

Michele dos Santos Soares

Pedagogical And Accessibility Guidelines For Open Educational Resources Focused On Blind Students

Campo Grande, MS

Agosto, 2025

Michele dos Santos Soares

Pedagogical And Accessibility Guidelines For Open Educational Resources Focused On Blind Students

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Faculdade de Computação, mantido pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para a Defesa de Doutorado, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ciência da Computação (Área de Concentração: Engenharia de Software).

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS

Faculdade de Computação – FACOM

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Débora Maria Barroso Paiva

Coorientadora: Prof^ª Dr^ª Maria Istela Cagnin Machado

Campo Grande, MS

Agosto, 2025

*Dedico este trabalho à minha irmã e grande amiga Jaqueline
e aos meus pais Neuza e Hédio.*

Agradecimentos

Agradeço a Deus por ter me dado força, saúde e por estar sempre cuidando de mim.

Agradeço à minha irmã e grande amiga Jaqueline pelo amor, carinho, apoio em todos os momentos e por me incentivar desde criança.

Agradeço aos meus pais Neuza e Hélio pelo amor, carinho e apoio nesta etapa.

Agradeço à Débora, minha orientadora, pela oportunidade, paciência, dedicação e pela orientação.

Agradeço à Maria Istela, minha coorientadora, pela colaboração e orientação nessa pesquisa.

Agradeço aos meus colegas da FACOM, especialmente ao Kennedy, Adair e Cássio, pela troca de experiências e colaboração nas disciplinas e na pesquisa.

Agradeço a todos os meus amigos, pois foram essenciais para que eu pudesse chegar até aqui.

Agradeço aos estudantes e pedagogos que participaram da pesquisa e contribuíram significativamente com a mesma.

Agradeço ao Gustavo e Maria Fernanda pela colaboração no desenvolvimento do protótipo utilizado na pesquisa.

Por fim, agradeço à UFMS pela oportunidade de continuar estudando e aprendendo sobre um tema tão relevante.

Resumo

Os Recursos Educacionais Abertos (REA) estão conquistando um espaço cada vez mais significativo, uma vez que proporcionam novas formas de aprendizagem, possibilitam trabalhar conteúdos de maneira interdisciplinar e permitem melhorar e adaptar conteúdos. Porém, nota-se que, embora os REA possam apoiar o processo de ensino-aprendizagem e beneficiar todas as partes do sistema educacional, os estudantes com deficiência ainda encontram muitos problemas de acessibilidade. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo apresentar um conjunto de diretrizes pedagógicas e de acessibilidade para a construção de REA, com foco em estudantes cegos. Para o desenvolvimento dessas recomendações, foi utilizada uma metodologia que engloba as seguintes fases: exploratória, experimental, descritiva, correlação, seleção, especificação, validação e refinamento. Dessa forma, as diretrizes foram criadas com base no levantamento bibliográfico e em respostas de um questionário submetido a estudantes cegos, em que foi possível detectar as principais barreiras de acessibilidade e descobrir as dificuldades que eles enfrentam. Em seguida, essas recomendações foram avaliadas por especialistas em acessibilidade e pedagogia e foi gerada uma nova versão de diretrizes. Por fim, essas diretrizes foram avaliadas pelos usuários finais (estudantes cegos e pedagogos) através de um estudo empírico. Essa avaliação foi planejada e melhorou significativamente a versão inicial das diretrizes. Os resultados mostraram um conjunto de diretrizes mais completo, evoluído e validado. Logo, as diretrizes atendem tanto as características pedagógicas quanto as de acessibilidade e são úteis para a construção de REA acessíveis.

Palavras-chaves: Acessibilidade, Recursos Educacionais Abertos, Diretrizes

Abstract

Open Educational Resources (OER) are gaining an increasingly significant space, since they provide new forms of learning, make it possible to work with content in an interdisciplinary way and allow content to be improved and adapted. However, it is noted that, although OER can support the teaching-learning process and benefit all parts of the educational system, students with disabilities still encounter many accessibility problems. Thus, this work aims to present a set of pedagogical and accessibility guidelines for the construction of OER, with a focus on blind students. To develop these recommendations, a methodology was used that encompasses the following phases: exploratory, experimental, descriptive, correlation, selection, specification, validation and refinement. Therefore, the guidelines were created based on a bibliographic survey and responses to a questionnaire submitted to blind students, which made it possible to identify the main accessibility barriers and discover the difficulties they face. Then, the recommendations were then evaluated by accessibility and pedagogy experts and a new version of the guidelines was generated. Finally, these guidelines were evaluated by end users (blind students and pedagogues) through an empirical study. This evaluation was planned and significantly improved the initial version of the guidelines. The results showed a more complete, evolved and validated set of guidelines. Therefore, the guidelines meet both pedagogical and accessibility characteristics and are useful for the construction of accessible OER.

Keywords: Accessibility, Open Educational Resources, Guidelines

Lista de ilustrações

Figura 1 – Fases da metodologia - Adaptado de (SESTITO, 2022)	41
Figura 2 – Resumo das Etapas de Seleção	44
Figura 3 – Quantidade de artigos	45
Figura 4 – Resumo dos Critérios de Exclusão	45
Figura 5 – Formulário de extração	46
Figura 6 – Resumo das Etapas de Seleção	65
Figura 7 – Quantidade de artigos	65
Figura 8 – Resumo dos Critérios de Exclusão	67
Figura 9 – Formulário de extração	67
Figura 10 – Seleção de diretrizes - Elaborado pela pesquisadora	102
Figura 11 – Exemplo de diferentes formas de utilização do componente	106
Figura 12 – Exemplo para descrição da imagem	111
Figura 13 – Grau de escolaridade dos estudantes	117
Figura 14 – Quantidade de usuários finais com experiência profissional	118
Figura 15 – Grau de escolaridade dos pedagogos	118
Figura 16 – Nível de conhecimento em acessibilidade com estudantes cegos	119
Figura 17 – Tempo de experiência em acessibilidade com estudantes cegos	119
Figura 18 – Respostas dos alunos em relação a conseguir utilizar o protótipo sem auxílio externo	119
Figura 19 – Respostas dos pedagogos em relação a conseguir utilizar o protótipo sem auxílio externo	119
Figura 20 – Exemplo de uma tela do jogo “Museu das Mulheres (Des)conhecidas”	122
Figura 21 – Tela inicial do jogo “Museu das Mulheres (Des)conhecidas” com imple- mentação de elementos de acessibilidade	127
Figura 22 – Tela da primeira fase do jogo “Museu das Mulheres (Des)conhecidas” com implementação de elementos de acessibilidade	127
Figura 23 – Tela da segunda fase do jogo “Museu das Mulheres (Des)conhecidas” com implementação de elementos de acessibilidade	128
Figura 24 – Exemplo para fornecer informações completas	135
Figura 25 – Exemplo da finalidade dos componentes	136
Figura 26 – Exemplo de blocos de conteúdo repetidos	136
Figura 27 – Exemplo de configuração do questionário	137
Figura 28 – Exemplo para ajustar o volume ao tocar música automaticaemnte	138
Figura 29 – Exemplo para alternativa de apresentação das informações	141

Figura 30 – Exemplo para representar linguagem técnica	143
Figura 31 – Exemplo para descrição da imagem	145
Figura 32 – Exemplo de imagem com muitas informações	146
Figura 33 – Exemplo de link seguro	149
Figura 34 – Exemplo de atualização automática de questionários	150
Figura 35 – Exemplo de aviso de inatividade	150
Figura 36 – Exemplo de aviso de sessão expirada	151
Figura 37 – Exemplo de diferentes formas de utilização do componente	151
Figura 38 – Exemplo para acessar o material de apoio	152
Figura 39 – Exemplo com a opção de revisar respostas	152
Figura 40 – Exemplo de aviso de questões sem resposta	153
Figura 41 – Exemplo para apresentar a resposta correta	153
Figura 42 – Apresentação da resposta correta e explicação	154
Figura 43 – Exemplo de alternativa de apresentação dos dados	156
Figura 44 – Exemplo de relacionamentos transmitidos nas tabelas	157
Figura 45 – Tabela para exemplificar a descrição	158
Figura 46 – Exemplo da carga de leitura	159
Figura 47 – Exemplo do dicionário na mesma página que o termo é apresentado . . .	160
Figura 48 – Exemplo do idioma do conteúdo	161
Figura 49 – Exemplo para descrição de vídeos	161

Lista de tabelas

Tabela 1 – Tabela comparativa entre os trabalhos relacionados e a proposta desta pesquisa	38
Tabela 2 – Estudos selecionados após a leitura completa para extração de dados .	46
Tabela 3 – Quantidade de artigos para cada objeto de aprendizagem	48
Tabela 4 – Quantidade de artigos para cada objeto de aprendizagem	53
Tabela 5 – Estudos selecionados após a leitura completa para extração de dados .	66
Tabela 6 – Barreiras de acessibilidade para cada objeto de aprendizagem	67
Tabela 7 – Quantidade de respostas para cada REA	88
Tabela 8 – Comparação entre a RSL e as respostas dos questionários	94
Tabela 9 – Principais descobertas relacionadas às barreiras de acessibilidade . . .	97
Tabela 10 –Relação dos resultados obtidos nos questionários com o WCAG	98
Tabela 11 –Relação dos resultados obtidos no refinamento da RSL com o WCAG .	99
Tabela 12 –Quantidade de respostas por questão	109
Tabela 13 –Respostas ao questionário TAM	131
Tabela 14 –Universidades que o questionário foi enviado	195

Lista de quadros

Quadro 1 – Principais descobertas relacionadas à descrição das imagens	91
Quadro 2 – Principais descobertas relacionadas à descrição dos gráficos	91
Quadro 3 – Principais descobertas relacionadas à descrição dos vídeos	92
Quadro 4 – Principais descobertas relacionadas às tabelas	92
Quadro 5 – Principais descobertas relacionadas aos games	92
Quadro 6 – Principais descobertas relacionadas aos links	92
Quadro 7 – Principais descobertas relacionadas às expressões matemáticas	93
Quadro 8 – Principais descobertas relacionadas ao desenvolvimento de <i>software</i> . .	93

Sumário

1	Introdução	17
2	Embasamento Teórico	23
2.1	Acessibilidade	23
2.2	Usabilidade	24
2.3	Cegueira	25
2.4	Web Content Accessibility Guidelines (WCAG)	25
2.5	Legislação	28
2.5.1	Lei Federal 13.146/2015	28
2.5.2	Lei da Inclusão Digital	29
2.5.3	Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico (eMAG)	29
2.6	Acessibilidade em Empresas	30
2.7	Objetos de Aprendizagem	31
2.8	Recursos Educacionais Abertos	32
2.9	Ensino Inclusivo	33
2.10	Trabalhos Relacionados	35
2.11	Considerações Finais	39
3	Processo de Criação das Diretrizes - Fase Exploratória	41
3.1	Considerações Iniciais	41
3.2	Fase Exploratória	41
3.3	Revisão Sistemática da Literatura Inicial	42
3.3.1	Planejamento	43
3.3.2	Condução da Revisão	44
3.3.3	Extração de Dados	45
3.3.4	Resultados da Questão de Pesquisa	48
3.3.4.1	Acessibilidade em objeto de aprendizagem <i>Áudio</i>	48
3.3.4.2	Acessibilidade em Objeto de Aprendizagem <i>Curso</i>	48
3.3.4.3	Acessibilidade em Objeto de Aprendizagem <i>Game</i>	50
3.3.4.4	Acessibilidade em Objeto de Aprendizagem <i>Imagem</i>	51
3.3.4.5	Acessibilidade em Objeto de Aprendizagem <i>Questionário</i>	52
3.3.4.6	Acessibilidade em Objeto de Aprendizagem <i>Vídeo</i>	52
3.3.4.7	Acessibilidade em Objeto de Aprendizagem <i>Vídeo, Imagem e Game</i>	52
3.3.5	Resultados da Subquestão de Pesquisa	53

3.3.5.1	Modelos, Técnicas e Ferramentas Usados Para Projetar e Implementar <i>Aplicativos</i> Acessíveis Para Deficientes Visuais	53
3.3.5.2	Modelos, Técnicas e Ferramentas Usados Para Projetar e Implementar <i>Cursos</i> Acessíveis Para Deficientes Visuais	54
3.3.5.3	Modelos, Técnicas e Ferramentas Usados Para Projetar e Implementar <i>Diagramas</i> Acessíveis Para Deficientes Visuais	58
3.3.5.4	Modelos, Técnicas e Ferramentas Usados Para Projetar e Implementar <i>Games</i> Acessíveis Para Deficientes Visuais	58
3.3.5.5	Modelos, Técnicas e Ferramentas Usados Para Projetar e Implementar <i>Imagens</i> Acessíveis Para Deficientes Visuais	59
3.3.6	Discussão	60
3.3.6.1	Principais Resultados	60
3.3.6.2	Análise dos Resultados	62
3.4	Refinamento da Revisão Sistemática da Literatura	63
3.4.1	Planejamento	63
3.4.2	Condução da Revisão	64
3.4.3	Extração de Dados	65
3.4.4	Resultados da Revisão Sistemática da Literatura	66
3.4.4.1	Barreiras de Acessibilidade no Objeto de Aprendizagem <i>Curso</i>	67
3.4.4.2	Barreiras de Acessibilidade no Objeto de Aprendizagem <i>Game</i>	69
3.4.4.3	Barreiras de Acessibilidade no Objeto de Aprendizagem <i>Gráfico</i>	69
3.4.4.4	Barreiras de Acessibilidade no Objeto de Aprendizagem <i>Imagem</i>	70
3.4.4.5	Barreiras de Acessibilidade no Objeto de Aprendizagem <i>Questionário</i>	70
3.4.4.6	Barreiras de Acessibilidade no Objeto de Aprendizagem <i>Tabela</i>	70
3.4.4.7	Barreiras de Acessibilidade no Objeto de Aprendizagem <i>Texto</i>	71
3.4.4.8	Barreiras de Acessibilidade no Objeto de Aprendizagem <i>Vídeo</i>	71
3.4.4.9	Barreiras de Acessibilidade nos OA <i>Curso, Questionário, Texto e Vídeo</i>	72
3.5	Revisão Bibliográfica	73
3.5.1	Resultados da Revisão Bibliográfica	74
3.6	Considerações Finais	82

4	Processo de Criação das Diretrizes - Fase Experimental e Descritiva	85
4.1	Considerações Iniciais	85
4.2	Fase Experimental e Descritiva	85
4.3	Planejamento	86
4.4	Coleta de Dados	87
4.5	Resultados dos Questionários	87
4.5.1	Barreiras de acessibilidade para os REA	88
4.5.2	Soluções de acessibilidade para os REA	91
4.6	Discussão	93
4.7	Ameaças à Validade	96
4.8	Considerações Finais	96
5	Processo de Criação das Diretrizes - Fase de Correlação, Seleção e Especificação	101
5.1	Considerações Iniciais	101
5.2	Fase de Correlação	101
5.3	Fase de Seleção e Especificação	101
5.4	Considerações Finais	106
6	Processo de Criação das Diretrizes - Fase de Validação e Refinamento . . .	107
6.1	Considerações Iniciais	107
6.2	Fase de Validação e Refinamento	107
6.3	Avaliação com especialistas	108
6.4	Avaliação com usuários finais	112
6.4.1	Avaliação dos REA Curso, Gráfico, Imagem, Link, Questionário, Tabela, Texto e Vídeo	113
6.4.1.1	Definição	113
6.4.1.2	Planejamento	113
6.4.1.3	Execução	115
6.4.1.4	Análise e interpretação dos dados	116
6.4.1.5	Ameaças à validade	121
6.4.2	Avaliação do REA Game	121
6.4.2.1	Evolução do jogo para atender as diretrizes pedagógicas e de acessibilidade: estudo de caso	123
6.4.2.2	Planejamento da avaliação	128
6.4.2.3	Execução da avaliação e resultados	129
6.4.2.4	Ameaças à validade	132
6.5	Considerações Finais	132
7	Diretrizes Pedagógicas e de Acessibilidade	135

7.1	Considerações Finais	163
8	Conclusão	165
8.1	Resultados Alcançados	167
	Referências	169
	 Apêndices	 189
	APÊNDICE A Questionário para identificar barreiras de acessibilidade	191
	APÊNDICE B Lista das universidades	195
	APÊNDICE C Questionários para a fase de avaliação	199
	C.1 Estudantes	199
	C.2 Pedagogos	199
	C.3 Avaliação das diretrizes	200

1 Introdução

O crescimento da *World Wide Web* vem gerando impactos reconhecíveis na sociedade. De acordo com um estudo feito por Acosta-Vargas ([ACOSTA-VARGAS et al., 2019](#)) em 2019, mais de 4,39 bilhões de pessoas utilizavam a internet, e esse número está crescendo cerca de 9% ao ano.

Esse aumento de pessoas utilizando sistemas digitais trouxe à tona questões de acessibilidade, ou seja, mostrou o quanto é importante possibilitar que todas as pessoas utilizem os sistemas e atender às necessidades das pessoas com características específicas ([CONFORTO; SANTAROSA, 2002](#)).

A acessibilidade tem como um de seus pilares a inclusão, que visa propiciar a inserção de pessoas com deficiência na sociedade, de modo a permitir a participação de forma integral e também contribuir para a melhoria da qualidade de vida desses indivíduos ([GERMANO; ELISEO, 2020](#)). De acordo com a *Web Accessibility Initiative* (WAI) do *World Wide Web Consortium* (W3C), acessibilidade significa que pessoas com deficiências ou habilidades reduzidas devem ser capazes de acessar, navegar e interagir com informações disponíveis em computadores, equipamentos eletrônicos e na internet ([W3C, 2019](#)).

Barbosa et al. ([BARBOSA et al., 2021](#)) destacam que considerar a acessibilidade no design dos sistemas digitais possibilita que o sistema seja utilizado por mais pessoas e não apenas por um grupo específico. Os relatórios da Organização Mundial de Saúde (OMS) e WORLD BANK de 2011¹ e da OMS de 2018² enfatizam que a promoção da acessibilidade digital por meio das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC's) é vital para garantir a participação plena de todas as pessoas na sociedade e proporcionar oportunidades igualitárias de desenvolvimento educacional e profissional ([Júnior, 2024](#)).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística aproximadamente 8,9% da população brasileira com mais de 2 anos possui algum tipo de deficiência ([IBGE, 2023](#)). Essas pessoas geralmente encontram problemas para utilizar recursos da *web* pois, em muitos casos, durante a fase de desenvolvimento o foco principal está na aparência da página ([Mátraí, 2018](#)). A acessibilidade digital é essencial para a inclusão dessas pessoas, especialmente no contexto educacional, onde existe uma variedade de perfis e necessidades dos alunos ([Júnior, 2024](#)).

A educação é um direito previsto por lei que garante o ensino, acesso e participação de todas as pessoas nas escolas e universidades em todos os níveis de ensino ([Mourão;](#)

¹ <https://www.who.int/publications/i/item/9789241564182>

² <https://www.who.int/publications/i/item/9789240020481>

NETTO, 2018). A inclusão de alunos cegos tem se tornado um tema bastante relevante nas últimas décadas, mostrando a evolução das abordagens educacionais e buscando a igualdade de oportunidades (FERREIRA; SILVA, 2024).

Nesse contexto da inclusão educacional, as tecnologias assistivas são ferramentas essenciais para que os estudantes consigam utilizar os sistemas e avançar seus estudos. Pesquisas relacionadas ao uso de tecnologia na educação têm recebido crescente atenção dos estudiosos nos últimos anos (QUEIROS et al., 2016).

O avanço das TIC's tem proporcionado várias iniciativas para melhorar e estimular o processo de aprendizagem (MARCOLINO; BARBOSA, 2016; BIARD et al., 2018; FU; HWANG, 2018; JAHNKE; LIEBSCHER, 2020). Barbosa et al. (BARBOSA et al., 2021) destacam que considerar a acessibilidade no design dos sistemas digitais possibilita que o sistema seja utilizado por mais pessoas e não apenas por um grupo específico. Além disso, de acordo com Ara et al. (ARA et al., 2023), pesquisadores sugeriram que os requisitos de acessibilidade devem ser seguidos desde o início do design para não afetar os direitos básicos de pessoas com deficiência.

É importante notar que no processo de desenvolvimento de artefatos digitais torna-se fundamental avaliar os produtos e subprodutos gerados, visando a alta qualidade, identificação e ajustes de problemas de interação (PRATES; BARBOSA, 2003). Segundo Preece et al. (PREECE et al., 2005), a avaliação está no centro do design de interação e vários autores também enfatizaram isso. Centeno et al. (CENTENO et al., 2005) argumentaram que a acessibilidade deve ser incluída no processo de design, e não ser um processo pós-design. Os autores destacaram também que a acessibilidade precisa de inspeção humana. Law et al. (LAW et al., 2006) destacaram a necessidade da equipe de acessibilidade trabalhar com os desenvolvedores desde o início, criando um ambiente de trabalho colaborativo. Logo, a participação do usuário final durante todo o processo de produção de artefatos digitais é essencial para determinar o quão acessível esses artefatos serão (SOUZA et al., 2024).

No entanto, à medida que a tecnologia é incorporada ao processo de aprendizagem, novos desafios e adequações do conteúdo educacional são necessários para atender suas características (PRIETO et al., 2013; AL-AMRI et al., 2020). Uma das maiores mudanças é sobre a diversidade na sala de aula. Os professores estão sendo desafiados a ensinar alunos com ampla variedade de habilidades e necessidades. Nesse sentido, podemos destacar a presença de alunos com deficiência em sala de aula, promovendo assim o processo de educação inclusiva (MOURÃO; NETTO, 2018).

De acordo com o Instituto Somos (SOMOS, 2020), houve um aumento no número de alunos com deficiência, espectro autista e altas habilidades ou superdotação. Em classes comuns na Educação Básica, eles passaram de 387 mil em 2009 para mais de 1 milhão em 2019. Este fato tem relação com a forma com que o ensino inclusivo é construído,

normalmente em conjunto com uma série de políticas públicas, mudanças culturais e estruturais para tornar a escola um ambiente inclusivo e de acessibilidade (TOTVS, 2022).

Dessa forma, considerando o domínio da Educação, pode-se observar a importância do uso de Objetos de Aprendizagem (OA) acessíveis para alunos com deficiência, de forma a garantir o acesso ao ensino a todos. De acordo com o IEEE (IEEE-LTSC, 2002), um objeto de aprendizagem é definido como “qualquer entidade, digital ou não, que possa ser usada, reutilizada ou referenciada para a aprendizagem, educação ou treinamento”.

As pessoas com deficiência acessam os objetos de aprendizagem de diversas formas: aquelas que possuem cegueira ou baixa visão utilizam o leitor de tela, usam navegadores textuais ou sistemas que permitem a navegação orientada pela voz, também fazem uso da tecla “TAB” para navegar somente em links, ao invés de ler todas as palavras que estão na página. As pessoas com deficiência auditiva necessitam de legendas ou imagens suplementares para entender o conteúdo de um objeto de aprendizagem. As pessoas com deficiência física ou motora, em geral, usam um mouse especial, um teclado alternativo, um dispositivo de ponteira fixado na cabeça ou na boca e *software* de reconhecimento de voz. As pessoas com deficiência mental podem necessitar de um leitor de tela com sintetizador de voz e legendas, desativar animações ou sons para focar no conteúdo da página, como também, fixar as imagens por mais tempo para compreender a informação (BEHAR et al., 2008).

Dessa forma, durante a criação de objetos de aprendizagem, todas as ferramentas da plataforma, como correio eletrônico, fóruns de discussão, criação de páginas *web* e distribuição de conteúdos, devem levar em conta o acesso igualitário, contemplando, assim, as necessidades específicas das pessoas com deficiências (BEHAR et al., 2008).

Em uma linha de pesquisa semelhante aos OA, surgiram os Recursos Educacionais Abertos (REA). De acordo com Hewlett et al. (HEWLETT; HEWLETT, 2018), um REA pode ser visto como “qualquer objeto de aprendizagem que resida em domínio público ou tenha sido lançado sob uma licença aberta que permite acesso sem custo, uso, adaptação e redistribuição por terceiros sem restrições ou com restrições limitadas”. Os REA são “materiais didáticos gratuitos e abertos disponibilizados na internet” (UNESCO, 2002). Esses recursos são licenciados sob regulamentações que incentivam seu uso, reutilização e compartilhamento entre as pessoas para fins educacionais (Simao de Deus; Barbosa, 2022).

A harmonia desejada na elaboração de um OA ou um REA requer, segundo Pacheco (PACHECO, 2016), o envolvimento de uma equipe multidisciplinar composta por pedagogos, desenvolvedores de Tecnologia da Informação (TI), designers gráficos e profissionais especializados em diversas áreas. Eles devem trabalhar buscando atender as características tanto técnicas quanto pedagógicas. Segundo o autor, a literatura apresenta metodologias ora voltadas para um aspecto ora para outro, falta, portanto, metodologias

que conciliem aspectos do desenvolvimento de *software*, questões didático-pedagógicas, o reuso e os atributos desejáveis (PACHECO, 2016).

Dessa forma, não se pode pensar o desenvolvimento da tecnologia sem considerar tanto o aspecto didático-pedagógico como o aspecto de TI. Assim, a utilização da tecnologia no ensino permite expandir as possibilidades didáticas, fazendo com que situações complexas de aprendizagem sejam simplificadas pelo seu uso (TAVARES, 2020).

Embora as Interfaces Gráficas dos Usuários (GUIs) sejam amplamente consideradas como um grande avanço na interação humano-computador, sua forte dependência de pistas visuais para entrada e saída apresenta um problema significativo para pessoas com deficiência visual (KLINE; GLINERT, 1995; SHOEMAKER, 2002). Os sistemas voltados para o domínio da educação costumam apresentar alguns desses elementos bastante visuais, tais como, uso intenso de imagens, gráficos e tabelas.

Conforme apresentado por Brajnik (BRAJNIK, 2008), problemas com a interface do usuário podem levar a barreiras de acessibilidade, que são condições que dificultam ou impedem a interação. Consequentemente, essas barreiras trazem problemas para as pessoas atingirem seu objetivo ao usar a *web* em dispositivos móveis ou *desktop*.

Para reduzir ou eliminar essas barreiras, existem diretrizes ou recomendações de acessibilidade. Essas diretrizes constituem um documento que visa auxiliar no processo de desenvolvimento de sistemas computacionais. A *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG) é um padrão internacional que abrange um vasto conjunto de recomendações que tem como objetivo tornar o conteúdo *web* mais acessível (WCAG 2.1, 2018).

No entanto, apesar dessas diretrizes serem utilizadas mundialmente e abrangerem recomendações que atendem diferentes tipos de usuários, elas ainda apresentam limitações no que diz respeito a linguagem e aprendizagem, bem como elementos que abordam questões cognitivas do usuário (WCAG 2.1, 2018). Além disso, não são específicas para REA utilizados por alunos cegos.

A principal motivação para o desenvolvimento deste trabalho refere-se ao fato de existirem muitos estudantes que possuem diversas deficiências e existirem poucas iniciativas em relação à acessibilidade. Em particular, a crise da Pandemia da COVID-19 reforçou a importância e necessidade da educação a distância e forçou as instituições de ensino de todos os níveis a utilizar tecnologias para suporte ao ensino de maneira remota de forma muito mais intensiva do que o que ocorria até então. A educação remota emergencial tornou-se a principal alternativa para manter o processo de ensino e aprendizagem ativo com o isolamento social ocorrido como consequência da pandemia. Em particular, apesar de muitas Instituições de Ensino Superior terem pouca ou nenhuma experiência com esta modalidade de ensino, elas tiveram que adequar suas metodologias rapidamente e adotar ferramentas que permitissem a comunicação síncrona e assíncrona entre profes-

sores e estudantes. A acessibilidade digital tornou-se imprescindível nesse contexto, para permitir que todos os estudantes, incluindo estudantes com deficiência, tivessem acesso ao aprendizado de forma igualitária (FREIRE et al., 2020).

O principal objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta que contribua para melhorar a acessibilidade de REA. Para isso foram estabelecidas diretrizes pedagógicas e de acessibilidade a partir de publicações científicas apresentadas na literatura (constituindo o embasamento teórico) e da participação de usuários finais (estudantes cegos e pedagogos). Essas diretrizes foram obtidas a partir da realização de revisões sistemáticas da literatura, respostas a um questionário, avaliação por especialistas (SOARES et al., 2024) e avaliação por usuários finais. De forma geral, o trabalho seguiu a estrutura metodológica definida por Quiñones, Rusu e Rusu (QUINONES et al., 2018) que engloba as seguintes fases: exploratória, experimental, descritiva, correlação, seleção, especificação, validação e refinamento. A fase Exploratória consiste na realização da revisão da literatura com o intuito de coletar informações importantes para o desenvolvimento da pesquisa e obter um panorama geral a respeito do objeto de investigação. A fase Experimental tem como objetivo a realização da análise dos dados obtidos por meio de diferentes experimentos para reunir informações adicionais que não foram identificadas na revisão da literatura. O propósito da fase Descritiva é categorizar e codificar as informações, ou seja, os resultados devem ser estruturados e destacados, a fim de selecionar os dados mais importantes para o estudo e formalizar os principais conceitos associados à pesquisa. A intenção da fase de Correlação é combinar as funcionalidades específicas de domínio da aplicação com atributos de acessibilidade, diretrizes existentes e outros aspectos importantes. A finalidade da fase de Seleção é guardar, adaptar e/ou descartar diretrizes existentes. O escopo da fase de Especificação é descrever formalmente um novo conjunto de diretrizes. A meta da fase de Validação é deferir o conjunto de diretrizes por meio de diversos métodos, que pode ser avaliação com especialista, teste com usuários, dentre outros. Por fim, o objetivo da fase de Refinamento é realizar uma melhoria no conjunto de diretrizes que já foi criado, com base nos resultados das validações.

Sob esta perspectiva, as principais contribuições deste trabalho de pesquisa são a metodologia construída durante o desenvolvimento deste trabalho, que pode ser utilizada para desenvolver diretrizes para outras deficiências e o conjunto de diretrizes pedagógicas e de acessibilidade que considerou um processo efetivo de desenvolvimento. As diretrizes são bastante relevantes por serem específicas para REA utilizados por estudantes cegos, identificar as reais necessidades dos estudantes, abordar aspectos pedagógicos e por essa pesquisa ter utilizado um processo bem estabelecido. Além disso, o processo de avaliação das diretrizes foi planejado e o principal foco foi incluir as experiências e o conhecimento dos especialistas e usuários finais. Neste trabalho apresenta-se o conjunto de diretrizes evoluído e validado que poderá auxiliar no projeto e desenvolvimento de REA mais acessíveis para estudantes cegos.

Os resultados mostraram que as diretrizes atendem tanto as características pedagógicas quanto as de acessibilidade e são úteis para a construção de REA acessíveis. Logo, espera-se que este trabalho contribua com os engenheiros e desenvolvedores de *software* na construção de REA acessíveis para estudantes cegos e que atendam os princípios pedagógicos.

Esta tese está organizada da seguinte forma: no Capítulo 2 é apresentada a fundamentação teórica relacionada ao tema deste trabalho, abordando os principais temas deste estudo e trabalhos relacionados; no Capítulo 3 é apresentada a fase Exploratória, com o levantamento bibliográfico utilizado para fornecer informações e evidências que norteiam o desenvolvimento deste trabalho; no Capítulo 4 são apresentadas as fases Experimental e Descritiva, com o planejamento, execução, resultados e análises do questionário submetido aos estudantes cegos; no Capítulo 5 é definida a correlação utilizada nesta pesquisa, a fase de Seleção das diretrizes e a criação do conjunto de diretrizes pedagógicas e de acessibilidade; no Capítulo 6 são apresentadas as fases de Validação e Refinamento para obter a versão final das diretrizes; no Capítulo 7 são apresentadas as diretrizes pedagógicas e de acessibilidade; e encerra-se o texto, no Capítulo 8, com a conclusão, resultados obtidos nesta pesquisa e trabalhos futuros.

2 Embasamento Teórico

Neste capítulo são apresentadas definições, conceitos úteis e trabalhos relacionados com essa pesquisa. Esses conceitos servem como base para a compreensão de conteúdos utilizados neste trabalho.

2.1 Acessibilidade

A acessibilidade na *web* é um conceito complexo e possui vários componentes. Assim, diversas definições surgiram nos últimos anos com o objetivo de explicar e detalhar o seu significado.

Segundo a ISO/IEC 25010 (ISO, 2011), acessibilidade é uma subcaracterística de usabilidade e pode ser definida como a capacidade de um produto ou sistema ser utilizado por diferentes usuários, incluindo aqueles com deficiências ou limitações. Além disso, a norma define que esse requisito deve ser obedecido quando um produto ou sistema é usado por pessoas com deficiências específicas para atingir seus objetivos de forma eficaz e com eficiência.

Petrie et al. (PETRIE et al., 2015) definem acessibilidade na *web* como a possibilidade de todas as pessoas acessarem e compreenderem os *sites* através de tecnologias convencionais e assistivas, principalmente os deficientes e idosos. Para Paciello (PACIELLO, 2000), Thatcher et al. (THATCHER et al., 2002) e Harper (HARPER; YESILADA, 2008), o objetivo da acessibilidade na *web* é auxiliar as pessoas que possuem diferentes deficiências a identificar, entender, percorrer as páginas, participar e contribuir com a *web*.

O termo acessibilidade foi definido em cartilha do W3C como:

A possibilidade e condição de alcance, percepção e entendimento para a utilização, em igualdade de oportunidades, com segurança e autonomia, do meio físico, do transporte, da informação e da comunicação, inclusive dos sistemas e tecnologias de informação e comunicação, bem como de outros serviços e instalações (W3C, 2014).

