



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS COMPUTACIONAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

Dissertação de Mestrado

Recursos Didáticos Acessíveis com Foco na Deficiência Visual: uma abordagem baseada na Internet das Coisas

Derlain Monteiro de Lemos

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Computação da Universidade Federal do Rio Grande, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Computação

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Regina Barwaldt
Coorientador: Prof. Dr. Carlos Rodrigues Rocha

Rio Grande, 2024

Ficha Catalográfica

L557r Lemos, Derlain Monteiro de

Recursos didáticos acessíveis com foco na deficiência visual:
uma abordagem baseada na internet das coisas / Derlain Monteiro
de Lemos. – 2024.

92 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande –
FURG, Programa de Pós-Graduação em Computação, Rio
Grande/RS, 2024.

Orientadora: Dra. Regina Barwaldt.

Coorientador: Dr. Carlos Rodrigues Rocha

1. Deficiência visual 2. Tecnologia assistiva 3. Recursos
didáticos 4. Internet das coisas. I. Barwaldt, Regina II. Rocha, Carlos
Rodrigues III. Título.

CDU: 004.5:37-056.262

Catálogo na Fonte: Bibliotecária Alessandra Vieira de Lemos CRB10/1530

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**Recursos Didáticos Acessíveis com Foco na Deficiência Visual: uma
abordagem baseada na Internet das Coisas**

Derlain Monteiro de Lemos

Banca examinadora:

 Documento assinado digitalmente
RAYMUNDO CARLOS MACHADO FERREIRA FILHO
Data: 03/09/2024 09:56:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Raymundo Carlos Machado Ferreira Filho (IFSul) Documento assinado digitalmente
GISELE MORAES SIMAS
Data: 02/09/2024 14:45:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Gisele Moraes Simas (FURG) Documento assinado digitalmente
REGINA BARWALDT
Data: 27/08/2024 21:51:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Regina Barwaldt (FURG)
Orientadora

*Dedico este trabalho à minha família, cujo amor e apoio foram essenciais. A cada um
de vocês, minha eterna gratidão.*

AGRADECIMENTOS

Este trabalho não seria possível sem o apoio inestimável da minha família. À minha estimada esposa, Alessandra, que esteve ao meu lado em cada passo, oferecendo amor, compreensão e encorajamento. Ao meu amado filho, Vinícius, por ser uma fonte constante de alegria e motivação, lembrando-me do propósito maior de minhas conquistas. Aos meus pais, Darci e Elaine, por todo o carinho, sabedoria e dedicação que sempre me inspiraram. A cada um de vocês, meu amor e minha eterna gratidão.

Agradeço à minha orientadora, Professora Regina Barwaldt, pela confiança em mim depositada e pelo constante incentivo ao longo dessa jornada, sendo determinantes para a realização deste trabalho.

Ao meu coorientador, Professor Carlos Rocha, cuja influência tem sido uma constante em minha vida acadêmica e profissional. Agradeço profundamente por todo o apoio e pela amizade que construímos ao longo dos anos.

Aos meus amigos e colegas de trabalho na Coordenação de TI do IFRS, pela colaboração recebida. Ao Thiago Fonseca, Márcio Torres e Carlos Fernandes, pelas sugestões e conversas que tivemos ao longo deste período, e, especialmente, ao Carlos Eduardo Pinheiro, que foi um grande incentivador para meu ingresso no mestrado, enviando-me cada edital publicado. Muito obrigado a cada um de vocês.

Aos meus colegas do grupo INFOEDUC, que, de diversas formas, ofereceram valiosas contribuições.

"A persistência é o caminho do êxito."
— CHARLES CHAPLIN.

RESUMO

LEMOS, Derlain Monteiro de. **Recursos Didáticos Acessíveis com Foco na Deficiência Visual: uma abordagem baseada na Internet das Coisas**. 2024. 92 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Computação. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.

O ser humano é dotado de cinco sentidos, o que permite captar a realidade do mundo a sua volta. A visão é um dos mais importantes sentidos do indivíduo para o seu desenvolvimento, tanto cognitivo como social. De acordo com a Pesquisa Nacional de Saúde (PNS), realizado em 2019, 3,4% da população do país possui algum tipo de deficiência visual, o equivalente a 6,978 milhões de brasileiros. Esta parcela significativa da população enfrenta continuamente dificuldades no cotidiano, desde locomoção, comunicação, acesso à informação, direitos sociais como cultura, lazer, educação. Os recursos de Tecnologia Assistiva (TA) emergem como soluções destinadas a mitigar tais desafios. Este trabalho visa desenvolver Recursos Didáticos que incorporam informações em áudio e elementos interativos, sendo disponibilizados como Tecnologia Assistiva para estudantes com deficiência visual. Uma Revisão Sistemática da Literatura foi conduzida, identificando os recursos de Tecnologia Assistiva mais empregados e compreendendo a utilização de Recursos Didáticos voltados para pessoas com deficiência visual, incluindo a integração de Tecnologias Digitais em diversos contextos. Quanto à metodologia, trata-se de uma abordagem Quali-Quantitativa de natureza aplicada, com caráter exploratório nos objetivos e experimental nos procedimentos. Após o estudo dos componentes e protocolos de comunicação, foi desenvolvido um protótipo do recurso didático, permitindo a realização de testes de funcionamento. Foram realizadas 2 avaliações, sendo a primeira executada por especialistas e a segunda por pessoas com deficiência visual. Os resultados obtidos nas avaliações demonstraram que o objeto desempenhou efetivamente sua função. Os testes destacaram algumas limitações, gerando sugestões valiosas para aprimoramento do projeto. Este processo iterativo de refinamento contribuiu para a otimização contínua do dispositivo, alinhando-se de forma mais precisa às expectativas e demandas do público-alvo.

Palavras-chave: Deficiência visual, tecnologia assistiva, recursos didáticos, *internet* das coisas.

ABSTRACT

LEMOS, Derlain Monteiro de. **Accessible Didactic Resources with a Focus on Visual Impairment: an approach based on the Internet of Things..** 2024. 92 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Computação. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.

The human being is endowed with five senses, which allows them to perceive the reality of the world around them. Vision is one of the most important senses for an individual's cognitive and social development. According to the National Health Survey(PNS) conducted in 2019, 3.4% of the country's population has some form of visual impairment, equivalent to 6.978 million Brazilians. This significant portion of the population continually faces challenges in their daily lives, ranging from mobility, communication, and access to information, to social rights such as culture, leisure, and education. Assistive Technology (AT) resources emerge as solutions aimed at mitigating these challenges. This work aims to develop Didactic Resources that incorporate audio information and interactive elements, being made available as Assistive Technology for visually impaired students. A Systematic Literature Review was conducted, identifying the most employed Assistive Technology resources and understanding the use of Didactic Resources aimed at people with visual impairments, including integrating Digital Technologies in various contexts. Regarding the methodology, it is a Quali-Quantitative approach of an applied nature, with an exploratory character in the objectives and experimental in the procedures. After studying the components and communication protocols, a prototype of the didactic resource was developed, allowing functionality tests to be conducted. Two evaluations were carried out, the first executed by specialists and the second by visually impaired individuals. The results obtained in the evaluations demonstrated that the object effectively performed its function. The tests highlighted the limitations of the device, generating valuable suggestions for project improvement. This iterative refinement process contributed to the continuous optimization of the device, aligning it more precisely with the expectations and demands of the target audience.

Keywords: Visual impairment, Assistive Technology, Didactic Resources, Internet of Things.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Modelo 3D da Régua	18
Figura 2	Modelo 3D da Etiqueta	19
Figura 3	IoT em sua forma mais simples	22
Figura 4	Fases e atividades do processo de Revisão Sistemática da Literatura. .	23
Figura 5	Resultado dos estudos por ano e base	33
Figura 6	Percentual de estudos por ano	34
Figura 7	Estudos Seleccionados por País	34
Figura 8	Recursos de Tecnologia Assitiva	35
Figura 9	Recursos Didáticos e Tecnologias Digitais	35
Figura 10	Hardware do Projeto EuVisto	36
Figura 11	Modelo da Bengala Inteligente com sensor de cores	37
Figura 12	Protótipo de Bengala Inteligente com detecção de Objetos	37
Figura 13	Arquitetura baseada na IoT para uma Bengala Eletrônica	37
Figura 14	Sistema CAPture	38
Figura 15	Classificação de Pesquisas Científicas	39
Figura 16	Modelo 3D do RD-Linha do Tempo	41
Figura 17	Modelo 3D do RD-Mapa Tátil	42
Figura 18	Diagrama de Pinagem - ESP32 DEVKIT V1	43
Figura 19	Diagrama de Pinagem - Arduino	44
Figura 20	Diagrama de Pinagem - Raspberry Pi	44
Figura 21	Campo de Visão	46
Figura 22	Esquema	47
Figura 23	Protoboard	48
Figura 24	Ambiente MIT App Inventor	49
Figura 25	Protocolo HTTP	50
Figura 26	Protocolo MQTT	50
Figura 27	Modelagem 3D - Box	51
Figura 28	Modelo 3D - Linha do Tempo	51
Figura 29	Protótipo 01	52
Figura 30	Protótipo 02	52
Figura 31	Protótipo 03	52
Figura 32	Exemplo de uso da escala de Likert	54
Figura 33	Teste Preliminar - Estutura	57
Figura 34	Teste Preliminar - Recurso Didático	57
Figura 35	Avaliação Preliminar - Questão 01	58

Figura 36	Avaliação Preliminar - Questão 02	58
Figura 37	Avaliação Preliminar - Questão 03	59
Figura 38	Avaliação Preliminar - Questão 04	60
Figura 39	Avaliação Preliminar - Questão 05	60
Figura 40	Avaliação Preliminar - Questão 06	61
Figura 41	Modelagem 3D - Modificações	63
Figura 42	Modelo 3D - Linha do Tempo com modificações	63
Figura 43	Recurso Didático versão final	63
Figura 44	Teste Avançado - Avaliador A1	65
Figura 45	Teste Avançado - Avaliador A2	65
Figura 46	Avaliação Avançada - Questão 01	66
Figura 47	Avaliação Avançada - Questão 02	66
Figura 48	Avaliação Avançada - Questão 03	67
Figura 49	Avaliação Avançada - Questão 04	67
Figura 50	Avaliação Avançada - Questão 05	68
Figura 51	Avaliação Avançada - Questão 06	68
Figura 52	Avaliação Avançada - Questão 07	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Bases de Dados Nacionais e Internacionais	25
Tabela 2	Resultado preliminar da busca nas Bases de dados	26
Tabela 3	Critérios de Inclusão e Exclusão	27
Tabela 4	Resultado final da busca nas Bases de dados	28
Tabela 5	Estudos Selecionados nas Bases de Dados	28
Tabela 6	Classificação da Pesquisa	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACM	<i>Association for Computing Machinery</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CAST	<i>Center for Applied Special Technology</i>
CI	Circuito Integrado
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
CTA	Centro Tecnológico de Acessibilidade
DUA	Desenho Universal para Aprendizagem
FIE	<i>Frontiers In Education</i>
FoV	<i>Field of View</i>
HTTP	<i>HyperText Transfer Protocol</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronic Engineers</i>
IFRS	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul
IoT	<i>Internet of Things</i>
MCU	<i>MicroController Unit</i>
MDF	<i>Medium Density Fiberboard</i>
MEC	Ministério da Educação
MQTT	<i>Message Queue Telemetry Transport</i>
Napne	Núcleo de Atendimento às Pessoas com Necessidades Educacionais Específicas
NodeMCU	<i>Node MicroController Unit</i>
RAM	<i>Random Access Memory</i>
RBIE	Revista Brasileira de Informática na Educação
RD	Recurso Didático

ROM	<i>Read Only Memory</i>
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
SBIE	Simpósio Brasileiro de Informática na Educação
TA	Tecnologia Assistiva
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
TD	Tecnologias Digitais
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
ToF	<i>Time-of-Flighth</i>
WOS	<i>Web of Science</i>

SUMÁRIO

1	Introdução	16
1.1	Motivação	17
1.2	Objetivos	20
1.2.1	Objetivo Geral	20
1.2.2	Objetivos Específicos	20
1.3	Organização do Texto	20
2	Referencial Teórico	21
2.1	Recursos Didáticos	21
2.2	Internet das Coisas	22
2.3	Revisão Sistemática da Literatura	23
2.3.1	Metodologia	23
2.3.2	Fase de Planejamento	23
2.3.3	Fase de Condução	26
2.3.4	Fase de Resultados	33
2.4	Trabalhos Relacionados	36
3	Metodologia	39
3.1	Classificação da Pesquisa	39
3.2	Modelos de Recursos Didáticos	40
3.3	Microcontroladores e Placas	42
3.4	Protocolos de Comunicação	45
3.5	Protótipo do Recurso Didático	45
3.5.1	Prototipagem e Implementação do Recurso Didático	46
4	Avaliações e Resultados	53
4.1	Primeira Avaliação - Teste de Funcionamento Preliminar	55
4.1.1	Participantes da Avaliação Preliminar	55
4.1.2	Resultados da Avaliação Preliminar	57
4.1.3	Implementação das Modificações Sugeridas	62
4.2	Segunda Avaliação - Teste de Funcionamento Avançado	64
4.2.1	Participantes da Avaliação Avançada	64
4.2.2	Resultados da Avaliação Avançada	66
5	Considerações Finais	70
5.1	Tabalhos Futuros	71

Referências	72
6 Apêndice A - Instrumento de Avaliação de Funcionamento Preliminar	78
7 Apêndice B - Instrumento de Avaliação de Funcionamento Avançado	80
8 Apêndice C - Artigo FRONTIERS IN EDUCATION (FIE 2023)	82
9 Apêndice D - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	90
10 Apêndice E - Cronograma de Atividades	92

1 INTRODUÇÃO

O ser humano é dotado de cinco sentidos, o que permite captar a realidade do mundo a sua volta, e a visão é um dos mais importantes sentidos do indivíduo para o seu desenvolvimento, tanto cognitivo como social. Dan Roam (2009), citado por Júlio Teixeira (2018, p. 49), afirma que a visão representa aproximadamente 80% da nossa percepção sensorial e desempenha um papel crucial na forma como interpretamos e compreendemos o ambiente complexo e detalhado ao nosso redor. É por meio da visão que adquirimos informações e interpretamos o mundo de maneira sofisticada. Desempenha um papel importante na comunicação não verbal, uma vez que expressões faciais e linguagem corporal podem ser observadas e interpretadas visualmente.

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saúde (PNS), realizada em 2019, 3,4% da população do país possui algum tipo de deficiência visual, o equivalente a 6,978 milhões de brasileiros. Ainda de acordo com o Decreto Federal nº 5.296¹, a pessoa com deficiência visual pode ser cega ou possuir baixa visão. A deficiência pode, também, ser congênita ou adquirida; ou seja, qualquer pessoa pode adquirir algum problema que culmine na perda de sua visão, total ou parcialmente, no decorrer de sua vida.

Pessoas com algum tipo de deficiência enfrentam inúmeras dificuldades diariamente, desde locomoção, comunicação, acesso à informação, direitos sociais como cultura, lazer, educação e principalmente, respeito por parte da sociedade, e dessa forma os recursos de Tecnologia Assistiva (TA) surgem com o objetivo de minimizar essas dificuldades, possibilitando dessa forma, melhores condições às pessoas com deficiência.

O avanço tecnológico proporciona também um grande avanço na área de Tecnologia Assistiva. Segundo Kleina (2012), conhecer esses recursos é um desafio dos profissionais da educação, que devem buscar constantemente a atualização, verificando o que já existe e o que está sendo desenvolvido em prol desses alunos.

¹ http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm

A busca constante por técnicas que possam aumentar a motivação e o engajamento dos alunos nas diversas modalidades acadêmicas trouxe a necessidade de inovações na área educacional (Gonçalves et al., 2019). A escola é um ambiente com estímulos visuais. Ver faz parte da interação entre professor e aluno e, melhorar o processo de aprendizagem do cego sem possuir o sentido da visão é uma tarefa desafiadora (Topin et al., 2019)..

Nesse sentido, Bersch (2009, p. 15) destaca:

No contexto educacional inclusivo, a Tecnologia Assistiva caracteriza-se como um conjunto de recursos que promovem o acesso e a participação os alunos com deficiência na aprendizagem, com o apoio de serviços que têm por objetivo identificar os problemas enfrentados por seus alunos e propor intervenções interdisciplinares que envolvem o *design*, a reabilitação e a educação.

Podemos então observar que, além de ampliar o acesso, também são viabilizadas novas formas de interação. De acordo com Kleina (2012, p. 30), o uso da tecnologia proporciona escolhas para o aluno com deficiência, pois a sua contribuição está em criar novas oportunidades e possibilidades de ensino.

1.1 Motivação

A inclusão na educação é um desafio complexo. Tem aspectos sociais a serem superados (preconceitos, falta de conhecimento sobre como interagir com pessoas com deficiência), aspectos educacionais (formação de professores para Educação Inclusiva, conhecimento de Língua Brasileira de Sinais (Libras) etc.) e questões de recursos (tanto financeiros quanto de materiais voltados para públicos inclusivos).

Como servidor do Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS), atuando na Coordenadoria de Tecnologia da informação do *campus* Rio Grande e realizando atividades ligadas diretamente ao ensino, pude perceber o ingresso de pessoas com deficiência como discentes e me senti estimulado a buscar conhecimentos para atuar de forma mais colaborativa no ambiente educacional.

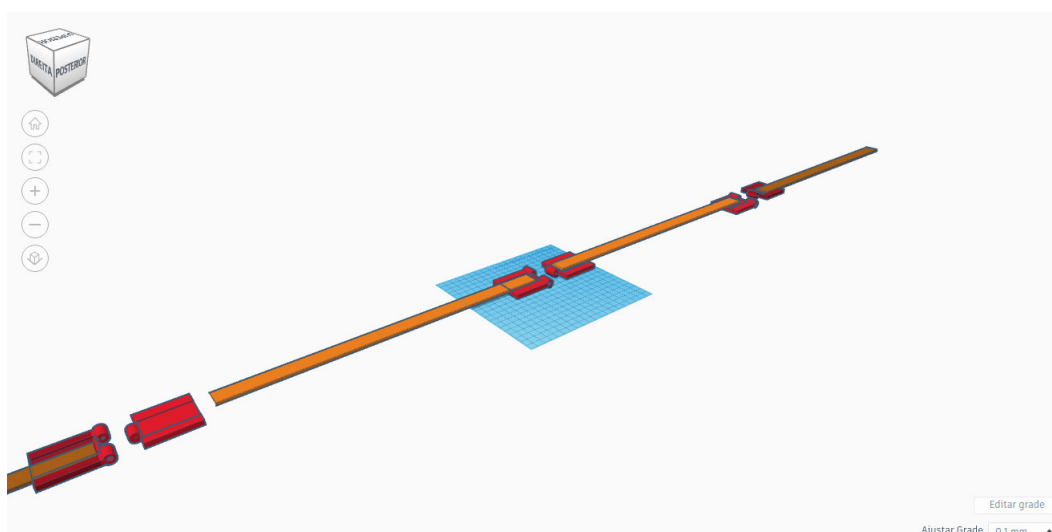
Isto posto, cabe também ressaltar a existência do Centro Tecnológico de Acessibilidade (CTA)² no IFRS, que teve sua atuação regulamentada a partir de 2015 (IFRS, 2015), tendo como objetivo propor, orientar e executar ações para a promoção da acessibilidade no IFRS nas suas dimensões: arquitetônica, instrumental, comunicacional, programática, metodológica e atitudinal. A atuação do CTA é bastante abrangente, mas o principal objetivo do setor é atender a demanda institucional relacionada à acessibilidade digital e à tecnologia assistiva.

²<https://cta.ifrs.edu.br/institucional/sobre/>

Com isso, convidei o Prof. Carlos Rodrigues Rocha para atuar em uma possível coordenação, e nessa oportunidade ele me relatou o projeto denominado Centro de Referência em Tecnologia Assistiva (CRTA)³ para produção de materiais, no qual os Professores Jefferson dos Santos Rodrigues e Gustavo Borba de Miranda eram integrantes e que uma ideia de recurso didático havia surgido mas não teria sido implementada. Busquei informações junto ao Prof. Jefferson, que imediatamente me relatou o trabalho que foi executado.

Nós começamos pensando na ideia de uma linha do tempo como um conjunto de réguas, nas quais teríamos medidas de distância e legendas impressas para uso de materiais complementares em braille (informação verbal)⁴. Nesse caso, o objeto seria dobrável para facilitar o transporte e teria um sistema de encaixe para o professor escolher quanta informação usaria. A Figura 1 demonstra a característica do objeto.

Figura 1: Modelo 3D da Régua



Fonte: Prof. Jefferson dos Santos Rodrigues

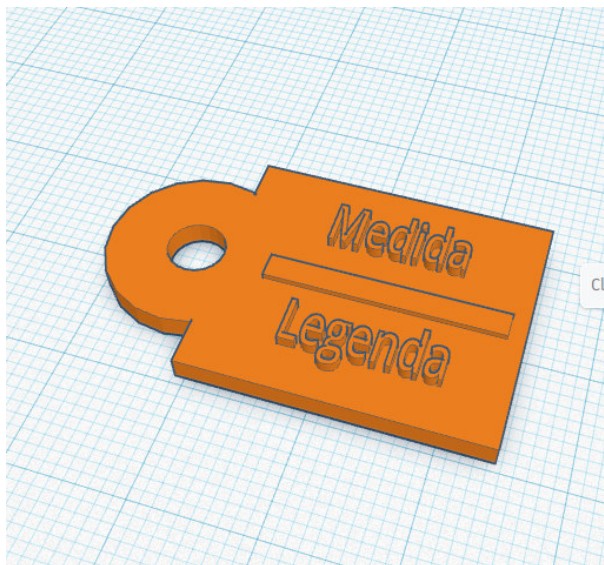
Depois nos ocorreu a ideia de um objeto mais simples, uma corda com nós demarcando a passagem do tempo. Em cada nó seria fixada uma etiqueta contendo a medida em centímetros para dar a noção de escala para o estudante (informação verbal)⁵. Com isso, além da medida, haveria uma legenda que faria a conexão com um material complementar (impresso em braille) que conteria as informações a serem exploradas naquele marco temporal, o que podemos observar na Figura 2.

³O CRTA – Centro de Referência em Tecnologia Assistiva é um projeto do CTA/IFRS em parceria com a Secretaria de Educação Profissional de Tecnológica (SETEC), do Ministério da Educação (MEC), que tem como objetivo principal disseminar para toda a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (EPCT) os conhecimentos sobre o uso e o desenvolvimento de Tecnologia Assistiva (TA), com base no conceito de TA estabelecido na LBI (Lei 13.146/15) e nas experiências do CTA/IFRS na pesquisa, elaboração e legitimação de tais artefatos.

⁴Prof. Jefferson dos Santos Rodrigues

⁵Prof. Jefferson dos Santos Rodrigues

Figura 2: Modelo 3D da Etiqueta



Fonte: Prof. Jefferson dos Santos Rodrigues

É possível observarmos que nos dois modelos, apesar da simplicidade e do baixo custo que era buscado, havia o problema da necessidade de sempre usar um material complementar.

O problema nos modelos propostos foi o grande volume de material complementar que seria necessário produzir para cada assunto que fosse abordado em sala de aula (informação verbal)⁵.

O *campus* Rio Grande também conta com o Núcleo de Atendimento às Pessoas com Necessidades Educacionais Específicas (Napne)⁶, que está vinculado à assessoria de ações inclusivas do IFRS e é um órgão transversal de mediação de demandas e de facilitação à implementação das políticas nacionais de educação inclusiva em nível de Campus.

Pensando na presença de alunos com deficiência visual em sala de aula, e na forma como esses indivíduos assimilam as informações, devemos elaborar novas perspectivas em relação à autonomia desses estudantes. Nesse sentido, os Recursos Didáticos são elementos que contribuem no aprendizado e podem ter seus efeitos potencializados mediante incorporação de Tecnologias Digitais (TD).

Dessa forma idealizou-se a criação de Recursos Didáticos que possam agregar informações em áudio e interatividade, sendo disponibilizados como Tecnologia Assistiva para discentes com deficiência visual.

⁶<https://ifrs.edu.br/riogrande/extensao/nucleos/>

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

- Desenvolver Recurso Didático que permita incorporar informações e interatividade como Tecnologia Assistiva para estudantes com deficiência visual.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Criar um recurso didático acessível que permita a fácil integração de informações em formato de texto, áudio e elementos interativos, garantindo a utilização por estudantes com deficiência visual;
- Assegurar equidade aos aprendentes com deficiência visual contribuindo na construção de um ambiente educacional igualitário;
- Desenvolver um modelo de recurso didático que seja viável a instituições de diferentes portes e orçamentos.

1.3 Organização do Texto

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos. No primeiro capítulo é apresentada uma introdução sobre o tema, a motivação e os objetivos do trabalho. No segundo capítulo, é apresentada a fundamentação teórica e a Revisão Sistemática da Literatura. O terceiro capítulo apresenta a metodologia utilizada e no quarto capítulo as avaliações e resultados obtidos. Por fim, no quinto capítulo são apresentadas as considerações finais e trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem como objetivo apresentar os principais conceitos relacionados aos Recursos Didáticos e as tendências atuais na área da Internet das Coisas (IoT), evidenciando seu potencial transformador no campo educacional. Além disso, relaciona estudos e pesquisas relevantes que fundamentam a proposta deste trabalho.

