permitir a criação de novo olhar, de novas formas de se relacionar e de uma nova representação social do sujeito com deficiência visual.

No contexto educacional, a identificação de dificuldades vivenciadas por pessoas com deficiência visual é enorme, nos diz Regina Caldeira, membro da Comissão Brasileira do Braille e da Comissão Latino-Americana para Difusão do Braille (LABOISSIÈRE, 2009) A começar pela falta de programas de inclusão educacional: embora haja algumas iniciativas em andamento para melhorar a educação de pessoas com cegueira, não se pode dizer que resultem em ações significativas. Assim, o que se sabe, nos diz Caldeira, é que a falta de programas de inclusão educacional eficazes pode dificultar a inclusão dessas pessoas na sociedade e no mercado de trabalho.

Apesar do uso generalizado do sistema Braille no Brasil e a aceitação obrigatória de pessoas cegas nas escolas e universidades, esses fatos não são suficientes para haver inclusão educacional e social. É preciso, afirma Regina Caldeira, que seja disponibilizado aos estudantes com deficiência, em especial com deficiência visual, suporte adequado e garantia de qualidade, semelhantes aos oferecidos para outros estudantes não cegos, para que tenham condições de estabelecer e buscar por seus objetivos e, assim, sonhar com um futuro promissor.

Apesar do surgimento do Sistema Braille, “que constituiu a revolução tecnológica mais importante que a modernidade trouxe à vida de homens e mulheres privados do sentido da visão” (MARTINS, 2006, p.63), Caldeira constata, entre os principais desafios enfrentados por esta população, a falta de livros em Braille, ou livros transcritos, bem como de recursos e infraestrutura adequados, recursos de tecnologia assistiva e professores devidamente formados e orientados para atender às necessidades específicas das pessoas com baixa visão e pessoas cegas.

Sobre a falta de capacitação de muitos professores, Caldeira nos diz que os professores estão presentes em sala de aula, mas não estão preparados para ensinar pessoas com deficiência visual. Nesse sentido, as lacunas do ensino se ampliam proporcionalmente. Na perspectiva de ensino para deficientes visuais, no cenário educacional brasileiro, três fatores são preponderantes: a não abordagem na formação inicial dos professores envolvidos no processo, a falta de experiência em lidar com esse seletor público e a falta de recursos para abordar os temas. Para Regina Caldeira, a realidade instrucional de pessoas com deficiência visual é muito insuficiente, o que dificulta a possibilidade de oferecimento de condições de igualdade.

Essa situação fica evidenciada no estudo realizado por Gonçalves *et al.* (2015), com o objetivo de analisar o nível instrucional de pessoas com deficiência no Brasil. Os autores utilizaram os dados do Censo Demográfico de 2010 do IBGE. Os resultados indicaram que, dentre os cerca de 6,5 milhões de pessoas cegas e com baixa visão no Brasil, aproximadamente 20% delas são crianças e adolescentes. Indivíduos que têm constitucionalmente assegurado o direito à educação, mas que, na prática, somente uma minoria está em sala de aula.

Gonçalves *et al.* (2015) afirmam que existe um alto percentual de pessoas com deficiência com 15 anos ou mais, sem instrução ou com o ensino fundamental incompleto, representando 44,9% do total desse grupo. Mais especificamente: 13% de pessoas com deficiência visual com 15 anos ou mais, em média, são analfabetas.

Já as pessoas com deficiência auditiva analfabetas representam 21%. Pessoas analfabetas com deficiência física representam 30%. Por último, pessoas analfabetas com deficiência mental representam aproximadamente 45% do total dessa população.

A Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, realizou em 2019 o “I Encontro de Inclusão no Ensino Superior - O Desafio da Inclusão e da Acessibilidade: Direito dos Estudantes, Dever das Instituições”. Conforme relatos de várias pesquisas apresentadas neste encontro, debatidos durante a mesa redonda, destaca-se aqui um estudo envolvendo 13 universidades brasileiras para identificar, a partir de relatos de alunos com diferentes tipos de deficiência, os requisitos de acessibilidade. Abaixo, alguns depoimentos que representam a fala da maioria dos participantes da pesquisa:

“Acessibilidade não é boa... não é boa. Falta acessibilidade, não tem! Eles não estavam preparados pra ter um aluno deficiente visual” (aluno 05); “Se o acesso já é difícil, quando um aluno consegue chegar na universidade, pra permanência, minha amiga! É mais difícil ainda, porque não tem acessibilidade adequada” (aluno 12);

“A acessibilidade é terrível aqui dentro, principalmente na área do curso de educação física, não tem nada adaptado, [...]” (aluno 14);

“A acessibilidade ainda está por melhorar, eu não sei no momento conceituar ruim, bom ou ótimo, se tiver que colocar três conceitos ruim, bom ou ótimo eu colocaria que está por melhorar... tá de ruim pra bom, não tá de bom pra ótimo não! [...] Eu considero difícil, alguns colegas até vencem essas barreiras, e de alguma forma eles conseguem superá-las, mas eu particularmente considero difícil” (aluno 15);

“É os prédios a infraestrutura não é adequada pra que você possa se locomover em toda a universidade, a gente tem uma universidade com campus extenso e não disponibiliza a infraestrutura pra que você possa acessar independentemente qualquer local” (aluno 16) (CASTRO; ALMEIDA, 2014, p.187).

Pelos depoimentos acima, fica claro que existem grandes barreiras a serem ultrapassadas em relação à acessibilidade arquitetônica, dificultando a locomoção e, conseqüentemente, a vivência e convivência no cotidiano das atividades acadêmicas no espaço universitário dos alunos participantes do estudo. Os relatos servem de exemplo de como a falta de acessibilidade pode interferir de diferentes formas (barreiras arquitetônicas, comunicacionais), tirando o direito de igualdade de pessoas com deficiência.

Mais especificamente, estes relatos demonstram que ainda existem barreiras básicas a serem superadas em relação às experiências e interações diárias de estudantes com deficiência visual no espaço universitário. Não basta apenas tornar as escolas acessíveis para estudantes com deficiência visual, é importante garantir que eles possam aprender e compartilhar o mesmo espaço em igualdade de

condições com os outros. Em relação às lacunas apontadas pelos participantes da pesquisa, espera-se que universidades e instituições de Ensino Superior forneçam condições “para que os estudantes com deficiência visual possam dela participar em condições de igualdade de acesso à informação e ao conhecimento” (BRUNO; NASCIMENTO, 2019, p.6).

Schwarz e Haber (2006) chamam atenção para a importância das barreiras econômicas. Pessoas com cegueira que vivem em regiões pobres ou remotas, nos dizem os autores, frequentemente enfrentam barreiras econômicas e sociais adicionais para obter acesso à informação e tecnologias, refletindo negativamente na sua formação educacional e profissional. Nas palavras de Arruda e Montilha (2008), a cegueira pode ser uma condição limitadora quando as condições econômicas e de inclusão não são atendidas.

Retomando os resultados divulgados pelo IBGE, ainda do Censo de 2010, Bersch (2017, p. 16), nos diz que o país possui 45,6 milhões de pessoas com alguma deficiência, o que representa 23,91% da população. No campo da TA, estes números revelam que “há grande demanda existente, no sentido de se incrementar ações de desenvolvimento e concessão destes recursos, que são fundamentais à promoção da inclusão das pessoas com deficiência, tanto no campo da educação, na inserção no trabalho, como na vida em sociedade”. Bersch (2017) constata ações importantes, mas que estas representam somente os primeiros passos e que ainda são insuficientes.

Essas afirmativas vão ao encontro das explicações fornecidas por Amorim (2021) de que o uso do termo Tecnologia Assistiva ainda é pouco difundido no Brasil, e sua utilização, por parte das pessoas com deficiência visual, é igualmente reduzida. O que é lamentável, nos diz Amorim (2021). Para dar um exemplo, cita os aplicativos de leitura de tela e dispositivos de reconhecimento de voz. Esses, afirma o autor, se utilizados em ampla escala já poderiam facilitar dignamente o ensino e a aprendizagem e, por consequência, a interação e socialização em sala de aula.

Apoiado em referências teóricas da área, Amorim (2021, p. 56) reafirma a ideia de que “para as pessoas sem deficiência a tecnologia torna a vida mais fácil, para as pessoas com deficiência a tecnologia torna a vida possível”. A crença é de que, com a introdução da Tecnologia Assistiva, “pessoas com deficiência podem fazer atividades sem necessitar exclusivamente da ajuda dos membros da família ou assistentes, podem assumir a parentalidade, melhorar sua dinâmica na educação, em

ocupações ou no trabalho, evitar a institucionalização e participar de atividades recreativas”.

Já Mianes (2020, p. 206), no texto intitulado “Deficiência visual: olhares e possibilidades”, destaca que, para além da contribuição da tecnologia para a educação, envolvendo também alunos com deficiência, a participação social e, sobretudo, a inclusão escolar do aluno cego ou com baixa visão “têm sido instrumentos importantes para a construção de outras formas de representação, nesse caso, baseadas em um viés cultural da deficiência como um ‘modo de ser no mundo’, não mais apenas como doença ou limitação corporal”.

Frente a este “modo de ser e estar no mundo” de pessoas com deficiência visual, Amorim (2021) afirma que são requeridos outros recursos, além das conhecidas tecnologias utilizadas na educação, além dos recursos específicos já conhecidos para orientação e locomoção de pessoas com deficiência visual, como bengala e cão-guia. São requeridas novas ferramentas e aquisição de novas habilidades para práticas cotidianas e educacionais aliadas, para que possam representar o encontro entre o sujeito com deficiência visual e o ambiente que o rodeia em busca de sua independência.

Vale citar Barbosa e Guedes (2020) quando lembram das pesquisas realizadas por Amiralian *et al.* (2000) ao afirmar que “o aprendizado da pessoa cega acontece mediante caminhos diferenciados, mas estruturados por diferentes recursos e tecnologias. Isso porque, ainda que a visão seja uma importante via de acesso à informação, ela não é a única”. Nos últimos anos, observamos o desenvolvimento e aparecimento de vários outros recursos tecnológicos, “incluindo dispositivos de GPS e tecnologia para smartphones, por meio de aplicativos com tecnologia de câmera, transferência de dados e uma rede de profissionais treinados para fornecer suporte visual remoto”. Contudo, mesmo com esses avanços, “existe uma indisponibilidade de acesso aos modernos recursos tecnológicos de apoio, seja pelos altos custos, ou pela falta de apoio de terceiros” (AMORIM, 2021, p. 50).

Vimos acima a descrição de algumas barreiras que dificultam a inclusão educacional de alunos com deficiência visual. Em sua maioria, fazendo referência à tecnologia educacional e tecnologia assistiva. Qual a distinção entre ambas? Porque a tecnologia assistiva é considerada fundamental para a aprendizagem e autonomia de pessoas com deficiência visual?

2.2 Tecnologia Educacional e Tecnologia Assistiva: especificidades

Consenso entre teóricos como Borges (2009), Motta (2015), Filho e Kassir (2019), Roma (2020), Mianes (2020) e Amorim (2021) é que a tecnologia e seus avanços caminham na direção de simplificar as atividades do cotidiano, tornando-as cômodas e de fácil execução, bem como tem desempenhado um papel cada vez maior na educação, permitindo novas formas de ensinar e aprender. Contudo, alertam os autores, mesmo que a tecnologia possa oferecer muitas vantagens na educação, não significa uma substituição exclusiva para o ensino e interação entre professores e estudantes, pois a relação de confiança construída a partir da realidade que ambos vivenciam constitui o elemento fundamental do processo ensino-aprendizagem.

Essa orientação interativa entre professor e aluno é especialmente importante para o professor que tem cegos ou alunos de baixa visão em sala de aula. Além da relação de confiança, algumas estratégias precisam ser adotadas pelo professor para superar os obstáculos que possam ocorrer. Neste caso, indicam Barbosa e Guedes (2020, p.7), torna-se necessário ao professor “associar o conhecimento percebido pela visão com a verbalização por meio de descrições claras e explicativas”. Além disso, acrescentam as autoras, “transpor conceitos abstratos para percepção tátil, adaptando o uso de maquetes e materiais 3D, o que poderá auxiliar o aluno cego a interagir como todos os demais alunos da sala”.

Algumas das principais vantagens da incorporação da tecnologia na educação incluem o acesso ao conhecimento, onde as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) permitem aos estudantes uma ampla variedade de informações e recursos educacionais, independentemente do nível de sua habilidade, incluindo desde materiais de ensino e bibliotecas digitais até cursos online e simulações interativas. Ferramentas digitais, como o e-mail, o chat e as redes sociais, permitem que estudantes se comuniquem, mesmo geograficamente distantes entre si, facilitando inclusive a ocorrência de cursos online e o aprender a aprender ao longo da vida.

Outros aspectos mencionados por teóricos da área sobre vantagens do uso da tecnologia na educação em geral são que ela permite aos professores personalizar o aprendizado para atender às necessidades individuais dos estudantes. Assim, estudantes podem trabalhar conforme seu ritmo e obter feedback instantâneo sobre o seu desempenho. Permite a diversificação de metodologias, como gamificação,

realidade virtual aumentada, entre outras, que agregam novos recursos para engajamento dos estudantes, personalização, motivação e até aprendizagem mais lúdica e interativa.

Importa observar que essa ampliação e evolução da tecnologia no contexto educacional possui um significado especial quando utilizada por pessoas com deficiência. Ela não só facilita atividades rotineiras como também representa alternativas que servem de recursos de aprendizagem e serviços, que visam à melhoria da qualidade de vida de pessoas com deficiência, proporcionando mais independência e inserção na escola e na sociedade de forma geral. Essa tecnologia, com estas características, é denominada Tecnologia Assistiva, conforme o Comitê de Ajudas Técnicas (CAT), instituído em 16 de novembro de 2006, pela Secretaria Especial dos Direitos Humanos da Presidência da República (SEDH/PR) através da Portaria n. 142. Este comitê, constituído por especialistas brasileiros e representantes de órgãos governamentais, objetivou apresentar propostas de políticas governamentais e parcerias entre sociedade civil e órgãos públicos referentes à Tecnologia Assistiva, bem como:

estruturar as diretrizes da área de conhecimento; realizar levantamento dos recursos humanos que atualmente trabalham com o tema; detectar os centros regionais de referência, objetivando a formação de rede nacional integrada; estimular nas esferas federal, estadual, municipal, a criação de centros de referência; propor a criação de cursos na área de tecnologia assistiva..., com o objetivo de formar recursos humanos qualificados e propor a elaboração de estudos e pesquisas, relacionados com o tema da tecnologia assistiva (BERSCH, 2017, p.3).

Assim, o CAT aprovou em 2007 o conceito brasileiro de Tecnologia Assistiva como 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” (BRASIL-SDHPR-Comitê de Ajudas Técnicas - ATA In: BERSCH, 2017, p. 4).

Pode-se dizer então que Tecnologia Assistiva é um termo ainda novo, mas muito utilizado para “identificar todo o arsenal de recursos e serviços que contribuem para proporcionar ou ampliar habilidades funcionais de pessoas com deficiência e consequentemente promover vida independente e inclusão”. Objetiva proporcionar às pessoas com deficiências “maior independência, qualidade de vida e inclusão social,

por meio da ampliação de sua comunicação, mobilidade, controle de seu ambiente, habilidade de seu aprendizado e trabalho” (BERSCH, 2017, p. 4).

Bersch (2017) inicia a discussão em torno da distinção da terminologia Tecnologia Educacional e Tecnologia Assistiva afirmando que, quando se trata do uso da tecnologia em sala de aula para alunos com deficiências, há uma tendência nacional já formada da utilização do termo Tecnologia Assistiva. Essa interpretação é aceita no meio acadêmico, nas organizações de pessoas com deficiência e em setores governamentais como o Ministério da Educação (MEC), Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Na tentativa de diferenciar Tecnologia Educacional de Tecnologia Assistiva, Bersch (2017, p. 12) sugere que se façam três perguntas. Se as respostas forem afirmativas para as três questões, a ferramenta utilizada pelo aluno pode ser denominada de TA, mesmo quando ela também se referir à educação comum:

O recurso está sendo utilizado por um aluno que enfrenta alguma barreira em função de sua deficiência (sensorial, motora ou intelectual) e este recurso/estratégia o auxilia na superação desta barreira?

O recurso está apoiando o aluno na realização de uma tarefa e proporcionando a ele a participação autônoma no desafio educacional, visando sempre chegar ao objetivo educacional proposto?

Sem este recurso o aluno estaria em desvantagem ou excluído de participação?

Como referido acima, se as respostas forem afirmativas, estaremos fazendo uso de Tecnologia Assistiva. Porém, Bersch (2017, p. 12) observa que a Tecnologia Educacional nem sempre será Assistiva, mas “poderá exercer a função Assistiva quando favorecer de forma significativa a participação do aluno com deficiência no desempenho de uma tarefa escolar proposta a ele”. Caracteriza-se como Tecnologia Assistiva quando “retirando o apoio dado pelo recurso, o aluno fica em dificuldade de realizar a tarefa e está excluído da participação”. Conforme sugestão do Comitê de Ajudas Técnicas, a expressão Tecnologia Assistiva poderá ser utilizada sempre no singular por referir-se a uma área do conhecimento e não a uma coleção de produtos. Dessa forma, um conjunto de equipamentos equivale a Recursos de TA. Para especificar serviços e procedimentos, utiliza-se os termos Serviços TA e Procedimentos em TA (BRASIL – SDHPR- Comitê de Ajudas Técnicas, CAT, 2009).

Bersch (2017, p. 4) esclarece junto ao Comitê de Ajudas Técnicas a significação de Categorias, Equipamentos e Recursos de Acessibilidade da Tecnologia Assistiva. Nos diz a autora: as Categorias da Tecnologia Assistiva estão

destinadas ao “auxílio para a vida diária e vida prática, materiais e produtos que favorecem desempenho autônomo e independente em tarefas rotineiras ... nas atividades como ... cozinhar, vestir-se ... executar necessidades pessoais”. São exemplos: talheres modificados, roupas desenhadas para facilitar o vestir e despir, barras de apoio, entre outros. Já os Equipamentos para a independência das pessoas com deficiência visual na realização de tarefas referem-se a: “consultar relógio, usar calculadora, verificar a temperatura do corpo, identificar se as luzes estão acesas ou apagadas, cozinhar, identificar cores ... verificar pressão arterial, identificar chamadas telefônicas, escrever”, entre outros.

Quando se trata dos Recursos de Acessibilidade relacionados ao computador, estamos nos referindo, segundo Bersch (2017, p. 4), ao “conjunto de hardware e software especialmente idealizados para tornar o computador acessível a pessoas com privações sensoriais (visuais e auditivas), intelectuais e motoras”. A autora inclui mouses, teclados e acionadores diferenciados como dispositivos de entrada, e sons, imagens, informações táteis como dispositivos de saída. Exemplos de dispositivos de entrada incluem “teclados modificados, teclados virtuais com varredura, mouses especiais e acionadores diversos, software de reconhecimento de voz, dispositivos apontadores que valorizam o movimento da cabeça, o movimento dos olhos, ondas cerebrais, ... órteses e ponteiras para digitação”, entre outros. Como dispositivos de saída, Bersch (2017, p. 6) cita “softwares leitores de tela, software para ajustes de cores e tamanhos das informações (efeito lupa), os softwares leitores de textos impressos (*Optical character recognition*, reconhecimento de caráter óptico), impressoras Braille e linha Braille, impressão em relevo, entre outros”.

Bersch (2017, p. 10) se preocupa em esclarecer que “auxílios ópticos, lentes, lupas manuais, lupas eletrônicas; os softwares ampliadores de tela”, bem como o “material gráfico com texturas e relevos, mapas e grafias táteis; software *Optical character recognition* em celulares para identificação de texto informativo”, entre outros, representam auxílios para ampliação da função visual e recursos que traduzem conteúdos visuais em informação tátil.

Desta forma, a Tecnologia Assistiva deve ser entendida como recursos que o usuário poderá utilizar quando desejar ou quando “necessitar desempenhar funções do cotidiano de forma independente. Por exemplo, a bengala é da pessoa cega ... o software leitor fala o conteúdo de textos digitalizados à pessoa com deficiência visual”. Todos estes recursos, afirma Bersch (2017, p. 10), promovem maior eficiência e

autonomia nas várias atividades de interesse de seus usuários. Assim, podemos dizer que mouses diferenciados, teclados virtuais com varreduras e acionadores, softwares de comunicação alternativa, leitores de textos, textos ampliados, textos em Braille, textos com símbolos, mobiliário acessível e recursos de mobilidade pessoal são exemplos de Tecnologia Assistiva no contexto educacional.

A preocupação com a distinção entre TA e TE vem desde o início da década de 2000. Observa-se que em Gil (2000) encontramos a necessidade de explicar a possível confusão: a Tecnologia Educacional pode ser confundida com Tecnologia Assistiva quando, por exemplo, um professor propõe a utilização de novas ferramentas tecnológicas com o objetivo de diversificar o acesso dos alunos às informações e sugerir outras formas de apresentação de conhecimentos construídos. Assim, qualquer aluno, tendo ou não deficiência, ao utilizar um software educacional, está se beneficiando da tecnologia para o aprendizado. Já Borges (2009) deixa muito clara a função da TA, ressaltando que quando a pessoa com deficiência visual faz uso da Tecnologia Assistiva, é como se resgatasse, em virtude da limitação visual, a sua capacidade de desenvolver inúmeras tarefas que até então eram impossíveis de serem realizadas.

Dessa forma, fechamos a discussão afirmando que a Tecnologia pode ser considerada TA no contexto educacional quando percebemos que, sem este recurso tecnológico, “a participação ativa do aluno no desafio de aprendizagem seria restrita ou inexistente”, aplicada no seguinte contexto: quando for utilizada por um aluno com deficiência que objetiva “romper barreiras sensoriais, motoras ou cognitivas que limitam/impedem seu acesso às informações, registros e expressão sobre os conhecimentos adquiridos por ele”, ou ainda quando favorecem aos alunos com deficiência visual “acesso à participação ativa e autônoma em projetos pedagógicos, quando possibilitam a manipulação de objetos de estudo” (BERSCH, 2017, p. 12).

Por outro lado, o avanço na área da informática, centrado nas Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), tem oferecido outros recursos para o processo de ensino-aprendizagem do aluno com deficiência visual, como, por exemplo, o sistema de ampliação de letra para as pessoas com visão reduzida, softwares especiais como o programa Lentepro, desenvolvido pelo Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade do Rio de Janeiro, e sistemas que permitem a ampliação direta do texto, como os circuitos fechados de televisão.

Dentro deste contexto, para pessoas com cegueira, há softwares que, com um sintetizador de voz, fazem a leitura do que aparece escrito na tela do microcomputador, despontando como um dos principais recursos de Tecnologia Assistiva na atualidade. No Brasil, temos alguns programas com essa tecnologia, como, por exemplo, o Dosvox, desenvolvido no Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, pelo professor Dr. José Antônio Borges, dessa mesma universidade, quando ainda em 1993 teve um aluno com cegueira cursando a disciplina que ele ministrava no curso superior de Processamento de Dados. Outro programa com esta mesma tecnologia é o Virtual Vision, desenvolvido pela Micro Power, empresa do município de São Caetano do Sul, SP. Conforme Borges (2000), através da informática, a pessoa com deficiência visual assimila a informação sem a mediação de outras pessoas.

Atualmente, outros softwares de acessibilidade potencializam a operacionalização dos computadores e dispositivos móveis, com aplicativos que complementam e personalizam o processo de aprendizagem conforme o ritmo e o nível de conhecimento técnico dos estudantes. Assim, softwares de acessibilidade, nos dizem Barbosa e Guedes (2020, p. 9), podem contribuir de forma significativa para que “estudantes cegos possam superar barreiras tradicionalmente presentes no processo educacional, permitindo que eles realizem as mesmas tarefas que os demais estudantes desempenham no cotidiano escolar, com autonomia e valorização das suas características pessoais de aprendizagem”.

Vale lembrar também que, no final da década de 1990, no Brasil, outro recurso da Tecnologia Assistiva se popularizou e, até hoje vem ganhando “reconhecimento em pesquisas acadêmicas, nas legislações e na produção de material acessível em diferentes mídias”: a Audiodescrição (AD), que, nas palavras de Barbosa e Guedes (2020, p. 10), é “a narração dos elementos visuais que não podem ser compreendidos por pessoas cegas devido à visibilidade presente nos vários contextos, tais como em cenas dinâmicas ou imagens estáticas”. Em outras palavras, “a audiodescrição pode ser considerada uma técnica para transformar as imagens em palavras, requerendo um conhecimento das diretrizes tradutórias da audiodescrição”.

Como nos lembra Motta (2015), no ambiente escolar e acadêmico, as imagens podem contribuir para favorecer o aprendizado, já que se utiliza do sentido visual, contribuindo também para tornar as aulas mais interessantes, ilustrativas e

motivacionais, e podem facilitar o entendimento de um texto. Neste cenário, o papel da audiodescrição é “fazer a leitura e a tradução dessas imagens, gestos, gráficos, mapas, cartazes, esquemas, exposições considerando a diversidade presente em sala de aula e as possíveis barreiras comunicacionais que a ausência de acessibilidade pode provocar para estudantes cegos” (BARBOSA e GUEDES, 2020, p. 10).

Outro aspecto interessante da audiodescrição é que, pelo fato de aumentar o senso de observação e ampliar a percepção de tudo que é visual, a audiodescrição atende também às solicitações de pessoas não cegas, que almejam desvelar detalhes de uma imagem que passariam despercebidos se olhadas naturalmente.

Há também dispositivos capazes de imprimir textos em Braille, adequados tanto para uso pessoal quanto para a produção em larga escala de livros e revistas. Segundo Amorim (2021), os microcomputadores e as impressoras são os equipamentos de informática mais comuns no Brasil. No entanto, outros dispositivos já estão disponíveis, como a reglete de mesa, o terminal Braille (display Braille) e o Braille falado (minicomputador).

Outro recurso de TA pode ser encontrado na Cartografia, área que se ocupa da confecção de mapas e outros produtos cartográficos. Dentro deste contexto, existe um ramo específico, a cartografia tátil, destinada à leitura por pessoas com cegueira ou com baixa visão. Nogueira *et al.* (2010) afirmam que o mapa gráfico tátil se caracteriza como um instrumento cuja função é auxiliar a pessoa com deficiência visual a mentalizar o espaço geográfico, podendo funcionar como recurso educativo por ampliar a capacidade intelectual de pessoas cegas e com baixa visão, permitindo que ampliem seu conhecimento do universo.

Além disso, Nogueira *et al.* (2010) identificam a cartografia tátil como facilitadora de mobilidade para pessoas com deficiência visual, pois permite orientar sobre o curso de uma rota acessível, combinando textos em Braille, alto-relevo e informações como o contraste de cores e a tipologia utilizada, que proporcionam orientação sobre o ambiente a ser percorrido, desde que apresente altíssimo nível de qualidade, observam os autores. Dessa forma, auxiliam e promovem a independência de mobilidade em edifícios públicos de grande circulação, como terminais rodoviários, metroviários, aeroviários, shopping centers, campus universitários e centros urbanos.

Sobre a importância do mapa tátil, alguns pontos relevantes são destacados por Nogueira *et al.* (2010) no âmbito da sinalização da acessibilidade

(conforme critérios contidos na Norma Brasileira de Acessibilidade 9050 (NBR), publicada em 2004): Segurança: a pessoa com deficiência visual consegue se locomover com mais segurança quando sabe o percurso que precisa percorrer; Independência: o mapa permite que a pessoa com deficiência visual se locomova com maior independência sem precisar de auxílio de terceiros e Localização: mesmo com a deficiência visual, por meio do mapa tátil, a pessoa consegue saber a localização de uma loja dentro de um shopping center, ou de uma sala de aula em uma universidade.

Assim, Segurança, Independência e Localização fazem parte dos critérios que devem ser adotados para fazer da acessibilidade um direito imperativo das pessoas com deficiência visual ou de mobilidade reduzida, conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos (2015). Ou seja, a Acessibilidade refere-se à capacidade e condição para pessoas com deficiência ou de mobilidade reduzida alcançarem, perceberem, e compreenderem com segurança e autonomia o uso de espaços, mobiliário, equipamentos urbanos, edificações, transporte, informação, comunicação, sistemas e tecnologias, além de outros serviços e instalações abertos ao público, sejam eles de uso público ou privado coletivo, tanto em áreas urbanas quanto rurais.

Barbosa e Guedes (2020, p. 10) chamam a atenção para o fato de que garantir a acessibilidade “ultrapassa o entendimento apenas das estruturas físicas, urbanísticas e arquitetônicas e ganha uma dimensão muito maior se agregadas a recursos da Tecnologia Assistiva voltada para o acesso à informação de qualidade que será acessada por todos, independentemente do ato de enxergar”. Dessa forma, a “qualidade das informações recebidas pelos estudantes cegos está diretamente ligada à acessibilidade promovida por quem disponibiliza esse conteúdo”.

A seguir uma síntese de algumas Tecnologias Educacionais e ferramentas disponíveis, já mencionadas a cima, destinadas às pessoas com deficiência visual, que objetivam contribuir para o ensino e aprendizagem, desenvolvimento profissional e inclusão social:

Leitores de tela: “convertem a informação escrita em informação sonora, em áudio, permitindo maior velocidade na produção, no consumo e na partilha da informação” (BARBOSA e GUEDES, 2020, p. 9). Essas ferramentas podem ler em voz alta o conteúdo de documentos, sites e softwares, permitindo que as pessoas com

deficiência visual possam acessar e compreender esses materiais. Dessa forma, o conhecimento ocorre pela audição dos textos. Contudo, alertam as autoras, podem ocorrer algumas dificuldades peculiares, como “a falta de acessibilidade aos gráficos escritos ou tabelas em formatos de imagem, além de sites que não respondem aos comandos dos softwares leitores de tela”.

Software de reconhecimento de voz: Essas ferramentas permitem que pessoas com deficiência visual possam controlar o computador usando comandos de voz, o que pode ajudar a acessar e criar documentos, fazer cálculos e desenhar esquemas eletrônicos.

Sistemas de navegação baseados em voz: Esses sistemas podem guiar pessoas com deficiência visual através de ambientes físicos, fornecendo orientações sonoras sobre como chegar a determinados lugares.

Diagramas e desenhos táteis: Esses materiais podem ser criados especialmente para serem lidos por pessoas com deficiência visual e podem incluir desenhos e esquemas táteis para ajudar a compreender conceitos eletrônicos.

Dentro do contexto social geral, podemos citar também uma síntese de algumas tecnologias destinadas a atividades comuns do dia a dia, mas que podem ser aliadas para a inclusão da pessoa com deficiência visual, como a própria bengala eletrônica, que permite identificar obstáculos à frente, emitindo um sinal sonoro; quanto mais próximo estiver o objeto, menores serão intervalos entre os sinais.

Outros recursos que têm por objetivo auxiliar a pessoa com deficiência visual nas tarefas do dia a dia: softwares leitores de tela, como Jaws, Virtualvision, Orca (no Linux), Voiceover (Mac e iOS), Talkback (Android), NonVisual Desktop Access (NVDA); ampliadores de tela e recursos de alto contraste, como pisos táteis, semáforos sonoros, sinalizações em alto contraste, que buscam viabilizar a locomoção; lupa, cão-guia, óculos escuros, viseira, entre outros.

O aplicativo Be My Eyes, disponível para iOS e Android, funciona como um sistema de câmera que conecta deficientes visuais com voluntários. A plataforma permite que, por meio da fala e da imagem, dificuldades como a identificação de locais, fotos, o que diz uma placa, sejam identificadas, bem como se propõe a ler, por exemplo, o prazo de validade de produtos e verificar a cor de uma peça de roupa (BE MY EYES, 2023).

Outro aplicativo gratuito a ser destacado, exemplo de tecnologia social, é o Veever, que utiliza a tecnologia de microlocalização e inteligência artificial para facilitar

a locomoção e a interação de pessoas com deficiência visual em ambientes internos e externos. Por meio de um assistente de voz, o usuário recebe informações e orientações em tempo real. O funcionamento é offline, pois o banco de dados é armazenado no próprio dispositivo, ignorando-se a necessidade de conexão com a internet. O aplicativo tem uma interface acessível. A experiência dentro do aplicativo foi projetada às diretrizes de acessibilidade digital. Assim, com o micromapeamento, ao apontar o smartphone para a direção desejada, o aplicativo avisa o usuário quais pontos de interesse estão mapeados ali (LEGADO, 2020).

Para fechar a apresentação destas sínteses, buscamos a contribuição de Amorim (2021, p. 54-56) que sintetiza uma proposta classificatória de Tecnologia Assistiva, disponível na atualidade às pessoas com deficiência visual. Pela sua objetividade e clareza, optamos por citar as coordenadas sugeridas pelo autor apresentadas na Tabela 2 abaixo:

Tabela 2 - Tecnologia Assistiva para a pessoa com deficiência visual

1. Recursos materiais ópticos: maior conforto visual	Para distância: sistemas telescópicos, teléupas e luneta
	Para perto: lupas manuais, fixas, de mesa, horizontais e iluminadas ou óculos
2. Recursos materiais não ópticos	Ampliação de caracteres e de imagens por meio da aproximação física ou do aumento real do objeto
	Controle de iluminação
	Controle de contraste
	Auxílios para postura e posicionamento
	Auxílios para escrita
	Auxílios eletrônicos
3. Recursos de informática	Softwares de leitores de tela com síntese de voz: Virtual Vision (1997), Jaws (1995), NVDA (2006), Orca, (linux) – softwares que tornam possível a leitura de informações textuais por deficientes visuais,
	Sistema operacional: contendo aplicativo com voz própria integrada – o DOSVOX e o winvox do Núcleo de Computação Eletrônica da UFRJ,

	Sistemas de acessibilidade da atualidade: smartphones: TalkBack (sistema operacional Android), VoiceOver (leitor de tela nativo do sistema operacional iOS)
	Aplicativos para funções do dia a dia: Be My Eyes, Light Detector, MovieReading, Blind Droid Wallet, taptapsee
	Digitalizadores de texto (Scanners) com programa de Reconhecimento Ótico de Caracteres (OCR)
	Softwares conversores de textos em áudio: balabolka
	Sistemas de ajuste de cores e magnificação de imagem por vídeo: lupas eletrônicas
	Softwares de ampliação de tela: zoom text e magic
	Teclado Braille:
	Braille-portátil
	Teclado- falado
	Sistema de Reconhecimento de Voz
	Máquina de datilografia braile
	Display braile ou Linha braile
	Impressora braile: imprime textos em Braille e imagens em alto-relevo
4. Auxílios de mobilidade	Bengalas (Comum, Bengala verde, Bengala inteligente com vibração)
	Bengala inteligente com vibração
	Cão guia e Cão guia robô
	Guia vidente e Guia não vidente
	Aplicativos: Wayfindr, CittaMobi

Fonte: Elaborado por Amorim (2021) a partir de Sampaio (2010) e Branco *et al.* (2016).

Embora se constate evolução, a observação de Bersch feita ainda em 2017

(p. 15) é pertinente no sentido de que as pesquisas devem continuar pois:

estamos no início de um trabalho para o reconhecimento e estruturação desta área de conhecimento em nosso país. Inicial também é o estágio de incentivos à pesquisa e à produção nacional de recursos de Tecnologia Assistiva, que venham atender à grande demanda reprimida existente, no entanto, passos importantes estão acontecendo nestes últimos anos.

Portanto, percebe-se a partir desta leitura a importância de se compreender e respeitar as necessidades de pessoas com deficiência visual, assim como de se oferecer ferramentas adaptativas que favoreçam sua autonomia e aprendizagem. A pesquisa e a produção de recursos de Tecnologia Assistiva devem ser estimuladas e difundidas, visando à inclusão efetiva e à qualidade de vida das pessoas com deficiência visual.

3 REFERENCIAL TEÓRICO DO PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM DE DISCENTES COM DEFICIÊNCIA VISUAL NO ENSINO SUPERIOR E DE FERRAMENTAS ADAPTATIVAS PARA OS CURSOS DE ENGENHARIA COM BASE METODOLÓGICA

O tema específico da função pedagógica, aqui entendido como processo ensino-aprendizagem e como sistema de trocas de informações entre docentes e alunos, tem sido objeto de inúmeras discussões e controvérsias, técnicas e políticas, em autores das mais variadas tendências e abordagens. Não pretendemos discutir os compromissos subjacentes a estas posições teóricas. Assim, as ideias descritas neste capítulo têm por objetivo apresentar um referencial teórico sobre especificidades do processo ensino-aprendizagem no contexto educacional desses alunos, bem como de Ferramentas Adaptativas para serem utilizadas por alunos com deficiência visual.

3.1 Processo ensino-aprendizagem de alunos com deficiência visual no Ensino Superior

Como se dá o processo de ensino-aprendizagem no contexto de alunos com deficiência visual no ensino superior? Para tentar responder, ainda que de forma breve, a esta questão, vamos buscar a orientação teórica dos autores Nunes (2004), Oliveira *et al.* (2016); Gil (2012); Seleau *et al.* (2017); Castro e Almeida (2014); Fernandes e Costa (2015); Camargo (2016) e Martins e Silva (2016). Embora nem todos tenham como preocupação específica a questão do ensino-aprendizagem, suas ideias principais acabam desembocando em um raciocínio importante para responder à questão, concordando com a ideia central de que o processo de aprendizagem do aluno cego se dá, em grande medida, pela integração dos sentidos: tátil, cinestésico-auditivo, olfativo, gustativo, utilizando o sistema Braille como meio principal de leitura e escrita.

Nunes (2004) apresenta uma revisão bibliográfica sobre alunos com deficiência visual, onde discute, entre outros assuntos, a forma como eles obtêm o conhecimento, que depende de uma organização sensorial diferente dos alunos sem deficiências. Entre os teóricos citados, Nunes (2004) destaca Vygotsky (1989), afirmando que esse autor muito contribuiu para a educação de pessoas com

deficiência, com sua Teoria da Formação dos Processos Psicológicos Superiores de pessoas com deficiência visual. Esclarece que o ser humano nasce apenas com as funções psíquicas elementares (afeto, intuição, juízo, conduta, inteligência, memória, pensamento, consciência, atenção). A partir do aprendizado da cultura, essas funções transformam-se em funções psicológicas superiores, administrando o controle consciente do comportamento, a ação intencional e a liberdade do indivíduo em relação às suas escolhas, influenciadas pela origem social, pela formação da personalidade e pela concepção de mundo do indivíduo.

Assim, ao tentarmos fazer uma leitura dos fatos descritos que compõem a formação dos processos psicológicos superiores, podemos perceber que, para Vygotsky (1896-1934), o aprendizado precede o desenvolvimento entendido como promoção do seu potencial e aumento de suas possibilidades, à medida em que a aquisição de conteúdos escolares e científicos, por intermédio da mediação, provoca o seu desenvolvimento, dando a entender que o processo é sucessivo. Este processo sucessivo, quando desenvolvido no plano racional educacional, perde o caráter individual e passa a ter um sentido coletivo, grupal e histórico, tornando-se parte integrante da própria sociedade.

Não é o caso de se discutir aqui mais detidamente as posições deste psicólogo russo que realizou diversas pesquisas na área do desenvolvimento da inteligência e da aprendizagem e do papel preponderante das relações sociais e culturais nesse processo, mas apenas aproveitar o “gancho” para enfatizar que é justamente no espaço da mediação, espaço entre o conteúdo e o desenvolvimento cognitivo, que se situa a representação do professor na vida do estudante. Neste sentido, nos diz Nunes (2004), que não existe tanta diferença no processo de ensino-aprendizagem do aluno com deficiência visual e do aluno não cego.

Para Vygotsky (1989), referenciado por Nunes (2004), a especificidade do processo de ensino-aprendizagem para alunos com deficiência visual se dá por meio dos sentidos, em especial do tato e da audição. É basicamente por meio desses sentidos que o cego aprende. O tato permite a leitura com as mãos pela escrita em Braille, pelo uso funcional, pela experiência, mas principalmente pela necessidade de conhecer o mundo e obter informações. A audição permite a linguagem que se constitui como um elemento indispensável para direcionar os processos psíquicos, na interiorização das funções psicológicas. Dizer que a linguagem tem uma função

pedagógica, dentro do processo ensino-aprendizagem, significa basicamente afirmar que o aluno com deficiência visual se educa enquanto ouve e fala.

Gil (2012) partilha das ideias de Vigotsky, afirmando que a aprendizagem do aluno cego pelo sentido do tato tem um sentido prioritário, por isso o sistema Braille é indicado para a prática escolar desses alunos. Independentemente do nível de escolaridade, vale a afirmativa de que o acesso à leitura para o cego é tátil pelo Braille, contínua e sequencial, e que por este meio o aluno tem condições de cumprir com tarefas que se equivalem à posição de alunos não cegos.

Segue Gil (2012) afirmando que o cego reconstitui mentalmente determinado objeto a partir de suas impressões dos materiais táteis. Por isso, a sugestão pedagógica de confecção de maquetes para aprendizagem é considerada uma atividade extremamente importante para a aprendizagem do aluno cego. As maquetes permitem ao cego observar a distribuição espacial e a proporção entre os objetos, permitindo que aprenda localizações, distâncias e formas, em qualquer nível de escolaridade.

Já o sentido da audição é tão importante quanto o tato, afirma Gil (2012), mas com uma singularidade especial, permite à pessoa com deficiência visual introjetar o mundo exterior. É por meio da audição que o ser humano aprende a falar, por conseguinte, desenvolve sua cognição. O cego pode comunicar-se por meio da linguagem sonora, o que é determinante para a aprendizagem da língua. Assim, o papel da linguagem, com destaque na audiodescrição, é extremamente relevante para a sua aprendizagem.

Nesse contexto, nos diz Nunes (2004), apoiado em Vigotsky (1989), o trabalho com o desenvolvimento da oralidade e com a sua frequência na prática cotidiana, junto com a apropriação da leitura e escrita Braille, constitui-se como uma alternativa relevante para o ensino e aprendizagem dos alunos cegos e com baixa visão, contribuindo para o desenvolvimento cognitivo e emocional do estudante. Por isso, se prioriza a importância da linguagem em todas as suas formas.

Na busca de alternativas teórico-metodológicas que possam contribuir com o ensino-aprendizagem para estudantes cegos, Gil (2012) destaca, em primeiro lugar, a importância da estimulação da linguagem, afirmando que o modo como o cego processa as informações que recebe e a frequência com que isso acontece garantem maior predisposição para o entendimento de significados de representações, espaços e contextos.

Em seguida, a autora destaca a preparação do material adaptado: é fundamental que ocorra um planejamento pedagógico específico para o atendimento do aluno cego, que requer tempo e conhecimentos específicos do professor para apontamentos gerais sobre as adequações metodológicas. Espera-se que o professor, por um lado, compreenda a especificidade que há no desenvolvimento da pessoa cega, e, por outro lado, que tenha domínio da área de conhecimento que está sendo abordada. Espera-se que os professores estejam atentos ao seu próprio desempenho em sala de aula, que estimulem os alunos verbalmente e que os alunos falem de suas expectativas, interesses, facilidades e dificuldades.

Nesse contexto, pode-se observar uma dimensão especificamente pedagógica: o envolvimento entre o mestre e o aprendiz que nasce da própria necessidade da construção da interação social e do conhecimento. Esta relação será tanto mais eficaz se atravessada pela consciência de ambas as partes no papel específico que lhes cabe no próprio processo de ensino-aprendizagem. Neste exercício, esclarece Camargo (2016, p. 137), o professor demonstraria “ter consciência de que no Ensino Superior o estudante é um sujeito participativo na construção do próprio conhecimento. Ou seja, o conhecimento produzido em sala de aula adquire significado também fora da sala de aula, identificando assim motivos significativos para a sua aprendizagem”.

Sobre a atuação de professores em sala de aula, Oliveira *et al.* (2016) levantam dois pontos fundamentais: que professores compreendam que existem atribuições facilitadoras para o ensino de pessoas com deficiência visual, a começar pelo conhecimento de temas necessários e que esses saberes se inter-relacionam.