Analizando as definições acima, nota-se que todas as pessoas têm direito de serem incluídas na sociedade, independente de deficiências, localização geográfica, barreiras de linguagem ou outros fatores (GERALDO, 2016).

Logo, a acessibilidade buscar promover direitos iguais para todas as pessoas, com ou sem limitações na capacidade de movimento, de percepção, de cognição e de aprendizado (MOURA, 2018). A inclusão social dessas pessoas e o acesso às suas necessidades

específicas deve ser considerada como uma questão legal e ética (MACEDO, 2010).

A acessibilidade na *web* permite que pessoas com deficiência possam ter acesso à informação, com autonomia e inclusão, contribuindo com a valorização da diversidade e dos direitos humanos (MAMANA, 2017) e promovendo a igualdade de oportunidades e acesso à educação (SILVA, 2019).

Além disso, a acessibilidade pode contribuir para a melhoria da usabilidade, performance e manutenção dos sites, facilitando a navegação para todos os usuários (MARSHALL, 2020).

No entanto, desenvolver interfaces que atendam às diversas necessidades dos usuários não é uma tarefa trivial, pois uma dificuldade percebida por uma pessoa com determinada deficiência pode não ser a mesma barreira enfrentada por outras pessoas com a mesma condição (SILVA et al., 2016).

Logo, esses pontos incentivam os pesquisadores na busca por recursos de acessibilidade e adaptabilidade para que todas as pessoas tenham os mesmos direitos.

2.2 Usabilidade

A acessibilidade é considerada uma subcaracterística de Usabilidade, portanto, estes dois conceitos estão diretamente relacionados (ISO, 2011). De acordo com Sarodnick et al. (SARODNICK; BRAU, 2006), a primeira definição formal de usabilidade foi proposta por Shackel (SHACKEL, 1981), que descreveu a usabilidade de um produto como a facilidade de uso por humanos e com eficácia.

Desde então, diversas definições de usabilidade foram propostas, que podem ser resumida em quatro perspectivas diferentes (BEVAN et al., 1991): (a) a perspectiva orientada para o produto enfatiza que a usabilidade pode ser capturada como uma característica inerente ao produto; (b) de acordo com a perspectiva orientada ao usuário, a usabilidade é uma função do esforço mental do usuário no uso do produto e sua atitude em relação ao produto; (c) segundo a perspectiva orientada para o desempenho, a usabilidade é descrita em termos da interação do usuário com o produto e (d) a perspectiva orientada ao contexto enfatiza que a usabilidade depende do grupo de usuários que é estudado, das tarefas que esses usuários estão realizando e do ambiente no qual as tarefas são realizadas. Por fim, para Nielsen (NIELSEN, 1993), a usabilidade está relacionada com a facilidade de aprendizado e uso da interface, bem como a satisfação do usuário em decorrência desse uso.

Considerando ainda a relação entre usabilidade e acessibilidade, Thatcher et al. (THATCHER et al., 2003) propõem que a acessibilidade é um subconjunto da usabilidade, sugerindo que os problemas de acessibilidade são tipos particulares de problemas de

usabilidade. No entanto, eles também afirmam que os problemas de usabilidade afetam todos os usuários igualmente, independentemente da capacidade ou deficiência, enquanto os problemas de acessibilidade dificultam o acesso para pessoas com deficiência e colocam as pessoas com deficiência em desvantagem em relação às pessoas sem deficiência. Logo, o conceito de usabilidade está fortemente ligado à acessibilidade (GULLIKSEN; HARKER., 2004).

Shneiderman (SHNEIDERMAN, 2000; SHNEIDERMAN, 2003) propõe “usabilidade universal” como um termo para abranger acessibilidade e usabilidade. O principal objetivo da usabilidade universal é permitir que o maior número de usuários tenha uma experiência positiva no acesso, no uso e na obtenção de produtos e serviços, independentemente da sua deficiência, habilidade ou característica individual (AFACAN; ERBUG, 2009).

2.3 Cegueira

Cegueira é a perda total de resposta visual. Essa deficiência é grave pois o usuário não pode realizar nenhuma atividade que necessite exclusivamente da visão. Pessoas com essa deficiência costumam utilizar o computador pelo teclado, em conjunto com um *software* leitor de tela (ARAÚJO, 2019). Ainda nesse contexto, Andrade (ANDRADE, 2017) destacou algumas possíveis soluções de tecnologia assistiva, tais como, leitor de tela (síntese de voz e sinais sonoros), audiodescrição de vídeos, display Braille e navegação pelo teclado.

Os leitores de telas são utilizados para prestar suporte informando através de síntese de voz ou linha Braille, os elementos exibidos na tela do computador (ARAÚJO, 2019). Eles descrevem a interface e os comandos de interação da seguinte forma: fazem a leitura linear do conteúdo das páginas e permitem amplas configurações da verbalização (THATCHER, 2006). A linha Braille é um equipamento ligado ao computador por cabo, que transforma o conteúdo da página *web* em linhas de Braille, através de uma régua com pinos que se movem para baixo e para cima representando um texto em Braille (ARAÚJO, 2019).

A dificuldade dos usuários cegos no acesso à internet é centralizada na visualização de textos e imagens, incluindo fotos, filmes, animações, tabelas e também, à entrada de dados em preenchimento de formulários que é realizada via teclado (MACEDO, 2010).

2.4 Web Content Accessibility Guidelines (WCAG)

Na tentativa de tornar a *web* mais acessível, organizações definem padrões de desenvolvimento voltados a acessibilidade de usuários com necessidades específicas ou

temporárias ou usuários que possuem deficiências. Os padrões contribuem com diretrizes, técnicas e recursos para solucionar problemas recorrentes na acessibilidade *web*, auxiliando assim os desenvolvedores com soluções padronizadas. Dentre os padrões de acessibilidade no desenvolvimento da *web* destaca-se o *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG)*, desenvolvido pelo W3C (W3C, 1999).

O W3C é um consórcio de empresas de tecnologia que desenvolve, entre outras atividades, padrões para a criação e a interpretação dos conteúdos para a *web* para qualquer tipo de *hardware* e *software* (W3C, 1999). O WCAG trata-se de uma orientação técnica não obrigatória e se refere a um conjunto de documentos que explica, por meio de diretrizes e recomendações, como tornar o conteúdo da *web* acessível para que pessoas com deficiência também possam utilizá-lo (WCAG 2.2, 2023).

O documento WCAG, que atualmente está na versão 2.2, está estruturado em quatro princípios norteados por diretrizes que fornecem os objetivos básicos que os autores devem atingir para tornar o conteúdo mais acessível aos usuários com diferentes deficiências, e três níveis de conformidade (WCAG 2.2, 2023).

Os princípios que fornecem a base para a acessibilidade na *web* são os seguintes: perceptível, operável, compreensível e robusto.

Perceptível significa que as informações e os componentes da interface do usuário devem estar disponíveis para os diferentes sentidos humanos (WCAG 2.2, 2023). Deve obedecer as seguintes diretrizes:

1. Fornecer alternativas em texto para todo o conteúdo não textual;
2. Fornecer alternativas para multimídia;
3. Criar conteúdo que possa ser apresentado de modos diferentes sem perder informação ou estrutura;
4. Tornar mais fácil aos usuários a visualização e audição de conteúdos incluindo as separações das camadas da frente e de fundo.

Operável significa que os usuários devem ser capazes de interagir com os diferentes controles e elementos interativos usando um mouse, teclado ou outros dispositivos (WCAG 2.2, 2023). Deve obedecer as seguintes diretrizes:

1. Fazer com que todas as funcionalidades estejam disponíveis no teclado;
2. Prover tempo suficiente para os usuários lerem e usarem o conteúdo;
3. Não projetar conteúdo de uma forma conhecida por causar ataques epiléticos;

4. Prover formas de ajudar os usuários a navegar, localizar conteúdos e determinar onde se encontram;
5. Considerar formas distintas de entrada de dados de acordo com as necessidades de cada usuário.

Compreensível significa que o conteúdo da *web* deve ser claro, escrito sem palavras incomuns e as páginas da *web* devem operar de maneira previsível (WCAG 2.2, 2023). Deve obedecer as seguintes diretrizes:

1. Tornar o conteúdo de texto legível e compreensível;
2. Fazer com que as páginas da *web* apareçam e funcionem de modo previsível;
3. Ajudar os usuários a evitar e corrigir erros na entrada de dados.

Robusto significa que o conteúdo da *web* deve ser fácil de acessar usando uma ampla variedade de tecnologias, incluindo aplicativos atuais e futuros e tecnologia assistiva (WCAG 2.2, 2023). Deve obedecer a diretriz:

1. Maximizar a compatibilidade entre os atuais e futuros agentes do usuário, incluindo os recursos de Tecnologia Assistiva.

Para que as diretrizes supracitadas sejam atendidas, existe uma série de critérios de sucesso para cada uma delas. Por exemplo, a diretriz 1 - Alternativa em Texto (Princípio: Perceptível) fornece alternativa em texto para qualquer conteúdo não textual permitindo assim, que o mesmo possa ser alterado para maneiras adequadas à necessidade do usuário, tais como impressão de caracteres ampliados, braille, fala, símbolos ou linguagem mais simples. Para ser atendida deve-se satisfazer o critério de sucesso Conteúdo Não Textual, o qual todo o conteúdo não textual que é apresentado ao usuário tem uma alternativa em texto que serve a um propósito equivalente (WCAG 2.2, 2023).

As diretrizes também estão relacionadas a níveis de conformidade que determinam a aderência das páginas *web* ao modelo WCAG (WCAG 2.2, 2023)

- Nível A: nível mais baixo e, para atendê-lo, a página *web* deve satisfazer todos os critérios de sucesso de nível A ou fornecer uma versão alternativa em conformidade.
- Nível AA: a página *web* deve satisfazer todos os critérios de sucesso de nível A e AA, ou uma versão alternativa em conformidade com o nível AA deve ser fornecida.
- Nível AAA: a página *web* deve satisfazer todos os critérios de sucesso de nível A, AA e AAA, ou uma versão alternativa em conformidade com o nível AAA deve ser fornecida.

Atualmente o W3C possui um grupo de trabalho que está desenvolvendo a versão 3.0 do WCAG, considerada ainda uma versão em rascunho. Essa nova versão aborda a acessibilidade de conteúdo *web* em *desktops*, *laptops*, *tablets*, dispositivos móveis, entre outros. As diretrizes se aplicam a vários tipos de conteúdo *web*, incluindo conteúdo estático, dinâmico, interativo e streaming; mídia visual e auditiva; realidade virtual e aumentada; e apresentação e controle de acesso alternativo. Um dos principais objetivos dessa nova versão é facilitar a compreensão dos criadores de conteúdo digital e espera-se que a WCAG 3.0 seja muito mais simples de entender. As diretrizes se concentrarão mais no resultado desejado do que nos meios técnicos para alcançá-lo. Embora isso seja mais simples, haverá mais diretrizes a serem seguidas. Além disso, haverá a substituição dos níveis de conformidade A, AA e AAA para Bronze, Prata e Ouro. O nível Bronze é o mais básico, o nível Prata um nível intermediário e o nível Ouro o mais avançado (WCAG 3.0, 2024).

Essa nova versão ajudará a abordar os desafios de acessibilidade que as tecnologias avançadas possuem e contribuirá para que pessoas com deficiência possam utilizá-las.

2.5 Legislação

Nesta seção são apresentadas algumas leis relacionadas com a acessibilidade na *web*.

2.5.1 Lei Federal 13.146/2015

A Lei 13.146 estabelece a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência) e tem como objetivo definir o conceito de pessoa com deficiência, assegurar os direitos das pessoa com deficiência, promover a inclusão social e a cidadania de pessoas com deficiência, estabelecer normas para garantir a acessibilidade em diversos aspectos da vida, proibir a discriminação, garantir a igualdade de oportunidades e definir responsabilidades e mecanismos para a implementação da lei (BRASIL, 2015).

Portanto, a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência garante à pessoa com deficiência acesso a produtos, recursos, estratégias, práticas, processos, métodos e serviços de tecnologia assistiva que maximizem sua autonomia, mobilidade pessoal e qualidade de vida.

Ainda de acordo com essa lei, as empresas com sede ou representação comercial no País ou órgãos do governo devem garantir a acessibilidade nos sites da internet (BRASIL, 2015), de forma a garantir o pleno acesso às informações disponíveis para uso por parte das pessoas com algum tipo de deficiência. Considera formatos acessíveis para arquivos digitais aqueles que “possam ser reconhecidos e acessados por *softwares* leitores de telas ou outras tecnologias assistivas que vierem a substituí-los”. Esses formatos devem permitir

leitura com voz sintetizada, ampliação de caracteres, diferentes contrastes e impressão em Braille ([BRASIL, 2015](#)).

2.5.2 Lei da Inclusão Digital

Há alguns anos nota-se uma tendência mundial em relação ao uso de tecnologias digitais na educação, permitindo que muitas atividades realizadas tradicionalmente pelos estudantes nas escolas e universidades passassem a ser realizadas remotamente, em suas próprias residências ([SOUZA; MALHEIROS, 2018](#)). Devido ao isolamento social, decorrente das medidas adotadas para enfrentamento à epidemia de Covid-19, o uso de ferramentas digitais se ampliou enormemente em todo o mundo ([BRASIL, 2020](#)).

Diante dessa situação, foi identificada enorme disparidade entre os alunos da rede pública e os da rede privada de ensino. Em quase todas as instituições privadas, os estudantes continuaram com as atividades de seu ano letivo, com um mínimo de impacto, participando das aulas e recebendo conteúdos pedagógicos por meio da internet. O mesmo não ocorreu com os estudantes da rede pública, que precisaram enfrentar uma realidade de acesso à internet precário ou até inexistente, além da falta de equipamentos básicos para acesso à internet, como computadores ou *smartphones* ([BRASIL, 2020](#)).

Para tentar diminuir esses problemas causados pela exclusão digital, o governo criou o Programa Nacional de Inclusão Digital para a Educação Básica, para que os estudantes da rede pública de ensino da educação básica tenham mais acesso às TIC's ([BRASIL, 2020](#)).

Esse Programa Nacional de Inclusão Digital prevê o fornecimento dos seguintes benefícios para alunos de baixa renda da educação básica:

- Serviço de conexão à internet.
- Equipamentos que possibilitem o acesso à internet, tais como, computadores, aparelhos de celular, *tablets*, *modems*, roteadores, entre outros.

2.5.3 Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico (eMAG)

O Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico (eMAG) é composto por um conjunto de recomendações que devem ser consideradas no desenvolvimento e adaptação de conteúdos do governo brasileiro na *web* ([BACH et al., 2009](#)).

O eMAG foi desenvolvido em 2004 baseado no estudo de 14 normas existentes em outros países acerca de acessibilidade digital. Dentre as normas analisadas estavam a *Section 508* do governo dos Estados Unidos, os padrões utilizados no Canadá, as diretrizes irlandesas de acessibilidade e documentos de outros países como Portugal e Espanha.

Também foi realizada uma análise detalhada das regras e pontos de verificação do órgão internacional WAI/W3C, presentes na WCAG 1.0 (BRASIL, 2014a).

O Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico tem o compromisso de ser um guia para os desenvolvedores adaptarem o conteúdo digital do governo federal para que todas as pessoas consigam acessá-lo. As recomendações do eMAG permitem que a implementação da acessibilidade digital seja conduzida de forma padronizada, de fácil implementação, coerente com as necessidades brasileiras e em conformidade com os padrões internacionais. É importante ressaltar que o eMAG trata de uma versão especializada do documento internacional WCAG voltado para o governo brasileiro, porém o eMAG não exclui qualquer boa prática de acessibilidade do WCAG (BRASIL, 2014a).

2.6 Acessibilidade em Empresas

Existem diversas entidades e grupos de pesquisa que estão preocupados com o desenvolvimento *web* acessível e que disponibilizam materiais e técnicas que podem auxiliar no entendimento e no desenvolvimento acessível (KONDO, 2019). As grandes empresas costumam adotar manuais de boas práticas de desenvolvimento como forma de elevar a qualidade do produto final produzido (ARAÚJO, 2019). Dentre elas podemos citar:

O Google disponibiliza recursos de acessibilidade para desenvolvedores Android (GOOGLE, 2021a) por meio de um guia de acessibilidade com documentação sobre como projetar aplicativos móveis acessíveis a deficientes utilizando exemplos de implementação (GOOGLE, 2021b). O *website* organiza as soluções por componentes de uma página *web*, como botões, tela de fundo, caixa de seleção, lista de imagens e menus. Cada componente contém informação sobre onde pode ser aplicado, imagens representativas de seu design de forma detalhada, comportamentos adotados pelo componente após ações do usuário e personalizações de tamanho e cores. No entanto, toda solução fornecida no guia considera acessibilidade de maneira geral, ou seja, não possui foco ou distinção do tipo de deficiência que será atendida (CARMO, 2021).

Conhecida no mundo todo na questão de compra e venda de produtos, o eBay também buscou auxiliar o desenvolvimento acessível. A empresa criou o *pattern* denominado “eBay MIND Patterns” (EBAY, 2018). O MIND do seu nome é um acrônimo com as iniciais de cada um dos 4 princípios contidos nesse padrão que são respectivamente: *messaging*, *input*, *navigation* e *disclosure*. O padrão MIND contém sugestões de implementação, exemplos e padrões de boas práticas que auxiliam os desenvolvedores front-end a criar páginas *web* e componentes de comércio eletrônico acessível.

Outra iniciativa existente para promover a acessibilidade refere-se ao *software* gerenciador de conteúdos *web* Suindara (BRASIL, 2014b), que está disponível no Portal do Software Público Brasileiro. Esse *software* permite automatizar os processos de criação,

controle de acessos, disponibilização de conteúdos na *web*, dentre outros. O gerenciador é acessível não somente a usuários mas também a desenvolvedores deficientes, gerando conteúdos acessíveis em conformidade com o modelo eMAG 3.0, que é compatível ao WCAG 2.0 (CARMO, 2021).

A empresa Mozilla possui um conjunto de documentos chamados de *MDN (Mozilla Developer Network) Web Docs - Accessibility*¹, que abordam uma boa base sobre acessibilidade e discutem quais grupos de pessoas que precisam ser consideradas e o porquê, quais ferramentas as pessoas com deficiência usam para interagir com a *web* e como a acessibilidade faz parte do cotidiano dessas pessoas (KONDO, 2019).

A *Web Accessibility Initiative*² apresenta uma coleção de tutoriais de acessibilidade na *web* que auxiliam o desenvolvedor a criar páginas *web* acessíveis que atendam a pessoas com deficiência e que proporcionem uma melhor experiência para os usuários.

Por fim, o WebAIM (*Web Accessibility In Mind*)³ é uma organização sem fins lucrativos para Pessoas com Deficiência da Universidade do Estado de Utah (UNIVERSITY, 2018). O WebAIM é uma página *web* que fornece soluções abrangentes de acessibilidade para a *web* fornecendo conhecimento por meio de conceitos, curso, artigos relacionados a acessibilidade, técnicas de desenvolvimentos de acessibilidade *web*, ferramentas de acessibilidade e exemplos que auxiliam o desenvolvedor a criar páginas *web* acessíveis (KONDO, 2019).

2.7 Objetos de Aprendizagem

Os OA surgiram com o objetivo de localizar e reutilizar os conteúdos educacionais disponíveis na *web* (IEEE-LTSC, 2017) e eles proporcionam ao processo de ensino-aprendizagem uma natureza mais interativa, dinâmica e flexível (MOREIRA; CONFORTO, 2011).

Nos últimos anos surgiram diversas definições de OA com o intuito de explicar e detalhar seu significado. Segundo Kay and Knaack (KAY; KNAACK, 2007), OA são definidos como “ferramentas interativas baseadas na *web* que apoiam a aprendizagem de conceitos específicos, melhorando, amplificando e orientando os processos cognitivos dos alunos”.

Podem conter simples elementos como um texto, vídeo, ser um hipertexto, um curso, aplicativo ou até mesmo uma animação com áudio e recursos mais complexos (...) e se caracterizam por promover a construção de conhecimento através da interação (BEHAR et al., 2008).

¹ <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/Accessibility>

² <https://www.w3.org/WAI/>

³ <https://webaim.org>

Ainda nesse contexto, um OA pode ser caracterizado como um conteúdo digital reutilizável usado como suporte educacional. A ideia é permitir que o conteúdo seja “quebrado em pequenos pedaços”, que possam ser reutilizados em diferentes contextos e cenários de aprendizagem (WILEY, 2001).

De forma semelhante, para a IEEE (IEEE-LTSC, 2017), OA é “qualquer elemento digital, como um texto, um vídeo, uma animação, um material de ensino ou uma combinação desses elementos com uma finalidade educacional estabelecida”.

Polsani (POLSANI, 2003) estabelece que para um objeto de mídia digital adquirir o status de OA deve ser agregado a outros com objetivo de aprendizagem definido. Deve cumprir dois requisitos fundamentais: aprendizagem e reutilização. Segundo este autor um OA deve ser reusável por múltiplos desenvolvedores em vários contextos instrucionais. Logo, os objetivos principais dos OA são a recuperação, reutilização e intercambialidade dos componentes instrucionais (MACEDO, 2010).

Adicionalmente, Batanero-Ochaíta et al. (BATANERO-OCHAÍTA et al., 2021) consideram que um OA acessível é formado pelo OA original, suas adequações e os metadados de acessibilidade tanto do OA original quanto de suas adequações. Por exemplo, o vídeo, que possui acesso visual e auditivo, seria um OA original e suas possíveis adequações seriam uma descrição de áudio das imagens para pessoas cegas ou legendas para surdos.

Por fim, apesar de existirem várias definições para OA, de acordo com Cochrane (COCHRANE, 2005), muitos profissionais e pesquisadores concordam ao dizer que os OA são destinados para melhorar o processo de aprendizagem e também para serem reutilizados dentro de uma série de contextos do processo de aprendizagem.

2.8 Recursos Educacionais Abertos

REA são materiais de acesso aberto, que podem ser adaptáveis e são disponibilizados por meio de TIC's sem objetivo comercial (UNESCO, 2002). Os REA permitem um processo de aprendizagem aberto e flexível, proporcionando oportunidades adequadas e adaptadas às necessidades individuais. Eles também podem ser caracterizados como materiais educacionais que estão disponíveis para educadores e alunos de forma aberta, ou seja, sem a necessidade de pagar *royalties* ou taxas de licença (BUTCHER, 2015).

Podem ser considerados REA: notas de aula, imagens ou arquivos de áudio e vídeo até materiais de curso, cursos completos e livros didáticos, bem como qualquer *software* ou outras ferramentas, materiais ou técnicas utilizadas para apoiar a construção e acesso ao conhecimento (ARIMOTO et al., 2016). Referem-se a materiais de ensino-aprendizagem que possibilitam o uso e adaptação por qualquer pessoa e que estão em domínio público

ou licenciados (UNESCO, 2002).

Segundo Wiley (WILEY, 2014), o “aberto” em REA compreende as atividades dos 5R:

- reter: representa a possibilidade de um aluno ter o controle de uma cópia do recurso;
- revisar: refere à possibilidade de modificar a cópia do recurso retido;
- remix: representa a possibilidade de mesclar o recurso com outro;
- reutilizar: permite ao aluno reutilizar a cópia do recurso em outro ambiente;
- redistribuir: permite ao aluno compartilhar a cópia do recurso com o público.

“Educativo” refere-se ao propósito: os REA devem ter como objetivo o ensino, a aprendizagem ou a pesquisa. “Recursos” abrangem tipos de mídia. Em resumo, qualquer formato digital pode ser considerado um REA, desde que tenha finalidade educacional e seja aberto (Simão de Deus; Barbosa, 2022).

Basicamente, um REA engloba: (i) recursos de aprendizagem, como OA, cursos completos e módulos educacionais; (ii) ferramentas, como sistemas de apoio ao desenvolvimento, (re)utilização e entrega de conteúdos de aprendizagem; e (iii) recursos de implementação, como licenças de propriedade intelectual para promover a publicação, reutilização e disseminação do conteúdo educacional (HYLEN, 2006).

Um REA representa um passo a mais em relação ao OA, pois suporta atividades de ensino e aprendizagem que utilizam materiais abertos licenciados para serem livremente acessados, adaptados e redistribuídos por terceiros (CACHO et al., 2016).

Por serem abertos para divulgação e personalização de acordo com os interesses do usuário, com atenção à licença, os REA são uma interessante alternativa para trabalhar conteúdos sob determinadas particularidades, que necessitam de modificações pontuais (LEITE et al., 2018a). A UNESCO (UNESCO, 2019), em especial, recomenda que as estratégias e programas que incentivem o uso dos REA tenham como princípio a acessibilidade, inclusão e igualdade. Nesse sentido, esses artefatos, produzidos da forma correta e recebendo tratamento específico para uso com leitores de tela e audiodescrição, por exemplo, podem se tornar item indispensável na vida dos estudantes com deficiência visual (SANTOS et al., 2021).

2.9 Ensino Inclusivo

A educação inclusiva busca:

Adaptar o sistema educacional a fim de assegurar o acesso, permanência e condições de aprendizagem para todas as pessoas, sem preconceitos e de forma a valorizar as diferenças. Ela é importante para permitir que os estudantes, ainda que apresentem necessidades especiais, se desenvolvam no convívio de outros alunos de uma escola regular, tornando-se parte integrante da sociedade (TOTVS, 2022).

Segundo a TOTVS Educacional (TOTVS, 2022), os princípios do ensino inclusivo envolvem a promoção da igualdade de oportunidades e a valorização das diferenças humanas. Para seguir esses princípios é necessário realizar adaptações, tais como:

- gestão escolar;
- políticas públicas;
- revisões de estratégias pedagógicas;
- treinamento e capacitação de professores;
- envolvimento de comunidade externa e interna;
- demais profissionais do segmento educacional em geral.

Logo, a educação inclusiva busca melhorar a educação para todos. Isso impacta em vários outros fatores da sociedade, produzindo resultados positivos (TOTVS, 2022). Por exemplo, os jogos inclusivos, um importante recurso pedagógico, contribuem de forma muito significativa para a promoção da igualdade dos alunos com deficiência visual no ambiente escolar, pois permite que estudantes com e sem deficiência participem juntos de uma mesma atividade, sem qualquer tipo de restrição (INCLUNET, 2021).

Mas um dos grandes desafios do ensino inclusivo é ter materiais, espaços e profissionais capacitados e treinados para atender a uma demanda que exige diversidade e maior atenção no dia a dia (TOTVS, 2022). Dentro dessa política de inclusão escolar, se faz necessário ter, por exemplo, tecnologias assistivas que facilitem a inclusão dos alunos e um projeto político-pedagógico inclusivo, que inclua espaços acolhedores de aprendizagem e planos de desenvolvimento individuais dos alunos (TOTVS, 2022).

Segundo a TOTVS Educacional (TOTVS, 2022), para saber se um planejamento pedagógico está realmente sendo inclusivo, é importante levar em consideração os seguintes princípios da educação inclusiva:

- Toda pessoa tem o direito de acesso à educação.
- Toda pessoa aprende.
- O processo de aprendizagem de cada pessoa é singular.

- O convívio no ambiente escolar comum beneficia todos.
- O ensino inclusivo diz respeito a todos.

Para desenvolver um projeto pedagógico inclusivo é necessária a união de diversas esferas, tais como: implementação e apoio de políticas públicas; boa gestão escolar; estratégias pedagógicas; inclusão da família e apoio de parcerias (TOTVS, 2022). Entre as parcerias, a tecnologia é muito relevante, uma vez que a construção de materiais acessíveis proporciona mais autonomia aos estudantes que possuem deficiências e ajuda a remover barreiras educacionais. É muito importante que os recursos tecnológicos sejam “qualitativamente acessíveis, não como forma de concessão aos grupos, mas como direito de todos” (SILVA; SOUZA, 2015).

Por isso, se faz necessário buscar diferentes estratégias e alternativas para que o direito à educação seja de fato uma realidade para todos os que buscam obtê-la, independente de quaisquer limitações ou deficiências (LIMA et al., 2020).

2.10 Trabalhos Relacionados

Nesta seção estão apresentados os trabalhos relacionados mais relevantes para o desenvolvimento deste trabalho.

Alguns trabalhos têm proposto diferentes recomendações e técnicas que auxiliam o desenvolvimento de materiais educacionais acessíveis.

Leite et al. (LEITE et al., 2018b) relataram a experiência da realização de uma disciplina sobre acessibilidade e inclusão digital em conjunto com um projeto de extensão, para promover a ação entre estudantes e comunidades externas na produção de materiais educacionais abertos e acessíveis. Os estudantes produziram REA voltados à utilização de aplicativos e sites para públicos formados por idosos e crianças com altas habilidades, usando algumas diretrizes apresentadas na literatura. A disciplina abordou tópicos como diretrizes de acessibilidade *web*, diretrizes de acessibilidade para aplicações *desktop* e diretrizes de acessibilidade para jogos digitais. O estudo descreve as interações entre estudantes e pessoas com altas habilidades destacando os desafios e os resultados obtidos. No entanto, os autores mencionam algumas dificuldades encontradas, tais como a dificuldade para conseguir pessoas da comunidade que colaborassem na elaboração e avaliação dos REA.

Oliveira Junior et. al (JUNIOR et al., 2024) também desenvolveram um projeto de extensão universitária com o objetivo de promover a inclusão de estudantes com deficiência visual nos cursos de Engenharia Civil. Isso foi realizado através da capacitação e sensibilização dos docentes em relação às tecnologias assistivas, estratégias pedagógicas inclusivas e dos aspectos legais e de políticas públicas de educação inclusiva. Os autores

realizaram uma revisão bibliográfica e ressaltaram que existem diversos desafios para a inserção desses estudantes no nível superior. Além disso, destacaram que várias dificuldades que os alunos enfrentam decorrem da carência de estratégias pedagógicas inclusivas, de materiais didáticos adaptados e de formação específica dos professores.

Zen et al. (ZEN, 2024) apresentaram o processo de elaboração e validação de uma cartilha que busca orientar professores que trabalham com estudantes cegos. Essas orientações mostram os principais desafios enfrentados pelos estudantes cegos e auxiliam na elaboração e seleção de tecnologias, materiais, tarefas e estratégias de avaliação nas disciplinas de Programação de Computadores. A pesquisa começou com entrevistas com os estudantes para identificar os obstáculos educacionais que eles enfrentam. Em seguida, a cartilha foi elaborada e validada por meio de um Grupo Focal, realizando discussões ou entrevistas coletivas para obter diferentes pontos de vista e coletar dados. Os autores destacaram a importância do Grupo Focal contar com a participação diversificada de profissionais, como pedagogos, professores da Educação Especial e professores de Programação de Computadores.

Verificando as lacunas desses trabalhos, destaca-se a relevância da presente pesquisa, uma vez que as diretrizes podem auxiliar os professores na adaptação dos materiais didáticos, além dos aspectos pedagógicos.

Santos et al. (SANTOS et al., 2021) apresentaram uma série de recomendações que auxiliam no desenvolvimento ou adaptação de REA para pessoas com deficiência visual. Para o desenvolvimento desse trabalho, os autores realizaram o levantamento bibliográfico, depois a elaboração das recomendações de acessibilidade primárias, em seguida a criação e execução de duas avaliações para melhoria das recomendações, posteriormente o redesign das recomendações, com base nas avaliações realizada na etapa anterior, e por fim, a elaboração de um REA com base nas recomendações e avaliação do recurso desenvolvido. Os resultados mostraram que as recomendações podem ajudar os profissionais e alunos com deficiência visual auxiliando no processo de desenvolvimento de REA mais acessíveis, sejam esses recursos físicos ou computacionais.

Sestito (SESTITO, 2022) estabeleceu um conjunto de diretrizes pedagógicas e de acessibilidade para apoiar o desenvolvedor no processo de desenvolvimento de aplicações educacionais móveis, com foco em usuários idosos. As recomendações aplicam métodos, práticas e procedimentos pedagógicos que auxiliam o processo de desenvolvimento de aplicações educacionais móveis, uma vez que o desenvolvedor, ao utilizá-lo, passa a considerar com mais efetividade questões pedagógicas e de acessibilidade. Além disso, a autora enfatiza a importância de realizar a validação ou experimento com os usuários finais, a fim de obter *feedback* dos estudantes idosos e verificar se o conjunto de diretrizes cumpre seu objetivo e auxilia os usuários nas questões pedagógicas e de acessibilidade.

Macedo (MACEDO, 2013) criou recomendações para orientar e apoiar os pro-

fessores conteudistas na elaboração de OA em relação às características e funções de acessibilidade. Essas diretrizes consideram principalmente a disponibilização de mídias equivalentes e alternativas como recurso de acessibilidade. O conjunto de diretrizes foi submetido a uma testagem inicial por um grupo de professores que elaboram OA. Os resultados mostram que as diretrizes possibilitaram aos professores criar OA acessíveis e se aplicam a qualquer tipo ou característica de OA.

Remedios et al. (REMEDIOS et al., 2024) elaboraram sugestões para apoiar o desenvolvimento de *softwares* de ensino de música para pessoas com deficiência visual. Para isso, os autores consideraram os resultados da avaliação realizada e as diretrizes de acessibilidade do WCAG. Desta forma, foi realizada uma pesquisa de natureza qualitativa para avaliar a interação de usuários cegos com o MusiBraille. Para alcançar esse objetivo, foram aplicados questionários a professores de música, realizados testes com usuários cegos e conduzidas entrevistas com eles.

Esses trabalhos reforçam o objetivo da presente pesquisa destacando a importância do desenvolvimento de recomendações para tornar a educação mais inclusiva.