2.1 Recursos Didáticos

O uso de Recursos Didáticos é fundamental para enriquecer o processo de ensino e aprendizagem. De acordo com Castoldi e Polinarski (2009), o emprego de Recursos Didáticos em sala de aula auxilia na compreensão dos conteúdos expostos, facilitando a assimilação do conhecimento.

Na concepção de Cerqueira e Ferreira (2000, p. 01), os Recursos Didáticos são:

[...]todos os recursos físicos, utilizados com maior ou menor frequência em todas as disciplinas, áreas de estudo ou atividades, sejam quais forem as técnicas ou métodos empregados, visando auxiliar o educando a realizar sua aprendizagem mais eficientemente, constituindo-se num meio para facilitar, incentivar ou possibilitar o processo ensino-aprendizagem.

Souza (2007, p. 112-113) ainda destaca que:

Utilizar recursos didáticos no processo de ensino-aprendizagem é importante para que o aluno assimile o conteúdo trabalhado, desenvolvendo sua criatividade, coordenação motora e habilidade de manusear objetos diversos que poderão ser utilizados pelo professor na aplicação de suas aulas.

Cabe salientar que a escolha e a utilização dos recursos didáticos devem estar alinhadas aos objetivos pedagógicos e ao conteúdo a ser ensinado, de modo a complementar e enriquecer a abordagem educacional. Portanto, é possível perceber a importância da utilização destes recursos, visto que proporcionam a participação ativa dos alunos, facilitando a assimilação dos conteúdos, contribuindo na complementação das informações e construção dos seus conhecimentos.

2.2 Internet das Coisas

A *Internet das Coisas* ou *Internet of Things* (IoT) se refere à integração de objetos físicos, sensores e dispositivos móveis e aplicações na *web*, e segundo Mancini (2018), desponta como uma evolução da *internet* e um novo paradigma tecnológico, social, cultural e digital. A IoT abrange várias tecnologias, serviços e padrões e é apontada como um conceito emergente na área de Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs).

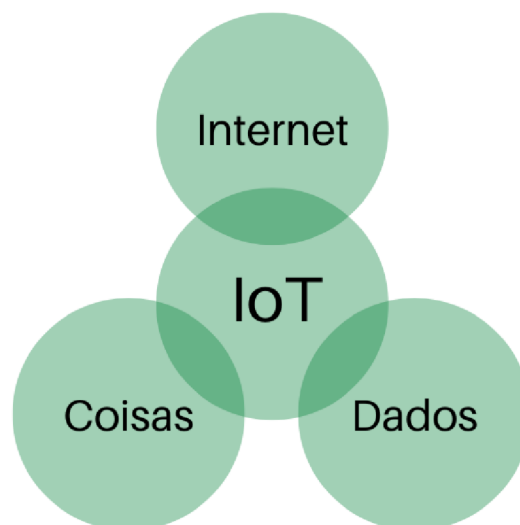
A noção de que objetos do cotidiano (ou coisas) estejam conectados e troquem dados entre si e com as pessoas traz em sua simplicidade uma característica evolutiva das “coisas”: a capacidade de processamento de informações.

Conforme Salam e Rayes (2019, p. 03), a ideia principal da IoT é:

[...]conectar fisicamente qualquer coisa/tudo (por exemplo, sensores, dispositivos, máquinas, pessoas, animais, árvores) e processos pela Internet para monitoramento e/ou funcionalidade de controle. As conexões não se limitam a sites de informações, são conexões reais e físicas que permitem aos usuários alcançar “coisas” e assumir o controle quando necessário. Assim, conectar objetos entre si não é um objetivo em si, mas reunir inteligência de tais objetos para enriquecer produtos e serviços é.

A disponibilidade em larga escala de sensores, atuadores e microcontroladores atuais, com relativo baixo custo, permite conectar praticamente qualquer objeto, bem como fazer com que este perceba o seu ambiente e mesmo tome decisões sobre ações que possa realizar. A Figura 3, mostra uma representação simplificada sobre Internet das Coisas.

Figura 3: IoT em sua forma mais simples



Fonte: Adaptado de Salam e Rayes (2019)

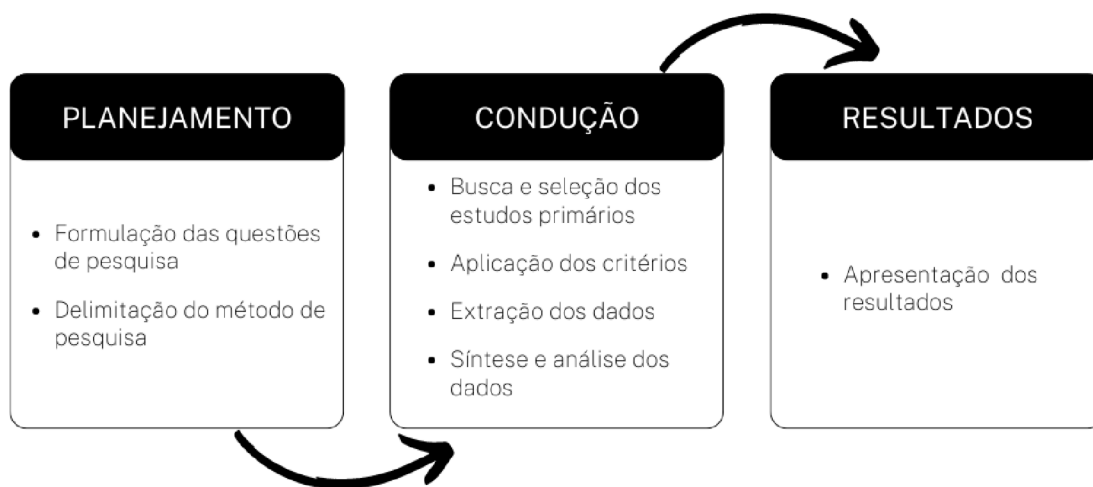
2.3 Revisão Sistemática da Literatura

Para compreendermos o uso de recursos didáticos na educação de alunos com deficiência visual, realizou-se uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) que é uma abordagem utilizada para realizar análises documentais de forma sistemática, seguindo etapas específicas. Essa prática visa fortalecer o embasamento científico e aumentar a confiabilidade das informações..

2.3.1 Metodologia

A metodologia adotada para execução do mapeamento sistemático aqui apresentado, fundamenta-se no processo descrito por Kitchenham e Charters (2007), que é constituído de três fases: planejamento, condução e resultados, demonstrado na Figura 4. Como resultado, será apresentada uma Revisão Sistemática da Literatura, levando em conta apenas fontes de dados atualizadas.

Figura 4: Fases e atividades do processo de Revisão Sistemática da Literatura.



Fonte: Baseado em Kitchenham e Charters (2007).

2.3.2 Fase de Planejamento

Na fase de Planejamento são executadas as seguintes etapas:

1. Definição da questão principal de pesquisa e questões secundárias;
2. Delimitação do método de pesquisa;

2.3.2.1 Questão Principal de Pesquisa e Questões Secundárias

Os questionamentos da pesquisa devem refletir os objetivos da RSL e para definir o escopo e o desenvolvimento da revisão, as questões de pesquisa foram elaboradas baseadas

na estrutura PICOC¹ usada pela ferramenta Parsifal, como demonstrado abaixo:

- **Population:** Estudantes com deficiência visual.
- **Intervention:** Recursos didáticos baseados em IoT para auxiliar na aprendizagem.
- **Comparison:** Ausência de recursos didáticos para auxílio na aprendizagem.
- **Outcomes:** Melhoria do desempenho acadêmico, aumento da independência e satisfação do aluno, facilidade de uso dos recursos, custo-benefício dos recursos, aceitação do aluno e professores.
- **Context:** Escolas e Universidades.

Usar a estrutura PICOC para formular uma pergunta de pesquisa pode ajudar a garantir que a questão seja clara e específica, além de ajudar os pesquisadores a identificar quais estudos são relevantes para a revisão. Abaixo são apresentadas as questões de pesquisa.

O que está sendo disponibilizado como Tecnologia Assistiva associada a Recursos Didáticos no ensino de alunos com deficiência visual?

Com base na questão principal de pesquisa acima, outras perguntas mais específicas foram levantadas:

- **QS1** - Quais recursos de Tecnologia Assistiva mais utilizados voltados para estudantes com deficiência visual?
- **QS2** - Quais Recursos Didáticos ou Tecnologias Digitais estão sendo desenvolvidos ou utilizados no ensino dos estudantes com deficiência visual?
- **QS3** - Quantos estudos relataram o uso de IoT em recursos de Tecnologia Assistiva para auxílio de indivíduos com deficiência visual?

2.3.2.2 Delimitação do Método de Pesquisa

Após a definição das questões, o passo seguinte foi definir a estratégia de busca utilizando termos relevantes ao tema de interesse e executar a busca em todas as bases de dados selecionadas. É importante lembrar que a estratégia de busca deve ser adaptada para cada base de dados. A consulta foi realizada em bases de dados nacionais e internacionais, relacionados na Tabela 1.

¹ Population, Intervention, Comparison, Outcome e Context

Tabela 1: Bases de Dados Nacionais e Internacionais

Bases de Dados Nacionais
Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) ²
Portal de Periódicos da CAPES/MEC ³
Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE) ⁴
Bases de Dados Internacionais
<i>ACM Digital Library</i> ⁵
<i>IEEE Xplore Digital Library</i> ⁶
<i>WOS - Web Of science</i> ⁷

Fonte: autor

Os estudos considerados são anais de eventos, periódicos, teses, dissertações e revistas científicas com publicações na área da educação e/ou computação, cobrindo dessa forma os trabalhos mais relevantes da área.

Para a realização das buscas nas bases de dados científicas, considerou-se apenas publicações nos anos de 2019 até 2022, totalizando quatro anos de pesquisas. Assim, utilizou-se as palavras-chave Deficiência Visual, Cegos, Tecnologia Assitiva, Recursos Didáticos, *Internet* das Coisas e IoT, agregados dos conectores lógicos (*AND* e *OR*) com o objetivo de potencializar a coleta de dados, e também os termos equivalentes na Língua Inglesa. Abaixo são apresentadas as *strings* utilizadas na busca:

- ((“Deficiência Visual” *OR* “Deficiente Visual” *OR* Cegos) *AND* ((“Tecnologia Assistiva” *OR* “Recursos Didáticos”) *AND* (“Internet das Coisas” *OR* IoT)))
- ((“Visual impairment” *OR* Blind) *AND* ((“Assistive Technology” *OR* “Didactic Resources”) *AND* (“Internet of Things” *OR* IoT)))

²<https://bdtd.ibict.br/vufind/>

³<https://www-periodicos-capes-gov-br.ezl.periodicos.capes.gov.br/>

⁴<https://sol.sbc.org.br/busca/>

⁵<https://dl-acm-org.ez40.periodicos.capes.gov.br/>

⁶<https://ieeexplore-ieee-org.ez40.periodicos.capes.gov.br/Xplore/home.jsp>

⁷<https://www-webofscience.ez40.periodicos.capes.gov.br/wos/>

2.3.3 Fase de Condução

Uma vez que a fase de planeamento foi concluída, é iniciada a fase de Condução, sendo composta das seguintes etapas:

1. Busca e seleção dos estudos primários
2. Aplicação dos critérios
3. Extração dos dados
4. Síntese e análise dos dados

2.3.3.1 Busca e Seleção dos Estudos

A busca e seleção de estudos primários em bases de dados envolve um processo sistemático de pesquisa por artigos científicos relevantes sobre um determinado tema de interesse. As buscas nas bases de dados relacionadas na Tabela 1 resultaram em uma quantidade significativa de estudos, cujas quantidades são relacionadas na Tabela 2.

Tabela 2: Resultado preliminar da busca nas Bases de dados

Bases de Dados Nacionais	Nº de Estudos
Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD)	210
Portal de Periódicos da CAPES/MEC	147
Portal do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)	03
Bases de Dados Internacionais	Nº de Estudos
<i>ACM Digital Library</i>	90
<i>IEEE Xplore Digital Library</i>	22
<i>WOS - Web Of Science</i>	13

Fonte: autor

Foram encontrados 360 trabalhos em repositórios nacionais e 125 em repositórios internacionais, totalizando 485 trabalhos.

2.3.3.2 Aplicação dos Critérios

Para a seleção dos estudos primários dessa RSL foram definidos critérios de inclusão e exclusão, os quais são apresentados na Tabela 3. O objetivo de definir os critérios é

identificar os estudos primários que fornecem evidência direta a respeito das questões de pesquisa e também para reduzir a probabilidade de viés (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007).

Tabela 3: Critérios de Inclusão e Exclusão

Critérios de Inclusão
CI1 - Abordar a Tecnologia Assistiva aplicada a Pessoas com Deficiência Visual
CI2 - Abordar Tecnologia Assistiva e IoT
Critérios de Exclusão
CE1 - Estudos que não respondam as questões desta RSL
CE2 - Estudos Duplicados
CE3 - Artigos incompletos, pagos ou sem autoria
CE4 - Artigos que não sejam em Língua Portuguesa ou Língua Inglesa
CE5 - Publicações fora do período 2019 - 2022
CE6 - Artigos de Revisão Sistemática da Literatura
CE7 - Não se enquadra como publicação

Fonte: autor

2.3.3.3 Extração dos Dados

A extração dos dados envolve a coleta sistemática de informações relevantes dos estudos incluídos, sendo fundamental para a realização de uma revisão sistemática da literatura. Os dados coletados nesta etapa são essenciais para a síntese dos resultados e a análise crítica da literatura.

A qualidade da extração dos dados impacta diretamente a confiabilidade da síntese da evidência e as conclusões da revisão sistemática. Portanto, é crucial que essa etapa seja conduzida com rigor metodológico, garantindo a integridade e a credibilidade da revisão.

Aplicando-se os critérios de inclusão e exclusão, a seleção final teve como resultado o total 27 estudos, sendo 21 nacionais e 6 internacionais, apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Resultado final da busca nas Bases de dados

Bases de Dados Nacionais	Nº de Estudos
Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD)	11
Portal de Periódicos da CAPES/MEC	08
Portal do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)	02
Bases de Dados Internacionais	Nº de Estudos
<i>WOS - Web Of Science</i>	03
<i>IEEE Xplore Digital Library</i>	02
<i>ACM Digital Library</i>	01

Fonte: autor

2.3.3.4 Síntese e Análise dos Dados

A Tabela 5 apresenta os estudos selecionados que respondem as nossas Questões de Pesquisa, apresentadas na Seção 2.2.1, onde poderemos ter uma melhor compreensão e visualização dos dados obtidos.

Tabela 5: Estudos Selecionados nas Bases de Dados

ID	Autores	Título	País	Ano	Base
E01	Gatis Filho	<i>Design de smart devices</i> centrado no usuário com deficiência visual	Brasil	2019	BDTD
E02	Zamprogno	T-Tátil: desenvolvimento de uma tecnologia assistiva para auxiliar pessoas com deficiência visual na leitura e interpretação de desenhos táteis	Brasil	2019	BDTD
E03	Barbosa	Bengala inteligente: um modelo para apoio à navegação de deficientes visuais baseado em reconhecimento de cores.	Brasil	2019	BDTD
E04	Silva	A audiodescrição na formação de professores: um exercício de prática docente com imagens acessíveis	Brasil	2019	BDTD

Continua na próxima página

Tabela 5 – *Continuação da tabela*

ID	Autores	Título	País	Ano	Base
E05	Oliveira	Quimivox mobile 2.0: desenvolvimento de ferramenta no ensino da tabela periódica e distribuição eletrônica aos deficientes visuais utilizando dispositivos móveis	Brasil	2019	BDTD
E06	Plaça	O uso de Tecnologia Assistiva como artefato cultural no Atendimento Educacional Especializado para alunos cegos ou com baixa visão	Brasil	2020	BDTD
E07	Coltro	Boca-game: jogo com audiodescrição de imagens para o ensino de ciências com pessoas cegas	Brasil	2019	BDTD
E08	Andrade	Requisitos de projeto para produção de recursos didáticos táteis para estudantes cegos no processo de ensino-aprendizagem de geometria espacial	Brasil	2019	BDTD
E09	Szesz Junior	Math2Text: ferramenta tecnológica para acessibilidade de estudantes cegos a expressões matemáticas	Brasil	2021	BDTD
E10	Marcon	Modelo multissensorial desenvolvido por tecnologias 3d para o auxílio na percepção da forma de peças museológicas por pessoas com deficiência visual	Brasil	2021	BDTD
E11	Aguiar e Costa	O ensino de Geografia na perspectiva da Educação Inclusiva no Instituto Federal do Triângulo Mineiro – campus Patrocínio-MG	Brasil	2021	BDTD
E12	Nery e Sá	Pesquisas em Educação Matemática Inclusiva: possibilidades e desafios da utilização de tecnologias digitais e assistivas	Brasil	2020	CAPES
E13	Santos e Brandão	Tecnologias Assistivas no Ensino de Física para Alunos com Deficiência Visual: um estudo de caso baseado na audiodescrição	Brasil	2020	CAPES

Continua na próxima página

Tabela 5 – *Continuação da tabela*

ID	Autores	Título	País	Ano	Base
E14	Gonçalves e Cinnelli	Tecnologia Assistiva: o Design da Informação em imagens táteis como recurso na experiência de deficientes visuais em museus	Brasil	2020	CAPES
E15	Santinello, Alvaristo e Viginheski	Concepção de professores em formação inicial: conhecimento sobre a Tecnologia Assistiva Dosvox	Brasil	2020	CAPES
E16	Fonseca e Lima	Acessibilidade Informacional à Pessoa com Deficiência Visual através do Livro Falado	Brasil	2020	CAPES
E17	Alvaristo e Santinello	As contribuições da Tecnologia Assistiva Dosvox para professores em formação inicial: intermediando práticas tecnológicas inclusivas	Brasil	2021	CAPES
E18	Menezes e Alves	Audiodescrição como ferramenta do Desenho Universal para a Aprendizagem: inclusão de crianças com deficiência visual na Educação Infantil	Brasil	2021	CAPES
E19	Monteiro e Fernandes	A Educação Inclusiva Como Periférica Para A Pessoa Com Deficiência Visual	Brasil	2022	CAPES
E20	De Oliveira et al.	BioBlu App: Tecnologia Assistiva para auxiliar o ensino de Genética Clássica a deficientes visuais	Brasil	2020	SBIE
E21	Rezende et al.	Leitor digital autônomo de baixo custo M-Reader: Tecnologia Assistiva como possibilidade de inclusão sociodigital dos sujeitos com deficiência visual	Brasil	2021	SBIE
E22	De Belen, Bednarz e Del Favero	<i>Integrating Mixed Reality and Internet of Things as an Assistive Technology for Elderly People Living in a Smart Home</i>	Austrália	2019	WOS
E23	Manjari e Singal	<i>A survey on Assistive Technology for visually impaired</i>	Índia	2020	WOS

Continua na próxima página

Tabela 5 – Continuação da tabela

ID	Autores	Título	País	Ano	Base
E24	Salazar, Carasco e Ramires	<i>An IoT-based contribution to improve mobility of the visually impaired in Smart Cities</i>	Brasil	2021	WOS
E25	Salazar, Ramires e Leithard	Arquitetura baseada na IoT para uma Bengala Eletrônica	Brasil	2019	IEEE Xplore
E26	Bathi et al.	<i>CAPture: A Vision Assistive Cap for People with Visual Impairment</i>	Índia	2021	IEEE Xplore
E27	Cambre et al	<i>Firefox Voice: An Open and Extensible Voice Assistant Built Upon theWeb</i>	USA	2021	ACM

Fonte: autor

Com base nos estudos obtidos, foi possível responder a primeira questão de pesquisa, definida como:

QS1 - Quais recursos de Tecnologia Assistiva mais utilizados voltados para estudantes com deficiência visual?

A Audiodescrição foi o recurso mais utilizado, sendo identificada em 12 estudos (E01, E03, E04, E05, E07, E09, E13, E16, E18, E19, E20, E25), seguida por Recursos Táteis em seis estudos (E02, E06, E08, E10, E11, E14), Assistente de Voz em seis estudos (E21, E22, E23, E24, E26, E27) e finalizando, o Leitor de Tela, relatado em três estudos (E12, E15, E17).

A audiodescrição é uma técnica que descreve de forma verbal os elementos visuais de um determinado conteúdo que enriquece a compreensão e a experiência das pessoas com deficiência visual. Segundo Santos e Brandão (2020), trata-se de uma tecnologia assistiva de grande potencial no contexto educacional. Convém destacar que a audiodescrição, aplicada ao ambiente escolar, contribui como recurso comunicacional, possibilitando maior interação social e progresso na aprendizagem (Coltro, 2019).

Os recursos táteis também foram identificados nesta revisão, demonstrando sua ampla utilização. Nessa perspectiva, Aguiar e Costa (2021, p. 34) ressaltam que:

A ausência da visão, por exemplo, não incapacita o indivíduo de aprender, mas os métodos criativos tornam-se imprescindíveis na busca de mobilizar os demais sentidos das pessoas com esse tipo de deficiência. É importante ressaltar que o manejo tátil possibilita a aquisição do conhecimento, pois este é resultado de interações, vivências e experiências perceptivas das relações com o ambiente.

Diante destes resultados podemos concluir que os recursos de áudio são amplamente utilizados, da mesma forma que os recursos táteis.

QS2 - Quais Recursos Didáticos ou Tecnologias Digitais estão sendo desenvolvidos ou utilizados no ensino dos estudantes deficientes visuais?

As Tecnologias Assistivas Digitais foram identificadas como mais utilizadas, sendo os *Softwares*, presentes em oito estudos (E05, E07, E09, E12, E13, E15, E16, E20, E21, E27), representando (45,5%) e os *Smart Devices*⁸, presentes em sete estudos (E01, E03, E22, E23, E24, E25, E26), representando (31,8%).

Os Recursos Didáticos são compostos por Mapas e Figuras táteis, apresentados em três estudos (E02, E11, E14)(13,6%) e Objetos 3D, presentes em dois estudos (E08, E10)(9,1%).

QS3 - Quantos estudos relataram o uso de IoT em recursos de Tecnologia Assistiva para auxílio de indivíduos com deficiência visual?

Em relação à terceira questão de pesquisa, foi possível verificar que a utilização de IoT em recursos de Tecnologia Assistiva foi identificada nos estudos (E01, E22, E23 e E24), totalizando quatro ocorrências.

a IoT oferece oportunidades promissoras para o desenvolvimento de recursos didáticos mais inclusivos e acessíveis para pessoas com deficiência visual. Ao aproveitar os benefícios da conectividade e da tecnologia inteligente, é possível fornecer experiências de aprendizagem mais envolventes, personalizadas e significativas para esses alunos.

Conforme Rayes e Salam (2016), a ideia principal da IoT conectar fisicamente qualquer coisa/tudo (por exemplo, sensores, dispositivos, máquinas, pessoas, animais, árvores) e processos pela Internet para monitoramento e/ou funcionalidade de controle. As conexões não se limitam a sites de informações, são conexões reais e físicas que permitem aos usuários alcançar “coisas” e assumir o controle quando necessário. Assim, conectar objetos entre si não é um objetivo em si, mas reunir inteligência de tais objetos para enriquecer produtos e serviços é.

Sendo assim, com base na Revisão Sistemática realizada, foi possível responder nossa Questão Principal de Pesquisa de forma positiva. Também é possível concluir que a utilização de *Internet das Coisas* em Recursos Didáticos como Tecnologia Assistiva ainda pode ser bastante explorada, tendo em vista a baixa quantidade de estudos recuperados que abordam essa questão.

⁸Dispositivos capazes de processarem informações

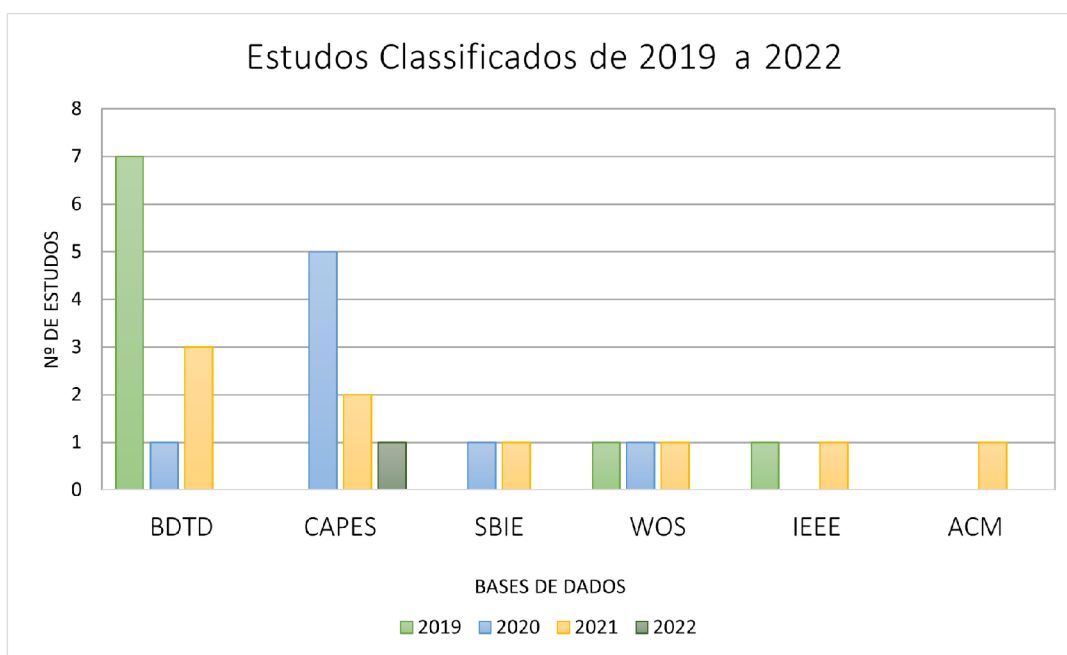
2.3.4 Fase de Resultados

2.3.4.1 Apresentação dos Resultados

Essa etapa consiste em complementar o conteúdo apresentado na seção anterior, proporcionando uma melhor compreensão e visualização dos dados, além de disponibilizar novas informações.