Refletindo sobre essa questão da especificidade do ensino para estudantes com deficiência visual, envolvendo a mediação de saberes específicos necessários para a construção de conhecimentos na educação inclusiva, Camargo (2016, p. 137) afirma que “existem formas adequadas entre conceitos e fenômenos e que as palavras devem veicular significados em termos empíricos sensoriais, saber atuar com um repertório metodológico, dialógico, participativo de ensino”. Para promover saberes necessários, nos diz Oliveira *et al.* (2016), a ação pedagógica do professor em sala de aula deve ser levada em consideração no cenário educacional, preconizando a organização de saberes de quando e como aplicá-los em sala de aula,

bem como a intenção de uma relação significativa² entre o professor e o aluno com deficiência visual.

O segundo aspecto apontado por Oliveira *et al.* (2016) recai sobre a importância de um certo perfil de concepções docentes a ser compreendido e vivenciado por meio de metodologias diferenciadas, cabendo ao professor sugerir, criar e aplicar essas metodologias, possibilitando o acesso de informações científicas conectadas a outras áreas para estudantes com deficiência visual por meio da criatividade.

Vale uma breve observação de Baudrillard (1985), que nos ensina que o processo de síntese criadora pode representar para o professor um momento especialmente importante de desenvolvimento de raciocínio, até mesmo teórico, de apreensão ou conhecimento da realidade que deseja ver expressa em sala de aula. Isso tem a ver com aspectos internos e externos ao ato de criar. Ou seja, todo ato criativo exige do seu autor um processo reflexivo, bem como pode tornar a sua mente cada vez mais aberta para a atividade intelectual, o que facilitaria sua disponibilidade para a busca de metodologias diferenciadas a serem dirigidas a seus alunos com deficiência visual.

Gil (2012) entende que o papel do professor envolve desde a adaptação do conteúdo da proposta curricular da sala comum ao nível de desenvolvimento e necessidade do aluno cego até a avaliação desse desenvolvimento. Essa adaptação do conteúdo deve favorecer a integração das funções tátil-cinestésica-auditiva-olfativa e visão perceptiva.

Complementa Camargo (2016, p. 136), cabe ao professor “identificar as reais limitações e as potencialidades do aluno com deficiência visual, bem como reconhecer suas habilidades em sala de aula”. De acordo com a Lei Brasileira de Inclusão (Lei 13.146/2015), “o professor precisa voltar-se para o conhecimento do aluno e identificar suas necessidades para a elaboração de um plano de ação e, conseqüentemente, para a seleção e/ou construção de recursos necessários”.

No caso do aluno com baixa visão, Gil (2012) sugere: adaptação do material de leitura e escrita à capacidade visual do aluno; contribuição para a introdução de recursos específicos à aprendizagem do sistema Braille (reglete,

² Relação significativa, que Anne Sullivan (1866-1936), conseguiu realizar no trabalho fantástico de educar Helen Keller (1880-1968), uma menina cega surda, ensinando-a a comunicar-se com uma técnica inovadora de soletrar palavras na palma da mão de Keller (SULLIVAN, 2019).

máquina braille) e uso do Soroban (instrumento de cálculo manual); ensinar e/ou motivar sempre o uso do código Braille aos alunos. E, de modo geral, sugere aos professores, junto aos alunos com deficiência visual, a elaboração de um programa de atividades da vida diária de estudos, orientação e mobilidade dentro da universidade e aos arredores da instituição.

Segundo Gil (2012), embora haja particularidades e obstáculos a vencer, a autora considera que, de modo geral, dificuldades no ensino e na aprendizagem em sala de aula não são exclusivas de professores e de alunos com deficiência visual. Alunos não cegos e seus professores também passam por essas dificuldades. Para ministrar aulas para alunos cegos, a autora sugere a disponibilização da prancheta com reglete para escrita em Braille, a máquina de escrever em Braille e, principalmente, o computador acoplado ao Dosvox, disponibilizado por um scanner, para leitura de qualquer material. Conforme as palavras de Gil (2012), é a ferramenta de maior destaque na interação do aluno com deficiência visual com o mundo.

Oliveira *et al.* (2016) destacam dois aspectos centrais para o acesso e permanência de alunos com deficiência visual no Ensino Superior: a formação docente para atuação pedagógica junto a estes estudantes e os recursos materiais para sua permanência, sublinhando a importância de docentes e pesquisadores adotarem recursos acessíveis para alunos que necessitem de materiais adaptados.

Contudo, observam Oliveira *et al.* (2016), essas adaptações pedagógicas devem estar em consonância com uma política de inclusão que reúna todos os sujeitos envolvidos da comunidade acadêmica: gestores, professores, estudantes e pesquisadores da área. Espera-se também que recursos financeiros, logística e condições gerais das Instituições de Ensino Superior sejam colocados à disposição. A democracia no ensino, nos dizem Oliveira *et al.* (2016), se configura como ponto forte para o sucesso formativo na graduação, principalmente com a implantação do sistema de cotas e a expansão das Universidades Federais.

Selau *et al.* (2017) também ressaltam a importância da qualificação profissional do docente para atender desde o processo de inclusão educacional, inovações pedagógicas, ensino e atendimento educacional às necessidades específicas de aprendizagem de alunos com deficiência visual, assim como as adaptações físicas são indispensáveis para garantir aos alunos interação, acesso, permanência e sucesso acadêmico no Ensino Superior.

Castro e Almeida (2014) concordam que as Instituições de Ensino Superior demandam maior envolvimento de docentes e técnicos no cotidiano acadêmico e maior articulação entre serviços de apoio individualizados para estudantes com deficiência visual, bem como destacam a importância de consultar esses alunos sobre o formato no qual preferem receber o material para seus estudos, em braille, audiolivro, formato digital ou de que outros materiais adaptados necessitam para frequentar disciplinas, principalmente na área das ciências exatas e em laboratórios nas universidades.

Fernandes e Costa (2015) entendem que a forma como a universidade, tanto no aspecto da estrutura física como na parte pedagógica, interfere na dinâmica de estudos dos discentes, pode prejudicar ou facilitar sua trajetória acadêmica. A falta de estrutura física dificulta a interação social do discente com deficiência visual, e a falta de materiais didáticos pode inviabilizar a aprendizagem. Assim, os autores acreditam que a facilitação ao acesso arquitetônico e aos materiais didáticos para esses alunos nas Instituições de Ensino Superior pode contribuir para sua aprendizagem e processo formativo como um todo.

Martins e Silva (2016) entendem que as categorias acesso e permanência estão interligadas no processo de inclusão de alunos com deficiência visual no Ensino Superior. Acesso está relacionado tanto aos recursos materiais facilitadores da aprendizagem dos estudantes, quanto ao ingresso no sistema universitário, cientes de que alunos com deficiência visual advêm da elaboração de políticas públicas e de medidas protetivas amparadas na legislação.

Já a permanência do aluno com deficiência visual corresponde à possibilidade de usufruir dos espaços, de recursos tecnológicos e educacionais, e, mais especificamente, de programas como leitores de tela, sistema Braille, audiodescriptores para alunos cegos; letras ampliadas, recursos ópticos, contraste e audiodescrição visual necessários aos alunos com baixa visão. Destaca-se aqui a relevância da audiodescrição como um recurso fantástico que, ao traduzir imagens estáticas, filmes, fotografias, peças de teatro, entre outros, em palavras, permite que pessoas cegas ou com baixa visão aprendam e compreendam conteúdos por meio da tradução audiovisual.

Martins e Silva (2016) também se referem às contribuições teóricas e práticas da Tecnologia Assistiva e de recursos digitais para o ensino-aprendizagem, a serem utilizadas em sala de aula no Ensino Superior, reforçando sua relação com o

conjunto de disposições da Lei Brasileira de Inclusão, no caso do uso da tecnologia para alunos com deficiência. Retomemos aqui a Lei Brasileira de Inclusão nº 13.146 de 2015, que trata do Estatuto da Pessoa com Deficiência, especificamente no Art. 3º, para fins de aplicação da lei, considera diversos pontos sobre a inclusão do deficiente no ensino superior destacando o item III:

Tecnologia Assistiva ou ajuda técnica: produtos, equipamentos, dispositivos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivem promover a funcionalidade, relacionada à atividade e à participação da pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida, visando à sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (BRASIL, 2015).

Como mencionado acima, de forma geral podemos dizer que a referida Lei da Inclusão conceituou a Tecnologia Assistiva para favorecer as pessoas com deficiência, maximizando sua autonomia, mobilidade pessoal e qualidade de vida, pressupondo assim, em sua abrangência, o processo de ensino-aprendizagem. Em salas de aula, e mais especificamente em laboratórios, nos diz Camargo (2016), a Tecnologia Assistiva pode contribuir com a didática pedagógica na relação entre a teoria e o saber fazer, o que o autor chama de relações atitudinais necessárias e complementares para mediar a construção do pensamento científico.

Teóricos como Souza (2018); Arruda e Montilha (2008) pontuam alguns avanços próprios da TA, principalmente na área da informática, em programas sintetizadores de voz e de ampliação, bem como recursos para o uso nas tarefas do cotidiano, que permitem ao sujeito cego ou com baixa visão a leitura dos textos impressos, o reconhecimento dos rostos, cores, entre outros. Assim, os autores reforçam a importância da TA no comportamento dos seres humanos com deficiência visual e sua relação interdependente com as atividades no contexto social e educacional.

Pereira *et al.* (2016) também ressaltam a importância da Tecnologia Assistiva como uma ferramenta indispensável para o estudante com deficiência visual, no que concerne tanto ao ingresso quanto à permanência no Ensino Superior, permitindo o acesso aos materiais de estudo e às informações, diminuindo as barreiras acadêmicas.

Como nos dizem Galvão *et al.* (2015), acessibilidade no Ensino Superior é sinônimo de fornecer materiais adaptados, assim como outras estratégias para o acesso e permanência desses estudantes nas universidades, pois não é novidade para ninguém, afirmam os autores, que existe limitação quanto à disponibilidade de

materiais de apoio pedagógico, sobretudo de livros em Braille, nas distintas áreas do conhecimento, dificultando a caminhada acadêmica do estudante neste nível de ensino. Ciantelli e Leite (2016) reafirmam que existe, de fato, uma limitação no acesso a esses materiais nas Instituições de Ensino Superior, em especial de materiais adaptados para estudantes com deficiência visual.

Barbosa e Guedes (2020, p.8) identificam que existe a necessidade de profissionais para fazer a mediação entre os textos escritos e o sistema Braille, e que esta é uma dificuldade constante no ensino superior, e que “o grande volume de materiais, a não aplicabilidade em contextos de formatação gráfica, sobretudo as requeridas em trabalhos acadêmicos, e a dificuldade para conseguir materiais impressos nesse sistema, faz com que o Braille, atualmente, seja concebido como um recurso secundário no Ensino Superior”.

Assim, podemos dizer que, no mundo contemporâneo, denominado de era digital, são inúmeros os recursos, como os mencionados acima, que podem contribuir para inovar estratégias pedagógicas para inclusão no Ensino Superior. Pois, como nos diz Amorim (2021), os recursos digitais e as novas Tecnologias Educacionais e Assistivas vêm favorecendo uma mudança de paradigma nos objetivos e nos papéis de alunos com deficiência e professores do Ensino Superior. O uso dessas tecnologias está deixando de ser um recurso a mais que o professor da universidade tem à disposição para suas aulas, para se tornar um instrumento por meio do qual a aprendizagem é propagada. Além de auxiliar no fomento à inclusão, quanto maior for o número de recursos e sua familiaridade entre alunos e professores, melhores poderão ser os resultados de aprendizagem.

Conforme Amorim (2021), Bersch (2017), Mianes (2020), a Tecnologia Assistiva tem proporcionado resultados surpreendentes em todo o mundo, pois possibilita a personalização do ensino ao oferecer uma diversidade de conteúdos, considerando que cada tipo de deficiência acarreta um ritmo particular na aprendizagem. Com isso, os instrumentos de ensino e aprendizagem devem ser adaptados a essas necessidades e aplicados de maneira a buscar o melhor desempenho desses alunos, atendendo dessa forma ao que é esperado no processo de aprendizagem de estudantes com deficiência no Ensino Superior.

Nogueira *et al.* (2010) e Bersch (2017) concordam que a sociedade evoluiu, e com ela, tecnologias, ferramentas e adaptações foram criadas. Mas ainda são insuficientes, nos dizem os autores, que referem o sucesso da inclusão educacional a

partir da representatividade de alunos com deficiência no Ensino Superior, porcentagem esta que até o momento, não representa um número expressivo do total de alunos matriculados.

Dessa forma, há necessidade de obtenção de novos conhecimentos, nos dizem os autores, para entre outras possibilidades, promover a inclusão educacional mais assertiva, a permanência e a efetiva formação de alunos com deficiência visual no Ensino Superior. Para isso, é fundamental o empenho de órgãos públicos e/ou privados para financiar pesquisas na área de materiais e recursos especiais na identificação de lacunas e dificuldades encontradas por alunos com deficiência visual que se interpõem à sua formação acadêmica, tanto teórica quanto prática em laboratórios. Embora reconheçamos os avanços tecnológicos aqui delineados, por que ainda é muito complicado para uma pessoa com deficiência visual frequentar um curso superior, em especial os cursos de graduação em Engenharia?

3.2 Inclusão de ferramentas adaptativas: protótipos para auxiliar alunos com deficiência visual

Neste item, uma síntese teórica de estudos sobre Ferramentas Adaptativas para serem utilizadas por alunos com deficiência visual nos cursos que relacionam disciplinas ligadas ao ensino de programação, elétrica e eletrônica, em especial nos cursos de Engenharia. Por fim, descreveremos os materiais de apoio, sugeridos como base metodológica deste trabalho, acreditando que “a ciência tem sido uma grande parceira dos movimentos sociais que atuam no sentido de criar condições propícias à educação e aos suportes de toda a ordem que a pessoa com deficiência necessita ... e melhorar sua qualidade de vida como um todo” (MANTOAN, p. 55, 2003).

Muitas das dificuldades encontradas por alunos cegos na universidade, nos dizem Barbosa e Guedes (2020, p. 3), “estão relacionadas como comunicacionais, de acesso aos conteúdos, material didático, materiais não disponíveis ... além da ... falta de adequação física destes espaços para aqueles com uma limitação sensorial”. Além dessas dificuldades, nossa proposta de discussão, neste estudo, recai sobre a falta de softwares específicos, no uso de equipamentos como computadores; barreiras metodológicas no manuseio dos instrumentos e fragilidade no acesso e uso de recursos de Tecnologia Assistiva.

Neste contexto, cabe-nos refletir sobre os desafios e as possibilidades de uma educação inclusiva que contemple as especificidades de alunos com deficiência visual no ensino superior, especialmente nos cursos de Engenharia. O desenvolvimento de estudos envolvendo o uso de tecnologia em educação, ensino e reabilitação de pessoas com deficiência visual pode contribuir para diminuir dificuldades de aprendizagem advindas de déficits de visão. Da mesma forma, projetos e protótipos dessa natureza se propõem a atenuar essas dificuldades, aumentando as possibilidades de aprendizagem.

É com essa intenção que realizamos nosso trabalho, buscando nas referências bibliográficas responder às seguintes fases: busca de estudos primários nas bases de dados, avaliação dos estudos e apresentação da revisão. Os trabalhos científicos considerados relevantes foram selecionados na base de dados das plataformas de pesquisa Scielo, Google Acadêmico, ERIC e Portal da Capes. A seleção do material incluiu trabalhos científicos nacionais e internacionais publicados entre os anos de 2009 a 2023. Para a pesquisa foram utilizados os seguintes descritores, isolados e/ou combinados: Pessoas com deficiência visual, Visually Impaired, *teaching programming for the visually impaired*, multímetro para deficiente visual, *multimeter for visually impaired*, protoboard para deficiente visual, *breadboard for the blind* e ensino de programação para deficientes visuais.

De maneira geral, durante o decorrer dos semestres de um curso de graduação em Engenharia, os estudantes aprendem a teoria e os princípios fundamentais da eletricidade, magnetismo, eletrônica e sistemas de controle. Estudam também matemática avançada, física, química e ciência da computação. E aprendem a projetar, testar, programar e implementar sistemas elétricos e eletrônicos em projetos práticos, usando software de simulação e equipamentos de laboratório. Porém, para que alunos com deficiência visual matriculados nesse curso consigam participar de todas as disciplinas e atividades, e concluir o curso junto com todos os seus colegas que enxergam, é necessário que existam adaptações adequadas em equipamentos, ferramentas e em estratégias de ensino.

Para fundamentar teoricamente algumas das necessidades apontadas acima, no contexto da inclusão de indivíduos com deficiência visual no âmbito educacional, mais precisamente em cursos de Engenharia, apresenta-se, a seguir, uma revisão bibliográfica de contribuições científicas dividida em temas como: Projetos para adaptação de pessoas com deficiência visual no uso de computadores,

Softwares de matemática, projetos adaptativos para o ensino de programação e equipamentos utilizados em cursos com disciplinas ligadas a programação, elétrica e eletrônica.

3.2.1 Trabalhos publicados

Projetos para adaptação de pessoas com deficiência visual no uso de computadores

Borges (2009) apresenta um estudo sobre a contribuição da educação pelo uso de computadores. Na área da educação, afirma o autor, o uso de computadores permite aos estudantes acesso a uma ampla variedade de informações, recursos e ferramentas que, até o final da década de 1990, eram praticamente inacessíveis. Os computadores também permitem que os alunos trabalhem em seu próprio ritmo, com materiais e recursos que são específicos para suas habilidades e interesses, além de ajudá-los a desenvolver habilidades importantes, como comunicação, colaboração e pensamento crítico (BORGES, 2009).

Além disso, o referido autor diz que o acesso a computadores, de modo geral, permite a personalização da aprendizagem, contribuindo para que a educação se torne mais acessível e flexível, facilitando o ensino à distância. Porém, alerta Borges (2009), todos esses recursos precisam de adaptação para pessoas com deficiência visual, tornando-as inclusas nas atividades educacionais. Para isso, existe a necessidade de adaptação de softwares que permitam que todos tenham acesso aos mesmos recursos.

Como exemplo de software, o autor sugere o Dosvox, um sistema baseado no MS-DOS que funciona nos sistemas operacionais Windows e Linux, permitindo que as pessoas com deficiência visual possam usar um computador sem precisar de um monitor. Este software tem uma interface de áudio que lê em voz alta todas as informações do computador, como menus, arquivos, pastas, programas e páginas da web. Dosvox foi criado em 1993 e é distribuído gratuitamente às escolas.

Retomando os estudos de Borges (2009) em torno dos resultados do uso do Dosvox no meio educacional, especialmente na área do processo ensino-aprendizagem, Piero e Araújo (2017) concordam que o Dosvox pode ser uma ferramenta eficaz para promover a inclusão de pessoas com deficiência visual no ambiente escolar e auxiliar no desenvolvimento de habilidades como leitura, escrita e

organização de ideias, bem como facilitar o acesso a informações, tornar as aulas mais dinâmicas e interativas e contribuir para a autonomia dos alunos com deficiência visual. Como exemplo para o ensino, destacam algumas ferramentas no uso do Dosvox:

suporte para a alfabetização com o Letravox ou com o Letrix (jogos educacionais), a socialização por meio do Papovox (programa de bate-papo), a espacialidade com o Cartavox (jogo de caça-palavras), a expansão do vocabulário com a utilização Cruzavox ou com o Curiosovox (jogos de cruzadinhas), dentre outros aplicativos que estão disponíveis para uso na plataforma do software (PIERO e ARAUJO, p.54, 2017).

Simões *et al.* (2019) também desenvolveram pesquisas na área dos softwares, afirmando que além do Dosvox, existem outros softwares com leitores de tela, como o NVDA, também distribuído gratuitamente às escolas pelo Ministério da Educação. Caracteriza-se como um leitor de tela para ser usado no Windows, que permite a leitura de todos os textos que aparecem na tela, permitindo a utilização de teclas de atalho e personalizações feitas pelo usuário. Simões *et al.* (2019) destacam também o JAWS, outro leitor de tela, este, porém, de acesso pago. É considerado um dos melhores leitores de tela disponíveis, diz o autor, com uma ampla variedade de funções que permitem acessar diversas funções do computador. Possui diversos idiomas com voz sintetizada, permitindo um bom entendimento (SIMÕES *et al.*, 2019).

O trabalho desenvolvido por Singla e Yadav (2014) apresenta o desenvolvimento de um sistema de síntese de fala baseado em reconhecimento óptico de caracteres (OCR) usando o software LabVIEW, com o objetivo de auxiliar pessoas com deficiências visuais ou com problemas de leitura a acessar informações de texto usando áudio. O sistema usa um scanner para digitalizar um texto e o OCR para reconhecer os caracteres e convertê-los em texto. O texto é então convertido em fala usando um módulo de síntese de fala. O referido estudo descreve o processo de desenvolvimento do sistema e apresenta os resultados dos testes realizados, mostrando que o sistema é eficiente e preciso na conversão de texto em fala.

Neste contexto, vale destacar a existência da tecnologia de síntese de voz incorporada a celulares, criada para fornecer informações auditivas sobre o que está na tela, permitindo que usuários naveguem pelos aplicativos, ajustem as configurações e usem outras funcionalidades do dispositivo. Esse sistema, conforme Google TalkBack (2023), está incluído em todos os dispositivos Android de forma gratuita. Assim, hoje, os celulares podem ser considerados computadores com seu alto processamento e funções que podem até mesmo substituir um computador e

serem usados no meio educacional com diversos tipos de aplicativos que podem auxiliar no desenvolvimento e aprendizagem de alunos e professores. Em especial, os celulares Android para pessoas com deficiência visual disponibilizam o recurso TalkBack, contribuindo assim no uso de smartphones e tablets.

Softwares de matemática

Interessante lembrar que o uso de recursos tecnológicos como software de áudio e Braille contribuem para que alunos com deficiência visual enfrentem desafios na aprendizagem da matemática, principalmente em relação à visualização de gráficos e diagramas, compreensão de conceitos abstratos, escrita de equações e símbolos, problemas de espaçamento e formatação, participação em atividades práticas, e uso de exemplos concretos e objetos manipuláveis. Aliado ao recurso tecnológico, Mejía *et al.* (2021) destacam a importante recomendação da escola e a orientação de seus professores para que forneçam suporte adicional por meio de tutores e colegas de classe, adaptando atividades e recursos utilizados em sala de aula para incluir alunos com deficiência visual, permitindo sua participação plena na disciplina.

Mejía *et al.* (2021) desenvolveram experimentos para a aprendizagem de matemática, mais especificamente, ferramentas para auxiliar o aluno com deficiência visual na resolução de cálculos simples e complexos. Um exemplo de ferramenta é o CASVI, uma calculadora que funciona nos sistemas operacionais Windows e Linux para cegos, com o intuito de resolver diferentes tipos de cálculos, do básico ao avançado, como operações aritméticas, cálculos de integrais e derivadas, matrizes, entre outras. A plataforma funciona sem a necessidade de leitores de tela, pois o próprio sistema dita as opções de comandos a serem executadas com o auxílio de um teclado.

Os participantes dos experimentos conduzidos por Mejía *et al.* (2021) relataram que o CASVI lhes permitiu realizar tarefas matemáticas de forma mais eficiente e independente, além de melhorar sua compreensão e confiança em relação a conceitos matemáticos complexos. Os autores concluem que o CASVI tem o potencial de ajudar a preencher uma lacuna significativa no acesso à educação e oportunidades profissionais para pessoas com deficiência visual.

Outra contribuição nesta mesma área é encontrada em Szesz *et al.* (2020), com o programa Math2Text, desenvolvido a partir de um modelo de inteligência

artificial treinado em equações matemáticas e em textos equivalentes. O objetivo deste programa é mapear as equações em textos, transformando-as em linhas que podem ser lidas e faladas. Contudo, o software Math2Text apresenta algumas limitações, como a dificuldade em lidar com equações mais complexas e com símbolos que não estão presentes no treinamento do modelo.

Neste mesmo contexto, Adam *et al.* (2019) sugeriam o programa Lambda, cujo objetivo era contribuir para que pessoas cegas consigam fazer edições em notações matemáticas, bem como o uso do Dosvox com as ferramentas FINAVOX e MATVOX, que possibilitam realizar cálculos financeiros e estatísticos por meio do EDVOX, o editor de textos do Dosvox.

Projetos adaptativos para o ensino de programação

Em uma revisão sistemática da literatura que aborda o uso de recursos pedagógicos para o ensino de programação para estudantes com deficiência visual, India *et al.* (2020) afirmam que a linguagem de programação está cada vez mais presente em nossa sociedade e, portanto, ensinar alunos a desenvolver habilidades de programação se tornou indispensável em diversas áreas profissionais. Assim, saber programar não é mais apenas uma habilidade exclusiva de cientistas da computação; seu domínio se alastrou na medida em que se tornou uma ferramenta poderosa para solucionar problemas em diversas áreas do conhecimento. Por isso, nos dizem India *et al.* (2020). ensinar programação é fundamental para preparar indivíduos para as demandas do mercado de trabalho atual e para desenvolver habilidades cognitivas importantes, como pensamento lógico e resolução de problemas. Este propósito de ensinar programação é dirigido também a pessoas com deficiência visual, pois contribui para que tenham acesso às mesmas oportunidades de aprendizado e desenvolvimento de habilidades que os demais alunos.

Os autores acreditam que é possível adaptar estratégias de ensino para permitir o uso de auxílios visuais e tecnologias assistivas, criando assim um ambiente de aprendizado seguro. Os autores lembram que a Microsoft, por exemplo, tem um projeto chamado Project Torino que visa ensinar programação a crianças com deficiência visual através do Code Jumper, que consiste em uma linguagem de programação tátil e faz uso de blocos modulares com diferentes formatos, tamanhos e cores. Cada bloco possui uma função de comando distinta e pode ser posicionado

em diferentes arranjos para escrever um programa, permitindo que crianças com deficiência visual criem músicas, softwares e outros (INDIA *et al.*, 2020).

Robe *et al.* (2020) apresentam os resultados de uma pesquisa realizada em bancos de dados eletrônicos de publicações científicas e em periódicos específicos de educação e tecnologia, onde foram analisados treze trabalhos. Os resultados indicaram que os recursos pedagógicos mais utilizados para ensinar programação para estudantes com deficiência visual são: software de conversão de texto em voz, sistemas de codificação em Braille, linguagem de programação específica para pessoas com deficiência visual, sistemas de representação tátil e o uso de tecnologias assistivas. No entanto, também foram encontrados alguns desafios no ensino de programação para estudantes com deficiência visual, como a falta de recursos pedagógicos específicos, a falta de treinamento dos professores em relação a esses recursos e a dificuldade de acesso à tecnologia de ponta para estudantes com deficiência visual. O estudo de Robe *et al.* (2020) conclui que é importante desenvolver recursos pedagógicos específicos para o ensino de programação para estudantes com deficiência visual, bem como treinar os professores para usá-los de forma eficaz. Além disso, a tecnologia deve ser acessível e adequada para as necessidades individuais dos estudantes com deficiência visual.

Ainda na área do ensino da Linguagem de Programação com abordagem para alunos com deficiência visual, vale citar o estudo de Capovilla *et al.* (2013) baseado na utilização de modelos táteis, que permitem que alunos com deficiência visual possam interagir com objetos concretos para entender conceitos abstratos e aprender a pensar algorítmicamente. Neste estudo, os autores apresentam atividades que utilizam modelos hápticos para ensinar conceitos como sequência, repetição, condicionais e loops, que são fundamentais para o desenvolvimento do pensamento algorítmico. Os resultados dessa pesquisa, desenvolvida ainda em 2013, mostram que essa abordagem de ensino foi bem-sucedida, pois os alunos conseguiram aprender os conceitos apresentados e demonstraram maior confiança em relação a suas habilidades em programação.

Equipamentos utilizados nos cursos de Engenharia

Para conhecer projetos acadêmicos voltados para a inclusão de alunos com deficiência visual na área da Engenharia, selecionamos da literatura alguns estudos realizados envolvendo a ferramenta para o ensino de elétrica e eletrônica,

como: multímetro, a plataforma Arduino para o ensino de eletrônica e uma bancada didática para o ensino de comandos elétricos.

Nos cursos de Engenharia, o multímetro é uma ferramenta fundamental usada para medir diversas grandezas elétricas, como tensão, corrente e resistência. Definido também como uma ferramenta versátil, pode ser usado em diferentes áreas da Engenharia, como em projetos de eletrônica, instalações elétricas e manutenção de equipamentos, com a finalidade de verificar se os circuitos elétricos estão funcionando corretamente e identificar problemas de forma eficiente.

Existem diferentes tipos de multímetros no mercado, com diferentes funções; porém, na maior parte das vezes, não podem ser utilizados por pessoas e/ou alunos com deficiência visual, pois não atendem às suas necessidades específicas. Assim, para um aluno com cegueira utilizar o multímetro, seria necessário o auxílio de outras pessoas para efetuar as medições. Por isso, é extremamente importante que esse dispositivo, indispensável no curso de Engenharia Elétrica, seja acessível para todos os alunos, com ou sem deficiência visual.

Em sua pesquisa, Laksgay (2021) apresenta o desenvolvimento de um multímetro e medidor ICR (Indutor, Capacitor e Resistor) falantes, para tornar a medição de circuitos elétricos acessível para pessoas cegas ou com deficiência visual. O dispositivo é equipado com recursos de voz que fornecem leitura de valores de medição e orientações para o usuário, além de botões de navegação que permitem a seleção de diferentes modos de medição. O dispositivo foi avaliado por um grupo de participantes cegos e com deficiência visual, que forneceram feedback positivo sobre sua usabilidade e eficácia. Para a criação do dispositivo, foi utilizado um microcontrolador e uma placa de som. Vale lembrar que Laksgay (2021) também discute a importância da acessibilidade para pessoas com deficiência visual nas áreas da Engenharia Elétrica, ciências, tecnologia e matemática, bem como os desafios enfrentados pelos designers ao criar tecnologia para essa população.

Almeida *et al.* (2020) apresentam uma proposta de ensino de eletrônica para pessoas com deficiência visual utilizando a plataforma Arduino como ferramenta pedagógica. A proposta envolve o uso de uma placa Arduino conectada a um conjunto de resistores, que são dispostos em uma matriz de pinos. Os alunos com deficiência visual podem sentir os resistores e conectá-los à placa Arduino, usando fios com conectores especiais. Em seguida, esses alunos podem programar a placa Arduino para medir a resistência dos resistores e realizar outras atividades relacionadas ao

estudo de eletrônica. O estudo de Almeida *et al.* (2020) mostrou que o uso de plataformas como o Arduino pode ser uma ferramenta pedagógica eficaz no ensino de eletrônica para pessoas com deficiência visual, permitindo que elas tenham uma experiência mais prática e sensorial com os conceitos estudados.

Com o objetivo de ensinar comandos elétricos para pessoas com deficiência visual, Silva *et al.* (2015) descrevem o desenvolvimento de uma bancada didática com componentes de fácil acesso e dispositivos como fala e vibração para fornecer informações aos estudantes. Foram utilizados diversos recursos, como etiquetas em Braille e o uso de um tablet com tela sensível ao toque para ajudar no processo de aprendizado. Finalizando seu estudo, Silva *et al.* (2015) destaca a importância do desenvolvimento de recursos de acessibilidade para tornar o ensino de comandos elétricos mais acessível e eficaz para esses estudantes.

3.2.2 Identificação na criação de materiais de apoio com base metodológica

Este estudo adota uma abordagem qualitativa, realizando uma análise detalhada de literatura científica e técnica relevante e descritiva para fornecer uma base teórico-prática sólida para a proposta apresentada (SOUZA, 2013). O foco está no desenvolvimento de dispositivos destinados a auxiliar alunos com deficiência visual na aprendizagem de disciplinas que incluem programação, elétrica e eletrônica.

A primeira etapa da pesquisa consistiu em uma revisão bibliográfica abrangente, focada em identificar em um contexto histórico as principais barreiras enfrentadas por alunos com deficiência visual. Para realizar a revisão bibliográfica, foram utilizadas fontes como livros, artigos, dissertações, teses, relatórios e leis, que tratam dos temas abordados neste projeto.

Na busca por alternativas teórico-metodológicas capazes de contribuir para a participação do aluno cego em aulas de laboratório, pode-se constatar como aspecto relevante ao ensino a preparação de materiais alternativos com ênfase no tato, a relevância da audição do estudante e da linguagem oral, expressa pelo docente por meio da audiodescrição. É necessário levar em consideração a necessidade de ofertar materiais diferenciados. Dentre os diversos componentes curriculares, os cursos de Engenharia compõem áreas de conhecimentos entre as mais desafiadoras para ensinar a pessoa cega, devido à complexidade de detalhes presentes nos instrumentos utilizados durante o curso.

Justifica-se esta afirmativa de fragilidade do uso da TA por alunos com deficiência visual, indicando um estudo coordenado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia ainda em 2010. Dados levantados identificaram que somente 15% dos deficientes visuais utilizavam algum tipo de Tecnologia Assistiva para a leitura, como lupa eletrônica, e apenas 8,5% utilizavam Tecnologia Assistiva para acessar o computador, o que poderia facilitar o acesso à comunicação de informações (BRASIL, 2010). E vale destacar que o orientador desse projeto, recebeu uma ligação de uma professora da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), em busca de equipamentos com tecnologia assistiva para alunos com deficiência visual, pois naquele semestre haviam entrado cerca de 17 alunos com deficiência visual nos cursos de engenharia.

Diante de necessidades para acesso e permanência de alunos com deficiência visual no Ensino Superior, identificamos neste estudo materiais para propor adequações com ênfase em disciplinas de programação, elétrica e eletrônica, presentes em cursos de engenharia que exigem tanto conhecimento teórico quanto prático na utilização de vários tipos de equipamentos como por exemplo:

- Computadores para execução de softwares de simulação e programação.
- Multímetros, para medir diferentes parâmetros elétricos.
- Montagem de circuitos com componentes eletrônicos e sensores.
- Teste de circuitos em protoboards.

Esses exemplos de tecnologias podem apresentar vantagens no sentido de auxiliar na aprendizagem, mas nem todas são adaptadas, ou na maior parte das vezes, não possuem nenhum tipo de acessibilidade para o uso de pessoas com deficiência visual nos cursos de Engenharia.

Assim, amparados pela orientação dos autores apresentados neste trabalho, importa observar que, embora existam propostas metodológicas e experimentais para a inclusão de alunos com deficiência visual em diversos setores educacionais, estes estudos e projetos tem em comum o reconhecimento da necessidade de uma abordagem de ensino própria para pessoas com deficiência visual, aliada a necessidade de conhecer o aluno centrado em um método personalizado de ensino, buscando entender suas reais necessidades em diferentes áreas do conhecimento, portanto neste trabalho foram desenvolvidos os seguintes materiais:

- Protoboard com acessibilidade tátil: Facilita a conexão de componentes eletrônicos.
- Multímetro falante: Equipamento que fornece leituras em áudio de tensão, corrente e valores de resistores.
- Aplicativo móvel e uma protoboard para interseção de sensores e componentes eletrônicos: Auxilia na aprendizagem de programação e no controle de sensores e componentes eletrônicos para o desenvolvimento de projetos *makers*³.

Embora destaquemos que o material desse trabalho está focado nos cursos de engenharia, isso não impede de serem utilizados em ambiente escolar de ensino fundamental e médio, cursos técnicos ou até mesmo por usuários comuns, possibilitando integração a esses recursos aqui desenvolvidos em diferentes circunstâncias. Um exemplo da utilização desses dispositivos fora das universidades é no ensino de robótica e programação para o desenvolvimento de atividades *makers* no ensino fundamental e médio, que tem se tornado cada vez mais frequente nas escolas. Inclusive, existiu um projeto de lei que foi aprovado na assembleia legislativa do estado de Santa Catarina (Alesc. Lei nº0358/2023) que prevê a inclusão de robótica e programação na grade curricular da rede estadual de ensino.

Neste capítulo, apresentamos o contexto e a motivação do nosso projeto, que visa desenvolver dispositivos didáticos adaptados para alunos com deficiência visual em diferentes cursos em especial no de Engenharia. Revisamos a literatura sobre os desafios e as oportunidades da inclusão desses alunos na educação superior, bem como as tecnologias e metodologias existentes para auxiliar na sua aprendizagem. Destacamos a importância de uma abordagem personalizada e centrada no aluno, que leve em conta suas necessidades específicas e seus estilos de aprendizagem. Também enfatizamos a escassez de recursos e materiais acessíveis para o ensino de conteúdos práticos e experimentais, que são fundamentais para a formação dos engenheiros. Diante desse cenário, propomos o desenvolvimento de dispositivos didáticos para alunos com deficiência visual seguindo

³ Projetos *makers* são atividades que envolvem a criação, o design, a prototipação e a experimentação com diferentes tipos de materiais, ferramentas e tecnologias. Esses projetos estimulam o pensamento criativo, a inovação, a colaboração e o aprendizado por meio da prática. Os projetos *makers* podem ser aplicados em diversos contextos educacionais, como forma de desenvolver competências e habilidades (HALVERSON; SHERIDAN, 2014).

uma metodologia qualitativa e um embasamento teórico-prático, utilizando materiais de baixo custo apresentados no próximo capítulo, onde descreveremos os materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento dos dispositivos.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo, descrevemos o processo de desenvolvimento do protótipo deste projeto, bem como os materiais e os métodos utilizados para a construção dos mesmos e considerando a análise teórica de conceitos com base na Legislação Brasileira e nos estudos aqui referidos, para o desenvolvimento deste projeto também foi necessário que uma pessoa cega pudesse expressar suas dificuldades ao longo do processo de execução dessa pesquisa, indicando suas reais necessidades para manusear os equipamentos desenvolvidos. O referido participante (que é o orientador deste projeto) é uma pessoa cega e esteve presente em todos os momentos deste estudo, dando orientações e pontuando as necessidades que os dispositivos precisariam atender para que fossem, de fato, ferramentas eficazes.

Assim, sugere-se aqui a criação de um protótipo de trabalho envolvendo a criação de ferramentas. Na programação, destaca-se a necessidade de um leitor de tela e uma educação adaptativa. Para o controle de componentes eletrônicos e sensores, propõe-se o desenvolvimento de uma protoboard com diagramas táteis e a elaboração de um multímetro com recursos táteis e saída de áudio dos valores de medição.

É importante destacar que, para o desenvolvimento de todos os componentes físicos apresentados nos próximos tópicos, foi necessário utilizar o software Fusion 360 e uma impressora 3D, onde foram feitos vários testes para chegar a resultados funcionais que permitissem a uma pessoa cega utilizar os dispositivos.

4.1 Protoboard

Uma protoboard é um dispositivo de construção de circuitos que permite inserir e conectar componentes eletrônicos manualmente, sem a necessidade de solda. Para um usuário cego, existe o desafio de identificar a orientação exata e a localização dos orifícios e das conexões internas apenas pelo tato. Além disso, a colocação precisa dos componentes e a verificação da correta inserção em cada terminal na protoboard são tarefas desafiadoras.

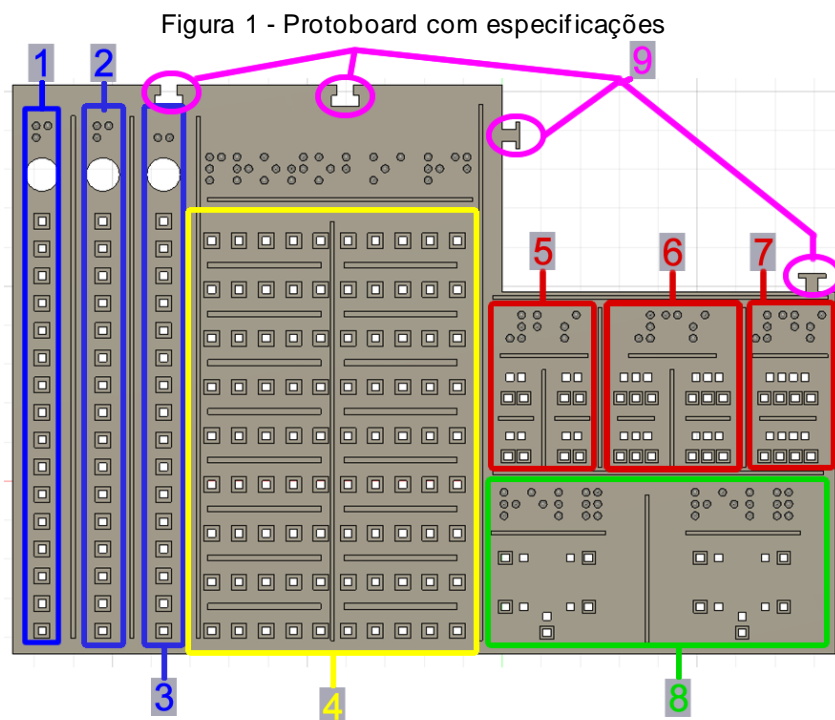
A protoboard deste trabalho foi desenvolvida para facilitar que pessoas e/ou alunos com deficiência visual consigam conectar componentes eletrônicos de modo que, ao passar os dedos, sejam capazes de identificar lacunas em série e paralelo,

inserir diferentes tipos de componentes, como resistores, transistores, relés, entre outros.

Para o desenvolvimento desta protoboard, primeiramente foi necessário identificar as necessidades que uma pessoa com deficiência visual pode ter ao utilizar uma protoboard comum. Foi identificado que um dos principais obstáculos está na localização onde os componentes estão sendo inseridos. Neste processo de identificação, tive o auxílio de meu orientador, que soube dizer quais os principais requisitos que uma pessoa com deficiente visual precisaria para conectar os componentes.

Foi identificado que a criação de linhas com relevo e a separação de diferentes setores ajudam a identificar onde o componente está sendo inserido, além de adicionar certo relevo em cada orifício para facilitar na conexão dos componentes. A criação de setores também facilita a inserção de componentes de forma separada, ou até mesmo componentes mais difíceis de serem inseridos, como relés e transistores.

No desenvolvimento material da protoboard, foi necessário utilizar o software Fusion 360, desenvolvido pela Autodesk, onde foi criada a protoboard em 3D, desenvolvida com identificações em Braille de diferentes setores, que podem ser visualizados e explicados na Figura 1, para em seguida ser impressa em uma impressora 3D.



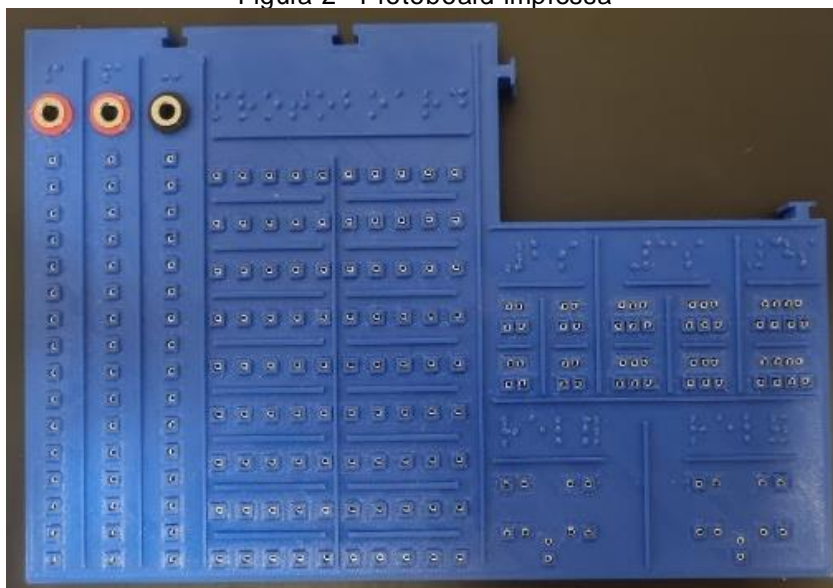
Fonte: Autor deste projeto

Setores:

1. Conexões com polaridade positiva (conectores conectados em série). Tradução Braille: Sinal Positivo (+).
2. Conexões com polaridade positiva (conectores conectados em série). Tradução Braille: Sinal Positivo (+).
3. Conexões com polaridade negativa (conectores conectados em série). Tradução Braille: Sinal Negativo (-).
4. Conexões livres (cada linha com 5 conectores em série). Tradução Braille: Protoboard.
5. Conexão para componentes com 2 conectores. Tradução Braille: Setor 2.
6. Conexão para componentes com 3 conectores. Tradução Braille: Setor 3.
7. Conexão para componentes com 4 conectores. Tradução Braille: Setor 4.
8. Conexão para componente relé. Tradução Braille: Relé.
9. Conector da protoboard com o multímetro e a protoboard para sensores.