Ferreira et al. (FERREIRA; SILVA, 2024) apresentaram as percepções dos docentes em relação à inclusão de alunos cegos, explorando as práticas atuais e identificando as áreas que necessitam de melhorias para tornar a educação mais inclusiva. Para isso, utilizaram uma pesquisa exploratória com abordagem qualitativa. Para a coleta de dados, foram realizadas entrevistas com os professores, para identificar opiniões, práticas e experiências dos professores em relação à utilização das tecnologias de acessibilidade e à inclusão escolar de alunos cegos. Os autores identificaram boas práticas para promover a inclusão social e acadêmica, como a tutoria entre alunos e o uso de tecnologias interativas. Porém, também destacaram que existem lacunas na formação dos professores e na adaptação dos materiais didáticos.

O trabalho de Olegário et al. (OLEGÁRIO et al., 2024) identificou o uso que estudantes universitários cegos fazem de tecnologias digitais e da tecnologia assistiva em suas atividades de estudo, através de uma pesquisa exploratória. Para isso, os autores utilizaram questionários e realizaram entrevistas, buscando compreender as estratégias de aprendizagem adotadas pelos estudantes para minimizar barreiras atitudinais, técnicas e pedagógicas. Os depoimentos dos entrevistados desta pesquisa evidenciam a importância das ações institucionais e, principalmente, dos núcleos de acessibilidade, na promoção de condições favoráveis ao sucesso acadêmico de estudantes cegos. Os autores destacaram a acessibilidade de materiais como uma medida importante para oferecer condições favoráveis ao sucesso acadêmico dos estudantes cegos.

Esses trabalhos destacam, assim como a presente pesquisa, a importância de envolver os usuários finais no estudo para conhecer os principais problemas que eles enfrentam na prática.

Em trabalhos envolvendo interação humano-computador, é fundamental (e ao mesmo tempo desafiador) executar avaliações com usuários finais, uma vez que, realizar o design inclusivo significa contemplar efetivamente a participação de usuários finais na definição de soluções (MELO, 2014), além das avaliações com usuários contribuírem significativamente no processo de melhoria e refinamento dos projetos (URBANO et al., 2014). Há diversas técnicas propostas que podem auxiliar na realização dessas avaliações, tais como o Cognitive Walkthrough (WHARTON et al., 1994), em que os revisores avaliam a interface proposta no contexto da execução de uma ou mais tarefas do usuário. Assim, pode-se perceber que as pesquisas realizadas mais recentemente sobre acessibilidade utilizam essas técnicas com o intuito de melhorar as interfaces gráficas do usuário, avaliar a adequação do design, avaliar se os usuários conseguem realizar as tarefas, dentre outros objetivos.

Alguns autores relataram suas experiências com a avaliação de acessibilidade, indicando os benefícios e as dificuldades encontradas. Oliveira et al. (OLIVEIRA; ELER, 2024) destacam que as avaliações com usuários podem ser uma fonte importante de informações para identificar violações de acessibilidade e entender as necessidades do usuário. Leite et al. (LEITE et al., 2018b) e Prates et al. (PRATES; RAPOSO, 2006) apontam a dificuldade de se conseguir o número necessário de participantes para as avaliações. Prates et al. (PRATES; RAPOSO, 2006) também mencionam a identificação de problemas básicos que justificam a interrupção das avaliações. Baker et al. (BAKER et al., 2001) e Pinelle et al. (PINELLE; GUTWIN, 2002) citam o alto custo das avaliações com usuários.

Na Tabela 1 é possível visualizar o relacionamento entre os trabalhos descritos nessa seção e a proposta desta pesquisa.

Tabela 1 – Tabela comparativa entre os trabalhos relacionados e a proposta desta pesquisa

Trabalho	Relação com a presente pesquisa	Oportunidades
(LEITE et al., 2018b), (JUNIOR et al., 2024) e (ZEN, 2024)	Abordam acessibilidade e inclusão digital na educação	Criar diretrizes de acessibilidade para auxiliar na área da educação, abordando também aspectos pedagógicos.
(SANTOS et al., 2021), (MACEDO, 2013) e (REMEDIOS et al., 2024)	Apresentam recomendações e sugestões de acessibilidade	Abordar aspectos pedagógicos.
(SESTITO, 2022)	Aborda acessibilidade e aspectos pedagógicos	Realizar avaliação com usuário final. Além disso, o público alvo (idosos) é diferente do objetivo da presente pesquisa.
(FERREIRA; SILVA, 2024) e (OLEGÁRIO et al., 2024)	Destacam a importância de envolver os usuários finais no estudo	Utilizar uma abordagem prática, através da construção de um protótipo, e não obter apenas as considerações dos usuários através de entrevistas e questionários. Isso será importante para verificar a utilidade das diretrizes e facilidade de uso do REA.

Com essas informações, verifica-se a importância do desenvolvimento de diretrizes para tornar a educação mais inclusiva, uma vez que as recomendações podem auxiliar

os professores na adaptação dos materiais didáticos. Além disso, nota-se que é muito relevante envolver os usuários finais em todo o desenvolvimento da pesquisa para que seja possível identificar as dificuldades reais que eles encontram na área da educação.

Analisando os trabalhos da área de acessibilidade, verifica-se que existem várias práticas e recomendações voltadas à educação inclusiva, no entanto, esses trabalhos não são específicos para REA utilizados por estudantes cegos e não abordam princípios pedagógicos. Diante disso, esta pesquisa apresenta o conjunto de diretrizes pedagógicas e de acessibilidade que podem auxiliar na criação de REA mais acessíveis para estudantes cegos.

2.11 Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentados conceitos e definições relacionados à acessibilidade e diretrizes, cegueira, leis referentes à acessibilidade, usabilidade, acessibilidade em empresas, OA, REA, ensino inclusivo e trabalhos relacionados. Essa pesquisa proporcionou o entendimento dos temas e apoiou o desenvolvimento deste trabalho.

A seguir será apresentada cada etapa e os detalhes para a criação das diretrizes pedagógicas e de acessibilidade.

3 Processo de Criação das Diretrizes - Fase Exploratória

3.1 Considerações Iniciais

Neste trabalho foi utilizada a metodologia de Quiñones, Rusu e Rusu (QUINONES et al., 2018). Os autores propuseram um método formal com várias etapas, com um protocolo estruturado para a sua construção (SESTITO, 2022). A metodologia foi aplicada na prática em vários estudos de caso e também foi validada por meio de opiniões de especialistas (QUINONES et al., 2018).

Como o aspecto de usabilidade está evoluindo cada vez mais, os autores propuseram esse método visando possibilitar a construção de heurísticas de maneira formal (SESTITO, 2022). Essa metodologia foi adotada neste trabalho por estar de acordo com o contexto geral da pesquisa, uma vez que o conceito de usabilidade está fortemente ligado à acessibilidade (GULLIKSEN; HARKER., 2004) e pelas diretrizes serem a base para o desenvolvimento de heurísticas (JAFERIAN et al., 2011).

O método possui as seguintes fases: exploratória, experimental, descritiva, correlação, seleção, especificação, validação e refinamento. Essas fases estão representadas na Figura 1 e serão abordadas a seguir.

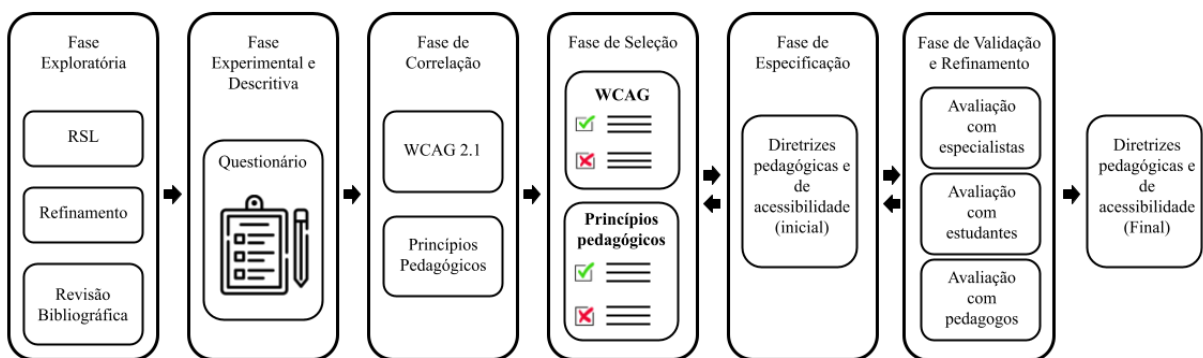


Figura 1 – Fases da metodologia - Adaptado de (SESTITO, 2022)

Fonte do ícone questionário: https://www.flaticon.com/br/icone-gratis/questionario_1651774

3.2 Fase Exploratória

A fase Exploratória consiste na realização da revisão da literatura com o intuito de coletar informações importantes para o desenvolvimento da pesquisa e obter um panorama

geral a respeito do objeto de investigação (QUINONES et al., 2018). Dessa forma, foram realizadas duas RSL (seções 3.3 e 3.4) e uma Revisão Bibliográfica (seção 3.5).

O principal objetivo da primeira revisão foi ter um panorama da pesquisa sobre OA acessíveis para cegos, a fim de identificar lacunas e orientar estudos mais detalhados sobre o assunto. Com essa revisão, foi identificado que, apesar de todos os modelos, técnicas e abordagens já desenvolvidas, ainda existem barreiras de acessibilidade para os alunos cegos. Dessa forma, foi realizada a segunda RSL, com o objetivo de identificar essas barreiras de acessibilidade nos sistemas voltados para educação. Então, a partir desses estudos foi possível identificar as lacunas de pesquisa na área de acessibilidade e educação para estudantes cegos. Por fim, a Revisão Bibliográfica foi realizada a fim de identificar aspectos pedagógicos para ajudar a reduzir as barreiras identificadas na segunda RSL.

Nas primeiras atividades realizadas neste projeto, foi considerado o termo OA. Com a evolução e amadurecimento do trabalho, percebeu-se que REA seria o termo mais adequado e que o seu conceito de uso e distribuição faziam mais sentido para este trabalho de pesquisa. Dessa forma, novos estudos passaram a ser realizados considerando REA. Além disso, é importante notar que os dois conceitos são semelhantes, principalmente no que se refere ao conteúdo de REA e OA. Segundo Hewlett et al. (HEWLETT; HEWLETT, 2018), um REA pode ser visto como “qualquer objeto de aprendizagem que resida em domínio público ...”, ou ainda, de acordo com Hylen (HYLEN, 2006) um REA engloba “recursos de aprendizagem, como OA, cursos completos e módulos educacionais ...”. Com isso, decidiu-se, manter os estudos iniciais que se referiam a OA e realizar novos estudos sobre as definições e conceitos de REA com o objetivo de complementar o estudo inicial que já havia sido realizado.

As próximas seções apresentarão as duas RSL e a Revisão Bibliográfica.

3.3 Revisão Sistemática da Literatura Inicial

Com o propósito de garantir uma base sólida para esse trabalho e realizar uma pesquisa abrangente e imparcial, foi utilizada a metodologia de RSL. Para conduzir a revisão, foi utilizado o modelo proposto por Kitchenham et al. (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007), que consiste na realização das seguintes atividades: planejamento, condução e análise dos dados obtidos. Então, foram identificados e analisados trabalhos relacionados com o tema dessa pesquisa nos principais periódicos e conferências especializadas nas áreas de acessibilidade, OA e estudantes cegos.

A seguir serão apresentados o planejamento, a condução e os resultados das duas revisões realizadas.

O objetivo da primeira RSL foi ter uma visão geral sobre acessibilidade no domínio

da educação, conhecer os principais conceitos e trabalhos na área e identificar quais são os modelos e técnicas mais específicos que existem e são utilizados para produzir OA acessíveis para pessoas cegas (SOARES et al., 2023). O processo realizado está descrito nas próximas subseções.

3.3.1 Planejamento

As principais subatividades relacionadas ao planejamento da RSL envolvem a especificação das questões de pesquisa, a *string* de busca, a estratégia de pesquisa, as fontes e os critérios de inclusão e exclusão. Para essa RSL, as questões de pesquisa são as seguintes:

Questão de Pesquisa: Como a acessibilidade para deficientes visuais é tratada em OA?

Subquestão: Quais são os principais modelos, técnicas e ferramentas usados para projetar e implementar OA acessíveis para deficientes visuais?

Para definir a *string* de busca, foi selecionado um conjunto de palavras-chaves de estudos sobre OA e acessibilidade e essas palavras-chaves foram combinadas com as questões de pesquisa. Também foram estabelecidos sinônimos e variações das palavras-chaves. Finalmente, as palavras-chaves foram aprimoradas de forma iterativa e, usando operadores booleanos para conectá-las, a *string* de busca ficou da seguinte forma:

accessibility AND (education OR “learning object” OR e-learning) AND (“visual impairment” OR blindness)

A estratégia de pesquisa incluiu os seguintes procedimentos: (i) busca e extração dos estudos utilizando a *string* de busca, reunidos em diferentes bases de dados; (ii) eliminação dos estudos duplicados; (iii) filtro das publicações por título, palavras-chaves e análise dos resumos usando critérios de inclusão e exclusão; (iv) leitura dos artigos selecionados; (v) extração de dados (uso de um formulário de extração); e (vi) síntese dos resultados. A lista de fontes inclui os principais periódicos e anais de conferências disponíveis nas seguintes bibliotecas digitais da web: *IEEE Xplore*¹, *ACM Digital Library*², *Science Direct*³, *Wiley Interscience*⁴ e *Scopus*⁵.

Para os critérios de inclusão, foram considerados os artigos que tenham ligação com a questão ou a subquestão de pesquisa e que descrevam soluções (modelos e ferramentas) relacionadas à acessibilidade e OA. Os critérios de exclusão abrangem artigos não acessíveis em formato eletrônico, que não estejam redigidos em inglês, que não sejam avaliados por pares (por exemplo, prefácio, livro, editorial, resumo, pôster, painel, pales-

¹ <http://ieeexplore.ieee.org/>

² <https://dl.acm.org/>

³ <https://www.sciencedirect.com/>

⁴ <https://onlinelibrary.wiley.com/>

⁵ <https://www.scopus.com>

tra, mesa redonda, oficina ou demonstração), trabalhos em andamento e estudos que não tenham nenhuma relação com acessibilidade, deficiência visual e OA.

3.3.2 Condução da Revisão

A RSL foi realizada no período de 15 de setembro de 2021 até 17 de novembro de 2021. O resumo das etapas da estratégia de pesquisa pode ser observado na Figura 2 e será detalhado a seguir: utilizando a *string* de busca nas bases de dados do *IEEE Xplore*, *ACM Digital Library*, *Science Direct*, *Wiley Interscience* e *Scopus*, um total de 620 artigos foram retornados; em seguida, 42 artigos duplicados foram removidos; aplicando os critérios de inclusão e exclusão, 444 artigos foram eliminados, restando 134 artigos para a realização da leitura completa e extração de dados. Após a leitura completa, 90 artigos foram descartados por não estarem relacionados com a questão ou a subquestão de pesquisa. Considerando os 44 artigos selecionados (Tabela 1), 19 (43,2%) respondem a questão de pesquisa e 25 (56,8%) possuem relação com a subquestão de pesquisa. Vale ressaltar que muitos artigos foram descartados por abordarem a acessibilidade de sites educacionais, e não a acessibilidade de OA. No entanto, é difícil ter esta compreensão lendo apenas o resumo do artigo. Nesses casos, foi realizada a leitura completa do artigo com o intuito de não perder informações relevantes para a pesquisa.

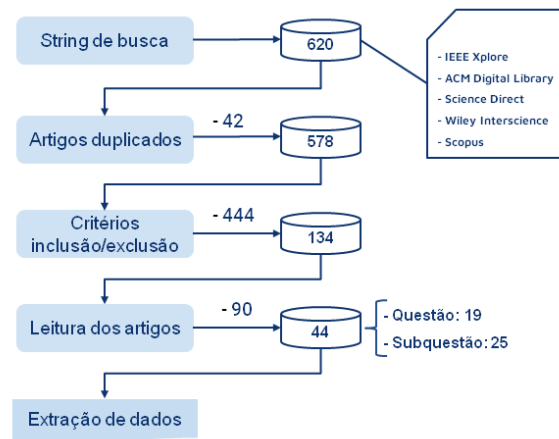


Figura 2 – Resumo das Etapas de Seleção

A Figura 3 mostra a quantidade de artigos retornados por cada base, utilizando a *string* de busca. O gráfico mostra que o *Scopus* é a base que retornou mais resultados, seguido por *ACM Digital Library*, *Wiley Interscience*, *Science Direct* e *IEEE Xplore*, respectivamente. Vale a pena ressaltar que o *Scopus* realiza pesquisas em várias bibliotecas digitais relevantes sobre engenharia de *software* (CARTAXO et al., 2018).

A Figura 4 apresenta um resumo dos critérios de exclusão, informando o quantitativo de artigos eliminados em cada critério. De acordo com o gráfico, a maioria dos estudos foi excluída por não possuir nenhuma relação com acessibilidade, deficiência visual e OA,

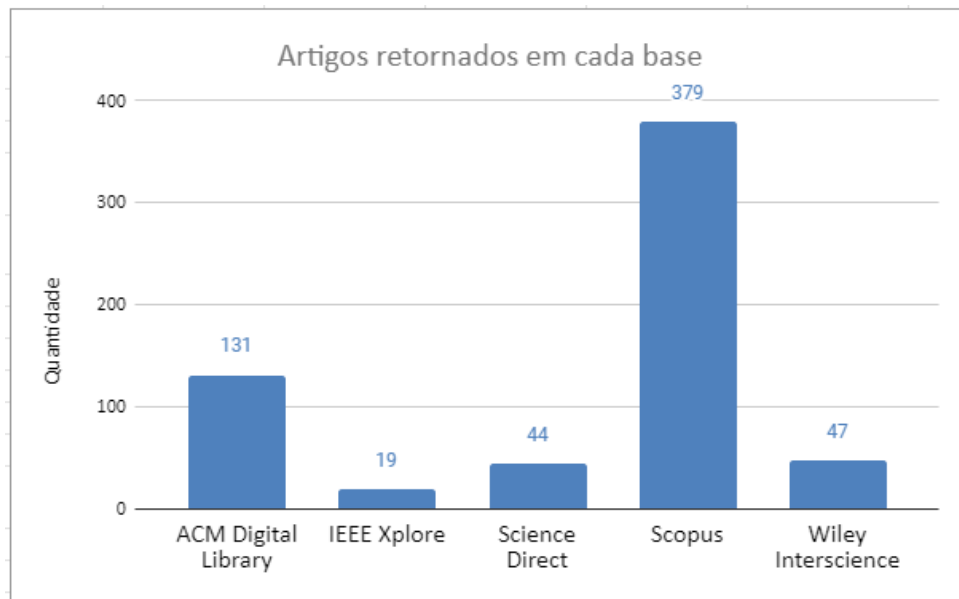


Figura 3 – Quantidade de artigos

seguido por estudos não avaliados por pares, artigos que não estão redigidos em inglês, artigos não disponíveis em formato eletrônico e trabalhos em andamento, respectivamente.

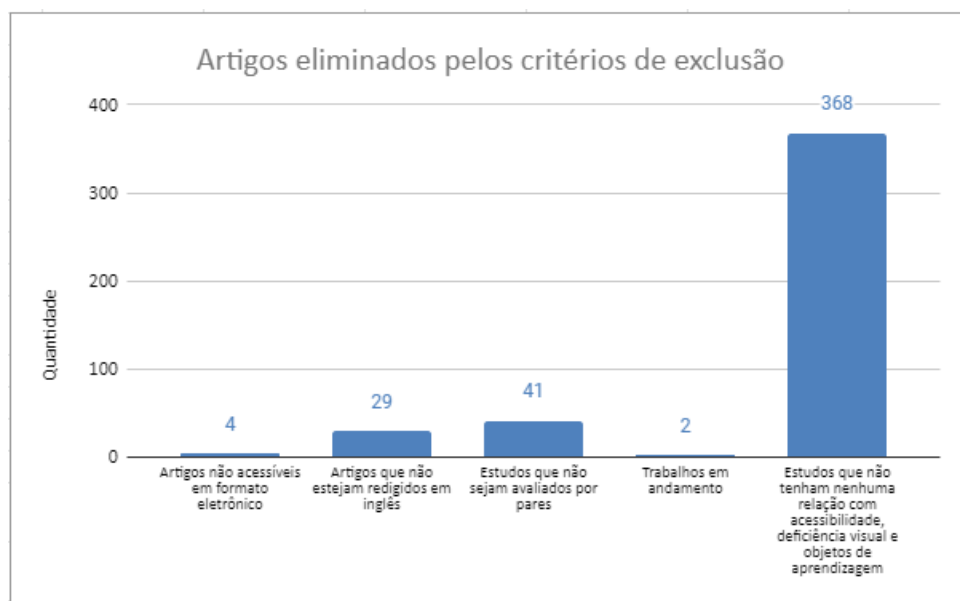


Figura 4 – Resumo dos Critérios de Exclusão

3.3.3 Extração de Dados

Para facilitar a extração dos dados dos trabalhos selecionados, foi desenvolvido um formulário de extração, demonstrado na Figura 5. Esse formulário tem como objetivo auxiliar na obtenção das informações necessárias para satisfazer as questões de pesquisa definidas.

Artigo	
Autores	
Ano	
Classificação	☐ Questão de pesquisa ☐ Subquestão de pesquisa
Objeto de aprendizagem	
Resumo	

Figura 5 – Formulário de extração

A Tabela 1 apresenta a relação dos estudos selecionados por terem relação com a questão ou subquestão de pesquisa.

Tabela 2 – Estudos selecionados após a leitura completa para extração de dados

ID	Título	Ano	Referência
01	Listen to the models: Sonified learning models for people who are blind	2018	(LAHAV et al., 2018)
02	Supporting foreign language learning for a blind student: a case study from Coventry University	2005	(ORSINI-JONES et al., 2005)
03	An Assessment for Learning System Called ACED: Designing for Learning Effectiveness and Accessibility	2007	(SHUTE et al., 2007)
04	Approaches for diagrams accessibility for blind people: a systematic review	2019	(TORRES; BARWALDT, 2019)
05	Assistive technology in large-scale assessments for students with visual impairments: A systematic review and recommendations based on the Brazilian reality	2021	(LERIA et al., 2021)
06	Educational affordances of a specific web-based assistive technology for students with visual impairment	2019	(ARSLANTAS et al., 2019)
07	Development of an online digital resource accessible for students with visual impairment or blindness: Challenges and strategies	2020	(ALMEIDA et al., 2020)
08	Blind Web Development Training at Oysters and Pearls Technology Camp in Uganda	2019	(KEARNEY-VOLPE et al., 2019)
09	Accessible mathematics videos for nondisabled students in primary education	2018	(RODRÍGUEZ-ASCASO et al., 2018)
10	Accessible ENEM: Autonomy for the Person with Total Visual Impairment in the Brazilian High School National Examination		(LERIA et al., 2018)
11	Enhancement of math content accessibility in EPUB3 educational publications		(BRZOSTEK-PAWLOWSKA et al., 2019)
12	Exploring the Design of Audio-Kinetic Graphics for Education	2018	(MUEHLBRADT et al., 2018)
13	Extending Tangible Interactive Interfaces for Education: A System for Learning Arabic Braille using an Interactive Braille Keypad	2020	(BINTALEB; AL, 2020)
14	MapSense: Multi-Sensory Interactive Maps for Children Living with Visual Impairments	2016	(BRULE et al., 2016)
15	Insights from training a blind student in biological sciences	2021	(TEKANE; POTGIETER, 2021)
16	OER-based Learning and People with Disabilities	2015	(NAVARRETE; LUJÁN-MORA, 2015)
17	A tool to facilitate including accessible content in Moodle to the person with visual impairment	2012	(ULBRICHT et al., 2012)

ID	Título	Ano	Referência
18	Revealing the whiteboard to blind students: An inclusive approach to provide mediation in synchronous e-learning activities	2010	(FREIRE et al., 2010)
19	Tutoring math platform accessible for visually impaired people	2017	(MAŁKOWSKI et al., 2017)
20	An Interactive and Intuitive STEM Accessibility System for the Blind and Visually Impaired	2015	(NAMDEV; MAES, 2015a)
21	Analyzing Visual Layout for a Non-Visual Presentation-Document Interface	2006	(ISHIHARA et al., 2006)
22	Automata Classification with Convolutional Neural Networks for Use in Assistive Technologies for the Visually Impaired	2018	(BINE et al., 2018)
23	BraillePlay: Educational Smartphone Games for Blind Children	2014	(MILNE et al., 2014)
24	Learning and Perceiving Colors Haptically	2006	(KAHOL et al., 2006)
25	Modeling Educational Software for People with Disabilities: Theory and Practice	2002	(BALOIAN et al., 2002)
26	Playing with geometry: a Multimodal Android App for Blind Children	2015	(BUZZI et al., 2015)
27	PowerUp: An Accessible Virtual World	2008	(TREWIN et al., 2008)
28	SVGPlott: An Accessible Tool to Generate Highly Adaptable, Accessible Audio-Tactile Charts for and from Blind and Visually Impaired People	2019	(ENGEL et al., 2019)
29	VBGhost: a Braille-Based Educational Smartphone Game for Children	2013	(MILNE et al., 2013)
30	μ Graph: Haptic Exploration and Editing of 3D Chemical		(BERNAREGGI et al., 2019)
31	A Multi-Layer Universally Designed Workspace for Tracking Students Skills and Mastery Transition in Mathematics Manipulation in Inclusive Education	2014	(ALAJARMEH et al., 2014)
32	An Artificial Intelligence Tool for Accessible Science Education	2021	(WATTERS et al., 2021)
33	CASVI: A Computer Algebra System Aimed at Visually Impaired People	2021	(MEJÍA et al., 2021)
34	Do you see what I see? - Understanding the challenges of colour-blindness in online learning	2011	(EGAN et al., 2011)
35	An Accessible Robotics Programming Environment for Visually Impaired Users	2014	(LUDI et al., 2014)
36	AccessScope project: Accessible light microscope for users with upper limb mobility or visual impairments	2010	(MANSOOR et al., 2010)
37	EULER - Mathematical editing by voice input for people with visual impairment	2019	(RIVAS-PEREZ et al., 2019)
38	EyeMath: Increasing Accessibility of Mathematics to Visually Impaired Readers	2019	(DUMKASEM et al., 2019)
39	From “Reading” Math to “Doing” Math: A New Direction in Non-visual Math Accessibility	2011	(ALAJARMEH et al., 2011)
40	Haptic and aural graphs exploration for visually impaired users	2007	(BARBIERI et al., 2007)
41	Mathematical Functions Treatment and Visualization through Braille Impression Focus in education for people with visual impairment	2015	(LEÓN et al., 2015)
42	Information and Technology Support for the Training of Visually Impaired People	2019	(VERETENNIKOVA et al., 2019)
43	RoboGraphics: Dynamic Tactile Graphics Powered by Mobile Robots	2019	(GUINNESS et al., 2019)
44	TIP-Toy: a tactile, open-source computational toolkit to support learning across visual abilities	2020	(BARBARESCHI et al., 2020)

3.3.4 Resultados da Questão de Pesquisa

Conforme descrito na subseção 3.3.2, 19 artigos foram selecionados para responder a questão de pesquisa, conforme indicado a seguir.

Questão de pesquisa: Como a acessibilidade para deficientes visuais é tratada em OA?

Ao analisar os 19 estudos selecionados, foram encontrados os seguintes OA: áudio, curso, game, imagem, questionário e vídeo. A tabela 3 mostra a quantidade de artigos que trataram de cada objeto de aprendizagem. A soma da coluna quantidade (21) é maior que o número de artigos (19) porque um artigo abordou mais de um objeto de aprendizagem.

Tabela 3 – Quantidade de artigos para cada objeto de aprendizagem

Objeto de aprendizagem	Quantidade
Audio	1
Curso	6
Game	4
Imagem	6
Questionário	2
Vídeo	2

A seguir será apresentado como os autores abordaram a acessibilidade desses OA.

3.3.4.1 Acessibilidade em objeto de aprendizagem *Áudio*

A pesquisa de Lahav et al. (LAHAV et al., 2018) propôs ensinar ciências para alunos cegos. Os autores investigaram se e como pessoas cegas percebem fluxos de som e os transformam em pensamento científico por meio de interações com sistemas *L2C* (*Listening-to-Complexity*). As interações do modelo L2C ajudaram os alunos cegos a ouvirem vários fluxos de áudio e a relacioná-los com um conceito científico. Os autores abordaram vários eventos, tais como, partículas colidindo com a parede e colisões de partículas e fenômenos de todo o sistema, como velocidade, temperatura e pressão. Cada evento ou fenômeno abordado possuía um som único, por exemplo, para mostrar colisões de partículas, os autores escolheram colisões de bola de bilhar: duas bolas de bilhar (o mesmo material) colidindo uma com a outra.

3.3.4.2 Acessibilidade em Objeto de Aprendizagem *Curso*

O principal objetivo do estudo de Arslantas et al. (ARSLANTAS et al., 2019) foi projetar, desenvolver e testar a eficácia instrucional de um programa de exercícios de vocabulário de inglês criado para alunos do ensino médio com deficiência visual. O conteúdo do curso elaborado foi puramente auditivo. Um programa de leitura de tela foi usado para acessar o programa de treinamento baseado na *web* e para o conteúdo em inglês, uma voz de um falante nativo de inglês foi gravada e incorporada ao programa.

O propósito do estudo de Kearney-Volpe et al. (KEARNEY-VOLPE et al., 2019) foi fornecer materiais acessíveis para um curso de desenvolvimento *web* para jovens. Os autores desenvolveram um conjunto de diagramas táteis em Braille para ensinar conceitos de *design* visual relacionados ao *Cascading Style Sheets (CSS)*. Também foi usado Braille para os textos na tela e formas semelhantes a Braille para descrever a forma visual dos elementos como entrada de texto, botões e links. Além disso, os autores utilizaram objetos táteis para ensinar conceitos computacionais e operadores lógicos.

Bintaleb et al. (BINTALEB; AL, 2020) apresentaram um sistema que visa ajudar crianças cegas a aprender letras e números árabes em Braille usando um teclado interativo em Braille tátil junto com o *site* educacional. Primeiro, o aluno escolhe uma lição de letra ou número, e a lição começa mostrando uma palavra que inicia com a letra a ser aprendida e pronunciando a palavra e a letra. Por exemplo, a palavra “yyy” começa com a letra “y”, a letra é representada na tela pela célula Braille e é explicado usando textos, imagens e materiais de áudio. Depois que termina a lição, o módulo de prática aparece para certificar-se de que o aluno entendeu a lição.

O estudo de Tekane et al. (TEKANE; POTGIETER, 2021) forneceu um guia que acadêmicos, educadores e gestores universitários podem usar para garantir que as disciplinas de matemática e ciências sejam acessíveis a alunos cegos. A acessibilidade do curso foi tratada da seguinte forma: (i) o texto foi convertido para um formato compatível com o leitor de tela; (ii) o conteúdo visual foi convertido para Braille na forma de imagens táteis e esboços e (iii) foram fornecidas descrições verbais detalhadas do conteúdo visual para ajudar o aluno a formar modelos mentais do que estava sendo discutido.

Navarrete et al. (NAVARRETE; LUJÁN-MORA, 2015) expõe o processo de criação de um curso online acessível cujo objetivo é permitir que os usuários aprendam os recursos e as funcionalidades do OpenOffice Writer⁶. Há várias características de acessibilidade do curso, tais como: (i) todas as imagens têm uma descrição textual equivalente (atributo ALT); (ii) a apresentação visual de texto e imagem possui contraste (de acordo com os requisitos mínimos) para ajudar os usuários a distinguir as informações; (iii) o tamanho do texto pode ser aumentado sem perda de conteúdo, dentre outras.

Muehlbradt et al. (MUEHLBRADT et al., 2018) desenvolveram o WeeGee, um protótipo que suporta gráficos combinando narração em áudio com movimento. Nesse sistema, o usuário segura uma caneta que se move no espaço bidimensional, proporcionando uma sensação de movimento. O principal método de criação de conteúdo no WeeGee é por meio da entrada de uma caneta usando um dispositivo de tela sensível ao toque. O autor inicia uma gravação e pode desenhar traços na janela usando uma caneta. Além disso, o autor pode falar durante a gravação, ou pode usar áudio gravado de outra fonte. Então, o sistema gera os gráficos gravando os movimentos da caneta, e, posteriormente,

⁶ <https://www.openoffice.org/product/writer.html>

reproduz o mesmo áudio e move o plotter de caneta na mesma velocidade e no mesmo local dos esboços do autor.

3.3.4.3 Acessibilidade em Objeto de Aprendizagem *Game*

Milne et al. (MILNE et al., 2014) apresentaram o BraillePlay, um conjunto de jogos educativos que ensina conceitos de Braille para crianças cegas através do *smartphone*. O objetivo desses jogos é ensinar as codificações dos caracteres em Braille para que as crianças possam aprender a ler em Braille. A suíte BraillePlay possui quatro aplicativos que usam a interface VBraille de forma que a criança consegue ler e escrever caracteres Braille. A interface do VBraille se distingue do Braille padrão por ser maior e trocar o uso da saliência por vibração ao reproduzir os caracteres. Além disso, os autores utilizaram alto contraste, fontes grandes, *feedback* tátil e com áudio, gestos simples e técnicas de interação do tipo *Voice-Over* com menus (um toque para escutar a opção e dois toques para selecioná-la) para permitir que as pessoas com todos os níveis de visão pudessem utilizar os jogos.