Podemos observar, na Figura 5, a quantidade de artigos que foram recuperados por meio da nossa revisão de literatura conforme o ano de publicação em cada uma das bases de dados pesquisada.

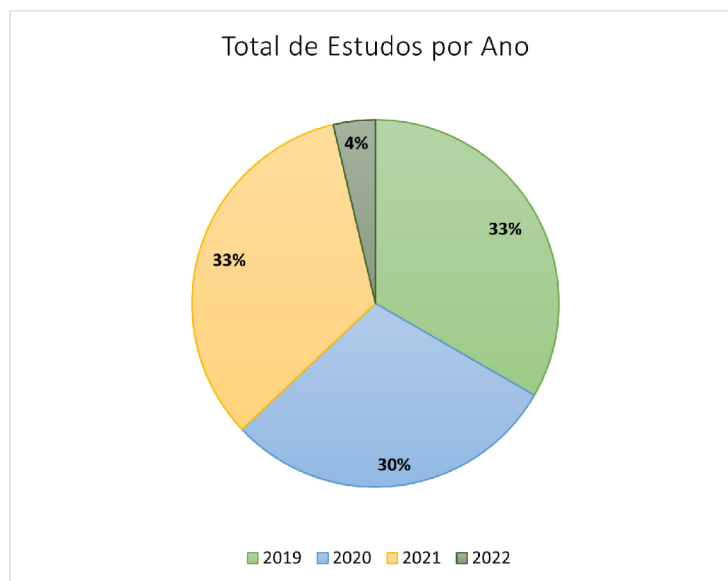
Figura 5: Resultado dos estudos por ano e base



Fonte: autor

Na Figura 6 temos a representação percentual dos estudos encontrados, agrupados por ano de publicação. Dessa forma é possível observar que ao longo do período pesquisado, ocorreram publicações sobre o tema abordado em todos os anos.

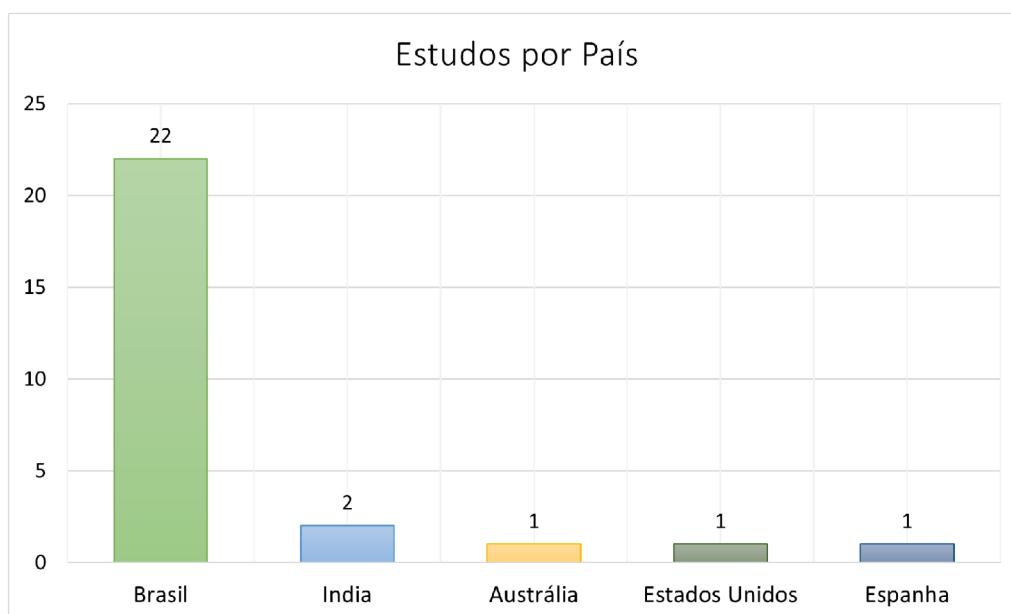
Figura 6: Percentual de estudos por ano



Fonte: autor

Na Figura 7 é demonstrado o quantitativo de publicações conforme seu país de origem, e podemos observar que o país com maior número de estudos selecionados foi o Brasil, seguido de Índia, Austrália, Estados Unidos e Espanha.

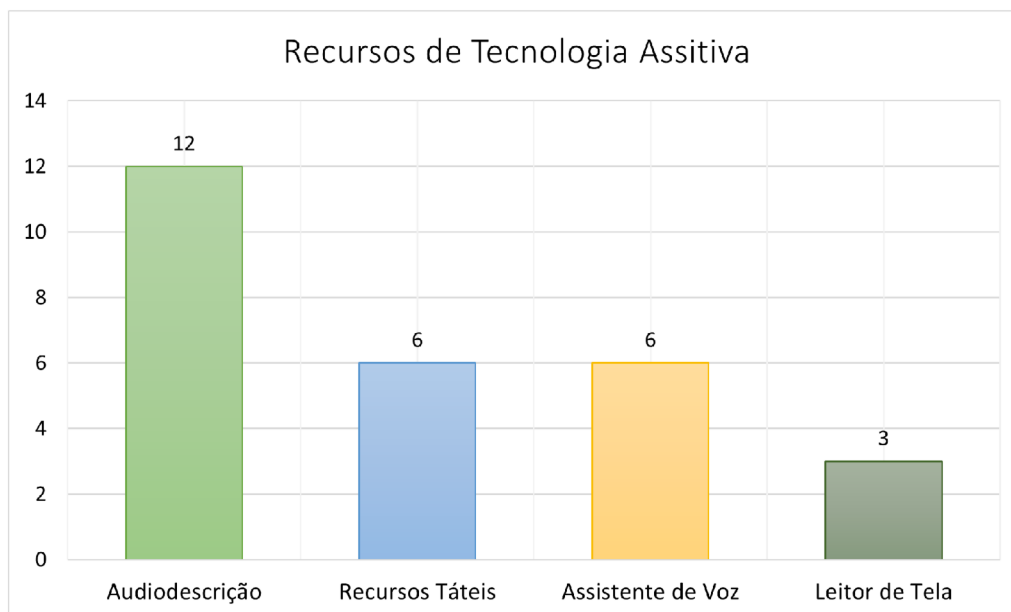
Figura 7: Estudos Selecionados por País



Fonte: autor

Na Figura 8 é apresentado o quantitativo dos recursos identificados nos estudos previamente selecionados para compor essa pesquisa.

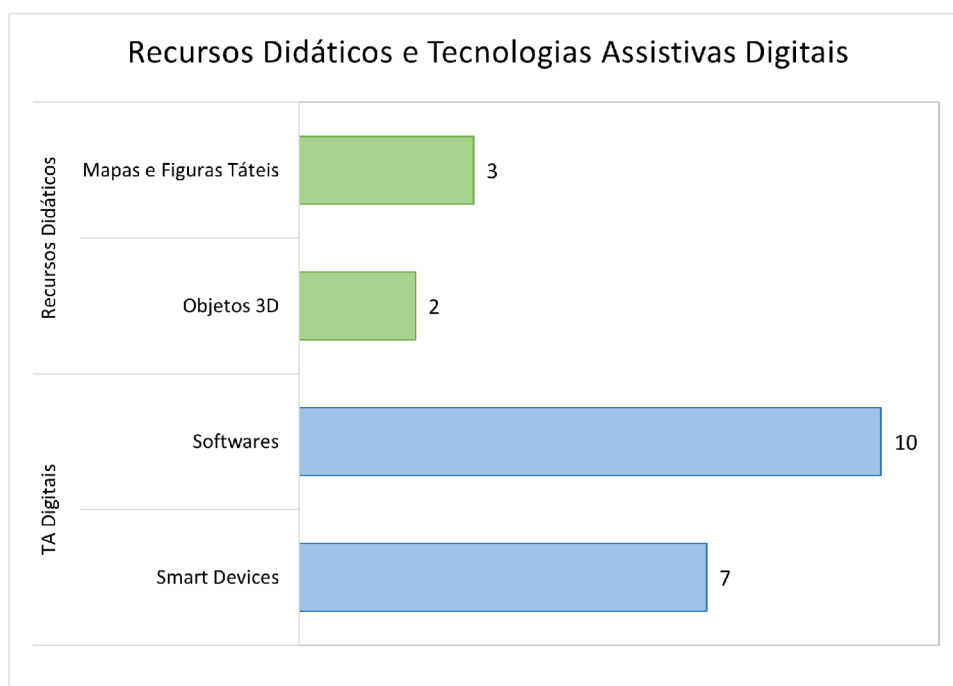
Figura 8: Recursos de Tecnologia Assitiva



Fonte: autor

Na Figura 13 são demonstrados quais os Recursos Didáticos ou Tecnologias Digitais foram identificados nos estudos selecionados.

Figura 9: Recursos Didáticos e Tecnologias Digitais



Fonte: autor

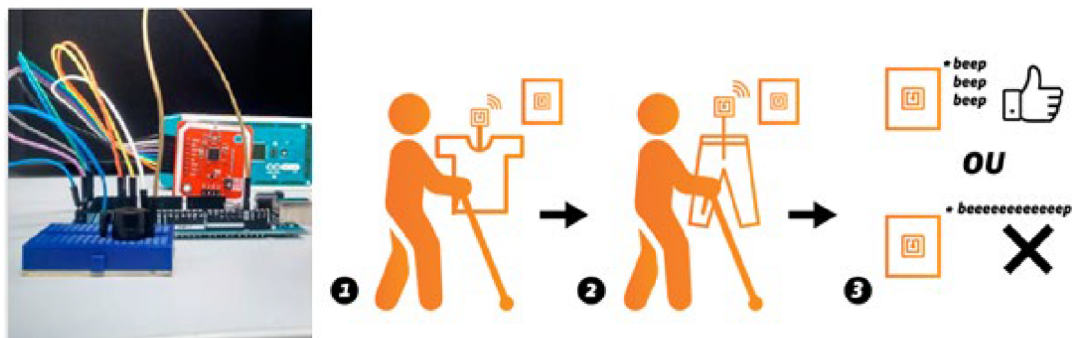
2.4 Trabalhos Relacionados

Esta seção apresenta os trabalhos mais relevantes identificados na revisão sistemática da literatura realizada durante esta pesquisa. A análise dos 27 estudos proporcionou uma compreensão abrangente sobre as abordagens atuais e as inovações no desenvolvimento de recursos acessíveis voltados para pessoas com deficiência visual.

Os estudos selecionados para discussão neste capítulo abrangem uma variedade de soluções tecnológicas e metodológicas, incluindo aplicativos móveis, dispositivos táteis interativos ou sistemas de navegação assistida, todos com o objetivo de melhorar a acessibilidade para pessoas com deficiência visual. A análise desses estudos permitiu identificar as melhores práticas e as lacunas existentes na literatura atual, fornecendo uma base sólida para a justificativa e o desenvolvimento da nossa proposta.

O trabalho realizado por Gatis Filho (2019) apresenta um dispositivo, com o objetivo de transmitir audiodescrição de peças de vestuário e informar sobre a combinação de conjuntos em um *smart device* de uso cotidiano por qualquer pessoa com deficiência visual. A Figura 10 demonstra o protótipo do dispositivo e o fluxo de trabalho.

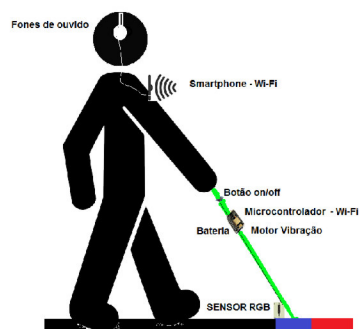
Figura 10: Hardware do Projeto EuVisto



Fonte: Reprodução (Gatis Filho, 2019)

Os trabalhos realizados por Souza Barbosa (2019), Manjari e Verma e Singal (2020), Salazar e Ramires e Leithard (2019), apresentam uma proposta de Bengala Inteligente. Estes estudos apresentaram características semelhantes no que se refere a arquitetura de desenvolvimento dos objetos em si, pois utilizaram micro-controladores, sensores, dispositivos móveis e convertem as informações obtidas em áudio.

Figura 11: Modelo da Bengala Inteligente com sensor de cores



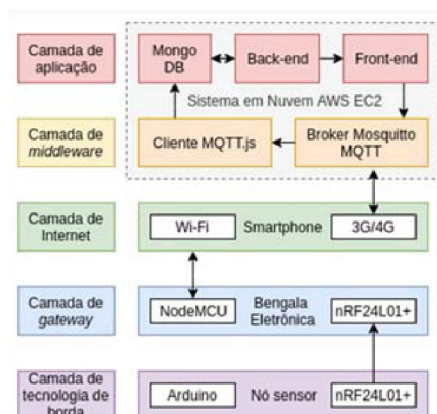
Fonte: Reprodução (Souza Barbosa, 2019)

Figura 12: Protótipo de Bengala Inteligente com detecção de Objetos



Fonte: Reprodução (Manjari; Verma; Singal, 2020)

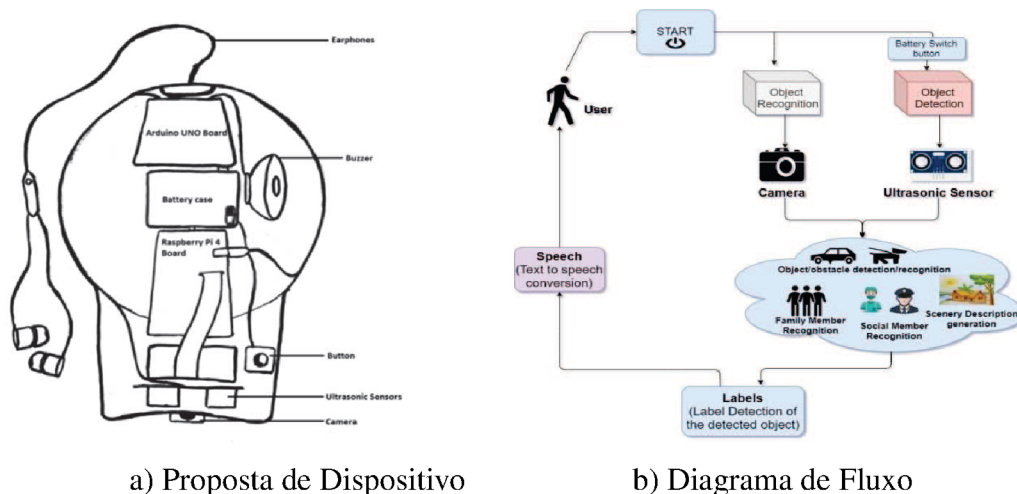
Figura 13: Arquitetura baseada na IoT para uma Bengala Eletrônica



Fonte: Reprodução (Salazar; Ramires; Leithard, 2019)

Bathi et al. (2021), apresentam um protótipo de um sistema baseado em boné vestível para melhoria da visão assistida chamado CAPture para deficientes visuais. O dispositivo conta com tecnologias como Internet das Coisas, aprendizado de máquina e visão computacional.

Figura 14: Sistema CAPture



Fonte: Reprodução (Bathi et al., 2021)

Um dos aspectos positivos mais frequentemente observados nos trabalhos analisados é a ênfase na personalização dos recursos, adaptando-os às necessidades individuais dos usuários. Essa personalização é essencial para garantir a eficácia e a aceitação dos recursos de Tecnologia Assistiva. No entanto, não foi possível identificar estudos que abordassem o desenvolvimento de Recursos Didáticos acessíveis, o que poderia potencializar ainda mais a pesquisa em si.

A proposta desta pesquisa, portanto, busca preencher essa lacuna ao implementar um Recurso Didático acessível, tendo como foco as pessoas com deficiência visual e utilizar uma abordagem baseada na Internet das Coisas para criar um ambiente de ensino mais dinâmico e inclusivo.

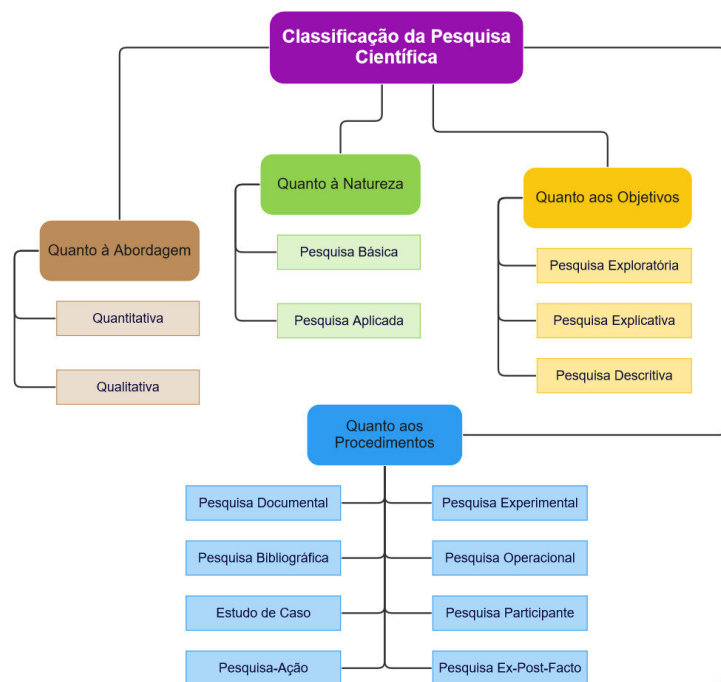
3 METODOLOGIA

Este capítulo tem como objetivo apresentar o procedimento metodológico desenvolvido durante a elaboração dessa pesquisa, a partir dos objetivos previamente definidos. Nele são detalhados todos os procedimentos seguidos para o desenvolvimento do estudo, incluindo os modelos propostos e componentes necessários para implementação do Recurso didático.

3.1 Classificação da Pesquisa

As pesquisas possuem diversas etapas e podem ser classificadas quanto à sua abordagem, quanto à natureza, quanto aos objetivos e quanto aos procedimentos, como pode ser observado na Figura 15.

Figura 15: Classificação de Pesquisas Científicas



Fonte: Adaptado de Silva e Menezes (2005)

A pesquisa científica visa a conhecer cientificamente um ou mais aspectos de determinado assunto. Para tanto, deve ser sistemática, metódica e crítica (Prodanov; Freitas, 2013).

Segundo Gil (2007, p. 17), a pesquisa é definida como um procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa desenvolve-se por um processo constituído de várias fases, desde a formulação do problema até a apresentação e discussão dos resultados.

Para este trabalho, a classificação adotada é apresentada na Tabela 6.

Tabela 6: Classificação da Pesquisa

Classificação	Tipo de Pesquisa
Quanto à abordagem	Quali-Quantitativa
Quanto à natureza	Aplicada
Quanto aos objetivos	Exploratória
Quanto aos procedimentos	Experimental

Fonte: elaborado pelo autor

3.2 Modelos de Recursos Didáticos

Neste trabalho foi considerada a utilização de dois Recursos Didáticos normalmente usados em sala de aula, sendo as Linhas do Tempo e os Mapas Geográficos. Ambos os recursos são representações visuais, o que dificulta a compreensão de um indivíduo cego.

Em relação ao método de desenvolvimento destes recursos, uma tendência é o Desenho Universal para Aprendizagem (DUA) ou *Universal Design for Learning Guidelines* (UDL *Guidelines*), que visa aplicar conceitos de desenho universal para a criação de objetos educacionais (CAST, 2018).

De acordo com Sonza, Salton e Egami (2022, p. 23-24):

o Desenho Universal está diretamente ligado à acessibilidade, pois ele considera a diversidade. Na aprendizagem, também, há muita diversidade. As habilidades, necessidades e as formas de perceber, organizar e expressar a informação são distintas.

Ainda segundo os autores, o *Center for Applied Special Technology* (CAST)¹, criou as diretrizes de Desenho Universal para Aprendizagem (DUA), com o propósito de levar os

¹Organização, sem fins lucrativos, de pesquisa e desenvolvimento educacional que criou a estrutura Universal Design for Learning e as Diretrizes UDL, agora usadas em todo o mundo para tornar a aprendizagem mais inclusiva.

princípios do Desenho Universal para o ambiente educacional, que podem ser aplicadas tanto no ensino presencial quanto a distância, possibilitando atender as necessidades de estudantes com uma grande variedade de características.

Entre os exemplos práticos de aplicação destas diretrizes, mencionados pelos autores, podemos destacar:

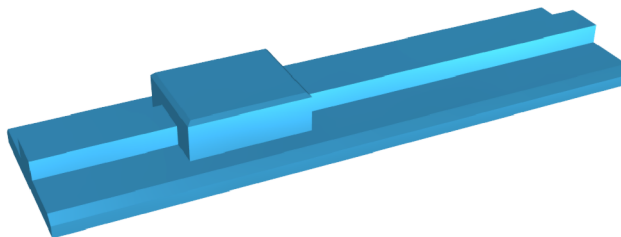
- Tornar o conteúdo mais interessante e atrativo (passar a informação também através de imagens, áudio, vídeo, entre outros).
- Fornecer a mesma informação por meio de diferentes modalidades sensoriais (visual, auditiva, tátil).
- Utilizar modelos manipuláveis, como blocos, modelos em 3D, etc.
- Variar as atividades e as fontes de informação para que estejam contextualizadas à realidade dos estudantes.

A proposta é proporcionar equidade, ao menos em termos de recursos, a todos os aprendentes, e para isso, foram elaborados dois projetos de Recursos Didáticos, definidos como **RD - Linha do Tempo** e **RD - Mapa Tátil**.

O **RD - Linha do Tempo**, apresentado na Figura 16, tem como objetivo proporcionar ao estudante uma experiência sensorial, visto que Linhas do Tempo são representações gráficas de eventos ao longo de determinado período. Nele, serão inseridas informações relacionadas aos eventos compreendidos na linha proposta pelo professor.

Um conjunto de microcontrolador e sensores de distância constituem o sistema embarcado no RD. À medida que o aluno vai deslizando o carro, denominado *slider*, no trilho e alcança um marco temporal, o microcontrolador envia informações de texto para o *smartphone* do aluno, o qual possui o aplicativo do RD previamente instalado, transformando a informação recebida em áudio.

Figura 16: Modelo 3D do RD-Linha do Tempo



O **RD - Mapa Tátil** tem como função facilitar a compreensão do espaço geográfico. Para Salvador (2008), o mapa é um instrumento geográfico importantíssimo para o desenvolvimento da cognição espacial de todos. Nele serão inseridas informações conforme o objetivo proposto para o ensino. Este RD, que é apresentado na Figura 17, contará com um conjunto de microcontrolador e sensores de toque (capacitivos) constituindo assim o sistema embarcado.

À medida que o aluno vai deslizando o dedo sobre o mapa e toca algum sensor, o microcontrolador envia informações de texto relacionadas ao ponto de toque para o *smartphone* do aluno, o qual possui o aplicativo do RD previamente instalado, transformando a informação recebida em áudio.

Figura 17: Modelo 3D do RD-Mapa Tátil



Fonte: Autor

O recurso didático escolhido para ser implementado nesta pesquisa foi o **RD - Linha do Tempo**. A decisão foi guiada pela proposta que serviu como inspiração para o projeto. Dessa forma, a escolha se alinha com a visão motivadora da pesquisa e também com o compromisso em fornecer uma educação acessível aos aprendentes.

3.3 Microcontroladores e Placas

Um microcontrolador, segundo Stallings (2017), pode ser definido como um circuito integrado (CI) que contém processador, memória ROM, memória RAM, clock e uma unidade de Controle de entrada e saída. O termo MCU (*Micro Controller Unit*) também é utilizado para se designar esse dispositivo. No mesmo CI estão integrados uma CPU²,

²Central Processing Unit (Unidade Central de Processamento)

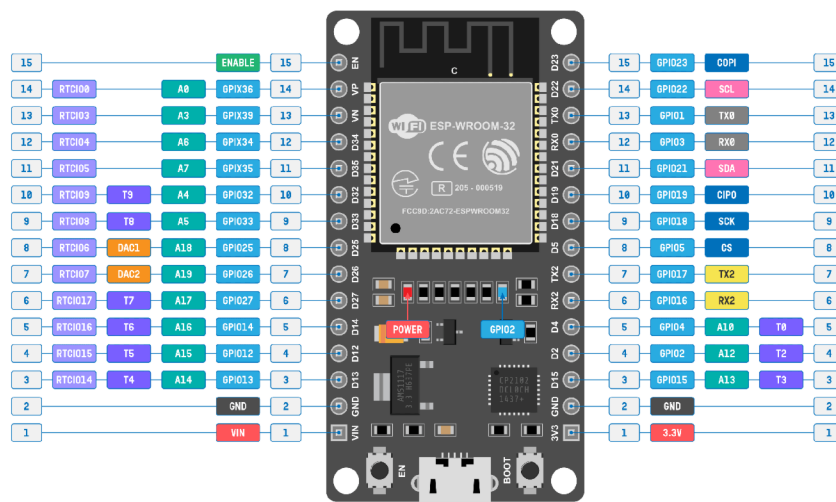
também chamada de *core* (núcleo), e circuitos auxiliares (periféricos), como memória de programa, memória de dados, circuito de *clock*, interface de comunicação serial, temporizadores/contadores, portas de entrada e saída, entre outros..