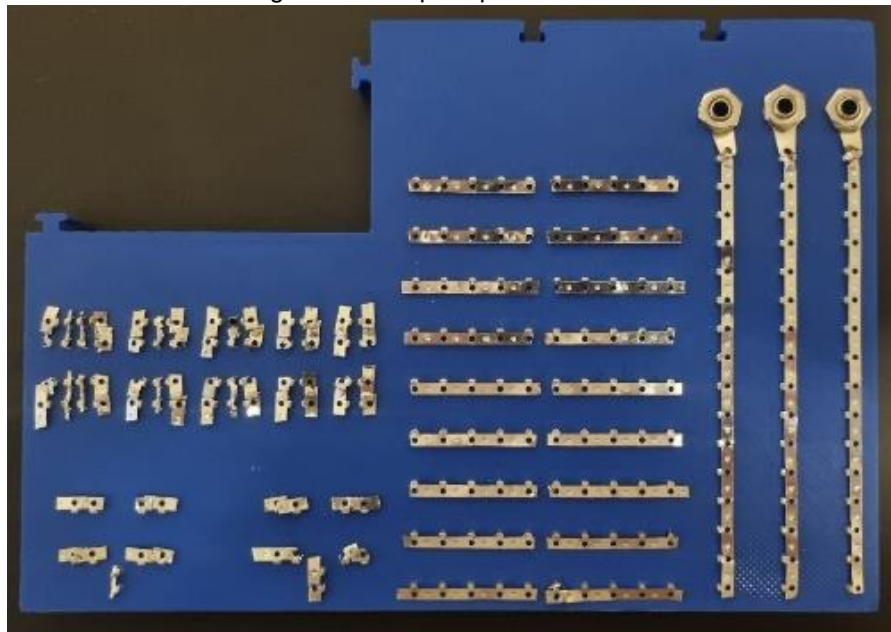
Com a protoboard impressa (Figura 2), foram inseridos os jumpers com conexões em série e paralelo nos furos para entrada de componentes (Figura 3). Para evitar acidentes, foi aplicada uma camada de fita 3M, efetuando o isolamento dos jumpers.

Figura 2 - Protoboard impressa



Fonte: Autor deste projeto

Figura 3 - Jumpers para conexões



Fonte: Autor deste projeto

4.2 Multímetro Falante

O desenvolvimento do multímetro neste trabalho permite que pessoas cegas consigam escutar valores de medição de tensão e corrente contínua e alternada, bem como os valores de um resistor. Assim como na protoboard, a caixa do multímetro também foi elaborada no Fusion 360 e impressa em uma impressora 3D, com o objetivo de permitir que a pessoa com deficiência visual consiga manusear o dispositivo de forma tátil.

Para a elaboração deste multímetro, foram necessários vários passos para chegarmos a um resultado, iniciando com testes de sensores para verificação de precisão, inserção de componentes eletrônicos, programação, elaboração de um esquemático no Software Eagle para criação de uma placa de circuito impresso com a inserção de todos os componentes e, por fim, a elaboração da caixa em 3D com acessibilidade tátil para armazenar o circuito criado.

Vamos iniciar este tópico apresentando os principais componentes utilizados, com informações de suas especificações, a forma como foram utilizados e seus testes na criação do multímetro. Em seguida, apresentamos a junção do material para elaboração do multímetro.

4.2.1 Apresentação dos materiais e testes iniciais na elaboração do multímetro falante

ARDUINO UNO

O Arduino Uno (Figura 4), baseado no microcontrolador ATmega328P, é uma ferramenta acessível utilizada para controle de sensores e componentes eletrônicos, permitindo a realização de diferentes tipos de projetos, como automação, acessibilidade, experimentos científicos, entre outros.

Figura 4 - Arduino uno



Fonte: Autor deste projeto

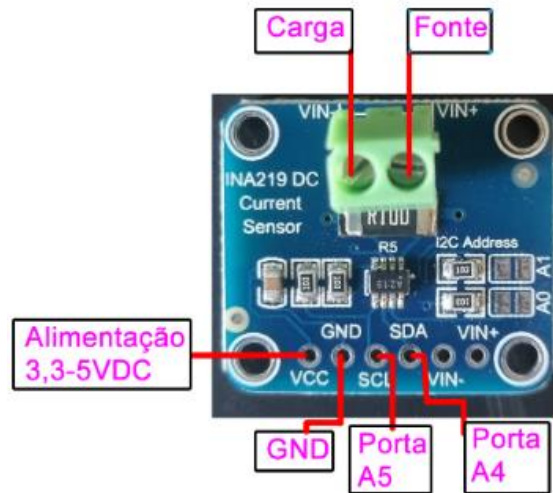
Esta placa inclui uma placa de hardware de código aberto, que é projetada em torno de microcontroladores Atmel AVR, e um software de IDE que implementa a linguagem de programação *Processing*, permitindo que os usuários escrevam programas e os carreguem para o microcontrolador. Ela possui 14 portas digitais e 6 portas analógicas com limite de 20mA, porta USB tipo B podendo ser utilizada para alimentação, comunicação e programação com a serial no computador, pino de saída 5V (o limite total do circuito inserido no Arduino não pode ultrapassar os 200mA), memória flash do microcontrolador de 32KB e velocidade de *clock* de 16 MHz (ARDUINO, 2024).

O Arduino Uno foi utilizado nos testes dos sensores e componentes eletrônicos deste projeto por sua simplicidade e facilidade, evitando erros no desenvolvimento da placa para ser impressa e soldada.

INA219

O INA219 (Figura 5) é um sensor para medição de corrente e tensão contínua com alta precisão. Ele é capaz de medir tensão contínua de até 26V com resolução de 1mV e corrente de até 3,2A, com resolução de 0,1mA.

Figura 5 - INA219



Fonte: Autor deste projeto

A medição é realizada com o uso de um resistor *shunt* com $R_{shunt} = 0,1\Omega$, com uma precisão de 1% para gerar uma tensão proporcional à corrente. O sensor mede a tensão que sai deste resistor para determinar a corrente. Este método de medição é chamado de *high-side*, onde o resistor *shunt* fica entre a fonte de alimentação e a carga. Ou seja, quando a corrente elétrica atravessa o resistor, surge em seus terminais uma diferença de potencial, resultando em uma tensão proporcional. A relação entre a queda de V_{shunt} e a corrente I é descrita pela Lei de Ohm (1) (TEXAS INSTRUMENTS, 2015).

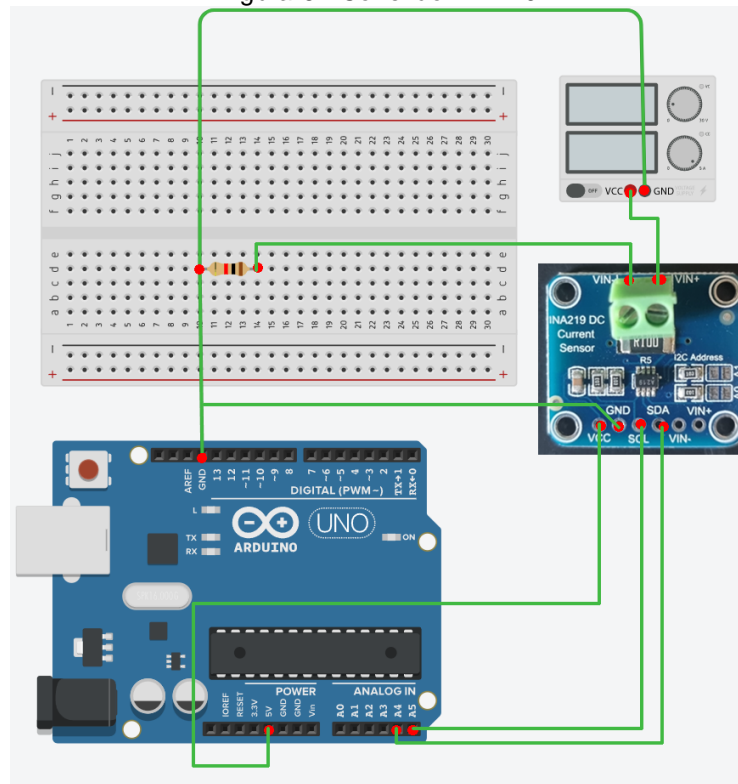
$$I = \frac{V_{shunt}}{R_{shunt}} \quad (1)$$

Sua comunicação é feita pelo protocolo I2C, um protocolo de comunicação bidirecional que permite a transferência de dados entre dispositivos eletrônicos, no caso, entre o sensor e o microcontrolador ATmega328P. A comunicação I2C requer apenas dois pinos do microcontrolador: um para dados (SDA) e outro para o *clock* (SCL). A alimentação do sensor pode ser na faixa de 3V a 5,5VDC (TEXAS INSTRUMENTS, 2015).

Neste projeto, o sensor foi utilizado para medição de tensão de até 26V e corrente contínua de até 3,2A. Para os testes, foi feita a ligação do sensor no Arduino Uno para verificar sua precisão e funcionamento. A ligação do Arduino foi feita da seguinte maneira: a porta A4 no pino SDA, A5 no pino SCL, 5V no VCC e GND no GND do Arduino Uno. Para efetuar a medição, foram utilizados diferentes resistores para representar uma carga e, assim, medir tensão e corrente. A ligação da carga é feita pela conexão do polo positivo de uma fonte no pino VIN+ e a saída VIN- é ligada

em um dos lados do resistor; o outro lado do resistor é conectado ao polo negativo da fonte e ao GND do Arduino Uno, conforme Figura 6.

Figura 6 - Conexão INA219



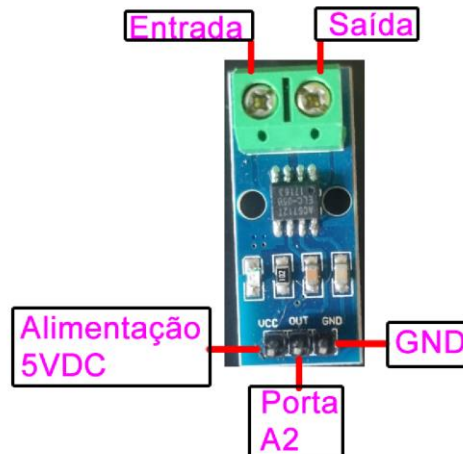
Fonte: Autor deste projeto

Para os testes, foram realizadas diferentes medições de tensão e corrente com o auxílio de uma fonte variável e diferentes valores de resistores. Os resultados dos testes confirmaram os dados do datasheet do sensor, com uma precisão de 1%. Para verificação da precisão, foi utilizado um multímetro de alta precisão, o Minipa ET-2042E, para as medições de tensão e corrente. É importante destacar que, o sensor possibilita um ajuste de precisão para medição de valores de maior e menor corrente, portando dentro da programação desenvolvida, sempre que o sensor faz uma leitura de medição, o valor de corrente está sendo verificado e a sensibilidade para medição de corrente e tensão do sensor é atualizada, permitindo resultados com maior precisão.

ACS712

O ACS712 (Figura 7) é um sensor de corrente capaz de medir tanto corrente contínua (DC) quanto alternada (AC) até 30 amperes, com uma precisão de até 1,5% em uma temperatura ambiente de 25°C.

Figura 7 - ACS712



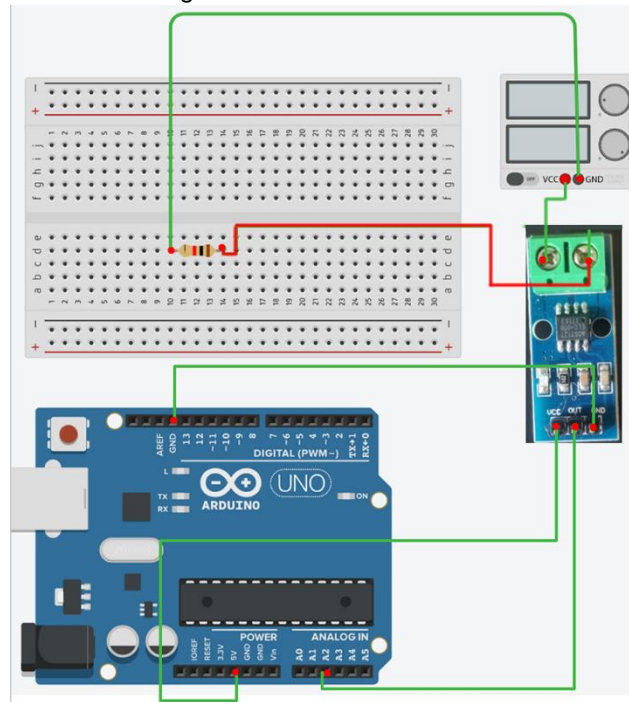
Fonte: Autor deste projeto

Seu funcionamento é baseado no princípio do efeito Hall. O efeito Hall ocorre quando a corrente é forçada a passar através de um material condutor com um campo magnético perpendicular. Dessa maneira, os elétrons se deslocam para o lado do condutor, criando uma tensão.

No núcleo do ACS712, há um sensor de efeito Hall linear integrado com um circuito eletrônico que permite uma saída precisa de tensão proporcional à corrente medida. Isso é feito amplificando a tensão Hall e convertendo-a em um sinal de saída do sensor. O sensor é isolado galvanicamente, o que significa que o lado do sensor que mede a corrente está eletricamente isolado do lado do sensor que produz a saída, adicionando uma camada adicional de segurança. Para alimentar o sensor, é necessário uma alimentação de 5VDC. Os dados de corrente são obtidos por meio da porta OUT do sensor, que proporciona uma saída analógica proporcional à corrente medida, sendo 2,5V quando está sem corrente, valores maiores que 2,5V para correntes positivas e menores que 2,5V para correntes negativas. A porta OUT é ligada a uma das portas analógicas do ATmega328P (ALLEGRO, 2006).

O sensor foi utilizado para medição de corrente alternada e contínua de até 30A. Para os testes, também foi utilizada a placa do Arduino Uno, conforme a ligação: VCC no 5V, OUT na porta A2 e GND no GND do Arduino. Para as medições, diferentes valores de resistores, conforme Figura 8.

Figura 8 - Conexão ACS712



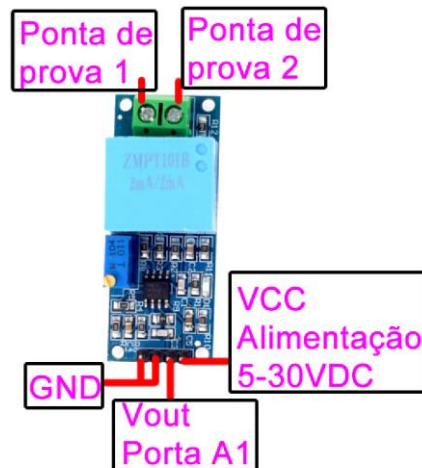
Fonte: Autor deste projeto

Os resultados obtidos do sensor foram comprovados também utilizando o multímetro Minipa ET-2042E que confirmaram a precisão do sensor com o datasheet do sensor com uma variação entre 1 a 1,5%. É importante destacar que para obter uma boa precisão, primeiramente foi necessário efetuar a calibração do sensor junto com o multímetro, para a calibração foi utilizado o comando: "#define CURRENT_CAL 13.6" que permitiu obter os valores com alta precisão.

ZMPT101B

O sensor ZMPT101B (Figura 9) é utilizado para a medição de tensão alternada de 0 até 250 volts, com uma precisão de aproximadamente 1%, podendo haver variação conforme a temperatura e a frequência da rede.

Figura 9 - ZMPT101B



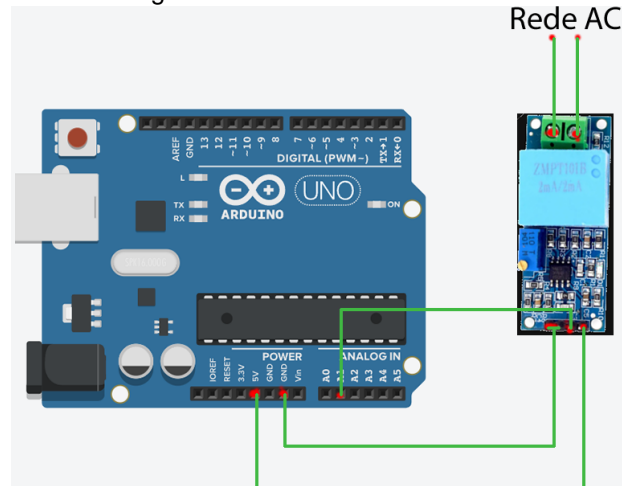
Fonte: Autor deste projeto

O sensor possui um transformador de isolamento 1:1 que isola eletricamente o lado de entrada, proporcionando um isolamento galvânico e protegendo o circuito. Em seguida, a tensão passa por um condicionamento de sinal para ser lida por uma porta analógica do Arduino, onde a leitura do sinal será um valor de tensão proporcional à leitura AC original, podendo variar de 0 a 5V (QINGXIAN ZEMING LANGXI, S.d.).

Para a alimentação do sensor, é necessária uma tensão de 5 a 30 VDC, que pode ser fornecida pela porta de 5V do Arduino, e a comunicação de dados é feita pela porta analógica do microcontrolador.

Neste projeto, o sensor foi utilizado para medição de tensão alternada de até 250V. Para os testes, utilizando a plataforma do Arduino Uno, foi conectado o pino VCC nos 5V, o Vout na porta A1 e o GND no GND do Arduino. Para a medição, foram conectadas duas pontas de prova ligadas à rede de 110V e 220V AC (Figura 10).

Figura 10 - Conexão ZMPT101B



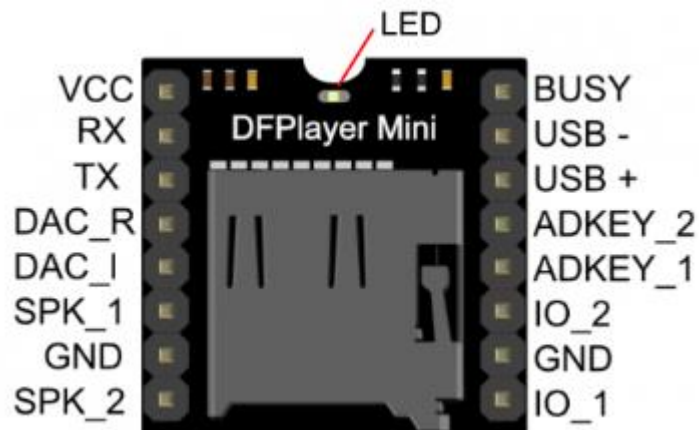
Fonte: Autor deste projeto

Para os testes, foi necessário efetuar primeiramente a calibração do sensor utilizando um osciloscópio e ajustando com uma chave o trimpot do sensor para obter uma forma de onda o mais próxima possível de uma senoide, visando a melhor precisão. Após esses ajustes, ainda foi necessário efetuar a calibração do sensor utilizando o código VOLT_CAL, pois os sensores são distribuídos com componentes que podem ter certa variação e influenciar nos dados de medição. Para isso, foi feita a medição do sensor em paralelo com o multímetro Minipa ET-2042E e então ajustado o VOLT_CAL até que os dois valores de medição coincidissem. Após a calibração do sensor, foi obtida uma precisão de até 1% dos valores comparados do sensor com o multímetro.

MP3-TF-16P

O módulo MP3-TF-16P (Figura 11) é um módulo de áudio que possui um decodificador de MP3 com um slot para cartão microSD ou TF (TransFlash). Este módulo é capaz de decodificar arquivos de áudio no formato MP3 armazenados no cartão de memória, permitindo que arquivos de áudio sejam reproduzidos quando necessário.

Figura 11 - MP3-TF-16P



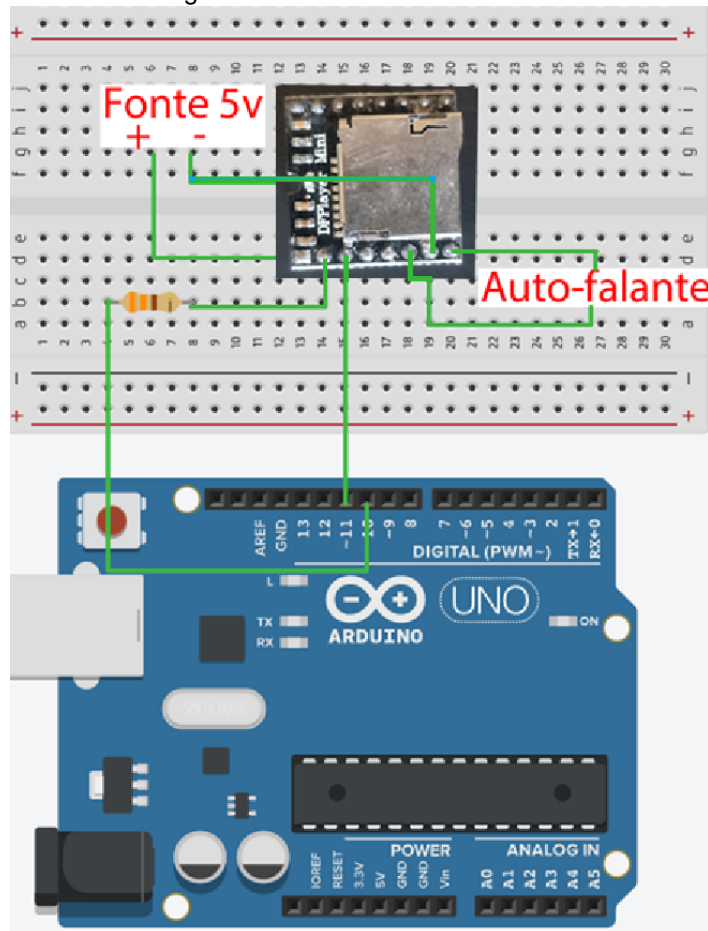
Fonte: <<https://www.arduinoecia.com.br/modulo-mp3-dfplayer-mini-dfrobot-arduino/>> Acesso em: 15 mar. 2022

Este módulo permite a leitura de arquivos de áudio nos formatos MP3, WAV e WMA, e a leitura de arquivos através do cartão de memória no sistema de arquivos FAT16 ou FAT32. Os comandos para controle da mídia podem ser feitos por meio de microcontroladores, no caso, utilizando o ATmega328P, e para sua alimentação é necessária uma tensão de 3,3V a 5V (DFPlayer, Sd.).

Para os testes, o módulo foi conectado ao Arduino Uno (Figura 12), com o pino RX em série com um resistor de 330 ohms ligado no pino 10, o pino TX no pino

11, o VCC e o GND em uma fonte de alimentação de 5V, e os dois pinos do alto-falante conectados a um alto-falante de 0,5W. Após efetuar as ligações, foram inseridos arquivos de áudio em um SD card conectado ao módulo e executados por meio da IDE do Arduino.

Figura 12 - Conexão MP3-TF-16P



Fonte: Autor deste projeto

Para executar cada arquivo de áudio é utilizado o comando: `playerMP3.playFolder("Pasta", "Arquivo");`

Onde "pasta" é o número da pasta para buscar o arquivo e "arquivo" é o número dentro da pasta para ser executado. É importante destacar que os arquivos estão nomeados em sequência numérica, como: Pasta 01, 02, 03... e, dentro da pasta, o arquivo também é representado por 01, 02, 03, 04... Assim, é possível chamar os arquivos para serem executados conforme a necessidade. O módulo suporta até 100 pastas com até 250 arquivos por pasta.

ATmega328P

O ATmega328p (Figura 13) é um microcontrolador de 8 bits, com 28 pinos, capacidade de armazenamento de 32 KB e *clock* máximo de 20 MHz. Ele oferece

recursos como temporizadores, conversores analógico-digitais (ADC), interface serial (SPI, I2C e USART), bem como entradas e saídas de propósito geral (GPIO).

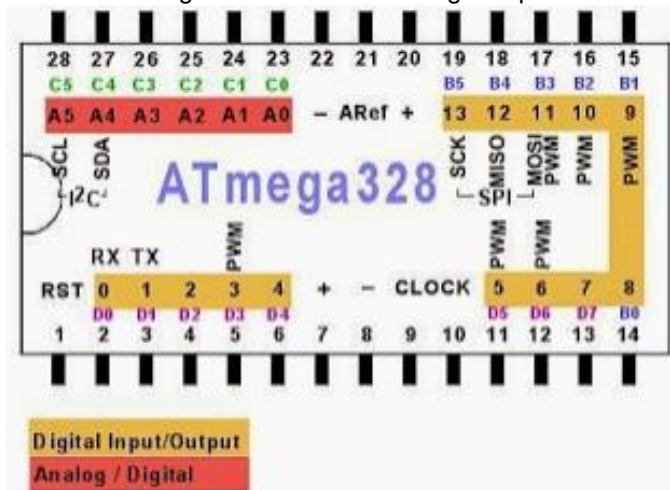
Figura 13 - ATmegaA328p



Fonte: Autor deste projeto

Na Figura 14 é possível verificar onde estão as portas digitais e analógicas, as portas de alimentação de entrada e saída, as portas do CLOCK do circuito e também a porta de reset.

Figura 14 - Portas ATmega328p



Fonte: <<http://www.arduinoecia.com.br/2014/01/montando-arduino-na-protoboard.html>>

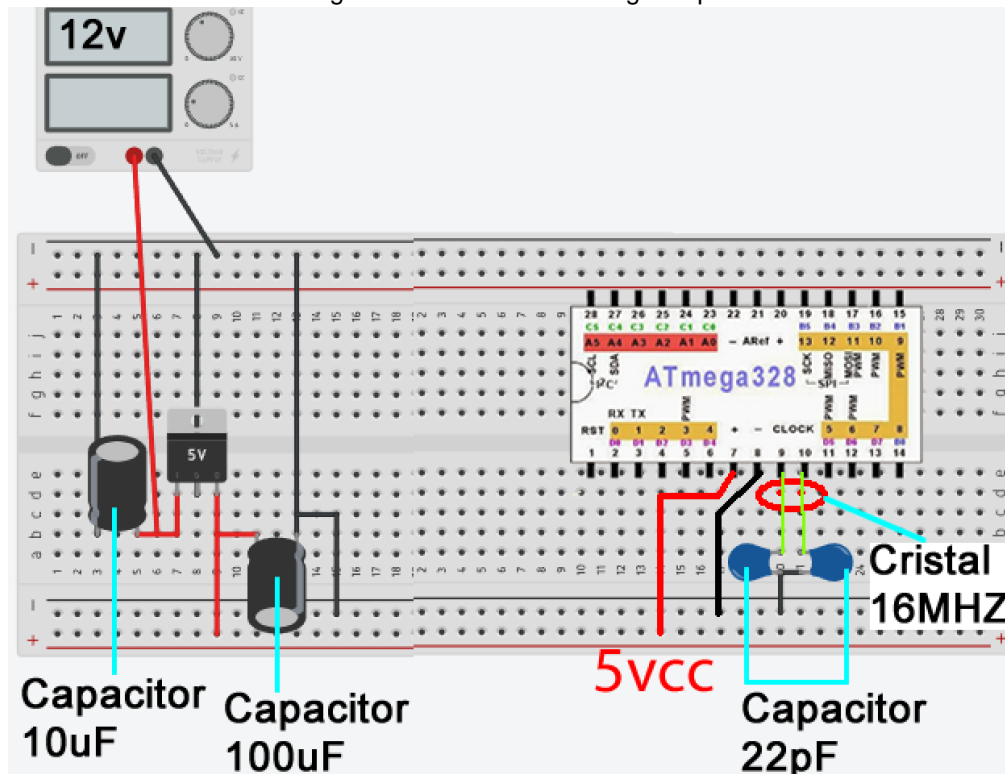
Acesso em: 20 abr. 2022.

São 6 portas analógicas e 14 portas digitais, e cada porta não pode ultrapassar o limite máximo de 40mA, com o limite total de corrente que o microcontrolador pode fornecer sendo 200 mA. O microcontrolador ATmega328P foi utilizado para efetuar o controle dos sensores e componentes eletrônicos do multímetro após todos os testes com o Arduino Uno, permitindo a criação de uma placa impressa (ATMEL Corporation, 2008).

Para o funcionamento do ATmega328P, é necessária uma alimentação entre 1,8V e 5,5V nos pinos 7 (positivo) e 8 (negativo). Neste caso, foi utilizado um regulador de tensão LM7805, que permite receber uma tensão entre 7 a 20 volts e fornece uma saída de 5V com corrente máxima de 1,5A. Foram utilizados dois capacitores, um de 10 μ F na entrada e um de 100 μ F na saída, com o objetivo de garantir uma operação estável, evitando problemas com ruído e oscilações. Além

disso, é necessário o uso de um cristal de 16MHz para operar o *clock* estável do microcontrolador. O cristal é ligado com um capacitor de 22pF na porta 9 e com um segundo capacitor de 22pF na porta 10, conforme mostrado na Figura 15.

Figura 15 - Conexão ATmega328p



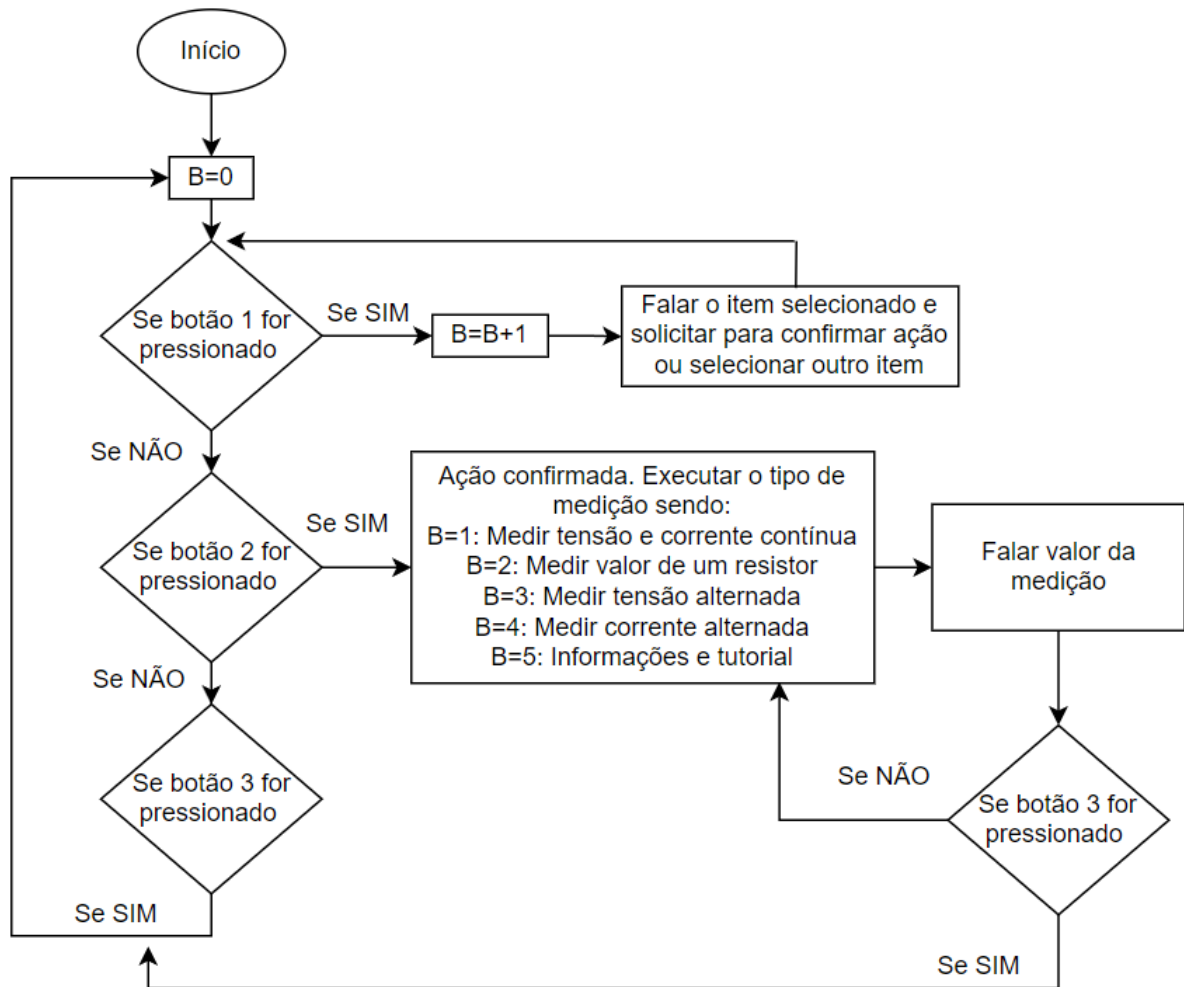
Fonte: Autor deste projeto

4.2.2 Junção do material para elaboração do multímetro

Para efetuar a junção de todo o material na elaboração do multímetro, primeiramente foi desenvolvida a programação que possibilita a execução dos comandos para o funcionamento de todos os componentes eletrônicos apresentados acima. Vamos iniciar explicando a lógica de funcionamento do multímetro.

O multímetro é capaz de efetuar a leitura de diferentes tipos de medições de tensão e corrente com os componentes apresentados no tópico anterior. Ao utilizar o dispositivo, o usuário será questionado sobre qual tipo de medição ele deseja efetuar por meio de um *push button* (chave táctil). Ao selecionar o tipo de medição desejada, ele deve confirmar a ação pressionando um segundo *push button*. Então, o sensor será ativado, a medição será realizada e os valores serão repassados em áudio para o usuário. Abaixo, apresentamos um fluxograma (Figura 16) para representar seu funcionamento lógico:

Figura 16- Fluxograma do funcionamento do multímetro



Fonte: Autor deste projeto

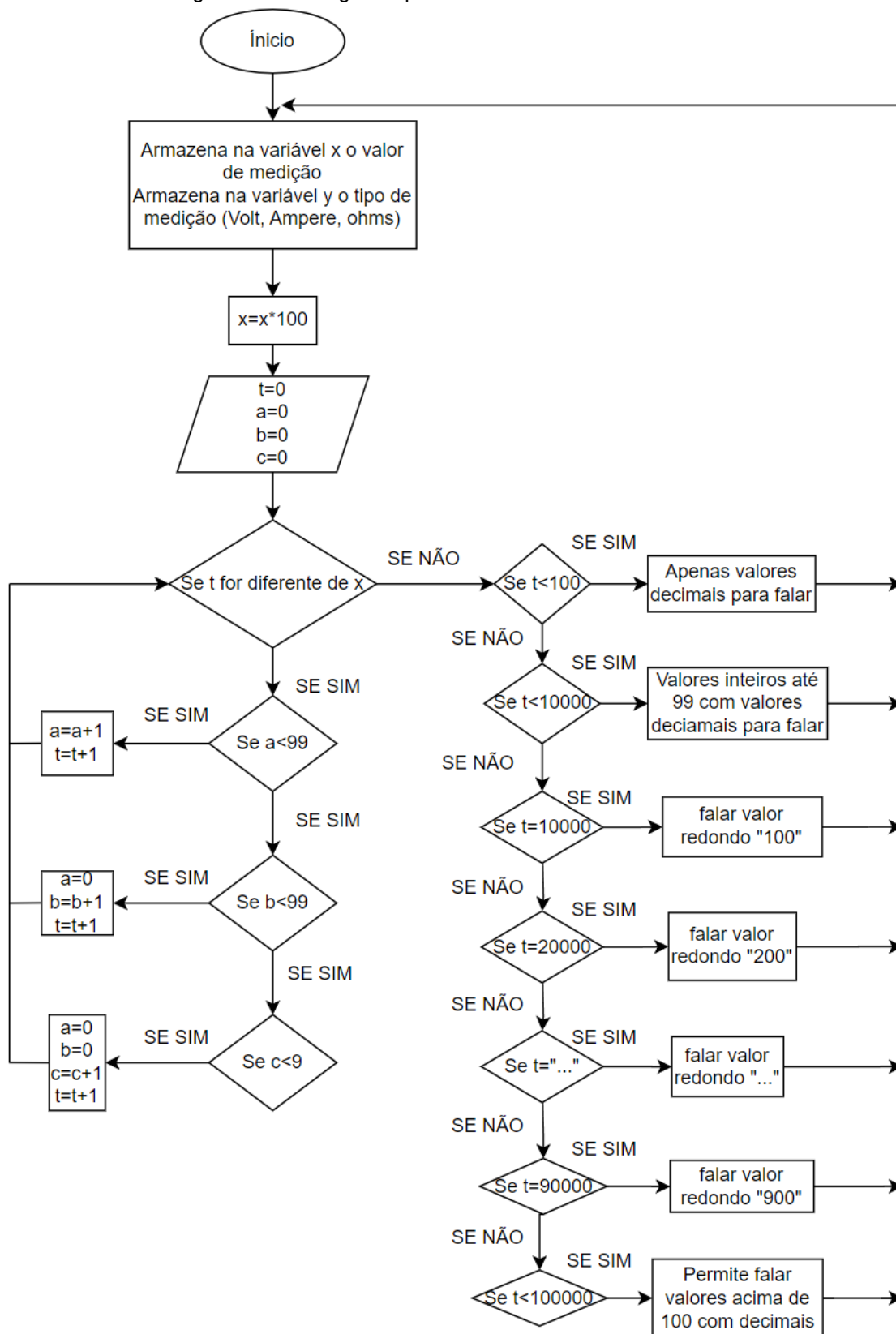
É importante destacarmos como foi feita a conversão dos valores de medição para o formato de áudio, onde foi fundamental o uso do módulo MP3. O módulo serve apenas para executar arquivos em MP3 e não converter texto para áudio. Portanto, primeiramente foi necessário efetuar a gravação do áudio dos valores numéricos de 0 a 99, das centenas 100, 200, 300, ..., 900, das unidades de medição como Ampere, Miliampere, Volts, Ohms, K Ohms, e arquivos com informações sobre o uso do multímetro. Foi criada uma biblioteca com 235 arquivos de áudio, divididos em 6 pastas conforme descrito a seguir:

- **Pasta 1:** Total de 100 arquivos de áudio, iniciando pelo valor 0 até o valor 99. Utilizada para passar valores decimais, exemplo: 2,08; 5,25; 0,54.
- **Pasta 2:** Total de 100 arquivos de áudio, iniciando pelo valor 0 até o valor 99. Utilizada para passar valores inteiros, exemplo: 1; 6; 35; 64; 5,46; 64,35.

- **Pasta 3:** Total de 9 arquivos de áudio, valores nas casas das centenas: 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900.
- **Pasta 4:** Total de 9 arquivos de áudio, valores nas casas das centenas: 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900. Pasta 3 e Pasta 4 falam o valor das centenas, com a única diferença de que a Pasta 3 é utilizada apenas para falar valores redondos, enquanto a Pasta 4 é para juntar a centena com as dezenas e unidades.
- **Pasta 5:** Utilizada para falar unidades de medida como Volt, Ampere e Ohms, prefixos como Miliampere, Quilo-ohms, sinal negativo, sinal de pontuação como a “,”, e a vogal “e” que serve para dar a junção de valores como, por exemplo, cento “e” cinquenta e dois “,” trinta e quatro.
- **Pasta 6:** Utilizada para reproduzir textos falados, como informações da protoboard e opções de seleção dos tipos de medição.

A conversão é feita da seguinte maneira: os valores obtidos na medição dos sensores possuem até duas casas decimais. Esse valor é multiplicado por 100 para termos um valor inteiro dessa medição. Para transformar esse valor em um valor falado, é feito um loop onde são separados os valores decimais em até duas casas, os valores inteiros, as dezenas e as centenas. Dessa forma, torna-se possível identificar qual número está sendo processado e então executar os arquivos necessários para falar o valor que foi obtido nas diferentes medições. Na Figura 17, é apresentado o fluxograma desta conversão.

Figura 17 - Fluxograma para conversão de texto em áudio



Fonte: Autor deste projeto

Como pode ser observado na Figura 17, após ser obtido, o valor da medição é armazenado na variável “x” e multiplicado por 100 com o objetivo de

eliminar valores decimais. “t” é o contador para manter o loop enquanto for diferente de “x”, “a” é o contador de números decimais (utiliza a Pasta 1 para executar os arquivos), “b” é o contador de números inteiros (utiliza a Pasta 2 para executar os arquivos) de até 99, e “c” é o contador das centenas (utiliza a Pasta 3 e 4 para executar os arquivos).

Para exemplificar, vamos supor que o valor obtido na medição tenha sido $x=2,40\text{mA}$. Então esse valor é multiplicado por 100, ficando $x=240$. Ao entrar no loop, enquanto “t” for diferente de $x=240$, ele fará as seguintes comparações: Na primeira verificação, “a” será menor que 99, então $a=a+1=1$ e $t=t+1=1$. Este loop continuará até que “a” seja igual a 99 e “t” também seja igual a 99. Então, iremos para o próximo comparador, onde $b<99$; nesse caso, $b=b+1=1$ e “a” volta a ser igual a 0, e $t=t+1=100$, obtendo, nesse momento, o valor 1,0. Ainda não chegamos em $t=240$, então continuamos no loop, até que tenhamos $b=2$, $a=40$ e $t=240$. Ao obter esse valor, “t” é igual a “x”, então pode sair do loop e verificar como deverá ser executado o arquivo de áudio. Para isso, foram realizadas algumas tomadas de decisão:

Na primeira, é verificado se “t” é menor que 100. Se isso ocorrer, significa que teremos apenas valores decimais para serem falados. Caso contrário, é verificado novamente se t é menor que 10000. Se isso ocorrer, significa que teremos até o valor de 99,99 para ser falado. As próximas comparações são para verificar se teremos valores redondos como: 100,00; 200,00; ..., 900,00. E, por fim, se t é menor que 100000. Se isso ocorrer, poderemos ter valores como 105,30; 555,94; 860,20. É importante destacar que, após falar o valor da medição, é falada a unidade que foi medida, como ampere, volt, ohms (que estão na pasta 5).

Exemplo de um trecho comentado da programação onde são falados os valores de dezenas e decimais:

```

else if (t<10000)
{
//é necessário somar 1 para variável “a” e variável “b” pois os arquivos
salvos são nomeados a partir do arquivo 01, ou seja, o arquivo de áudio que fala o
número 0 será o arquivo 01.
    a = a+1;
    b = b+1;

//executa o arquivo de áudio que está na pasta 2 arquivo “b”
    playerMP3.playFolder(2, b);
    delay(2300);

```

//executa o arquivo de áudio que está na pasta 5 arquivo 4 que no caso irá falar “vírgula”

```
playerMP3.playFolder(5, 4);
delay(1700);
```

//executa o arquivo de áudio que está na pasta 1 arquivo “a”

```
playerMP3.playFolder(1, a);
delay(1800);
```

//executa o arquivo de áudio que está na pasta 5 arquivo “y” que no caso será a unidade medida exemplo: Ampere, Volt, Ohms...