Em outro estudo, Milne et al. (MILNE et al., 2013) desenvolveram o VBGhost, um jogo educativo que jogadores devem descobrir qual palavra estão construindo. Ele foi desenvolvido para *smartphones* e seu público alvo são pessoas cegas ou com baixa visão. No VBGhost, cada jogador deve adicionar uma letra por vez ao fragmento de uma palavra, sem que nenhum dos participantes saibam previamente qual palavra estão construindo. Para que as pessoas com deficiência visual possam utilizar o jogo, o VBGhost utiliza *feedback* tátil e com áudio, da seguinte forma: ao digitar uma letra, o jogo mostra uma tela preta com seis pontos em branco que representa um caractere Braille em branco. Quando o jogador toca em qualquer ponto, o VBGhost lê em voz alta o número correspondente (de um a seis) do ponto tocado. O jogador pode “levantar” ou remover um ponto da tela utilizando o toque duplo sobre o ponto ou digitando o número correspondente do ponto. Se um ponto for “levantado”, ele será preenchido com branco e o *smartphone* vibrará quando o usuário tocar nesse ponto. Finalmente, quando o jogador quiser enviar sua carta, ele pode apertar a tecla Enter ou deslizar dois dedos na tela.

Trewin et al. (TREWIN et al., 2008) desenvolveram o jogo PowerUp para ensinar alunos do ensino médio como usar conceitos de ciências e matemática para resolver problemas ambientais. Em cada uma das missões, o usuário está imerso em um mundo virtual tridimensional pelo qual navega, interagindo com objetos, personagens artificiais e outros jogadores humanos. Os jogadores são solicitados a realizar tarefas específicas, tais como: personalizar seu avatar, seguir outro jogador, se teletransportar e coletar peças de uma turbina. Nesse jogo, a acessibilidade foi abordada de diferentes formas, por exemplo: (i) conversão do texto em fala; (ii) utilização de *zoom* em todos os recursos visuais e (iii) fontes personalizáveis (tamanho e cor) para todo o texto.

3.3.4.4 Acessibilidade em Objeto de Aprendizagem *Imagem*

O estudo de Orsini-Jones et al. (ORSINI-JONES et al., 2005) apresentou uma forma para apoiar a participação de alunos com deficiência visual para fornecer uma boa experiência de aprendizado em línguas estrangeiras. Para ajudar as pessoas a se envolverem em atividades de conversação, os alunos precisavam descrever uma foto para outro aluno. Para que os alunos com deficiência visual pudessem participar dessas atividades, os autores utilizaram o Wikki Stix⁷ para criar diagramas e imagens táteis que representavam as imagens que os alunos deveriam descrever na atividade de conversação.

Shute et al. (SHUTE et al., 2007) exploraram a usabilidade dos recursos de acessibilidade para permitir o acesso a conteúdo de matemática por pessoas com deficiência visual. No módulo para pessoas cegas, foi utilizado o sistema *Touch Graphics Talking Tactile Tablet (TTT)* como o principal mecanismo. O sistema TTT forneceu um tablet sensível ao toque e foi utilizada uma folha de sobreposição de plástico com elementos de linha em relevo (gráficos, texto e rotulagem em braille) e impressão em cores (para aqueles com visão residual). Quando o aluno tocava no tablet, a localização do toque era enviada ao computador, que então invocava ações como fornecer instruções de áudio. Ainda em relação ao conteúdo de matemática, Brzostek-Pawłowska et al. (BRZOSTEK-PAWLOWSKA et al., 2019) desenvolveram um editor especial para alunos com baixa visão com o objetivo de introduzir gráficos acessíveis. Os alunos exploraram os gráficos utilizando um mouse, deslizando o dedo ou tocando na tela.

O estudo de Torres et al. (TORRES; BARWALDT, 2019) investigou quais abordagens podem ser utilizadas para melhorar a percepção de diagramas por pessoas cegas. Com essa pesquisa, os autores pretendiam listar as abordagens desenvolvidas ou utilizadas pelos pesquisadores para permitir que as pessoas cegas pudessem perceber e entender as informações codificadas que o diagrama deveria transmitir. De acordo com os autores, as abordagens mais usadas são os leitores de tela, telas atualizáveis em Braille, e impressão em relevo e mecanismos táteis customizados, respectivamente.

Brule et al. (BRULE et al., 2016) relataram o processo de *design* que levou à criação de um mapa interativo multissensorial para crianças com deficiência visual. Os autores utilizaram a sobreposição de um mapa tátil em uma tela sensível ao toque acionando sinais de áudio verbais ao clicar em um ponto de interesse. O sistema fornecia *feedback* de áudio para confirmar a seleção. Além disso, utilizaram cores e pistas sonoras lúdicas, para crianças com baixa visão ou com percepção residual de cores.

⁷ <http://wikkistix.com/>

3.3.4.5 Acessibilidade em Objeto de Aprendizagem *Questionário*

Leria et al. (LERIA et al., 2021) investigaram quais são os recursos de tecnologia assistiva utilizados por pessoas com deficiência visual para acessar informações digitais ao realizar avaliações. Os autores apresentaram diferentes resultados, tais como: (i) aplicativos acessíveis baseados na *web* para participação em avaliações (tecnologias que convertem texto em voz e vice-versa); (ii) leitor de Tela, tela ampliada, tela acessível por controle de toque, exibição em braille, recursos para alteração de cor, tamanho e contraste disponíveis no navegador, *Text-To-Speech* e gráficos vetoriais escaláveis (SVG), dentre outros resultados.

Outro trabalho relevante desenvolvido por Leria et al. (LERIA et al., 2018) apresentou a especificação, desenvolvimento e avaliação de um aplicativo para pessoas com deficiência visual total conseguirem realizar com autonomia o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), aplicado anualmente no Brasil com o intuito de selecionar estudantes para o ensino superior.

3.3.4.6 Acessibilidade em Objeto de Aprendizagem *Vídeo*

Rodriguez-Ascaso et al. (RODRÍGUEZ-ASCASO et al., 2018) apresentaram o processo de aprendizagem de Matemática de alunos sem deficiência utilizando materiais multimídia acessíveis. Os autores elaboraram um material multimídia sem acessibilidade e outro levando em consideração alunos com deficiência visual. Ambos com o mesmo conteúdo pedagógico. Os autores mostraram que para utilizar o mesmo conteúdo multimídia para pessoas com e sem deficiência visual era necessário melhorar o contraste, modificando a cor da caneta usada para escrever na tela; utilizar linhas mais grossas nos desenhos; utilizar imagens maiores; além de descrever verbalmente o conteúdo visual inserido nos vídeos.

3.3.4.7 Acessibilidade em Objeto de Aprendizagem *Vídeo, Imagem e Game*

Almeida et al. (ALMEIDA et al., 2020) descreveram o processo de desenvolvimento de um recurso *online*, abordando segurança e saúde ocupacional acessível para alunos com deficiência visual ou cegueira. Esse estudo abordou mais de um objeto de aprendizagem e a acessibilidade foi tratada da seguinte maneira: em relação aos vídeos, os autores contaram todas as histórias sem diálogos entre os personagens utilizando apenas uma voz que conta a história através da perspectiva do personagem principal. Sobre as imagens, os autores utilizaram sinais de segurança e pictogramas. Então, foi necessário disponibilizar as descrições e não apenas rótulos para os conteúdos visuais. Finalmente, os autores utilizaram um minijogo para os alunos conseguirem distinguir o conceito de perigo do conceito de risco.

3.3.5 Resultados da Subquestão de Pesquisa

Conforme descrito na subseção 3.3.2, 25 artigos foram selecionados para responder a subquestão de pesquisa, conforme indicado a seguir.

Subquestão de pesquisa: Quais são os principais modelos, técnicas e ferramentas usados para projetar e implementar OA acessíveis para deficientes visuais?

Ao analisar os 25 estudos selecionados relacionados a modelos e técnicas de acessibilidade, foram encontrados os seguintes OA: aplicativo, curso, diagrama, game e imagem. A Tabela 4 mostra a quantidade de artigos que trataram das técnicas de acessibilidade de cada objeto de aprendizagem.

Tabela 4 – Quantidade de artigos para cada objeto de aprendizagem

Objeto de aprendizagem	Quantidade
Aplicativo	5
Curso	14
Diagrama	2
Game	1
Imagem	3

A seguir será apresentado como os autores abordaram a acessibilidade desses OA.

3.3.5.1 Modelos, Técnicas e Ferramentas Usados Para Projetar e Implementar *Aplicativos* Acessíveis Para Deficientes Visuais

O estudo de Buzzi et al. (BUZZI et al., 2015) investigou ferramentas para ajudar crianças cegas a aprender geometria. Os autores projetaram um aplicativo *Android* baseado em vibração tátil para permitir que as crianças fizessem desenhos à mão livre e brincassem com a geometria, reconhecendo formas geométricas comuns. Para isso, as crianças exploravam a figura com a ponta do dedo e, em seguida, escolhiam a resposta que representava o nome da forma. Algumas alternativas foram consideradas para garantir acessibilidade, por exemplo: todos os elementos da tela, incluindo os rótulos das formas são anunciados por meio de um sistema *Text-To-Speech*, acionado por um toque único ou duplo, dependendo do propósito de identificação ou modalidade de seleção.

Mansoor et al. (MANSOOR et al., 2010) desenvolveram o AccessScope, um aplicativo que permite pessoas com pouca mobilidade nos membros superiores ou deficiência visual controlar as funções de um microscópio. Com o AccessScope, os usuários são capazes de realizar de forma independente funções comuns de microscopia de luz por meio de um navegador da *Internet*. A estação de trabalho foi construída da seguinte forma: uma câmera digital foi inserida na porção ocular do microscópio e o microscópio possui um carregador automático de amostras, que carrega mecanicamente até cinquenta amostras. O aplicativo permite mover as amostras nos eixos X e Y ou mudar o ângulo da câmera utilizando um *joystick*. Um computador controla os principais componentes de hardware do AccessScope e exibe as imagens da amostra do microscópio no monitor do computador.

Além disso, o aplicativo é operado por meio de uma interface no computador que controla todos os recursos do microscópio e outros componentes, utilizando ampliação da tela ou um leitor de tela.

León et al. (LEÓN et al., 2015) desenvolveram um sistema para o tratamento de funções matemáticas com recursos acessíveis para auxiliar pessoas com deficiência visual total ou parcial. O aplicativo interpreta graficamente funções matemáticas inseridas pelo usuário, através de um editor de texto e uma vez validados os dados pelo aplicativo, o usuário pode imprimir o gráfico para concluir seus estudos utilizando uma representação tátil. Os recursos de acessibilidade do programa, ou seja, o sintetizador de fala, comandos para digitação natural e teclas de atalho, permitem que o usuário interaja com o aplicativo do início ao fim. Além disso, o design e as cores do programa permitem que o programa possa ser utilizado por pessoas com deficiência visual parcial e pessoas com visão. O aplicativo funciona da seguinte forma: o sistema inicia a comunicação por meio de mensagens sonoras que guiarão o usuário, e com o editor de texto, eles podem inserir texto, editar e excluir funções matemáticas. Para melhorar o desempenho, no editor de texto foram criados alguns comandos (palavras reservadas) que irão executar tarefas usando um assistente. Ainda na área de Matemática, Dumkasem et al. (DUMKASEM et al., 2019) desenvolveram o EyeMath, um aplicativo que possibilita a leitura de livros de matemática para pessoas com deficiência visual. O aplicativo segmenta uma imagem em partes menores e separa as partes que contêm apenas texto simples das partes com símbolos matemáticos.

Guinness et al. (GUINNESS et al., 2019) apresentaram o RoboGraphics, uma abordagem para criar gráficos táteis e com movimento utilizando robôs. Para isso, os autores utilizaram um *tablet* com tela sensível ao toque, uma sobreposição tátil estática e robôs que se movimentam. O usuário coloca a sobreposição tátil e os robôs móveis sobre a tela que está exibindo o gráfico, e esses três elementos atuam em conjunto para fornecer ao usuário um gráfico tátil interativo. A tela sensível ao toque permite a interação do usuário e monitora o movimento dos robôs, a sobreposição tátil simboliza as partes estáticas do gráfico e o deslocamento dos robôs descreve o movimento e a interação dos componentes. Além disso, o RoboGraphics oferece conversão de texto em fala e arquivos de som pré-gravados.

3.3.5.2 Modelos, Técnicas e Ferramentas Usados Para Projetar e Implementar *Cursos* Acessíveis Para Deficientes Visuais

O objetivo do estudo de Ulbricht et al. (ULBRICHT et al., 2012) foi alterar o funcionamento interno do Moodle 2.0 de forma a facilitar a criação de conteúdos acessíveis a pessoas com deficiência visual. Os autores alteraram o ambiente para oferecer uma interface intuitiva com a inserção obrigatória de conteúdos alternativos. Como solução,

para inserir o conteúdo HTML, o sistema Moodle disponibiliza um editor que permite que dados formatados em HTML sejam inseridos facilmente, sem que o especialista em conteúdo seja obrigado a conhecer a linguagem. Para isso, nas telas de entrada de conteúdo multimídia, foi criado um campo personalizado e obrigatório, no qual o especialista em conteúdo insere texto alternativo para tabelas, sons e vídeos.

Freire et al. (FREIRE et al., 2010) apresentaram uma abordagem para que alunos cegos possam participar de aulas ao vivo e à distância utilizando os sistemas *Interactive Whiteboard (IWB)*. Essa abordagem é semelhante à forma utilizada pelos intérpretes de língua de sinais para pessoas surdas, ou seja, ideia é utilizar um mediador para os alunos com deficiência visual. Para isso, o mediador inclui as descrições textuais dos elementos gráficos durante a aula ao vivo e de forma síncrona da seguinte maneira: o professor apresenta o conteúdo de forma remota, utilizando um IWB com interação baseada em caneta, o mediador insere, de forma síncrona, as descrições textuais dos elementos fornecidos pelo professor e o aluno interage com o material utilizando um *tablet* e escuta o conteúdo por meio de um leitor de tela.

O objetivo da abordagem proposta por Kahol et al. (KAHOL et al., 2006) foi permitir a percepção de cores para pessoas cegas. Para isso, foi proposto um novo sistema que permite a aprendizagem, apresentação e análise de informações de cores. O sistema é baseado em uma metodologia que processa cores como texturas por meio de um dispositivo tátil. Essencialmente, o usuário precisava reconhecer três níveis de atrito: sem atrito, atrito médio e alto. A ideia básica é que o usuário sinta os três planos em sucessão, explorando da esquerda para a direita, percebendo o atrito e decifrando a cor associada aos níveis de atrito.

Bernareggi et al. (BERNAREGGI et al., 2019) desenvolveram o μ Graph, um sistema que combina *feedback* tátil e de fala para permitir que pessoas com deficiência visual explorem e editem fórmulas químicas. Para isso, os autores escolheram um dispositivo para interação tátil e *feedback* de força, o SensAble Phantom Omni. Esse dispositivo consiste em uma caneta que fornece *feedback* de força em uma área de exploração 3D e as fórmulas químicas foram representadas como modelos 3D de nós rotulados e arestas uni e bidirecionadas, ou seja, os nós foram representados como pontos táteis que restringem a agulha no meio do ponto através de uma força centrípeta que diminui linearmente à medida que a agulha se afasta do ponto e as arestas foram representadas como linhas táteis que permitem que a caneta deslize ao longo da linha. Se o usuário tentar se afastar da linha, uma força direcionada à linha traz a caneta de volta. Além disso, as informações sobre a direção da borda e os nomes dos nós/bordas são fornecidas por meio de *feedback* de fala.

Watters et al. (WATTERS et al., 2021) desenvolveram uma ferramenta de inteligência artificial, o Virtual Lab Assistant (VLA), que pode ser usada como assistente

virtual nos laboratórios em combinação com outras tecnologias e dispositivos de acesso. Para atingir esse objetivo, projetaram o VLA com a capacidade de ler arquivos de laboratório e interpretar o conteúdo da seguinte forma: o VLA oferece aos alunos um assistente virtual no laboratório que pode ser controlado usando linguagem natural em vez de memorizar palavras-chave ou frases específicas. Ele também pode ditar um passo de cada vez no procedimento de laboratório, pausar até que o aluno esteja pronto, listar os materiais necessários, fornecer orientação sobre o uso da ferramenta e navegar pelo procedimento de laboratório. O *design* geral do sistema VLA permite o controle sem as mãos, ideal para alunos com deficiência visual em um ambiente de laboratório de ciências. Além disso, ele oferece aos alunos a capacidade de controlar equipamentos de laboratório de maneira completamente independente por meio de comando de voz.

Ludi et al. (LUDI et al., 2014) desenvolveram o projeto JBrick, com o objetivo de projetar um *software* de programação acessível para pessoas cegas e que também pode ser utilizado por pessoas sem deficiência visual. Esse estudo descreve os recursos específicos de acessibilidade implementados no *software* que fornecem um ambiente de programação acessível. A acessibilidade foi abordada de diferentes formas, tais como: (i) exibição ou leitura de código de maneira precisa e discernível para o usuário (incluindo leitor de tela e compatibilidade de exibição braille) e (ii) execução de comandos via teclado ou mouse.

Barbareschi et al. (BARBARESCI et al., 2020) apresentaram o TIP-Toy (*Tactile Inclusive Programming*), um kit de ferramenta educacional que utiliza blocos físicos para facilitar o aprendizado de conceitos básicos de computação (sequências, eventos, *loops* e dados) por meio da música. No TIP-Toy, as crianças reconhecem os blocos usando o toque ou a visão, combinam os blocos para criar sequências musicais e ouvem as saídas dos programas que eles construíram. Os autores abordaram a acessibilidade do TIP-Toy da seguinte forma: os blocos com funções distintas foram impressos em cores diferentes e os recursos táteis dos blocos foram pintados com alto contraste para facilitar o reconhecimento visual das crianças com visão parcial.

A maior parte dos estudos encontrados refere-se à propostas de ferramentas que garantam o ensino de Matemática a deficientes visuais, conforme indicado a seguir.

Mackowski et al. (MAĆKOWSKI et al., 2017) desenvolveram uma plataforma de *e-learning* para auxiliar alunos com deficiência visual a aprender matemática. Para isso, os autores criaram um conjunto de regras que devem ser utilizadas nas descrições alternativas das fórmulas matemáticas. Foram criadas descrições alternativas, com base nas regras produzidas, para todas as fórmulas matemáticas dos exercícios da plataforma. A ideia consiste em decompor um exercício de matemática em uma série de simples sub exercícios. Isso possibilita a resolução interativa dos exercícios além da avaliação da correção das soluções de exercícios em cada etapa. Durante a pesquisa, foi levada em consideração a geração automática de descrições alternativas das fórmulas através do *Speech Rule Engine*

(SRE). O SRE traduz fórmulas XML em *strings* de voz de acordo com as regras que podem ser especificadas em uma sintaxe XML Path Language estendida.

Namdev et al. (NAMDEV; MAES, 2015a) apresentaram uma plataforma para tornar complexos materiais educacionais (*Science Technology Engineering and Mathematics (STEM)*) acessíveis a pessoas com deficiência visual utilizando um dispositivo Braille. O sistema usa padrões de vibração, *zoom*, movimentos rítmicos, algoritmos de aprendizado de máquina, voz sintética e vibrações sonoras sincronizadas para transmitir informações aos usuários de uma forma intuitiva. Por exemplo, quando um aluno está aprendendo conceitos de geometria, o dispositivo Braille funciona da seguinte maneira: considere um triângulo ABC com linha AB, linha BC e linha CA. Assim que a voz sintética disser linha AB, apenas a linha AB no dispositivo Braille começará a vibrar. Todos os pinos correspondentes à linha AB irão subir e descer periodicamente 5 vezes e todo o resto permanecerá estacionário. Da mesma forma, assim que a voz sintética disser linha BC, apenas a linha BC vibrará e todo o resto permanecerá estacionário. E assim, sucessivamente.

Alajarmeh et al. (ALAJARMEH et al., 2014) apresentaram um espaço de trabalho multicamada baseado na *web* que facilita a manipulação matemática em aritmética e álgebra. Na aritmética, o Workspace desenvolvido pelos autores fornece controles de navegação não visuais como *feedback* auditivo, teclas de acesso rápido e sons especiais.

Em outro estudo, Alajarmeh (ALAJARMEH et al., 2011) propõem um *framework* para facilitar a manipulação de conceitos matemáticos por pessoas com deficiência visual. A estrutura é acessível e oferece uma solução para permitir que alunos com deficiência visual realizem manipulações algébricas de fórmulas simples. A estrutura também permite que alunos com deficiência visual acessem cada componente em qualquer etapa, revisem suas expressões manipuladas, corrijam erros cometidos, trabalhem em componentes específicos separadamente e salvem resultados para uso posterior.

Mejía et al. (MEJÍA et al., 2021) desenvolveram o CASVI (*Computer Algebra System Aimed at Visually Impaired People*), um sistema de álgebra computacional para deficientes visuais, que permite realizar cálculos de raízes de equações e polinômios, operações de matrizes e álgebra linear, cálculo, transformada de Laplace, manipulações aritméticas, logaritmos e operações trigonométricas, séries de Taylor, entre outros. Para isso, o CASVI permite inserir dados por meio de menus ou pelo editor de texto. O primeiro permite inserir expressões usando comandos de voz interativos (invocados por combinações Alt+tecla ou Ctrl+tecla). Depois, deve inserir os parâmetros necessários, utilizando a tecla TAB para navegar pelos parâmetros e ouvir sua descrição auditiva. Por fim, deve pressionar ENTER para prosseguir com o cálculo da integral inserida. Toda vez que uma tecla é pressionada, o usuário recebe um *feedback* informando qual tecla foi pressionada.

Rivas-Pérez et al. (RIVAS-PEREZ et al., 2019) apresentaram uma proposta para melhorar a acessibilidade dos conteúdos de matemática para pessoas com deficiência vi-

sual, permitindo que os alunos avancem em seu próprio estilo de aprendizagem. O estudo apresentou o EULER, uma ferramenta voltada para pessoas cegas e com baixa visão, com função de inserir expressões por voz para facilitar o processo de edição de expressões matemáticas. Para isso, foi utilizado um modelo de aprendizagem baseado em redes neurais.

Veretennikova et al. (VERETENNIKOVA et al., 2019) desenvolveram um programa de dublagem de fórmulas matemáticas, o MathPlay. Este sistema consiste em um conjunto de métodos de processamento e conversão para leitura automática de fórmulas matemáticas e símbolos escritos em diversos formatos em ucraniano. Para isso, uma base de conhecimento foi formada com uma descrição das regras para traduzir fórmulas matemáticas para a linguagem de marcação matemática MathML, a partir da qual é gerado um arquivo de texto com uma descrição para o sintetizador da língua ucraniana.

3.3.5.3 Modelos, Técnicas e Ferramentas Usados Para Projetar e Implementar *Diagramas* Acessíveis Para Deficientes Visuais

Ishihara et al. (ISHIHARA et al., 2006) propôs um método de análise visual para a estrutura de diagramas em documentos de apresentação para criar metadados automaticamente. Esse método gera metadados que descrevem os relacionamentos dos objetos e os relacionamentos origem-destino das setas. Em seguida, foi desenvolvido um protótipo de uma nova interface utilizando os metadados para apresentar a estrutura visual dos documentos de apresentação em uma visualização em árvore, que pode mostrar os objetos de forma hierárquica, refletindo seus relacionamentos. Para as pessoas cegas entenderem os diagramas utilizados nas apresentações, elas precisam manipular essa interface utilizando leitores de tela.

Bine et al. (BINE et al., 2018) avaliaram o uso de Redes Neurais Convolucionais (CNN) no reconhecimento de imagens de autômatos e criaram um modelo para ser utilizado na construção de ferramentas assistivas. O método utilizado consiste em duas etapas: classificação dos dados em três tipos de CNN e combinação dos resultados para a tomada de decisão final. Duas abordagens foram escolhidas para serem testadas: reconhecimento do tipo de autômato e reconhecimento do número de estados do autômato. No entanto, segundo os autores, reconhecer o tipo de autômato e o número de estados não resolvem todos os problemas para os deficientes visuais e por isso seria necessário evoluir a pesquisa.

3.3.5.4 Modelos, Técnicas e Ferramentas Usados Para Projetar e Implementar *Games* Acessíveis Para Deficientes Visuais

Baloian et al. (BALOIAN et al., 2002) apresentaram uma metodologia unificada para esboçar o mundo real para pessoas com deficiência visual e utilizaram o jogo AudioDoom para validar a proposta. Esse jogo foi baseado nos jogos Doom tradicionais, onde

o jogador deve andar em um labirinto simples, com um corredor principal e dois corredores secundários, para explorar o ambiente e resolver os problemas do mundo virtual. Os jogadores andam por este labirinto utilizando um teclado, *mouse* e *joystick* e o *feedback* é realizado através do som. Por isso, o papel do volume, frequência, melodia e ritmo na representação de diferentes formas, volumes e distâncias são essenciais. Os jogadores criam um modelo mental do labirinto com a ajuda de objetos que emitem sons pelo labirinto, e em seguida, montam réplicas concretas do modelo mental utilizando blocos de LEGO e tentam reconstruir como foi imaginado o modelo interno após uma exploração do ambiente.

3.3.5.5 Modelos, Técnicas e Ferramentas Usados Para Projetar e Implementar *Imagens* Acessíveis Para Deficientes Visuais

Engel et al. (ENGEL et al., 2019) desenvolveram o SVGPlott, uma ferramenta acessível que automatiza a geração de gráficos táteis com áudio para deficientes visuais. Com essa ferramenta, é possível criar gráficos utilizando uma interface gráfica e depois imprimi-los. Para interagir com o gráfico, o usuário pode utilizar um *tablet* tátil com áudio ou um dispositivo de matriz de pinos tátil e com áudio. Em relação ao desenvolvimento da interface, todos os elementos de interação são acessíveis com o teclado e são compatíveis com leitores de tela. A acessibilidade é fornecida por meio de uma descrição textual do gráfico em HTML, contendo a descrição do tipo de gráfico e dos eixos e os dados brutos. Além disso, o HTML pode ser impresso em Braille. A legenda do gráfico é fornecida em formato *Scalable Vector Graphics (SVG)*, contendo informações de estilo em *Cascading Style Sheets (CSS)*, tais como elementos gráficos como texturas, estilos de linha e símbolos com rótulos em Braille.

Egan et al. (EGAN et al., 2011) apresentaram o uso de um emulador de *software* para daltônicos, o *Hertfordshire Colourblind Emulator (HCBE)*, que exibe imagens coloridas da mesma forma que os usuários daltônicos as veriam. O objetivo do HCBE é aumentar a conscientização sobre alguns dos problemas que os daltônicos encontram em sua jornada de aprendizado e identificar como os profissionais podem ajudar esses alunos. O *software* permite a passagem de uma imagem para o aplicativo HCBE e, depois, o HCBE produz imagens coloridas que indicam como um aluno daltônico veria a mesma imagem. Em seguida, o profissional deve se questionar se as novas imagens transmitem a mesma mensagem para um aluno daltônico como transmitiria para alunos não daltônicos. Se a resposta for sim, o profissional não precisa fazer nenhuma alteração. Caso contrário, a imagem deve ser alterada para fazer ajustes às necessidades do aluno daltônico.

Barbieri (BARBIERI et al., 2007) apresentaram uma solução que permite uma exploração tátil e auditiva dos gráficos de uma função matemática. A aplicação, composta pelo AudioTactô e pelo BlindGraph, parte de um arquivo Latex que descreve a função

e seu domínio e utiliza um dispositivo conectado à saída de áudio do computador. O AudioTactô é um dispositivo que permite a exploração multimodal de imagens. Ele está conectado à saída de áudio do computador e é capaz de gerar, ao mesmo tempo, estímulos sonoros e táteis. O BlindGraph é um aplicativo que recebe como entrada um arquivo que descreve uma função matemática 2D e prepara, de forma automática, uma imagem do gráfico para uso com AudioTactô. Ele pode gerenciar os operadores matemáticos mais comuns, incluindo as funções trigonométricas e hiperbólicas.

3.3.6 Discussão

Nessa seção destacamos a importância dos principais resultados identificados, mostrando como a acessibilidade foi abordada em cada objeto de aprendizagem. Além disso, apresentamos uma análise dos resultados, dificuldades e possíveis pesquisas que podem ser realizadas nessa área.

3.3.6.1 Principais Resultados

A questão e subquestão de pesquisa foram respondidas considerando os resultados obtidos.

Em relação ao *áudio*, os estudos mostraram que cada fenômeno abordado deveria ser relacionado com um som único. Além disso, para representar valores crescentes de um evento, a frequência do som deveria ser aumentada e, em caso de valores decrescentes, a frequência do som deveria ser reduzida.

Em relação ao objeto de aprendizagem *curso*, os resultados apresentaram ensinamentos relacionados com vocabulário, Computação, Matemática e Ciências e algumas ferramentas. Para o vocabulário, foi utilizado principalmente o conteúdo no formato de áudio. De forma geral, a voz de um falante nativo de inglês foi gravada e incorporada ao programa, as palavras foram lidas e soletradas pelo programa e os alunos deveriam escrever o que ouviram. Para ensinar conceitos relacionados à Computação, alguns autores mencionaram a importância de uso de um conjunto de diagramas táteis em Braille com o objetivo de ensinar conceitos de *design* visual. Neste caso, o *TIP-Toy (Tactile Inclusive Programming)* forneceu blocos físicos com funções distintas impressos em cores diferentes, alto contraste e recursos táteis. Para garantir que as disciplinas de Matemática e Ciências fossem acessíveis a alunos cegos, o conteúdo textual foi convertido para um formato compatível com o leitor de tela e o conteúdo visual foi convertido para Braille na forma de imagens táteis, esboços e descrições verbais. Além disso, foram utilizados outros recursos, tais como, padrões de vibração, comandos de voz, *zoom*, movimentos rítmicos, algoritmos de aprendizado de máquina, voz sintética, vibrações sonoras, *feedback* tátil e de fala. Sobre as ferramentas, destacaram-se alguns recursos utilizados: imagens possuíam uma descrição textual, utilizaram contraste entre o texto e a imagem, *zoom*, combinação de

cores levando em consideração usuários com daltonismo, navegação por links utilizando teclado, *menu breadcrumb* e os campos dos formulários foram rotulado com a *tag LABEL* e o atributo *FOR*. Por exemplo, no Moodle 2.0, o ambiente foi alterado obrigando a inserção de conteúdos alternativos para as tabelas, sons e vídeos através de um editor que permite que dados formatados em HTML sejam inseridos sem que o especialista em conteúdo seja obrigado a conhecer a linguagem. Além disso, para permitir a percepção de cores por pessoas cegas, foi utilizado um sistema que processa cores como texturas por meio de um dispositivo tátil. Para realizar o ensino síncrono à distância com mediador, a solução apresentada consiste tanto na disponibilização de um ambiente para os mediadores inserirem o conteúdo, como na interação do aluno com o conteúdo usando um tablet e ouvindo o conteúdo por meio de um leitor de tela.

Em relação ao objeto de aprendizagem *aplicativo*, a acessibilidade foi abordada de diferentes formas, destacando-se: apresentação de elementos da tela por meio do sistema *Text-To-Speech*, uso de diferenças de intensidade e/ou duração para transmitir informações diferentes, ampliação da tela, leitor de tela, sintetizador de fala, dentre outros.

Para que as *imagens* sejam acessíveis, os resultados mostraram que os autores utilizaram imagens táteis; dispositivo de matriz de pinos tátil e com áudio; *tablet* sensível ao toque com uma folha de sobreposição de plástico com elementos de linha em relevo (gráficos, texto e rotulagem em braille), impressão em cores, aumento da fonte e instruções utilizando o áudio; descrição das imagens levando em consideração suas formas, elementos e cores.

Sobre os *questionários*, os resultados mostraram que os recursos de tecnologia assistiva utilizados foram gravação de áudio pré-gravada; leitor de tela; tela ampliada; tela acessível por controle de toque; exibição em braille; recursos para alteração de cor, tamanho e contraste; tecnologia de reconhecimento de fala; equipamento para anotações matemáticas em Braille; teclado adaptado; protótipo interativo baseado na *web* usando a linguagem SVG para interagir e ler gráficos matemáticos por meio de um leitor de tela; derivação de fórmulas matemáticas compostas vinculando um texto alternativo a essas fórmulas derivadas; utilização de *software* para leitura de fórmulas matemáticas (Braille ou voz). Além disso, foi utilizado o teclado para a navegação entre as questões e suas alternativas. Para perguntas de múltipla escolha, era possível ouvir a questão, a descrição das imagens e as alternativas; e para questões discursivas era possível digitar e revisar seu texto e obter informação da quantidade de caracteres digitados.

Em relação aos *vídeos*, os resultados mostraram a necessidade de utilizar contraste, linhas mais grossas nos desenhos, aumento do tamanho das figuras, explicação verbal do conteúdo visual e referências dos vídeos e ao contar uma história, utilizar apenas uma voz através da perspectiva do personagem principal.

Para que os *diagramas* sejam acessíveis, os resultados mostraram que os autores

utilizaram Redes Neurais Convolucionais no reconhecimento de imagens de autômatos e criaram um modelo para ser utilizado na construção de ferramentas assistivas. Além disso, apresentaram um método de análise visual para a estrutura de diagramas em apresentação gerando metadados que descrevem os relacionamentos dos objetos e os relacionamentos origem-destino das setas.

Em relação aos *games*, a acessibilidade foi abordada da seguinte forma: os jogos BraillePlay e VBGhost ajudam as crianças a aprender as codificações de caracteres em Braille utilizando vibração e *feedback* tátil e com áudio. O AudioDoom permite que crianças cegas explorem mundos virtuais andando por um labirinto através de *feedback* de sons como volume, frequência, melodia e ritmo na representação de diferentes formas. O PowerUp ensina conceitos de ciências e matemática para resolver problemas ambientais utilizando conversão do texto em fala, descrições faladas da cena do mundo virtual e para indicar a direção do olhar do personagem, áudio para indicar que o personagem bateu em objetos, tamanho e cor da fonte personalizável e *zoom*.