Esses diferentes recursos embutidos em um microcontrolador variam em função do modelo e do fabricante. É uma tarefa do desenvolvedor especificar o microcontrolador mais adequado para cada aplicação.

A seguir serão apresentados alguns dispositivos que são utilizados para soluções de Internet das Coisas.

- **ESP32 DEVKIT V1** - O ESP32 DEVKIT V1 é uma plataforma de prototipagem baseada no módulo ESP32 e que é frequentemente utilizada no desenvolvimento de projetos IoT (ESPRESSIF Systems, 2022). Conforme Oliveira e Zanetti (2022), consiste em uma plataforma, de *hardware* e *software* abertos (*open source*), focada em aplicações de Sistemas Embarcados e Internet das Coisas. A Figura 18 demonstra o *kit* de desenvolvimento implementado com módulo ESP-WROOM-32.

Figura 18: Diagrama de Pinagem - ESP32 DEVKIT V1



Fonte: Espressif Systems

- **Arduino** - O Arduino é uma plataforma *open-source* que disponibiliza recursos de *hardwares* e *softwares* capaz de ler dados e produzir ações por meio de instruções enviadas a um microcontrolador (ARDUINO Foundation, 2022). Os principais objetivos da plataforma são: possibilitar uma construção rápida de protótipos de maneira fácil, baixo custo de produção, multiplataforma e *hardware* modularizado.

3.4 Protocolos de Comunicação

Nesta seção são apresentados os protocolos de comunicação para IoT possíveis de serem utilizados no projeto. A escolha foi baseada na leitura e avaliação da documentação dos Microcontroladores propostos, levando-se em conta a grande disponibilidade de API³ nas linguagens de programação MicroPython⁴ e Arduino⁵, possíveis para uso.

- **HTTP** - O *HyperText Transfer Protocol*, como explicado por Kurose e Ross (2017), é um protocolo da camada de aplicação que define como a troca de mensagens HTTP deve ser efetuada entre um servidor e vários clientes. A qualquer momento o cliente pode solicitar objetos do servidor por meio de uma requisição HTTP. Estes objetos podem ser páginas da *web*, imagens dentre outros. Ao receber a requisição, o servidor envia uma resposta HTTP contendo os objetos requisitados.

Uma solução utilizada na comunicação de aplicações através da Internet é o *Web Service*. Para Kalin (2010), se trata de uma aplicação distribuída, cujos componentes podem ser aplicados e executados em dispositivos distintos. Segundo o autor, *Web Services* apresentam-se como uma solução para esses desafios de integração.

- **MQTT** - O MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*) é um protocolo para ambientes limitados de processamento e de comunicação com a rede. O protocolo foi definido pela OASIS⁶ (*Organization for the Advancement of Structured Information Standards*). De acordo com Hillar (2017), o protocolo é baseado em um modelo de publicação e assinatura, que tem como intuito ser leve para possibilitar a transmissão de um volume grande de dados de maneira otimizada, ter baixo consumo de energia e permitir uma maior escalabilidade na situação em que for utilizado.

3.5 Protótipo do Recurso Didático

Neste estágio, avançamos da concepção teórica para a prática, criando um modelo inicial do nosso objeto. O protótipo serve como uma manifestação tangível de nossas ideias e conceitos, permitindo-nos avaliar sua viabilidade, funcionalidade de maneira mais concreta. Segundo Palhais (2015), os protótipos são o primeiro passo para a experimentação e, como tal, devem ser encorajados e estar presentes no processo de qualquer *designer*.

Além de descrever o processo de prototipação, esta seção também aborda a metodologia de avaliação empregada. Por meio de testes, análises e coleta de feedback de especialistas, buscamos identificar potenciais melhorias e ajustes necessários. A avaliação preliminar é essencial para garantir que o objeto atenda às expectativas e necessidades do público-alvo, destacando-se a importância de validar e aprimorar nossas ideias por meio de um processo iterativo, contribuindo para o sucesso final de nosso projeto.

³Application Programming Interface (Interface de Programação de Aplicação).

⁴<http://docs.micropython.org/en/latest/esp32/quickref.html>

⁵<https://www.arduino.cc/en/software>

⁶<https://www.oasis-open.org/>

3.5.1 Prototipagem e Implementação do Recurso Didático

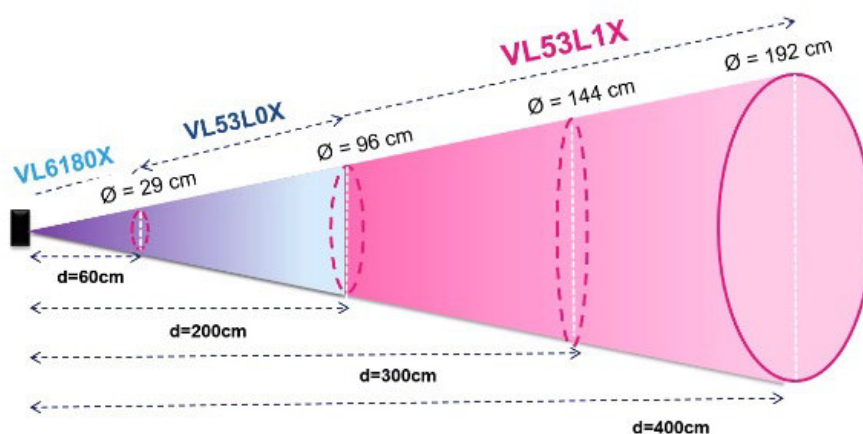
Escolha do Microcontrolador - Para viabilizar o início do desenvolvimento, houve a necessidade de selecionar o microcontrolador que integraria o presente projeto. A escolha pelo microcontrolador com módulo ESP32 se deu em virtude de uma série de considerações preponderantes. Sobretudo, o custo reduzido deste dispositivo se mostrou bastante atrativo. Além disso, o microcontrolador oferece um conjunto mais abrangente de funcionalidades, atendendo plenamente às demandas do projeto.

Destaca-se, ainda, a riqueza de uma API amplamente desenvolvida e mantida pela comunidade, conferindo ao ESP32 um elevado nível de suporte técnico e documentação.

Sensor de Distância - A definição do sensor de distância foi a etapa seguinte para realização do trabalho, na qual foram estabelecidas certas características essenciais. A seleção se baseou principalmente no tamanho do sensor que deveria ser reduzido, no alcance que deveria ser no mínimo de 100 cm e na precisão da leitura.

Entre os modelos que inicialmente se enquadraram nas características anteriormente descritas, o sensor *laser Time-of-Flight*(ToF)⁷ da ST Microelectronics⁸, modelo VL53L0X foi escolhido para compor o projeto, pois apresenta um alcance de até 200 cm. Na Figura 21 podemos observar o *Field of View*(FoV)⁹ de cada um dos sensores da família VL, que fornece uma perspectiva visual sobre suas capacidades e adequação do modelo selecionado para o propósito do projeto.

Figura 21: Campo de Visão



Fonte: ST Microelectronics

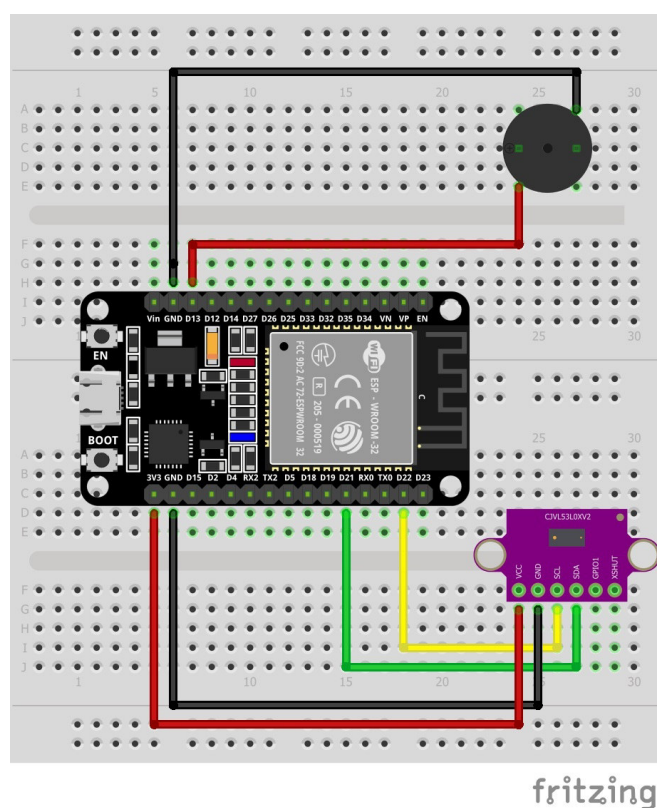
⁷O conceito do Time-of-Flight(ToF) consiste em medir o tempo que um sinal gasta transitando entre dois pontos, a fim de estimar a distância entre eles.

⁸<https://www.st.com/>

⁹Field of View - Campo de Visão

Layout do Circuito - Com o microcontrolador e o sensor definidos, passamos para a etapa de elaboração do layout do circuito eletrônico, utilizando a ferramenta Fritzing¹⁰, que é um *software* para *design* de *hardware* eletrônico. Isso permitiu avaliar o circuito antes da montagem física do protótipo. Para compor a solução junto ao microcontrolador ESP32, também foi utilizado um *buzzer*¹¹ para emissão de sinal sonoro e o sensor de distância laser VL53L0X. Estes componentes podem ser observados na Figura 22.

Figura 22: Esquema



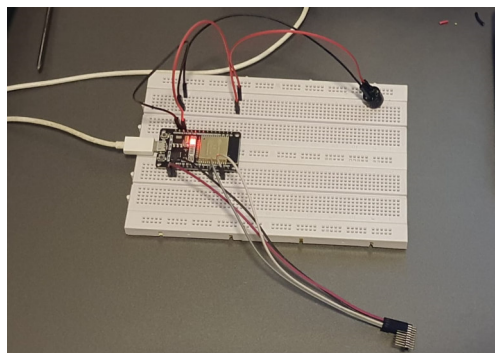
Fonte: Autor

Protoboard - Esta etapa consistiu na montagem física do circuito projetado virtualmente na etapa anterior. Dessa forma foi possível iniciar a implementação do código e os devidos testes de funcionamento tanto de *hardware* quanto *software*. A Figura 23 demonstra diferentes etapas da montagem do circuito.

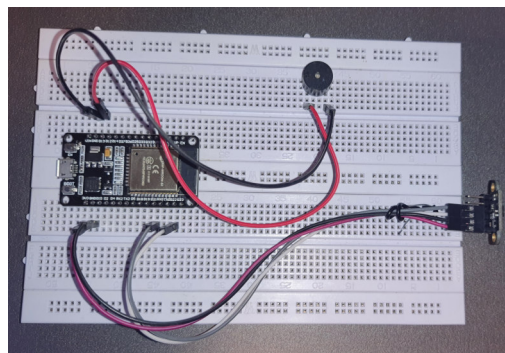
¹⁰<https://fritzing.org/>

¹¹Dispositivo eletrônico capaz de converter um sinal elétrico em ondas sonoras

Figura 23: Protoboard



a) Montagem 01



b) Montagem 02

Fonte: Autor

Implementação - A linguagem de programação adotada foi o **MicroPython**¹², que é uma implementação compacta e eficiente da linguagem de programação Python 3 que inclui um pequeno subconjunto da biblioteca padrão do Python e é otimizado para ser executado em microcontroladores e em ambientes com recursos limitados.

O MicroPython possui características relevantes que foram levadas em conta em sua adoção:

- **Small Footprint:** Projetado para ser compacto, o que permite que ele seja executado em dispositivos com recursos limitados, incluindo memória e poder de processamento.
- **Shell Interativo:** Inclui um *shell* interativo que permite aos usuários inserir e executar código Python diretamente no microcontrolador, tornando-o uma ferramenta útil para depuração e teste de *hardware*.
- **Amplo Suporte a Bibliotecas:** O MicroPython inclui um conjunto de bibliotecas e módulos que oferecem fácil acesso a recursos de *hardware* e periféricos comuns em microcontroladores.
- **Compatibilidade Multiplataforma:** Portátil e pode ser executado em uma variedade de plataformas de microcontroladores, incluindo plataformas populares como o ESP8266 e o ESP32.
- **Código Aberto:** Distribuído sob uma licença de código aberto, o que permite que os desenvolvedores modifiquem e ampliem o código para atender às suas necessidades específicas.

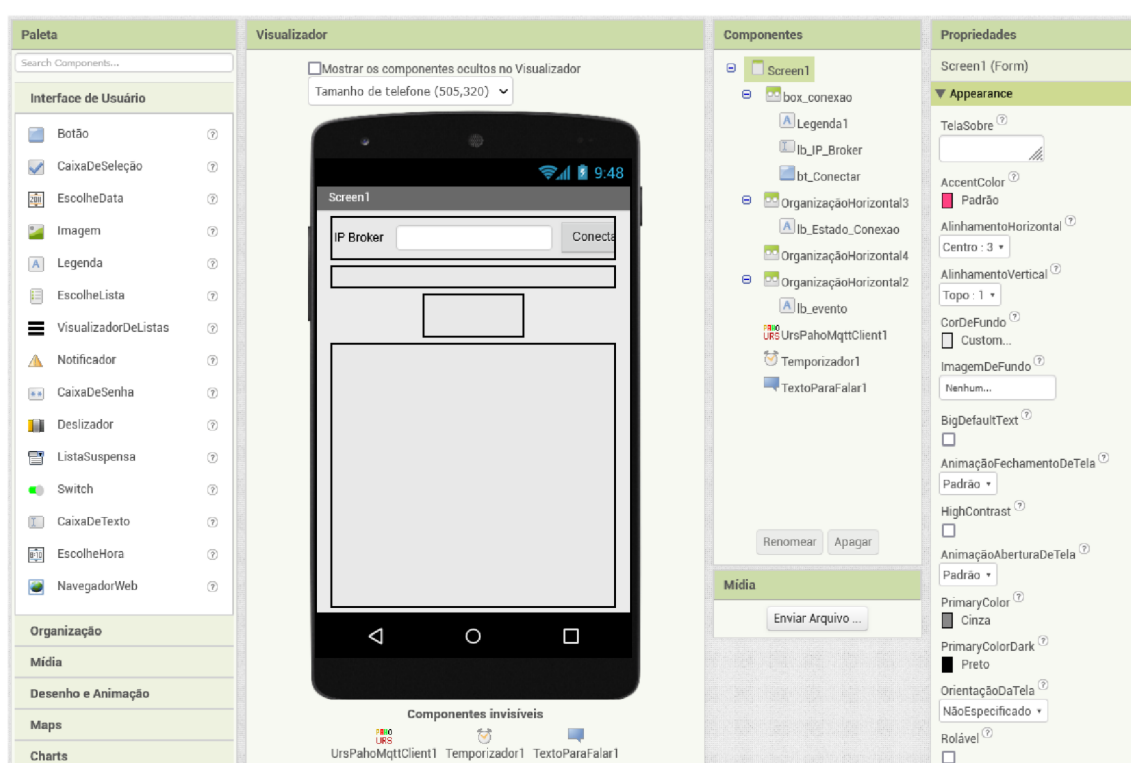
No geral, o MicroPython é uma ferramenta adequada para o desenvolvimento de sistemas embarcados, permitindo que desenvolvedores trabalhem com microcontroladores e criem projetos de IoT.

¹²<https://micropython.org/>

Desenvolvimento do Aplicativo - O aplicativo para utilização em dispositivo móvel é o complemento do recurso didático. Por meio desta aplicação é que as informações enviadas pelo microcontrolador são transformadas em áudio.

No desenvolvimento foi utilizando o MIT App Inventor¹³, que é um ambiente de programação visual e intuitivo que permite criar aplicativos totalmente funcionais para *smartphones* e *tablets*. Na Figura 24 podemos observar a tela do ambiente de desenvolvimento.

Figura 24: Ambiente MIT App Inventor



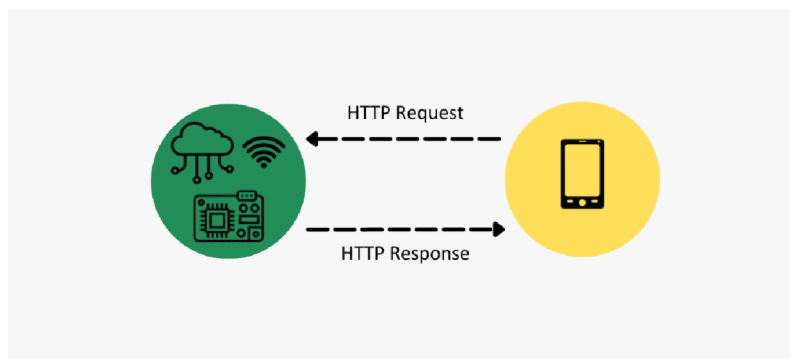
Fonte: Autor

Definição do Protocolo - Nesta etapa foi efetuada a implementação dos protocolos de comunicação possíveis de serem utilizados no projeto.

O primeiro protocolo testado foi o HTTP. Nesse modelo além do código de funcionamento do recurso didático, é também implementado um *webserver* no microcontrolador, o que é demonstrado na Figura 25. A cada leitura de distância que o sensor efetua, e que represente uma marco na linha do tempo, o microcontrolador gera uma mensagem de resposta. A aplicação do *smartphone* permanece durante o período de utilização do objeto, enviando requisições, que são respondidas conforme a existência de conteúdo.

¹³<http://appinventor.mit.edu/>

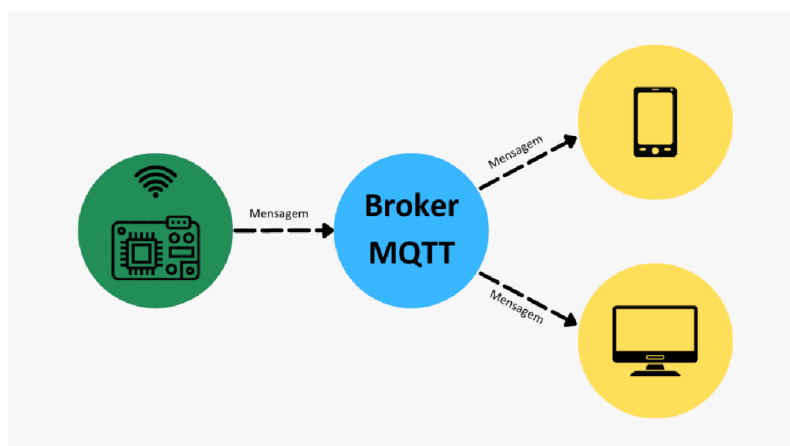
Figura 25: Protocolo HTTP



Fonte: Autor

O segundo protocolo testado foi o MQTT. Nesse modelo, apenas o código de funcionamento do recurso didático é implementado no microcontrolador. A diferença é a existência do *Broker* MQTT, que é o elo de comunicação entre o microcontrolador e a aplicação do *smartphone*, conforme observado na Figura 26. O *broker* é o responsável por receber as mensagens enviadas pelo microcontrolador e transmiti-las para aplicação do *smartphone*. Nesse processo o microcontrolador tem a função de *publisher*¹⁴ e a aplicação no dispositivo móvel a função de *subscriber*¹⁵.

Figura 26: Protocolo MQTT



Fonte: Autor

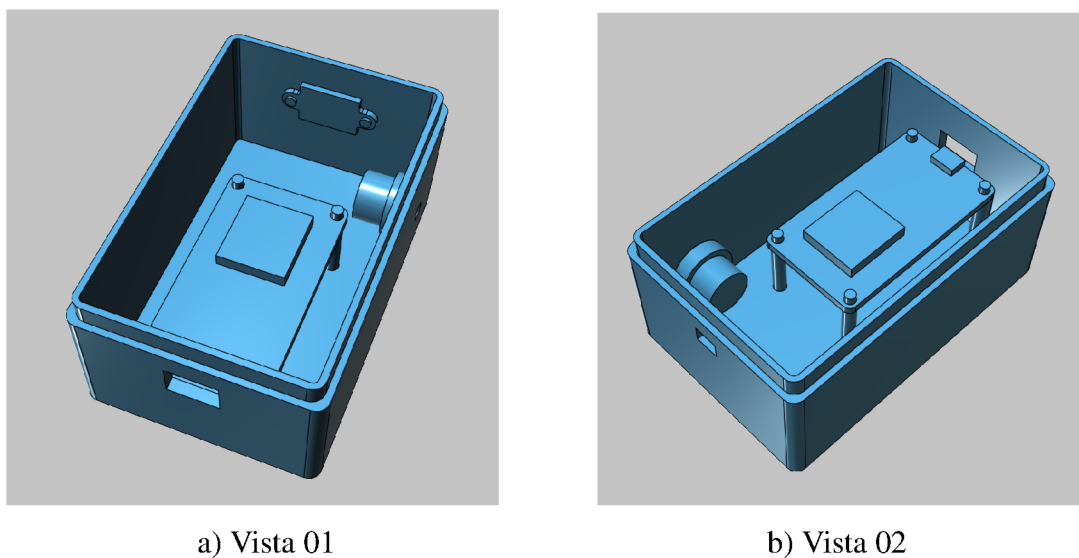
Ao término dos testes, o protocolo MQTT foi escolhido, pois além de demonstrar maior confiabilidade e agilidade na transferência das mensagens o protocolo HTTP apresentou um comportamento inesperado consumindo todos os recursos do microcontrolador, resultando em erro. Entretanto a utilização futura do protocolo HTTP não foi descartada, tendo em vista que se apresenta como uma estrutura mais simplificada em termos de utilização.

¹⁴cliente MQTT que envia a mensagem

¹⁵cliente MQTT que recebe as mensagens

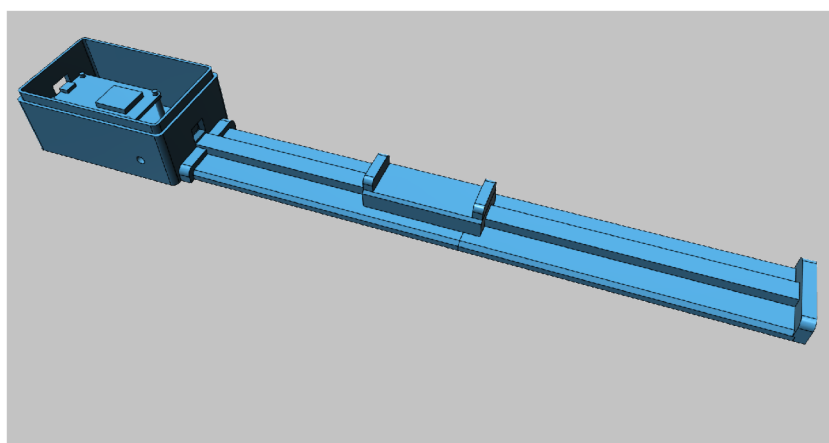
Modelagem 3D - Após a montagem dos componentes na placa de prototipação, foi desenvolvido o modelo em 3D da caixa de instalação destes componentes. Conforme descrito por Goodwin (2009), um protótipo pode ser de alta-fidelidade (bem fiel à experiência final que o usuário terá ao interagir com aquele produto) ou de baixa-fidelidade (apenas algo que se aproxime dessa experiência, mas que não seja exatamente igual). Nesse sentido foi elaborado um protótipo de alta-fidelidade, que pode ser observado nas figuras 27 e 28, que apresentam o modelo em diferentes ângulos.

Figura 27: Modelagem 3D - Box



Fonte: Autor

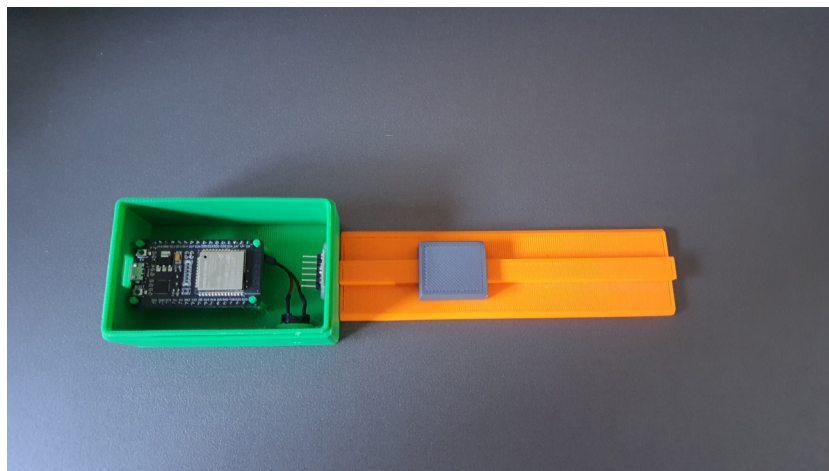
Figura 28: Modelo 3D - Linha do Tempo



Fonte: Autor

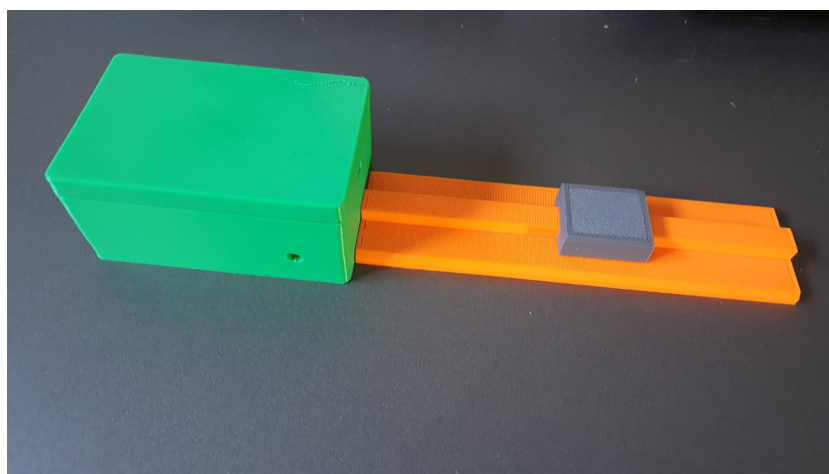
Montagem do objeto - Concluída a etapa anterior, foi iniciada a impressão em 3D dos elementos que compõem o recurso didático. Nas figuras a seguir, podemos observar os elementos impressos e devidamente montados, aptos para utilização.