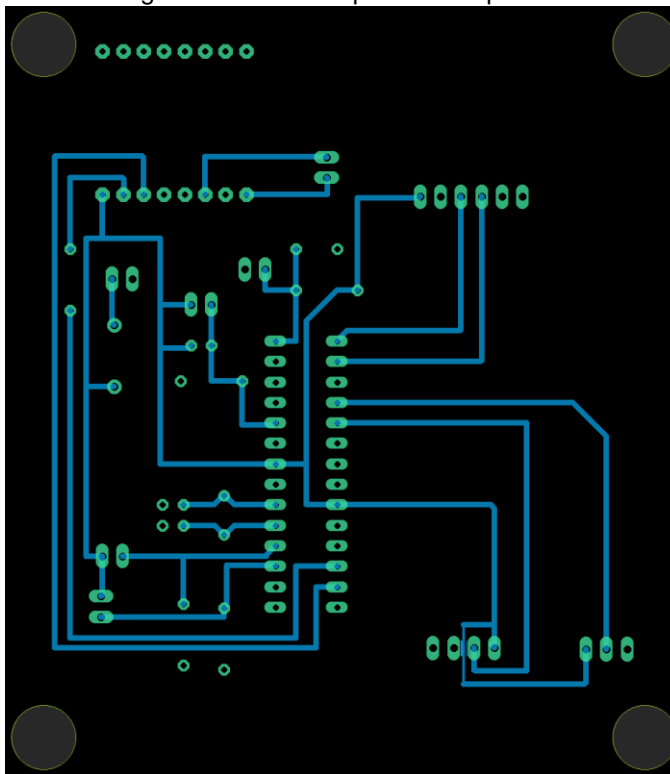
```
playerMP3.playFolder(5, y);
delay(1000);
```

```
}
```

Se fosse o exemplo apresentado anteriormente onde foi obtido $x=2,40\text{ma}$, teríamos $b=3$, $a=41$, $y=2$ (b = pasta 02 e arquivo 03; “,”= pasta 05 e arquivo 04; a = pasta 01 e arquivo 41; y = pasta 05 e arquivo 02) obtendo então: “dois” “,” “quarenta” “miliampères”.

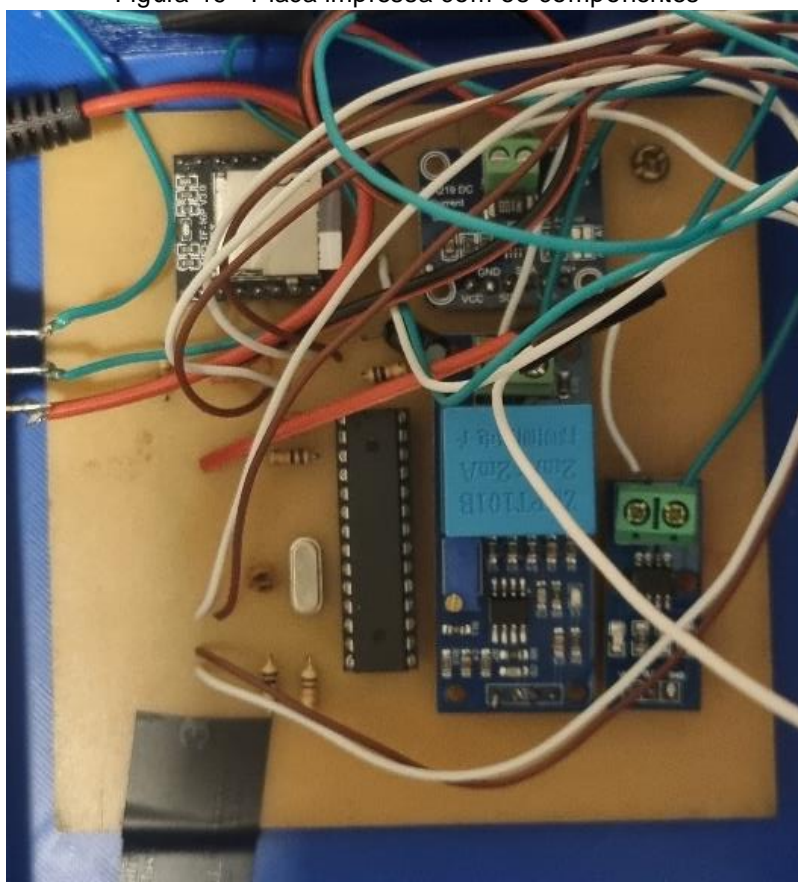
Após concluir os testes e toda programação, foi necessário desenvolver uma placa de circuito elétrico para a inserção de todos os componentes, utilizando o software Eagle. Na Figura 18, pode ser observado o circuito a ser impresso para o desenvolvimento da placa, bem como a placa com todos os componentes soldados na Figura 19.

Figura 18 - Circuito para ser impresso



Fonte: Autor deste projeto

Figura 19 - Placa impressa com os componentes



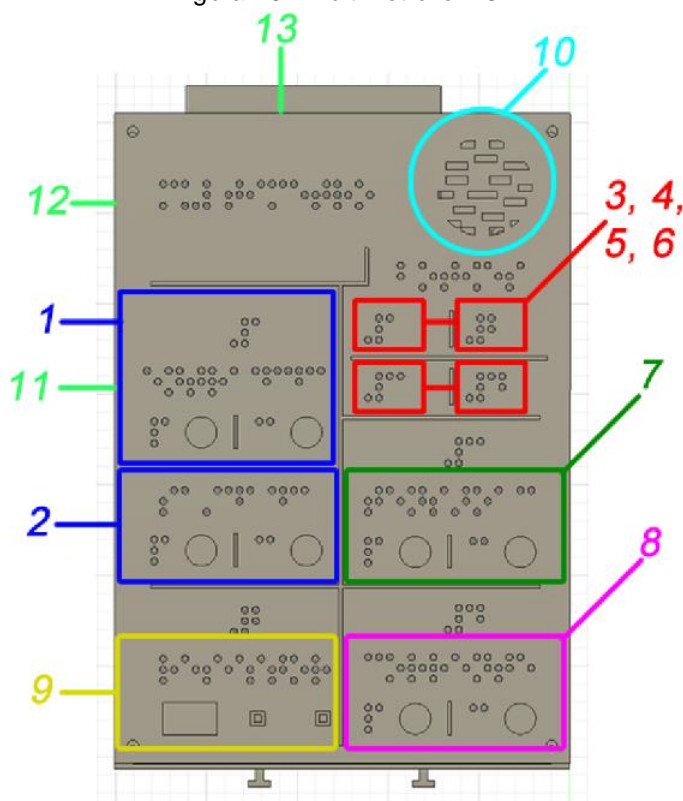
Fonte: Autor deste projeto

O próximo passo foi desenvolver em 3D a caixa para armazenar o circuito impresso. Para isso, foi necessário efetuar vários testes para garantir que uma pessoa cega conseguisse manipular e utilizar o dispositivo. Na Figura 20, pode ser observado o multímetro no software em 3D. Ele foi dividido em diferentes setores com a inserção de bornes para pinos banana, permitindo ao usuário navegar entre as trilhas de forma tátil, com legendas em braille e identificar qual setor deseja inserir os pinos banana para efetuar a medição.

Existem também 4 botões:

- O botão 1 permite selecionar o tipo de medição.
- O botão 2 confirma o tipo de seleção.
- O botão 3 reinicia o dispositivo para a seleção de outra medição.
- O botão 4 serve para aumentar ou abaixar o volume.

Figura 20 - Multímetro em 3D



Fonte: Autor deste projeto

As especificações sinalizadas da Figura 20 de cada setor do multímetro:

- 1- Setor 1: Entrada para medição de tensão e corrente contínua. Tradução *Braille*: Entrada DC FA (fonte de alimentação).
- 2- Setor 1: Saída para medição de tensão e corrente contínua. Tradução *Braille*: Saída DC
- 3- Botão 1, selecionar o tipo de medição. Tradução *Braille*: (botões, 1)
- 4- Botão 2, confirmar seleção. Tradução *Braille*: (botões, 2)
- 5- Botão 3, Reset. Tradução *Braille*: (botões, 3)
- 6- Botão 4, aumentar/diminuir volume. Tradução *Braille*: (botões, 4)
- 7- Setor 3: Medição de tensão alternada. Tradução *Braille*: (botões, 2)
- 8- Setor 4: Medição de corrente alternada e contínua. Tradução *Braille*: (tensão AC)
- 9- Setor 2: Medição de resistores. Tradução *Braille*: Resistor
- 10- Saída de áudio.
- 11- Chave para ligar ou desativar o dispositivo.
- 12- Alimentação fonte.
- 13- Alimentação bateria 9v

É importante destacar que, no item 9, para efetuar a medição de valores de resistores, é utilizado o sensor INA219. Foi inserida uma chave para ativar a medição de resistores, que, quando acionada, fornece uma tensão de 5V ao sensor, permitindo que ele realize a medição de corrente. Utilizando a primeira Lei de Ohm e obtemos o valor do resistor por meio da programação desenvolvida.

Com o multímetro finalizado (Figura 21), é possível efetuar as seguintes medições:

- Leitura de tensão contínua até 26 volts.
- Leitura de corrente contínua até 30 amperes.
- Leitura de tensão alternada até 250 volts.
- Leitura de corrente alternada até 30 amperes.
- Leitura do valor de resistores.

Figura 21 - Multímetro finalizado



Fonte: Autor deste projeto

4.3 Aplicativo e protoboard para controle de sensores

A programação permite o desenvolvimento de muitos projetos, porém, o aprendizado de programação requer um longo período de estudos nos comandos. Conforme a literatura da área, esses comandos são complexos, demandando esforço e dedicação no aprendizado, mesmo para pessoas não cegas. Essa complexidade aumenta quando se trata de uma pessoa cega tentando aprender a programar.

Nesse projeto, foi desenvolvido um aplicativo para celulares Android que permite o aprendizado de programação para pessoas cegas utilizando apenas a lógica de programação. Para o desenvolvimento do aplicativo, foi necessária a utilização do

TalkBack, disponível em celulares Android, que permite a leitura de textos e os transforma em áudio (TALKBACK, 2023).

O aplicativo que denominamos como Progvox foi idealizado com base no funcionamento do modo de navegação do Dosvox, por ser um software bem aceito pela comunidade com deficiência visual. Esse aplicativo permite a conexão a uma segunda protoboard que ainda será apresentada, também desenvolvida neste trabalho, que possibilita a programação e o controle de sensores e componentes eletrônicos.

Apresentamos, neste tópico, como foi desenvolvido o aplicativo, suas principais funções e o desenvolvimento da segunda protoboard para controle de sensores e componentes eletrônicos.

4.3.1 Criação do aplicativo e suas principais funções

Para a criação do aplicativo deste trabalho, foi utilizada a plataforma App Inventor. Inicialmente criada pela Google e agora sob a gestão do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), situado em Cambridge, Massachusetts, nos EUA, o MIT App Inventor é uma plataforma projetada para o desenvolvimento de aplicativos Android usando uma abordagem de programação baseada em blocos. Esta abordagem permite que qualquer pessoa consiga programar, mesmo sem saber uma linguagem de programação, utilizando apenas a lógica de programação (APP INVENTOR, 2019).

O principal objetivo de utilizar essa plataforma para o desenvolvimento do aplicativo é possibilitar que futuros estudantes, pesquisadores e professores tenham acesso a tudo o que foi desenvolvido neste trabalho e possam sugerir e implementar melhorias no aplicativo, permitindo a inclusão de novos recursos. Assim, não é necessário que o usuário saiba alguma linguagem de programação; basta entender sobre a lógica de programação.

Na criação de programas, um programador primeiramente faz uma análise lógica do que pretende desenvolver para, em seguida, fazer o desenvolvimento utilizando alguma linguagem de programação. De acordo com Friedrich *et al.* (2012), a implementação de tarefas programáveis exige a organização das mesmas em uma ordem lógica. Esta lógica consiste na habilidade de pensar de forma estruturada, decompondo um problema em uma série de passos que levam à sua solução.

Para documentar essa solução, existem algumas maneiras, como o pseudocódigo, que é uma representação textual das etapas, e o fluxograma, que utiliza símbolos geométricos em cada etapa do processo (XAVIER, 2018). O aplicativo aqui desenvolvido basicamente utiliza o pseudocódigo com frases pré-programadas, que o usuário pode selecionar e montar sua linha de raciocínio para a criação de um programa.

O referido aplicativo possibilita que pessoas com deficiência visual consigam programar por comandos de um teclado físico conectado ao celular por meio de um adaptador USB tipo C, Micro B (dependendo do modelo de celular) ou por meio de um teclado Bluetooth. Existem diferentes tipos de adaptadores com diferentes valores, alguns com mais portas USB, portas HDMI, entre outras; neste caso, é necessário apenas um adaptador que comporte um teclado USB.

A utilização do teclado para fazer a programação visa facilitar que a pessoa com deficiência visual consiga programar sem o auxílio de outras pessoas. Para navegação dentro do aplicativo, é necessário utilizar apenas 3 teclas do teclado, que são: as setas para cima, para baixo e a tecla Enter (Figura 22).

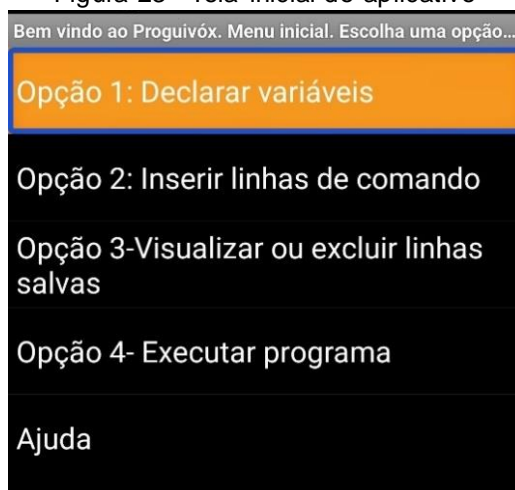
Figura 22 - Teclas para utilizar o aplicativo



Fonte: Autor deste projeto

De modo que cada vez que uma das setas é pressionada, é feita a comunicação em voz do que está sendo selecionado e o usuário será questionado se deve prosseguir, apertando a tecla Enter. Na Figura 23, é possível verificar a tela inicial do aplicativo.

Figura 23 - Tela inicial do aplicativo



Fonte: Autor deste projeto

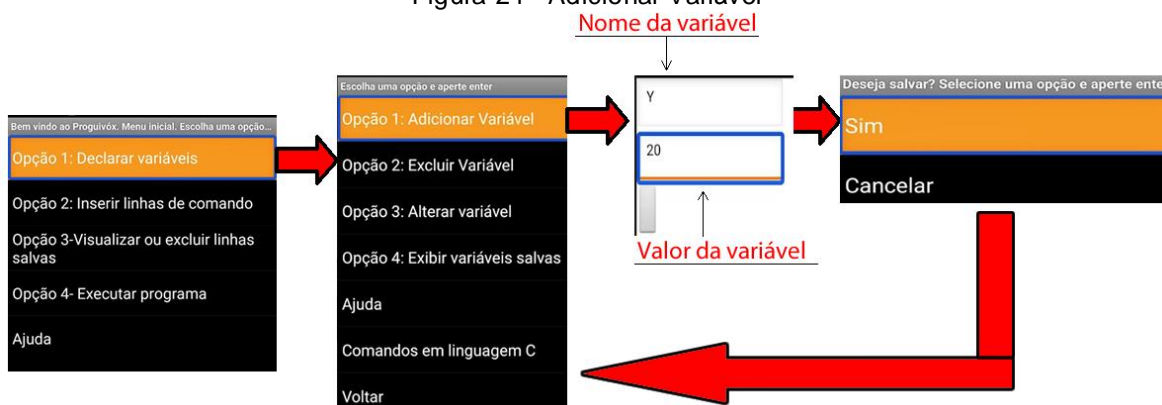
As principais funções do aplicativo são: inserir variáveis, efetuar cálculos matemáticos, inserir linhas de comando, utilizar comandos de decisão e efetuar o controle de sensores, permitindo que a pessoa cega consiga ser criadora de seus próprios projetos.

Apresentamos todos os menus e funções do aplicativo, que ao abrir o aplicativo, o dispositivo irá falar “Bem-vindo ao Progvox. Menu inicial. Escolha uma opção e aperte Enter.” Nesse momento, o usuário, com as setas do teclado, irá iniciar a navegação pelos menus para criar seu programa. Nesta tela inicial, são apresentados 5 menus selecionáveis. Vamos passar por cada um desses menus, iniciando por “Opção 1: Declarar variáveis”. Em todos os menus iremos deixar exemplos de como os códigos seriam na Linguagem C.

Esse primeiro menu permite que o usuário declare, exclua, altere ou exiba valores e nomes de variáveis. Variáveis são valores numéricos, palavras ou caracteres declarados para serem utilizados durante a execução do programa, podendo ser alterados e manipulados conforme a necessidade (DUARTE, 2019).

Ao acessar o menu (Opção 1: Declarar variáveis, Figura 24), é solicitado ao usuário selecionar uma opção e apertar a tecla Enter. São apresentadas 7 opções de seleção. A primeira opção, “Opção 1: Adicionar Variável,” serve para o usuário adicionar uma variável, incluindo seu nome e valor. Após digitar os valores e pressionar Enter, o usuário é questionado se deseja salvar ou não a variável criada. Após a seleção, ele retorna para escolher uma nova opção.

Figura 24 - Adicionar Variável



Fonte: Autor deste projeto

Em linguagem C, para declarar uma variável, o usuário deve definir o tipo da variável. Cada variável depende de um tipo de dado específico que será utilizado para armazenar o valor, podendo ser números inteiros (int), números decimais (float), letras (char), entre outros. Exemplos de declaração de variáveis em C:

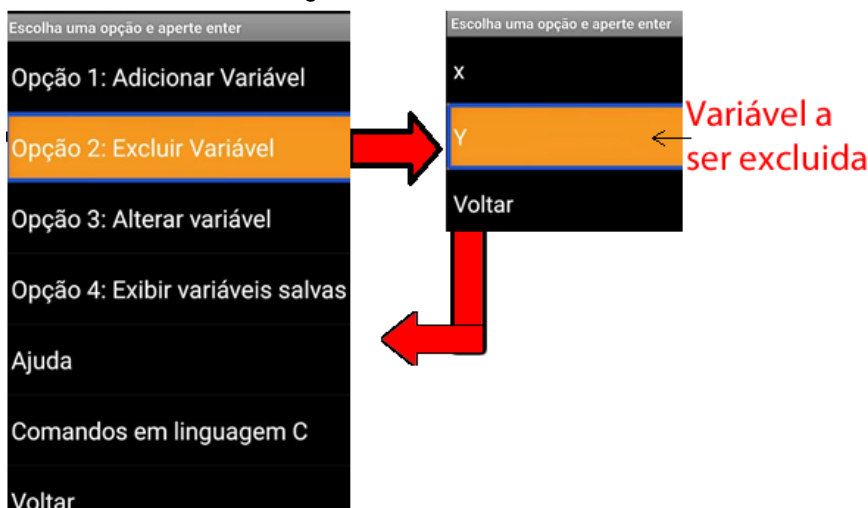
```
int idade = 12;
```

```
float valor;
```

```
char x = 'a';
```

A segunda opção, “Opção 2: Excluir Variável” (Figura 25), permite ao usuário excluir uma variável que já foi salva. Ao selecionar a opção, o usuário escolhe a variável a ser excluída e pressiona a tecla Enter para confirmar sua exclusão, voltando em seguida para o menu anterior.

Figura 25 - Excluir variável

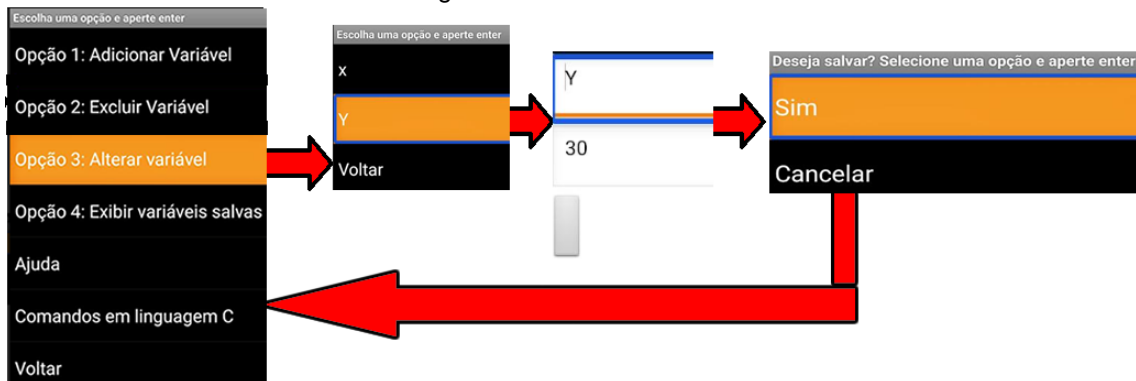


Fonte: Autor deste projeto

A terceira opção, “Opção 3: Alterar Variável” (Figura 26), permite ao usuário editar, alterando o nome e/ou o valor de uma das variáveis já salvas. Ao selecionar a variável, o usuário deve adiciona-lo novo nome e o novo valor, pressionar a tecla Enter

e, em seguida, será questionado se a alteração deve ser salva ou não, utilizando as setas do teclado para selecionar e a tecla Enter para executar. Após a seleção, o usuário é retornado ao menu anterior.

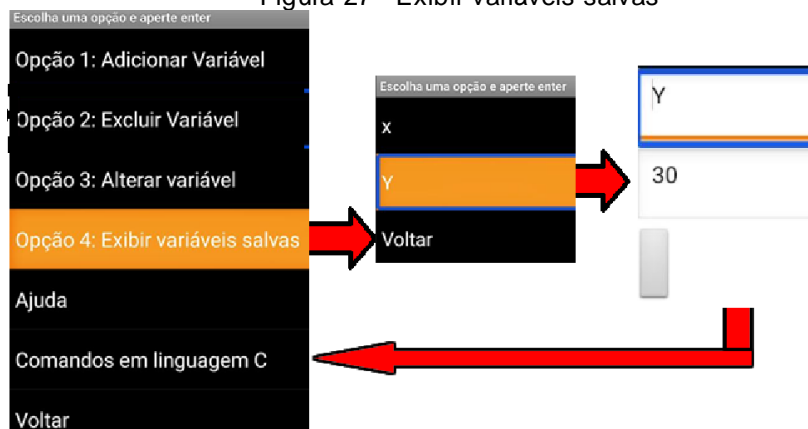
Figura 26 - Alterar variável



Fonte: Autor deste projeto

A quarta opção, “Opção 4: Exibir Variáveis Salvas” (Figura 27), permite visualizar as variáveis e seus valores salvos. Basta selecionar a variável desejada, apertar Enter e então será falado o nome e o valor da variável. Em seguida, o usuário é retornado ao menu anterior.

Figura 27 - Exibir variáveis salvas



Fonte: Autor deste projeto

Utilizando a opção “Voltar”, o usuário retorna para o menu inicial. Agora vamos apresentar os menus da “Opção 2: Inserir Linhas de Comando”. Nesse menu, o usuário irá selecionar as linhas de programação para o desenvolvimento de seu programa, basicamente programando como se fosse um pseudocódigo, porém com linhas já pré-programadas. Neste menu, são apresentadas 7 opções de seleção conforme a Figura 28.

Figura 28 - Inserir linhas de comando



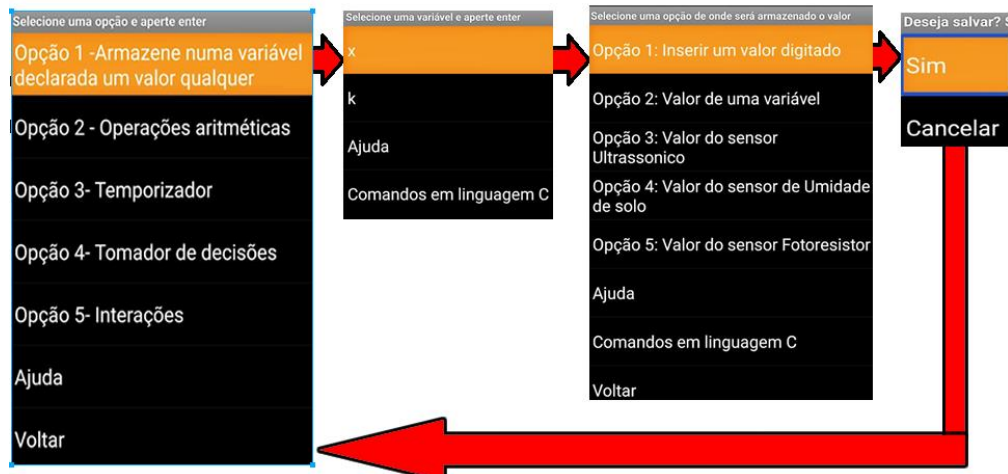
Fonte: Autor deste projeto

Iniciando pela primeira opção, “Opção 1: Armazene numa variável declarada um valor qualquer” (Figura 29). Essa opção permite que, durante a execução do programa, sejam alterados os valores das variáveis já declaradas. Para isso, o usuário primeiro será questionado sobre qual variável terá seu valor alterado. Em seguida, deverá escolher uma opção para alterar o valor da variável, sendo elas:

- “Opção 1: Inserir um valor digitado” — Nessa opção, o usuário irá digitar um valor para alterar a variável.
- “Opção 2: Valor de uma variável” — A variável atual receberá o valor de outra variável selecionada pelo usuário.
- “Opção 3: Valor do sensor Ultrassônico”.
- “Opção 4: Valor do sensor de Umidade de Solo”.
- “Opção 5: Valor do sensor Fotorresistor”

Nas opções 3, 4 e 5, a variável será alterada para o valor obtido por um dos sensores (que serão apresentados no próximo tópico). Após definir de onde será obtido o valor para armazenar na variável, o usuário será questionado se deseja salvar. Após a seleção, o usuário é redirecionado para o menu de linhas de comando.

Figura 29 - Armazenar variável



Fonte: Autor deste projeto

Vale destacar que para alterar o valor de uma variável na linguagem C basta o usuário escrever o nome da variável que ele deseja alterar e inserir o valor ou variável que irá alterar a variável desejada. Exemplo:

```
idade = 25;
valor = idade;
x = 'g';
```

A segunda opção, “Opção 2: Operações Aritméticas” (Figura 30), permite incluir linhas para a execução de cálculos, como soma, subtração, multiplicação e divisão. Quando selecionada, primeiramente o usuário deverá selecionar qual variável irá armazenar o valor da operação. Em seguida, deverá selecionar o tipo de operação aritmética que deseja efetuar. Será solicitado o primeiro número da operação, que pode ser um valor digitado ou de uma variável, e o mesmo para o segundo valor. Por fim, o usuário será questionado se deve salvar a linha ou não para, em seguida, retornar ao menu de linhas de comando.

Figura 30 - Operações aritméticas



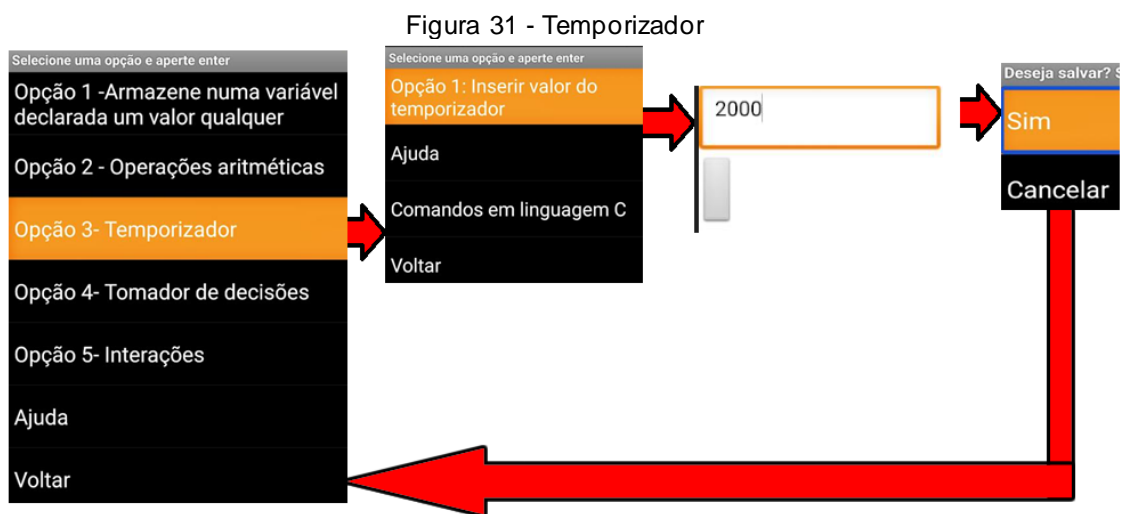
Fonte: Autor deste projeto

Nessa opção em linguagem C o usuário pode fazer como no exemplo:

```
idade = idade+2;
```

```
idade= idade+valor;
```

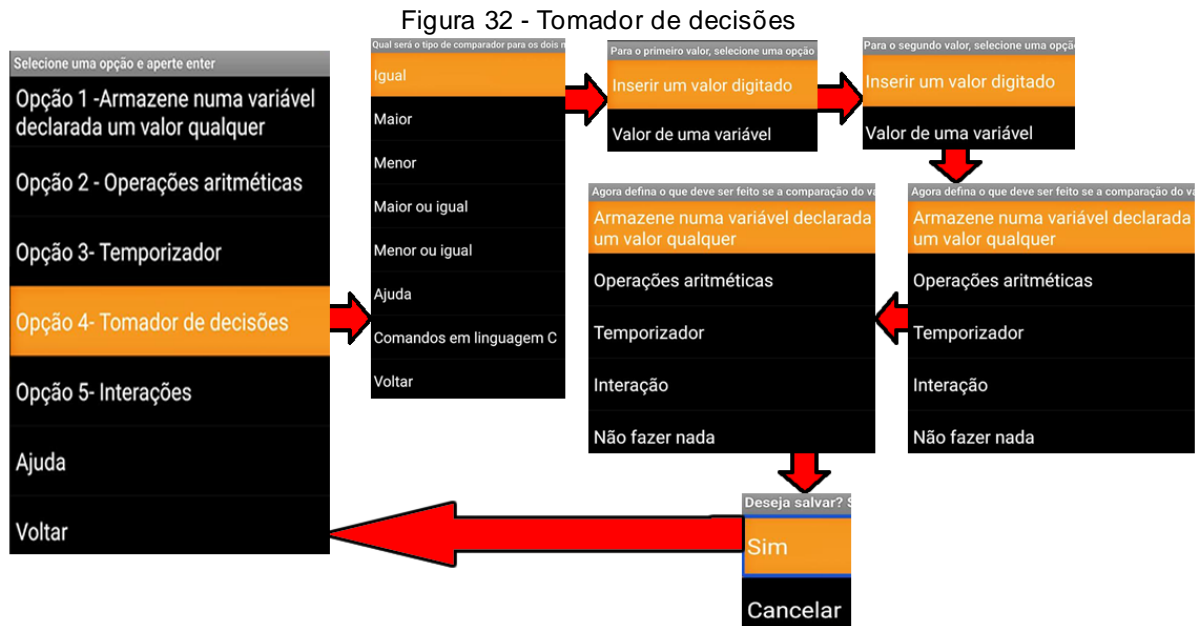
A terceira opção, “Opção 3: Temporizador” (Figura 31), é utilizada para inserir um tempo entre a execução de um código e outro, permitindo que o usuário digite o tempo em milissegundos para a execução do próximo código. O usuário deve selecionar a “Opção 1: Inserir valor do temporizador”, digitar o tempo em milissegundos e apertar Enter. Por fim, será questionado se deseja salvar e, após a seleção, o usuário retorna para o menu de linhas de comando.



Em linguagem C o usuário precisa inserir o comando:

```
delay(500);
```

Na quarta opção, “Opção 4: Tomador de Decisões” (Figura 32), o usuário pode definir uma condição entre dois valores para determinar se algo deve acontecer de uma forma “x” ou “y”. Ao selecionar a opção, primeiramente o usuário é questionado sobre qual será o tipo de comparador para a tomada de decisão entre os dois valores: igual, maior, menor, maior ou igual e menor ou igual. Após efetuar a seleção, o usuário deve selecionar o primeiro valor do comparador, podendo ser um valor digitado ou o valor de uma variável. Em seguida, deve ser inserido o segundo valor da comparação, também podendo ser um valor digitado ou o valor de uma variável. Por fim, o usuário deve definir o que deve ser feito se a condição for verdadeira e o que deve ser feito se a condição for falsa. O usuário é questionado se deseja salvar a linha de programação e, em seguida, retorna para o menu de linhas de programação.



Fonte: Autor deste projeto

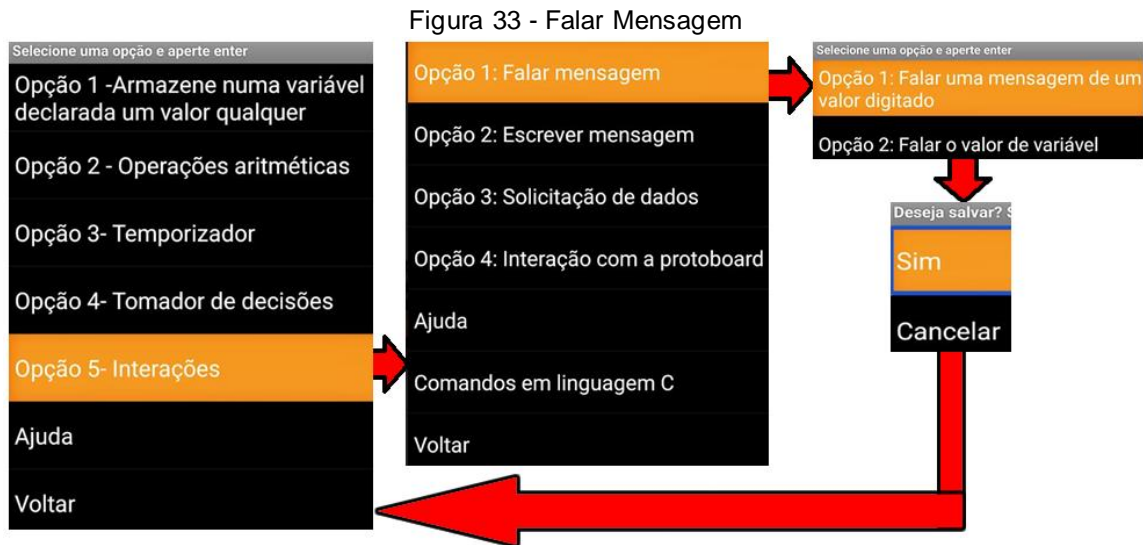
Em linguagem C o usuário deve utilizar o comando *If* e *else* para criar estruturas de controle e os comparados são (menor)<,(maior)>,(menor e igual)<=,(maior e igual)>=, (igual)== como exemplo:

```

If (numero>0)
{ //executa algo se for verdade que a variável “numero é maior que 0”
}else
//executa algo se for falsa a comparação.

```

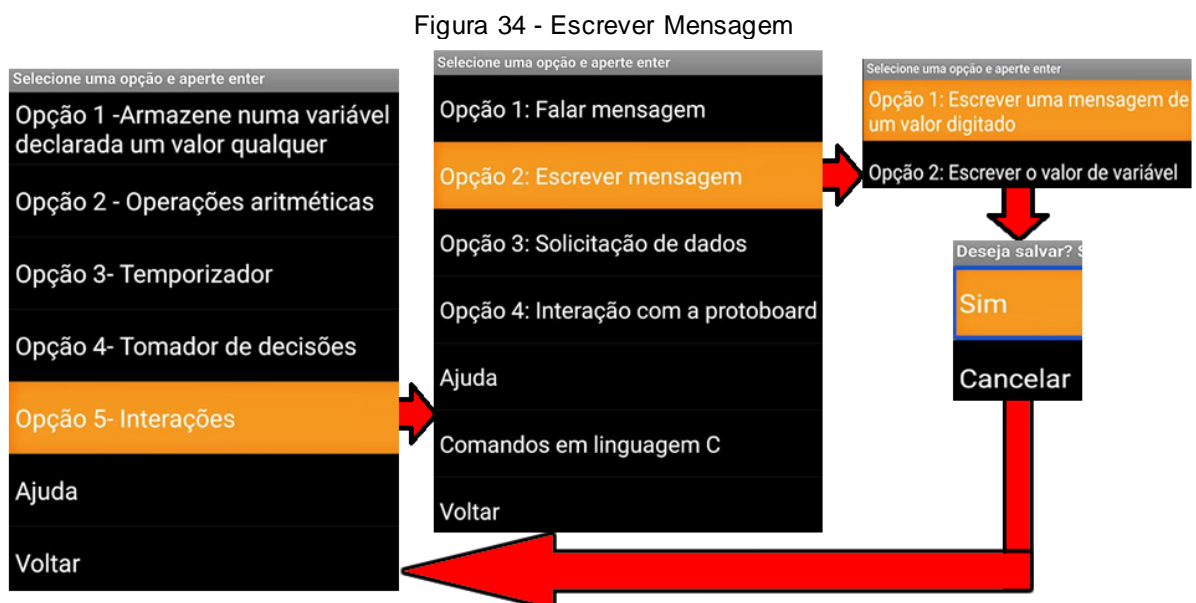
Na quinta opção, “Opção 5: Interações” (Figura 33), o usuário pode escolher entre 7 opções, que permitem interações durante a execução do programa. Iniciando pela “Opção 1: Falar Mensagem”, essa opção executa a fala de uma mensagem durante a execução do programa. Essa mensagem pode ser digitada ou obtida a partir do valor de uma variável. Após o usuário selecionar a opção desejada será questionado se deseja salvar. Após a seleção, o usuário retorna ao menu de linhas de programação.



Fonte: Autor deste projeto

Em linguagem C não existe um comando nativo para falar uma mensagem.

A “Opção 2: Escrever Mensagem” (Figura 34) exibe na tela valores solicitados. O usuário pode optar por exibir um valor digitado ou o valor de uma variável. Após selecionar essa opção, o usuário é questionado se deseja escrever uma mensagem ou exibir o valor de uma variável. Por fim, é solicitado se deseja salvar a linha de programação. Após a seleção, o usuário retorna ao menu de linhas de programação.

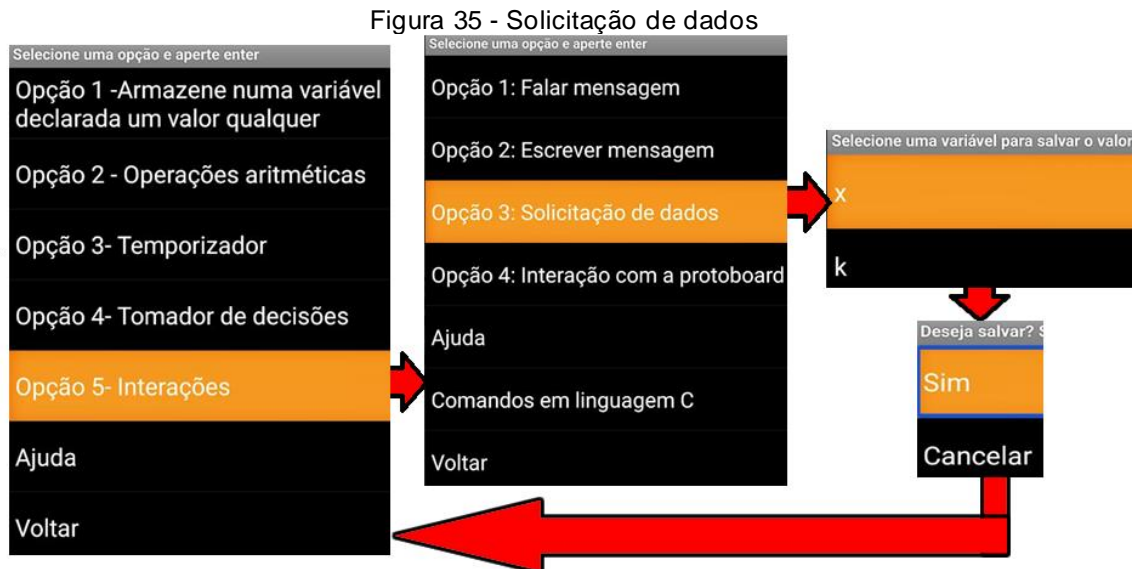


Fonte: Autor deste projeto

Para escrever uma mensagem durante a execução do programa em linguagem C o usuário deve utilizar o comando “printf” exemplo:

```
printf("Bom dia");
```

Na “Opção 3: Solicitação de Dados” (Figura 35), durante a execução do programa pode ser solicitado para receber algum valor digitado, esse valor será armazenado em uma variável. Para isso, após o usuário selecionar a opção, é solicitado que ele selecione qual variável irá armazenar o valor recebido. Após a seleção, o usuário é questionado se deseja salvar e, em seguida, é direcionado para a tela de linhas de programação.



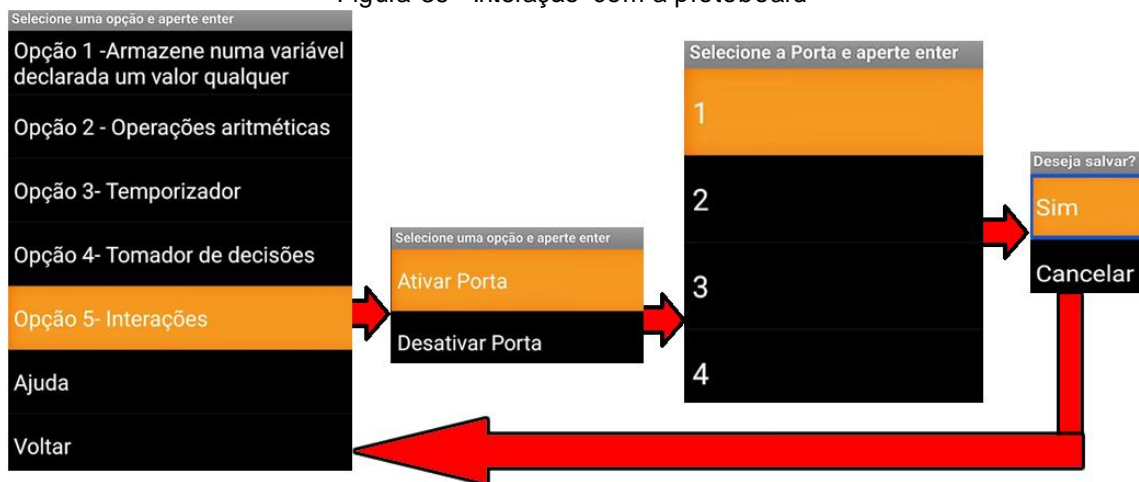
Fonte: Autor deste projeto

Na linguagem C o usuário deve utilizar o comando `scanf`, definir o tipo de dado (`int = %d`, `char = %c`, `float = %f...`) e inserir o caractere “&” seguido da variável que será utilizada para armazenar o valor recebido. Exemplo:

```
scanf("%d", &idade);
```

A “Opção 4: Interação com a Protoboard” (Figura 36) permite ativar ou desativar componentes eletrônicos conectados à protoboard de sensores. É possível ativar ou desativar até 4 componentes. Para isso, o usuário primeiramente é questionado se deseja ativar ou desativar alguma porta, e em seguida é solicitado que selecione qual das 4 portas será executada a ação. Após a seleção, o usuário é questionado se deseja salvar e então é retornado ao menu de linhas de comando.

Figura 36 - Interação com a protoboard

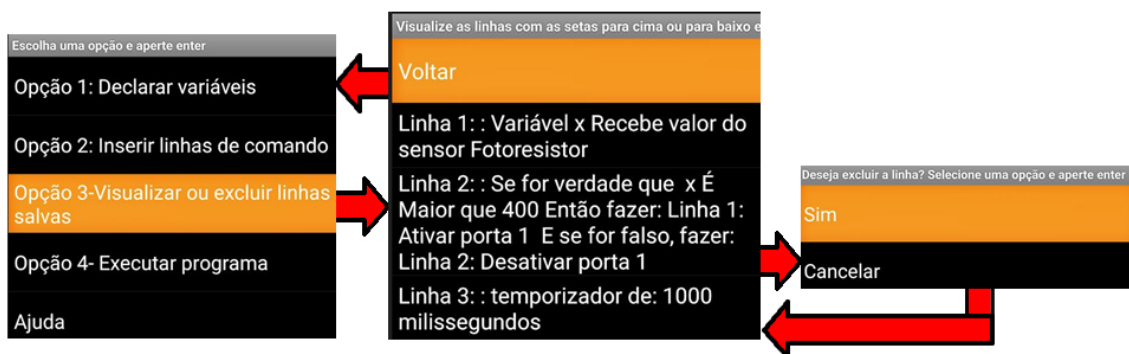


Fonte: Autor deste projeto

Em linguagem C adaptada para utilização de programação em plataformas como o Arduino é utilizado o comando: `digitalWrite(porta desejada, HIGH ou LOW (liga ou desliga));`.