Acerca dos OA encontrados nesta RSL, o curso foi o que recebeu mais destaque. O OA menos discutido foi o áudio. Além disso, vale a pena destacar que os trabalhos não abordaram a acessibilidade dos slides, que é muito utilizado no ensino e se tornou essencial durante a Pandemia da COVID-19.

De forma geral, os trabalhos obtidos foram avaliados com usuários reais e também foram realizadas entrevistas com o objetivo de identificar os desafios de acessibilidade que os participantes enfrentaram ao tentar realizar as tarefas propostas em cada estudo.

3.3.6.2 Análise dos Resultados

Analisando os resultados obtidos, nota-se o suporte que as ferramentas de educação a distância podem dar se forem acessíveis e também identificar as várias formas que os autores abordaram cada objeto de aprendizagem, para torná-los acessíveis para pessoas com deficiência visual. No entanto, nota-se a dificuldade de tornar OA acessíveis quando envolve a compreensão de símbolos, como em Matemática e Ciências. Os estudos destacaram várias maneiras de melhorar a acessibilidade desses OA, mas em algumas ocasiões, os autores relataram que o leitor de tela não conseguiu ler as expressões matemáticas ou que foi necessário substituir o leitor de tela por profissionais de áreas específicas do conhecimento.

Apesar de haver evidência sobre o aumento no número de estudantes com deficiência em cursos superiores em nível de graduação e pós-graduação (FREIRE et al., 2020), nota-se a carência de estudos científicos e ferramentas que apresentem *frameworks* que auxiliem a produção de diferentes tipos de OA, tais como vídeos, cursos, etc. Certamente, a utilização de diferentes OAs acessíveis pelos cegos poderia favorecer a experimentação de abordagens que possam ser complementares (tais como jogos e questionários) e

consequentemente favorecer o ensino e a aprendizagem.

Além disso, enquanto temos muitas ferramentas de avaliação de acessibilidade para sites (por exemplo, Achecker⁸ e AccessMonitor⁹, etc), faltam ferramentas que ajudem a atestar a acessibilidade de um OA. O desenvolvimento incremental de um OA acessível, considerando etapas de definição, projeto, construção e avaliação, poderia ser beneficiado caso estas ferramentas de avaliação estivessem disponíveis.

Os principais sistemas voltados para Educação trazem pouca ênfase em acessibilidade e elaboração de OA acessíveis. Por exemplo, nesta revisão sistemática foi encontrado apenas um trabalho relacionado ao Sistema Moodle, em que os autores oferecem uma interface que permite a inserção obrigatória de conteúdo alternativo. Nota-se, ainda, que este trabalho foi desenvolvido há dez anos (não tendo sido encontrado trabalhos posteriores) e cobriu apenas um critério de sucesso do nível A do WCAG 2.1.

A próxima seção irá apresentar o planejamento, a execução e os resultados da segunda RSL.

3.4 Refinamento da Revisão Sistemática da Literatura

A segunda RSL foi realizada com o propósito de identificar barreiras de acessibilidade para pessoas cegas na área de educação (SOARES et al., 2024). O objetivo foi explicitar os principais fatores que dificultam ou impedem o acesso aos sistemas computacionais e promover uma discussão sobre alternativas para melhoria desses sistemas.

3.4.1 Planejamento

O processo de revisão sistemática inicia com a fase de planejamento por meio de um protocolo de revisão pré-definido, que envolve a especificação da questão de pesquisa, a *string* de busca, a estratégia de pesquisa, as fontes e os critérios de inclusão e exclusão. Para essa RSL, a questão de pesquisa é a seguinte:

Questão de pesquisa: Quais são as barreiras de acessibilidade que os cegos encontram nos OA?

A *string* de busca foi construída a partir da combinação de termos, variações e sinônimos associados a OA, acessibilidade, barreiras e cegueira. Conectando esses termos através de operadores booleanos (AND/OR), a *string* de busca ficou da seguinte forma:

accessibility AND (barrier OR barriers OR guideline OR guidelines OR recommendation OR recommendations) AND (education OR “learning object” OR e-learning OR m-learning OR “mobile learning”) AND (“visual impairment” OR blindness)

⁸ <https://achecker.achecks.ca/checker/index.php>

⁹ <https://accessmonitor.acessibilidade.gov.pt/>

A estratégia de busca consiste em: (i) buscar e extrair estudos utilizando a *string* de busca, a partir das seguintes bases de dados: *IEEE Xplore*¹⁰, *ACM Digital Library*¹¹, *Science Direct*¹², *Wiley Interscience*¹³ e *Scopus*¹⁴. (ii) excluir os estudos repetidos; (iii) filtrar os estudos por título, palavras-chaves e análise dos resumos utilizando critérios de inclusão e exclusão; (iv) ler os artigos selecionados; (v) extrair os dados utilizando um formulário; e (vi) resumir os resultados. Quando necessário, a *string* de busca foi analisada e refinada de acordo com as necessidades e características de cada base de dados

Crítérios de inclusão e exclusão também tiveram que ser definidos para retornar informações coerentes e resultados consistentes para essa pesquisa. O critério de inclusão foi: artigos que tenham ligação com a questão de pesquisa e que descrevam barreiras relacionadas à acessibilidade e OA. Os critérios de exclusão foram: artigos não acessíveis em formato eletrônico; que não estejam redigidos em inglês ou português; que não sejam avaliados por pares (por exemplo, prefácio, livro, editorial, resumo, pôster, painel, palestra, mesa redonda, oficina ou demonstração); trabalhos em andamento e estudos que não tenham nenhuma relação com acessibilidade, estudantes cegos e OA.

3.4.2 Condução da Revisão

A busca das informações da RSL foi realizada no período de 10 a 17 de setembro de 2022. O resumo das etapas da estratégia de pesquisa está representado na Figura 6 e será detalhado a seguir: utilizando a *string* de busca apresentada anteriormente, as bases de dados retornaram 218 artigos; depois, foram excluídos 7 artigos repetidos; em seguida, 185 artigos foram descartados através dos critérios de inclusão e exclusão. Logo, restaram 26 artigos para realizar a leitura completa e extração dos dados. A Tabela 5 apresenta a relação dos estudos selecionados.

A Figura 7 mostra a quantidade de artigos retornados por cada base. O gráfico mostra que o *Scopus* é a base que retornou mais resultados, seguido por *ACM Digital Library*, *Wiley Interscience*, *Science Direct* e *IEEE Xplore*, respectivamente.

A Figura 8 apresenta um resumo dos critérios de exclusão, informando a quantidade de estudos eliminados em cada critério. De acordo com o gráfico, a maioria dos estudos foi excluída por não possuir nenhuma relação com acessibilidade, estudantes cegos e OA, seguido por estudos não avaliados por pares e artigos que não estão redigidos em inglês ou português, respectivamente.

A próxima seção apresentará o formulário de extração, que foi criado para organizar as informações obtidas nos artigos.

¹⁰ <http://ieeexplore.ieee.org/>

¹¹ <https://dl.acm.org/>

¹² <https://www.sciencedirect.com/>

¹³ <https://onlinelibrary.wiley.com/>

¹⁴ <https://www.scopus.com>

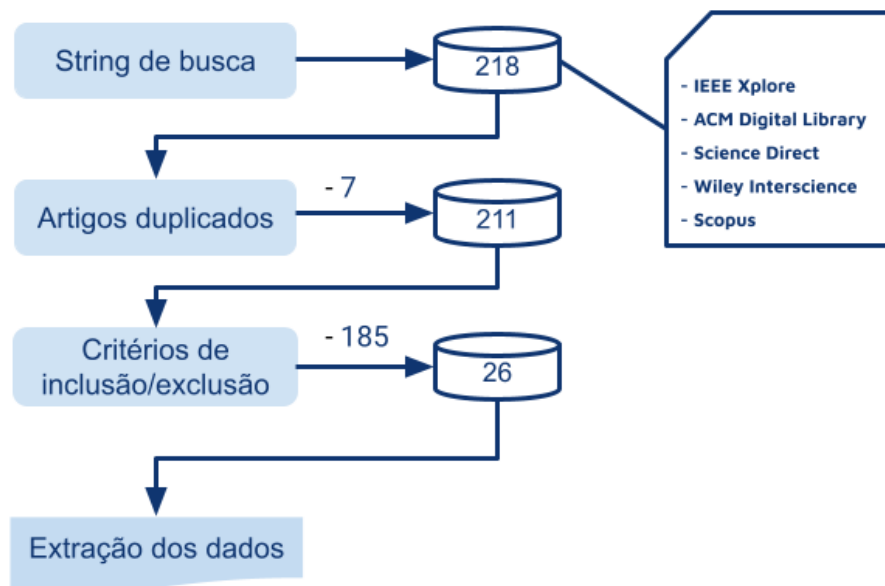


Figura 6 – Resumo das Etapas de Seleção

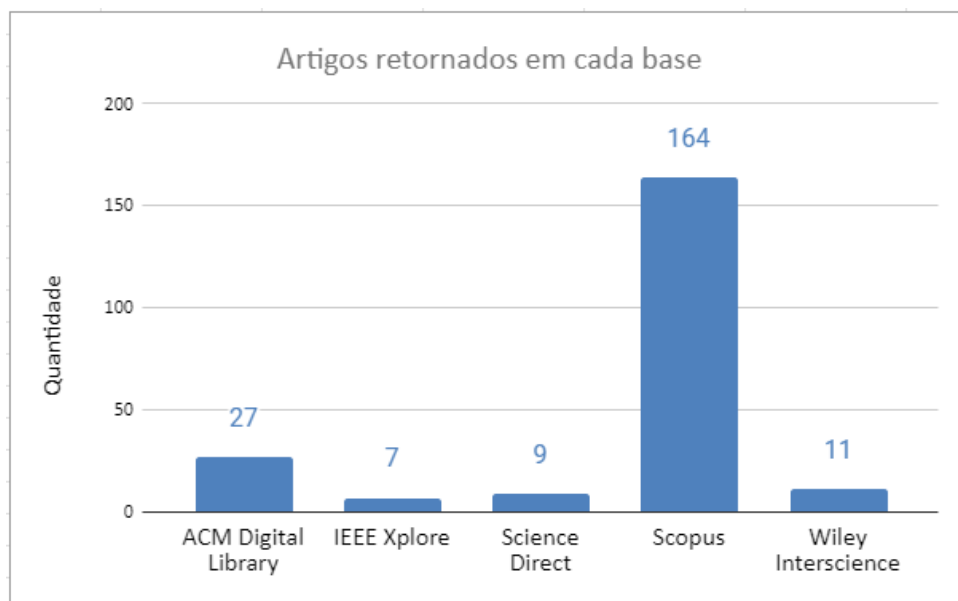


Figura 7 – Quantidade de artigos

3.4.3 Extração de Dados

Para facilitar a extração dos dados dos trabalhos selecionados, foi desenvolvido um formulário de extração, demonstrado na Figura 9. Esse formulário tem como objetivo auxiliar na obtenção das informações necessárias para satisfazer a questão de pesquisa definida.

Tabela 5 – Estudos selecionados após a leitura completa para extração de dados

ID	Título	Ano	Referência
01	A serious game accessible to people with visual impairments	2017	(SALVADOR-ULLAURI et al., 2017)
02	Access all areas: Designing a Hands-on Robotics Course for Visually Impaired High School Students	2015	(STEHLLING et al., 2015)
03	Accessibility evaluation of moodle centred in visual impairments	2011	(CALVO et al., 2011)
04	Accessibility of graphics in STEM research articles: Analysis and proposals for improvement	2016	(SPLENDIANI; RIBERA, 2016)
05	Accessible platforms for e-learning: A case study	2017	(BATANERO et al., 2017)
06	Applying heuristics to accessibility inspections	2004	(PADDISON; ENGLEFIELD, 2004)
07	Are Massive Open Online Courses (MOOCs) Really Open to Everyone?: A Study of Accessibility Evaluation from the Perspective of Universal Design for Learning	2016	(PARK et al., 2016)
08	Audio assistive technology and accommodations for students with visual impairments: Potentials and problems for delivering curricula and educational assessments	2013	(NEES; BERRY, 2013)
09	Barriers to distance learning in web accessibility for persons with blindness and visual impairment	2010	(STIRBENS et al., 2010)
10	Blocks4All: Overcoming accessibility barriers to blocks programming for children with visual impairments	2018	(MILNE; LADNER, 2018)
11	Bonk: Accessible programming for accessible audio games	2018	(KANE et al., 2018)
12	CASVI: A computer algebra system aimed at visually impaired people	2018	(MEJÍA et al., 2018)
13	Computer Aided System for Users with Visual Impairments	2018	(KIRBOYUN, 2018)
14	Computer and World Wide Web accessibility by visually disabled patients: Problems and solutions	2005	(CHIANG et al., 2005)
15	Designing Educational Materials for a Blind Arduino Workshop	2020	(RACE et al., 2020)
16	ENEM acessível: Autonomia para a pessoa com deficiência visual total no exame nacional do ensino médio	2018	(LERIA et al., 2018)
17	Exploring the Perspectives of Teachers of the Visually Impaired Regarding Accessible K12 Computing Education	2021	(HUFF et al., 2021)
18	From “reading” math to “doing” math: A new direction in non-visual math accessibility	2011	(ALAJARMEH et al., 2011)
19	Human-in-the-Loop Machine Learning to Increase Video Accessibility for Visually Impaired and Blind Users	2020	(YUKSEL et al., 2020)
20	Is moodle accessible for visually impaired people?	2012	(CALVO et al., 2012)
21	Mobile serious games: An accessibility assessment for people with visual impairments	2017	(JARAMILLO-ALCÁZAR; LUJÁN-MORA, 2017)
22	Non-Visual Accessibility Assessment of Videos	2021	(AYDIN et al., 2021)
23	On the design of an educational infrastructure for the blind and visually impaired in computer science	2011	(STEFİK et al., 2011)
24	The Accessibility of MOOCs for Blind Learners	2017	(KRÓLAK et al., 2017)
25	Tutoring math platform accessible for visually impaired people	2018	(MAĆKOWSKI et al., 2018)
26	Web development training for students that are blind	2019	(KEARNEY-VOLPE, 2019)

3.4.4 Resultados da Revisão Sistemática da Literatura

Conforme descrito na subseção 3.4.2, 26 artigos foram selecionados para responder a questão de pesquisa, conforme indicado a seguir.

Questão de pesquisa: Quais são as barreiras de acessibilidade que os cegos encontram nos OA?

Ao analisar os 26 estudos selecionados, foram encontradas barreiras de acessibilidade nos seguintes OA: curso, game, gráfico, imagem, questionário, tabela, texto e vídeo. A tabela 6 mostra a quantidade de artigos que apresentaram barreiras de acessibilidade

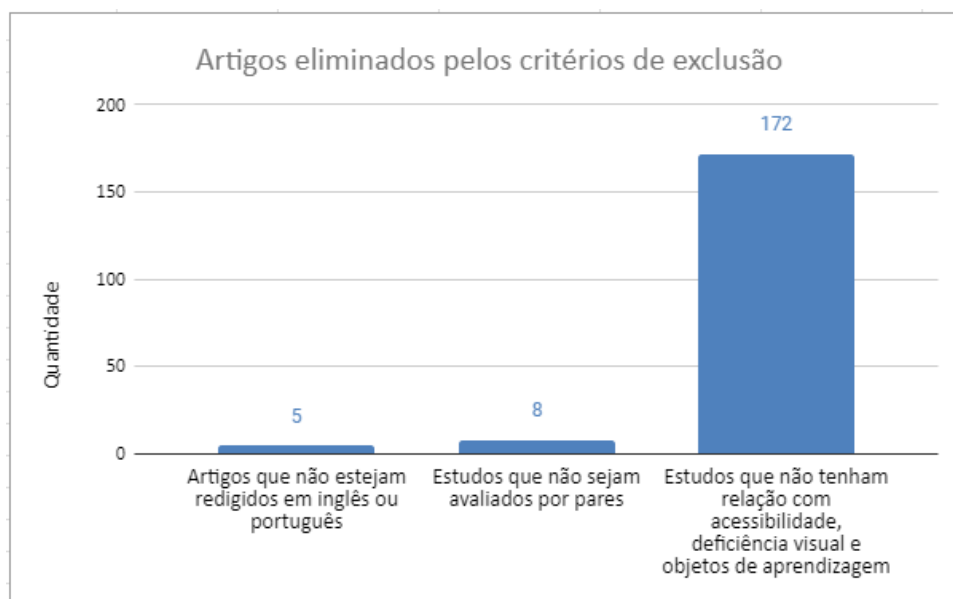


Figura 8 – Resumo dos Critérios de Exclusão

Artigo	
Autores	
Ano	
Objetos de aprendizagem	
Barreiras de acessibilidade	

Figura 9 – Formulário de extração

para cada objeto de aprendizagem. A última linha dessa tabela se refere às expressões matemáticas, que podem ser encontradas nos OA curso, questionário, texto ou vídeo. A soma da coluna quantidade (44) é maior que o número de artigos (26) porque alguns artigos abordaram mais de uma barreira de acessibilidade.

Tabela 6 – Barreiras de acessibilidade para cada objeto de aprendizagem

Objeto de aprendizagem	Quantidade
Curso	10
Game	3
Gráfico	4
Imagem	6
Questionário	5
Tabela	4
Texto	3
Vídeo	3
Curso, questionário, texto e vídeo	6

A seguir serão apresentadas as barreiras de acessibilidade desses OA.

3.4.4.1 Barreiras de Acessibilidade no Objeto de Aprendizagem *Curso*

Krolak et al. (KRÓLAK et al., 2017) destacaram várias dificuldades enfrentadas por estudantes cegos, tais como: início automático de mídia, estrutura de cabeçalho incorreta

(cabeçalho de primeiro nível seguido por um cabeçalho de terceiro nível imediatamente) causando problemas de navegação, falta de marcadores de idioma corretos e falta de notificação para abertura de janela modal. Calvo et al. (CALVO et al., 2012) reforçaram algumas dessas barreiras apontando as páginas que são atualizadas sem perguntar ao usuário e a falta de marcadores de idioma corretos.

Park et al. (PARK et al., 2016) apontaram outros problemas: a estrutura dinâmica da página fornecendo *feedback* de envio bem-sucedido com efeitos animados atrapalha a acessibilidade do conteúdo da *web*; os elementos repetitivos na página *web*, como informações sobre o curso no topo de todas as páginas, faz com que os participantes gastem muito tempo para simplesmente passar por eles e se cansem facilmente; e os leitores de tela leem o menu suspenso (função alternável que fornece aos usuários uma lista predefinida de itens somente quando o mouse é rolado) como um único botão. Com isso, torna-se difícil para estudantes cegos identificarem que o item é um menu suspenso.

As páginas dos cursos na *web* geralmente estão cheios de recursos como anúncios pop-up, banners e links supérfluos. Isso pode atrapalhar a navegação dos estudantes cegos, já que as tecnologias assistivas geralmente não conseguem remover automaticamente esses materiais. Dessa forma, as tecnologias assistivas, como leitores de tela, são forçadas a simplesmente ler os anúncios pop-up, banners e links supérfluos (CHIANG et al., 2005).

Em relação aos cursos de Tecnologia da Informação, Huff et al. (HUFF et al., 2021), Stefik et al. (STEFIK et al., 2011), Stehling et al. (STEHLING et al., 2015), Kane et al. (KANE et al., 2018) (apud (ALBUSAYS; LUDI, 2016)), Kearney (KEARNEY-VOLPE, 2019) (apud (ALBUSAYS; LUDI, 2019; NAMDEV; MAES, 2015b)) destacaram as IDEs (Integrated Development Environment) inacessíveis como uma dificuldade para os alunos cegos. Os ambientes de programação modernos são bastante inacessíveis aos cegos e deficientes visuais. Por exemplo, quando o leitor de tela Job Access With Speech (JAWS) 11¹⁵ é acoplado ao Visual Studio 2010¹⁶, nenhum som é gerado quando o usuário alterna entre as guias; uma janela gráfica aparece, mas o JAWS não fala (STEFIK et al., 2011).

Stefik et al. (STEFIK et al., 2011) também apontaram a dificuldade em cursos como estruturas de dados, que muitas vezes dependem extensivamente de representações visuais para explicar conceitos como árvores binárias, *arrays* ou grafos, por exemplo. Milne et al. (MILNE; LADNER, 2018) ressaltaram a dificuldade de determinar a estrutura do programa: “quando os blocos eram aninhados, como em um *loop for* ou *if*, era impossível dizer onde o aninhamento terminava e quais blocos estavam fora”.

Kane et al. (KANE et al., 2018) (apud (ALBUSAYS; LUDI, 2016)) apontaram outros problemas nos cursos de Tecnologia da Informação: diagramas sem alternativa não

¹⁵ <https://www.tecassistiva.com.br/catalogo/jaws/>

¹⁶ <https://visualstudio.microsoft.com/>

visual, dificuldades de navegação no código utilizando um leitor de tela, depuração e erros de sintaxe (como colchetes incompatíveis). Huff et al. (HUFF et al., 2021) reforçaram algumas dessas barreiras ao ressaltar: desafios na navegação de código, por exemplo, detectar o ponto inicial e final das funções e dos blocos de código; problemas para depurar e escrever código (observando as variações de sintaxe que os programadores devem seguir para cada linguagem).

3.4.4.2 Barreiras de Acessibilidade no Objeto de Aprendizagem *Game*

De acordo com Milne et al. (MILNE; LADNER, 2018), a maioria dos jogos focam na saída visual, como animar avatares, e utilizam a técnica arrastar e soltar para mover blocos. Isso pode ser um grande empecilho para cegos, uma vez que a animação pode causar confusão e tirar o foco do objetivo principal do jogo, por exemplo. Para evitar esses problemas, os autores mencionaram que os games deveriam utilizar opções de saída de áudio e não focar na saída visual. Além disso, embora seja tecnicamente possível executar a técnica arrastar e soltar utilizando leitores de tela (por exemplo, tocando duas vezes e segurando para executar um gesto subjacente), é necessário fornecer informações extras para mover os blocos, como a localização atual do bloco e o local do alvo que se pretende alcançar.

Jaramillo et al. (JARAMILLO-ALCÁZAR; LUJÁN-MORA, 2017) e Salvador et al. (SALVADOR-ULLAURI et al., 2017) apontaram dificuldades como a falta de *feedback* auditivo e a falta da opção de desligar ou ocultar as animações de fundo. Além disso, Salvador et al. (SALVADOR-ULLAURI et al., 2017) destacaram como barreira para os cegos, os games que não permitem pausar enquanto o texto está sendo lido e a falta de conversão de texto em fala. Ainda ressalta que cada informação importante precisa ser reproduzida de forma audível para o jogador.

3.4.4.3 Barreiras de Acessibilidade no Objeto de Aprendizagem *Gráfico*

Uma grande dificuldade para estudantes cegos entenderem os gráficos se deve ao fato de que a tradução de gráficos para a modalidade auditiva não é tão direta quanto um texto. Embora as diretrizes de acessibilidade determinem que as imagens da *web* devem possuir descrições ((NEES; BERRY, 2013) apud (PETRIE et al., 2005; W3C, 2008)), os benefícios dos gráficos residem em sua capacidade de comunicar informações sobre os dados, tais como, tendências ou padrões (NEES; BERRY, 2013).

Além disso, Huff et al. (HUFF et al., 2021) apontaram que os gráficos possuem muitos elementos visuais que podem se tornar barreiras de acessibilidade caso não sejam cuidadosamente elaborados. Stirbens et al. (STIRBENS et al., 2010) e Paddison et al. (PADDISON; ENGLEFIELD, 2004) destacaram que muitos gráficos utilizam apenas as cores para passar informações ou mostrar dados pertinentes.

3.4.4.4 Barreiras de Acessibilidade no Objeto de Aprendizagem *Imagem*

Analisando as barreiras de acessibilidade do objeto de aprendizagem imagem, Krolak et al. (KRÓLAK et al., 2017), Kirboyun (KIRBOYUN, 2018) e Splendiani (SPLENDIANI; RIBERA, 2016) apontaram como um grande empecilho para estudantes cegos a falta de descrição das imagens. Além disso, mesmo quando as imagens são descritas, muitas são complexas e as descrições não são suficientes para permitir o seu entendimento e interpretação (LERIA et al., 2018) (CHIANG et al., 2005).

De acordo com os resultados desta RSL, podemos verificar que não há um consenso em relação ao tamanho das descrições das imagens: as diretrizes amplamente adotadas para acessibilidade, WCAG 2.0 (W3C, 2008), não recomendam nenhum comprimento específico para o atributo alt; de acordo com Splendiani et al. (SPLENDIANI; RIBERA, 2016) (apud (CLARK, 2002; KORPELA, 2012)) especialistas em acessibilidade sugerem que seu comprimento seja entre 50 e 1.024 caracteres; e para Splendiani et al. (SPLENDIANI; RIBERA, 2016) (apud (DATABASE, 2013)), outros especialistas recomendam manter textos com menos de 125 caracteres, uma vez que leitores de tela muito populares dividem o atributo alt em partes distintas de 125 caracteres cada (excluindo espaços) e fazem a leitura separadamente como se fossem itens separados.

3.4.4.5 Barreiras de Acessibilidade no Objeto de Aprendizagem *Questionário*

Analisando as barreiras de acessibilidade do objeto de aprendizagem questionário, Calvo et al. (CALVO et al., 2011), Calvo et al. (CALVO et al., 2012) e Krolak (KRÓLAK et al., 2017) destacaram a falta de textos descritivos associados aos comboboxes, caixas de texto e botões como uma dificuldade para os estudantes cegos conseguirem responder as perguntas. Além disso, os formulários podem expirar ou atualizar-se antes que os estudantes tenham tempo de preenchê-los (STIRBENS et al., 2010).

Adicionalmente, Leria et al. (LERIA et al., 2018) apontaram a quantidade de imagens existentes em uma atividade de avaliação baseada em questionário como um empecilho, uma vez que nem sempre as descrições são suficientes para permitir o seu entendimento.

3.4.4.6 Barreiras de Acessibilidade no Objeto de Aprendizagem *Tabela*

Calvo et al. (CALVO et al., 2011) e Calvo et al. (CALVO et al., 2012) apontaram as seguintes barreiras de acessibilidade para estudantes cegos utilizarem as tabelas: ao utilizar tabelas para construir o *layout* da página *web*, o leitor de tela pode identificar o *layout* como uma tabela. Isso pode gerar uma confusão para o usuário, uma vez que as tabelas são usadas para estruturar informações. E também, se a tabela não estiver bem estruturada, o usuário se perderá porque o leitor de tela não consegue compreender células mescladas ou células sem texto (CALVO et al., 2011).

Além disso, Calvo et al. (CALVO et al., 2012) e Nees et al. (NEES; BERRY, 2013) destacaram que tabelas com muitas linhas dificulta a leitura, uma vez que o usuário precisa memorizar a estrutura da tabela.

Chiang et al. (CHIANG et al., 2005) citaram a dificuldade de navegação e interpretação de tabelas, uma vez que esse objeto de aprendizagem possui uma forte dependência visual.

3.4.4.7 Barreiras de Acessibilidade no Objeto de Aprendizagem *Texto*

Ao investigar as barreiras de acessibilidade encontradas nos textos, Calvo et al. (CALVO et al., 2011) e Calvo et al. (CALVO et al., 2012) ressaltaram que muitas vezes imagens nos textos são utilizadas para transmitir informações. Race et al. (RACE et al., 2020) apontaram que o tamanho do parágrafo pode ser um empecilho para estudantes cegos quando eles querem analisar apenas pedaços individuais de informações, já que o usuário precisará esperar que o leitor de tela percorra todo o parágrafo.

3.4.4.8 Barreiras de Acessibilidade no Objeto de Aprendizagem *Vídeo*

De acordo com Yuksel et al. (YUKSEL et al., 2020), apesar das diretrizes e padrões internacionais, ainda há uma escassez de vídeos disponibilizados por meio de descrição de vídeo para usuários cegos ou deficientes visuais.

Embora o nível de detalhes fornecido nas descrições seja muito importante, podemos verificar que ainda não há um consenso: Yuksel et al. (YUKSEL et al., 2020) apontaram que descritores iniciantes costumam fornecer muitos detalhes nas descrições dos vídeos, tais como: onde as palavras ou itens estão na tela ou quando as palavras aparecem ou desaparecem. Além disso, Yuksel et al. (YUKSEL et al., 2020) destacaram outros pontos em relação as descrições dos vídeos: o ritmo da descrição deve corresponder ao ritmo do vídeo, sem deixar uma pausa enorme em que nada é descrito; não fornecer detalhes muito vagos e os textos exibidos na tela devem ser mencionados. Para Bata-nero et al. (BATANERO et al., 2017) as audiodescrições devem descrever apenas detalhes relacionados com os conceitos do conteúdo, evitando assim informações sobre aspectos secundários das imagens, para evitar distrações e sobrecarga de informações.

Além disso, Aydin et al. (AYDIN et al., 2021) apontaram com um empecilho a utilização de música de fundo sem relação com o conteúdo visual.

Por fim, embora a voz sintetizada seja geralmente aceitável, ela pode prejudicar a clareza das descrições quando há erros de pronúncia de palavras ou quando a voz não soa naturalmente, como falta de espaços entre as frases (YUKSEL et al., 2020).

3.4.4.9 Barreiras de Acessibilidade nos OA Curso, Questionário, Texto e Vídeo

As expressões matemáticas podem ser encontradas nos cursos, questionários, textos ou vídeos. A RSL mostrou que existem várias barreiras de acessibilidade para os alunos compreenderem essas expressões matemáticas.

No processo de resolução de problemas matemáticos, os alunos cegos são desafiados de três maneiras: (i) como acessar as informações que abordam o problema matemático; (ii) o ato de mapear informações extraídas de um determinado problema para o estilo de representação adequado; (iii) como fornecer a resposta obtida de forma legível para indivíduos com e sem visão ((ALAJARMEH et al., 2011) apud (BEAL; SHAW, 2008; KARSHMER et al., 1999)). Logo, ler e escrever expressões matemáticas estão entre os maiores desafios que os deficientes visuais encontram (ALAJARMEH et al., 2011).

Esse processo de aprendizagem de conteúdos matemáticos é indissociável da capacidade de praticá-los, pela resolução de exercícios ou pelo desenvolvimento manual da sequência de passos lógicos ou algébricos (ALAJARMEH et al., 2011).

A literatura tem, até o momento, indicado que há poucos esforços destinados a permitir que alunos cegos escrevam e pratiquem matemática (ALAJARMEH et al., 2011).

Dentre as abordagens comumente utilizadas em acessibilidade, os leitores de tela são ferramentas de *software* consideráveis que auxiliam os deficientes visuais a terem acesso a diversos conteúdos apresentados na tela, ou seja, textos e descrições de imagens ou vídeos. No entanto, isso não é verdadeiramente aplicável para todos os tipos de conteúdo, especialmente a matemática, pelas características da matéria, além do fato de que alguns conteúdos matemáticos são representados como imagens (ALAJARMEH et al., 2011).

Embora a tradução direta da linguagem escrita para a fala possa tornar o conteúdo de muitas disciplinas acessíveis, os alunos dos cursos de ciências, tecnologia, engenharia e matemática geralmente encontram casos especiais de texto (por exemplo, equações, fórmulas matemáticas, quadros, gráficos, etc) que não se traduzem tão prontamente em áudio ((NEES; BERRY, 2013) apud (PONTELLI et al., 2009)). Também, não há padrões definidos para a leitura de fórmulas matemáticas. As mesmas fórmulas podem ser lidas de maneiras diferentes, o que pode causar dificuldades em compreendê-las adequadamente (MAĆKOWSKI et al., 2018). Por exemplo, Mackowski et al. (MAĆKOWSKI et al., 2018) apontaram que a compreensão das fórmulas que continham as estruturas bidimensionais aninhadas (fração em fração) e estruturas matemáticas bidimensionais aninhadas com muitos parênteses foi difícil para a maioria dos alunos.

Além disso, embora os sistemas de Álgebra Computacional sejam ferramentas indispensáveis na engenharia, eles não são acessíveis a estudantes cegos. Para executar as operações matemáticas básicas em tais *softwares* torna-se uma tarefa desafiadora, mesmo com o auxílio de leitores de tela (MEJÍA et al., 2018). Chiang et al. (CHIANG et al.,

2005) reforçaram isso, destacando a dificuldade de tradução das notações matemáticas e científicas complexas em formatos legíveis pelo computador.

3.5 Revisão Bibliográfica

Tavares (TAVARES, 2020) destacou que não se pode pensar o desenvolvimento da tecnologia sem considerar tanto o aspecto didático-pedagógico como o aspecto de TI. Logo, para identificar os princípios pedagógicos, realizou-se uma revisão bibliográfica, que será detalhada a seguir.

Inicialmente, foi realizado um contato com a secretaria de Inovação Pedagógica Digital (SEPED/AGEAD) da UFMS, através de uma profissional da área, a professora doutora Daiani Damm Tonetto Riedner. A SEPED/AGEAD é a unidade responsável pela promoção de inovações pedagógicas por meios digitais e a distância nas ofertas de cursos e atividades de graduação, de pós-graduação, de extensão e de capacitação da UFMS.

De acordo com a professora Daiani, a SEPED/AGEAD tem como uma das principais referências em aspectos pedagógico a Doutora Andrea Cristina Filatro, da Universidade de São Paulo. Logo, iniciou-se uma revisão bibliográfica a partir dos trabalhos da Andrea. A partir desses trabalhos, foram encontrados outros trabalhos relevantes para essa pesquisa e dessa forma foram selecionados alguns que apresentaram diretrizes pedagógicas. Essa busca foi finalizada quando a pesquisa não estava mais retornando resultados sobre diretrizes pedagógicas.