Figura 29: Protótipo 01



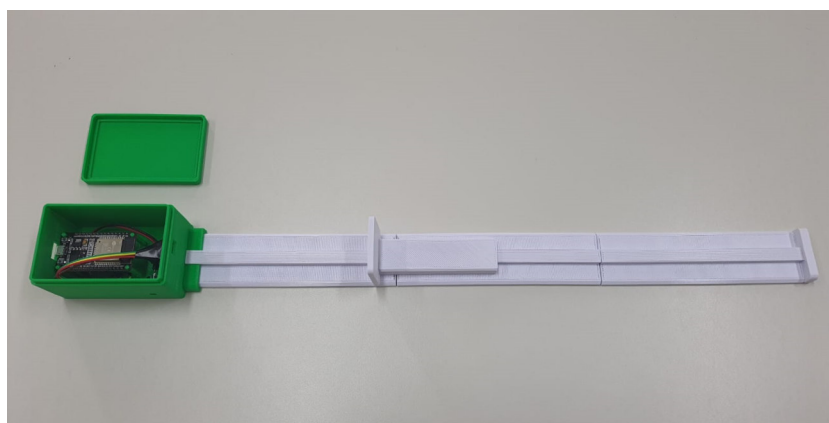
Fonte: Autor

Figura 30: Protótipo 02



Fonte: Autor

Figura 31: Protótipo 03



Fonte: Autor

4 AVALIAÇÕES E RESULTADOS

O objetivo desta etapa foi verificar o funcionamento efetivo do objeto desenvolvido para uso de pessoas com deficiência visual. Nesse contexto, a avaliação em Interação Humano-Computador (IHC) desempenha um papel fundamental para garantir a eficácia, eficiência e satisfação dos usuários em sistemas interativos.

Segundo Nielsen (1994), o processo de testes é essencial para identificar problemas de usabilidade, auxiliar na tomada de decisões de design e melhorar a interação do usuário com um produto. O autor ainda enfatiza a importância de observar o comportamento real dos usuários para entender como eles interagem com um sistema ou objeto. A realização de testes de uso permite uma abordagem prática e baseada em evidências para avaliar a facilidade na utilização, eficiência e satisfação do usuário. Preece, Rogers e Sharp (2005) identificam quatro paradigmas centrais na avaliação de interfaces:

- **Avaliação “rápida e suja”:** Esse método foca em avaliar rapidamente a usabilidade de um sistema, aplicando técnicas simples e de baixo custo, como avaliações heurísticas (análises realizadas por especialistas), observações informais de usuários e testes de usabilidade simplificados. É uma abordagem ágil para identificar problemas primários no design ou na funcionalidade de um sistema.
- **Testes de Usabilidade:** Envolvem observar usuários interagindo com o sistema em questão, buscando compreender como eles o utilizam, identificando problemas de usabilidade, pontos fortes e fracos. Podem ser realizados em laboratórios de usabilidade, onde os participantes são observados enquanto completam tarefas designadas, ou até mesmo em ambientes do mundo real, dependendo do contexto do sistema.
- **Estudos de Campo:** Diferentemente dos testes de usabilidade em laboratório, os estudos de campo levam a avaliação para o ambiente natural onde o sistema será usado. Isso possibilita entender melhor o contexto de uso, as nuances do ambiente e as situações reais enfrentadas pelos usuários.
- **Avaliação Preditiva:** Esse método procura prever possíveis problemas de usabilidade antes que um sistema seja implementado. Envolve a análise do design e

das especificações do sistema para identificar potenciais dificuldades ou problemas que os usuários podem enfrentar. Isso permite correções antes do desenvolvimento avançado, economizando tempo e recursos.

Diante disso, optamos por adotar um modelo híbrido, combinando a **Avaliação “rápida e suja”** e a **Avaliação Preditiva**. Essa integração proporcionou uma dinâmica singular na avaliação do objeto, unindo a aplicação prática com a previsão teórica, o que possibilitou aprimorar a usabilidade e antecipar potenciais problemas, garantindo a eficácia do recurso como ferramenta didática para os usuários.

O instrumento de avaliação adotado é um questionário composto por um total de sete questões, sendo seis delas utilizando a escala de Likert (1932). A utilização deste método proporciona um espectro de respostas que reflete com maior precisão a complexidade das atitudes e percepções dos participantes. Essa capacidade de mensuração mais fina torna-se especialmente valiosa, pois permite coletar e analisar dados de forma rigorosa, contribuindo para a construção de conhecimento científico sólido e embasado.

Recomendada por Barbosa e Silva (2010), essa escala utiliza uma faixa de número ou de grau para representar as respostas.

Figura 32: Exemplo de uso da escala de Likert

O objeto que está sendo analisado é de fácil identificação? ☐ concordo plenamente ☐ concordo parcialmente ☐ não concordo nem discordo ☐ discordo parcialmente ☐ discordo totalmente
--

Fonte: Adaptado de Barbosa e Silva (2010)

De acordo com Barbosa e Silva (2010, p. 341), os objetivos da avaliação, determinam quais critérios de usabilidade devem ser medidos. Para os autores esses critérios são geralmente explorados por perguntas específicas associadas a algum dado mensurável, que com frequência pode ser objetivamente capturado durante a interação do usuário com o sistema.

4.1 Primeira Avaliação - Teste de Funcionamento Preliminar

Para realização do teste e avaliação, foi elaborado o seguinte protocolo:

1. Seleção de Avaliadores:

- Recrutar cinco avaliadores videntes com interesse ou conhecimento relevante.
- Certificar-se de que os avaliadores não têm experiência anterior com o objeto.

2. Preparação:

- Preparar um ambiente que simule condições típicas de uso pelo público-alvo.
- Familiarizar os avaliadores com o objeto, explicando sua função e propósito.

3. Procedimento:

- Cada avaliador será solicitado a realizar tarefas específicas com o objeto, como identificar e manusear suas partes, interpretar informações táteis ou audíveis, etc.
- Registrar quaisquer dificuldades encontradas por cada avaliador individualmente durante o procedimento.
- Encaminhar aos avaliadores acesso ao instrumento de avaliação do teste de uso.

4. Análise de Dados:

- Comparar os resultados e feedback dos avaliadores para avaliar a utilização efetiva geral do objeto.
- Observar as semelhanças e diferenças em suas experiências e sugestões.

5. Resultados e Conclusões:

- Apresentar os resultados da avaliação, destacando o funcionamento do objeto com base nas avaliações obtidas.

4.1.1 Participantes da Avaliação Preliminar

Nessa etapa, definiu-se dois elementos fundamentais para o processo de avaliação, a escolha dos avaliadores e a definição do ambiente de execução. De acordo com a proposta de Nielsen (1994), selecionou-se cinco avaliadores para analisar o funcionamento do recurso didático.

Essa abordagem se baseia na premissa de que alguns problemas de usabilidade são tão óbvios que serão encontrados pelos primeiros usuários testados. Nielsen ressalta que, após os primeiros participantes, os problemas descobertos tendem a ser repetitivos, o que implica que investir em mais usuários pode não trazer uma quantidade significativa de novos insights.

Os especialistas são mestrando, mestres e doutores na área da Computação, com experiência na Educação e possuidores de conhecimento prévio sobre o público-alvo. Os avaliadores da pesquisa tiveram a identidade preservada, sendo citados apenas por siglas:

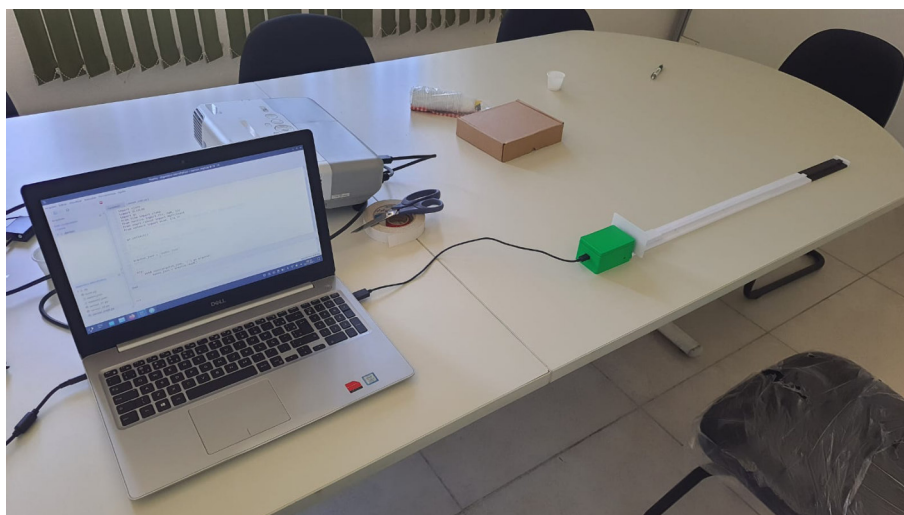
- **Avaliador 1 (A1):** Professor no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), lotado no Campus Rio Grande. Possui graduação em Engenharia de Computação pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG), mestrado e doutorado em Microeletrônica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS);
- **Avaliador 2 (A2):** Professora no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), lotada no Campus Rio Grande. Possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade Católica de Pelotas - UCPel, mestrado e doutorado em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS e pós-doutorado na Universidade Federal do Rio Grande (FURG);
- **Avaliador 3 (A3):** Técnico em Tecnologia da Informação no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), lotado no Campus Rio Grande. Técnico em Processamento de Dados (CTI), possui graduação em matemática e mestrado em Modelagem Computacional pela Universidade Federal do Rio Grande - FURG;
- **Avaliador 4 (A4):** Analista de Tecnologia da Informação no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), lotado no Campus Rio Grande. Técnico em Sistemas para Internet (CTI), também possui graduação em Ciência da Computação e é mestrando em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL);
- **Avaliador 5 (A5):** Técnico de Laboratório no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), lotado no campus Rio Grande. Técnico em Projetos e Instalações Elétricas (CTI), possui graduação em Engenharia de Automação e mestrado em Engenharia de Computação pela Universidade Federal do Rio Grande - FURG;

Nesta fase, a atenção aos aspectos éticos da avaliação é primordial. Dessa forma, garantimos a preservação do anonimato dos avaliadores e a confidencialidade dos dados gerados e analisados. É importante salientar que, ao optarmos pela avaliação preditiva, não houve a necessidade de envolvimento dos usuários finais, o que levou à ausência do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Seguindo o protocolo estabelecido para a condução do teste, a etapa inicial envolveu uma explicação detalhada aos avaliadores sobre o propósito e o funcionamento do objeto em questão. Na fase subsequente, durante a execução do procedimento, os avaliadores foram capazes de identificar as diversas partes do objeto, compreendendo plenamente o seu modo de operação. Eles desempenharam a tarefa designada, que consistia em percorrer a Linha do Tempo, manipulando o *slider* para acessar cada marco temporal registrado, e ao sinal sonoro, aguardar a informação ser fornecida em formato de áudio.

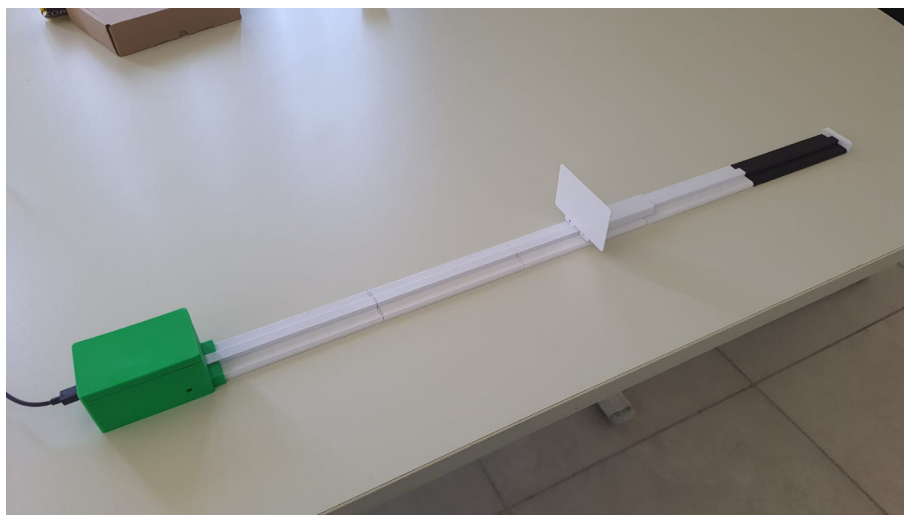
É relevante destacar que não foram observadas situações que indicassem qualquer dificuldade por parte dos avaliadores no manuseio do objeto durante todo o processo.

Figura 33: Teste Preliminar - Estutura



Fonte: Autor

Figura 34: Teste Preliminar - Recurso Didático



Fonte: Autor

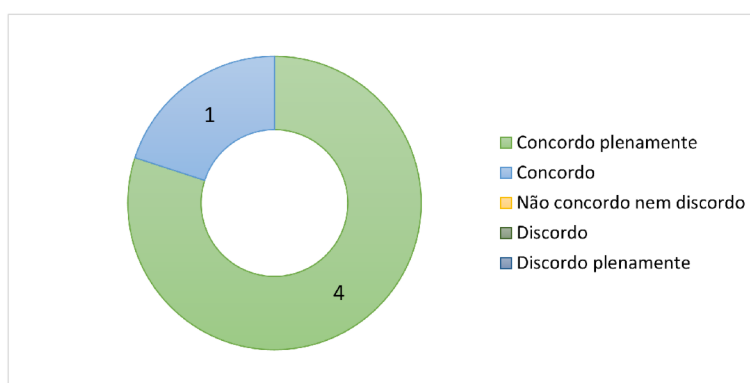
4.1.2 Resultados da Avaliação Preliminar

Os resultados obtidos foram analisados de forma qualitativa e quantitativa, levando em consideração o desempenho dos participantes e as respostas do questionário. Com base nessa avaliação, foram encontrados alguns problemas que ainda não haviam sido identificados durante o desenvolvimento do projeto, as potencialidades e limitações do recurso didático, bem como recomendações para seu uso no contexto educacional inclusivo.

Questão 01 - Facilidade de Identificação: O objeto apresenta facilidade em identificar as diferentes partes ou elementos por meio do toque?

Na primeira questão, um avaliador (20%) respondeu que concorda e quatro avaliadores (80%) responderam que concordam plenamente, o que evidenciou que o desenho do recurso didático é de fácil compreensão por meio do toque. Não houve nenhuma sugestão de melhoria nesse quesito.

Figura 35: Avaliação Preliminar - Questão 01

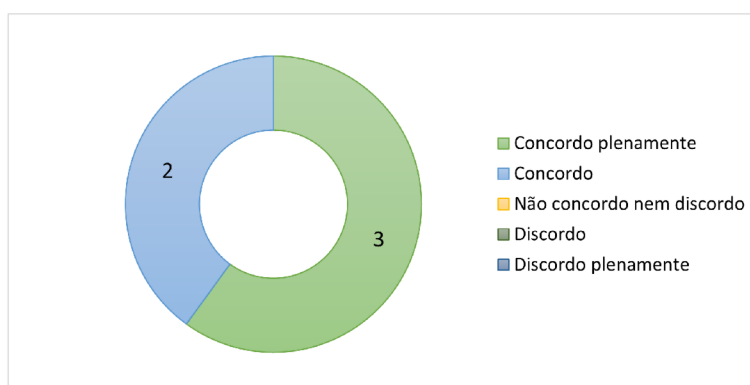


Fonte: Autor

Questão 02 - Funcionamento Geral: O objeto apresenta facilidade no funcionamento em relação às tarefas que lhe foram atribuídas?

Na segunda questão, dois avaliadores (40%) concordam e três avaliadores (60%) concordam plenamente que objeto tem fácil funcionamento em relação a execução das tarefas. Também não houve nenhuma sugestão de melhoria nesse quesito.

Figura 36: Avaliação Preliminar - Questão 02



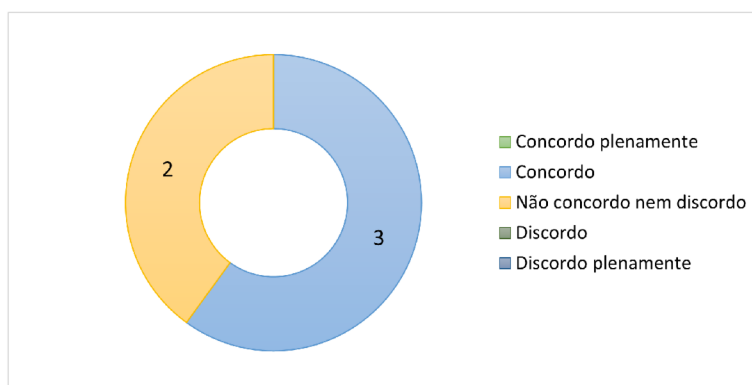
Fonte: Autor

Questão 03 - *Feedback Tátil*: O objeto fornece *feedback* tátil claro e útil durante a interação?

Na terceira questão, três avaliadores (60%) concordam que o objeto fornece um *feedback* tátil útil e dois avaliadores (40%) não concordam nem discordam. Algumas sugestões nesse quesito foram registradas pelos avaliadores.

O avaliador **A1** acredita que a movimentação com pouco atrito possa trazer ao usuário uma sensação de perda de sensibilidade, principalmente em uma situação que tenha um marco muito próximo do outro. **A2** considera útil a possibilidade de identificação tátil na linha para se ter uma orientação espacial em relação ao todo e ao avanço das informações. O avaliador **A4** sugere a inserção de pontos/marcações físicas equidistantes na linha do tempo fornecendo uma referência tátil para a quantidade de tempo percorrido, acreditando que dessa forma ajudaria, inclusive, o *slider* a percorrer com mais controle/precisão a linha do tempo. Por fim o avaliador **A5** considera que o sistema apresenta um *feedback* tátil limitado, sendo necessária a inclusão de protuberâncias no trilho e no *slider* para melhorar a sensação de deslocamento. Além disso, uma escala em braile, apresentando o *range* da régua (trilho) forneceria um *status* mais aguçado de posição.

Figura 37: Avaliação Preliminar - Questão 03

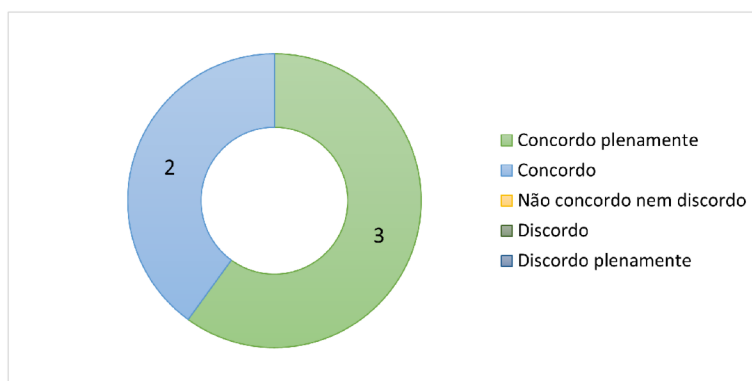


Fonte: Autor

Questão 04 - *Feedback Auditivo*: O objeto fornece *feedback* auditivo claro e útil durante a interação?

Na quarta questão, dois avaliadores (40%) concordam e três avaliadores (60%) concordam plenamente que o objeto apresenta um *feedback* auditivo claro e útil. O avaliador **A2** sugeriu que poderia haver um sinal sonoro indicando o término da informação (p.ex. um bip curto).

Figura 38: Avaliação Preliminar - Questão 04

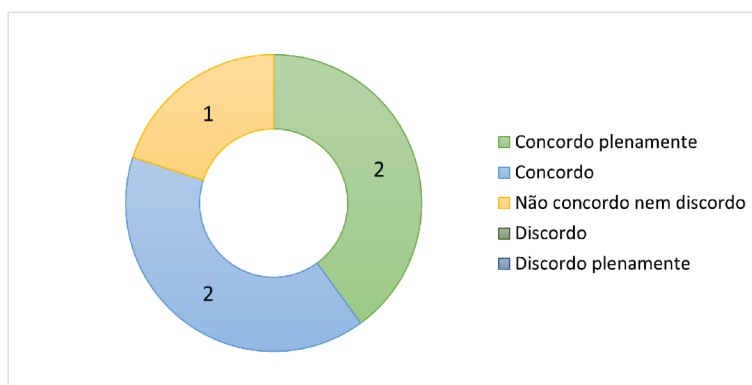


Fonte: Autor

Questão 05 - Ergonomia: O objeto é confortável de ser usado por longos períodos?

Na quinta questão, dois avaliadores (40%) concordam plenamente que o objeto é confortável em relação ao manuseio por longos períodos, dois avaliadores (40%) concordam e um avaliador (20%) não concorda nem discorda. O avaliador **A5** ressaltou que falta uma melhor empunhadura no *slider*, e acredita que isso comprometa um pouco o uso por longos períodos;

Figura 39: Avaliação Preliminar - Questão 05



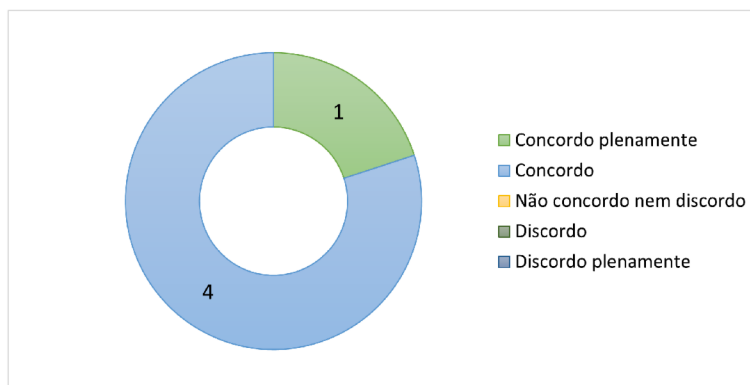
Fonte: Autor

Questão 06 - Portabilidade: Considerando seu tamanho, peso e recursos de mobilidade, o objeto é fácil de transportar?

Na sexta questão, quatro avaliadores (80%) concordam que transportar o objeto é fácil e um avaliador (20%) concorda plenamente. A facilidade no transporte do recurso didático é outra premissa que teve o objetivo alcançado conforme a avaliação fornecida. O avaliador **A4** sugeriu a possibilidade de utilização de baterias como fonte de energia. No entanto, caso não seja uma ferramenta “itinerante” poderiam ser usadas outras fontes de

energia, preferencialmente, renováveis. O avaliador **A5** considerou que a seleção dos materiais e a estrutura de montagem escolhidos proporcionaram uma grande portabilidade para o protótipo e da mesma forma que **A4**, a incorporação de baterias para parte eletrônica permitiria uma autonomia consideravelmente maior, principalmente para aplicações em sala de aula.

Figura 40: Avaliação Preliminar - Questão 06



Fonte: Autor

Questão 07 - Sugestões de Melhoria: Você tem alguma sugestão específica de como o objeto poderia ser aprimorado em termos de acessibilidade e manuseio?

Na sétima questão, os avaliadores tiveram possibilidade de registrar suas sugestões e considerações ao projeto. A sugestões que tiveram relação direta com as questões anteriores, foram distribuídas conforme o assunto, as demais foram relacionadas abaixo.

- Avaliador **A1** - Parabéns pelo excelente trabalho! Algumas considerações das quais acredito que possam ser avaliadas e consideradas para uma nova versão: O objeto em si é de fácil manuseio e muito prático. Talvez o deslize facilitado da régua possa passar a impressão para o usuário de que ele poderia ter perdido um marco temporal em função de uma maior aceleração no movimento. Como também comentado durante o experimento, talvez fosse interessante pegar outros estudos de caso, em que houvesse a inclusão de maior número de marcos temporais. Como se fosse possível fazer uma análise de estresse, para compreender se há um limite prático quanto a um máximo número de marcos temporais. Acredito que essa análise seria interessante para o software que será futuramente disponibilizado para quem for cadastrar linhas do tempo.
- Avaliador **A2** - Achei o trabalho muito interessante com a possibilidade de ser um recurso genérico que pode ser aplicado a diferentes contextos de informações. Após o teste do objeto, algumas sugestões são uma possível utilização de outro material como o MDF facilitasse a movimentação de forma a não deslizar muito rápido.

Poderia haver uma forma de acelerar a informação sonora (aumentar a velocidade), na aplicação ou no próprio objeto (através de um botão por ex.) e algo que eu não perguntei, mas seria interessante ter uma interface para a inserção das informações em diferentes contextos.

- Avaliador **A3** - Avaliar um ajuste no sensor de distância ou mesmo a troca por um sensor mais preciso, quem sabe uma reformulação no desenho do carro e trilho ou alteração em suas cores, de modo que o usuário ao repetir o exercício, os pontos da linha do tempo permaneçam o mais próximo da leitura do exercício anterior, proporcionando uma assimilação melhor do espaço físico e consequentemente uma melhor associação da distância física com a distância temporal.
- Avaliador **A4** - Possibilidade de carregar e descarregar a linha do tempo através de algum dispositivo portátil, como um pendrive facilitando a portabilidade e a autonomia da ferramenta. Desenvolvimento de uma interface para que os usuários “comuns”¹ possam fazer o lançamento dos dados para a construção da linha do tempo. Controle de velocidade da pronúncia do “leitor de tela”, visto que hoje em dia é um recurso amplamente utilizado nos mais diversos aplicativos de bate-papo, *streaming*, entre outros.
- Avaliador **A5** - Como aprimoramento para o reconhecimento de posição, sugiro investigar a possibilidade de utilizar o sensor infravermelho enclausurado no trilho, o que permitiria identificar apenas a posição do *slider*, sem reconhecer outros objetos ou as mãos.