Utilizando a opção “Voltar”, retornamos para o menu inicial. Agora vamos apresentar a “Opção 3: Visualizar ou Excluir Linhas Salvas” (Figura 37). Nessa opção, o usuário consegue visualizar (ouvir) todas as linhas de programação que foram salvas e pode deletar alguma linha caso necessário. Ao selecionar a opção, o usuário é informado que, após selecionar uma das linhas e apertar a tecla Enter, ele poderá excluir a linha selecionada. Se ele apertar Enter, será solicitada a confirmação de exclusão da linha. Após excluir, o usuário é retornado novamente para as linhas salvas, sem linha que foi excluída. Ao selecionar a opção “Voltar” e apertar Enter, o usuário retorna ao menu inicial.

Figura 37 - Visualizar ou excluir linhas salvas



Fonte: Autor deste projeto

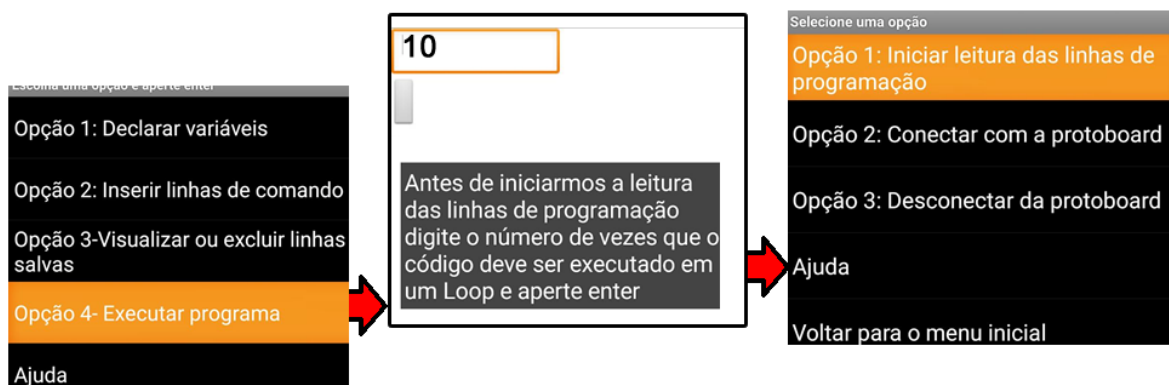
A última opção, “Opção 4: Executar o Programa” (Figura 38), permite executar todas as linhas de programação que foram salvas em sequência. Para isso, após o usuário selecionar a opção para executar o programa, ele será questionado

sobre quantas vezes deseja que o programa seja executado em um loop. Um loop é uma estrutura de controle que repete um bloco de código várias vezes, conforme determinado pelo usuário. O loop é fundamental para a execução de tarefas repetitivas de maneira eficiente e é utilizado na programação para automatizar ações que precisam ser repetidas várias vezes.

Após inserir o número de vezes, o usuário precisa pressionar a tecla Enter e será levado a um novo menu, onde poderá selecionar:

- “Opção 1: Iniciar Leitura das Linhas de Programação”, onde serão executadas as linhas de programação.
- “Opção 2: Conectar com a Protoboard”, nessa opção o usuário poderá conectar com a protoboard para efetuar o controle de sensores e componentes eletrônicos (será apresentado no próximo tópico).
- “Opção 3: Desconectar da Protoboard”, onde o usuário pode desconectar da protoboard.

Figura 38 - Executar programa

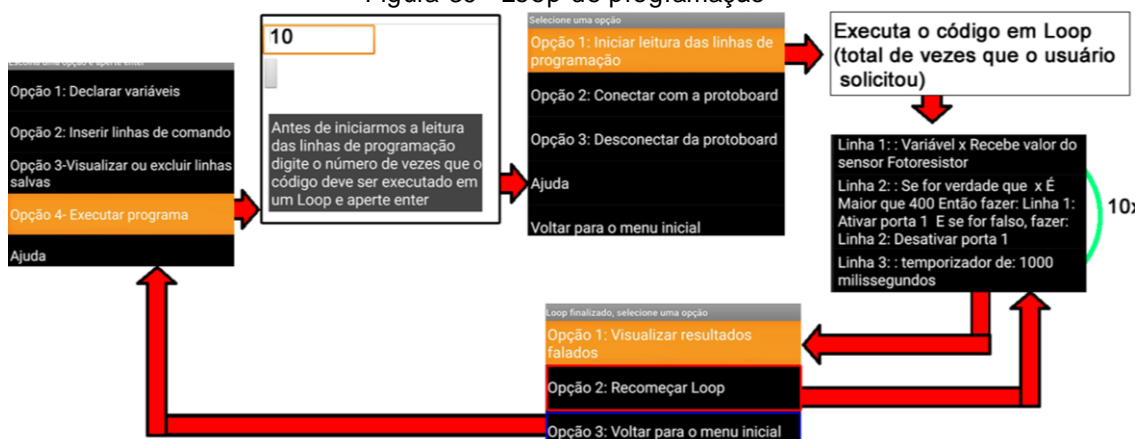


Fonte: Autor deste projeto

Após o usuário selecionar a “Opção 1: Iniciar Leitura das Linhas de Programação” (Figura 39), o código será executado em loop, ou seja, repetidamente conforme o número de vezes que o usuário solicitou. Ao finalizar a repetição do loop, o usuário é avisado que o loop foi finalizado e um novo menu é aberto com 3 opções:

- “Opção 1: Visualizar Resultados Falados” — É possível visualizar valores quando o usuário solicita para serem exibidos ou falados, conforme inseridos na linha de comando “falar mensagem” ou “escrever mensagem”.
- “Opção 2: Recomeçar Loop” — Irá fazer o código ser executado novamente e repetir o mesmo processo.
- “Opção 3: Voltar para o Menu Inicial” — Irá retornar para o menu inicial.

Figura 39 - Loop de programação

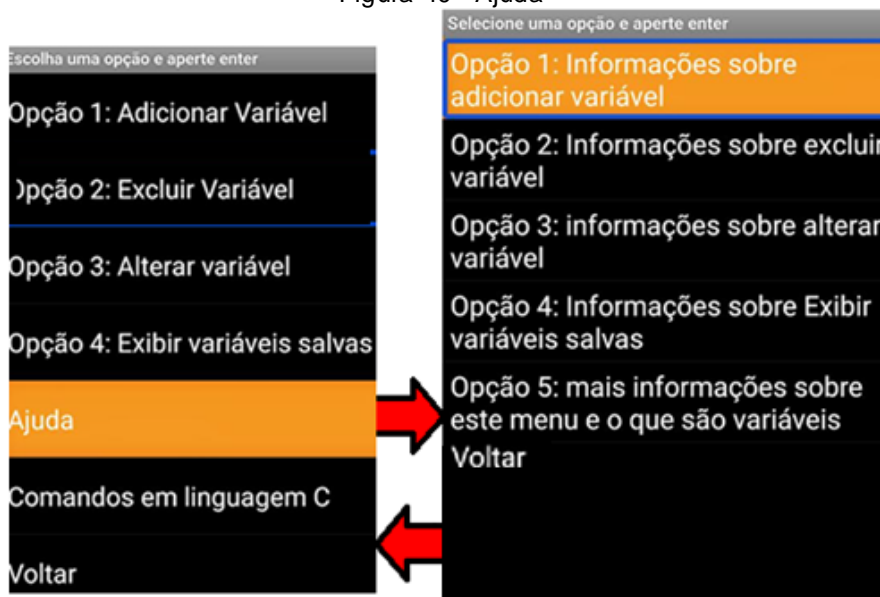


Fonte: Autor deste projeto

É importante destacar que em todas as linhas de comando existem mais duas opções que não foram citadas acima, que são: “Ajuda” e “Comandos em Linguagem C”.

- A opção “Ajuda” (Figura 40) abre um menu selecionável com várias informações e dicas sobre como utilizar cada uma das funções e menus apresentados.
- A opção “Comandos em Linguagem C” informa ao usuário como seria o código se estivesse sendo programado na linguagem C. O objetivo é fornecer informações para que a pessoa consiga aprender também o funcionamento de uma linguagem de programação muito utilizada (assim como foram apresentados acima os códigos exemplificando como seriam na linguagem em C).

Figura 40 - Ajuda



Fonte: Autor deste projeto

4.3.2 Protoboard para Sensores e Componentes Eletrônicos

O desenvolvimento da protoboard para sensores neste trabalho permite que pessoas com deficiência visual elaborem seus próprios projetos, impulsionando sua criatividade, utilizando sensores e componentes eletrônicos. Assim como na primeira protoboard e no multímetro, a protoboard para sensores e componentes eletrônicos também foi criada em 3D, permitindo a conexão de componentes com conectores adaptados para que uma pessoa com deficiência visual consiga utilizá-la de forma tátil.

Para a elaboração desta protoboard, foram necessários vários passos para chegarmos a um resultado satisfatório. O processo iniciou com a seleção e teste de sensores e componentes eletrônicos, seguido pelo desenvolvimento de uma programação que possibilita o controle desses componentes via aplicativo. Por fim, a caixa da protoboard foi projetada em 3D no Fusion 360 e impressa em uma impressora 3D, garantindo acessibilidade tátil para os usuários.

Vamos iniciar apresentando os principais componentes utilizados, com informações de suas especificações, como foram empregados e os testes realizados para garantir o funcionamento correto da protoboard. Em seguida, apresentaremos a junção dos materiais e a elaboração final da protoboard para sensores e componentes eletrônicos.

4.3.2.1 Materiais Utilizados

Para o desenvolvimento da protoboard de sensores e componentes eletrônicos, foram selecionados alguns dispositivos para permitir a conexão entre o aplicativo de celular e a protoboard, incluindo componentes eletrônicos e sensores para seu funcionamento. Esses dispositivos são apresentados abaixo com suas especificações.

BLE Nano

Para realizar a conexão do aplicativo com a protoboard no controle dos componentes eletrônicos, foi necessário utilizar a plataforma BLE Nano (Figura 41), que utiliza o microcontrolador ATMEGA328P-MU, o mesmo utilizado no Arduino Nano, mas com o módulo Bluetooth 4.0 integrado. Essa placa pode ser programada utilizando a IDE do Arduino, conectada a um micro USB.

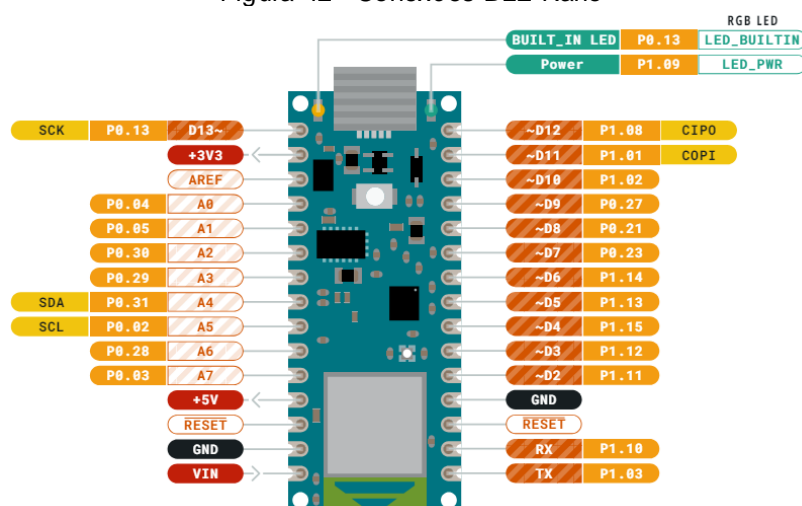
Figura 41 - BLE Nano



Fonte: Autor deste projeto

Ela possui 14 portas digitais e 8 portas analógicas, além do módulo Bluetooth, permitindo a conexão com outros dispositivos. Para sua alimentação, utilizamos uma fonte de 5V conectada a um cabo micro USB. Na Figura 42 é possível visualizar todas as conexões do dispositivo.

Figura 42 - Conexões BLE Nano



Fonte: <https://content.arduino.cc/assets/Pinout-NANOBle_latest.pdf> Acesso em: 17 out. 2023

Para realizar a comunicação do aplicativo Progvox com o BLE Nano, primeiramente foi necessário identificar o endereço Bluetooth do BLE Nano. Para isso, ligamos o módulo e utilizamos um celular para buscar dispositivos Bluetooth, encontrando o endereço: 50:65:83:77:F6. Esse endereço foi salvo para que a conexão seja feita sempre que solicitada pelo usuário no aplicativo Progvox.

A plataforma BLE Nano permite conectar e controlar componentes eletrônicos através de suas portas digitais e analógicas. Desenvolvemos uma programação específica para ativar e desativar as portas de maneira a ser controlada via Bluetooth pelo aplicativo Progvox, permitindo o acionamento das portas digitais e o controle dos sensores.

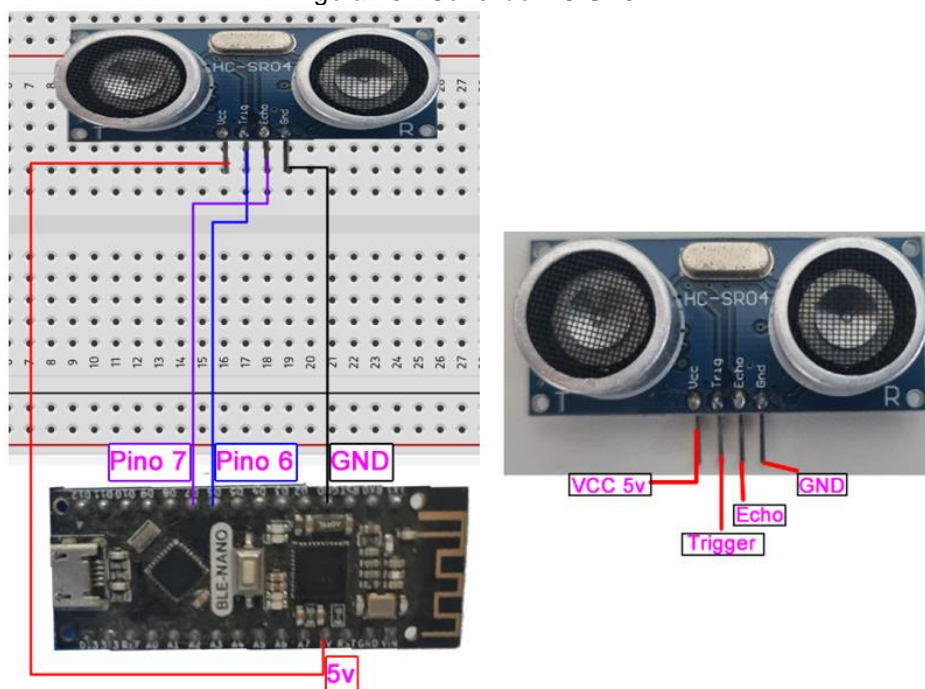
Sensores utilizados

Para esse projeto foram utilizados 3 sensores, o sensor ultrassônico, sensor de umidade de solo, e um Resistor Dependente de Luz (LDR) que serão apresentados abaixo.

Sensor Ultrassônico HC-SR04

O sensor ultrassônico HC-SR04 é utilizado para medir distâncias de forma precisa. Sua operação baseia-se na emissão e recepção de ondas ultrassônicas. Quando ativado, o sensor emite um pulso de som ultrassônico que, ao refletir em um objeto, retorna para o receptor do sensor. A distância é calculada com base no tempo que o pulso sonoro leva para sair e retornar ao sensor. Neste projeto, o sensor foi conectado ao BLE Nano, utilizando a porta de alimentação de 5V e as portas digitais 6 (para o pino Trigger) e 7 (para o pino Echo) conforme Figura 43.

Figura 43 - Conexão HC-SR04



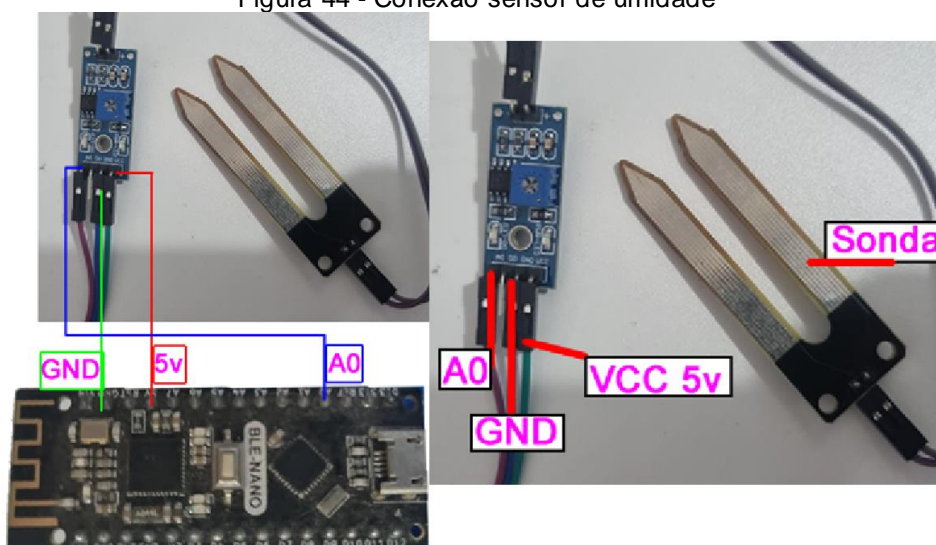
Fonte: Autor deste projeto

Durante os testes foram realizadas medições utilizando uma trena para verificar a precisão do sensor. O dispositivo conseguiu efetuar medições de 3 cm até 4 metros, com uma precisão aproximada de 3 mm. Observou-se que alguns resultados apresentavam certa distorção, portanto, para evitar esses valores, para cada resultado final são coletadas 10 amostras para calcular uma média dos valores. Os valores obtidos são repassados em centímetros.

Sensor de umidade do solo

O sensor de umidade de solo permite medir o nível de umidade do solo. Ele possui uma sonda que deve ser inserida no solo e um módulo LM393, que processa o sinal da resistência elétrica medida pela sonda (variável conforme a umidade do solo). Os dados são então recebidos na porta analógica do controlador. Neste projeto, o módulo foi alimentado com 5V do BLE Nano, e o pino A0 foi conectado à porta analógica A0 (Figura 44).

Figura 44 - Conexão sensor de umidade



Fonte: Autor deste projeto

Os testes realizados com o sensor de umidade de solo apresentaram os seguintes dados de medição em diferentes tipos de solo:

Tabela 3 - Umidade X dados do Sensor

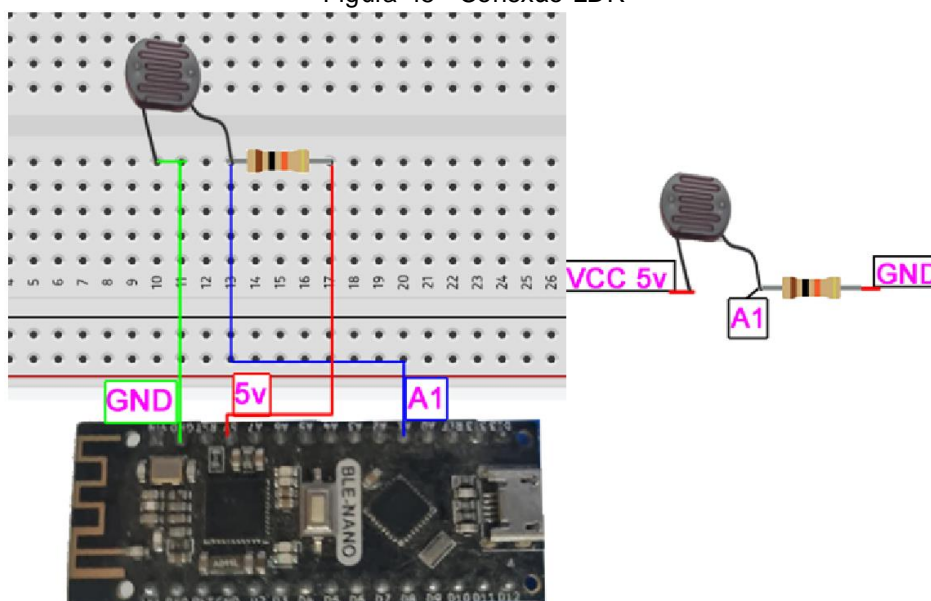
Intensidade da umidade do solo	Dados recebidos do sensor
Solo úmido	Até 300
Solo como pouca umidade	Entre 300 até 700
Solo seco	Acima de 700

Fonte: Autor deste projeto

Sensor LDR

O LDR permite a medição de luz. Ele é composto por uma resistência que varia de acordo com a intensidade luminosa. Sua conexão é feita por meio de um circuito divisor de tensão, que converte a variação de resistência do LDR em uma variação de tensão lida na porta analógica do BLE Nano. Em nossa montagem, um dos terminais do LDR é conectado ao terra do BLE Nano, o outro terminal é conectado a um resistor de 10kΩ em paralelo à porta analógica A1, enquanto o outro terminal do resistor é conectado aos 5V do BLE Nano (Figura 45).

Figura 45 - Conexão LDR



Fonte: Autor deste projeto

Durante os testes de medição utilizando o LDR foi possível verificar as condições de medição de luz do sensor conforme:

Tabela 4 - iluminação X dados do Sensor

Intensidade da luz no ambiente	Dados recebidos do sensor
Luz acesa	Até 350
Com luz baixa	Entre 350 até 750
Pouca luz ou sem luz	Acima de 800

Fonte: Autor deste projeto

Outros componentes

Além dos sensores, foram programadas 4 portas digitais do BLE Nano (2, 3, 4 e 5) para serem ativadas e desativadas pelo usuário utilizando o Progvox. As portas digitais possuem uma tensão de 5V e uma corrente máxima de 20mA. Essas portas podem ser utilizadas para o acionamento de diferentes componentes, como LEDs, transistores, relés, *buzzers*, entre outros.

O conjunto desses materiais permite o desenvolvimento de diferentes tipos de projetos, como, por exemplo, uma régua digital, um alerta de proximidade, um sistema de segurança, um sistema para aviso da necessidade de regar plantas, verificação da iluminação do ambiente, entre outros.

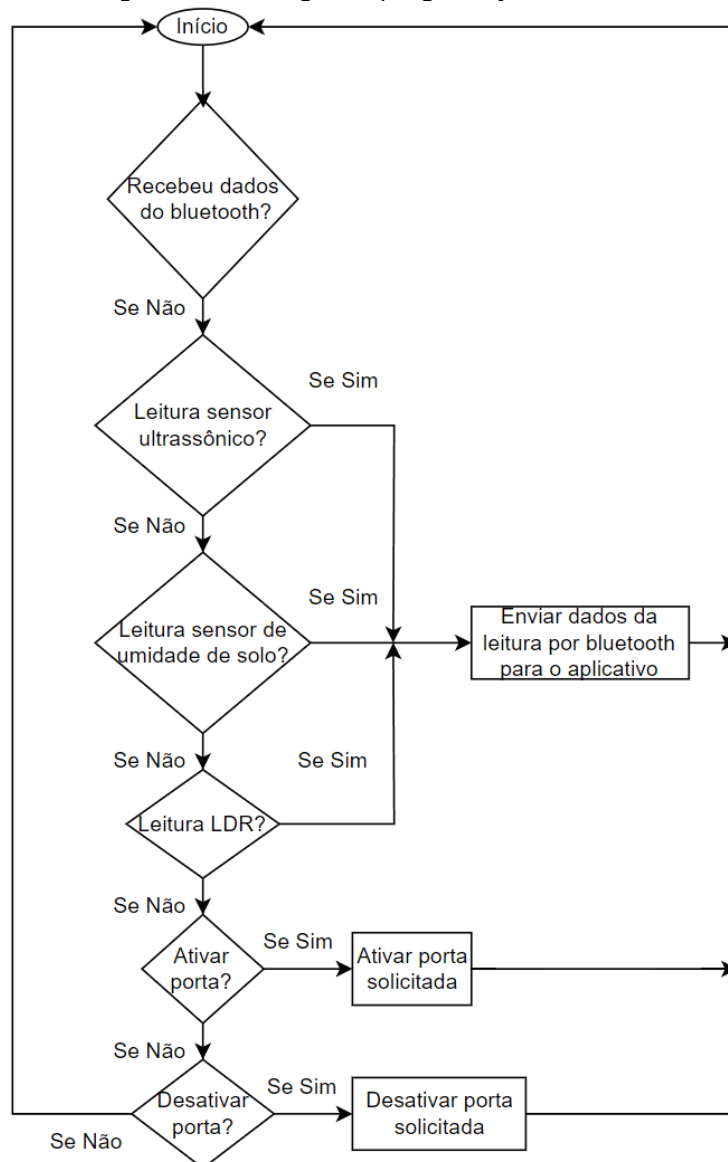
4.3.2.2 Junção do material

Para efetuar toda junção do material, foi desenvolvida uma programação que permite o controle dos dispositivos apresentados acima por meio do aplicativo

Progvox. O BLE Nano foi programado para se conectar ao aplicativo quando solicitado pelo usuário. Após a conexão, é constantemente verificado o recebimento de dados do aplicativo para o BLE Nano. Caso haja o envio de dados, é feito um teste para identificar a solicitação do usuário: se ele deseja receber os dados de algum dos sensores (ultrassônico, umidade ou LDR) ou se deseja ativar ou desativar alguma das portas digitais.

O funcionamento ocorre em um loop: após a realização de uma solicitação do aplicativo, o sistema volta a aguardar uma nova solicitação. Na Figura 46, é apresentado o fluxograma do seu funcionamento.

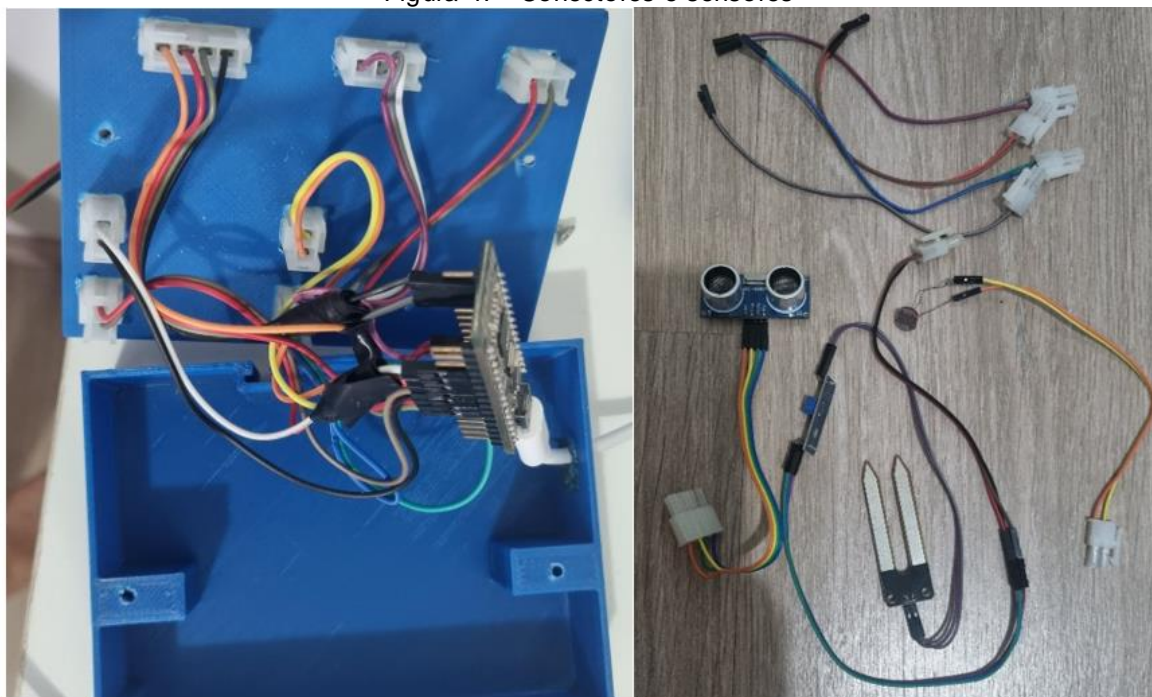
Figura 46 - Fluxograma programação sensores



Fonte: Autor deste projeto

Com a programação finalizada, foi necessário criar a protoboard em 3D para que os usuários com deficiência visual pudessem utilizá-la de forma tátil. Para isso, foram utilizados plugues para conectar os sensores e os componentes eletrônicos ao BLE Nano, conforme mostrado na Figura 47.

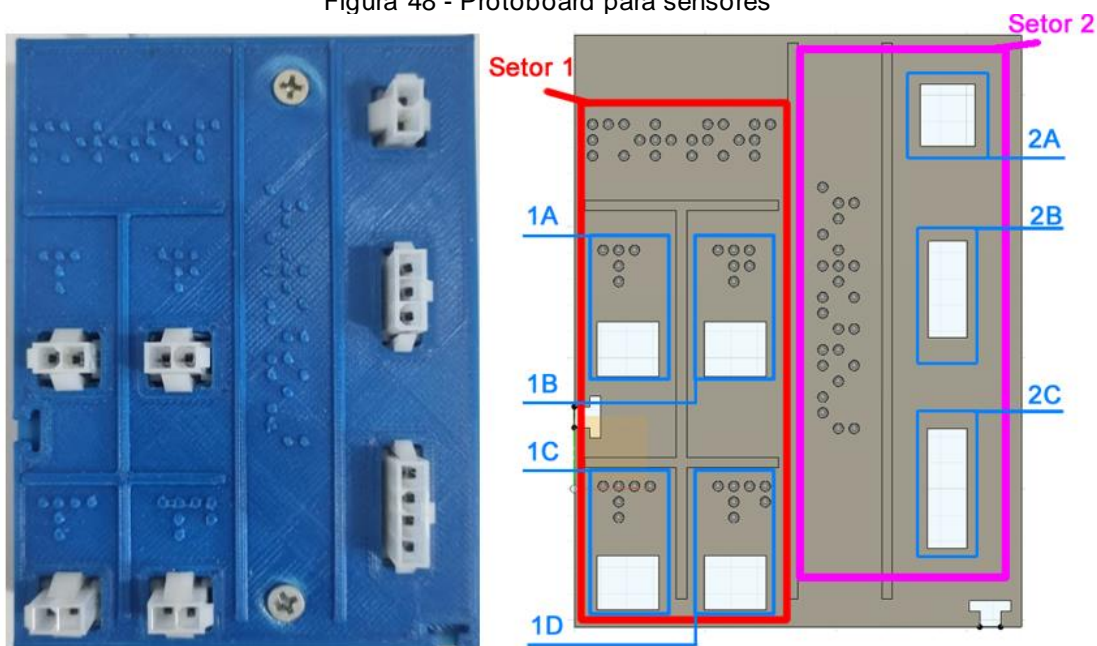
Figura 47 - Conectores e sensores



Fonte: Autor deste projeto

Na Figura 48 é possível visualizar a protoboard impressa, em 3D e seus setores traduzidos do braille.

Figura 48 - Protoboard para sensores



Fonte: Autor deste projeto

Setor 1: Local para conexão das portas digitais do BLE Nano. (Tradução Braille: portas).

1A: Porta 1 (Tradução Braille: 1).

1B: Porta 2 (Tradução Braille: 2).

1C: Porta 3 (Tradução Braille: 3).

1D: Porta 4 (Tradução Braille: 4).

Setor 2: Local para conexão dos sensores no BLE Nano. (Tradução Braille: sensores).

2A: Sensor LDR.

2B: Sensor de umidade.

2C: Sensor ultrassônico.

Com todos os dispositivos finalizados, os usuários com deficiência visual agora podem ter a capacidade de participar de aulas de laboratório, como exemplo aulas de circuitos elétricos, eletrônica, robótica e programação. Além disso, eles podem utilizar esses dispositivos para o desenvolvimento e criação de seus próprios projetos, promovendo uma experiência de aprendizado inclusiva em atividades *makers*. O conjunto de ferramentas desenvolvido neste trabalho não só facilita o entendimento prático de conceitos técnicos, mas também abre um mundo de possibilidades para a inovação e a criatividade no campo da programação e da engenharia. Desta forma, estamos um passo mais próximos de garantir que todos os alunos, independentemente de suas limitações visuais, tenham acesso igualitário à educação e às oportunidades tecnológicas.

4.4 Custo para o desenvolvimento dos dispositivos desenvolvidos

Uma das preocupações deste trabalho foi desenvolver dispositivos que fossem acessíveis financeiramente e que tivessem uma boa precisão na execução das tarefas propostas. Dessa forma, buscamos utilizar componentes de baixo custo, mas que não comprometessem a qualidade dos resultados obtidos.

A importância de utilizar equipamentos de baixo custo e com boa precisão é que eles permitem que os usuários com deficiência visual possam adquirir e utilizar os dispositivos sem grandes dificuldades financeiras ou técnicas, e que possam obter resultados confiáveis e consistentes em suas atividades de laboratório e de projeto.

Apresentamos na Tabela 5 os valores dos componentes e o valor total para o desenvolvimento desse projeto.

Tabela 5 - Produto x Valor

Produto	Valor
Filamento ABS 1kg 3D	R\$80,00
INA219	R\$30,00
ACS712	R\$24,00
ZMPT101B	R\$22,00
MP3-TF-16P	R\$34,00
Mricosd 8gb	R\$30,00
Atmega328p	R\$40,00
Placa de Fenolite 10x15	R\$15,00
Adaptador USB	R\$15,00
Ble nano	R\$105,00
HC-sr04	R\$20,00
Sensor de umidade	R\$34,00
LDR	R\$5,00
Jumpers (60 unidades)	R\$25,00
Outros componentes	R\$20,00
Total	R\$499,00

Fonte: Autor deste projeto

O valor de todos os componentes utilizados é baseado no período atual deste trabalho, valores podem sofrer alterações com inflação e volatilidade do dólar.

No próximo capítulo apresentamos alguns resultados utilizando todos os dispositivos aqui desenvolvidos para demonstrar seu potencial de funcionamento e usabilidade.

5 RESULTADOS

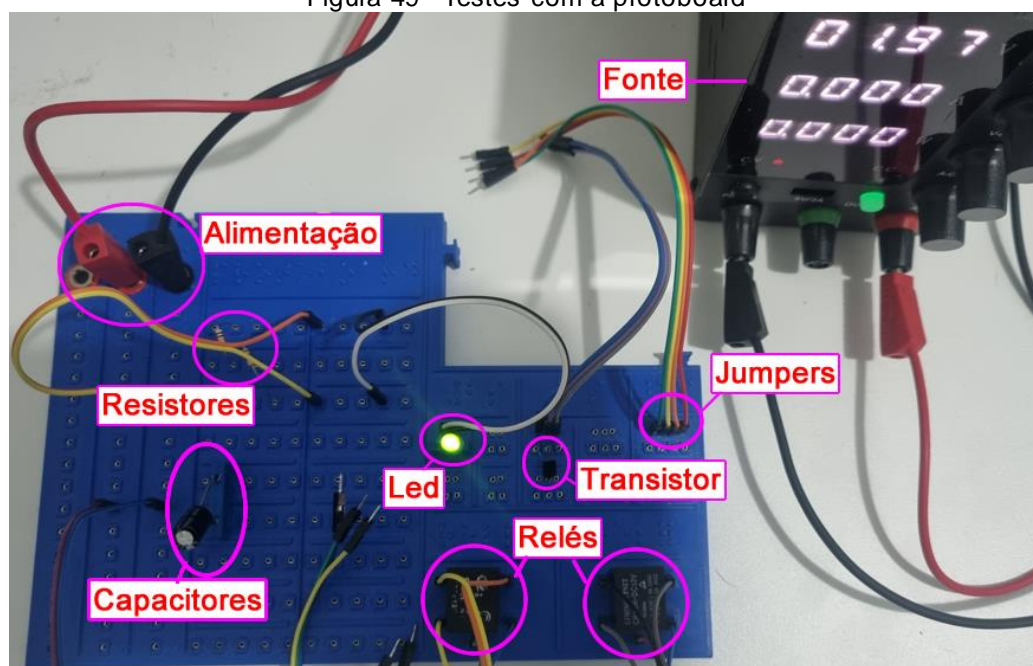
Neste capítulo, apresentaremos todos os dispositivos sendo utilizados, com alguns exemplos de execução que permitem a aplicação de testes preliminares. Iniciaremos com testes na protoboard, seguidos pelo multímetro falante, e finalizaremos com o aplicativo Progvox e a protoboard para sensores. Assim como na criação dos materiais, os testes dos equipamentos contaram com a presença do orientador deste projeto, que, como mencionado anteriormente, é uma pessoa cega.

Vale ressaltar que os resultados deste estudo também foram documentados em vídeos para melhor ilustrar as funcionalidades e testes dos dispositivos desenvolvidos, uma vez que os dados resultantes são apresentados em formato de áudio (Apêndice 1).

Protoboard

Com a protoboard (Figura 49), foram realizados testes de inserção e manuseio de diferentes tipos de componentes, como resistores, capacitores, transistores, relés, LEDs, entre outros. Os componentes foram inseridos nas diferentes camadas da protoboard, permitindo que o usuário identificasse a linha e a coluna de inserção, mesmo sem enxergar, de forma tátil. Para efetuar as conexões entre os componentes, foram utilizados jumpers, possibilitando diversas configurações de circuito.

Figura 49 - Testes com a protoboard



Fonte: Autor deste projeto

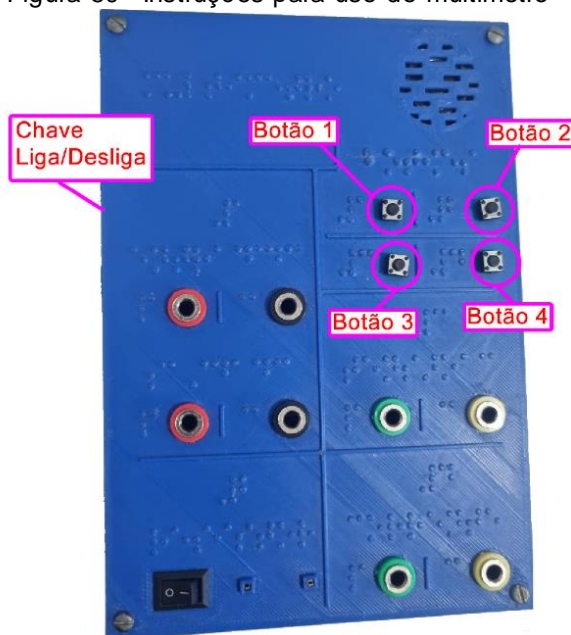
Multímetro falante

Foram realizados testes de medição com o multímetro para verificar tensão e corrente (contínua DC e alternada AC), e valores de resistores. Para ligar o multímetro, foi utilizada uma fonte de 12V e 1,5A. Também pode ser usada uma bateria de 9V, permitindo que o multímetro funcione sem a necessidade de uma fonte de alimentação conectada à tomada.

É importante destacar que pelo fato do multímetro desenvolvido apresentar os resultados de medição em áudio, foi necessário efetuar a gravação dos testes para demonstrar seu funcionamento em paralelo com o multímetro Minipa ET-2042E, os vídeos foram feitos para todos os tipos de medição que serão apresentados a seguir, iniciando com o vídeo “a) Apresentação do multímetro” (Apêndice 1).

Para utilizar o dispositivo, o usuário deve primeiramente apertar a chave para ligá-lo. Após ligar, o multímetro emite um aviso ao usuário, informando que ele deve utilizar o botão 1 para selecionar o tipo de medição desejada (são quatro opções de medição para escolher). Conforme o usuário pressiona o botão 1, o multímetro anuncia o próximo tipo de medição, aguardando a confirmação do usuário sobre qual medição ele deseja realizar. Após escolher, o usuário deve confirmar utilizando o botão 2, momento em que a medição solicitada será iniciada. O usuário pode utilizar o botão 3 para reiniciar o dispositivo e escolher outro tipo de medição, além de utilizar o botão 4 para ajustar o volume do multímetro (Figura 50).

Figura 50 - Instruções para uso do multímetro



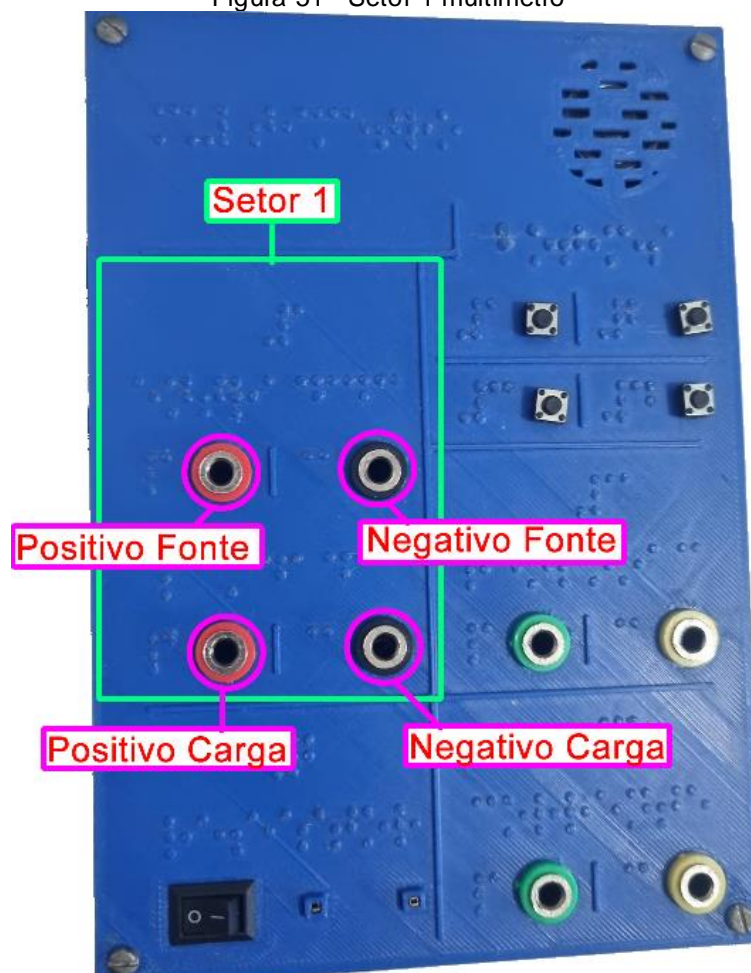
Fonte: Autor deste projeto

Medição de tensão e corrente DC

Ao pressionar o botão 1, a primeira opção será selecionada para medição de tensão e corrente contínua, com o aviso do multímetro: “Selecionado, medir tensão e corrente contínua DC. Até 32 volts e 3,2 Amperes. Aperte o botão dois para confirmar ou aperte o botão um novamente para outras opções”.

Nessa opção, o usuário deve utilizar o setor 1 para efetuar a medição de tensão e corrente. O procedimento é o seguinte: conectar um pino banana no primeiro terminal e conectá-lo ao positivo da fonte de alimentação; no segundo terminal, conectar outro pino banana ao terminal negativo da fonte; no terceiro terminal, conectar um pino banana ao polo positivo da carga; e no quarto terminal, conectar um pino banana ao polo negativo da carga, conforme ilustrado na Figura 51.