Para complementar a revisão bibliográfica, foi criada uma *string* de busca selecionando um conjunto de palavras-chaves de estudos sobre OA e diretrizes pedagógicas e em seguida foram estabelecidos sinônimos e variações das palavras-chaves. Finalmente, as palavras-chaves foram aprimoradas de forma iterativa e, usando operadores booleanos para conectá-las, a *string* de busca ficou da seguinte forma:

(“pedagogical guidelines” OR “pedagogical guideline” OR “pedagogical recommendation” OR “pedagogical recommendations”) AND (education OR “e-learning” OR “learning object” OR “learning objects” OR “open educational resources”)

Utilizando a *string* de busca na base de dados Scopus, no período de 24 a 28 de julho de 2023, um total de 160 artigos foram retornados; em seguida, filtrando pela área Ciência da Computação, 33 artigos foram selecionados para a leitura. Foi realizada a leitura completa desses artigos e os aspectos pedagógicos detectados foram adicionados à revisão bibliográfica.

A seguir serão apresentados todos os aspectos pedagógicos identificados na revisão bibliográfica.

3.5.1 Resultados da Revisão Bibliográfica

A Taxonomia de Bloom é um dos marcos mais importantes na educação, uma vez que proporciona uma estrutura para classificar os diferentes níveis de habilidades cognitivas necessárias para o aprendizado (RODRIGUES; COUTINHO, 2025). A primeira versão foi desenvolvida em 1956 e apresentou uma classificação dividida em seis categorias: conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação (BLOOM, 1956).

Em 2001, Anderson e Krathwohl (ANDERSON; KRATHWOHL, 2021) desenvolveram uma revisão da Taxonomia de Bloom, modificando os nomes das categorias e reorganizando as etapas para que as mesmas fossem mais aplicáveis ao contexto educacional atual.

A versão revisada da Taxonomia de Bloom é composta por seis etapas: lembrar, entender, aplicar, analisar, avaliar e criar.

A seguir, será apresentada cada categoria dessa taxonomia, sua definição e os aspectos pedagógicos obtidos através da revisão bibliográfica (classificados por categoria).

Lembrar: Relacionado a reconhecer e reproduzir ideias e conteúdos. Reconhecer requer distinguir e selecionar uma determinada informação e reproduzir ou recordar está mais relacionado à busca por uma informação relevante memorizada (FERRAZ; BELHOT, 2010).

- Reconhecer e celebrar as conquistas dos estudantes (OLIVEIRA et al., 2020).
- Propor questões que incentivem a memorização (REATEGUI; FINCO, 2010).
- Possibilitar o registro e a consulta às ações desenvolvidas, permitindo que o aluno reveja e retome seu processo de construção do conhecimento (REATEGUI; FINCO, 2010).
- Apresentar o mesmo conceito várias vezes (BARTOLOMÉ; GERVEN, 2022).
- Apresentar o conteúdo repetidas vezes, possibilitando uma revisão dos conceitos (SESTITO, 2022).
- Informar, a todo o momento, em que ponto o estudante se encontra no recurso educacional aberto (através de rótulos e títulos) (REATEGUI; FINCO, 2010).
- Usar repetições variadas para reforçar conceitos e ideias importantes (FASSBINDER, 2021).
- Situar o significado do que é aprendido em relação a si mesmo e ao mundo mais amplo (EVANS, 2019).

- Antecipar vocabulários, destacar expressões complexas e demonstrar sua origem semântica sempre que possível (BRASILEIRA, 2015).
- Fornecer conteúdo baseado em conceitos e experiências do dia a dia (OLIVEIRA et al., 2020).
- Utilizar uma situação ou problema do cotidiano a um determinado conteúdo, atividade ou tema que será apresentado (SESTITO, 2022).
- Abordar questões do mundo real (EVANS, 2019).
- Valorizar o conhecimento que os estudantes já possuem e as conquistas alcançadas no dia a dia (OLIVEIRA et al., 2020).
- Promover projetos interdisciplinares (OLIVEIRA et al., 2020).
- Trabalhar com diversos conteúdos paralelamente, de forma interdisciplinar (SESTITO, 2022).
- Intercalar o conteúdo com aulas e atividades expositivas e práticas (SESTITO, 2022).
- Reforçar o conteúdo utilizando exemplos (OLIVEIRA et al., 2020).
- Utilizar dicas, colaboração e exemplos trabalhados (VRUGTE; JONG, 2017).
- Associar o conteúdo apresentado à experiências anteriores (OLIVEIRA et al., 2020).
- Apresentar o mesmo conteúdo mais de uma vez, em mídias diferentes ou não (OLIVEIRA et al., 2020).

Entender: Relacionado a estabelecer uma conexão entre o novo e o conhecimento previamente adquirido. A informação é entendida quando o aprendiz consegue reproduzi-la com suas “próprias palavras” (FERRAZ; BELHOT, 2010).

- Propor leituras ou atividades que trabalhem com conteúdos externos, visando uma melhor experiência para o usuário e fixação do conteúdo (SESTITO, 2022).
- Definir um conjunto de atividades que auxiliem o estudante na compreensão de determinados conceitos apresentados (SESTITO, 2022).
- Propor um conteúdo inicial objetivo, sem abordar temáticas complexas e fora da realidade do estudante (SESTITO, 2022).
- Manter o mesmo nível de dificuldade até que o estudante se sinta confortável para aprender sobre novos assuntos (SESTITO, 2022).

- Utilizar imagens para exemplificar conceitos e explicações, ao invés de apenas decorar o conteúdo (REATEGUI; FINCO, 2010).
- Propor situações que envolvam a formulação de hipóteses, a investigação e/ou a comparação (REATEGUI; FINCO, 2010).
- Incentivar os estudantes a refletirem através de perguntas, listas de verificação, discussão com outros alunos ou pedindo ao estudante para explicar algo (BARTOLOMÉ; GERVEN, 2022).
- Fornecer recursos educacionais abertos autoexplicativos (BARBOSA, 2014).
- Apresentar recursos (como exercícios, alternativas de navegação) que favorecem a capacidade de elaboração a partir da ação e reflexão (REATEGUI; FINCO, 2010).
- Apresentar informações em seções breves (REATEGUI; FINCO, 2010).
- Possuir atividades estruturadas em torno de um tema, fazendo referência ao universo do estudantes (BARBOSA, 2014).
- Informar o objetivo de cada atividade e como os requisitos devem ser atendidos (MAHARSI, 2018).
- Informar as necessidades e objetivos de aprendizagem (FASSBINDER, 2021).
- Indicar os objetivos de aprendizagem que possam ser mensuráveis. Uma maneira de definir objetivos de aprendizagem é ter em mente esta frase “até o final deste recurso educacional aberto, os estudantes estarão aptos a fazer X, desenvolver a habilidade Y, etc.)” (FASSBINDER, 2021).
- Apresentar, se possível, os conceitos mais importantes primeiro (FASSBINDER, 2021).
- Apresentar os conteúdos de maneira apropriada, podendo adequar sua utilização ao nível de conhecimento de cada aprendiz (REATEGUI; FINCO, 2010).
- Esclarecer o que se espera que seja aprendido (BARBOSA, 2014).
- Usar linguagem adequada ao tipo de estudante e ao domínio de aplicação do recurso educacional aberto (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012).
- Fornecer indicações claras do que o usuário deve fazer para prosseguir para próximas etapas de uso do recurso educacional aberto (mensagens de próximo passo) (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012).
- Fornecer enunciados curtos e explicativos (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012).

- Explicitar, em caso de resolução de questionários e/ou exercícios, como a avaliação é realizada (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012).
- Informar ao usuário o tamanho do vídeo ou animação e o tempo estimado para sua apresentação (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012).
- Ter atenção na velocidade e no tempo dos vídeos (BRASILEIRA, 2015).
- Apresentar o tempo aproximado para realizar as ações previstas para o recurso educacional aberto (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012).
- Utilizar vídeos curtos para guiar os estudantes nas atividades que devem ser desenvolvidas (LIMA et al., 2020).
- Evitar vídeos longos e desestimulantes (FASSBINDER, 2021).
- Apresentar os conceitos no menor tempo possível (FASSBINDER, 2021).
- Assegurar que o vídeo não ocupa uma quantidade desproporcional de tempo do estudante (MOR; WARBURTON, 2016).
- Evitar usar textos muito longos ou trabalhar com um tema extenso. Em caso de textos longos, utilize um sistema de navegação adequado ou opte pela rolagem de página em um texto único (SESTITO, 2022).
- Incluir apenas o material que é necessário e evitar blocos de texto ou outras formas de apresentação em que o estudante se depara com grandes quantidades de informações (BARTOLOMÉ; GERVEN, 2022).
- Evitar sobrecarga de conteúdo: muita informação pode prejudicar o aprendizado (KHALID et al., 2016).
- Fornecer orientação adequada e pré-informar sobre a carga e estratégias de leitura (QIU; MCDUGALL, 2015).
- Destacar a relação entre ideias em um texto ou em mapas conceituais (BRASILEIRA, 2015).
- Destacar a relação de um conteúdo básico num contexto mais elaborado (FERRAZ; BELHOT, 2010).
- Utilizar conhecimentos previamente assimilados (interdisciplinares) para resolução de problemas e/ou a escolha do melhor método, teoria ou estrutura (FERRAZ; BELHOT, 2010).

Aplicar: Relacionado a executar ou usar um procedimento numa situação específica e pode também abordar a aplicação de um conhecimento numa situação nova (FERRAZ; BELHOT, 2010).

- Apresentar diferentes caminhos para solucionar um determinado problema (REA-TEGUI; FINCO, 2010).
- Estimular a procura de outras informações em diferentes fontes de pesquisa (REA-TEGUI; FINCO, 2010).
- Apresentar uma contextualização inicial, descrevendo o tema/conteúdo tratado no recurso educacional aberto (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012).
- Apresentar o objetivo pedagógico relacionado ao uso do recurso educacional aberto (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012).
- Informar os objetivos de aprendizagem (BARTOLOMÉ; GERVEN, 2022).
- Informar o propósito e o objetivo (SORVA et al., 2013).
- Apresentar o contexto de uso esperado para o recurso educacional aberto (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012).
- Destacar como o recurso educacional aberto poderia ser explorado pedagogicamente (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012).
- Apresentar aspectos motivacionais e amigáveis ao estudante (BARBOSA, 2014).
- Estimular o desejo de aprender, respeitando as individualidades (BARBOSA, 2014).
- Motivar e despertar a criatividade e a imaginação, auxiliando na busca de novas soluções para os problemas (OLIVEIRA et al., 2020).
- Envolver ativamente os alunos: os jogos promovem o aprendizado colocando os alunos no centro do processo de aprendizado (BARAB; DEDE, 2007).
- Fornecer suporte e orientação durante o aprendizado por meio de perguntas, *feedback* rápido ou estratégias para lidar com os problemas (BARTOLOMÉ; GERVEN, 2022).
- Destacar pontos essenciais (TAVARES, 2020).

Analisar: Relacionado a dividir a informação em partes relevantes e irrelevantes, importantes e menos importantes e entender a inter-relação existente entre as partes (FERRAZ; BELHOT, 2010).

- Evitar sons irrelevantes e animações (TAVARES, 2020).

- Utilizar a voz humana amigável (TAVARES, 2020).
- Organizar os pontos que entrarão no vídeo para não deixar assuntos sem serem abordados ou inserir informações desnecessárias (FASSBINDER, 2021).
- Propor desafios sem gerar ansiedade (REATEGUI; FINCO, 2010).
- Fornecer conteúdo atualizado e adaptado à faixa etária e níveis de educação (MARRÓN-GONZÁLEZ, 2020).
- Não utilizar uma quantidade excessiva de imagens, já que, a presença excessiva de imagens pode gerar sobrecarga cognitiva (REATEGUI; FINCO, 2010).
- Criar condições que possibilitem uma reflexão sobre o que o estudante está fazendo (BARBOSA, 2014).
- Fornecer situações que o estudante possa refletir e posicionar-se diante do que aprende (BARBOSA, 2014).
- Listar termos específicos (de domínio), quando o objetivo for uma difusão ampla do recurso educacional aberto e ele puder ser utilizado em áreas diferentes (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012).
- Apresentar o conteúdo de forma a não abordar outros assuntos e dispersar a atenção do aluno (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012).
- Aumentar a complexidade do conteúdo de acordo com o nível do estudante (SOAD et al., 2017).
- Assegurar o alinhamento entre as atividades de aprendizagem, tarefas de avaliação e mecanismos de *feedback* para garantir o envolvimento dos estudantes (NORTH-COTE et al., 2019).
- Respeitar e estimular o estudante com diferentes abordagens críticas (OLIVEIRA et al., 2020).
- Respeitar o ritmo do estudante (OLIVEIRA et al., 2020).
- Ter atenção ao unir os materiais que irão compor o vídeo, para que não ocorra uma sobrecarga cognitiva, provocando perdas de informações importantes para o entendimento do conteúdo (FASSBINDER, 2021).
- Fornecer aos estudantes um equilíbrio entre teoria e aplicação (HALSTEAD-NUSSLOCH, 1999).
- Interconectar e relacionar por meio de títulos, legendas e massa de textos a relação entre som, imagem e texto (FASSBINDER, 2021).

- Utilizar sons e imagens apenas se tiver relevância para a compreensão do conteúdo do vídeo ([FASSBINDER, 2021](#)).
- Evitar que um recurso educacional aberto dependa de outro recurso educacional aberto para fazer sentido ([BARBOSA, 2014](#)).
- Fornecer *feedback* regular aos estudantes ([HALSTEAD-NUSSLOCH, 1999](#)).
- Apresentar *feedback* conceitual de acordo com o contexto ([SORVA et al., 2013](#)).
- Focar nos aspectos em que o estudante tem pior desempenho, em vez de praticar todos os aspectos igualmente ([ERICSSON et al., 1993](#)).

Avaliar: Relacionado a realizar julgamentos baseados em critérios e padrões qualitativos e quantitativos ou de eficiência e eficácia ([FERRAZ; BELHOT, 2010](#)).

- Incentivar o aluno, no caso de erros, a retornar ao ponto anterior ([REATEGUI; FINCO, 2010](#)).
- Permitir que o estudante passe para outro nível apenas se o sistema obtiver a resposta esperada do aprendiz ([REATEGUI; FINCO, 2010](#)).
- Testar o aluno após cada seção ([REATEGUI; FINCO, 2010](#)).
- Evitar conteúdo muito avançado, que dependa do conhecimento ainda não adquirido ([SOAD et al., 2017](#)).
- Fornecer recompensa para respostas corretas ([REATEGUI; FINCO, 2010](#)).
- Propor desafios atingíveis, sem gerar ansiedade ([BARBOSA, 2014](#)).
- Apresentar mensagens de erro construtivas, que permitam que o estudante aprenda a partir das mesmas ([SILVEIRA; CARNEIRO, 2012](#)).
- Intercalar o conteúdo nos questionários ([BIRNBAUM et al., 2012](#); [TAYLOR; ROHRER, 2010](#)).
- Colocar espaços em branco nos materiais de aprendizagem para que o estudante possa completá-los, por exemplo, fórmulas, diagramas ou a falta de palavras ([CORNELIUS; OWEN-DESCHRYVER, 2008](#)).
- Redirecionar o estudante para outras atividades sobre a mesma matéria caso não alcance o resultado esperado ([BARBOSA, 2014](#)).
- Fazer elogios ao aluno sempre que uma atividade foi completada de maneira correta ([SESTITO, 2022](#)).

- Corrigir o aluno de maneira gentil, incentivando a sua continuidade nas atividades (SESTITO, 2022).
- Apresentar os locais em que houveram acertos e, principalmente os erros, possibilitando melhorias nas próximas tentativas (SESTITO, 2022).
- Avaliar e dar *feedback* ao estudante de forma contínua, sempre ao final de uma atividade, tema ou conteúdo (SESTITO, 2022).
- Apresentar análises estatísticas e informações a respeito do andamento do estudante com relação a uma determinada temática ou conteúdo (SESTITO, 2022).
- Oferecer ao estudante a opção de escolher em qual nível de dificuldade deseja iniciar seus estudos (SESTITO, 2022).
- Atentar ao nível de progressão das atividades e conteúdos, iniciando em níveis mais básicos e fáceis, até chegar em níveis mais avançados e difíceis, seguindo as necessidades do estudante (SESTITO, 2022).
- Apresentar gradativamente novidades sobre um determinado assunto ou inserir atividades novas que ainda não foram realizadas pelo estudante (SESTITO, 2022).

Criar: Significa colocar elementos junto com o objetivo de criar uma nova visão, uma nova solução, estrutura ou modelo utilizando conhecimento e habilidades previamente adquiridos. Envolve o desenvolvimento de ideias novas e originais, produtos e métodos por meio da percepção da interdisciplinariedade e da interdependência de conceitos (FERRAZ; BELHOT, 2010).

- Produzir a informação em diferentes mídias: braille, áudio descrição, vídeos e outros recursos (BRASILEIRA, 2015).
- Fornecer alternativas de apresentação das informações que se adaptam a alunos com diferentes estilos de aprendizagem (REATEGUI; FINCO, 2010).
- Incluir exemplos concretos (BARBOSA, 2014).
- Apresentar problemas do mundo real antes da teoria (BARTOLOMÉ; GERVEN, 2022).
- Disponibilizar material complementar, preferencialmente de autoria da equipe de criação do recurso educacional aberto (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012).
- Criar conteúdo livre de erros ortográficos e sem mensagens invasivas, negativas ou discriminatórias (SOAD et al., 2017).

- Fornecer conteúdo de uma fonte confiável (SOAD et al., 2017).
- Fornecer material complementar interativo para aprendizado individualizado (MARRÓN-GONZÁLEZ, 2020).
- Evitar o uso somente de texto. Pode ser útil usar áudio e vídeo para apresentar um curso e tópicos de discussão (QIU; MCDOUGALL, 2015).
- Selecionar exemplos adequados. Exemplos mínimos por si só, muitas vezes não são suficientes (SORVA et al., 2013).
- Criar vídeos com conteúdo específico, dividindo conteúdos muito extensos em pequenos tópicos (FASSBINDER, 2021).
- Iniciar um vídeo com um estímulo, por exemplo, com uma pergunta provocativa. Depois seguir com uma breve descrição do vídeo, destacando os objetivos de aprendizagem que são esperados e como ele foi organizado. Concluir com um resumo conciso das lições aprendidas e um indicador para os próximos passos (FASSBINDER, 2021).
- Pronunciar nitidamente as palavras e utilizar pausas para enfatizar pontos importantes (FASSBINDER, 2021).
- Disponibilizar um mesmo conteúdo em diferentes mídias (vídeo, texto ou áudio) (SESTITO, 2022).
- Direcionar a atenção do estudante para áreas de conteúdo relevantes, fornecendo um questionário de sensibilização antes do conteúdo de vídeo, para destacar lacunas no conhecimento que o conteúdo e os conceitos seguintes abordarão (MOR; WARBURTON, 2016).

A Taxonomia de Bloom orienta o planejamento pedagógico e auxilia na criação de avaliações que abrangem todos os níveis cognitivos (RODRIGUES; COUTINHO, 2025). Logo, foi possível incorporar cada princípio pedagógico nas categorias da Taxonomia de Bloom, mostrando que os mesmos são significantes na área da educação.

3.6 Considerações Finais

A RSL inicial apresentou uma pesquisa sobre acessibilidade no contexto da Educação. O principal objetivo dessa RSL foi trazer um panorama da pesquisa sobre OA acessíveis para deficientes visuais, a fim de identificar lacunas e orientar estudos mais detalhados sobre o assunto. Foram identificadas as várias formas que os autores abordaram a acessibilidade de cada objeto de aprendizagem e detectados os modelos, técnicas e

ferramentas computacionais mais específicos que existem e são utilizados neste domínio de forma a promover a acessibilidade.

Com essa revisão, foi identificado que, apesar de todos esses modelos, técnicas e abordagens já desenvolvidas, ainda existem barreiras de acessibilidade para os alunos cegos. Dessa forma, foi realizada a segunda RSL, com o objetivo de identificar essas barreiras de acessibilidade nos sistemas voltados para educação. Dessa forma, esse trabalho buscou explicitar os principais fatores que dificultam ou impedem o acesso aos OA nos sistemas de ensino-aprendizagem, promover uma discussão sobre alternativas para melhoria desses recursos e identificar lacunas.

Por fim, foi realizada uma revisão bibliográfica com o objetivo de identificar aspectos pedagógicos que ajudem a diminuir as barreiras identificadas no refinamento da RSL.

4 Processo de Criação das Diretrizes - Fase Experimental e Descritiva

4.1 Considerações Iniciais

Nesta etapa foi elaborado um questionário com o objetivo de obter esclarecimentos adicionais sobre barreiras de acessibilidade identificadas na RSL. Além disso, buscou-se identificar novas barreiras de acessibilidade vivenciadas na prática por estudantes cegos do ensino superior de universidades públicas do Brasil. De forma geral buscou-se realizar uma comparação entre dados bibliográficos (obtidos por meio do refinamento da RSL) e experiências práticas (obtidas por meio do questionário). Isso nos permitiu identificar quais barreiras são mais evidentes e identificar novas oportunidades de pesquisa que tenham como objetivo propor soluções para uma educação mais inclusiva.

4.2 Fase Experimental e Descritiva

A fase Experimental tem como objetivo a realização da análise dos dados obtidos por meio de diferentes experimentos para reunir informações adicionais que não foram identificadas na revisão da literatura (QUINONES et al., 2018). Então, nessa fase foi elaborado um questionário baseado nas possíveis lacunas detectadas na RSL e o questionário foi enviado para os alunos cegos. Dessa forma, foram obtidos novos dados para essa pesquisa.

A fase Descritiva tem o propósito de categorizar e codificar as informações, ou seja, os resultados devem ser estruturados e destacados, a fim de selecionar os dados mais importantes para o estudo e formalizar os principais conceitos associados à pesquisa (QUINONES et al., 2018). Sendo assim, após obter as respostas dos questionários, passou-se para a etapa de separar ou agrupar as barreiras de acessibilidade e selecionar as informações mais importantes. Então, o primeiro passo foi baixar os arquivos com as respostas, separar em pastas, organizar as respostas obtidas separando as barreiras de acessibilidade por REA e realizar uma leitura geral do que foi captado. Depois, retomar o objetivo proposto, e em seguida, através de recortes de textos nos documentos analisados, verificar quais os temas que mais se repetiam. Em seguida, foi realizada a síntese das barreiras de acessibilidade obtidas nos questionários. Esse resultado foi separado por barreiras de acessibilidade encontradas em cada REA e dificuldades de acesso relacionadas à tecnologia (computador ou celular).

A seguir serão apresentados o planejamento, execução e resultados do questionário

que foi criado para complementar e detalhar as informações obtidas no refinamento da RSL.

4.3 Planejamento

Em relação ao projeto e elaboração do questionário, as questões foram elaboradas com base no refinamento da RSL, ou seja, foram criadas perguntas a partir de possíveis lacunas detectadas no refinamento da RSL, tais como a falta de consenso sobre o nível de detalhes das descrições dos vídeos ou a ausência de recomendações sobre como deveriam ser as descrições das imagens que possuem muitas informações. O questionário foi estruturado utilizando o *software* Google Forms¹. De acordo com Silva et al. (SILVA et al., 2020), o Google Forms é acessível e compatível com leitores de tela, como o JAWS², NVDA³ e VoiceOver⁴. Em seguida esse questionário foi testado pela pesquisadora utilizando o leitor de tela NVDA a fim de identificar possíveis problemas de acessibilidade. A leitura das siglas foi o único problema detectado. O leitor de tela pronunciava as siglas, como por exemplo IDE, como uma palavra. Para resolver essa questão, foi adicionado o significado da sigla, da seguinte forma: IDE (Integrated Development Environment). Outra forma para resolver esse problema seria separar a sigla da seguinte forma: I D E.

Logo depois, foi realizado o teste piloto com dois participantes (P1 e P2). P1 é aluno de mestrado em Ciência da Computação da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, não possui nenhuma deficiência visual e sua pesquisa está relacionada com o tema de acessibilidade e P2 é um servidor da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e é cego. O teste piloto realizado com o P1 teve como objetivo verificar se existiam perguntas confusas ou termos desconhecidos. O teste foi realizado via Google Meet⁵ e teve duração de 1 hora. P1 respondeu o questionário, informou o que não estava claro em algumas questões e fez algumas sugestões. Em seguida, o questionário foi modificado e enviado para P2. O teste piloto foi realizado com P2 com o propósito de verificar a acessibilidade do questionário e também examinar se existiam perguntas confusas ou termos desconhecidos. O teste foi realizado de forma assíncrona, P2 respondeu todas as perguntas do questionário e não precisou tirar nenhuma dúvida sobre as questões. Com isso, verificou-se que o questionário estava acessível para estudantes cegos.

Ao final, as 25 questões (21 gerais e 4 sobre Tecnologia da Informação) seguiram conforme apresentado no Apêndice A. As perguntas do questionário abordaram os seguintes REA: curso, game, gráfico, imagem, link, questionário, tabela, texto e vídeo. As perguntas discursivas foram formuladas como não obrigatórias para que os participan-

¹ <https://www.google.com>

² <https://www.tecassistiva.com.br/catalogo/jaws/>

³ <https://www.nvaccess.org/>

⁴ <https://www.voices.com/hire/voice-over>

⁵ <https://www.google.com>

tes se sentissem livres para contribuir com os itens que eles possuíam conhecimento ou vontade. Por exemplo, se o participante não costuma utilizar jogos, ele poderia deixar a resposta em branco. Na sequência, o questionário foi enviado para 109 universidades através do sistema Fala.Br⁶. Fala.Br é um sistema do governo federal para encaminhamento de manifestações, tais como, acesso à informação, denúncia, elogio, reclamação, simplifique, solicitação e sugestão. Para os casos que não foi possível enviar o questionário através do deste sistema, foi enviado um email diretamente para o setor de acessibilidade da universidade. A lista de universidades (Apêndice B) foi obtida através do site do e-MEC⁷, filtrando a pesquisa pelos seguintes campos e valores, respectivamente: busca por: instituição de ensino superior; categoria administrativa: pública federal e pública estadual; organização acadêmica: universidade.

4.4 Coleta de Dados

Após obter as respostas dos questionários, passou-se para a etapa de separar ou agrupar as barreiras de acessibilidade e selecionar as informações mais importantes (QUINONES et al., 2018).

O primeiro passo foi baixar os arquivos com as respostas, separar em pastas, organizar as respostas obtidas separando as barreiras de acessibilidade por REA e realizar uma leitura geral do que foi captado. Depois, retomar o objetivo proposto e, em seguida, através de recortes de textos nos documentos analisados, verificar quais os temas que mais se repetiam. Posteriormente, foi realizada a síntese das barreiras de acessibilidade obtidas nos questionários. Esse resultado está descrito na seção 4.5 e foi separado por barreiras de acessibilidade encontradas em cada REA, dificuldades de acesso relacionadas à tecnologia (computador ou celular) e possíveis soluções que os participantes forneceram para acessar alguns REA.

4.5 Resultados dos Questionários

No total, 24 estudantes participaram da pesquisa, resultando em 16 respostas válidas, considerando as respostas dos cegos. Os outros 8 estudantes que participaram da pesquisa informaram que possuíam baixa visão e por isso as respostas foram descartadas desse estudo.

O formulário ficou disponível para ser respondido do dia 01 de novembro de 2022 até o dia 23 de dezembro de 2022. É difícil estimar a quantidade de estudantes que receberam o questionário, uma vez que o questionário foi enviado para as universidades e solicitada a distribuição para estudantes cegos.

⁶ <https://falabr.cgu.gov.br/>

⁷ <https://emec.mec.gov.br/>

Ao analisar as respostas dos questionários selecionados, foram encontradas barreiras de acessibilidade nos seguintes REA: curso, game, imagem, questionário, tabela, texto, vídeo. A tabela 7 mostra a quantidade de respostas para cada REA. A penúltima linha dessa tabela se refere às expressões matemáticas, que podem ser encontradas nos REA curso, questionário, texto ou vídeo.

Tabela 7 – Quantidade de respostas para cada REA

REA	Quantidade
Curso	8
Curso (TI)	4
Game	8
Imagem	8
Questionário	9
Tabela	9
Texto	16
Vídeo	4
Curso, questionário, texto e vídeo	6
Tecnologia	8

A seguir será apresentado, assim como foi feito no refinamento da RSL, as barreiras de acessibilidade que os estudantes cegos informaram nos questionários. E, posteriormente, possíveis soluções que os participantes apresentaram.

4.5.1 Barreiras de acessibilidade para os REA

Os participantes apresentaram diversos problemas de acessibilidade de alguns REA, tais como, curso, game, imagem, questionário, tabela, texto, vídeo e algumas barreiras relacionadas à tecnologia.

- **Barreiras de Acessibilidade no REA *Curso***

Os participantes relataram dificuldades que estão relacionadas com quaisquer cursos e também apontaram problemas específicos dos cursos da área de Tecnologia da Informação.

As barreiras de acessibilidade relacionadas aos cursos foram: falta de descrição das imagens e tabelas; instruções incompletas para acessar os conteúdos e recursos disponíveis; utilização de muito conteúdo visual e ausência de material adaptado.

Para cursos da área de Tecnologia da Informação, os participantes mencionaram o seguinte: botões não etiquetados nas IDEs; IDEs omitem informações de usuários que utilizam leitores de tela; tutoriais em vídeo utilizando linguagem extremamente visual. Além disso, no caso da programação *front-end*, são utilizados muitos recursos visuais para a criação de uma interface de usuário e nem sempre é possível observar o resultado do conteúdo desenvolvido.

- **Barreiras de Acessibilidade no REA *Game***

As respostas dos questionários apresentaram os seguintes problemas relacionados aos games, que podem ser de qualquer modalidade: design não acessível, impossibilitando que estudantes cegos utilizem o game; falta de informações como propósito, vantagens, desvantagens, riscos ou quais capacidades intelectuais podem ser desenvolvidas; falta de inclusão por parte dos criadores dos games, uma vez que, muitos games não levam a acessibilidade em consideração; dificuldade visual, uma vez que quase todos os jogos necessitam de agilidade visual e falta de interfaces gráficas acessíveis por meio de leitores de tela.

- **Barreiras de Acessibilidade no REA *Imagem***

Os estudantes que participaram da pesquisa relataram as seguintes barreiras relacionadas a imagens: imagem sem descrição; imagens com muitas informações (desenhos, signos, cores, sinais...); descrições fora da margem de linhas; descrições das imagens feitas por *softwares* nem sempre são adequadas; não há um consenso sobre o nível de detalhe das descrições e conceitos desconhecidos apresentados em imagens. Para entender melhor a dificuldade relatada no último item, o participante citou como exemplo uma figura que apresenta uma girafa. Explicou que o processo de visualizar mentalmente este tipo de item pode ser muito complexo, uma vez que é preciso utilizar bastante a imaginação por nunca ter tocado um animal como esse.

- **Barreiras de Acessibilidade no REA *Questionário***

Os participantes relataram as seguintes dificuldades relacionadas aos questionários: algumas plataformas não fornecem informações claras, principalmente nas descrições das imagens; questões com imagem ou gráfico sem descrição; dificuldade para compreender o teste para comprovar que o usuário não é um robô; textos das questões em formato de imagem; etiquetas mal colocadas ou botões sem rótulos; o leitor de tela pular ou não ler links ou palavras em destaque.

- **Barreiras de Acessibilidade no REA *Tabela***

Os estudantes que participaram da pesquisa mencionaram as seguintes dificuldades relacionadas as tabelas: leitores de tela realizam a leitura das tabelas de formas diferentes, por exemplo, alguns associam as colunas com os cabeçalhos e outros reproduzem cada célula individualmente sem nenhum tipo de associação; tabelas em formato de imagem; falta de detalhes nas descrições das linhas e colunas; informações imprecisas ou exageradas; formatação das tabelas, como por exemplo, células mescladas ou utilização da cor como único meio de transmitir uma informação.

- **Barreiras de Acessibilidade no REA *Texto***

As respostas dos questionários apresentaram os seguintes empecilhos relacionados aos textos: texto em formato de imagem; falta de descrição nas imagens que ajudam na compreensão do texto; falta de títulos bem definidos; tutoriais utilizando linguagem visual e pouco descritiva; aplicativos de leitura do texto que passam para a leitura de uma nota de rodapé sem aviso; conteúdos incompatíveis com leitores de telas, por exemplo, os traços. Ao invés de escrever 1-3, deve-se utilizar 1 a 3.

- **Barreiras de Acessibilidade no REA *Vídeo***

Em relação a voz sintetizada utilizada nos vídeos, os participantes relataram os seguintes problemas: não mudam o tom de voz ao iniciar ou finalizar uma frase; erros de pronúncia; velocidade (às vezes muito lento e às vezes rápido demais); vozes pouco humanizadas.

- **Barreiras de Acessibilidade nos REA *Curso, Questionário, Texto e Vídeo***

Os estudantes que participaram da pesquisa ressaltaram as seguintes dificuldades relacionadas com o conteúdo de matemática, que pode estar contido nos cursos, questionários, textos ou vídeos: fórmulas apresentadas em formato de imagem ou não adaptadas ao leitor de telas; questões matemáticas envolvendo imagens; dificuldade para interpretar os parênteses.

- **Barreiras de Acessibilidade Relacionadas à Tecnologia**

Em relação as barreiras para uso do computador, os participantes destacaram como um problema o próprio manuseio do computador, por exemplo, passar de um aplicativo para outro ou encontrar a busca fornecida pelo computador.

Em relação as barreiras para uso do celular, as respostas dos questionários apontaram as seguintes dificuldades: ausência de aplicativos para fazer a leitura de textos; sensibilidade do toque nas telas, uma vez que se o usuário toca sem querer na tela, o sistema já o direciona para outra tela.