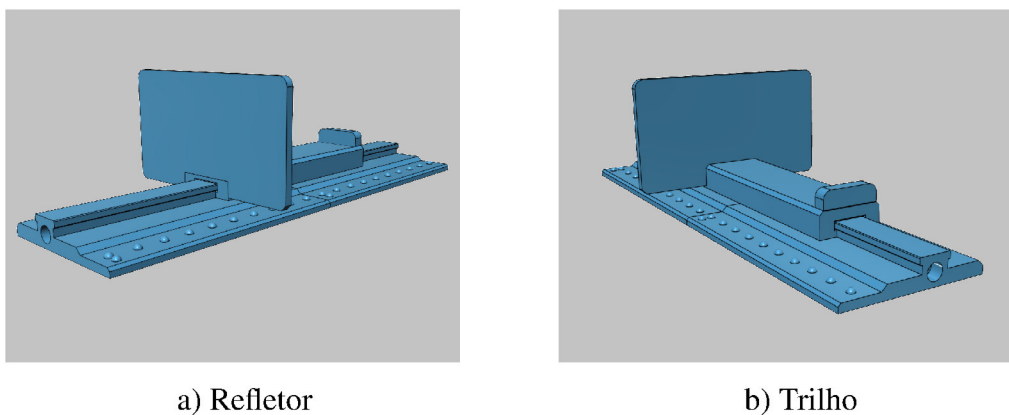
4.1.3 Implementação das Modificações Sugeridas

As avaliações obtidas durante o Teste de Funcionamento Preliminar, destacaram algumas limitações do dispositivo e proporcionaram sugestões valiosas para o aprimoramento do projeto. Essas recomendações foram cuidadosamente avaliadas e algumas delas implementadas no objeto para realização do Teste de Funcionamento Avançado.

- Aumento do tamanho do Refletor do Sensor Laser - No primeiro teste o tamanho do refletor não foi suficiente e teve que ser adaptada uma outra peça para que o procedimento pudesse ser realizado, não ocorrendo prejuízo da atividade;
- Modificação do Desenho do trilho e do slider - O slider poderia ser retirado do trilho durante a utilização;
- Inclusão de pontos de marcação ao longo da régua - Não existia nenhum marcador tátil de referência ao deslocamento com o slider.

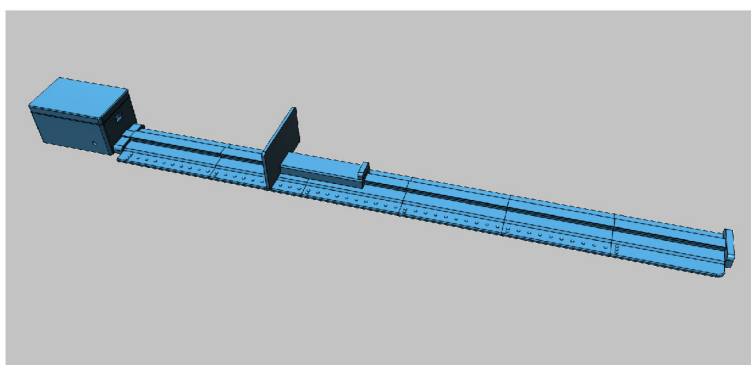
¹Usuários comuns ou típicos, são aquelas pessoas sem deficiência visual.

Figura 41: Modelagem 3D - Modificações



Fonte: Autor

Figura 42: Modelo 3D - Linha do Tempo com modificações



Fonte: Autor

Além das modificações sugeridas, o objeto teve suas cores redefinidas para proporcionar um melhor contraste aos usuários com visão subnormal. A Figura 43 demonstra o recurso didático Linha do tempo finalizado para realização do Teste de Funcionamento Avançado.

Figura 43: Recurso Didático versão final



Fonte: Autor

4.2 Segunda Avaliação - Teste de Funcionamento Avançado

Para realização do teste e avaliação, foi elaborado o seguinte protocolo:

1. Seleção de Avaliadores:

- Recrutar avaliadores com deficiência visual.
- Certificar-se de que os avaliadores não têm experiência anterior com o objeto.
- Informar os avaliadores sobre a natureza do teste e obter consentimento informado.

2. Preparação:

- Preparar a estrutura para realização dos testes.
- Familiarizar os avaliadores com o objeto, explicando sua função e propósito.

3. Procedimento:

- Cada avaliador será solicitado a realizar tarefas específicas com o objeto, como identificar e manusear suas partes, interpretar informações táteis ou audíveis, etc.
- Registrar quaisquer dificuldades encontradas por cada avaliador individualmente durante o procedimento.
- Encaminhar aos avaliadores acesso ao instrumento de avaliação do teste de uso.

4. Análise de Dados:

- Comparar os resultados e feedback dos avaliadores para avaliar a utilização efetiva geral do objeto.
- Observar as semelhanças e diferenças em suas experiências e sugestões.

5. Resultados e Conclusões:

- Apresentar os resultados da avaliação, destacando o funcionamento do objeto com base nas avaliações obtidas.

4.2.1 Participantes da Avaliação Avançada

Os avaliadores da pesquisa tiveram a identidade preservada, sendo citados apenas por siglas:

- **Avaliador 1 (A1):** Técnico Assistente Administrativo no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), lotado no Campus Bento Gonçalves. Sua deficiência visual é a perda total da Visão;

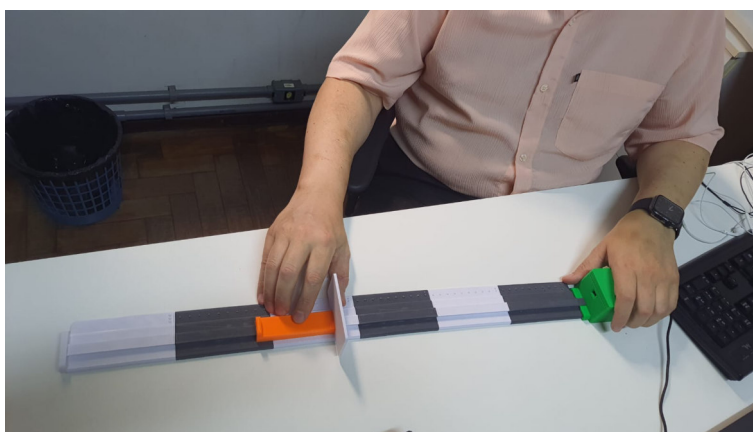
- **Avaliador 2 (A2):** Técnico Assistente Administrativo no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), lotado na Reitoria. Sua deficiência visual é a visão subnormal;

Seguindo o protocolo estabelecido para a condução do teste, a etapa inicial envolveu uma explicação detalhada aos avaliadores sobre o propósito e o funcionamento do objeto em questão. Na fase subsequente, durante a execução do procedimento, os avaliadores foram capazes de identificar as diversas partes do objeto, compreendendo plenamente o seu modo de operação.

Eles desempenharam a tarefa designada, que consistia em percorrer a Linha do Tempo, manipulando o *slider* para acessar cada marco temporal registrado, e ao sinal sonoro, aguardar a informação ser fornecida em formato de áudio.

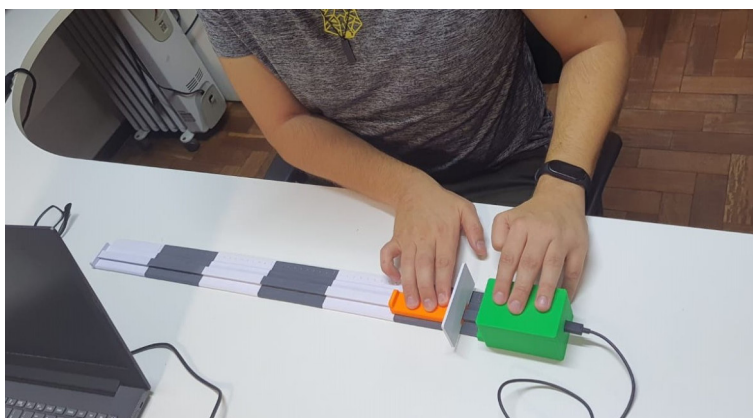
É relevante destacar que foi observada uma certa dificuldade do avaliador A1 em posicionar sua mão sobre a parte móvel do Recurso didático, e que após compreender melhor o objeto, não apresentou mais dificuldades.

Figura 44: Teste Avançado - Avaliador A1



Fonte: Autor

Figura 45: Teste Avançado - Avaliador A2



Fonte: Autor

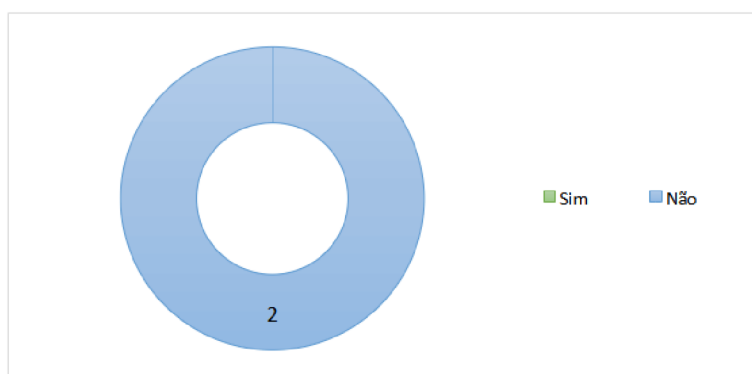
4.2.2 Resultados da Avaliação Avançada

Os resultados obtidos foram analisados de forma qualitativa e quantitativa, levando em consideração o desempenho dos participantes e as respostas do questionário.

Questão 01 - Identificação: Você conhecia o Recurso didático antes de participar da avaliação ?

Os dois avaliadores (100%) não conheciam o recurso didático antes de participar da avaliação.

Figura 46: Avaliação Avançada - Questão 01

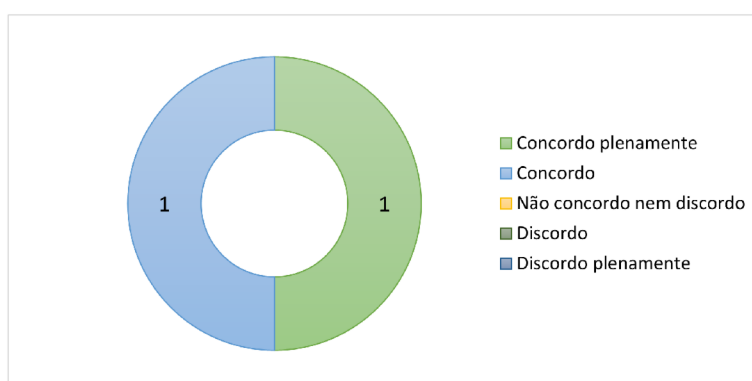


Fonte: Autor

Questão 02 - Facilidade de Identificação: O objeto apresenta facilidade em identificar as diferentes partes ou elementos por meio do toque?

Na segunda questão, um avaliador (50%) respondeu que concorda e um avaliador (50%) respondeu que concorda plenamente, evidenciando que o desenho do recurso didático é de fácil compreensão por meio do toque. Não houve nenhuma sugestão de melhoria nesse quesito.

Figura 47: Avaliação Avançada - Questão 02

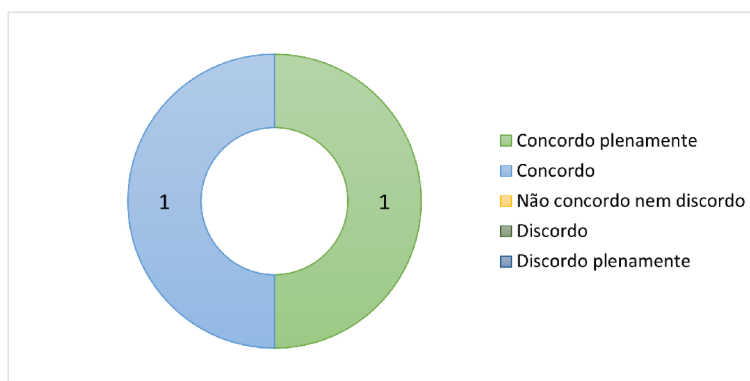


Fonte: Autor

Questão 03 - Funcionamento Geral: O objeto apresenta facilidade no funcionamento em relação às tarefas que lhe foram atribuídas?

Na terceira questão, um avaliador (50%) concorda e um avaliador (50%) concorda plenamente que o objeto tem fácil funcionamento em relação à execução das tarefas. Também não houve nenhuma sugestão de melhoria nesse quesito.

Figura 48: Avaliação Avançada - Questão 03



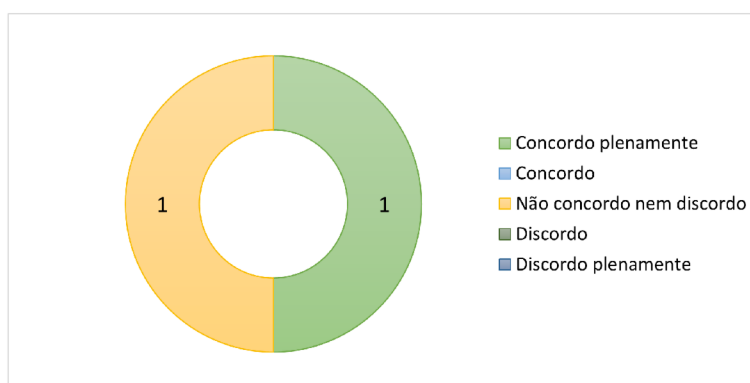
Fonte: Autor

Questão 04 - Feedback Tátil: O objeto fornece *feedback* tátil claro e útil durante a interação?

Na quarta questão, um avaliador (50%) concorda plenamente que o objeto fornece um *feedback* tátil útil e um avaliador (50%) não concorda nem discorda. Algumas sugestões nesse quesito foram registradas pelos avaliadores.

O avaliador **A1** acredita que a movimentação com pouco atrito possa trazer ao usuário uma sensação de perda de sensibilidade, principalmente em uma situação que tenha um marco muito próximo do outro. **A2** considera útil a possibilidade de identificação tátil na linha para se ter uma orientação espacial em relação ao todo e ao avanço das informações.

Figura 49: Avaliação Avançada - Questão 04

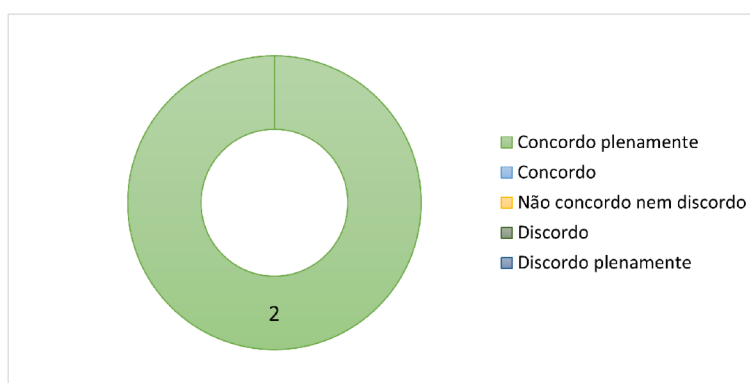


Fonte: Autor

Questão 05 - Feedback Auditivo: O objeto fornece *feedback* auditivo claro e útil durante a interação?

Na quarta questão, os dois avaliadores (100%) concordam plenamente que o objeto apresenta um *feedback* auditivo claro e útil. O avaliador **A2** sugeriu que poderia haver um sinal sonoro indicando o término da informação (p.ex. um bip curto).

Figura 50: Avaliação Avançada - Questão 05

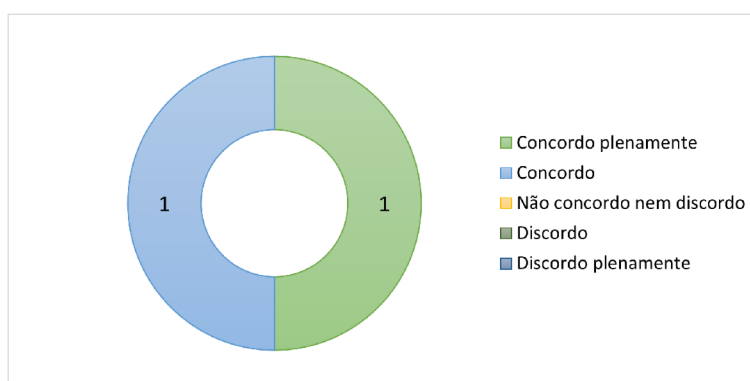


Fonte: Autor

Questão 06 - Ergonomia: O objeto é confortável de ser usado por longos períodos?

Na sexta questão, um avaliador (50%) concorda plenamente que o objeto é confortável em relação ao manuseio por longos períodos e um avaliador (50%) concorda. O avaliador **A1** sugeriu a presença da marcação de posicionamento em ambos os lados do trilho;

Figura 51: Avaliação Avançada - Questão 06

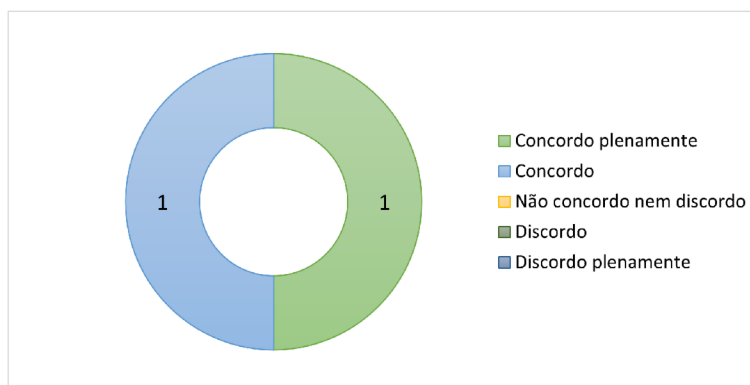


Fonte: Autor

Questão 07 - Satisfação: Baseado em seu nível de satisfação, você concorda com a possibilidade de uso do recurso didático em ambiente educacional?

Na sétima questão, um avaliador (50%) concorda com a utilização do recurso didático em ambiente educacional e um avaliador (50%) concorda plenamente com a utilização. O avaliador A_e sugere a elaboração de um manual de instruções para ser disponibilizado juntamente com o recurso didático.

Figura 52: Avaliação Avançada - Questão 07



Fonte: Autor

Questão 08 - Sugestões de Melhoria: Você tem alguma sugestão específica de como o objeto poderia ser aprimorado em termos de acessibilidade e manuseio?

Na oitava questão, os avaliadores tiveram possibilidade de registrar suas sugestões e considerações ao projeto. As sugestões que tiveram relação direta com as questões anteriores, também foram distribuídas conforme o assunto.

- Avaliador A₁ - As marcações táteis dos centímetros da régua que estão à direita poderiam serem postos na esquerda também. Ainda, o movimento do carrinho poderia ser mais aderente, já que para uma pessoa que tenha deficiência motora pode ter dificuldade de frear o carrinho por conta da facilidade de deslizamento do mesmo.
- Avaliador A₂ - O recurso pode ter um manual de instruções. Além disso, pode ter uma pequena resposta sonora em cada uma das estações onde o marcador (carrinho) é parado. Ainda, assim como acontece no início do trajeto, pode haver uma resposta sonora para quando a linha do tempo for encerrada. O recurso também apresenta pontos positivos. A linha do tempo tem um bom contraste (preto, branco e laranja) que ajudam no uso de pessoas com baixa visão.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa, conduziu-se uma Revisão Sistemática da Literatura para analisar os recursos de Tecnologia Assistiva mais prevalentes, bem como compreender o emprego de Recursos Didáticos destinados a alunos com deficiência visual. Um total de 485 estudos foram analisados com base em uma busca realizada em 6 repositórios no período entre 2019 e 2022. Ao final da análise, após terem sido executadas todas as etapas relacionadas ao processo de revisão, um total de 27 estudos possibilitaram responder às questões de interesse desta investigação.

Esses estudos mostraram que a descrição de áudio e os recursos táteis, que são duas formas específicas de Tecnologia Assistiva, desempenham um papel importante na acessibilidade para pessoas com deficiência visual, proporcionando acesso a informações que são visuais, expandindo assim a compreensão, facilitando a aprendizagem prática e contribuindo para uma experiência mais completa e enriquecedora para pessoas com deficiência visual em diferentes contextos.

Após o estudo dos componentes e protocolos de comunicação, foi elaborado um protótipo do recurso didático, que possibilitou a realização de testes de funcionamento. Os testes de utilização destacaram algumas limitações do dispositivo, proporcionando sugestões valiosas para aprimoramento do projeto. Essas recomendações foram cuidadosamente avaliadas e conforme a possibilidade, incorporadas ao projeto uma vez que evidenciaram melhorias significativas. Este processo iterativo de refinamento contribuiu significativamente para a otimização contínua do dispositivo, alinhando-se de forma mais precisa às expectativas e demandas do público-alvo.

O uso de recursos de Tecnologia Assistiva em conjunto com os recursos de ensino desempenha um papel crucial na garantia de acessibilidade e inclusão para pessoas com deficiência visual. Entretanto, a melhoria e o desenvolvimento contínuo dessas tecnologias são imperativos. Nesse sentido, uma abordagem baseada na Internet das Coisas (IoT) emerge como uma via promissora para otimizar essas tecnologias e maximizar seus benefícios, atendendo assim às necessidades individuais dos alunos.

A convergência entre a Internet das Coisas (IoT) e as tecnologias assistivas delineia um horizonte promissor para elevar a qualidade de vida e promover a inclusão de pes-

soas com deficiências. Ao unir a conectividade e a inteligência dos dispositivos IoT com soluções assistivas, uma vasta gama de vantagens pode ser proporcionada, indo desde o monitoramento de saúde em tempo real até ambientes personalizados e estímulo à independência.

A Tecnologia Assistiva baseada na IoT não apenas enfrenta desafios específicos de acessibilidade, mas também está em sintonia com os valores mais amplos de uma sociedade inclusiva, onde todos os indivíduos têm a oportunidade de participar plenamente e desfrutar de uma vida enriquecedora. Conforme progredimos nesse campo, é crucial que educadores, engenheiros e profissionais da área de saúde trabalhem juntos para desenvolver e implementar soluções inovadoras, ampliando as possibilidades de acessibilidade e demonstrando o potencial transformador da tecnologia em benefício das pessoas.

5.1 Trabalhos Futuros

No decorrer do desenvolvimento desta pesquisa, alguns trabalhos futuros podem ser viáveis para aprimorar ainda mais a utilização do recurso didático desenvolvido. Primeiramente, há a necessidade de desenvolver uma interface específica para permitir que os professores preparem as atividades de forma mais intuitiva e eficiente. Além disso, a implementação do protocolo HTTP para a comunicação do recurso didático pode melhorar a conectividade e a interoperabilidade do sistema, facilitando sua integração com outras plataformas e dispositivos.

O aprimoramento do aplicativo de celular também é importante para garantir ao usuário uma experiência fluida e otimizada. As sugestões derivadas das avaliações de uso devem ser cuidadosamente consideradas e, sempre que viável, incorporadas ao projeto, incluindo a possibilidade de substituição de componentes para garantir melhorias significativas. A implementação do Recurso Didático Mapa Tátil também é uma possibilidade em pesquisas posteriores baseadas no trabalho realizado.

Nesse contexto, é viável investigar estudos que orientem o uso de Recursos Didáticos voltados para pessoas com Deficiência Visual. Esses estudos podem evidenciar as vantagens e desvantagens desses recursos, estabelecendo, assim, uma base sólida para o desenvolvimento de soluções utilizando a Internet das Coisas (IoT) no contexto educacional, aprimorar ainda mais a funcionalidade e a acessibilidade dos recursos didáticos e promover uma educação mais inclusiva e eficaz para pessoas com deficiência visual.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, P. R.; COSTA, F. W. D. O Ensino de Geografia na perspectiva da Educação Inclusiva no Instituto Federal do Triângulo Mineiro – *campus* Patrocínio-MG. **Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia**, [S.l.], v.19, n.3, p.26–47, 2021.

ALVARISTO, E. F.; SANTINELLO, J. As contribuições da Tecnologia Assistiva Dosvox para professores em formação inicial: intermediando práticas tecnológicas inclusivas. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, [S.l.], v.16, p.3086–3105, 2021.

ANDRADE, R. M. de. **Requisitos de projeto para produção de recursos didáticos táteis para estudantes cegos no processo de ensino-aprendizagem de geometria espacial**. 2019. 194p. Dissertação de Mestrado em Design — Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Dourados - MS.

ANTHONY, R.; BELEN, J. D.; BEDNARZ, T.; FAVERO, D. D.; DEL, D. Integrating Mixed Reality and Internet of Things as an Assistive Technology for Elderly People Living in a Smart Home ACM Reference Format. , [S.l.], 2019.

ARDUINO Foundation. **Learn Arduino**. <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>: [s.n.], 2022. Acessado em: 18 novembro 2022.

BARBOSA, S. D. J.; SILVA, B. S. d. **Interação Humano-Computador**. 1ª.ed. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2010. 408p.

BERSCH, R. C. R. **Design de um Serviço de Tecnologia Assistiva em Escolas Públicas**. 2009. 231p. Dissertação de Mestrado em Design — Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre - RS.