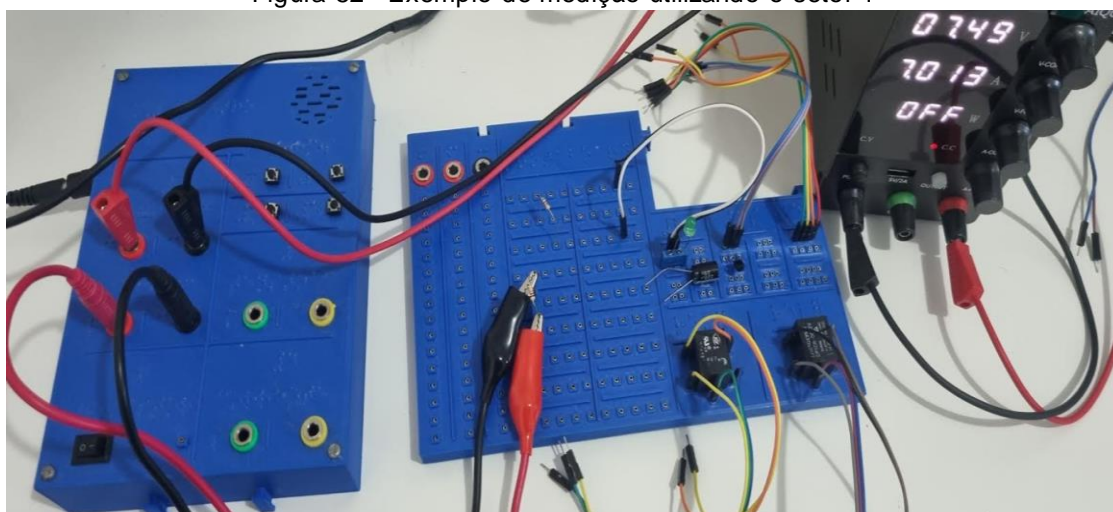
Figura 51 - Setor 1 multímetro



Fonte: Autor deste projeto

O usuário pode efetuar as medições utilizando um pino banana/jacaré para conectar nos terminais da carga, facilitando o manuseio, conforme Figura 52.

Figura 52 - Exemplo de medição utilizando o setor 1



Fonte: Autor deste projeto

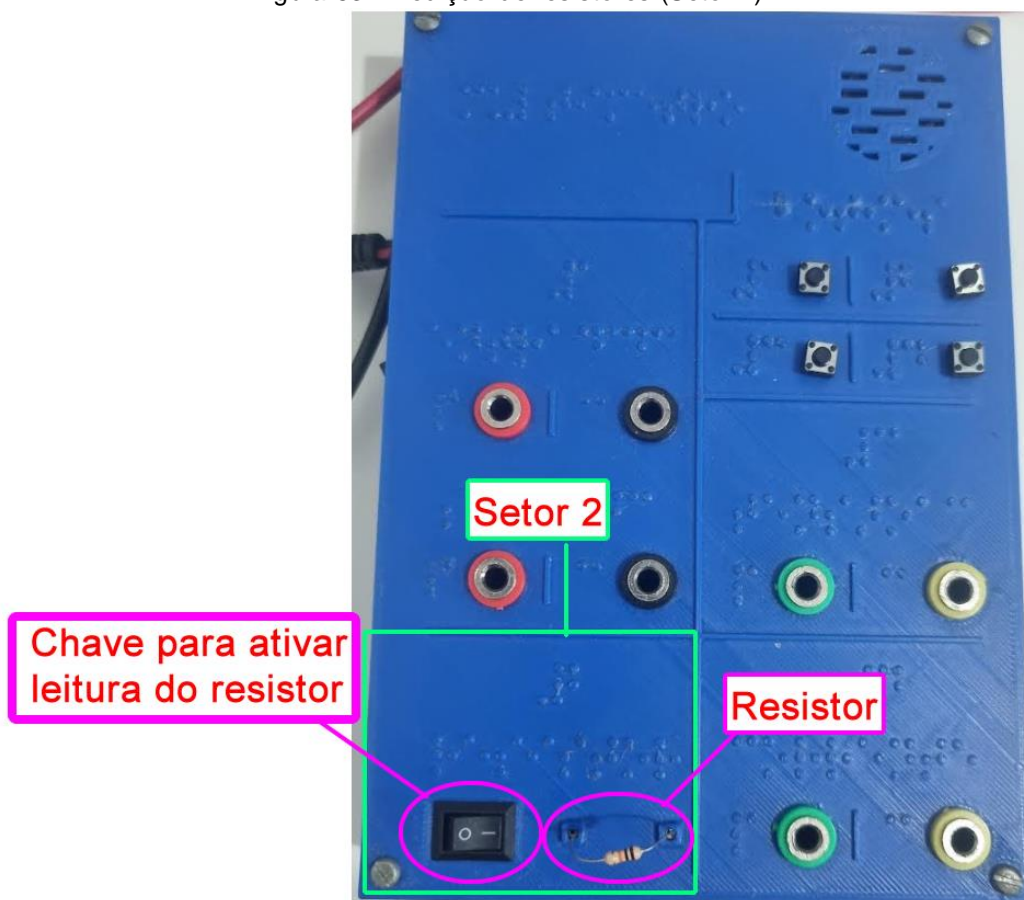
Para os exemplos de medição de tensão e corrente, foram utilizados diferentes valores de tensão e resistores, obtendo resultados equivalentes aos do multímetro Minipa ET-2042E. Esses resultados podem ser observados no vídeo Apêndice 1 em: "b) Medição de Tensão e Corrente DC" e na Tabela 6 e 7.

Medição do valor de resistores

Para a segunda opção de medição, o usuário pode medir o valor de resistores. Após selecionar esta opção, o multímetro anuncia: "Selecionado medir valor do resistor, mova a chave para medição de resistores para a direita e desconecte qualquer fonte de alimentação do multímetro, aperte o botão dois para confirmar ou aperte o botão um novamente para outras opções".

Após o usuário confirmar a opção, ele deve inserir o resistor no setor 2 do multímetro, pressionar a chave para a direita e inicializar a medição do resistor, conforme ilustrado na Figura 53.

Figura 53 - Medição de resistores (Setor 2)



Fonte: Autor deste projeto

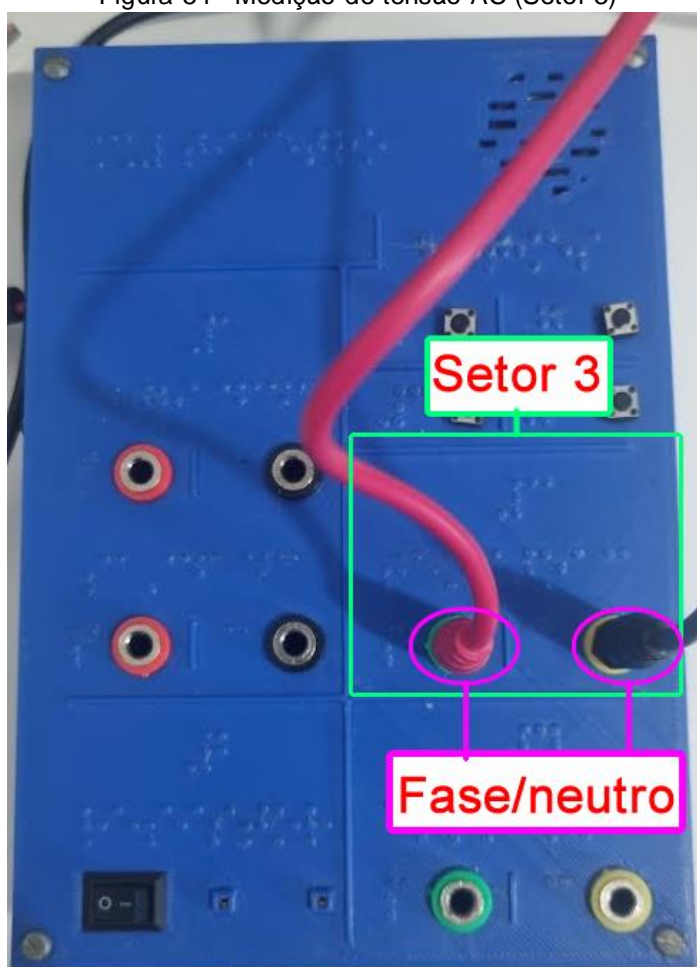
Para exemplo de resultados foram utilizados diferentes valores de resistores, obtendo valores similares ao multímetro minipa ET-2042E (Apêndice 1 vídeo: “c) Medição de resistores” e na Tabela 8).

Medição tensão AC

A terceira opção de medição é para medir a tensão AC. O usuário irá escutar: “Selecionado medir tensão alternada AC. Aperte o botão dois para confirmar ou aperte o botão um novamente para outras opções”.

Após seleccionar, o usuário deve utilizar duas pontas de prova conectadas nos bornes do setor 3 e conectar na rede elétrica AC, conforme ilustrado na Figura 54.

Figura 54 - Medição de tensão AC (Setor 3)

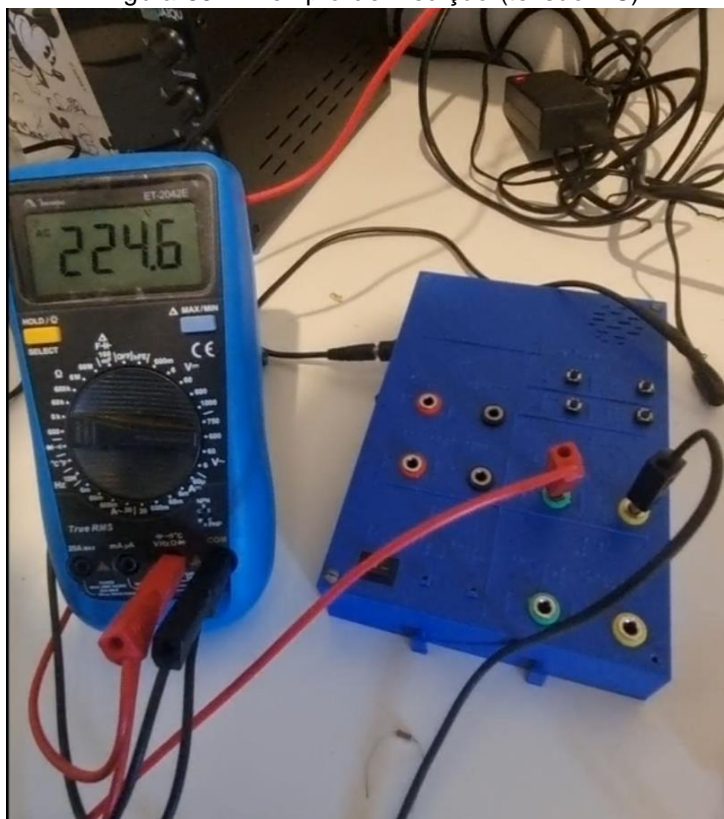


Fonte: Autor deste projeto

Por utilizar rede AC o usuário deve tomar alguns cuidados para efetuar as medições, deixamos aqui uma sugestão: para efetuar a medição o usuário pode utilizar dois cabos banana/banana, conectá-los ao multímetro, em seguida antes de conectar o outro lado dos terminais na rede, o usuário pode desativar o disjuntor da rede (a utilização de disjuntores em bancadas de laboratório é comum para evitar acidentes), então, inserir os dois terminais na rede e ligar novamente o disjuntor para receber os valores de medição.

Para exemplos de resultados (Figura 55) foram feitas medições na rede de 127v e 220v em paralelo com o multímetro minipa ET-2042E (Apêndice 1, vídeo: “d) Medição de tensão AC” e Tabela 9).

Figura 55 - Exemplo de medição (tensão AC)



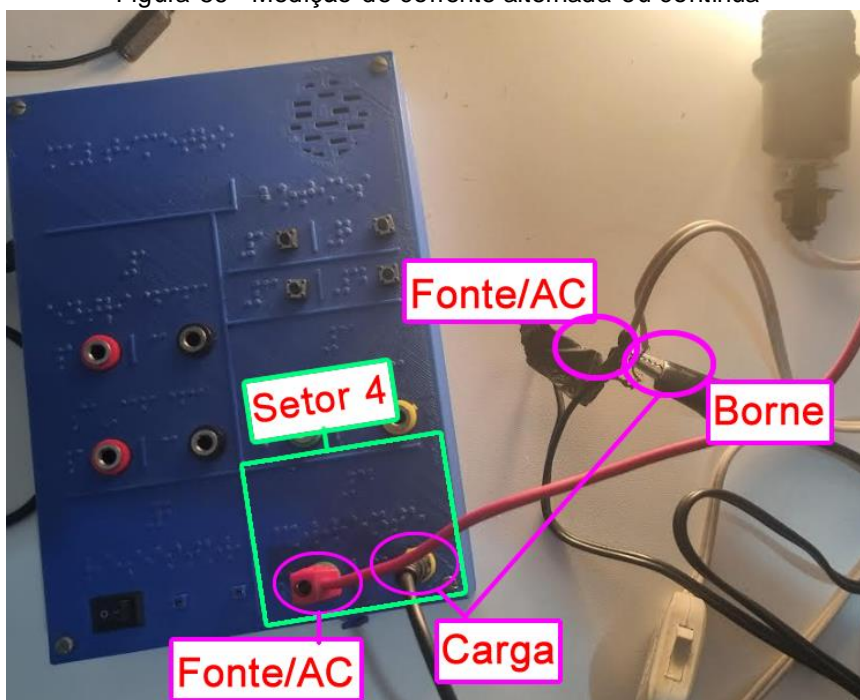
Fonte: Autor deste projeto

Medição de corrente DC/AC

A última opção de medição é para medir corrente contínua (DC) e corrente alternada (AC) de até 30 amperes. O multímetro irá anunciar: “Selecionado medir corrente alternada AC e DC. até 30 amperes. Aperte o botão dois para confirmar ou aperte o botão um novamente para outras opções”.

Para utilizar essa função, o usuário deve utilizar o setor 4 (Figura 56), conectando os bornes em série com a carga cuja corrente deseja medir. Por exemplo, conectando o polo positivo de uma fonte no primeiro borne do multímetro, e saindo do segundo borne para um dos polos da carga, enquanto o negativo da fonte é conectado ao outro terminal da carga, permitindo que a corrente seja medida.

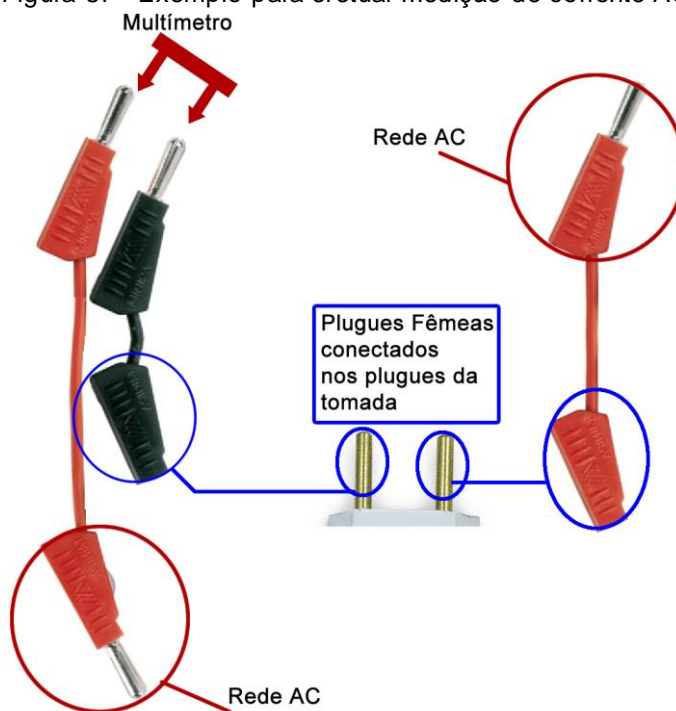
Figura 56 - Medição de corrente alternada ou contínua



Fonte: Autor deste projeto

É importante destacar que, para a medição de corrente AC, o usuário precisa tomar cuidados para evitar acidentes. Sugerimos a seguinte abordagem: utilizar um cabo banana/banana, onde um dos terminais é conectado ao multímetro e o outro à rede AC; um cabo banana/fêmea, com o terminal banana conectado ao multímetro e o terminal fêmea conectado ao plugue da tomada; e um cabo banana/fêmea, com o terminal fêmea conectado ao plugue da tomada e o terminal banana conectado à rede AC, conforme ilustrado na Figura 57. É essencial conectar os terminais na rede AC somente depois de efetuar as conexões no multímetro e no plugue da tomada. Após realizar as medições, desconectar primeiramente os plugues da rede AC.

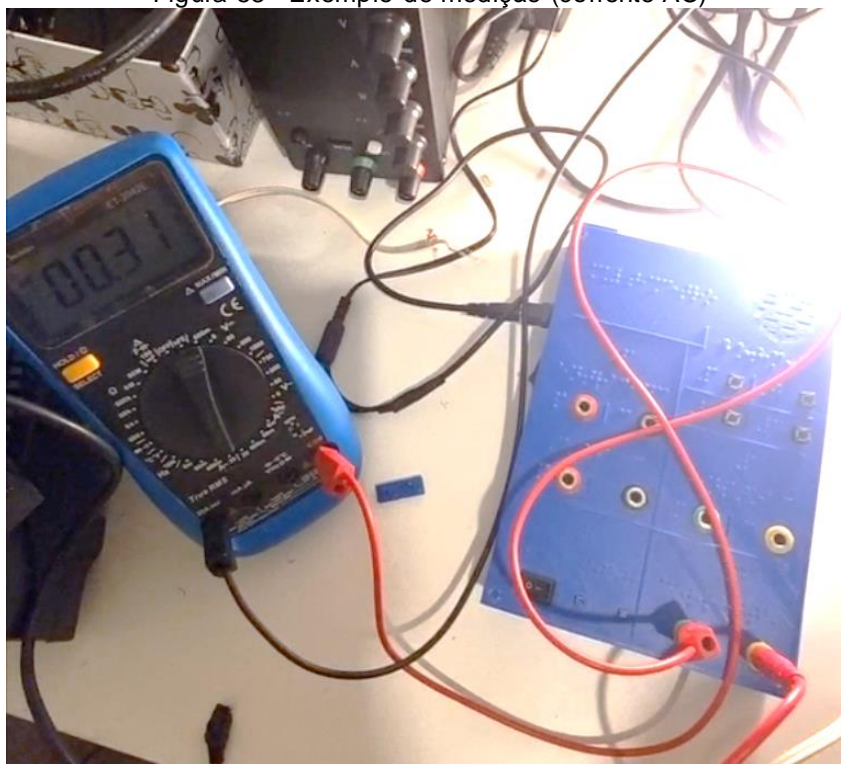
Figura 57 - Exemplo para efetuar medição de corrente AC



Fonte: Autor deste projeto

Para exemplo foram feitas medições de corrente alternada (Figura 58) em diferentes cargas em série com o multímetro minipa ET-2042E, o vídeo pode ser visualizado no Apêndice 1, vídeo: “d) medição de corrente alternada” e na Tabela 10.

Figura 58 - Exemplo de medição (corrente AC)



Fonte: Autor deste projeto

Aplicativo e Protoboard para sensores e componentes eletrônicos

Para utilizar o aplicativo, o usuário deverá ter um celular Android com o Talkback e o Bluetooth ativados. Além disso, será necessário um conversor micro USB ou USB-C (dependendo do modelo do celular) para conectar um teclado USB. Os passos para baixar e instalar o aplicativo estão disponíveis no Apêndice 2.

Aqui apresentamos três exemplos de utilização do aplicativo com a protoboard na criação de projetos *makers* e assim como no multímetro foi necessário gravar vídeos dos resultados pelo fato de obter resultados em áudio.

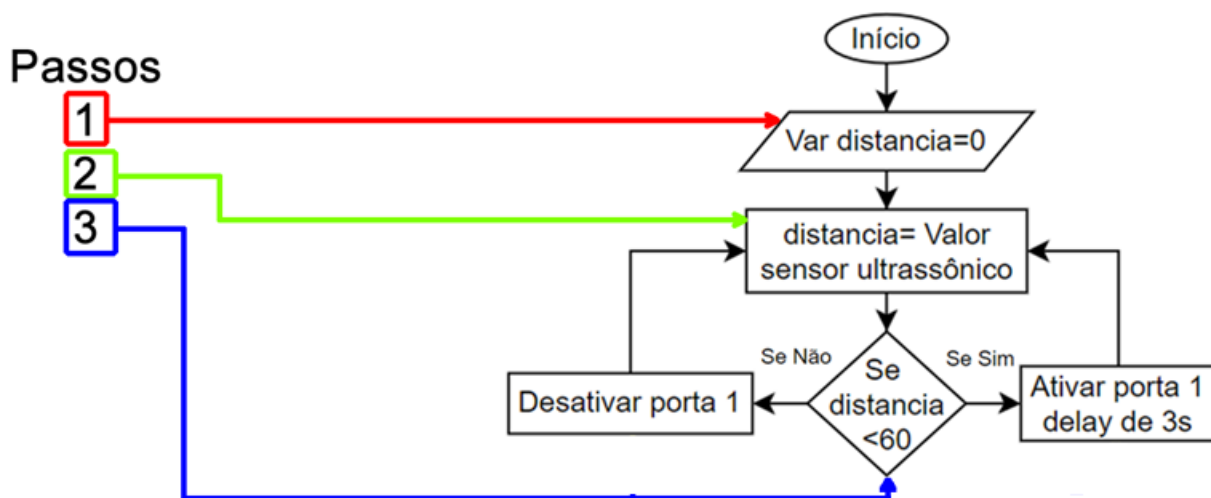
Para o primeiro exemplo, utilizamos o sensor ultrassônico junto com um *buzzer* para criar um alarme de segurança. No segundo exemplo, empregamos o sensor de umidade de solo para desenvolver um projeto que identifica se o solo está seco ou úmido. No terceiro exemplo, utilizamos o LDR para determinar se a luz está acesa ou apagada.

1. Alarme de Segurança

Para este projeto, o usuário pode utilizar o sensor ultrassônico para verificar se passou em um determinado ambiente. Se alguém passar, um aviso sonoro será disparado por um determinado tempo.

O fluxograma deste projeto pode ser visualizado na Figura 59. Inicialmente, a variável "distancia" é declarada e o valor da distância obtida pelo sensor é armazenado nesta variável. Após obter o valor, é feita uma tomada de decisão para verificar se a distância é menor que 60 cm (esse valor pode ser ajustado conforme a necessidade do usuário). Se for menor que 60 cm, a porta 1 será ativada e um buzzer disparará o alarme durante 3 segundos. Caso contrário, a porta 1 permanecerá desativada. Após a tomada de decisão, o processo é mantido em loop.

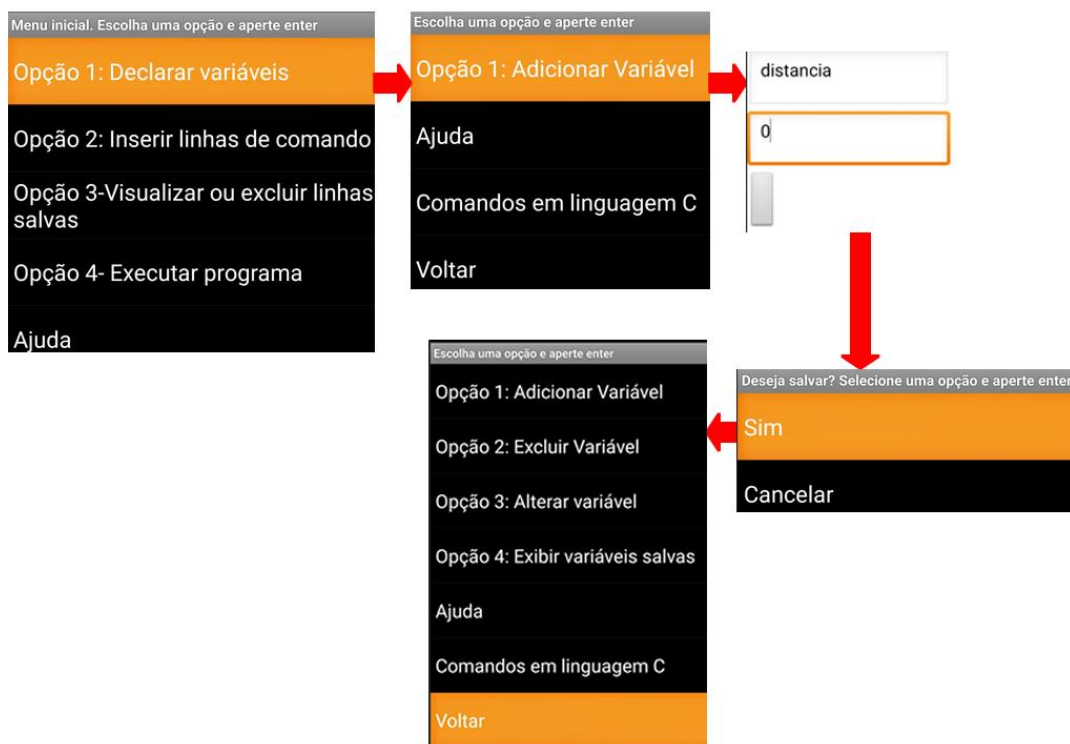
Figura 59 - Fluxograma Alarme



Fonte: Autor deste projeto

Passo 1: Para efetuar a programação deste projeto, primeiramente no aplicativo é feita a declaração da variável “distancia” (Figura 60).

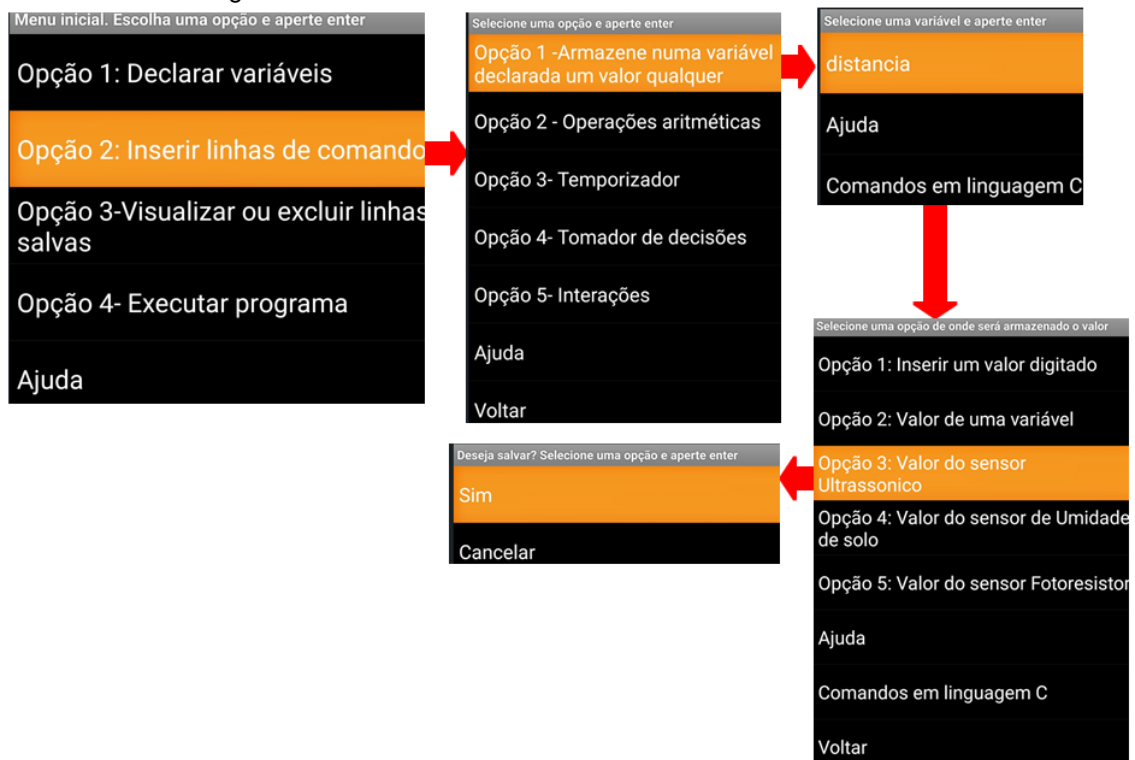
Figura 60 - Declara variável "distancia"



Fonte: Autor deste projeto

Passo 2: Em seguida é salvo o valor do sensor ultrassônico na variável “distancia” (Figura 61).

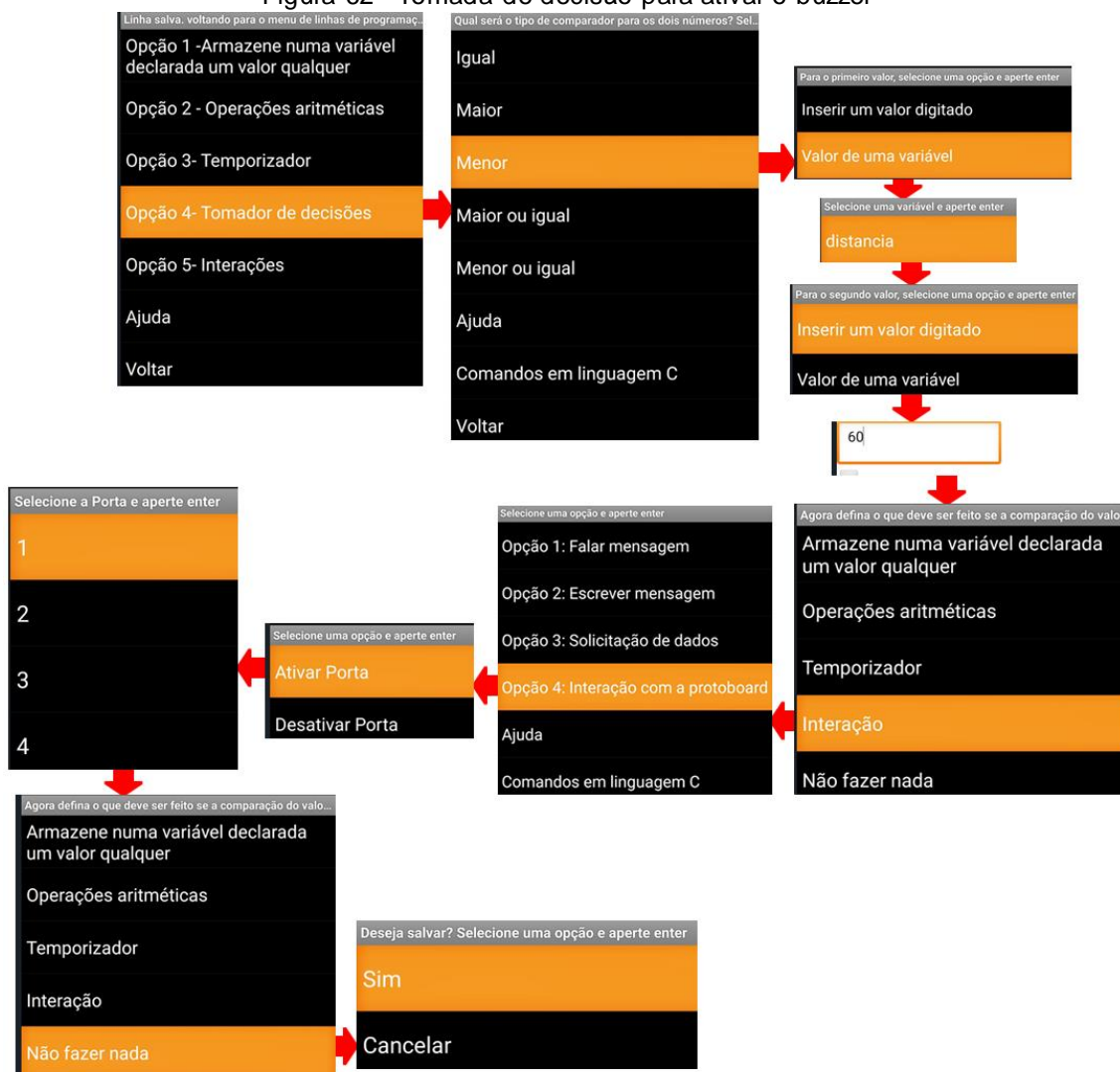
Figura 61 - Armazena valor do sensor na variável "distancia"



Fonte: Autor deste projeto

Passo 3: Adicionada a tomada de decisão (Figura 62) para verificar se o valor obtido do sensor ultrassônico é menor que 60, se for menor que 60 ele ativa a porta 1 (*buzzer* dispara) se falso não fazer nada.

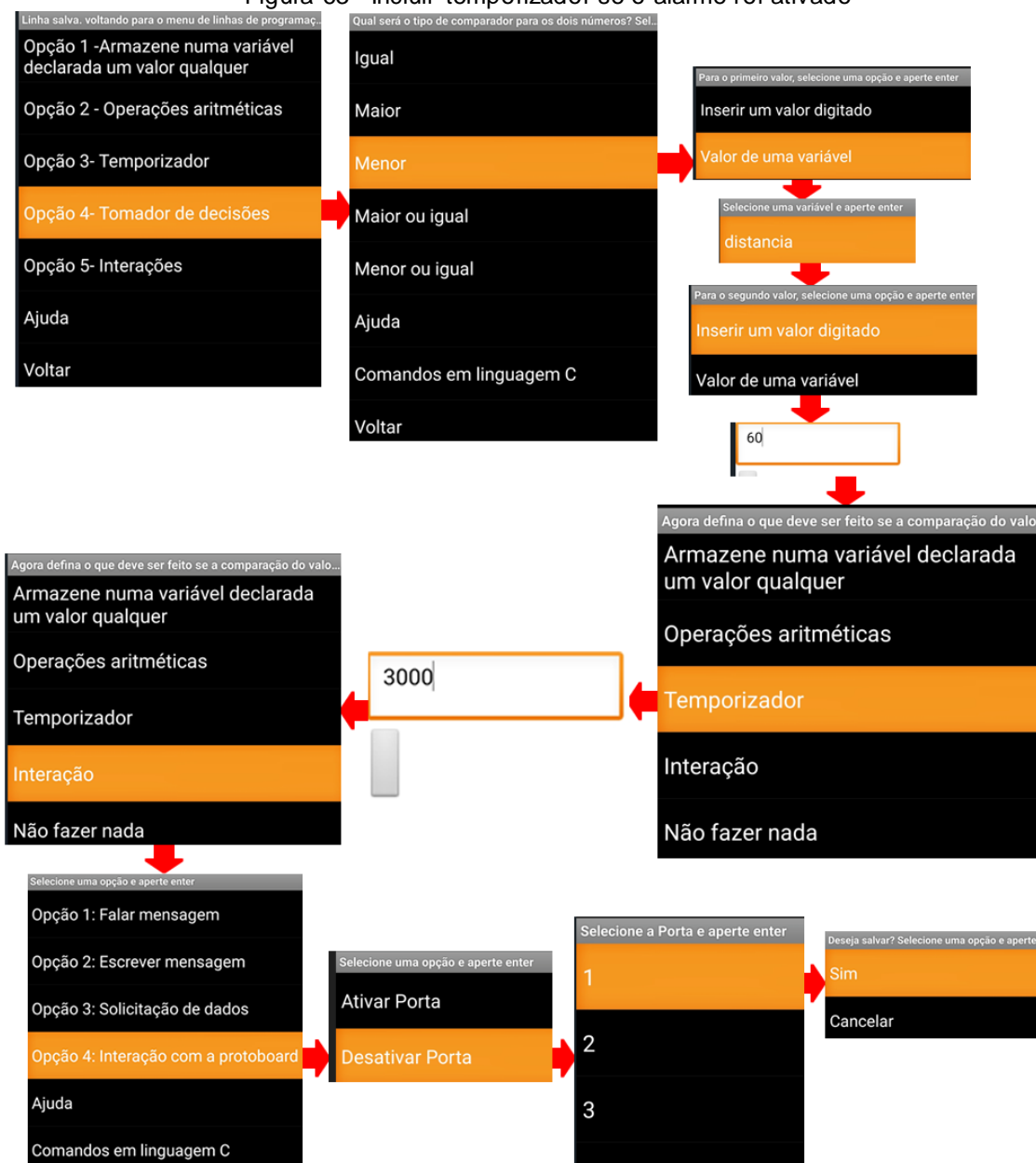
Figura 62 - Tomada de decisão para ativar o buzzer



Fonte: Autor deste projeto

Passo 3: Nova tomada de decisão (Figura 63) para verificar se o valor obtido do sensor ultrassônico é menor que 60, se for menor que 60 ele ativa o temporizador de 3000 ms (3 segundos), e se for falso, desativa a porta 1, fazendo com que o acionamento do *buzzer* seja desativado.

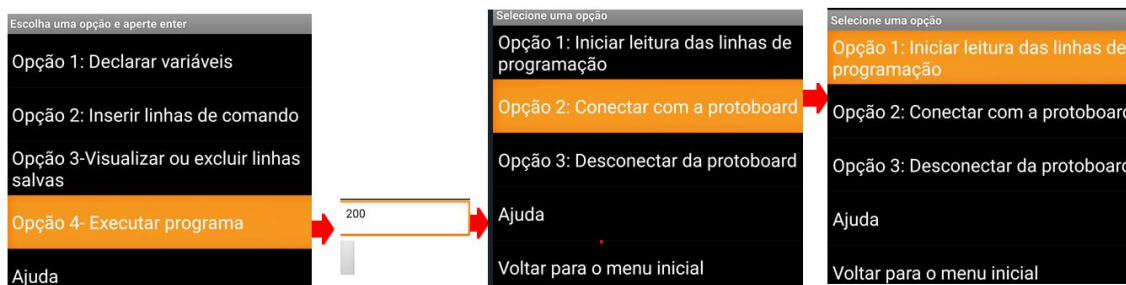
Figura 63 - Incluir temporizador se o alarme foi ativado



Fonte: Autor deste projeto

Após a inclusão dos comandos, o aplicativo está pronto para ser executado. Agora, iremos definir quantas vezes queremos que o loop de programação (Figura 64) seja executado e por fim iniciar a execução do aplicativo conectado com a protoboard e o sensor.

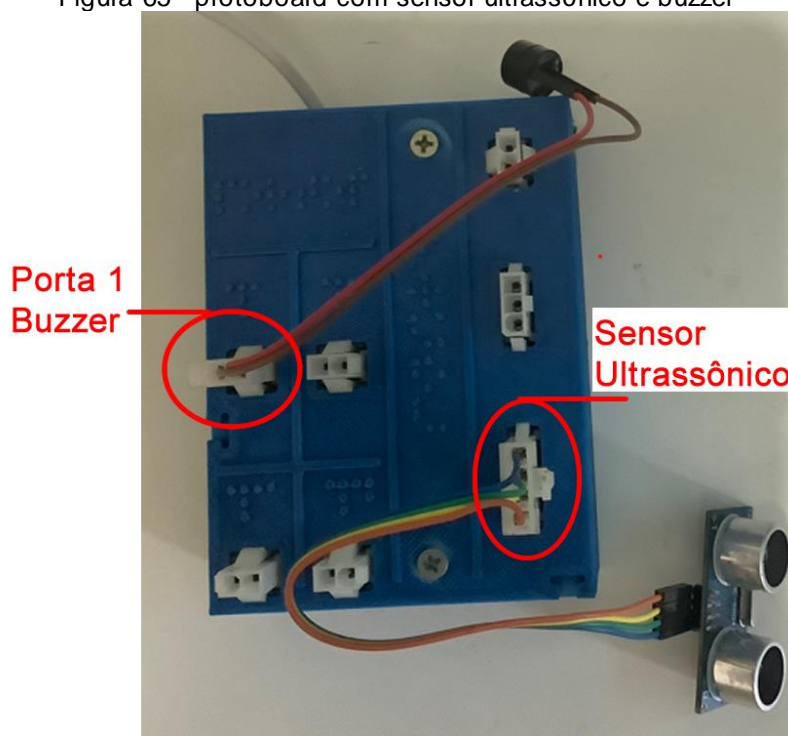
Figura 64 - Loop de execução do programa



Fonte: Autor deste projeto

A protoboard com o sensor ultrassônico e o *buzzer* conectados podem ser observados na Figura 65.

Figura 65 - protoboard com sensor ultrassônico e buzzer



Fonte: Autor deste projeto

Os resultados em vídeo podem ser observados no Apêndice 1 vídeo: “e) Alarme de Segurança”.

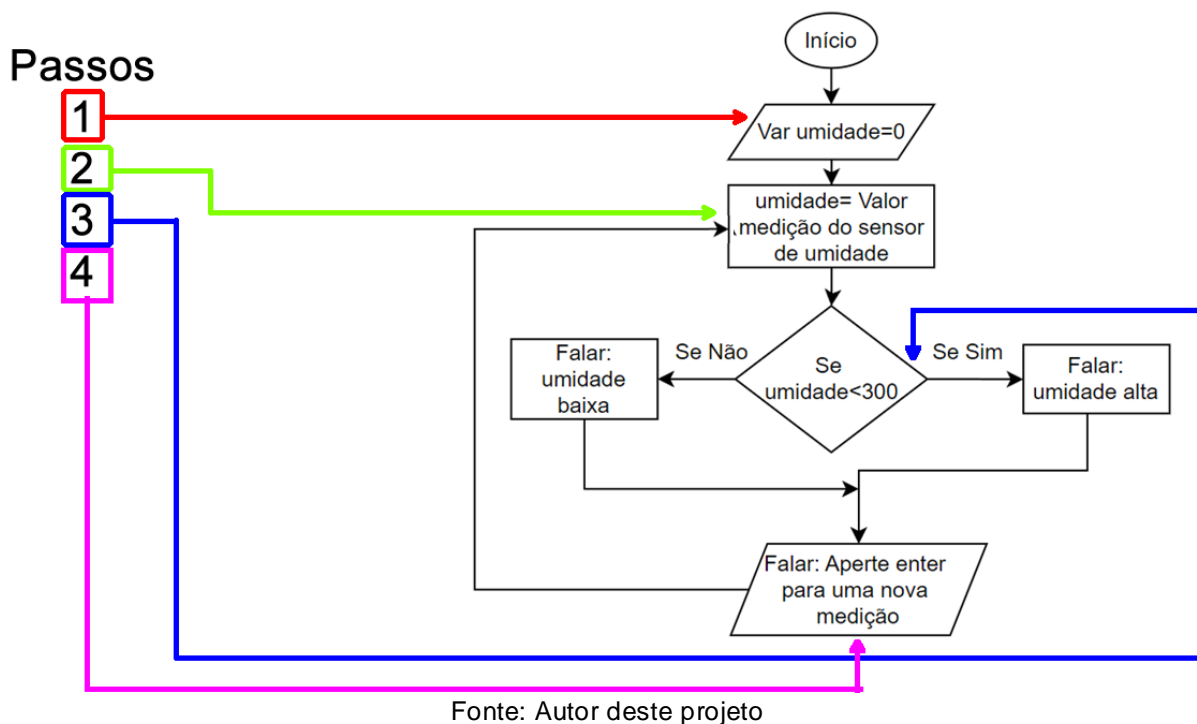
2- Verificador de umidade do solo

Neste projeto, o usuário pode verificar se o solo está úmido ou seco, com o objetivo de identificar a necessidade de regar ou não as plantas. Para isso, será utilizado o sensor de umidade, onde o usuário deve inserir a sonda do sensor no local em que deseja fazer a verificação.

Para o desenvolvimento da programação, apresentamos inicialmente o fluxograma deste projeto (Figura 66). Com a variável "umidade" inicialmente definida

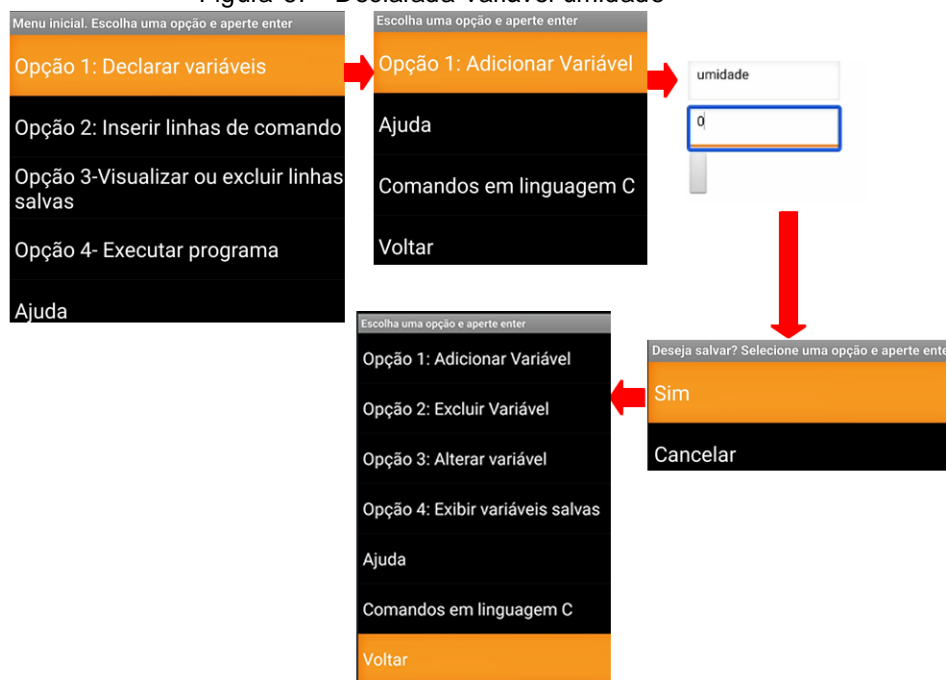
como 0, é iniciada a medição do sensor e o valor é armazenado na variável "umidade". Em seguida, é feita a verificação se o valor da variável "umidade" é menor que 300 (valor obtido da Tabela 3). Se for verdade, o celular irá falar: "Umidade alta". Caso contrário, dirá: "Umidade baixa". Por fim, o celular emitirá um aviso pedindo para o usuário pressionar a tecla Enter novamente para uma nova medição.