Em relação aos REA, os participantes ressaltaram que as plataformas de alguns cursos não são acessíveis; usuários leigos não conseguem entender a plataforma de alguns cursos por apresentarem muitos conteúdos visuais ou interfaces com poucos rótulos; ferramentas para resolver questões matemáticas não possuem a opção de copiar e colar; e alguns programas utilizados por alunos dos cursos da área de Tecnologia da Informação não são completamente acessíveis.

4.5.2 Soluções de acessibilidade para os REA

Os participantes apresentaram algumas possíveis soluções para melhorar a acessibilidade de alguns REA, tais como, imagens, gráficos, vídeos, tabelas, games, links e cursos.

Em relação às imagens que possuem muitas informações, a apresentação por etapas pode gerar melhores resultados.

Quanto à descrição das imagens, os participantes ressaltaram o seguinte (Quadro 1):

Quadro 1 – Principais descobertas relacionadas à descrição das imagens

1. Nas descrições de pessoas é importante descrever a cor da pele, a fisionomia, acessórios e roupa. Sobre as roupas, enfatizar o tamanho, os detalhes e o modelo/nome pelo qual é conhecida.
2. Descrever primeiro o tipo da imagem, isto é, se é um gráfico, uma fotografia, uma ilustração, um desenho, etc. Depois, descrever o conteúdo em primeiro plano, e em seguida, o conteúdo em segundo plano.
3. Informar todos os detalhes da imagem como cores, paisagem, objetos, pessoas e etc.
4. Utilizar uma linguagem menos técnica.
5. Informar se existe texto na imagem.
6. Descrever todo o conteúdo importante para a compreensão da imagem, para proporcionar as mesmas oportunidades a todos os observadores, sejam eles dotados de visão ou não.
7. Criar descrições mais sucintas.
8. Não colocar informações que não sejam relevantes para o entendimento da imagem.

Para a descrição dos gráficos, as respostas dos questionários apontaram o seguinte (Quadro 2):

Quadro 2 – Principais descobertas relacionadas à descrição dos gráficos

1. Descrever o comportamento das linhas, a escala dos dados, os números e as porcentagens.
2. Utilizar linguagem menos técnica.
3. Descrever o tipo de gráfico e os dados, sem detalhar muito. As informações que estão sendo construídas podem se perder com muitos detalhes.
4. Não colocar informações que não sejam relevantes para o entendimento do gráfico.
5. Descrever apenas os detalhes indispensáveis à construção do conhecimento.
6. Criar descrições objetivas e claras.
7. Evitar informações sobre a estética do gráfico.

Quanto à descrição dos vídeos, os participantes destacaram o seguinte (Quadro 3):

Em relação às tabelas, foram apresentadas as seguintes soluções para interpretá-las (Quadro 4):

Quadro 3 – Principais descobertas relacionadas à descrição dos vídeos

1. Descrever o conteúdo, ambiente, as animações das imagens, movimentações das pessoas e/ou outros seres vivos e características dessas pessoas.
2. Utilizar linguagem menos técnica.
3. Ler a legenda.
4. Descrever cada detalhe considerado importante para a compreensão do conteúdo.
5. Informar se existe texto no vídeo.
6. Descrever os temas, títulos, subtítulos, autoria, datas, etc.
7. Criar descrições mais sucintas.
8. Realizar a descrição nos intervalos dos vídeos, ou seja, no momento em que não há nenhuma fala do vídeo.

Quadro 4 – Principais descobertas relacionadas às tabelas

1. Realizar a leitura bem detalhada da tabela.
2. Informar o título, cabeçalho, corpo, nota de rodapé, cores e dados.
3. Informar o número de colunas, informações contidas em cada coluna e número de linhas.
4. Informar o nome da coluna, número da linha e em qual célula o item se encontra. Por exemplo, dispositivo linha três coluna dois celular.
5. Utilizar etiquetas bem claras.

E para um cego jogar um game, as seguintes informações são necessárias (Quadro 5):

Quadro 5 – Principais descobertas relacionadas aos games

1. Possibilitar que todas as dinâmicas do jogo sejam acessíveis à jogadores cegos.
2. Apresentar a funcionalidade e as regras do jogo.
3. Fornecer a descrição do espaço e sons que auxiliam na movimentação.
4. Apresentar o que está acontecendo na tela em tempo real. Tais informações podem ser passadas por intermédio de recursos sonoros, bem como por texto acessível a leitores de telas.

Quanto aos links, é preciso informar o seguinte, para que os estudantes decidam se irão acessá-lo (Quadro 6):

Quadro 6 – Principais descobertas relacionadas aos links

1. Fornecer uma boa descrição sobre o que trata o link ou do que a página irá mostrar.
2. Fornecer o título do link e indicadores de segurança.
3. Fornecer um pequeno texto descritivo.
4. Informar o local para onde o link direciona os usuários, bem como sua finalidade.

E em relação as expressões matemáticas, os participantes descreveram que as melhores formas para transmitir as informações são (Quadro 7):

Por fim, em relação aos cursos de Tecnologia da informação, os participantes transmitiram informações bem importantes sobre o desenvolvimento de *software* (Quadro 8):

Quadro 7 – Principais descobertas relacionadas às expressões matemáticas

1. Passar as informações escritas por extenso, já que o leitor de tela pode não ser capaz de compreender a simbologia gráfica utilizada. Por exemplo: 2 elevado a 5, derivada de x ao quadrado, 2X vezes 5y é igual a Delta.
2. Passar as informações por camadas, ou seja, começando pela parte mais simples e até chegar no segmento mais complexo.

Quadro 8 – Principais descobertas relacionadas ao desenvolvimento de *software*

1. O leitor de telas possui um sistema de fala e beeps sonoros para indicar a indentação do código. Tal sistema indica o número de espaços dados. No caso do beep, esse atinge notas mais agudas de acordo com o aumento da quantidade de espaços.
2. O leitor de tela é capaz de identificar a simbologia presente no desenvolvimento de um código-fonte. Dessa forma, o desenvolvedor consegue criar o código-fonte e resolver possíveis erros de sintaxe.

4.6 Discussão

Nessa seção são discutidos os principais resultados identificados, verificando o que há de interseção entre o refinamento da RLS e as respostas dos questionários e analisando a relação dos resultados obtidos com o WCAG 2.1.

Para isso, foi realizado um estudo comparativo. Segundo Fachin ([FACHIN, 2001](#)) o método comparativo consiste em investigar coisas ou fatos e explicá-los segundo suas semelhanças e suas diferenças. Permite a análise de dados concretos e a dedução de semelhanças e divergências de elementos constantes, abstratos e gerais, propiciando investigações de caráter indireto.

Dessa forma, a Tabela 8 apresenta o que há em comum entre o refinamento da RSL e as barreiras de acessibilidade destacadas pelos participantes.

Pode-se verificar na Tabela 8 que existem várias barreiras de acessibilidade destacadas nas respostas dos questionários que reforçam o que já foi apontado na literatura.

E a Tabela 9 mostra as sugestões de melhoria que os participantes apresentaram para algumas barreiras de acessibilidade encontradas na RSL.

Com o objetivo de ilustrar possíveis soluções oferecidas pelos participantes durante o preenchimento do questionário, destacam-se a seguir extratos de sugestões obtidas:

- Para o REA Imagem, o participante 7 comentou que a apresentação por etapas pode ser mais positiva e gerar melhores resultados.
- Para o REA Game, os participantes 11 e 13 comentaram que o jogo deveria fornecer a descrição do espaço e sons para auxiliar na movimentação; além de apresentar o que está acontecendo na tela em tempo real.

Tabela 8 – Comparação entre a RSL e as respostas dos questionários

REA	Barreira de acessibilidade
Curso	1. IDEs sem acessibilidade 2. Cursos que utilizam muitas representações visuais
Game	1. Necessidade de agilidade visual 2. Falta de interfaces gráficas acessíveis por meio de leitores de tela
Imagem	1. Falta de descrição das imagens 2. Imagens complexas ou com muitas informações 3. Não há um consenso sobre o tamanho e nível de detalhes das descrições das imagens 4. Conceitos desconhecidos apresentados em imagens
Questionário	1. Impossibilidade de interpretar a questão devido a falta de descrição ou descrição insuficiente da imagem ou do gráfico 2. Falta de textos descritivos associados aos comboboxes, caixas de texto e botões
Tabela	1. Leitor de tela não consegue compreender células mescladas 2. Dificuldade de navegação e interpretação de tabelas
Texto	1. Falta de descrição nas imagens que trazem informações relevantes sobre o texto
Vídeo	1. Problemas com a voz sintetizada
Curso, questionário, texto e vídeo	1. Conteúdo matemático apresentado em formato de imagem 2. Interpretação de símbolos e fórmulas Matemáticas. Por exemplo: parênteses

- Para as expressões matemáticas que podem aparecer nos REA curso, questionário, texto e vídeo, o participante 13 comentou que seria interessante passar as informações das expressões matemáticas escritas por extenso. Por exemplo: 2 elevado a 5 ou derivada de x ao quadrado.

Analisando as sugestões dos participantes, nota-se que diretrizes muito simples ligadas à acessibilidade ainda não são implementadas, apesar da vasta literatura disponível. Por exemplo, a diretriz do WCAG alternativa em texto indica que é necessário fornecer alternativas textuais para qualquer conteúdo não textual. Mesmo assim, podemos perceber que o participante 11 apontou que os games deveriam fornecer a descrição do espaço.

Além disso, as sugestões apontadas na Tabela 9 são muito relevantes e podem contribuir na criação de REA mais acessíveis para estudantes cegos.

Finalmente, as Tabelas 10 e 11 apresentam a relação dos resultados obtidos nos questionários com o WCAG 2.1 e no refinamento da RSL também com o WCAG 2.1, respectivamente.

A Tabela 10 foi criada verificando cada barreira de acessibilidade ou possível solução apresentada nos questionários e analisando se havia alguma relação dessa barreira com as diretrizes de acessibilidade para conteúdo *web*. Por exemplo, os participantes informaram a seguinte barreira de acessibilidade: imagem sem descrição. A partir dessa barreira, buscou-se identificar as instruções fornecidas pelo WCAG e verificar se o problema descrito pelo participante estava associado a algum princípio, diretriz e critério de sucesso que está especificado no documento do WCAG. No caso desse exemplo, a barreira de acessibilidade estava relacionada com o princípio Perceptível, diretriz Alternativas em texto e critério de sucesso Conteúdo não textual. Esse processo foi realizado para as barreiras de acessibilidade encontradas nas respostas dos questionários e na RSL.

Pode-se verificar nas Tabelas 10 e 11 que embora existam as diretrizes de acessibilidade para conteúdo *web*, ainda ocorrem vários problemas de acessibilidade nos REA. Analisando os resultados da RSL, as respostas dos participantes e as comparações feitas nessa seção, notam-se alguns questionamentos: a interpretação e entendimento das imagens utilizadas no REA questionário será a mesma para um estudante cego e para um estudante que está vendo a imagem? Seria necessário analisar a quantidade de imagens e qualidade das descrições das imagens utilizadas nas provas?

Em relação aos games, percebe-se uma grande necessidade de criar jogos acessíveis, uma vez que alguns participantes mostraram que jogar é quase impossível: “não gosto de jogar, acredito que pela dificuldade visual, pois quase todos os jogos necessitam de agilidade visual”, “sem cogitação jogar” ou “se um game não é criado para deficientes visuais, dificilmente apresentará interface gráfica acessível por meio de leitores de tela”.

Quanto aos textos, é necessário ter cuidado ao utilizar siglas, uma vez que o leitor de tela lê algumas siglas como palavras e o cego pode não entender que se trata de uma sigla.

Por fim, há muitos desafios de pesquisa nesta área, podendo-se citar, por exemplo: (i) integração entre diferentes áreas de conhecimento que pudessem contribuir para a obtenção de REA acessíveis, tais como, educação e ciência da computação e (ii) elaboração de diretrizes pedagógicas e de acessibilidade para REA.

4.7 Ameaças à Validade

Validade da construção: a construção do questionário é uma ameaça. Tentamos mitigá-la elaborando as questões com base na RSL, ou seja, foram criadas perguntas a partir de possíveis lacunas detectadas na RSL. Dessa forma, acreditamos que a elaboração do questionário foi devidamente considerada nesse estudo.

Validade interna: ameaças à validade interna são os diferentes níveis de experiência dos participantes com os REA e o entendimento e interpretação das perguntas do questionário. Não foi possível mitigar a primeira ameaça, uma vez que o nível de experiência dos participantes estava fora do controle dos pesquisadores. Para mitigar a segunda ameaça, a realização de entrevistas poderia ajudar os usuários a entender melhor as perguntas e os pesquisadores responsáveis por esta pesquisa poderiam realizar alguns questionamentos diante das respostas dos participantes. No entanto, pela quantidade de respostas obtidas com o questionário, nota-se a dificuldade de recrutamento para participação de pesquisas acadêmicas.

Validade externa: o número de participantes (dezesseis estudantes cegos) representa ameaça à validade externa. Acreditamos que esta seja a ameaça mais difícil de mitigar, uma vez que o questionário foi enviado para 109 universidades.

4.8 Considerações Finais

Para complementar e detalhar as informações obtidas no refinamento da RSL, foi submetido um questionário a estudantes cegos em que foi possível entender mais claramente as barreiras e descobrir novas dificuldades. Foram identificados vários problemas de acessibilidade nos REA através das respostas dos questionários. Além disso, foi utilizado o estudo comparativo descrito por Fachin ([FACHIN, 2001](#)) para analisar o que há em comum entre o refinamento da RSL e as respostas dos participantes e investigar a relação dos resultados obtidos no refinamento da RSL e nos questionários com o WCAG 2.1.

Tabela 9 – Principais descobertas relacionadas às barreiras de acessibilidade

REA	Barreiras de acessibilidade encontradas na RSL	Possíveis soluções detectadas nos questionário
Imagem	Imagem complexas	A apresentação por etapas pode ser mais positiva e gerar melhores resultados
Imagem, gráfico e vídeo	Não há um consenso sobre as descrições das imagens, gráficos e vídeos	Embora as respostas dos questionários mostrem que também não há um consenso sobre as descrições das imagens, gráficos e vídeos, os Quadros 1, 2 e 3 apresentam informações muito importantes para a construção da descrição e que merecem uma pesquisa mais detalhada.
Vídeo	Voz sintetizada pode prejudicar a clareza das descrições	A voz sintetizada deveria mudar o tom de voz quando inicia ou termina uma frase
Tabela	Dificuldade de navegação e interpretação	Realizar a leitura bem detalhada da tabela; Informar o título, cabeçalho, corpo, nota de rodapé, cores e dados; Informar o número de colunas, informações contidas em cada coluna e número de linhas; Informar o nome da coluna, número da linha e em qual célula o item se encontra. Por exemplo, dispositivo linha três coluna dois celular; Utilizar etiquetas bem claras.
Game	Jogos focam na saída visual	Possibilitar que todas as dinâmicas do jogo sejam acessíveis à jogadores cegos; Apresentar a funcionalidade e as regras do jogo; Fornecer a descrição do espaço e sons que auxiliam na movimentação; Apresentar o que está acontecendo na tela em tempo real. Tais informações podem ser passadas por intermédio de recursos sonoros, bem como por texto acessível a leitores de telas
Link	XXX	Fornecer uma boa descrição sobre o que trata o link ou do que a página irá mostrar; Fornecer o título do link e indicadores de segurança; Fornecer um pequeno texto descritivo; Informar o local para onde o link direciona os usuários, bem como sua finalidade.
Curso, questionário, texto e vídeo	Dificuldade na leitura e escrita de expressões matemáticas	Passar as informações escritas por extenso, já que o leitor de tela pode não ser capaz de compreender a simbologia gráfica utilizada. Por exemplo: 2 elevado a 5, derivada de x ao quadrado, 2X vezes 5y é igual a Delta; Passar as informações por camadas, ou seja, começando pela parte mais simples e até chegar no segmento mais complexo.
Curso	IDEs inacessíveis	IDEs não devem omitir informações de usuários que utilizam leitores de tela; Botões devem possuir etiquetas; Interfaces gráficas deve ser mais amigável.

Tabela 10 – Relação dos resultados obtidos nos questionários com o WCAG

Questionário	Princípio	Diretriz	Critério de sucesso
Imagem sem descrição	Perceptível	Alternativas em Texto	Conteúdo Não Textual
Teste para comprovar que o usuário não é um robô	Perceptível	Alternativas em Texto	Conteúdo Não Textual
Realizar a descrição nos intervalos dos vídeos, ou seja, no momento em que não há nenhuma fala do vídeo	Perceptível	Mídias com base em tempo	Audiodescrição (Pré-gravada)
Instruções incompletas para acessar os conteúdos e recursos disponíveis	Perceptível	Adaptável	Informações e Relações
Texto em formato de imagem	Perceptível	Discernível	Imagens de Texto
Informar o local para onde o link direciona os usuários, bem como sua finalidade	Operável	Navegável	Finalidade do Link Em contexto
Botões sem rótulos	Operável	Navegável	Cabeçalhos e Rótulos
Erros de pronúncia	Compreensível	Legível	Pronúncia

Tabela 11 – Relação dos resultados obtidos no refinamento da RSL com o WCAG

RSL	Princípio	Diretriz	Critério de sucesso
Muitos gráficos utilizam apenas as cores para passar informações ou mostrar dados pertinentes	Perceptível	Discernível	Utilização de Cores
Música de fundo sem relação com o conteúdo visual	Perceptível	Discernível	Áudio de fundo baixo ou sem Áudio de fundo
Formulários podem expirar ou atualizar-se antes que os estudantes tenham tempo de preenchê-los	Operável	Tempo Suficiente	Colocar em Pausa, Parar, Ocultar
Games não permitem pausar enquanto o texto está sendo lido	Operável	Tempo Suficiente	Colocar em Pausa, Parar, Ocultar
Falta da opção de desligar ou ocultar as animações de fundo	Operável	Convulsões e Reações Físicas	Animação de Interações
Elementos repetitivos na página <i>web</i> faz com que os participantes gastem muito tempo	Operável	Navegável	Ignorar Blocos
Estrutura de cabeçalho incorreta causando erros de navegação	Operável	Navegável	Cabeçalhos da Sessão
Falta de textos descritivos associados aos comboboxes, caixas de texto e botões	Operável	Navegável	Cabeçalhos e Rótulos
Falta de marcadores de idioma	Compreensível	Legível	Idioma da Página
Erros de pronúncia	Compreensível	Legível	Pronúncia
Mensagem de <i>feedback</i> de envio bem-sucedido	Robusto	Compatível	Mensagens de Status

5 Processo de Criação das Diretrizes - Fase de Correlação, Seleção e Especificação

5.1 Considerações Iniciais

Este Capítulo apresenta a fase de Correlação, Seleção e Especificação proposta por Quiñones, Rusu e Rusu ([QUINONES et al., 2018](#)).

Na etapa de correlação foi identificado o que já existe na literatura para realizar uma correspondência com a pesquisa. Na etapa de seleção foram escolhidas as diretrizes do WCAG e os princípios pedagógicos para mitigar cada barreira de acessibilidade identificada no refinamento da RSL e nas respostas dos questionários. Em seguida, na fase de especificação, a primeira versão das diretrizes pedagógicas e de acessibilidade foi desenvolvida, utilizando o conjunto de dados selecionados.

5.2 Fase de Correlação

A fase de correlação tem a intenção de combinar as funcionalidades específicas de domínio da aplicação com atributos de acessibilidade, diretrizes existentes e outros aspectos importantes ([QUINONES et al., 2018](#)).

Dessa forma, analisando o que já existe no domínio de diretrizes e acessibilidade e procurando uma correspondência com o objetivo dessa pesquisa, utilizou-se o WCAG 2.1 (versão disponível no período da pesquisa), por ser um modelo internacional suficientemente abrangente e completo e que serve de base para outros ([ROCHA; DUARTE, 2013](#)).

Além disso, como mencionado anteriormente, Tavares ([TAVARES, 2020](#)) destacou que não se pode pensar o desenvolvimento da tecnologia sem considerar tanto o aspecto didático-pedagógico quanto o aspecto de TI. Logo, para identificar os princípios pedagógicos, realizou-se a revisão bibliográfica, que está descrita no Capítulo 3.

5.3 Fase de Seleção e Especificação

A fase de seleção tem como finalidade guardar, adaptar e/ou descartar diretrizes existentes ([QUINONES et al., 2018](#)).

Inicialmente foram selecionadas algumas barreiras de acessibilidade identificadas na segunda RSL e nas respostas dos questionários e algumas possíveis soluções informa-

das pelos participantes no questionário para serem abordadas nessa pesquisa. Para essa escolha, verificou-se que, embora existam as diretrizes de acessibilidade para conteúdo *web*, esse documento não é específico para REA utilizados por alunos cegos. Sendo assim, ainda ocorrem vários problemas de acessibilidade nos REA que precisam ser levados em consideração, tais como, imagens sem descrição, botões sem rótulos ou textos em formato de imagem. Dessa forma, foram utilizadas, nessa pesquisa, as barreiras de acessibilidade encontradas na RSL e nas respostas dos questionários e possíveis soluções que possuem alguma relação com o WCAG. Aquelas barreiras de acessibilidade que não foram identificadas correlação direta com o WCAG não foram selecionadas.

Logo, identificou-se, no documento do WCAG 2.1 e nos resultados da revisão bibliográfica, as diretrizes e os princípios pedagógicos que poderiam ser usados e/ou adaptados para o novo conjunto de diretrizes, quais deveriam ser descartados e quais deveriam ser criados, utilizando como base as barreiras de acessibilidade e as possíveis soluções selecionadas. Para cada diretriz/princípio pedagógico, Quiñones, Rusu e Rusu (QUINONES et al., 2018) recomendam selecionar uma das seguintes opções: (i) manter sem qualquer alteração: diretriz/princípio pedagógico é claro e recomenda corretamente um aspecto da aplicação; (ii) eliminar: diretriz/princípio pedagógico recomenda aspectos que não estão relacionados à aplicação; (iii) adaptar: diretriz/princípio pedagógico recomenda um aspecto relacionado à aplicação, mas são necessárias alterações; (iv) criar: é necessária uma nova diretriz para recomendar uma determinada funcionalidade da aplicação. A Figura 10 ilustra o processo descrito.

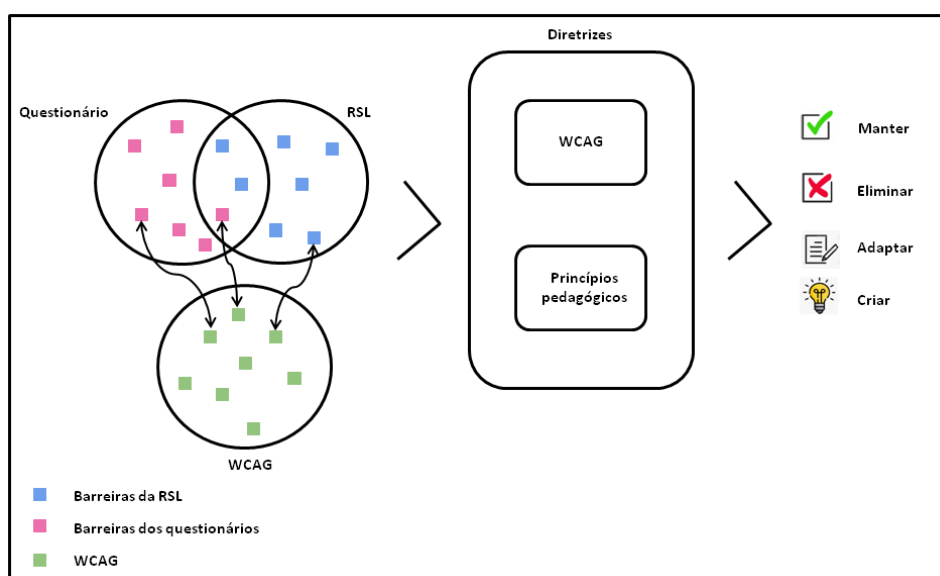


Figura 10 – Seleção de diretrizes - Elaborado pela pesquisadora

Com as diretrizes selecionadas, iniciou-se a fase de especificação que tem como objetivo especificar formalmente um novo conjunto de diretrizes (QUINONES et al., 2018). Logo, nessa fase foi criada a primeira versão das diretrizes.

As diretrizes de acessibilidade foram fundamentadas nos critérios de sucesso do WCAG e associadas a técnicas de implementação específicas, de modo que fosse possível mitigar cada barreira de acessibilidade identificada. As diretrizes pedagógicas foram baseadas nas melhores práticas para o ensino de alunos cegos, identificadas nos artigos da revisão bibliográfica. As orientações pedagógicas são transversais às orientações de acessibilidade com o objetivo de construir REA acessíveis contribuindo para a Educação Inclusiva.

Por exemplo, para a barreira de acessibilidade “imagem sem descrição”, identificada nas respostas dos questionários, foram selecionados os seguintes critérios de sucesso do WCAG e princípios pedagógicos:

Princípio:

Perceptível: as informações e os componentes da interface do usuário devem ser apresentados em formas que possam ser percebidas pelo usuário.

Diretriz:

Alternativas em Texto: fornecer alternativas textuais para qualquer conteúdo não textual, para que possa ser transformado em outras formas de acordo com as necessidades dos usuários, tais como impressão com tamanho de fontes maiores, braille, fala, símbolos ou linguagem mais simples.

Critérios de sucesso:

Conteúdo Não Textual: todo o conteúdo não textual que é exibido ao usuário possui uma alternativa textual que atende ao propósito equivalente.

Princípio pedagógico: apresentar o contexto de uso esperado para o recurso educacional aberto (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012).

A partir dessas informações, a seguinte diretriz foi criada:

Diretriz 1: Fornecer descrição para conteúdo não textual

Descrição: *Apresentar o contexto de uso esperado da imagem, utilizando uma descrição alternativa em texto para todo conteúdo não textual com os seguintes elementos orientadores de descrição de imagens:*

- **Nomear/identificar:** o que, quem;
- **Qualificar:** como (adjetivos);
- **Ação:** faz o quê, como (advérbios);
- **Tempo:** quando;
- **Localizar/situar:** onde;

- **Enquadramento de câmera:** de onde;

Esse procedimento foi realizado para todas as barreiras de acessibilidade e foi registrado em <https://docs.google.com/document/d/1CC-81WZ8f7vYpqzI-ZjrgNOIkY6v8mNHS5cSb0YCXhc/edit?usp=sharing>. As diretrizes foram separadas por REA e com os seguintes itens: diretriz, descrição, exemplo e fonte.

Esse trabalho de pesquisa abordou uma estratégia relacionada com os princípios de *Universal Design for Learning* (UDL). O Centro de Tecnologias Especiais Aplicadas desenvolveu esses princípios que podem ser utilizados por educadores, pesquisadores, pais ou qualquer pessoa que queira planejar currículos para minimizar barreiras (CAST, 2018). UDL oferece um conjunto de recomendações concretas para que os alunos possam participar de oportunidades de aprendizagem relevantes, através da flexibilidade de objetivos, métodos, materiais e avaliações. Essas diretrizes estimulam a criação de propostas flexíveis e apresentam opções personalizáveis que possam ser utilizadas para as individualidades de cada estudante (SEBASTIÁN-HEREDERO, 2020).

O objetivo da UDL é usar uma variedade de métodos de ensino para remover quaisquer barreiras à aprendizagem (MORIN, 2020) e que o aluno tenha autonomia, seja reflexivo, autêntico, estratégico e orientado para a ação (CAST, 2018).

Logo, a UDL busca oferecer oportunidades iguais de sucesso para todos os estudantes; apresenta informações de maneiras que se adaptam ao aluno, em vez de pedir que o aluno se adapte às informações; e ao oferecer uma variedade de opções a todos, a UDL não isola os poucos que recebem adaptações formais para uma deficiência (MORIN, 2020).

A UDL possui 3 princípios: engajamento, representação e ação e expressão. Será apresentado, a seguir, a definição desses princípios e algumas relações da presente pesquisa com os mesmos.

1. Engajamento: procurar maneiras de motivar os alunos e manter o seu interesse, como deixá-los realizarem escolhas.

Com a UDL, os estudantes recebem *feedback* sobre seu desempenho. Eles são incentivados a refletir sobre as escolhas que fizeram em sala de aula e se atingiram os objetivos. Caso não tenham atingido os objetivos, são incentivados a pensar no que poderia tê-los ajudado a alcançá-los (MORIN, 2020).

Uma das diretrizes dessa pesquisa apresenta o seguinte: fornecer *feedback* constante, apresentando os locais em que houve acertos e erros, oferecendo opção para estudar mais o conteúdo. Indicar o que o estudante pode fazer para prosseguir para próximas etapas e informar o resultado final do questionário.

Outra orientação dessa pesquisa: fornecer sons previamente assimilados para guiar

o estudante no jogo e permitir, sempre que possível, que ele possa criar catálogos sonoros customizados. O jogo fornecerá um som que indica que o personagem bateu em uma parede, mas deverá permitir que o estudante escolha outro som para representar essa ação. E esse som não poderá ser utilizado para indicar outra situação.

As duas diretrizes acima apresentam relação com a UDL em relação à motivação dos alunos e flexibilidade para escolher a forma de desenvolver suas atividades.

2. Representação: oferecer informações em mais de um formato.

Em uma sala de aula os materiais devem ser acessíveis a todos os estudantes. Eles têm várias opções de leitura, incluindo livros impressos, digitais, conversão de texto em voz e audiolivros (MORIN, 2020).

Uma orientação dessa pesquisa é a seguinte: o REA fornecerá um texto e algumas questões sobre o texto. Para que todos os estudantes consigam realizar a atividade, o professor não poderá utilizar um texto em formato de imagem. Dessa forma, o leitor de tela conseguirá ler o texto para o estudante. Se o professor utilizar um texto em formato de imagem, será necessário fornecer uma alternativa para estudantes cegos, como um áudio com a leitura do texto.

Outra diretriz apresenta o seguinte: destacar as informações, a estrutura e os relacionamentos, tais como: temas, títulos, subtítulos, autoria, datas, ler a legenda, informar se existe texto no vídeo, ambiente, animação das imagens, movimentações e características das pessoas e/ou outros seres vivos.

A leitura das legendas são essenciais para pessoas cegas. Porém, a leitura das legendas também é muito útil para pessoas que não sabem ler, oferecendo oportunidades iguais de sucesso. Logo, essas orientação reforçam a importância de fornecer informações em vários formatos.

3. Ação e expressão: oferecer mais de uma maneira do estudante interagir com o material e demonstrar o que sabe.

Com a UDL, há várias opções de um estudante concluir uma tarefa. Por exemplo, eles podem criar um podcast, um vídeo ou desenhar uma história em quadrinhos para mostrar o que sabem. Existem várias possibilidades para concluir as tarefas, desde que os estudantes atinjam os objetivos da aula (MORIN, 2020).

Uma das diretrizes dessa pesquisa aponta o seguinte: sempre que possível, viabilizar diferentes formas de utilização dos componentes. As caixas de texto podem oferecer a opção do estudante responder uma questão digitando, gravando um áudio ou um vídeo, como mostra a Figura 31.

Oferecer várias opções para que os estudantes possam desenvolver um exercício torna o ensino mais inclusivo, flexível e prazeroso para os estudantes, uma vez que, cada

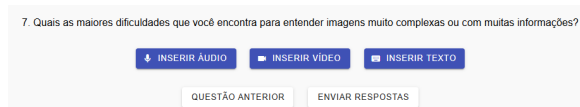


Figura 11 – Exemplo de diferentes formas de utilização do componente

um poderá escolher a forma que se sente mais confortável para realizar a atividade.

Logo, a UDL, assim como a presente pesquisa, abrange a individualidade de cada estudante, busca oferecer maneiras que se adaptam ao estudante e utiliza os pontos fortes dos mesmos para aprimorar seus pontos fracos.

5.4 Considerações Finais

Este capítulo apresentou o processo de correlação, seleção das diretrizes e princípios pedagógicos e a construção das recomendações.

A UDL, os princípios pedagógicos e o WCAG 2.1 foram estudados e considerou-se a organização e estrutura do WCAG para a criação das diretrizes pedagógicas e de acessibilidade. O diferencial deste trabalho foi desenvolver novas diretrizes combinando o WCAG 2.1 com aspectos pedagógicos, além de envolver os usuários finais desde o início da elaboração das diretrizes.

Em alguns casos, foram selecionados mais de um critério de sucesso do WCAG e/ou princípio pedagógico para uma barreira de acessibilidade. Isso ocorreu porque mais de um critério de sucesso e/ou princípio pedagógico possuía relação com a mesma barreira. Esses itens foram relacionados e combinados para a elaboração da diretriz.

6 Processo de Criação das Diretrizes - Fase de Validação e Refinamento

6.1 Considerações Iniciais

Foi criado um conjunto inicial de diretrizes, que foi avaliado por especialistas. A partir dessa avaliação, as recomendações foram refinadas e foi estabelecida a segunda versão. Em seguida, foram realizadas as avaliações com estudantes cegos e pedagogos, gerando a versão final das diretrizes pedagógicas e de acessibilidade, apresentadas no Capítulo 7. Para simplificar, as diretrizes iniciais e a segunda versão estão no Google Drive^{1,2}.

6.2 Fase de Validação e Refinamento

A fase de validação consiste em avaliar as diretrizes utilizando vários métodos. Essas recomendações são refinadas a partir dos resultados das validações (QUINONES et al., 2018). Logo, as fases de validação e refinamento são realizadas simultaneamente.

De acordo com Souza et al. (SOUZA et al., 2024), a avaliação manual, avaliação com usuários especialistas, avaliação com usuários finais e avaliação heurística são os tipos de avaliação de acessibilidade mais recorrentes.