BHATI, N.; SAMSANI, V. C.; KHARETA, R.; VASHISTH, T.; SHARMA, S.; SUGUMARAN, V. CAPture: A Vision Assistive Cap for People with Visual Impairment. , [S.l.], p.692–697, 2021.

CAMBRE, J.; WILLIAMS, A. C.; RAZI, A.; BICKING, I.; WALLIN, A.; TSAI, J.; KULKARNI, C.; KAYE, J. Firefox Voice: An Open and Extensible Voice Assistant Built Upon the Web. , New York, NY, USA, p.18, 2021.

CAST. **Universal Design for Learning Guidelines version 2.2.** <http://udlguidelines.cast.org>: [s.n.], 2018. Acessado em: 26 setembro 2022.

CASTOLDI, R.; POLINARSKI, C. A. A utilização de Recursos didático-pedagógicos na motivação da aprendizagem. **SINECT - I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, PR, 2009.

CERQUEIRA, J. B.; FERREIRA, E. M. B. **Os recursos didáticos na educação especial**. 15.ed. Rio de Janeiro: Revista Benjamin Constant, 2000.

COLTRO, E. M. **BOCA-GAME - jogo com audiodescrição de imagens para o ensino de ciências com pessoas cegas**. 2019. 145p. Dissertação de mestrado em Educação — Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados - MS.

ESPRESSIF Systems. **Technical Documents**. https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_technical_reference_manual_en.pdf: [s.n.], 2022. Acessado em: 22 dezembro 2022.

FONSECA, G. L. M. da; LIMA, N. R. W. Acessibilidade Informacional à Pessoa com Deficiência Visual através do Livro Falado. **Revista Informação na Sociedade Contemporânea**, [S.l.], v.4, p.e21761, 2020.

GATIS FILHO, S. J. V. **Design de smart devices centrado no usuário com deficiência visual**. 2019. 99p. Dissertação de Mestrado em Computação — Universidade Federal do Pernambuco (UFPE), Recife - Pe.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4^a.ed. [S.l.]: Atlas, 2007.

GONÇALVES, L. B.; CINELLI, M. J. Tecnologia Assistiva: o Design da Informação em imagens táteis como recurso na experiência de deficientes visuais em museus. **Projetica**, [S.l.], v.11, p.16, 2020.

GONÇALVES, M. C.; FREITAS, A. L. C. d.; GONÇALVES, E. M.; BARWALDT, R.; MACHADO, R. N.; OTERO, T. F.; OLIVEIRA, M. M. Gamification as a Strategy to Improve Students' Motivation and Engagement in Educational Environments at Engineering Courses: bibliographic. In: IEEE FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE (FIE), 2019., 2019. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2019. p.1–5.

GOODWIN, K. **Designing for the Digital Age: How to Create Human-Centered Products and Services**. [S.l.]: Wiley Publishing, 2009.

HILLAR, G. C. **MQTT Essentials: a lightweight IoT protocol**. 1^a.ed. [S.l.]: Packt Publishing Ltd, 2021.

IFRS. **Instrução Normativa PROEX/IFRS nº 10/2015:** Regulamenta a atuação do Centro Tecnológico de Acessibilidade (CTA) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS). https://ifrs.edu.br/wp-content/uploads/2017/07/2015117165852535in_10_-_2015_-_regulamenta_a_atuacao_do_cta_do_ifrs.pdf: [s.n.], 2015. Acessado em: 16 setembro 2022.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. **Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering Version 2.3.** 1051p. v.45. 2007.

KLEINA, C. **Tecnologia Assistiva em Educação Especial e Educação Inclusiva.** 1ª.ed. [S.l.]: Editora Intersaberes, 2012.

KUROSE, J. F.; ROSS, K. W. **Computer Networking: A Top-Down Approach.** 7ª.ed. [S.l.]: Pearson, 2017.

MANCINI, M. **Internet das Coisas: História, Conceitos, Aplicações e Desafios.** http://monicamancini.com.br/wp-content/uploads/2019/07/Monica_Mancini-Ebook_Iot.pdf: [s.n.], 2018. Acessado em: 12 novembro 2022.

MANJARI, K.; VERMA, M.; SINGAL, G. A survey on Assistive Technology for visually impaired. **Internet of Things (Netherlands)**, [S.l.], v.11, 9 2020.

MARCON, C. T. **Modelo multissensorial desenvolvido por tecnologias 3d para o auxílio na percepção da forma de peças museológicas por pessoas com deficiência visual.** 2021. 182p. Dissertação de Mestrado em Design — Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre - RS.

MENEZES, A. L.; ALVES, C. B. Audiodescrição como ferramenta do Desenho Universal para a Aprendizagem: inclusão de crianças com deficiência visual na Educação Infantil. **Revista Educação Especial**, [S.l.], v.34, p.e51/1–20, out. 2021.

MONTEIRO, F. V.; FERNANDES, E. M. A educação inclusiva como periférica para a pessoa com deficiência visual. **Periferia (Duque de Caxias)**, [S.l.], v.14, p.69–87, 2022.

NERY, S. S.; SÁ, A. V. M. d. As possibilidades e os desafios da utilização de tecnologias digitais e assistivas na Educação Matemática Inclusiva. **Revista Baiana de Educação Matemática**, [S.l.], v.1, p.01–24, 2020.

NIELSEN, J. **Usability Engineering.** 1st.ed. Burlington, USA: Morgan Kaufmann Publishers, 1994. 376p.

OASIS. **OASIS Open Organization.** <https://www.oasis-open.org/>: [s.n.], 2022. Acessado em: 18 dezembro 2022.

OLIVEIRA, A. S. de. **Quimivox mobile 2.0**: Desenvolvimento de ferramenta no ensino da tabela periódica e distribuição eletrônica aos deficientes visuais utilizando dispositivos móveis. 2019. 65p. Dissertação de Mestrado em Computação Aplicada — Universidade Federal do Pará (UFPA), Tucuruí - PA.

OLIVEIRA, M. de; AMARAL, G.; SCHENEIDER, J.; MERLIN, B.; FÜLBER, H.; OLIVEIRA VERAS, A. A. de. BioBlu App: Tecnologia Assistiva para auxiliar o ensino de Genética Clássica a deficientes visuais. In: XXXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 2020, Porto Alegre, RS, Brasil. **Anais...** SBC, 2020. p.772–781.

PALHAIS, C. B. C. **PROTOTIPAGEM - Uma abordagem ao processo de desenvolvimento de um produto**. 2015. 141p. DISSERTAÇÃO (Mestrado em Design de Equipamento) — Universidade de Lisboa, Lisboa.

PLAÇA, J. S. V. **O uso de Tecnologia Assistiva como artefato cultural no atendimento educacional especializado para alunos cegos ou baixa visão**. 2020. 248p. Tese de Doutorado em Educação — Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande - MS.

PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, H. **Design de interação** : além da interação homem-computador. Reimpressão 2007..ed. [S.l.]: Bookman, 2005. 548p.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do Trabalho Científico**: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico. 2ª.ed. [S.l.]: Editora Feevale, 2013. 276p.

RASPBERRY Pi Foundation. **Raspberry Pi Pico Datasheet**. <https://datasheets.raspberrypi.com/pico/pico-datasheet.pdf>: [s.n.], 2022. Acessado em: 12 dezembro 2022.

RAYES, A.; SALAM, S. **Internet of Things From Hype to Reality - The Road to Digitization**. [S.l.: s.n.], 2016.

REZENDE, A. L.; JESUS, C. P.; NOGUEIRA, A.; PEREIRA, I.; NETO, A. S.; COSTA, G.; SOUZA, M. Leitor digital autônomo de baixo custo M-Reader: Tecnologia Assistiva como possibilidade de inclusão sociodigital dos sujeitos com deficiência visual. In: XXII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 2021, Porto Alegre, RS, Brasil. **Anais...** SBC, 2021. p.552–563.

ROAM, D. **The back of the napkin** : solving problems and selling ideas with pictures (Expanded Edition). 4.ed. [S.l.]: Penguin Publishing Group, 2009.

RODRIGO-SALAZAR, L.; GONZÁLEZ-CARRASCO, I.; ALEJANDRO, ; GARCIA-RAMIREZ, R.; RAFAEL, A.; BR, G.-R. R. An IoT-based contribution to improve mobility of the visually impaired in Smart Cities 1 3 Mathematics Subject Classification 68M11 · 68N01 · 68M14. **Computing**, [S.l.], v.103, p.1233–1254, 2021.

RODRIGO SALAZAR, L.; RAFAEL GARCIA RAMIREZ, A.; REIS QUIETINHO LEITHARD, V. **Arquitetura baseada na IoT para uma Bengala Eletrônica Development of an IoT Architecture for an Electronic Cane**. [S.l.: s.n.]. 19-22p.

SALAM, S.; RAYES, A. **Internet of Things From Hype to Reality: The Road to Digitization**. 2ª.ed. [S.l.]: Springer Cham, 2019. 373p.

SALVADOR, D. S. C. D. O. MAPA: REFLEXÕES SOBRE UM IMPORTANTE INSTRUMENTO PARA O ENSINO GEOGRÁFICO, SEGUINDO UMA PERSPECTIVA INCLUSIVA. **HOLOS**, [S.l.], v.2, p.52–63, mar. 2008.

SANTINELLO, J.; ALVARISTO, E. D. F.; VIGINHESKI, L. V. M. Concepção de professores em formação inicial: conhecimento sobre a Tecnologia Assistiva Dosvox. **Educação em Análise**, [S.l.], v.5, p.353, 2020.

SANTOS, P. V.; BRANDÃO, G. C. A. Tecnologias Assistivas no Ensino de Física para Alunos com Deficiência Visual: um estudo de caso baseado na audiodescrição. **Ciencia & Educação**, [S.l.], v.26, 2020.

SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. [S.l.: s.n.], 2005.

SILVA, K. M. da. **A audiodescrição na formação de professores**: um exercício de prática docente com imagens acessíveis. 2019. 304p. Dissertação de mestrado em Educação — Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal - RN.

SONZA, A. P.; SALTON, B. P.; EGAMI, B. K. N. O Desenho Universal para aprendizagem, a tecnologia assistiva e suas possibilidades. In: MASSONI (Ed.). **Mosaico Acessível: Tecnologia Assistiva e Práticas Inclusivas na Educação Profissional**. Maringá - PR: [s.n.], 2022.

SOUZA BARBOSA, L. C. de. **Bengala inteligente**: um modelo para apoio à navegação de deficientes visuais baseado em reconhecimento de cores. 2019. 76p. Dissertação de Mestrado em Computação Aplicada — Universidade Federal do Pará (UFPA), Tucuruí - PA.

SOUZA, S. E. **O uso de Recursos Didáticos no Ensino Escolar**. http://www.dma.ufv.br/downloads/MAT_20103/2015-II/slides/Rec_Didaticos_-_MAT_103_-_2015-II.pdf: [s.n.], 2007. Acessado em: 22 novembro 2022.

STALLINGS, W. **Arquitetura e organização de computadores**. 10^o.ed. [S.l.]: Pearson Education do Brasil, 2017. 712p.

SZESZ JUNIOR, A. **MATH2TEXT - Ferramenta tecnológica para acessibilidade de estudantes cegos a expressões matemáticas**. 2021. 147p. Tese de Doutorado em Ensino de Ciência e Tecnologia — Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa - PR.

TEIXEIRA, J. M. **Gestão visual de projetos**: utilizando a informação para inovar. 1^a.ed. [S.l.]: Alta Books, 2018. 208p.

TOPIN, L. O.; BARWALDT, R.; RIBEIRO, L. M.; SPÍNDOLA, D.; FREITAS, A. L. C. d.; PIAS, M.; TORRES, M.; SARTORI, J. Towards Machine Learning for Enhanced Maths Teaching to the Blind. In: IEEE FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE (FIE), 2019., 2019. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2019. p.1–8.

ZAMPROGNO, L. Z. **T-TÁTIL - Desenvolvimento de uma tecnologia assistiva para auxiliar pessoas com deficiência visual na leitura e interpretação de desenhos táteis**. 2019. 203p. Dissertação de Mestrado em Computação Aplicada — Universidade Federal do Pará (UFPA), Tucuruí - PA.

6 APÊNDICE A - INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DE FUNCIONAMENTO PRELIMINAR

Questão 01 - Facilidade de Identificação: O objeto apresenta facilidade em identificar as diferentes partes ou elementos por meio do toque?

1. ☐ Discordo plenamente
2. ☐ Discordo
3. ☐ Não concordo nem discordo
4. ☐ Concordo
5. ☐ Concordo plenamente

Questão 02 - Funcionamento Geral: O objeto apresenta facilidade no funcionamento em relação às tarefas que lhe foram atribuídas?

1. ☐ Discordo plenamente
2. ☐ Discordo
3. ☐ Não concordo nem discordo
4. ☐ Concordo
5. ☐ Concordo plenamente

Questão 03 - Feedback Tátil: O objeto fornece feedback tátil claro e útil durante a interação?

1. ☐ Discordo plenamente
2. ☐ Discordo
3. ☐ Não concordo nem discordo
4. ☐ Concordo
5. ☐ Concordo plenamente

Questão 04 - Feedback Auditivo: O objeto fornece feedback auditivo claro e útil durante a interação?

1. ☐ Discordo plenamente
2. ☐ Discordo
3. ☐ Não concordo nem discordo
4. ☐ Concordo
5. ☐ Concordo plenamente

Questão 05 - Ergonomia: O objeto é confortável de ser utilizado por longos períodos?

1. ☐ Discordo plenamente
2. ☐ Discordo
3. ☐ Não concordo nem discordo
4. ☐ Concordo
5. ☐ Concordo plenamente

Questão 06 - Portabilidade: Considerando seu tamanho, peso e recursos de mobilidade, o objeto é fácil de transportar?

1. ☐ Discordo plenamente
2. ☐ Discordo
3. ☐ Não concordo nem discordo
4. ☐ Concordo
5. ☐ Concordo plenamente

Questão 07 - Sugestões de Melhoria: Você tem alguma sugestão específica de como o objeto poderia ser aprimorado em termos de acessibilidade e manuseio?

7 APÊNDICE B - INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DE FUNCIONAMENTO AVANÇADO

Questão 01 - Identificação: Você conhecia o Recurso didático antes de participar da avaliação ?

1. ☐ Sim
2. ☐ Não

Questão 02 - Facilidade de Identificação: O objeto apresenta facilidade em identificar as diferentes partes ou elementos por meio do toque?

1. ☐ Discordo plenamente
2. ☐ Discordo
3. ☐ Não concordo nem discordo
4. ☐ Concordo
5. ☐ Concordo plenamente

Questão 03 - Funcionamento Geral: O objeto apresenta facilidade no funcionamento em relação às tarefas que lhe foram atribuídas?

1. ☐ Discordo plenamente
2. ☐ Discordo
3. ☐ Não concordo nem discordo
4. ☐ Concordo
5. ☐ Concordo plenamente

Questão 04 - Feedback Tátil: O objeto fornece feedback tátil claro e útil durante a interação?

1. ☐ Discordo plenamente
2. ☐ Discordo

- 3. ☐ Não concordo nem discordo
- 4. ☐ Concordo
- 5. ☐ Concordo plenamente

Questão 05 - Feedback Auditivo: O objeto fornece feedback auditivo claro e útil durante a interação?

- 1. ☐ Discordo plenamente
- 2. ☐ Discordo
- 3. ☐ Não concordo nem discordo
- 4. ☐ Concordo
- 5. ☐ Concordo plenamente

Questão 06 - Ergonomia: O objeto é confortável de ser utilizado por longos períodos?

- 1. ☐ Discordo plenamente
- 2. ☐ Discordo
- 3. ☐ Não concordo nem discordo
- 4. ☐ Concordo
- 5. ☐ Concordo plenamente

Questão 07 - Satisfação: Baseado em seu nível de satisfação, você concorda com a possibilidade de uso do recurso didático em ambiente educacional?

- 1. ☐ Discordo plenamente
- 2. ☐ Discordo
- 3. ☐ Não concordo nem discordo
- 4. ☐ Concordo
- 5. ☐ Concordo plenamente

Questão 08 - Sugestões de Melhoria: Você tem alguma sugestão específica de como o objeto poderia ser aprimorado em termos de acessibilidade e manuseio?

8 APÊNDICE C - ARTIGO FRONTIERS IN EDUCATION (FIE 2023)

Didactic Resources for the Visually Impaired: a systematic review of the literature

1st Derlain Monteiro de Lemos

Centro de Ciências Computacionais
Universidade Federal do Rio Grande
Rio Grande, Brazil
derlain.lemos@riogrande.ifrs.edu.br

2st Regina Barwaldt

Centro de Ciências Computacionais
Universidade Federal do Rio Grande
Rio Grande, Brazil
reginabarwaldt@furg.br

3st Carlos Rodrigues Rocha

Curso Técnico em Automação Industrial
Instituto Federal do Rio Grande do SUL
Rio Grande, Brazil
carlos.rocha@riogrande.ifrs.edu.br

Abstract—This abstract refers to a full article in the research category. The human being is endowed with five senses, which allow him to capture the reality of the world around him. Vision is one of the most important senses of the individual for his development, both cognitive and social, and research shows that a significant portion of the population has some type of visual impairment, from low vision to total blindness. People with some type of disability face numerous difficulties daily, from locomotion, communication, access to information, social rights such as culture, leisure, education, and above all, respect from society, and in this way, Assistive Technology (AT) resources arise to minimize these difficulties, thus enabling better conditions for people in this condition. The article presents a Systematic Literature Review (SLR), which deals with the use of Didactic Resources for the visually impaired, the use of the Internet of Things, and how they can contribute to improving student learning. Through RSL, it was possible to identify the most used Assistive Technology resources and understand the use of these Didactic Resources aimed at visually impaired students. Identifying the use of Digital Technologies integrated with several resources was also possible. To carry out the searches, six databases (National and International) were defined, and the period covered by the research was from 2019 to 2022. The studies considered are annals of events, periodicals, theses, dissertations, and scientific journals with publications in the field of education and/or computing, thus covering the most relevant works in the area. The search string used was (“Visual impairment” OR Blind) AND (“Assistive Technology” OR “Didactic Resources”) AND (“Internet of Things” OR IoT)). As a result of the search process, 485 studies were obtained, which applied the inclusion and exclusion criteria, resulting in a total of 27 studies that answered the research questions of this study, making it possible to identify the most used Assistive Technology resources and also to understand the use of Didactic Resources aimed at visually impaired students, in addition to identifying the use of Digital Technologies integrated with several of these resources.

Index Terms—Visually Impaired, Assistive Technology, Didactic Resources, Internet of things

I. INTRODUCTION

Human beings are endowed with five senses, which allow them to capture the reality of the world around them, and vision plays a crucial role in the general perception capacity captured by the senses. Vision represents 80% of our perception captured through the senses [1]. Widely considered to be the most dominant and informative sense for human beings, it

is through a vision that we can obtain information and interpret the world around us in complex and discriminating ways. According to the most recent Census of the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE, 2010), 18.6% of the Brazilian population has some type of visual impairment. Also in accordance with Federal Decree No. 5,296¹, a visually impaired person may be blind or have low vision. Disability can also be acquired or acquired; that is, anyone can acquire a problem that culminates in the loss of their vision, totally or partially, in the course of their life.

People with some type of disability face numerous difficulties daily, from locomotion, communication, access to information, social rights such as culture, leisure, education, and above all, respect from society, and thus Assistive Technology (AT) resources arise with the objective of minimizing these difficulties, thus allowing better conditions for people with disabilities.

Technological advancement also provides a great advance in the area of Assistive Technology. According to [2], knowing these resources is a challenge for education professionals, who must constantly seek to update, checking what already exists and what is being developed for these students. The constant search for techniques that can increase students' motivation and engagement in the various academic modalities has brought about the need for innovations in the educational area [34].

The school is an environment with many visual stimuli, seeing is part of the interaction between teacher and student and, better the learning process of the blind without owning a sense of vision is a challenging task [35].

In this sense, [3] points out that in the inclusive educational context, Assistive Technology is characterized as a set of resources that promote access and participation by students with disabilities in learning.

We can then observe that new forms of interaction are also made possible in addition to expanding access. According to [2], the use of technology provides choices for students with disabilities, as its contribution is to create new teaching opportunities and possibilities.

¹http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm

The objective of this work is to understand the use of didactic resources in the education of blind students published in studies carried out during the period from 2019 to 2022, in 3 national repositories and 3 international repositories, where it was possible to identify the most used Assistive Technology resources. Identifying the use of Digital Technologies integrated with several resources was also possible.

This article is the first methodological stage of the research that seeks to develop a work methodology allowing the use of support applications for smartphones and configurable embeddable systems for Didactic Resources, providing visually impaired students with new learning possibilities. The sections are organized as follows: Section II details the research, the method used, and the results, Section III describes some limitations of the study carried out and Section IV presents the conclusions and future work.

II. RESEARCH METHOD

The Literature Systematic Review (LSR) is a procedure used to systematically conduct document analysis, with specific phases, fostering a more solid scientific foundation and more excellent reliability. The methodology adopted for carrying out the systematic mapping presented here is based on the process described by [4], which consists of three phases: planning, conduction, and results, considering only updated data sources.

A. Planning Phase

The following steps are performed in the Planning phase:

- Definition of research questions;
- Delimitation of search method;

1) *Research Questions*: The research questions must reflect the objectives of the LSR and define the scope and development of the review, the research questions were elaborated based on the PICOC² structure used by the Parsifal tool, as shown below:

- **Population**: Visually impaired students.
- **Intervention**: IoT-based learning resources to aid learning.
- **Comparison**: Absence of didactic resources to aid learning.
- **Outcomes**: Improved academic achievement, increased student independence and satisfaction, ease of use of resources, the cost-effectiveness of resources, student and faculty acceptance.
- **Context**: Schools and Universities.

Using the PICOC framework to formulate a research question can help ensure that the question is clear and specific, as well as assist researchers to identify which studies are relevant to the review. Below are the research questions.

What is being made available as Assistive Technology associated with Didactic Resources in teaching students with visual impairments?

Based on the main research question above, other more specific questions were raised:

- **RQ1** - What are the most used Assistive Technology resources for visually impaired students?
- **RQ2** - What Didactic Resources or Digital Technologies are being developed or used in teaching visually impaired students?
- **RQ3** - How many studies have reported the use of IoT in Assistive Technology resources to help visually impaired individuals?

2) *Search Method Delimitation*: After defining the questions, the next step was to define the search strategy using terms relevant to the topic of interest and perform the search in all selected databases. It is important to remember that the search strategy must be adapted for each database.

The query was carried out in national and international databases, listed below: Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations (BDTD)³, CAPES/MEC Journal Portal⁴, Brazilian Symposium on Informatics in Education (SBIE)⁵, ACM Digital Library⁶, IEEE Xplore Digital Library⁷, WOS - Web Of science⁸.

The studies considered are annals of events, journals, theses, dissertations, and scientific journals with publications in the area of education and/or computing, thus covering the most relevant works in the area.

To carry out searches in scientific databases, only publications in the years 2019 to 2022 were considered, totaling four years of research. Thus, the keywords Visual Impairment, Blind, Assistive Technology, Didactic Resources, *Internet of Things* and IoT, aggregates of logical connectors (*AND* and *OR*) were used to enhance the collection of data. Below is the *string* used in the search:

((“Visual impairment” OR Blind) AND ((“Assistive Technology” OR “Didactic Resources”) AND (“Internet of Things” OR IoT)))

B. Conduction Phase

Once the planning phase has been completed, the Conduct phase begins, consisting of the following steps:

- Search and selection of primary studies
- Criteria application
- Data extraction

³<https://bdtd.ibict.br/vufind/>

⁴<https://www-periodicos-capes-gov-br.ez1.periodicos.capes.gov.br/>

⁵<https://sol.sbc.org.br/busca/>

⁶<https://dl.acm-org.ez40.periodicos.capes.gov.br/>

⁷<https://ieeexplore-ieee-org.ez40.periodicos.capes.gov.br/Xplore/home.jsp>

⁸<https://www-webofscience.ez40.periodicos.capes.gov.br/wos/>

²Population, Intervention, Comparison, Outcome, and Context

- Data synthesis and analysis

1) *Search and Selection of Studies:* The search and selection of primary studies in databases involve a systematic search process for relevant scientific articles on a particular topic of interest.

The searches resulted in a significant amount of studies, whose amounts are listed in Table I.

TABLE I
PRELIMINARY RESULT OF DATABASE SEARCH

Digital Library	Amount
BDTD	210
CAPES/MEC	147
SBIE	03
ACM Digital Library	90
IEEE Xplore Digital Library	22
WOS - Web Of Science	13

360 works were found in national repositories and 125 in international repositories, totaling 485 works.

2) *Application of Criteria:* For the selection of primary studies of this LSR, inclusion(IC) and exclusion(EC) criteria were defined, which are presented below. The purpose of defining the criteria is to identify primary studies that provide direct evidence regarding the research questions and also to reduce the probability of bias [4].

- **IC1** - Addressing Assistive Technology applied to the Visually Impaired
- **IC2** - Addressing Assistive Technology and IoT
- **EC1** - Studies that do not answer the questions of this RSL
- **EC2** - Duplicate Studies
- **EC3** - Incomplete articles, paid or without authorship
- **EC4** - Articles in languages other than Portuguese or English
- **EC5** - Publications outside the period 2019 - 2022
- **EC6** - Systematic Literature Review Articles
- **EC7** - Does not fit as a publication

3) *Data Extraction:* It involves the systematic collection of relevant information from the included studies, being fundamental in carrying out a systematic review of the literature. The data collected in this stage are important for the synthesis of results and for carrying out a critical analysis of the literature.