Figura 66 - Fluxograma do projeto para verificar a umidade do solo



Passo 1: Vamos agora iniciar o processo de programação no aplicativo. Em primeiro lugar, a variável "umidade" é declarada (Figura 67).

Figura 67 - Declarada variável umidade



Fonte: Autor deste projeto

Passo 2: Em seguida variável umidade recebe o valor lido pelo sensor de umidade (Figura 68).

Figura 68 - Armazenar valor do sensor na variável umidade

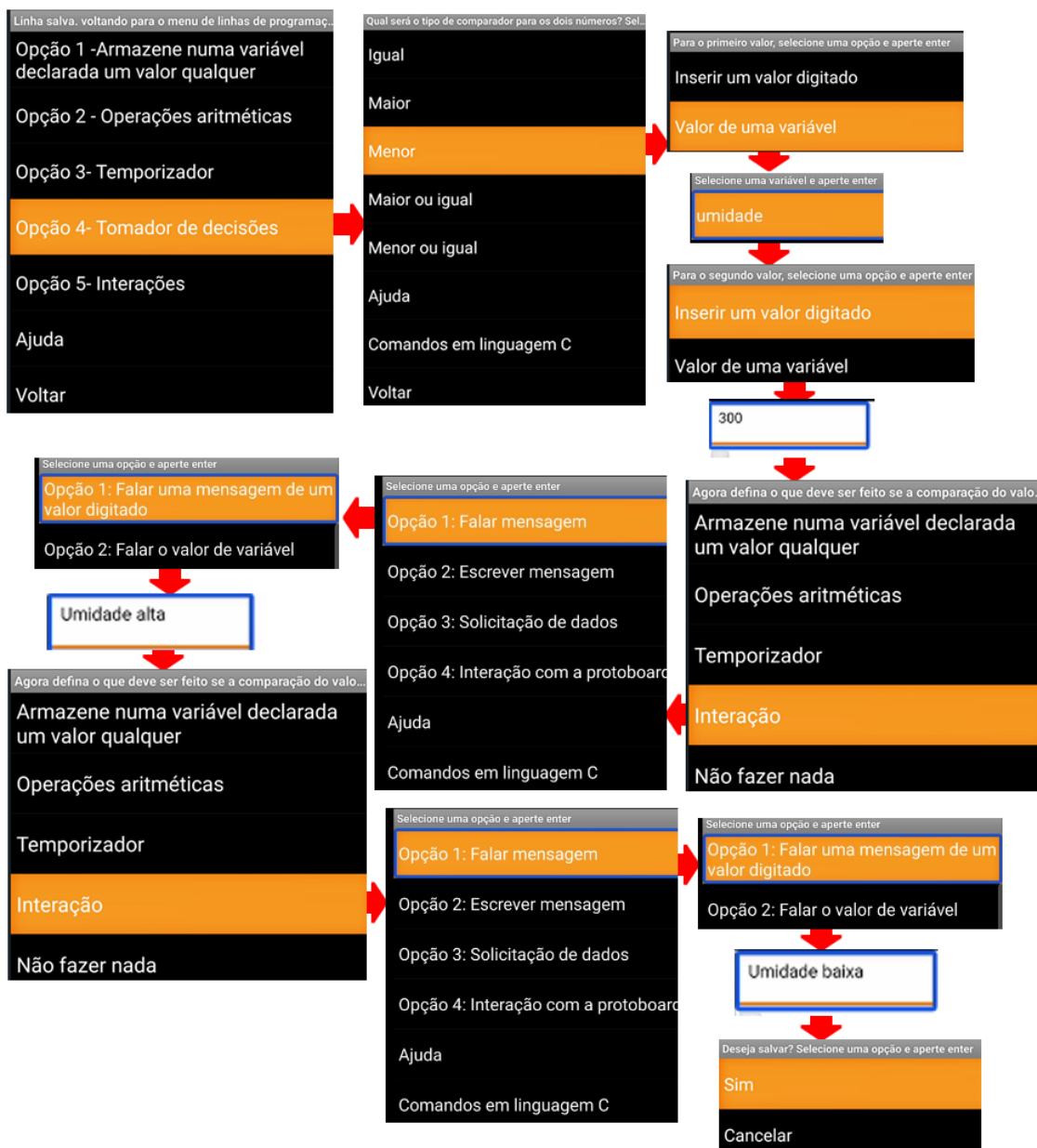


Fonte: Autor deste projeto

Passo 3: Para verificar se o solo está úmido ou não, é feita uma tomada de decisão com base no valor obtido do sensor. Se o valor for menor que 300, o

dispositivo irá informar que a umidade é baixa. Se for maior que 300, a umidade é considerada alta (Figura 69).

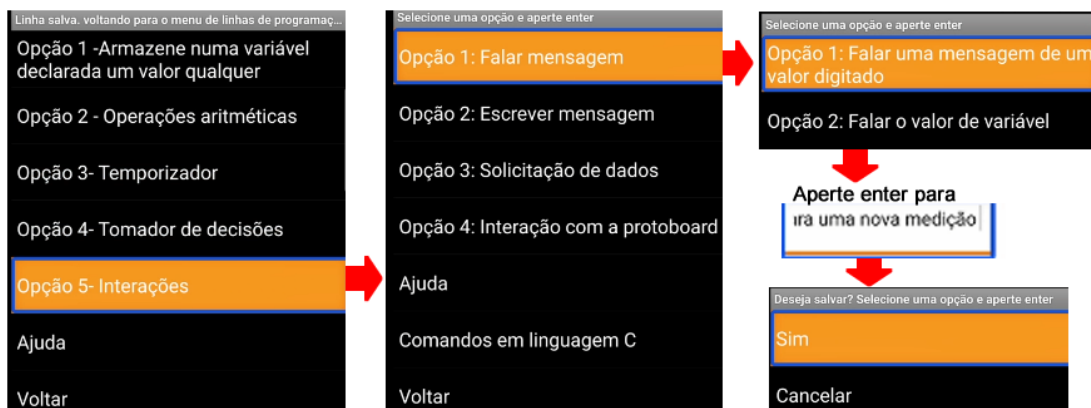
Figura 69 - Tomada de decisão para verificar se a umidade está baixa ou alta



Fonte: Autor deste projeto

Passo 4: Nesse momento é solicitado para o usuário pressionar Enter para efetuar uma nova medição, então é enviada a mensagem para o usuário: “Aperte Enter para uma nova medição” (Figura 70).

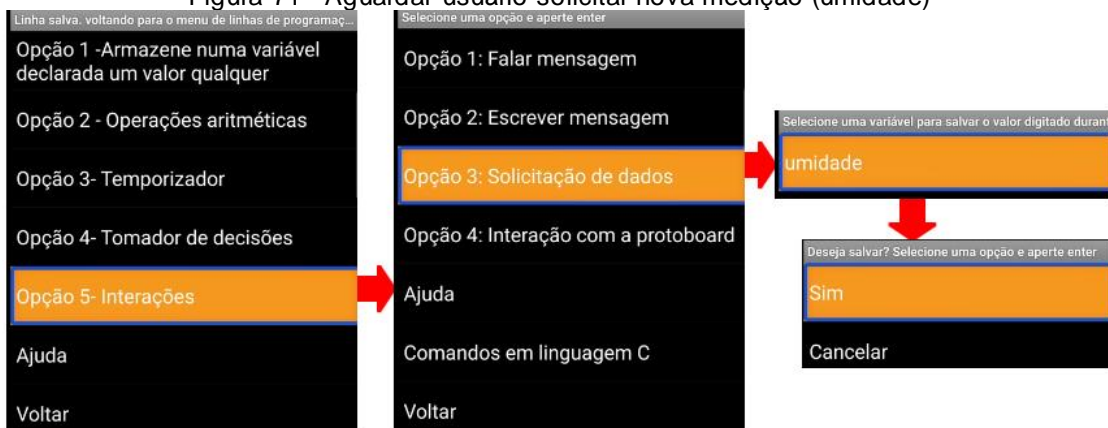
Figura 70 - Instruir o usuário para nova medição (umidade)



Fonte: Autor deste projeto

Passo 4: Por fim, é feito o comando que aguarda o usuário pressionar Enter para repetir o processo de medição (Figura 71).

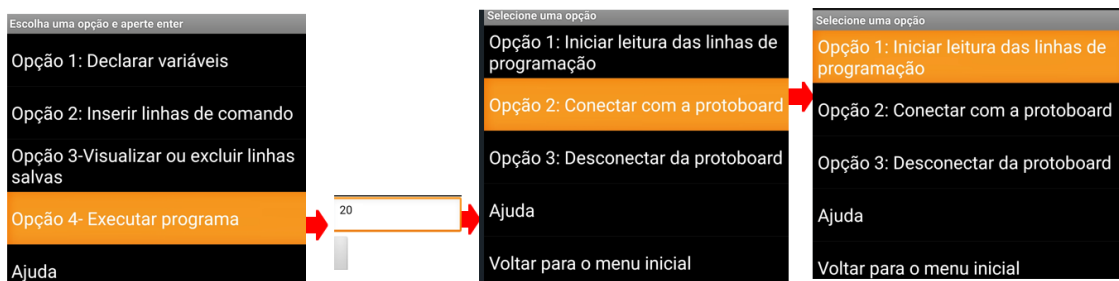
Figura 71 - Aguardar usuário solicitar nova medição (umidade)



Fonte: Autor deste projeto

Com a programação finalizada, é executado o código de programação, efetuando a conexão da protoboard e iniciando as linhas de programação, obtendo se o solo está úmido ou seco quando usuário pressionar a tecla Enter (Figura 72).

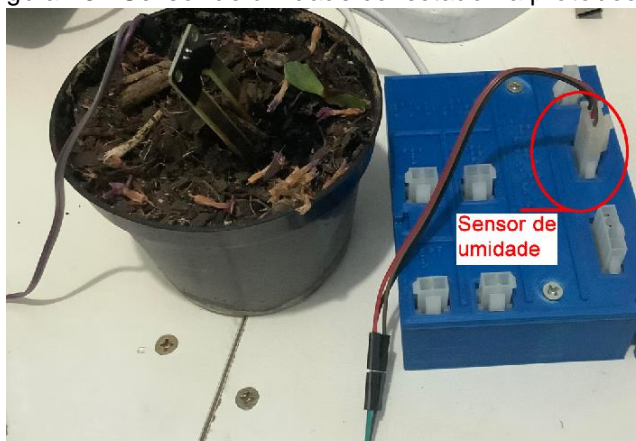
Figura 72 - Executar loop do programa (umidade)



Fonte: Autor deste projeto

Na figura 73 é possível visualizar a protoboard com o sensor de umidade.

Figura 73 - Sensor de umidade conectado na protoboard



Fonte: Autor deste projeto

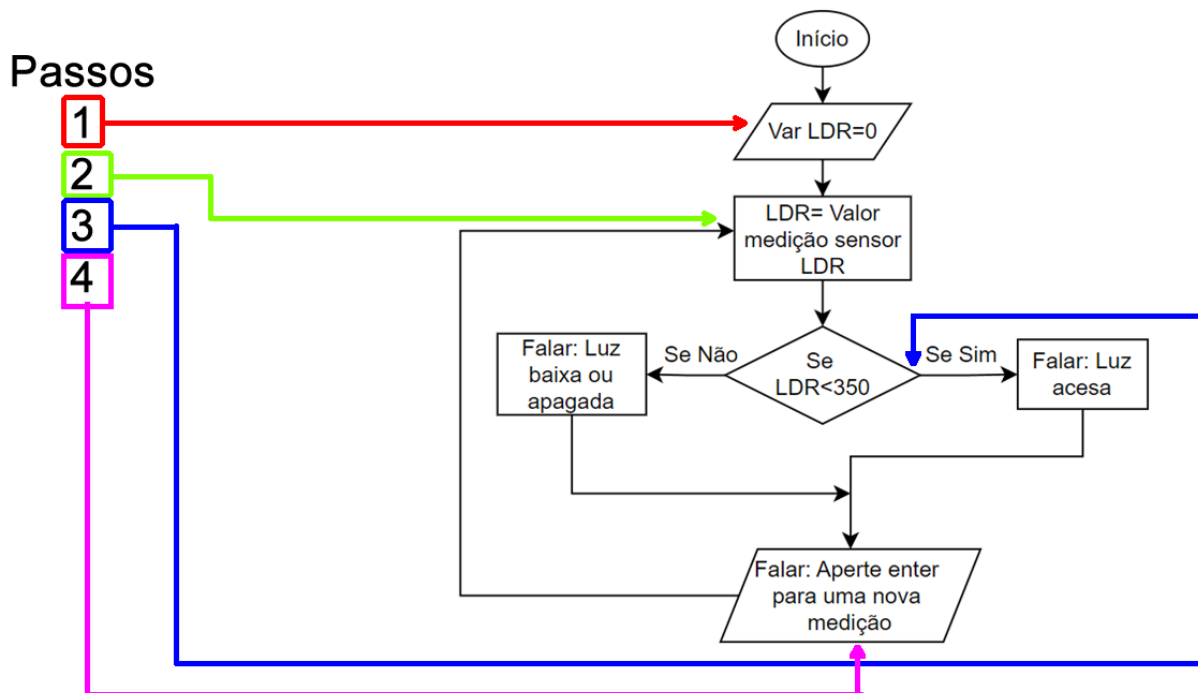
Os resultados em vídeo estão disponíveis no Apêndice 1 vídeo: “f) Verificador de umidade do solo”.

3- Identificador de luz

Neste projeto, o usuário pode verificar se há luz no ambiente utilizando o sensor LDR. Para isso, o usuário deve apertar a tecla "Enter" do teclado, e o celular irá informar se a luz está acesa ou não.

Vamos iniciar apresentando o fluxograma (Figura 74) para este projeto. Primeiramente, a variável "LDR" é declarada com valor inicial 0. Em seguida, é feita a leitura do valor medido pelo sensor LDR e este valor é armazenado na variável "LDR". A próxima etapa é a verificação se o valor obtido é menor que 350 (valor obtido da Tabela 4). Se for menor, o dispositivo irá falar: "Luz acesa". Caso contrário, dirá: "Luz baixa ou apagada". Após essa verificação, o dispositivo avisará que para realizar uma nova leitura, o usuário deve apertar a tecla Enter do teclado. Quando o usuário pressionar a tecla, o processo será repetido.

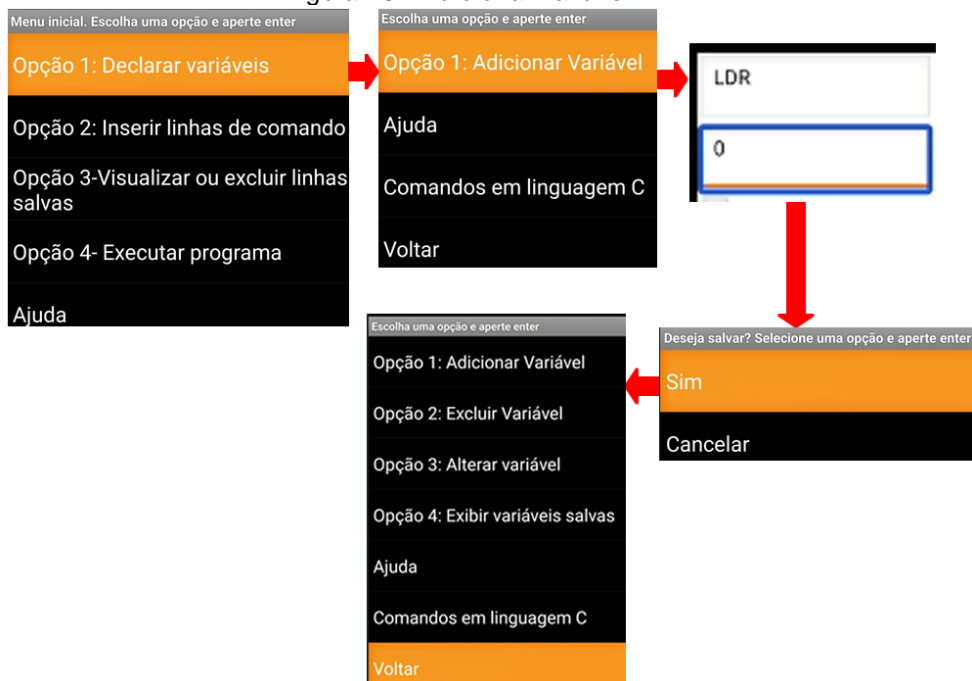
Figura 74 - Fluxograma Projeto identificador de Luz



Fonte: Autor deste projeto

Passo 1: Apresentamos agora a programação para criação do programa no aplicativo, onde primeiramente é declarada a variável “umidade” (Figura 75).

Figura 75 - Adicionar variável LDR



Fonte: Autor deste projeto

Passo 2: Em seguida, é solicitado para que o valor obtido do sensor LDR seja armazenado na variável “LDR” (Figura 76).

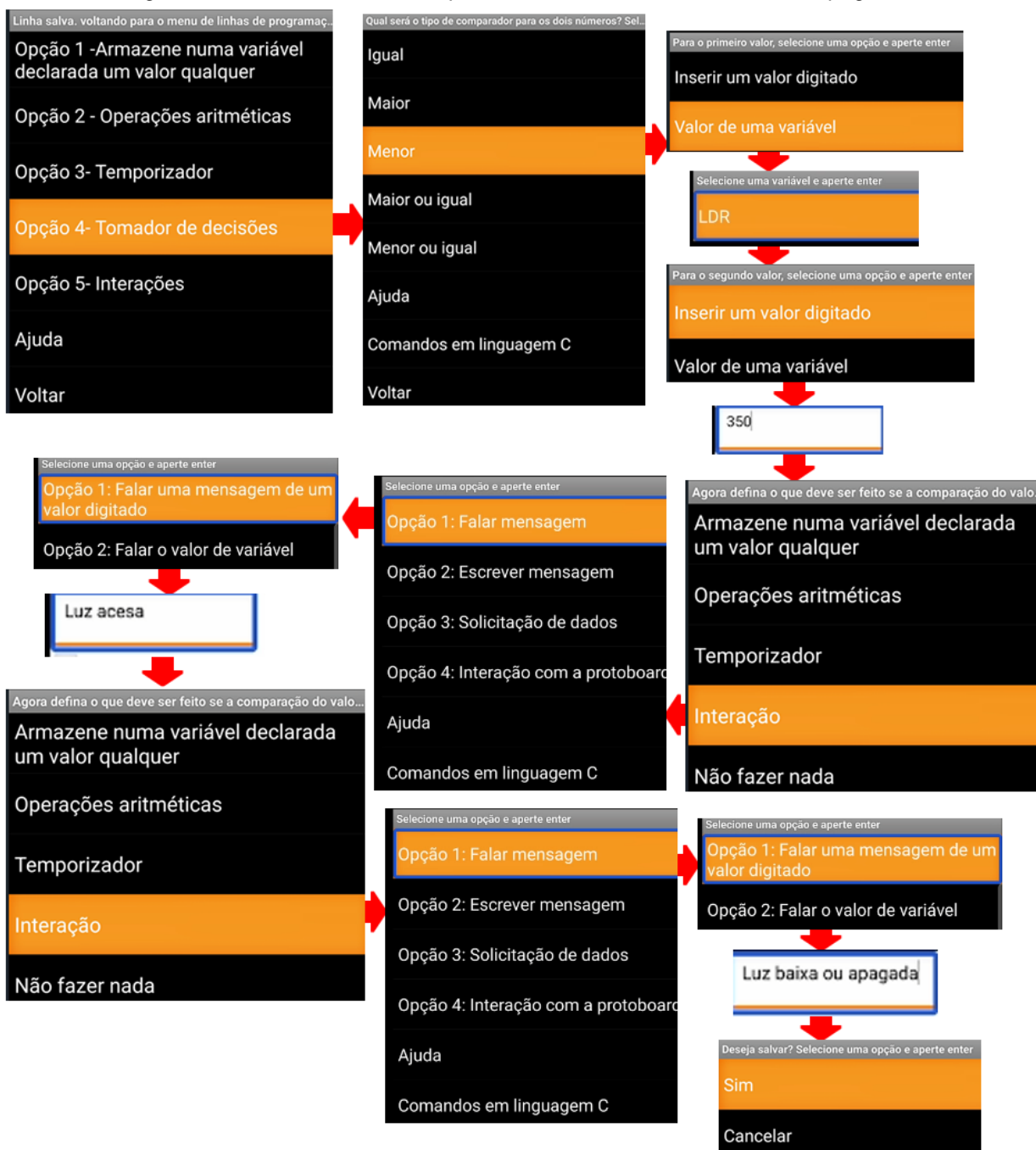
Figura 76 - Armazenar o valor do sensor na variável LDR



Fonte: Autor deste projeto

Passo 3: Para verificar se a luz está acesa ou apagada é feita a tomada de decisão para verificar se o valor obtido do sensor é menor que 350, se for menor que 350 o dispositivo irá informar que a Luz está acesa e se for maior que 350, informar que a luz está baixa ou apagada (Figura 77).

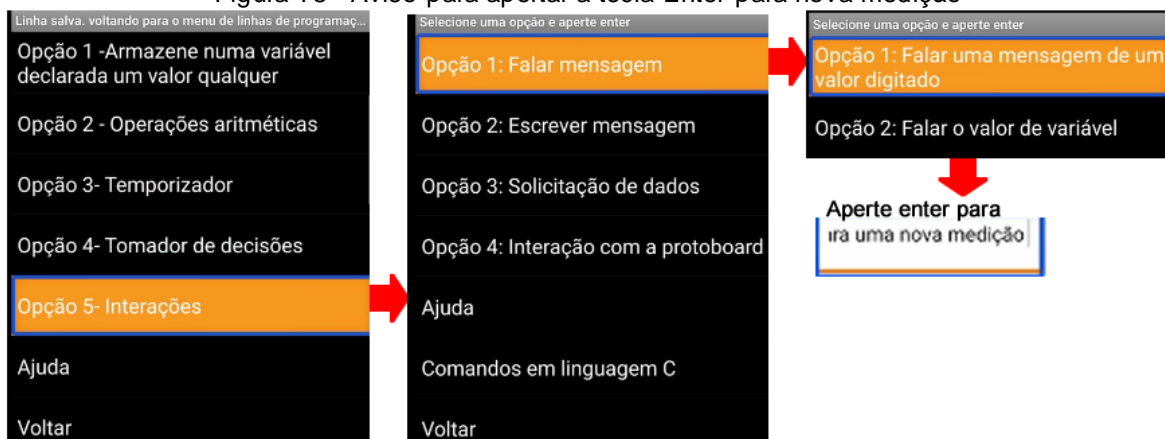
Figura 77 - Tomada de decisão para verificar se a luz está acesa ou apagada



Fonte: Autor deste projeto

Passo 4: Para efetuar uma nova medição é exibida a mensagem de aviso para o usuário pressionar a tecla Enter para efetuar uma nova medição (Figura 78).

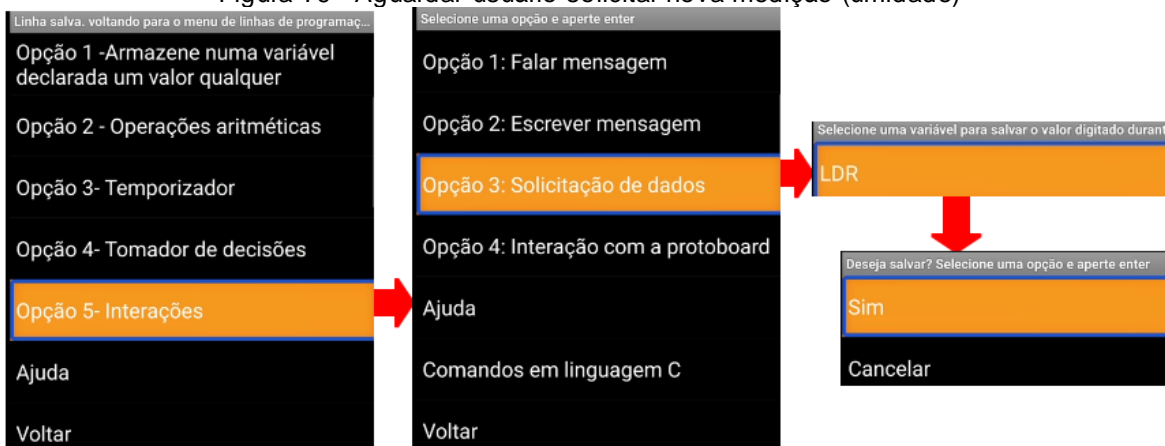
Figura 78 - Aviso para apertar a tecla Enter para nova medição



Fonte: Autor deste projeto

Passo 4: Para efetuar uma nova medição é inserido o código para solicitação de dados, para aguardar o usuário pressionar a tecla Enter (figura 79).

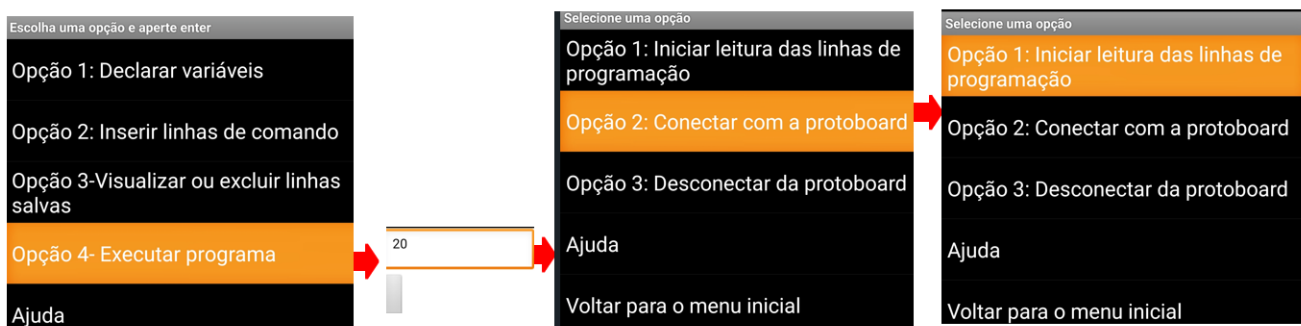
Figura 79 - Aguardar usuário solicitar nova medição (umidade)



Fonte: Autor deste projeto

Para finalizar é executado o loop de programação conectando com a protoboard (Figura 80).

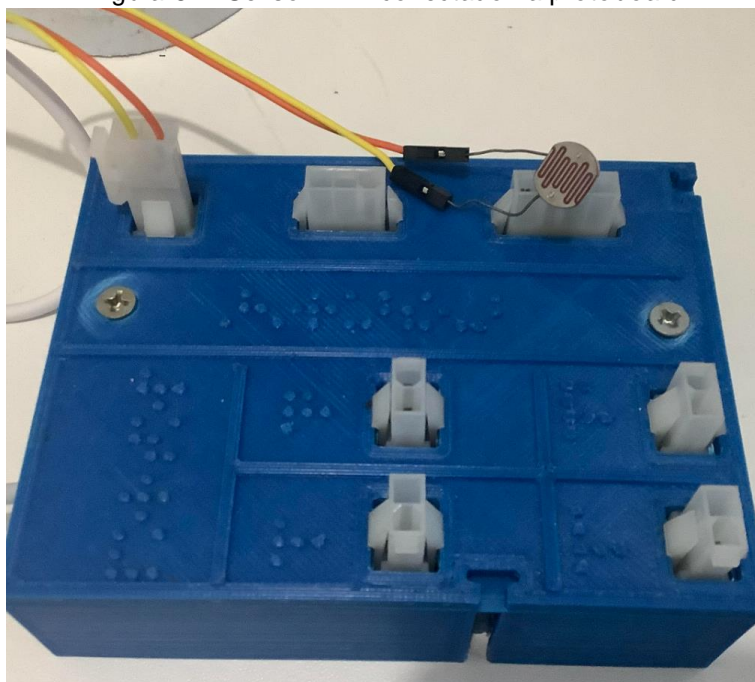
Figura 80 - Executar programa (LDR)



Fonte: Autor deste projeto

O sensor LDR conectado na protoboard pode ser visualizado na Figura 81.

Figura 81 - Sensor LDR conectado na protoboard



Fonte: Autor deste projeto

Os resultados podem ser visualizados em vídeo no Apêndice 1, vídeo: “g) Identificador de luz”.

Análise dos resultados

Neste capítulo, apresentamos e testamos os dispositivos desenvolvidos neste trabalho para auxiliar pessoas com deficiência visual no aprendizado e na execução de projetos. A protoboard demonstrou ser uma ferramenta eficaz para permitir a manipulação tátil de componentes eletrônicos, facilitando a montagem de circuitos. O multímetro falante, com suas opções de medição, provou ser uma solução acessível para a medição de tensões, correntes e resistências, permitindo que os usuários realizem essas tarefas de forma autônoma e precisa.

Os exemplos de utilização do aplicativo Progvox com a protoboard para sensores destacaram a aplicabilidade dos dispositivos em diferentes contextos, permitindo o usuário desenvolver projetos *makers*, programando e controlando sensores e componentes eletrônicos sem a necessidade de saber uma linguagem de programação.

Vale ressaltar que para validação desses dispositivos foram realizadas duas etapas fundamentais, onde foram feitos testes dos equipamentos equiparados com equipamentos de alta precisão para validar seu funcionamento técnico. E todo o protótipo foi desenvolvido com o auxílio do orientador deste trabalho (como já citado, é uma pessoa cega) especialista em inclusão e tecnologia assistiva, para garantir que

os dispositivos sejam de fato ferramentas que podem ser utilizadas por pessoas cegas, nesta etapa foram feitas inúmeras tentativas para tornar os dispositivos acessíveis de forma tátil conforme Figura 82.

Figura 82 - tentativas de impressão 3D



Fonte: Autor deste projeto

Os testes confirmaram que os dispositivos são capazes de fornecer feedback auditivo claro e imediato, permitindo que os usuários façam ajustes e tomem decisões. Os dispositivos desenvolvidos e testados neste capítulo demonstram um grande potencial para promover a inclusão e a autonomia de pessoas com deficiência visual em atividades educacionais. Com esses resultados, contribuimos com novas ferramentas acessíveis, contribuindo para um aprendizado mais inclusivo e enriquecedor.

É importante destacar que foram feitos dois artigos deste trabalho, onde um foi aceito para publicação na revista Interação e o segundo artigo foi apresentado na 7ª edição do Congresso de Pós-graduação do IFSP (Conpog) e recebeu feedbacks positivos durante apresentação à, onde professores especialistas da área de acessibilidade expressaram considerações encorajadoras. Um dos professores comentou: “O trabalho foi muito bem-feito e possui grande valor educacional”. Outro ressaltou a aplicabilidade prática do projeto: “Queria ter contado com esse projeto já no semestre passado, pois tive uma aluna com deficiência visual que não conseguiu participar ativamente nas aulas de laboratório de circuitos elétricos”. Adicionalmente,

foi destacada a ampla aplicabilidade do projeto: “Este trabalho pode beneficiar muitos alunos, não apenas aqueles com deficiência visual, mas todos os estudantes, pois permite que utilizem o mesmo material didático. Isso promove uma educação verdadeiramente inclusiva e igualitária, na qual todos aprendem juntos”.

Os elogios e incentivos recebidos durante o congresso não apenas reafirmaram a relevância prática do projeto, como também destacaram sua capacidade de facilitar ambientes de aprendizagem mais inclusivos. Essa receptividade por parte dos especialistas em acessibilidade reflete o potencial significativo do projeto para transformar positivamente o ensino de programação elétrica e eletrônica, tornando-o acessível a todos os estudantes, independentemente de suas limitações físicas. Assim, o projeto não só atende às necessidades específicas de alunos com deficiência visual, mas também enriquece a experiência educacional de todos os alunos, contribuindo para um ambiente acadêmico mais significativo e igualitário.

Considerações Finais

Conforme a legislação brasileira, faz parte do Ensino Superior oferecer um ambiente acolhedor para diferentes tipos de alunos, com condições e liberdade para um ensino e aprendizagem mais eficiente, com o devido respeito a todos estudantes. Assim também se entende a inclusão educacional que propõe que todos consigam ter igualdade na aprendizagem e desenvolvimento no ambiente universitário, constituindo-se como um direito essa igualdade de condições, para possibilitar o acesso e a permanência no âmbito acadêmico dos alunos com deficiência.

O Estatuto da Pessoa com Deficiência (2015) elenca diversos direitos aos alunos e promove obrigações às escolas e universidades para estabelecer parâmetros e diretrizes, medidas de adaptação de métodos e estruturas tanto físicas quanto políticas para garantir melhores condições de inclusão no ensino regular básico, médio e superior, sem que isso cause ônus financeiro ao aluno. Assim, vimos algumas questões que constam na legislação brasileira e de processos de inclusão educacional em escolas e universidades com expectativas de novos comportamentos e hábitos do corpo docente e de colaboradores em geral, revistos e criados com novos objetivos que consigam induzir os alunos a uma inclusão justa e igualitária, bem como investimentos em capacitação/qualificação de profissionais e contratação de professores de apoio para que haja contribuição significativa à educação e mais especificamente para os alunos com deficiência visual.

- 1- Readequações/adaptações de instalações e de estruturas físicas, conforme as necessidades especiais e possibilidades previstas em lei.
- 2- Avaliação de desempenho compatível com a situação individual e limitações de cada aluno, levando em consideração sua individualidade.
- 3- Proporcionar acolhimento para que o aluno com deficiência tenha a possibilidade de agir com naturalidade e autonomia dentro da instituição.
- 4- Criar incentivos e promoções de convívio social dentro da comunidade acadêmica para tornar possível vivenciar melhores práticas dentro das instituições de ensino.

Estas são algumas questões indispensáveis para que ambientes educacionais obtenham maior capacidade de inclusão e de permanência desses alunos em seu espaço. É essencial ter sensibilidade e conhecimento para entender o

que é mais urgente e necessário, porque, para alguns alunos a inclusão de novos sistemas tecnológicos é imprescindível. Para outros, profissionais de apoio e ampla acessibilidade também pode ser considerado necessário. Tudo deve ser pensado para que se consiga atender as diferentes individualidades e proporcionar um ambiente inclusivo, confortável e acessível, essencialmente sem discriminações.

Em nossas considerações finais, retomaremos alguns pontos considerados relevantes na pesquisa apresentada, mais diretamente relativos às pessoas cegas ou com baixa visão. Como a inclusão no Ensino Superior e recursos técnicos com o objetivo de garantir um ambiente adequado, onde o respeito à dignidade do ser humano não seja somente prometido, mas também exercitado por toda a comunidade universitária.

Nossa reflexão, fundamentou-se em aspectos da Legislação Educacional Brasileira que prevê direito ao ingresso e permanência, desde à escola regular até a universidade de alunos com deficiência visual. Direito à educação de qualidade envolvendo o direito de vivenciar perspectivas de crescimento e desenvolvimento de potencialidades, como consta na LDBN, entendendo as pessoas com deficiência visual como indivíduos ativos, participantes, colaboradores, críticos, construtores de sua própria realidade, integrados e transformadores do contexto social no ambiente em que estão inseridos.

Pontuamos também que uma das maneiras de garantir a efetivação de todos esses direitos, está em promover e facilitar o acesso e a permanência na universidade de alunos com deficiência visual, contando com o papel fundamental do docente, de outros profissionais da educação e da saúde. Nesse contexto, prioridades foram apontadas para o desenvolvimento do discente cego ou com baixa visão: o acesso aos livros didáticos em braile ou áudio, como papel preponderante na significação da leitura e pesquisa, bem como o acesso à informação digital e à tecnologia.

Vimos que já existe no mercado brasileiro a produção de livros didáticos para alunos cegos e com baixa visão em formato digital permitindo que alunos cegos possam acessar um texto escrito ou ouvir o material impresso. Desde 2011, o Ministério de Educação (MEC) adotou um formato para a produção da versão acessível no Programa Nacional de Livros Didáticos (PNLD), garantindo um sistema de comunicação que possa favorecer os processos educativos e profissionais.

Contudo, na atualidade, essas questões ainda são discutidas de maneira recorrente, sobre o despreparo e a falta de capacitação de professores e educadores para lidar com esses alunos, devido à ausência ou insuficiência de equipamentos adaptados e acessíveis que possibilitem um desempenho acadêmico mais adequado. Falta também de bibliografia acessível, em especial para a crescente demanda de jovens cegos ou com baixa visão que encontram dificuldade em concluir seus estudos universitários; além de ambientes desprovidos de atitudes e comportamentos que realmente favoreçam a verdadeira inclusão.

Ainda é insuficiente, conforme observação de teóricos da área aqui apresentados, a participação de professores e educadores em cursos de capacitação, em palestras, fóruns, seminários e congressos, que possam disseminar conhecimento e fornecer orientação e apoio pedagógico a alunos com deficiência visual. Também é insuficiente, conforme relato dos autores citados, o oferecimento de livros digitais, ferramentas de busca, navegação e pesquisas que facilitem o acesso ao conteúdo de livros didáticos. Bem como propostas de desenvolvimento de projetos de orientação técnica e de pesquisas em universidades, que possibilitem a oferta de recursos de acessibilidade adequados e contribuir com o processo de inclusão, permanência e aprendizagem de alunos universitários com deficiência visual. É neste último ponto que, modestamente, inserimos nosso estudo.

O ingresso no Ensino Superior para pessoas com deficiência visual foi regulamentado conforme consta na Legislação Brasileira, porém, sobre os dados de permanência e conclusão do curso, há poucos registros, conforme teóricos consultados neste trabalho. O que sabemos: estudantes com deficiência podem frequentar os espaços físicos das universidades, partilhar dos equipamentos disponíveis e adaptados às suas necessidades, de recursos materiais, audiovisuais, informacionais. Mas, ainda é necessária a qualificação docente para o atendimento desses estudantes.

Embora tenha ocorrido um aumento no ingresso de estudantes com deficiência visual nos últimos anos nas Instituições de Ensino Superior, alguns teóricos da área aqui apresentados concordam que as universidades ainda não estão preparadas para atender essa demanda de estudantes com essa deficiência, pois encontram dificuldades relacionadas a aplicação da legislação que ampara e assegura o atendimento igualitário e à qualificação e aperfeiçoamento de docentes, bem como a disponibilização de recursos materiais necessários para investimentos

físicos, inovação e adaptação tecnológica entre outros; que promovam inclusão educacional.

Assim, para que seja possível contribuir para melhorar o acesso e assegurar a permanência e formação universitária de discentes com deficiência visual, torna-se necessária a integração de toda a comunidade universitária, incluindo docentes, estudantes e funcionários, para abarcar todo este espaço e suas limitações, implementando ações e promovendo discussões referentes aos materiais, recursos digitais e tecnológicos, necessários aos alunos com deficiência visual.

Este estudo contribuiu com a criação de ferramentas assistivas para alunos com deficiência visual nas disciplinas de: Programação, Elétrica e Eletrônica, em especial para os cursos de Engenharia. Desenvolvendo uma protoboard tátil, um multímetro falante e um aplicativo móvel para aprendizado de programação, além de uma segunda protoboard para controle de componentes eletrônicos e sensores. Esses dispositivos permitem que usuários cegos realizem medições, montagens de circuitos, desenvolvimento de programação e controle de sensores de forma independente. Os resultados obtidos com o desenvolvimento desses dispositivos assistivos mostram que é possível utilizar a protoboard para montagem de circuitos, o multímetro para medições de tensão, corrente e valores de resistores e o aplicativo com a segunda protoboard para permitir o aprendizado de programação e realizar projetos *makers*, destacando o potencial dessas ferramentas para facilitar o aprendizado e promover a autonomia dos alunos.

A pesquisa e o desenvolvimento de ferramentas adaptativas representam um passo importante para a democratização do acesso à educação e ao conhecimento técnico-científico para pessoas com deficiência visual. O envolvimento direto desses indivíduos no processo de criação dessas ferramentas destaca a importância da co-criação e do design participativo, garantindo que as soluções desenvolvidas atendam efetivamente às suas necessidades.

Para validar a eficácia e a usabilidade dos dispositivos, foram feitos testes com equipamentos de alta precisão e testes preliminares com o orientador deste trabalho que é uma pessoa cega, porém, ainda serão necessários testes futuros com mais usuários em ambientes educacionais. Essa etapa de validação é essencial para confirmar os resultados preliminares desta pesquisa e identificar possíveis melhorias e adaptações. Além disso, a pesquisa pode ser ampliada com a criação de novos dispositivos, como um osciloscópio adaptativo, e o aprimoramento dos dispositivos já

desenvolvidos. Por exemplo, atualizações do aplicativo para suportar mais funções de programação e o multímetro poderia ser aprimorado para realizar medições adicionais, como valores de capacitores, além de expandir as escalas de medidas já disponíveis.

O aprimoramento deste trabalho poderá contribuir significativamente para a democratização do acesso à educação e ao conhecimento técnico-científico, reforçando o compromisso com a inclusão e a acessibilidade de todas as pessoas, melhorando o acesso e assegurando a permanência e formação universitária de alunos com deficiência visual. Integrando a comunidade universitária, incluindo docentes, estudantes e funcionários, compreendendo as limitações e implementando ações que promovam a inclusão efetiva para atender os direitos humanos fundamentais.

Referências bibliográficas e eletrônicas

- ABRÃO, R. K.; DUARTE, M. M. O papel da afetividade no processo ensino e aprendizagem da criança com deficiência. **Revista Uniabeu**, v. 10, n. 24, 2017.
- ADAM, D. L.; NASCIMENTO, I. Z.; OKIMOTO, M. L. L. R. Mapeamento de Recursos Digitais de Tecnologia Assistiva: Interação multimodal para pessoas com deficiência visual e cegas. In: PASSOS, R. PARREIRA, F. J. ULBRICHT, V. R. (Org.). **A inovação emergente: tecnologias e interfaces**. Goiânia, GO: Universidade Federal de Goiás, art.5, p.26-36, 2019. Disponível em: <https://publica.ciar.ufg.br/ebooks/cinahpa_a_inovacao_emergente/artigo_4.html>. Acesso em: 08 fev. 2023.
- ARDUINO. **Arduino Uno**. 2024. Disponível em: <<https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3?selectedStore=us>>. Acesso em 08 jan. 2024.
- ALESC. RELATÓRIO E VOTO AO PROJETO DE LEI Nº 0358/2023. Disponível em: <<https://portalelegis.alesc.sc.gov.br/documentos/Kgorm>>. Acesso em: 10 mai. 2024.
- ALLEGRO. ACS712 Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor. Worcester: Massachusetts, 2006. Disponível em: <<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/174116/ALLEGRO/ACS712.html>>. Acesso em: 20 mar. 2023.
- ALMEIDA, W. D.; BARBOSA, N. T. B.; ROSA, V. O ensino de resistores para deficientes visuais, por meio do uso do arduino. **Arquivos do Mudi**, v. 24, n. 3, p. 149-156, 2020. Disponível em: <<https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/55713>>. Acesso em: 04 fev. 2023.
- ALVES, M. L.; COSTA, J. R. de F.; BEZERRA, C. I. M. Um relato de experiência: ensinando robótica por meio de microcomputadores em uma escola profissional do ensino médio. In: **26º Workshop sobre Educação em Computação**. ISSN 2591-6175, 2018.
- AMIRALIAN, M. L. T.; PINTO, E. B.; GHIRARDI, M. I. G. Conceituando deficiência. **Revista Saúde Pública**, 34 (1), p. 97-103, 2000.
- AMORIM, E. G. Reinvenções na vida de pessoas com deficiência visual: caminhos à reabilitação inclusiva? **Tese** (Doutorado em Saúde Coletiva). Programa de Pós-

graduação em Saúde Coletiva. Universidades do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, 2021.

APP INVENTOR. **About Us**. 2019. Disponível em <<http://appinventor.mit.edu/explore/about-us.html>>. Acesso em: 15 jan. 2021.

ARANTES, G. M, Desenvolvimento de material didático no contexto educacional: exemplos na disciplina de física para o ensino médio. **Dissertação** (Mestrado em Educação). Faculdade de Educação. UNICAMP, Campinas, 2019.

ARAÚJO, M. S. T. de; ABIB, M. L. V. dos S. Atividade experimentais no ensino de física. Diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira do Ensino de Física**. v.25, n.2, 2003.

ARRUDA, S. M. C. P; MONTILHA, R. C. L. Acessibilidade no cotidiano de pessoas com deficiência visual. **Revista @ mbienteeducação**. v. 1, n. 2, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050 Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio De Janeiro. 2015.

ATMEL Corporation. **ATMEGA328P Datasheet**. Colorado Springs. 2008. Disponível em: <<https://html.alldatasheet.com/html-pdf/241077/ATMEL/ATMEGA328P/153/1/ATMEGA328P.html>>. Acesso em: 11 abr. 2022.

BARBOSA, L. M. M; GUEDES, D. M. Deficiência visual no Ensino Superior e a acessibilidade com o auxílio dos docentes. **Intr@ciência**. Revista científica. Faculdade do Guarujá, São Paulo, ed. 19, junho de 2020.

BAUDRILLARD, Jean. **A sombreadas maiorias silenciosas**. São Paulo, Ed. Brasiliense, 1985.

BERSCH, R. **Introdução à tecnologia assistiva**. Assistiva. Tecnologia e Educação. Porto Alegre, RS. 2017.

BEYER, H. O. **Inclusão e avaliação na escola de alunos com necessidades educacionais especiais**. Porto Alegre: Ed. Mediação, 2005.

BORGES, J. A. dos S. Do Braille ao Dosvox: diferenças nas vidas dos cegos brasileiros. **Tese** (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, 2009.

BORGES, J. A. dos S. **Do Braille ao Dosvox**: diferenças nas vidas dos cegos brasileiros. 2009. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

BRAGA, D. B. **Ambientes digitais**: reflexões teóricas e práticas. São Paulo: Cortez, 2013.

BRASIL. **Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência**. 2007. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=424-cartilha-c&category_slug=documentos-pdf&Itemid=30192>. Acesso em: 17 ago. 2022.

BRASIL. Decreto nº 3.298, de 20 de dezembro de 1999. Dispõe sobre a **Política Nacional para a Integração da Pessoa Portadora de Deficiência**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d3298.htm>. Acesso em: 10 mar. 2020.

BRASIL. Decreto nº 6.949, de 25 de agosto de 2009. Promulga a **Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência e seu Protocolo Facultativo**, assinados em Nova York, em 30 de março de 2007. 2009. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6949.htm>. Acesso em: 10 jun. 2020.

BRASIL. Emenda Constitucional nº 12, de 17 de outubro de 1978. **Assegura aos Deficientes a melhoria de sua condição social e econômica**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Emendas/Emc_anterior1988/emc12-78.htm>. Acesso em: 10 mar. 2020.

BRASIL. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo de 2010**. <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv94522.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

BRASIL. IBGE. **Pesquisa Nacional de Saúde 2013: ciclos de vida: Brasil e grandes regiões**, 2013. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/justica-e-seguranca/29540-2013-pesquisa-nacional-de-saude.html>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Sinopse **Estatística da Educação Superior** 2019. Brasília: Inep, 2020. Disponível em: <<http://inep.gov.br/web/guest/sinopses-estatisticas-da-educacaosuperior>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

BRASIL. Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000. Estabelece **normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida**, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.aracaju.se.gov.br/userfiles/emurb/2011/07/LeiFederal_10098_2000_Acessibilidade.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2021.

BRASIL. Lei nº 12.711, de 29 de agosto de 2012. Dispõe sobre o **ingresso nas universidades federais e nas instituições federais de ensino técnico de nível**

médio e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12711.htm>. Acesso em: 10 nov. 2021.

BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a **Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência** (Estatuto da Pessoa com Deficiência). 2015. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13146.htm>. Acesso em: 12 jun. 2022.

BRASIL. Lei nº 13.409, de 28 de dezembro de 2016. Dispõe sobre a **reserva de vagas para pessoas com deficiência nos cursos técnico de nível médio e superior das instituições federais de ensino.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/l13409.htm>. Acesso em: 10 nov. 2022.

BRASIL. Lei nº 4.169, de 4 de dezembro de 1962. **Oficializa as convenções Braille para uso na escrita e leitura dos cegos e o Código de Contrações e Abreviaturas Braille.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/1950-1969/L4169.htm>. Acesso em: 28 fev. 2021.

BRASIL. Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990. 1990a. Dispõe sobre a **Educação para todos, condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8080.htm>. Acesso em: 20 jul. 2021.

BRASIL. Lei nº 8.112, de 11 de dezembro de 1990. 1990b. Dispõe sobre o **regime jurídico dos servidores públicos civis da União, das autarquias e das fundações públicas federais.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8112cons.htm. Acesso em: 10 nov. 2021>. Acesso em: 15 nov. 2021.

BRASIL. Lei nº 8.213, de 24 de julho de 1991. Dispõe sobre os **Planos de Benefícios da Previdência Social e dá outras providências.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8213cons.htm>. Acesso em: 10 nov. 2021.

BRASIL. Ministério da educação. **Portaria nº3.284.** 2003. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/port3284.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2022.

BRASIL. Ministério da economia. **Relação anual de informações sociais (RAIS)** 2018. Brasília, DF: Ministério da Economia, 2018. Disponível em: <<http://www.rais.gov.br/sitio/tabelas.jsf>>. Acesso em: 14 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde (BR). **Política Nacional de Saúde da Pessoa com Deficiência**. Brasília (DF): Ministério da Saúde, 2010b. Acesso 14 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.446, de 11 de novembro de 2014. 2014. **Redefine a Política Nacional de Promoção da Saúde (PNPS)**. Disponível em: <[http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2015/fevereiro/23/15.%20PNPS%20revi sada%20-%20Portaria%20n%C2%BA%202446.pdf](http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2015/fevereiro/23/15.%20PNPS%20revi%20sada%20-%20Portaria%20n%C2%BA%202446.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 3.128, de 24 de dezembro de 2008. Define que as **Redes Estaduais de Atenção à Pessoa com Deficiência Visual sejam compostas por ações na atenção básica e Serviços de Reabilitação Visual**. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2008/prt3128_24_12_2008.html>.

Acesso em: 3 jan. 2023.

BRASIL. Portaria MS/SAS nº 835, de 25 de abril de 2012. Brasil 2012b. **Institui incentivos financeiros de investimento e de custeio para o Componente Atenção Especializada da Rede de Cuidados à Pessoa com Deficiência no âmbito do Sistema Único de Saúde**. 2012b. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2012/prt0835_25_04_2012.html>.

Acesso em: 02 jun. 2022.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm> Acesso em: 19 jun. 2020.

BRASIL. **Declaração de Salamanca e linha de ação sobre necessidades educativas especiais**. 2. ed. Brasília, DF: Corde, 1994. Acesso em 17 dez. 2022.

BRASIL. Decreto nº 6.949, de 25 de agosto 2009. Promulga a **Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência e seu Protocolo Facultativo, assinados em Nova York**, em 30 de março de 2007. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6949.htm>.

Acesso em: 17 out, 2022.

BRASIL. Decreto nº 3.298, de 20 de dezembro de 1999. Regulamenta a Lei no 7.853, de 24 de outubro de 1989, que dispõe sobre a **Política Nacional para a Integração da Pessoa Portadora de Deficiência**, consolida as normas de proteção e dá outras providências. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d3298.htm>. Acesso em: 12 abr. de 2022.

BRASIL. Decreto nº 7.612, de 17 de novembro de 2011. **Institui o Plano Nacional dos Direitos da Pessoa com Deficiência - Plano Viver sem Limite**. Brasil: Diário Oficial da União. Disponível: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Decreto/D7612.htm>. Acesso em: 28 mar. de 2022.

BRASIL. Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004. Regulamenta as Lei 10.048, de 8 de novembro de 2000, e 10.098, de 19 de dezembro de 2000, que estabelece **normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências**. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Decreto/D5296.htm>. Acesso em: 28 jun. 2022.

BRASIL. **Norma Brasileira de Acessibilidade 9050 (NRB)** publicada em 2004. Disponível em: <<http://acessibilidade.unb.br>>. Acesso 2 mar. 2022.

BRASIL. **Deficiência visual**. 2006. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/deficienciavisual.pdf>>. Acesso em: 17 dez. 2022.

BRASIL. Lei nº 4.024, de 20 de dezembro de 1961. **Lei de diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-4024-20-dezembro1961-353722-publicacaooriginal-1-pl.html>>. Acesso em: 12 abr. 2022.

BRASIL. Lei nº 5.692, de 11 de agosto de 1971. **Fixa Diretrizes e Bases para o ensino de 1º e 2º graus, e dá outras providências**. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l5692.htm>. Acesso em: 05 de jan. 2022.

BRASIL. Lei nº 7.853, de 24 de outubro de 1989. **Dispõe sobre o apoio às pessoas portadoras de deficiência, sua integração social, sobre a Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência - Corde**, institui a tutela jurisdicional de interesses coletivos ou difusos dessas pessoas, disciplina a atuação do Ministério Público, define crimes e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7853.htm>. Acesso em: 20 abr. 2022.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. **Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional**. Disponível em <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm>. Acesso em: 12 abr. 2022.

BRASIL. Lei nº12.796. Alterações na Lei nº9.394. de 04 de abril de 2013. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/l12796.htm.

Acesso em: 29 abr. 2022.

BRASIL. Lei nº 8.213, DE 24 DE JULHO DE 1991. **Lei de contratação de Deficientes nas Empresas.** Disponível em http://www.planalto.gov.br/Ccivil_03/Leis/L8213cons.htm. Acesso em: 10 julho 2022.

BRASIL. Lei 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a **Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência** (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm. Acesso em: 11 set. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação/GM. (1996). Aviso Circular nº 277, de 08 de maio de 1996. Brasília – DF. Disponível: <portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/aviso277.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **A inclusão de pessoas com deficiência no mercado de trabalho.** – Brasília: MTE, SIT, DEFIT, 2007. 98 p. 2022.

BRASIL. MEC/SEMESP. **Plano Nacional de Educação** (PNE, 2014-2024): garantia de inclusão educacional para pessoas com deficiência, em todos os níveis de ensino. 2020. Disponível: <http://portal.mec.gov.br/component/tags/tag/semesp>. Acesso em: 19 ago. 2021.

BRASIL. Publicado no Diário Oficial da União, Lei 14.417/2022. **Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego**, PRONATEC. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2022/Lei/L14417.htm. Acesso em: 15 abr. 2023.

BRASIL. Censo da Educação Superior. Resultado do **Censo da Educação Superior. Publicado em 18/02/2022.** Disponível em: <http://www.gov.br/inep/pt-br/assuntos/noticias/censo-da-educacao-superior/2022>. Acesso em: 20 março 2022.

BRASIL. Lei 10.098. Política Nacional da pessoa com Deficiência. Prioridade aos deficientes. **Formação de intérpretes em Braille.** 2000. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l10098.htm. Acesso 8 fev. 2021.

BRASIL. Governo Federal, institui, conforme disposto na Lei 13.146/2015 o Decreto 10.094 de 2019, o Plano Nacional da **Legislação em Tecnologia Assistiva** (TA). Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/d10094.htm. Acesso em: 10 fev.2021.

- BRUMER, A; PAVEI, K.; MOCELI, D. G. Saindo da escuridão: perspectivas da inclusão social, econômica, cultural e política dos portadores de deficiência visual em Porto Alegre. SciELO – Brasil. **Sociológicas**. publicação nesta coleção 01 set. 2004.
- BRUNO, M. M. G. A escolarização de pessoas com deficiência visual: algumas reflexões sobre o atendimento educacional especializado e a prática pedagógica. In: MELETTI, S. M. F.; KASSAR, M. M. (Org). **Escolarização de alunos com deficiência: desafios e possibilidades**. 2ªed, Campinas: Mercado de Letras, 2013.
- BRUNO, M. M. G. & NASCIMENTO, R. A. L do. Política de Acessibilidade: o que dizem as pessoas com deficiência visual. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 44, n. 1, e84848, 2019.
- BUONO, V. **LIBERDADE, IGUALDADE, FRATERNIDADE: HÁ 230 ANOS, ERA APROVADA A DECLARAÇÃO DOS DIREITOS DO HOMEM E DO CIDADÃO**. Revista digital Aventuras na história, UOL. 2019. Disponível em: <<https://aventurasnahistoria.uol.com.br/noticias/acervo/declaracao-dos-direitos-do-homem-e-aprovada-na-franca.shtml>>. Acesso em 25 de abr. 2021.
- BE MY EYES. **Be My Eyes Bringing Sight To Blind and Low-vision People** 2023. Disponível: <<https://www.bemyeyes.com/language/english>>. Acesso em: 25 out. 2023.
- CABRAL, D. **Instituto dos Meninos Cegos (1889-1930)**. Arquivo Nacional, Dicionário Primeira Republica. 2019. Disponível em: <<https://mapa.an.gov.br/index.php/dicionario-primeira-republica/815-instituto-dos-meninos-cegos>>. Acesso em 14 nov. de 2022.
- CASTRO, S. F. & ALMEIDA, M. A. Ingresso e permanência de alunos com deficiência em universidades públicas brasileiras. **Revista Brasileira de Educação Especial**. 20(2), 179-194. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-65382014000200003>>. Acesso em: 15 jan. 2023.
- CAMARGO, E. P. de. Saberes docentes para inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de física. Ed. Unesp, São Paulo, 2012.
- CAMARGO, E. P. Saberes docentes mobilizados nos contextos da formação da licenciatura em física e dos estudantes com e sem deficiência visual. **Tese** (livre-docência). Univ. Est. Paulista Júlio de Mesquita Filho, Fac. De Engenharia de Ilha Solteira. 2016.
- CAPOVILLA, D.; KRUGEL, J.; HUBWIESER, P. **Teaching Algorithmic Thinking Using Haptic Models for Visually Impaired Students**. 2013. Learning and Teaching

in Computing and Engineering, Macau, Macao, p. 167-171, 2013. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/6542255>>. Acesso em: 05 fev. 2023.

CASTRO, S.F.; ALMEIDA, M. A. Ingresso e Permanência de Alunos com Deficiência em Universidades Públicas Brasileiras. **Revista Brasileira de Educação Especial**. Marília, v. 20, n. 2, p. 179-194, Abr.-Jun., 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbee/a/XPGCHzqgpSQWtHV8grBb5nL/#>>. Acesso em: 22 jun. 2022.

CIANTELLI, A. P. C. & LEITE, L. P. Ações exercidas pelos núcleos de acessibilidade nas universidades federais brasileiras. **Revista Brasileira de Educação Especial**. 22(3), 413-428. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-65382216000300008>>. Acesso em: 15 dez. de 2022.

CORREIA, L. M. (Org.) **Educação especial e inclusão**: quem disser que uma sociedade sobrevive sem a outra não está no seu perfeito juízo. Porto Ed., Porto, 2003.

CLEMENTE, C. A. **Trabalho docente**: leis, mitos e práticas de inclusão. São Paulo: Ed. Do Autor, 2008.

DAVIDOFF, L. L.; PEREZ, L.; LOMÔNACO, J. F. B. **Introdução à psicologia**. São Paulo: Makron Books, 2001.

DIAZ, A. L. A. **História de las deficiências**. Escuela Libre Editorial. Madrid, 1995.

DICHER, M.; TREVISAN, E. **A jornada histórica da pessoa com deficiência**: Inclusão como exercício do direito à dignidade da pessoa humana. 2014. Disponível em: <<http://publicadireito.com.br>>. Acesso em: 23 jan. 2020.

DFPlayer. **DFPlayer mini – MP3-TF-16P V1.0 Manual**. Sd. Disponível em: <<https://www.electronicoscaldas.com/datasheet/DFR0299-DFPlayer-Mini-Manual.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2022.

DUARTE, M. **Conceito de Variável**. Info na escola, Disponível em: <<https://www.infoescola.com/matematica/conceito-de-variavel/>>. 2019. Acesso em: 26 out. 2022.

FERNANDES, W. L. & COSTA, C. S. L. Possibilidades da tutoria de pares para estudantes com deficiência visual no ensino técnico e superior. **Revista de Educação Especial**. N.21(1), 39-56. 2015.

FILHO, D. M. da S.; KASSAR, M. de C. M. Acessibilidade nas escolas como uma questão de direitos humanos. **Revista Educação Especial**, [S. l.], v. 32, p. e27/ 1–19,

2019. DOI: 10.5902/1984686X29387. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/educacaoespecial/article/view/29387>>. Acesso em: 26 jun. 2024.

FRIEDRICH, R. V.; SANTOS, D. S.; KELLER, R. S.; PUNTEL, M. D.; BIASOLI, D. **Proposta Metodológica para a Inserção ao Ensino de Lógica de Programação com Logo e Lego Mindstorms**. In: Anais Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Rio de Janeiro. 2012. Disponível em: <<http://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/1762/1523>>. Acesso em: 12 jan. 2021.

FRÓES, S., TEIXEIRA, G. de O., LUCENTE, A. M., VIDAL, J., DAMASCENA, M. A. **Inclusão**: possível e necessária. XX Encontro Nacional de Professores do PROEPRE. Águas de Lindóia, São Paulo, 2003.

GARCIA, V. **A pessoa com deficiência e sua relação com a história da humanidade**. 2012. disponível em: <<https://www.deficienteciente.com.br/a-pessoa-com-deficiencia-e-sua-relacao-com-a-historia-da-humanidade-partefinal.html>>.

Acesso 10 nov. 2022.

GARCIA, C. M. **Formação de professores**: para uma mudança educativa. Portugal, Porto Editora, 1999.

GARCIA, J. C. D. (Org.) Livro branco da tecnologia assistiva no Brasil. São Paulo: **Instituto de Tecnologia Social** – ITS, Brasil, 2017.

GALVÃO, N. S., FRAGA, C. C. S., SANTOS, C. S., MELO, M. W. S., VIANA, R. C., SANTOS, V. N. & SANTOS, Z. F. Deficiência visual e o acesso aos conteúdos textuais no Ensino Superior. Revista Entre ideias – Educação, Cultura e Sociedade. N.4(1), 143-160. 2015.

GAUTHIER, C. et. al. **Por uma teoria da pedagogia**: pesquisas contemporâneas sobre o saber docente. Universidade de Ijuí, Ijuí, RS.,1998.

GIL, M. (Org.) **A tecnologia na educação do aluno com deficiência visual**. Brasília, MEC, Secretaria à Distância, 2000.

GIL, M. **Caminhos da inclusão**: a trajetória da formação profissional de pessoas com deficiência. SENAI, SP, 2012.

GONÇALVES, T. G. G. L.; MELETTI, S. M. F.; SANTOS, N. G. Nível Instrucional de pessoas com deficiência no Brasil. **Revista crítica educativa**, nº 1, v. 2, 2015.

GUGEL, M. A.. **Pessoa com deficiência e o direito ao trabalho**. 1. ed. Florianópolis: Obra Jurídica, 2007.

GUHUR, M. de L. P. **Representação da deficiência mental**: esboço de uma abordagem histórica. UNIMEP, 1992.

HALVERSON, E. R. AND SHERIDAN, K. **The maker movement in education**. **Harvard Educational Review**, pg.495-504, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.17763/haer.84.4.34j1g68140382063>>. Acesso em 15 out. 2023

HSATINGS, M. **Inferno, o mundo em guerra, 1939-1945**, Ed. Intrínseca, Trad. Berilo Vargas. 2011.

INDIA, G.; RAMAKRISHNA, G.; PAL, J.; SWAMINATHAN, M., 2020. Conceptual Learning through Accessible Play: Project Torino and Computational Thinking for Blind Children in India. In: Proceedings of the 2020. **International Conference on Information and Communication Technologies and Development (ICTD2020)**. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Art. 6, p. 1-11, 2020.

JEFFREY, D. C. A POLÍTICA DE AÇÕES AFIRMATIVAS: entre a representatividade e a produção acadêmica. **Periferia, [S. l.]**, v. 15, p. e70348, 2023. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/periferia/article/view/70348>>. Acesso em: 12 dez. 2023.

KELLER, H. **Hellen Keller**: a história da minha vida - autobiografia. 1. ed. Brasil. Lebooks Editora, 2019.

LABOISSIÈRE, P. **Alunos cegos ainda enfrentam dificuldades nas escolas pela falta de material adaptado**. ABRELIVROS. 2009. Disponível em: <<https://abrelivros.org.br/site/alunos-cegos-ainda-enfrentam-dificuldades-nas-escolas-pela-falta-de-material-adaptado/>>. Acesso em 25 set. 2022.

LAKSHAY, D. V. G. Talking Multimeter and LCR Meter: Accessible for Blind or Visually Impaired Persons (VIPs). **2021 9th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions) (ICRITO)**, Noida, India, pg. 1-4, 2021. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9596400>>. Acesso em: 02/03/2023.

LEGADO. **10 tecnologias sociais pela inclusão da pessoa com deficiência**. 2020. Disponível em: <<https://institutolegado.org/blog/tecnologias-sociais-para-pessoas-com-deficiencia/>>. Acesso em: 15 out. 2021.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.

MANDUCHI, R. **Assistive Technology for Blindness and Low Vision**. CRC Press: Calif6ria, 2012.

MANTOAN, M. T. E. **Uma escola mais que especial**: o mote da inclus6o. XX Encontro Nacional de Professores do PROEPRE. 6guas de Lind6ia, S6o Paulo, 2003.

MANTOAN, M. T. E. **O verde n6o 6 o azul listado de amarelo**: considera66es sobre o uso da tecnologia na educa66o/reabilita66o de pessoas com defici6ncia. Espaço: informativo t6cnico-cientifico do INÊS, Rio de Janeiro, n. 13, p. 55-60. 2000.

MARTINS, B. S. **E se eu fosse cego?** Narrativas silenciadas da defici6ncia. Porto: Afrontamento, 2006.

MARTINS, L. M. S. M. & SILVA, L. G. S. Trajet6ria acad6mica de uma estudante com defici6ncia visual no ensino superior. **Revista Educa66o em Quest6o**. N.54 (41), 251-274. 2016.

MELLO, A. G.; NUERNBERG, A. H. G6nero e defici6ncia: Interse66es e perspectivas. **Estudos feministas**. Florian6polis, v. 20, n. 3, 2012.

MIANES, F. L. Defici6ncia visual: olhares e possibilidade. **Momento: Di6logos em Educa66o**. E. ISSN 2316-3110, v. 29, n.3, 2020.

MEJÍA, P.; MARTINI, L. C.; GRIJALVA, F.; ZAMBRANO, A. M. CASVI: Computer Algebra System Aimed at Visually Impaired People. **Experiments**. In IEEE Access, v. 9, p. 157021-157034, 2021.

MOTTA, L. M. de M. **Audiodescri66o na escola**: abrindo caminhos para leitura de mundo. 2015. Disponívél em: <<http://www.vercompalavras.com.br/pdf/a-audiodescricao-na-escola.pdf>>. Acesso em 16 mar. 2023.

NEGR6O, D. N. M. M.; S6A, R. O. S. Tecnologia assistiva: a tecnologia a favor da acessibilidade e inclus6o. **Coruja Informa**, 08 dez. 2023. Disponívél em: <<https://www.each.usp.br/petsi/jornal/?p=2844>>. Acesso em: 02 jan. 2024.

NOGUEIRA, R. E.; RIBEIRO, G. R.; GARCIA, M. L. S. Elaborac6o de mapas t6teis em escala grande: o caso do mapa do campus da UFSC. **III Simp6sio Brasileiro de Ci6ncias Geod6sicas e Tecnologias da Geoinforma66o**. Recife, PE, 2010.

NUNES, S. S. **Desenvolvimento de conceitos em cegos cong6nitos**: caminhos de aquisi66o do conhecimento. 2004. Disponívél em: <http://www.teses.usp.br/disponiveis/47/47131/tde-23012007-075431/publico/conceitoscegos.pdf>>. Acesso em 18 mar. 2023.

NUNES, S. da S; LOMÔNACO, J. F. B. Desenvolvimento de conceitos em cegos congênitos: caminhos de aquisição do conhecimento. **Revista Semestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional (ABRAPEE)**, v. 12, n.1, 2008.

OLIVEIRA, J. M. de; ARAÚJO, J. N. G. de; ROMAGNOLI, R. C. **Dificuldades relativas à inclusão social das pessoas com deficiência no mercado de trabalho**. Latin-American Journal of Fundamental Psychopathology on line, São Paulo, v. 6, n. 1 maio, 2006. Acesso em: 03 fev. 2022.

PIERO A. B. P. D., ARAUJO, I. M. **Dosvox**: possibilidades de uso pedagógico no processo de ensino-aprendizagem. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação em Licenciatura em Computação) Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA. Pará, São Miguel do Guamá, 2017.

OLIVEIRA, R. Q.; OLIVEIRA, S. M. B.; OLIVEIRA, N. A.; TREZZA, M. C. S. F.; RAMOS, I. B. & FREITAS, D. A. A. A inclusão de pessoas com necessidades especiais no ensino superior. **Revista Brasileira de Educação Especial**. N.22 (2), 299-314. 2016.

ONU. Organização Nacional das Nações Unidas. **Declaração dos Direitos das Pessoas Deficientes**. Resolução Adotada pela Assembleia Geral da ONU em 9 de dezembro de 1975. Comitê Social Humanitário, 1975.

ONU. **Programa de Ação Mundial para Pessoas Deficientes**. Organização das Nações Unidas, Biblioteca virtual de direitos humanos, Universidade de São Paulo, USP. 1982. Disponível em: <
<http://www.ct.ufpb.br/lacesse/contents/documentos/legislacao-internacional/programa-de-acao-mundial-para-as-pessoas-com-deficiencia-onu-1982.pdf>>. Acesso em 14 abr. 2022.

PAUGAM, S. O. O enfraquecimento e a ruptura dos vínculos sociais: uma dimensão essencial do processo de desqualificação social. IN: BADER, S. (Org). **As artimanhas da exclusão**: análise psicossocial e ética da desigualdade social. 9ª ed., Petrópolis: Vozes, 2007.

PEREIRA, R.; COSTA, S. S.; FACIOLA, R.; PONTES, F. & HOLANDA, R. M.; Inclusão de estudantes com deficiência no ensino superior: uma revisão sistemática. **Revista Educação Especial** 1 (1), 147-160; 2016.

PETITTO, S. **Projetos de trabalho em informática: desenvolvimento de competências**. Campinas: Papyrus, 2003.

PINHEIRO, H. L. Os direitos humanos de Pessoas Portadoras de Deficiência. In: **Relatório Azul Garantias e Violações dos Direitos Humanos no RS**. Porto Alegre. Assembleia Legislativa. P. 144-155, 1997/1998.

PRATES, D. **Acessibilidade atitudinal**. Rio de Janeiro: Gramma, 2016.

QINGXIAN ZEMING LANGXI. **ZMPT101B(ZMPT107) voltage voltage transformer operating guide**. China, sem data. Disponível em: <<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1131993/ETC2/ZMPT101B.html>>.

Acesso em 15 abr. 2023.

ROBE, R.; POLETTO SALTON, B.; BERTAGNOLLI, S. Recursos pedagógicos para o ensino de programação de estudantes com deficiência visual: uma revisão da literatura. **RENOTE**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, 2020. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/105922>>. Acesso em: 10 fev. 2023.

ROMA, A. de C. A trajetória de formação e atuação profissional de professores com deficiência visual. **Dissertação** (Mestrado em Educação). Universidade de Taubaté, SP., 2020.

SANTOS, A. D. P. *et al.* Tecnologia Assistiva para pessoas com deficiência visual: uma análise da produção tecnológica no Brasil. **Cadernos de Prospecção**. v.11, n. 5, 2018.

SANTOS, A. J. Tecnologias de informação e comunicação. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia e Gestão do Conhecimento). Universidade Federal de Santa Catarina. 2015.

SANTOS, M. J. dos. A escolarização do aluno com deficiência visual e sua experiência educacional. **Dissertação** (Mestrado em Educação). Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2007.

SASSAKI, R. K. Inclusão: acessibilidade no lazer, trabalho e educação. **Revista Nacional de Reabilitação**. São Paulo, ano XII, p. 10, 2009.

SASSAKI, R. K. **As sete dimensões da acessibilidade**. São Paulo: Larvatus Prodeo, SP., 2019.

SCHWARZ, A.; HABER, J. **Gestão de pessoas com deficiência**. Febraban, 2006.

SCHERER, R. L. Criação de uma escala e avaliação do estilo de vida em adultos com deficiência visual das diferentes regiões do Brasil em 2018. **Tese** (Doutorado em Educação Física), Programa de Pós-graduação em Educação Física. universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2020.

SELEAU, B. & DAMIANI, M. F. A conclusão da educação superior por cegos e a psicologia de Vygotski: a ponta do iceberg. **Perspectiva**, 34 (3), 861-879. 2016. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/perspectiva/article/view/2175-795X.2016v34n3p.861>>. Acesso em 17 mar. de 2022.

SELEAU, B., DAMIANI, M. F. & COSTA, F. A. T. Estudantes cegos na educação superior: o que fazer com os possíveis obstáculos? **Acta Scientiarum Education**, 39(4), 431-440. 2017. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/br/ojs/index.php/ActaSciEduc/article/view/28915>>. Acesso em 20 mar. 2022.

SILVA, P. I. X. **EDUCACAO DE SURDOS MUDOS – HISTORIA**. Webartigos, 2013. Disponível em: <<https://www.webartigos.com/artigos/educacao-de-surdos-mudos-historia/116085/>>. Acesso 12 nov. 2022.

SILVA, R. T. G.; FERREIRA, A. M.; DINIZ, A. M. F. **Desenvolvimento e implementação de uma bancada didática para comandos elétricos com acessibilidade para deficientes visuais**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, 2015. Disponível em: <https://prpi.ifce.edu.br/nl/_lib/file/doc1229-Trabalho/PIBIC_RF.pdf>. Acesso em 20 abr. 2023.

SIMÕES, A. P.; FRIZZERA, A. C. S.; KOEHLER, A. D.; SONDERMANN, D. V. C. O leitor de tela e a criação de materiais digitais acessíveis a pessoas com deficiência visual. In: SONDERMANN, D. V. C.; LINS, A. C.; BALDO, Y. P. (Orgs.). **Incluir é possível: desmistificando barreiras no processo de ensino-aprendizagem**. Vitória, ES: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, 2019.

SINGLA, S. K.; YADAY, R. K. Optical Character Recognition Based Speech Synthesis System Using LabVIEW. **Journal of Applied Research and Technology**, V. 12, n5, p. 919-926, 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S166564231470598X>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

SOBRINHO, A. G. O. *et al.* Estigmatização de pessoas com deficiência visual: como tratar esta questão? **Humanas Sociais e Aplicadas**. V. 8, n.23, 2018.

SOUZA, A. P. Acessibilidade de deficientes visuais aos ambientes digitais/virtuais. **Dissertação** (Mestrado em Educação): UFRGS. Porto Alegre, 2004.

SOUZA, J. B. Cegueira, Acessibilidade e Inclusão: Apontamentos de uma trajetória. **Psicologia: Ciência e Profissão**. V. 38, n.3, 2018.

- SOUZA, M. I. F. Modelo de produção de microconteúdo educacional para ambientes virtuais de aprendizagem com mobilidade. **Tese Doutorado em Educação**. Fac. de Ed. UNICAMP, Campinas, 2013.
- SZESZ J, A.; MENDES, L. R.; SILVA, S. C. R. Math2Text: Software para geração e conversão de equações matemáticas em texto - limitações e possibilidades de inclusão. **RISTI**, Porto, n. 37, p. 99-115, 2020. Disponível em: <http://scielo.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1646-98952020000200008&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 02 abr. 2023.
- TALKBACK. **Google Talkback**, 2023. Disponível em: <https://support.google.com/accessibility/android/topic/3529932?hl=pt-BR&ref_topic=9078845>. acesso em 20 de jan. 2023.
- TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. 4ª ed., Petrópolis: Vozes, 2004.
- TORRES, E. F.; MAZZONI, A. A.; DE MELLO, A. G. Nem toda pessoa cega lê em Braille, nem toda pessoa surda se comunica em língua de sinais. **Educação e Pesquisa**. v. 33, n. 2, 2007.
- TEXAS INSTRUMENTS. **INA219 Zero-Drift, Bidirectional Current/Power Monitor With I 2C Interface**. Dallas: Texas Instruments, 2015. Disponível em: ≤ <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ina219.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2023.
- VALENTE, J. A. *et al.* **O computador na sociedade do conhecimento**. UNICAMP/NIED, Campinas, 2005.
- VON DER WEIDA, O. Entre o cuidado e a autonomia: deficiência visual e relações de ajuda. **Revista Antropológicas**. v. 29, n. 2, 2018.
- VON DER WEIDA, O. Provincializar a visão: esboços para uma abordagem metodológica. **Teoria e cultura**. V. 11, n. 3, 2017.
- VYGOTSKI, L. S. **Pensamento e Linguagem**. Martins Fontes: São Paulo, 1989.
- XAVIER, G. F. C. **Lógica de programação**. Edição 13, Ed. SENAC, São Paulo, 2018.

Apêndice 1

a) Apresentação do multímetro, disponível em: https://youtu.be/a_QoHeWgBRk ou pelo QR Code Abaixo (Figura 83).

Figura 83 - QR Code Apresentação do multímetro



Fonte: Autor deste projeto

b) Medição de Tensão e Corrente DC, disponível em: <https://youtu.be/HJija7k2MEU> ou pelo QR Code Abaixo (Figura 84).

Figura 84 - QR Code Tensão e Corrente DC



Fonte: Autor deste projeto

Resultados obtidos Tabela 6 e Tabela 7:

Tabela 6 - Resultados de medições (tensão DC)

Medição Tensão DC	
Medição multímetro minipa ET-2042E (V)	Medição multímetro desenvolvido neste trabalho (V)
5,08	5,1
8,98	8,98
15,52	15,52
18,39	18,4
24,14	24,15

Fonte: Autor deste projeto

Tabela 7 - Resultados de medições (corrente DC)

Medição de Corrente DC	
Medição multímetro minipa ET-2042E (mA)	Medição multímetro desenvolvido neste trabalho (mA)
5,18	5,2
22,56	22,6
19,4	19,5
30,6	30,6

Fonte: Autor deste projeto

c) Medição de resistores, disponível em: <https://youtu.be/mbW5dPFRbYY> ou pelo QR Code Abaixo (Figura 85).

Figura 85 - QR Code Medição resistores



Fonte: Autor deste projeto

Resultados obtidos nas medições Tabela 8:

Tabela 8 - Resultados de medições (resistores)

Medição Resistores	
Medição multímetro minipa ET-2042E	Medição multímetro desenvolvido neste trabalho
970Ω	960Ω
9,6KΩ	10KΩ
266Ω	260Ω
146Ω	140Ω

Fonte: Autor deste projeto

d) Medição de tensão AC, disponível em: <https://youtu.be/fuYHe8QhDz0> ou pelo QR Code Abaixo (Figura 86).

Figura 86 - QR Code Medição tensão AC



Fonte: Autor deste projeto

Resultados obtidos nas medições Tabela 9:

Tabela 9 - Resultado de medições (tensão AC)

Medição Tensão AC	
Medição multímetro minipa ET-2042E (V)	Medição multímetro desenvolvido neste trabalho (V)
126,4	128
129,5	132,22
224,7	227,89

Fonte: Autor deste projeto

d) Medição de corrente AC, disponível em: <https://youtu.be/gHbh3TnmZgg> ou pelo QR Code Abaixo (Figura 87).

Figura 87 - QR Code Medição Corrente AC



Fonte: Autor deste projeto

Resultados obtidos nas medições Tabela 10:

Tabela 10 - Resultado de medições (corrente AC)

Medição Corrente AC	
Medição multímetro minipa ET-2042E (A)	Medição multímetro desenvolvido neste trabalho (A)
0,31	0,28
0,76	0,7
4,85	4,68
8,75	8,42

Fonte: Autor deste projeto

e) Alarme de Segurança, disponível em: https://youtu.be/Hvx2ic_Gk5Y ou pelo QR Code abaixo (Figura 88).

Figura 88 - Qr Code Alarme de Segurança



Fonte: Autor deste projeto

f) Verificador de umidade do solo, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=pn1VEKSq410> ou pelo QR Code Abaixo (Figura 89).

Figura 89 - QR Code Verificador de umidade do solo



Fonte: Autor deste projeto

g) Identificador de luz, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=iuQeH4J6yQU> ou pelo QR Code Abaixo (Figura 90).

Figura 90 - QR Code Identificador de Luz



Fonte: Autor deste projeto

Apêndice 2

Para utilizar o aplicativo progvox o usuário primeiramente precisa fazer download do aplicativo disponível no link: <https://drive.google.com/file/d/1CrCtNrn5U5u5hzD5WhyEJeePeLrLNxp/view?usp=sharing> ou pelo QR Code Abaixo (Figura 91).

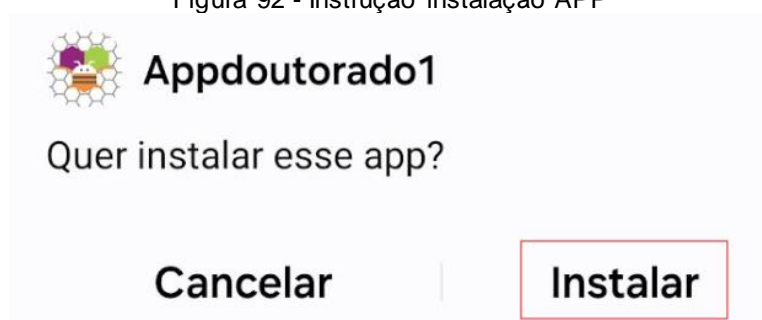
Figura 91 - QR Code Download do aplicativo



Fonte: Autor deste projeto

Após efetuar o download do aplicativo o usuário deverá clicar no aplicativo baixado e selecionar a opção “Instalar” (Figura 92).

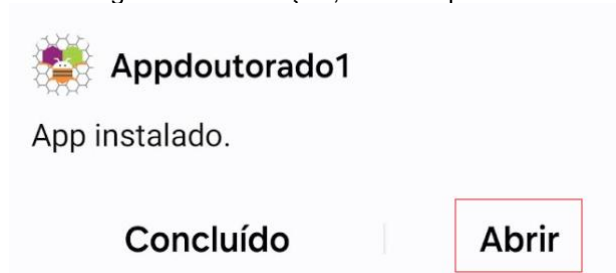
Figura 92 - Instrução instalação APP



Fonte: Autor deste projeto

Em seguida deverá selecionar a opção “Abrir” para inicializar o aplicativo (Figura 93).

Figura 93 - Instrução, abrir o aplicativo



Fonte: Autor deste projeto

Memorial

Retornando ao meu passado, desde criança, sempre tive uma paixão intensa pela arte de desmontar e montar coisas. A curiosidade insaciável sobre o funcionamento dos objetos ao meu redor levou-me a abrir relógios, desmontar aparelhos eletrônicos e modificar carrinhos de controle remoto, inserindo motores diferentes para ver como funcionavam. Na escola, as disciplinas de exatas, como matemática e física, sempre foram as que mais me motivaram e desafiaram. Eu achava fascinante e empolgante entender as leis que governam o mundo físico.

Minha jornada no mundo da tecnologia começou cedo. Meu pai, percebendo meu interesse crescente, permitiu que eu fizesse um curso onde aprendi sobre hardware e software. Ficava maravilhado ao descobrir como os computadores funcionavam, desmontando e montando peças, e aprendendo a solucionar problemas técnicos. Esse curso foi um divisor de águas na minha vida, acendendo uma chama que só cresceria com o tempo.

Durante o ensino médio, tive a oportunidade de fazer um curso técnico em design de games. Este curso foi transformador, pois permitiu um mergulho profundo no mundo da programação. Aprendi a criar e desenvolver jogos, entendendo as complexidades da lógica de programação e as possibilidades infinitas que a tecnologia oferecia. A cada novo projeto, minha paixão pela programação só aumentava.

Ao final do ensino médio, enfrentei a difícil decisão de escolher uma faculdade. Estava dividido entre minha paixão por computadores e meu fascínio pela eletrônica e elétrica. Depois de muita pesquisa e reflexão, descobri que a engenharia elétrica combinava esses dois interesses de uma forma única. Foi assim que decidi seguir essa carreira, iniciando minha jornada na faculdade de engenharia elétrica.

A graduação foi uma experiência inesquecível. Durante os cinco anos de curso, fui desafiado de maneiras que nunca tinha imaginado. Tive a sorte de aprender com professores excepcionais, que não só transmitiram conhecimento específico, mas também inspiraram e incentivaram minha curiosidade e imaginação. A cada semestre fiquei mais motivado, aprofundando cada vez mais nas disciplinas, encantado com a vastidão do campo da engenharia elétrica.

No entanto, o ponto alto da minha graduação foi o desenvolvimento do meu trabalho de conclusão de curso (TCC). Precisava escolher um projeto e queria que fosse algo significativo, que pudesse realmente fazer diferença.

No meu prédio, havia uma moradora cega a quem eu frequentemente auxiliava no uso do computador. Observando suas dificuldades de locomoção, tive a ideia de desenvolver um protótipo para auxiliar pessoas com deficiência visual a evitar colisões com objetos. O dispositivo consistia em sete acessórios colocados em diferentes regiões do corpo (cabeça, braços, mãos, cintura e joelhos), que detectavam a proximidade de objetos por meio de vibrações.

Esse projeto foi bastante elogiado, recebi o prêmio de melhor TCC, o que me encheu de orgulho e abriu portas importantes. Fui convidado a participar do Imagine Cup da Microsoft e a conceder entrevistas sobre o protótipo, incluindo uma para a TV Futura. Essas experiências foram extremamente gratificantes e reforçaram minha vontade de usar a tecnologia para ajudar os outros.

Após a graduação, estava um pouco perdido sobre o próximo passo. No entanto, sempre tive o desejo de seguir a carreira acadêmica. Meus pais, ambos professores, sempre me inspiraram com sua capacidade de ensinar e ajudar os outros. Assim, decidi ingressar no mestrado em Educação, onde desenvolvi um protótipo para ensinar programação e robótica, auxiliando no aprendizado de física para alunos do ensino médio. Paralelamente, criei um aplicativo para celular que ajudava pessoas com autismo a se comunicarem.

Concluindo o mestrado, percebi que queria continuar na carreira acadêmica e iniciei o doutorado em engenharia elétrica, dedicando meu projeto à inclusão de pessoas com deficiência visual nas áreas de programação, elétrica e eletrônica, áreas que admiro profundamente. Os anos do doutorado foram marcados por muitos desafios, incluindo quase perder minha mãe devido a um infarto no início da pandemia de COVID-19, uma época de muita tristeza e dor.

Durante a pandemia, precisei aprender a desenvolver projetos em 3D e dedicar-me intensamente à criação dos protótipos do meu trabalho e na elaboração de artigos. A presença do meu orientador, que também é cego, foi fundamental para o desenvolvimento deste projeto. Sua orientação e apoio ao longo desse período foram essenciais.

Esse memorial é um breve registro de minha trajetória, das dificuldades superadas e das conquistas alcançadas, sempre com o objetivo de usar o conhecimento adquirido para poder tornar a vida mais significativa para os seres humanos. Cada passo dessa jornada foi impulsionado pela curiosidade, paixão e desejo de contribuir positivamente para melhorar nossa realidade existencial.