Applying the inclusion and exclusion criteria, the final selection resulted in a total of 27 studies, 21 national and 6 international, presented in Table II.

TABLE II
FINAL RESULT OF DATABASE SEARCH

Digital Library	Amount
BDTD	11
CAPES/MEC	08
SBIE	02
WOS - Web Of Science	03
IEEE Xplore Digital Library	02
ACM Digital Library	01

4) *Data Synthesis and Analysis:* The Table III presents the selected studies that answer our Research Questions, where we can have a better understanding and visualization of the data obtained.

TABLE III
FINAL RESULT OF DATABASE SEARCH

Digital Library	Study	Amount
BDTD	[5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15]	11
CAPES/MEC	[16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23]	08
SBIE	[24], [25]	02
WOS - Web Of Science	[26], [27], [28]	03
IEEE Xplore Digital Library	[29], [30]	02
ACM Digital Library	[31]	01

C. Results Phase

1) *Presentation of Results:* This step consists of complementing the content presented in the previous section, providing a better understanding and visualization of the data, in addition to providing new information. It plays a crucial role in an LSR, providing a clear and comprehensive synthesis of available evidence.

From the analysis of the studies obtained, it was possible to answer the first research question, defined as:

RQ1 - What are the most used Assistive Technology resources aimed at visually impaired students?

Audio description was the most used resource, being identified in 12 studies ([5], [7], [8], [9], [11], [13], [17], [20], [22], [23], [24], [29]), followed by Tactile Resources in six studies ([6], [10], [12], [14], [15], [18]), Voice Assistant in six studies ([25], [26], [27], [28], [30], [31]) and finally, the Screen Reader, reported in three studies ([16], [19], [21]). Audio description is a technique that verbally describes the visual elements of a given content, enriching the understanding and experience of people with visual impairments. According

to [32], audio description is an assistive technology with great potential in the educational context. It should be noted that audio description, applied to the school environment, contributes as a communication resource, enabling greater social interaction and progress in learning.

Tactile resources were also identified in this review, demonstrating their wide use. These features allow visually impaired people to explore and understand objects, shapes, maps, charts, and other visual elements through the sense of touch. This broadens their sensory experiences by enabling visually impaired people to have a more concrete and tangible understanding of abstract concepts, enabling the practical application of knowledge in various disciplines such as mathematics, science, geography, and the arts.

From this perspective, [33] emphasize that the absence of vision, for example, does not disable the individual from learning, but creative methods become essential in the quest to mobilize the other senses of people with this type of disability. It is important to point out that tactile handling enables the acquisition of knowledge, as this is the result of interactions, experiences, and perceptive experiences of relationships with the environment

Because of these results, we can conclude that audio resources are widely used, in the same way as tactile resources.

RQ2 - What Didactic Resources or Digital Technologies are being developed or used in teaching visually impaired students?

Digital Assistive Technologies were identified as the most used, with *Software*, present in ten studies ([9], [11], [13], [16], [17], [19], [20], [24], [25], [31]), representing (45.5%) and Smart Devices⁹, present in seven studies ([5], [7], [26], [27], [28], [29] , [30]), representing (31.8%).

The Didactic Resources are composed of Maps and Tactile Figures, presented in three studies ([6], [15], [16])(13.6%) and 3D Objects, present in two studies ([12], [14])(9.1%).

According to [37] the use of Didactic Resources in the classroom helps in understanding the exposed contents, facilitating the assimilation of knowledge. In the study of [13] it was developed and validated through the criteria of software development, using strategies of Software Engineering and the DCU, with rigorous methods, allowing that all the technology was thought of the user, the visually impaired, in the blind student, who does not have the resources to access the content; and the teacher, who does not have the resources to create accessible digital materials.

It is important to remember that the choice of resources and technologies must be made taking into account the individual needs of each student and their learning profile.

RQ3 - How many studies have reported the use of IoT in Assistive Technology resources to help visually impaired individuals?

Regarding the third research question, it was possible to verify that the use of IoT in Assistive Technology resources was identified in the studies ([5], [26], [27], [28]) , totaling four occurrences.

IoT offers promising opportunities for the development of more inclusive and accessible teaching resources for people with visual impairments. By leveraging the benefits of connectivity and smart technology, it is possible to provide more engaging, personalized, and meaningful learning experiences for these students.

According to [38], the main idea of IoT is to physically connect anything/everything (e.g. sensors, devices, machines, people, animals, trees) and processes over the Internet for monitoring and/or control functionality. Connections are not limited to information sites, they are real, physical connections that allow users to reach “things” and take control when needed. Thus, connecting objects to each other is not a goal in itself, but gathering intelligence from such objects to enrich products and services is.

Therefore, based on the Systematic Review carried out, it was possible to answer our Main Research Question positively. It is also possible to conclude that the use of *Internet of Things* in Didactic Resources such as Assistive Technology can still be explored, considering the low number of retrieved studies that address this issue.

We can observe, in Figure 1, the number of articles that were retrieved through our literature review according to the year of publication in each of the searched databases.

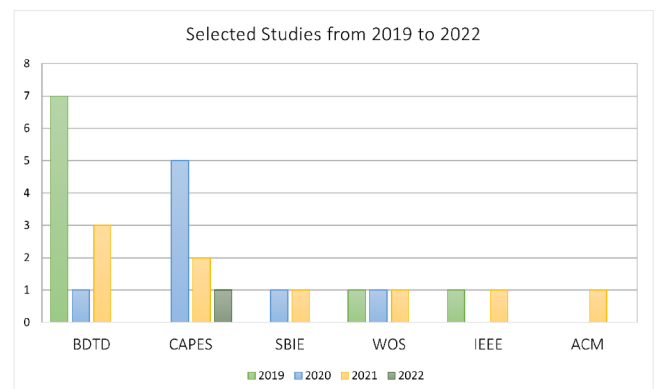


Fig. 1. Result of studies by year and base

In Figure 2 we have the percentage representation of the studies found, grouped by year of publication. Thus, it is possible to observe that throughout the research period, there were publications on the topic addressed in all years.

⁹Devices capable of processing information

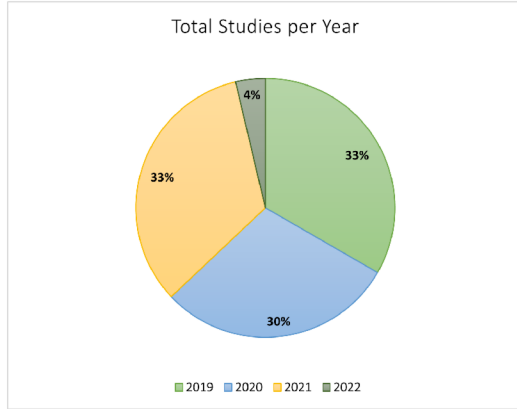


Fig. 2. Percentage of studies per year

Figure 3 shows the number of publications according to their country of origin, and we can see that the country with the highest number of selected studies was Brazil, followed by India, Australia, the United States, and Spain.

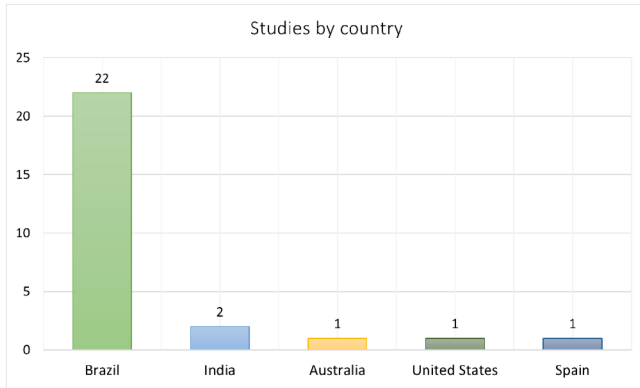


Fig. 3. Selected Studies by Country

Figure 4 presents the number of resources identified in the studies previously selected to compose this research.

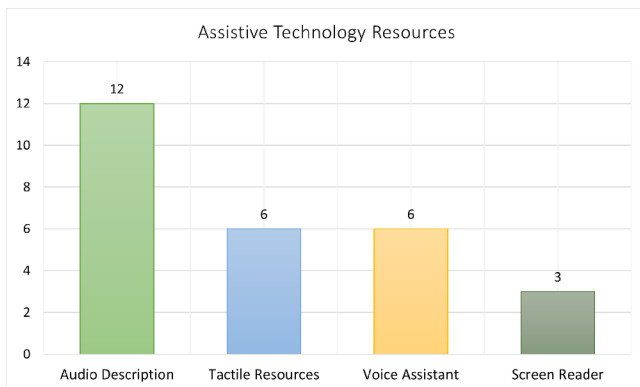


Fig. 4. Assistive Technology Resources

Figure 5 shows which Didactic Resources or Digital Technologies were identified in the selected studies.

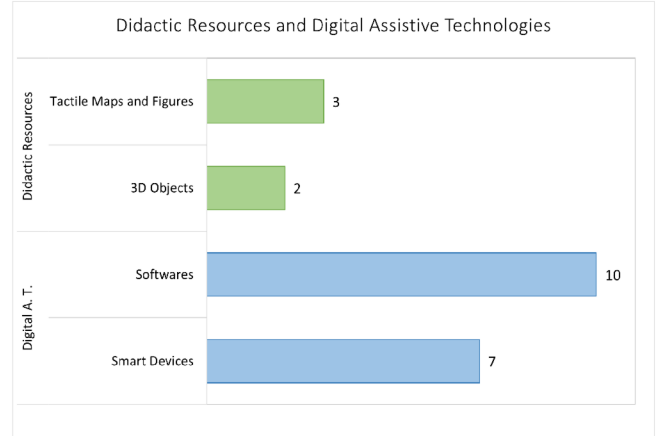


Fig. 5. Didactic Resources and Digital Assistive Technologies

III. THREATS

Some limitations in this research must be considered. These limitations include the selection of descriptors, the combination of operators, the choice of databases, and the search period. These factors may influence the results obtained. Therefore, future systematic reviews on the subject may provide discoveries.

According to [36] the correct choice of the repository and the search string increases the degree of reliability of the RS, allowing the researcher to make sure that the essential results were not excluded or not shown, thus compromising the search result.

IV. CONCLUSIONS

The objective of this work was to carry out a systematic review of national and international studies that deal with the use of didactic resources for visually impaired students. A total of 485 studies were carefully analyzed, based on searches carried out in six repositories from 2019 to 2022. After following all relevant steps in the review process, the analysis was concluded, identifying 27 studies able to address the central questions of this research. These studies emphasized that audio description and haptic features, both specific forms of Assistive Technology, play a key role in promoting accessibility for visually impaired individuals, allowing access to information that would normally be visual. Therefore, it broadens understanding, facilitates hands-on learning, and enriches the experience of visually impaired people in various situations.

The intersection between educators in the field of Computer Engineering and the findings of this study provides a remarkable opportunity to create an educational environment that is inclusive and technically competent at the same time. By incorporating the Assistive Technology features identified into their teaching approaches, these educators have the potential to nurture a new generation of students able to create solutions that overcome accessibility barriers and foster social inclusion. Through hands-on projects, interdisciplinary collaborations, and ethical dialogues, they can instill not only technical

skills but also empathy and accountability in their students. In this way, the results of this study not only open doors to innovative applications of IoT and Assistive Technology but also stimulate a transformation in education, cultivating engineers attentive to the diverse needs of users and committed to using technology as an engine of positive change.

Using these Assistive Technology resources in conjunction with teaching resources plays a crucial role in ensuring accessibility and inclusion for people with visual impairments. However, continuous improvement and development of these technologies is imperative. In this sense, an approach based on the Internet of Things (IoT) emerges as a promising way to optimize these technologies and maximize their benefits, thus meeting students' individual needs.

The convergence between the Internet of Things (IoT) and assistive technologies outlines a promising horizon for raising the quality of life and promoting the inclusion of people with disabilities. By uniting the connectivity and intelligence of IoT devices with assistive solutions, a wide range of advantages can be provided, ranging from real-time health monitoring to personalized environments and encouraging independence. IoT-based Assistive Technology not only addresses specific accessibility challenges but is also in tune with the broader values of an inclusive society where all individuals have the opportunity to fully participate and enjoy an enriching life. As we make progress in this field, educators, engineers, and healthcare professionals must work together to develop and implement innovative solutions, expanding the possibilities of accessibility and demonstrating the transformative potential of technology to benefit people.

In future work, it is possible to explore research that guides the use of didactic resources for people with visual impairments. These studies could show the advantages and disadvantages of these resources, thus establishing a solid foundation for those interested in developing solutions using the Internet of Things (IoT) in the educational field.

REFERENCES

- [1] D. Roam, "The back of the napkin : solving problems and selling ideas with pictures," (Expanded Edition) (p. iv). Penguin Publishing Group, 2009.
- [2] C. KLEINA, "Tecnologia Assistiva em Educação Especial e Educação Inclusiva," 1ª.ed. [S.l.]: Editora Intersaberes, 2012.
- [3] R. C. R. BERSCH, "Design de um Serviço de Tecnologia Assistiva em Escolas Públicas," 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — .
- [4] B. KITCHENHAM; S. CHARTERS, "Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering," Version 2.3. 1051p. v.45. 2007.
- [5] S. J. V. GATIS FILHO, "Design de smart devices centrado no usuário com deficiência visual," Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019. [Online]. Available: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/35368>
- [6] L. Z. ZAMPROGNO, "T-Tátil: desenvolvimento de uma tecnologia assistiva para auxiliar pessoas com deficiência visual na leitura e interpretação de desenhos táteis," Orientador: Bruno Merlin; Coorientador: João Elias Vidueira Ferreira.2019. 200 f. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) - Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia, Universidade Federal do Pará, Tucuruí, 2019. [Online]. Available: <http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/handle/2011/12786>.
- [7] L. C. S. BARBOSA, "Bengala inteligente: um modelo para apoio à navegação de deficientes visuais baseado em reconhecimento de cores," Orientador: Bruno Merlin. 2019. 76 f. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) - Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia, Universidade Federal do Pará, Tucuruí, 2019. [Online]. Available: <http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/handle/2011/12416>.
- [8] K. M. SILVA, "A audiodescrição na formação de professores: um exercício de prática docente com imagens acessíveis," 2019. 304f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Centro de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019. [Online]. Available: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/29176>
- [9] A. S. OLIVEIRA, "mobile 2.0: desenvolvimento de ferramenta no ensino da tabela periódica e distribuição eletrônica aos deficientes visuais utilizando dispositivos móveis," Orientador: Bruno Merlin; Coorientador: João Elias Vidueira Ferreira. 2019. 63 f. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) - Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia, Universidade Federal do Pará, Tucuruí, 2019. [Online]. Available: <http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/handle/2011/12414>.
- [10] J. S. V. PLAÇA, "O Uso De Tecnologia Assistiva Como Artefato Cultural No Atendimento Educacional Especializado Para Alunos Cegos Ou Com Baixa Visão," 2020. [Online]. Available: <https://repositorio.ufms.br/handle/123456789/4386>
- [11] E. M. COLTRO, "Boca-game: jogo com audiodescrição de imagens para o ensino de ciências com pessoas cegas," 2019. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2019. [Online]. Available: <http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/2197>
- [12] R. M. ANDRADE, "Requisitos De Projeto Para Produção De Recursos Didáticos Táteis Para Estudantes Cegos No Processo De Ensino-aprendizagem De Geometria Espacial," 2019. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10183/202147>
- [13] A. SZESZ JUNIOR, "Math2Text: ferramenta tecnológica para acessibilidade de estudantes cegos a expressões matemáticas," 2021. Tese (Doutorado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2021. [Online]. Available: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/25525>
- [14] C. T. MARCON, "Modelo Multissensorial Desenvolvido Por Tecnologias 3d Para O Auxílio Na Percepção Da Forma De Peças Museológicas Por Pessoas Com Deficiência Visual," 2021. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10183/233202>
- [15] P. R. AGUIAR, F. W. D. COSTA, "O ensino de Geografia na perspectiva da Educação Inclusiva no Instituto Federal do Triângulo Mineiro – campus Patrocínio-MG," 2021. [Online]. Available: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/estgeo/article/view/16100>
- [16] E. S. S. NERY, A. V. M. SÁ, "Pesquisas Em Educação Matemática Inclusiva: Possibilidades E Desafios Da utilização De Tecnologias Digitais E Assistivas". Revista Baiana De Educação Matemática 1 (agosto):e202006. <https://doi.org/10.47207/rbem.v1i0.9170>.
- [17] P. V. SANTOS, G. C. A. BRANDÃO, "Tecnologias Assistivas no Ensino de Física para Alunos com Deficiência Visual: um estudo de caso baseado na audiodescrição," Ciência & educação, 26, pp. Ciência & educação, 2020, Vol.26. <https://doi.org/10.1590/1516-731320200046>
- [18] L. B. GONÇALVES, M. J. CINELLI, "Tecnologia Assistiva: o Design da Informação em imagens táteis como recurso na experiência de deficientes visuais em museus," Projética, 11(1), p. 16. [online] <https://doi.org/10.5433/2236-2207.2020v11n1p16>
- [19] J. SANTINELLO, E. D. F. ALVARISTO, L. V. M. VIGINHESKI, "Concepção de professores em formação inicial: conhecimento sobre a Tecnologia Assistiva Dosvox," Educação em Análise, 5(2), p. 353. [online] <https://doi.org/10.5433/1984-7939.2020v5n2p353>
- [20] Fonseca, G. L. M. da . e Lima, N. R. W. (2020) "Acessibilidade Informacional à Pessoa com Deficiência Visual através do Livro Falado", Revista Informação na Sociedade Contemporânea, 4, p. e21761. [online] doi: 10.21680/2447-0198.2020v4n1ID21761.
- [21] E. D. F. ALVARISTO, J. SANTINELLO, "As contribuições da Tecnologia Assistiva Dosvox para professores em formação inicial: intermediando práticas tecnológicas inclusivas," Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação. Araraquara, 16(esp.4), p. 3086–3105. [online] doi: 10.21723/riaee.v16iesp.4.15600.
- [22] A. L. MENEZES, C. B. ALVES, "Audiodescrição como ferramenta do Desenho Universal para a Aprendizagem: inclusão de crianças com deficiência visual na Educação Infantil," Revista Educação Especial, 34, p. e51/1–20. [online] doi: 10.5902/1984686X66118.

- [23] F. V. MONTEIRO e E. M. FERNANDES, "A Educação Inclusiva Como Periférica Para A Pessoa Com Deficiência Visual," *Revista Periferia – PPGECC/UERJ* - ISSN: 1984-9540. [online] doi: <https://doi.org/10.12957/periferia.2022.60167>
- [24] M. OLIVEIRA, G. AMARAL, J. SCHENEIDER, B. MERLIN, H. FÜLBER, A. ALLAN DE OLIVEIRA VERAS, "BioBlu App: Tecnologia Assistiva para auxiliar o ensino de Genética Clássica a deficientes visuais," in *Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, Online, 2020, pp. 772-781, doi: <https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2020.772>.
- [25] A. REZENDE et al. "Leitor digital autônomo de baixo custo M-Reader: Tecnologia Assistiva como possibilidade de inclusão sociodigital dos sujeitos com deficiência visual," in *Anais do XXXII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, Online, 2021, pp. 552-563, doi: <https://doi.org/10.5753/sbie.2021.217443>.
- [26] R. A. J. DE BELEN, T. BEDNARZ, D. DEL FAVERO, "Integrating Mixed Reality and Internet of Things as an Assistive Technology for Elderly People Living in a Smart Home," In *Proceedings of the 17th International Conference on Virtual-Reality Continuum and its Applications in Industry (VRCAI '19)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 47, 1–2. <https://doi.org.ez40.periodicos.capes.gov.br/10.1145/3359997.3365742>
- [27] K. MANJARI, M. VERMA, G. SINGAL. "A survey on Assistive Technology for visually impaired," *Internet of Things*, Volume 11, 2020, 100188, ISSN 2542-6605, [online] <https://doi.org/10.1016/j.iot.2020.100188>.
- [28] L. R. SALAZAR, I. G. CARRASCO, A. R. G. RAMIREZ, "An IoT-based contribution to improve mobility of the visually impaired in Smart Cities," *Computing* 103, 1233–1254 (2021). <https://doi.org.ez40.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s00607-021-00947-5>
- [29] L. R. SALAZAR, A. R. G. RAMIREZ, V. R. Q. LEITHARD, "Development of an IoT Architecture for an Electronic Cane," 14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), Coimbra, Portugal, 2019, pp. 1-4, doi: 10.23919/CISTI.2019.8760738.
- [30] N. BHATI, V. C. SAMSANI, R. KHARETA, T. VASHISTH, S. SHARMA and V. SUGUMARAN, "CAPture: A Vision Assistive Cap for People with Visual Impairment," 2021 8th International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN), Noida, India, 2021, pp. 692-697, doi: 10.1109/SPIN52536.2021.9565940.
- [31] J. CAMBRE, A. C. WILLIAMS, A. RAZI, I. BICKING, A. WALLIN, J. TSAI, C. KULKARNI, J. KAYE. "Firefox Voice: An Open and Extensible Voice Assistant Built Upon the Web," In *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '21)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 250, 1–18. <https://doi.org/10.1145/3411764.3445409>
- [32] P. V. SANTOS, G. C. A. BRANDÃO, "Tecnologias Assistivas no Ensino de Física para Alunos com Deficiência Visual: um estudo de caso baseado na audiodescrição," *Ciência & Educação*, [S.l.], v.26, 2020.
- [33] P. R. AGUIAR, F. W. D. COSTA, "O Ensino de Geografia na perspectiva da Educação Inclusiva no Instituto Federal do Triângulo Mineiro – campus Patrocínio-MG," *Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia*, [S.l.], v.19, n.3, p.26–47, 2021.
- [34] M. C. GONÇALVES et al., "Gamification as a Strategy to Improve Students' Motivation and Engagement in Educational Environments at Engineering Courses: bibliographic," 2019 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), Covington, KY, USA, 2019, pp. 1-5, doi: 10.1109/FIE43999.2019.9028382.
- [35] L. O. TOPIN et al., "Towards Machine Learning for Enhanced Maths Teaching to the Blind," 2019 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), Covington, KY, USA, 2019, pp. 1-8, doi: 10.1109/FIE43999.2019.9028500.
- [36] P. C. R. PINHO et al., "Developments in Educational Recommendation Systems: a systematic review," 2019 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), Covington, KY, USA, 2019, pp. 1-7, doi: 10.1109/FIE43999.2019.9028466.
- [37] R. CASTOLDI; C. A. POLINARSKI. "A utilização de Recursos didático-pedagógicos na motivação da aprendizagem," *SINECT - I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia*, Ponta Grossa, PR, BR, 2009, pp. 684-692.
- [38] S. SALAM, A. RAYES, "Internet of Things From Hype to Reality: The Road to Digitization," 2^a.ed. [S.l.]: Springer Cham, 2019, pp. 1-373.

9 APÊNDICE D - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) a participar como voluntário(a) da pesquisa “Recursos Didáticos Acessíveis com Foco na Deficiência Visual baseados em IoT”, realizada pelo pesquisador Derlain Monteiro de Lemos, pertencente ao Programa de Pós-graduação em Computação (PPGComp) da FURG, sob orientação da Prof^ª Dr^ª Regina Barwaldt e coorientação do Prof. Dr. Carlos Rodrigues Rocha. Este trabalho se justifica pela necessidade existente de promover a inclusão e acessibilidade de pessoas com deficiência visual no contexto educacional e social.

PESQUISA: Avaliação do Recurso Didático de Linha do Tempo.

COORDENAÇÃO: Prof^ª Dr^ª Regina Barwaldt (PPGComp – Programa de Pós-graduação em Computação – FURG)

ENVOLVIMENTO NA PESQUISA: Ao participar desta pesquisa, você receberá informações para execução do procedimento e fará uso do recurso didático na prática observando suas características e seu funcionamento. Posteriormente efetuará avaliação do protótipo por meio de perguntas elaboradas na plataforma Google Forms. Você tem a liberdade de não fazer eventuais atividades ou desistir de participar a qualquer momento da pesquisa sem qualquer penalização. Sempre que você quiser obter mais informações, poderá entrar em contato com o pesquisador Derlain Monteiro de Lemos por e-mail ou telefone/whatsapp.

RISCOS E DESCONFORTO: A participação nesta pesquisa não traz complicações legais de nenhuma ordem e os procedimentos utilizados obedecem aos critérios da ética na Pesquisa com Seres Humanos conforme a resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, nenhum dos procedimentos utilizados oferece riscos à sua dignidade.

CONFIDENCIALIDADE: Todas as informações coletadas nesta avaliação são confidenciais e o acesso às respostas dos participantes serão compartilhados somente entre o pesquisador e sua orientadora, armazenadas em local seguro, garantindo sua sigilosidade, assim como, será assegurado o anonimato dos participantes.

PUBLICAÇÃO DA PESQUISA: Os resultados da pesquisa poderão tornar-se públicos, mediante artigos, apresentações em eventos científicos ou outros tipos de publicações. Em quaisquer circunstâncias, serão mantidos o sigilo e a confidencialidade dos dados de identificação dos participantes desta pesquisa.

Declaro que fui verbalmente informado e esclarecido sobre o presente documento, entendendo todos os termos acima expostos, e que voluntariamente aceito participar deste estudo.

DATA: ____/____/____

Participante da Pesquisa

10 APÊNDICE E - CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

[illegible]