O usuário final é muito importante e é o centro em qualquer tarefa que envolva a Interação Humano-Computador. Assim, incluí-lo em todas as etapas de projetos de interfaces gráficas é crucial para a obtenção de bons resultados. No entanto, há muitos desafios neste sentido, tais como, as dificuldades em conseguir usuários finais voluntários que se envolvam em projetos de pesquisa e estejam dispostos a avaliar os artefatos gerados. Neste trabalho, buscou-se superar estas dificuldades, considerando-se mecanismos que pudessem contribuir para a participação de especialistas em acessibilidade e princípios pedagógicos e usuários finais na criação de um conjunto de diretrizes pedagógicas e de acessibilidade para REA.

Dessa forma, foi desenvolvido um protótipo utilizando a primeira versão das diretrizes. Esse conjunto de recomendações foi avaliado por especialistas em acessibilidade e princípios pedagógicos (SOARES et al., 2024), gerando a segunda versão das diretrizes.

¹ Versão 1: <https://docs.google.com/document/d/173tsBkxSDQKCK-4N8WlkgQd4aFDmLLogEET5KHpjzGw/edit?usp=sharing>

² Versão 2: https://docs.google.com/document/d/16mCDir9x1_NMBSmFp1jyCycLYlBo1vXgfB3NAkZ6RFc/edit?usp=sharing

Por fim, foram realizadas avaliações com estudantes cegos e pedagogos, para identificar os problemas de acessibilidade na prática. As avaliações e seus resultados serão apresentados a seguir.

6.3 Avaliação com especialistas

A primeira avaliação das diretrizes foi realizada por um conjunto de especialistas utilizando a técnica de revisão por pares, que tem como finalidade identificar problemas e sugerir ações corretivas (WOHLIN et al., 2012). Este estudo foi conduzido com o objetivo de analisar as diretrizes pedagógicas e de acessibilidade, com o propósito de observar a sua utilidade e facilidade de uso com respeito ao apoio na construção de REA acessíveis para estudantes cegos, a partir do ponto de vista de especialistas em acessibilidade e princípios pedagógicos.

Para a condução desta revisão, foram criadas 6 questões que orientaram os especialistas quanto aos critérios de avaliação que deveriam ser analisados. Foram realizadas avaliações com 2 especialistas em Acessibilidade, um especialista em Interação Humano-Computador e um especialista em Pedagogia e Psicopedagogia. Os especialistas em acessibilidade são professores doutores de universidades públicas, lecionam disciplinas relacionadas ao tema deste trabalho e pesquisam sobre o tema acessibilidade há aproximadamente 20 anos. O especialista em Interação Humano-Computador é professor doutor de universidade pública, tendo experiência acadêmica e profissional em usabilidade e *User eXperience* (UX). O especialista em pedagogia possui formação acadêmica em nível de graduação em Engenharia de Computação, em Pedagogia e especialização em Psicopedagogia, é mestre em Ciência da Computação e atualmente é estudante de doutorado na mesma área.

Primeiramente os especialistas foram contatados para verificar a disponibilidade para participar da revisão e, em seguida, foi compartilhado o arquivo com as diretrizes e um arquivo para cada revisor com as instruções para a realização da revisão. Cada especialista realizou a avaliação de forma individual e enviou sua análise para a pesquisadora. Foram utilizadas as mesmas questões para todos os especialistas, porém cada especialista deu mais ênfase na sua respectiva área, acessibilidade ou princípios pedagógicos. Por fim, a pesquisadora analisou todas as considerações realizadas pelos especialistas.

A revisão por pares foi realizada entre 02 de Abril e 01 de Maio de 2024 e foi solicitado que cada revisor informasse:

1. As diretrizes que não estão claras e sugestão de ação corretiva
2. As diretrizes cujas descrições não estão compreensíveis e sugestão de ação corretiva

Tabela 12 – Quantidade de respostas por questão

Questão	Quantidade
As diretrizes que não estão claras e sugestão de ação corretiva	11
As diretrizes cujas descrições não estão compreensíveis e sugestão de ação corretiva	22
As diretrizes cujos exemplos não podem ser facilmente compreendidos e sugestão de ação corretiva	34
As diretrizes que não possuem recomendações de acessibilidade e/ou recomendações pedagógicas para estudantes cegos e justificativa	9
As diretrizes que não são úteis para a construção do REA e justificativa	0
Sugestão de alguma diretriz adicional	3
Considerações gerais	3
Total	82

3. As diretrizes cujos exemplos não podem ser facilmente compreendidos e sugestão de ação corretiva
4. As diretrizes que não possuem recomendações de acessibilidade e/ou recomendações pedagógicas para estudantes cegos e justificativa
5. As diretrizes que não são úteis para a construção do REA e justificativa
6. Sugestão de alguma diretriz adicional

Após a revisão dos especialistas, verificou-se um total de 82 ações corretivas, como mostra a Tabela 12. Desse total de sugestões, a questão diretrizes cujos exemplos não podem ser facilmente compreendidos obteve 34 sugestões; seguido pela questão diretrizes cujas descrições não estão compreensíveis com 22; a questão diretrizes que não estão claras obteve 11 comentários; a questão diretrizes que não possuem recomendações de acessibilidade e/ou recomendações pedagógicas obteve 9; foram apresentadas 3 considerações gerais, que são sugestões fornecidas pelos avaliadores e que não se referem às questões enviadas na avaliação; os avaliadores sugeriram 3 diretrizes novas e a questão diretrizes que não são úteis para a construção do REA não apresentou sugestões. Com esse resultado, percebe-se o quanto as diretrizes são úteis para a construção de REA acessíveis.

A partir das sugestões dos avaliadores, analisou-se a aceitação de cada ação corretiva de acordo com a seguinte classificação:

- Totalmente aceita: a sugestão foi totalmente realizada
- Parcialmente aceita: partes da sugestão foram realizadas
- Não aceita: a sugestão não tem ligação com o objetivo proposto

Os resultados da revisão por pares contribuíram significativamente para o trabalho possibilitando a correção dos itens a partir das sugestões. As discussões e as dúvidas dos especialistas³ possibilitaram novas reflexões sobre as diretrizes e permitiram identificar pontos importantes que precisam ser considerados e discutidos na próxima etapa de avaliação. Do total de 82 sugestões apontadas pelos especialistas, 42 foram totalmente aceitas, 6 parcialmente aceitas e 34 não foram aceitas, demonstrando que as diretrizes evoluíram bastante após as correções. As sugestões aceitas, no geral, apontavam algumas modificações no texto, alterações nos exemplos para não causar dúvidas quanto à interpretação, conexão de diretrizes relacionadas e sugestões de novas diretrizes, em que uma sugestão reforçava uma recomendação já existente. As sugestões não aceitas indicavam diretrizes duplicadas ou semelhantes e exemplos repetidos e não foram consideradas por ter sido um entendimento equivocado dos avaliadores.

A partir dessa avaliação, foi estabelecida a segunda versão das diretrizes. Em seguida, esse conjunto de recomendações foi avaliado com estudantes cegos e pedagogos. Para isso, foram implementados protótipos a partir de cada recomendação e os estudantes e pedagogos utilizaram esses protótipos.

O protótipo foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação Javascript⁴, por ser uma linguagem amplamente utilizada no desenvolvimento *web*, suportada pelos principais navegadores e plataformas e possuir uma abundância de recursos, tutoriais e suporte disponíveis para ajudar os desenvolvedores a resolverem os problemas e aprenderem novos conceitos. Além disso, foram utilizadas as seguintes tecnologias:

- Node.js⁵ (v20.9.0): O Node Package Manager é um dos maiores repositórios de *software* do mundo, com milhares de pacotes prontos para uso disponíveis para instalação. Isso simplifica o gerenciamento de dependências e permite que os desenvolvedores aproveitem uma vasta gama de bibliotecas e *frameworks* para acelerar o desenvolvimento.
- Vue.js⁶ (v3.4.21): possui uma grande comunidade de desenvolvedores e um ecossistema de plugins e bibliotecas bem estabelecido, o que significa que há uma ampla gama de recursos disponíveis para acelerar o desenvolvimento. Também oferece reatividade de dados automática, permitindo que as alterações nos dados sejam refletidas automaticamente na interface do usuário, simplificando o processo de desenvolvimento.
- Vuetify⁷ (v3.5.14): oferece uma grande variedade de componentes pré-projetados e

³ https://docs.google.com/document/d/1bFJuQa52EmzBXSxz5-IMp1oYDS8I_TGx_lgjz4B4uRQ/edit?usp=sharing

⁴ <https://www.javascript.com/>

⁵ <https://nodejs.org/en>

⁶ <https://vuejs.org/>

⁷ <https://vuetifyjs.com/>

altamente personalizáveis que podem ser facilmente integrados em seus protótipos, economizando tempo e esforço de desenvolvimento. Além disso, possui uma documentação abrangente e exemplos de código detalhados que facilitam a compreensão e a implementação de seus componentes, tornando o processo de desenvolvimento mais eficiente.

Como mencionado anteriormente, o protótipo foi desenvolvido a partir dos exemplos das diretrizes, e esse processo será descrito a seguir.

Diretriz 1: Fornecer descrição para conteúdo não textual

Descrição: *Apresentar o contexto de uso esperado da imagem, utilizando uma descrição alternativa em texto para todo conteúdo não textual com os seguintes elementos orientadores de descrição de imagens:*

- **Nomear/identificar:** o que, quem;
- **Qualificar:** como (adjetivos);
- **Ação:** faz o quê, como (advérbios);
- **Tempo:** quando;
- **Localizar/situar:** onde;
- **Enquadramento de câmera:** de onde;

Exemplo:

Em uma aula sobre acessibilidade, os estudantes cegos esperam encontrar uma descrição para todas as imagens, como a descrição fornecida para a Figura 12.



Figura 12 – Exemplo para descrição da imagem

Fonte da imagem: <https://bibliotecaprt21.wordpress.com/alerta-juridico/quadrinhos-infantis-licao-de-acessibilidade/>

Descrição da imagem: Ilustração utilizada para exemplificar o conceito de acessibilidade. [O QUE] A imagem mostra 6 personagens em uma [ONDE] biblioteca. [DE

ONDE] Dois personagens estão à esquerda da imagem de frente para uma bancada de livros em que está escrito literatura infantil. **[FAZ O QUÊ]** Cada um está lendo um livro. **[COMO]** Os dois personagens são homens brancos e possuem cabelos pretos. Um está com uma blusa verde, um short preto e um sapato marrom e o outro está com uma blusa amarela, um short marrom e sem sapatos. **[DE ONDE]** Os outros 4 personagens estão à direita da imagem em frente à outra bancada de livros em que está escrito livros em braille e logo abaixo, audiolivros. **[FAZ O QUÊ]** Um personagem está apoiado na bancada e possui as seguintes características: **[COMO]** homem branco, cabelo louro, utilizando blusa, calça e sapato azuis, porém a calça possui um tom mais claro. A outra personagem é uma mulher e **[DE ONDE]** está de frente para esse homem **[FAZ O QUÊ]** fazendo um sinal de positivo, representando a importância da biblioteca fornecer livros em braille e audiolivros. **[COMO]** É uma mulher branca, possui cabelo castanho com algumas mechas vermelhas e está usando uma blusa amarela e short e sapatos rosas. A quinta personagem é uma mulher branca, cega, possui cabelo louro e está utilizando uma blusa branca. **[DE ONDE]** Ela está sentada e sobre a mesa possui um livro em braille, **[FAZ O QUÊ]** que a personagem está lendo. **[DE ONDE]** Ao seu lado há um **[COMO]** cachorro amarelo, que é o seu **[FAZ O QUÊ]** cão guia.

Esses elementos são utilizados para auxiliar na descrição das imagens e não são obrigatórios. A imagem apresentada não possui indicação do tempo, por isso esse elemento não foi inserido na descrição. Logo, essa descrição foi inserida no protótipo para que os estudantes pudessem entender a imagem. Esse procedimento foi realizado com todas as diretrizes para o desenvolvimento do protótipo.

6.4 Avaliação com usuários finais

Diversos autores enfatizaram a importância de se realizar avaliação com usuários finais. Souza et al. (SOUZA et al., 2024) destacam a importância de considerar as experiências e necessidades específicas de diferentes grupos de usuários, incluindo o público-alvo do sistema na avaliação. Moraes et al. (MORAES et al., 2024) enfatizam que o teste direto com usuários finais é a melhor maneira de determinar se as técnicas usadas realmente os beneficiam e ressalta que uma validação mais conclusiva da ferramenta exigiria a participação de um grupo de usuários finais. Para Oliveira et al. (OLIVEIRA; ELER, 2024) as avaliações com usuários contribuem para entender as necessidades do usuário, identificar problemas de acessibilidade na prática, validar descobertas e podem oferecer oportunidades para melhorar a acessibilidade dos sistemas. Para Reyes et al. (ARIAS et al., 2022) as avaliações de usuários representam uma fonte valiosa de informações para desenvolvedores e pesquisadores entenderem os desafios que os usuários enfrentam. Memon (MEMON et al., 2023) destaca que as avaliações de usuários incluem muitas informações, uma vez que identifica bugs, ideias para novos recursos e melhorias.

Nota-se, ainda, que a maioria dos desenvolvedores e designers não tem conhecimento adequado sobre requisitos de acessibilidade para pessoas com deficiência e não reconhecem as sutis preocupações de acessibilidade e usabilidade que as pessoas com deficiência enfrentam (BRADBARD; PETERS, 2010; BIGHAM et al., 2010). Os validadores de acessibilidade ajudam os desenvolvedores a avaliar e melhorar as páginas da *web*, porém, os validadores não conseguem detectar todos os problemas de acessibilidade. Além disso, problemas sutis de usabilidade e acessibilidade, como problemas com a ordem de leitura ou falta de tags de título ou outra marcação, são ainda mais difíceis de detectar automaticamente (BIGHAM et al., 2010), enfatizando a importância da participação do usuário final.

Dessa forma, a avaliação com os usuários finais foi realizada de 2 formas: avaliação dos REA curso, gráfico, imagem, link, questionário, tabela, texto e vídeo com estudantes cegos e com pedagogos; e avaliação do REA game com um estudante cego. O REA game foi avaliado separadamente porque o protótipo ficou muito extenso e isso poderia causar cansaço nos usuários finais.

6.4.1 Avaliação dos REA Curso, Gráfico, Imagem, Link, Questionário, Tabela, Texto e Vídeo

Para realizar a avaliação com estudantes cegos e pedagogos foi conduzido um estudo empírico seguindo as etapas definidas por Wohlin et al. (WOHLIN et al., 2012), tais como: definição, planejamento, execução e análise e interpretação dos dados. Esse estudo empírico teve como objetivo avaliar a facilidade de uso dos recursos educacionais abertos desenvolvidos com o apoio das diretrizes.

6.4.1.1 Definição

O estudo empírico teve como objetivo avaliar a facilidade de uso de um protótipo de REA desenvolvido com o apoio das diretrizes pedagógicas e de acessibilidade para estudantes cegos.

6.4.1.2 Planejamento

Inicialmente, foi realizado o teste piloto com um especialista em usabilidade e acessibilidade (P1). P1 é doutoranda em Ciências da Computação e Matemática Computacional da Universidade de São Paulo. Está no último ano de doutorado e trabalha com avaliação automática de usabilidade. Trabalhou diretamente com acessibilidade na avaliação de aplicativos de prefeituras para pessoas cegas. O teste piloto foi realizado para avaliar a qualidade do estudo planejado e também examinar se seria necessário realizar alguma correção. O teste foi realizado de forma assíncrona, P1 conseguiu navegar pelo pro-

tótipo utilizando o leitor de telas Voice Over⁸, respondeu as perguntas e sugeriu algumas alterações. As sugestões foram analisadas e as consideradas viáveis, foram implementadas no protótipo.

Em seguida, foram convidados 19 estudantes cegos e 1 pedagogo para participar da avaliação e apenas 1 estudante e o pedagogo aceitaram participar. A seleção dos participantes foi realizada por conveniência com base em contatos que as pesquisadoras já possuíam e contatos com outros pesquisadores. Alguns dos participantes convidados recomendaram outros para inclusão no estudo. Os convites foram enviados em outubro de 2024. Como só foi possível realizar a avaliação com 1 estudante e 1 pedagogo, foram enviados novos convites para 109 universidades brasileiras através do sistema Fala.Br⁹. Fala.Br é um sistema do governo federal brasileiro para encaminhamento de manifestações, tais como, acesso à informação, denúncia, elogio, reclamação, solicitação e sugestão.

Para os casos em que não foi possível enviar o convite através desse sistema, foi enviado um email diretamente para o setor de acessibilidade da universidade. A lista de universidades (Apêndice B) foi obtida através do site do e-MEC¹⁰. O e-MEC é um sistema do Ministério da Educação do Brasil que permite a consulta de cursos e instituições de educação superior. A pesquisa foi realizada filtrando os seguintes campos e valores, respectivamente: busca por instituição de ensino superior; categoria administrativa: pública federal e pública estadual; organização acadêmica: universidade. Nesse segundo convite, 10 estudantes cegos e 12 pedagogos aceitaram participar da avaliação. No entanto, 5 estudantes e 3 pedagogos não compareceram na reunião. Logo, a avaliação foi realizada com 6 estudantes e 10 pedagogos, considerando o estudante e o pedagogo que aceitaram participar da avaliação no primeiro convite.

Para a realização das avaliações os usuários precisavam ter computador ligado à internet, navegador e leitor de telas. Não foi necessário realizar treinamentos com os participantes, uma vez que eles já possuíam experiência com o uso de sistemas digitais e essa era a única habilidade esperada. Além disso, o treinamento poderia criar uma influência na experiência dos usuários.

Com a definição do escopo da avaliação, uma questão de pesquisa e as hipóteses foram formuladas, conforme indicado a seguir:

As diretrizes contribuíram para melhorar os elementos pedagógicos e de acessibilidade dos REA?

H_0 : As diretrizes não contribuíram para melhorar os elementos pedagógicos e de acessibilidade dos REA;

H_1 : As diretrizes contribuíram para melhorar os elementos pedagógicos e de aces-

⁸ <https://apps.microsoft.com/detail/9phk88s8rghg?hl=pt-BR&gl=BR>

⁹ <https://falabr.cgu.gov.br/>

¹⁰ <https://emec.mec.gov.br/>

sibilidade dos REA.

Foram consideradas as seguintes variáveis para orientar a avaliação das hipóteses acima:

Variáveis dependentes: qualidade do protótipo desenvolvido em relação a acessibilidade e questões pedagógicas e o leitor de tela utilizado por cada participante.

Variáveis independentes: protótipo acessível desenvolvido.

A instrumentação para condução da avaliação foi desenvolvida por meio dos seguintes artefatos:

- Questionário para coletar informações básicas sobre os participantes e coletar aspectos sobre a avaliação das diretrizes. O questionário de perfil coletou informações relacionadas às características dos participantes e identificou também o nível de experiência dos pedagogos com acessibilidade. O questionário de avaliação coletou informações sobre a percepção dos participantes em relação ao apoio que as diretrizes oferecem no processo de construção de REA acessíveis. O projeto de pesquisa foi aprovado pelo comitê de ética da universidade da pesquisadora e possui o seguinte certificado de apresentação de apreciação ética: 73036423.0.0000.0021.
- Um protótipo desenvolvido a partir das diretrizes pedagógicas e de acessibilidade para ser utilizado pelos estudantes e pedagogos.

A construção do protótipo foi realizada utilizando como única fonte de consulta as diretrizes pedagógicas e de acessibilidade propostas neste trabalho e o mesmo encontra-se disponível em <https://diretrizesacessibilidade.netlify.app/>. O usuário recebeu o link do protótipo e foi solicitado que ele navegasse pelos elementos, acompanhado pela pesquisadora, para verificar a compreensão do ambiente e análise da experiência com o protótipo. O código fonte do protótipo está disponível em <https://github.com/GustavoKikey/guideline-project>.

6.4.1.3 Execução

A avaliação das diretrizes foi realizada com a participação de estudantes cegos e pedagogos. Para participar do estudo, os estudantes e pedagogos manifestaram interesse em participar do estudo, concordando com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Os participantes foram previamente informados: (i) sobre o objetivo da avaliação; (ii) que os dados coletados seriam utilizados estritamente para fins científicos; (iii) que a participação era voluntária; e (iv) que tinham o direito de não participar e de interromper sua participação a qualquer momento, sem incorrer em qualquer penalidade.

Os usuários finais utilizaram o protótipo desenvolvido baseado nas diretrizes pedagógicas e de acessibilidade, explorando todas as opções e tentando compreender o conteúdo. Em alguns momentos, durante a utilização do protótipo, foi necessário realizar algumas perguntas para o usuário para compreender a melhor forma de passar determinadas informações e verificar se havia sugestões ou melhorias.

O procedimento de avaliação ocorreu por meio de encontros remotos e individualizados, utilizando a plataforma do Google Meet¹¹ e teve duração média de 2 horas com os estudantes e 1 hora com os pedagogos. Foi realizado em diferentes dias a fim de ajustar a agenda de cada participante. O intervalo de realização da avaliação ocorreu no período de 16 de outubro de 2024 a 20 de dezembro de 2024.

A primeira parte da avaliação consistiu em uma breve apresentação do trabalho entre o autor e o participante. Em seguida, foi disponibilizado o link de acesso ao protótipo e solicitado que o estudante/pedagogo utilizasse o protótipo que foi desenvolvido baseado nas diretrizes pedagógicas e de acessibilidade. O usuário deveria navegar por todo o protótipo, explorando todas as opções e tentando compreender o conteúdo. Em alguns momentos, durante a execução do protótipo, foi necessário realizar algumas perguntas para o usuário. Para que fosse possível visualizar o que o usuário estava realizando em cada momento, foi solicitado que ele compartilhasse sua tela.

Por fim, foi solicitado que os participantes respondessem os questionários de caracterização de perfil (Apêndice C.1 e C.2) e de avaliação da percepção de utilidade das diretrizes (Apêndice C.3), que pode ser identificada na navegação e também na facilidade de compreensão do conteúdo disponível no protótipo. Nesse momento, o usuário finalizava o compartilhamento de tela.

6.4.1.4 Análise e interpretação dos dados

A partir da avaliação e entrevista realizadas com pedagogos e estudantes cegos, o *feedback* dos usuários finais foi separado em um conjunto de respostas, sugestões e problemas identificados no protótipo. Com esse conjunto de informações, cada diretriz foi revisada e classificada da seguinte forma:

- Confirmada: a resposta e/ou sugestão apontada pelo usuário final confirma totalmente a diretriz.
- Alterada: a resposta, sugestão e/ou problema apontado pelo usuário final altera parte da diretriz.
- Negada: a resposta, sugestão e/ou problema apontado pelo usuário final contradiz totalmente a diretriz.

¹¹ <https://workspace.google.com/products/meet/>

Os resultados da avaliação com estudantes cegos e pedagogos contribuíram significativamente para o trabalho possibilitando a correção das diretrizes a partir das respostas, sugestões e problemas apontados. Do total de 40 diretrizes, 17 foram confirmadas pelas considerações apontadas pelos usuários, 22 foram alteradas e 1 foi negada, demonstrando que as diretrizes evoluíram bastante após a avaliação com os usuários finais.

A fim de complementar as informações obtidas com a avaliação com os pedagogos e estudantes, foi solicitado que os usuários respondessem um questionário para que fosse possível conhecer o perfil dos participantes, o nível de experiência dos pedagogos com acessibilidade e avaliar a percepção de utilidade das diretrizes pedagógicas e de acessibilidade.

Em relação ao perfil dos participantes, foram criados dois questionários, um para os estudantes e outro para os pedagogos. Em relação a percepção de utilidade das diretrizes, os participantes responderam as mesmas questões.

Foram solicitadas características dos estudantes, como a idade e o gênero. Os participantes tem idade entre 20 e 59 anos e quanto ao gênero, 2 participantes são mulheres e 4 são homens.

Em relação ao perfil profissional foram realizadas questões sobre a formação acadêmica do estudante, se o mesmo possuía experiência profissional, a área e o tempo de trabalho. A Figura 13 apresenta que o mestrado (33,3%) e a graduação (cursando) (33,3%) representam a titulação da maioria dos estudantes, seguido por graduação completa (16,7%) e pós-doutorado (16,7%). 83,3% dos participantes possuem experiência profissional (Figura 14) em diversas áreas, como Educação, Informática, Administrativa, Serviço Público e Educação Especial. O tempo de trabalho dos estudantes varia de 2 a 15 anos.

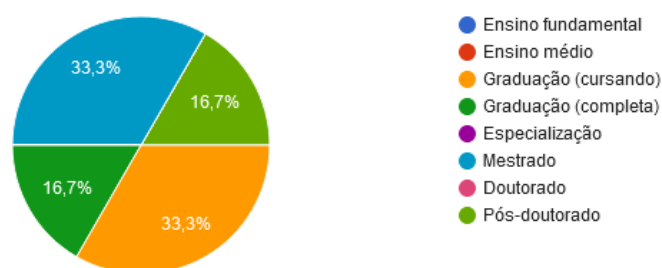


Figura 13 – Grau de escolaridade dos estudantes

Para os pedagogos, a pesquisa teve início com questões relacionadas ao perfil profissional, como a formação acadêmica, área de formação e tempo de atuação como pedagogo. A Figura 15 apresenta que a Especialização (40%) representa a titulação da maioria dos pedagogos, seguido por Graduação (30%), Mestrado (20%) e Doutorado (10%). Os participantes possuem formação em Pedagogia e Psicopedagogia e o tempo de atuação varia entre 5 e 23 anos.

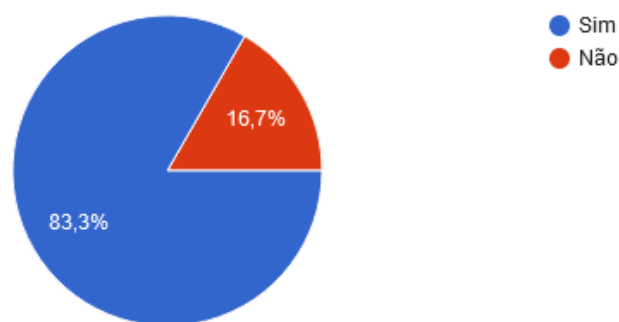


Figura 14 – Quantidade de usuários finais com experiência profissional

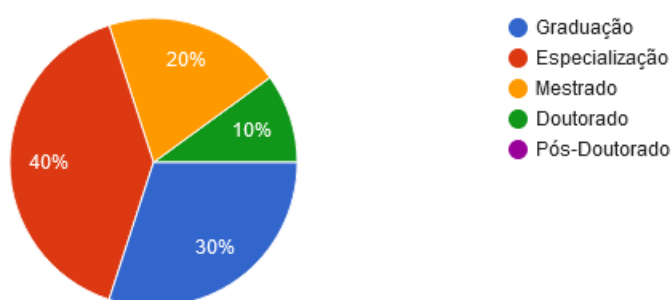


Figura 15 – Grau de escolaridade dos pedagogos

Foi solicitado que os estudantes respondessem se eram cegos e qual o leitor de tela utilizado. Todos os estudantes confirmaram que são cegos e os leitores de tela utilizados são NVDA¹² (3 estudantes), ScreenReader¹³ (1 estudante), Talkback¹⁴ (1 estudante) e Voice Over¹⁵ (1 estudante).

Os pedagogos foram questionados sobre a experiência com a acessibilidade. Os pedagogos informaram que nunca produziram conteúdo educativo para estudantes cegos e as Figuras 16 e 17 mostram que os pedagogos possuem baixo nível de conhecimento em acessibilidade e pouco tempo de experiência em acessibilidade com estudantes cegos, respectivamente. Isso pode ser devido a falta de material para auxiliar os profissionais, uma vez que as pesquisas mostraram que não há diretrizes para REA que considerem elementos pedagógicos e de acessibilidade para estudantes cegos.

A maioria dos pedagogos (80%) declarou que não costuma utilizar material de apoio para produzir conteúdo educativo para estudantes cegos, porém todos os pedagogos consideram interessante ter diretrizes para apoiar na elaboração de conteúdo educativo. Isso demonstra como é importante disponibilizar para os profissionais um conjunto de recomendações pedagógicas e de acessibilidade voltadas para a educação.

¹² <https://www.nvaccess.org/>

¹³ <https://screen-reader.softonic.com.br/>

¹⁴ <https://support.google.com/accessibility/android/topic/3529932>

¹⁵ <https://apps.microsoft.com/detail/9phk88s8rghg?hl=pt-BR&gl=BR>

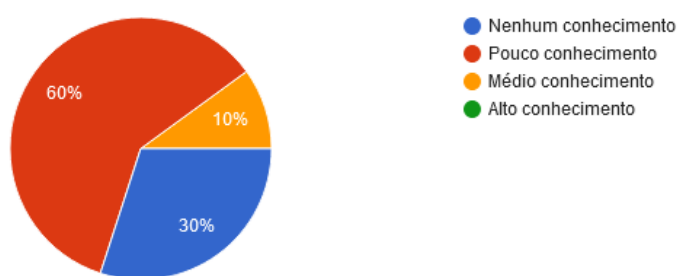


Figura 16 – Nível de conhecimento em acessibilidade com estudantes cegos

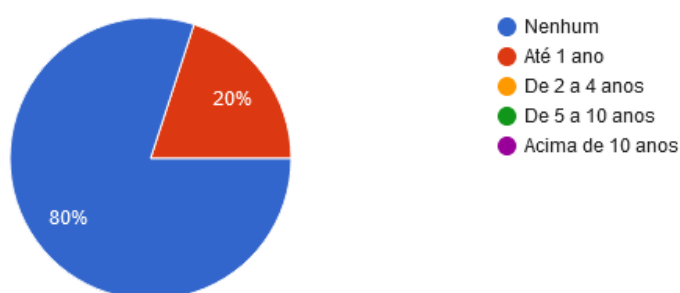


Figura 17 – Tempo de experiência em acessibilidade com estudantes cegos

Também foi analisada a percepção de utilidade das diretrizes para os usuários finais. Todos os estudantes cegos e pedagogos conseguiram acessar completamente os elementos do protótipo e as Figuras 18 e 19 apresentam o quantitativo de estudantes e pedagogos que conseguiram utilizar o protótipo sem precisar de auxílio externo.

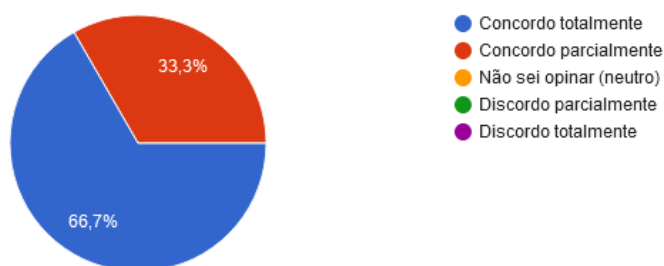


Figura 18 – Respostas dos alunos em relação a conseguir utilizar o protótipo sem auxílio externo

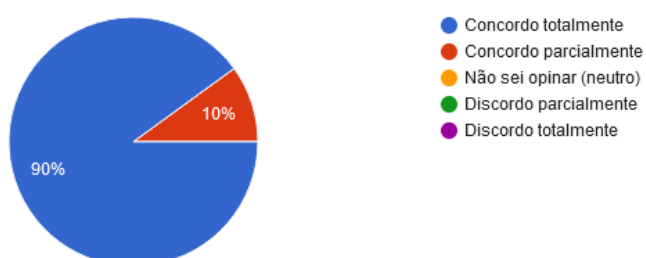


Figura 19 – Respostas dos pedagogos em relação a conseguir utilizar o protótipo sem auxílio externo

Em relação às diretrizes de acessibilidade, 66,7% dos estudantes e 70% dos pedagogos consideram que as mesmas foram totalmente atendidas. Em relação às diretrizes pedagógicas, 100% dos estudantes e 90% dos pedagogos consideram que elas foram totalmente atendidas.

As principais dificuldades de uso foram a ajuda contextualizada, a janela modal e a informação do caminho percorrido. Alguns participantes entenderam que a ajuda contextualizada era uma ajuda genérica sobre o protótipo e não informações sobre o conteúdo. Alguns leitores de tela não informavam o texto da janela modal. Além disso, alguns participantes não conseguiram compreender quando o leitor de telas informava o caminho percorrido, por exemplo, página inicial > capítulo 1. Algumas vantagens observadas pelos usuários finais estão relacionadas a forma de responder as questões e com a descrição e o tipo da imagem. Os usuários consideram interessante ter mais de uma forma para responder as questões, como texto, áudio e vídeo. Além disso, destacaram que é importante informar o tipo da imagem, isso é, se é um gráfico, uma foto ou um desenho e consideraram relevante a forma utilizada para descrever a imagem.

Além disso, o retorno em relação à experiência foi positiva, conforme os comentários dos usuários finais:

Participante 1: “Gostaria de agradecer pela oportunidade. Pode contar comigo para as próximas ações. Parabéns a toda equipe pela dedicação a pesquisa em acessibilidade.”

Participante 2: “Gostaria de parabenizar pela pesquisa e agradecer o convite para dela participar. Quanto mais pessoas pesquisarem sobre acessibilidade, maiores serão as possibilidades de que as pessoas com deficiência sejam efetivamente incluídas na sociedade, no mercado de trabalho e também no meio acadêmico.”

Participante 3: “Material com conteúdo muito bom! Parabéns.”

Participante 4: “Pesquisa relevante e muito interessante!”

Participante 5: “O protótipo foi extremamente importante para avaliar de forma prática as diretrizes pedagógicas e as diretrizes de acessibilidade.”

Participante 6: “Gostei muito de participar e saber que essas metodologias estão sendo criadas e estudadas.”

Participante 7: “Fantástica a iniciativa deste protótipo, parabéns!”

Por fim, vale ressaltar o interesse e motivação de alguns participantes. Um dos participantes relatou que não tinha computador para realizar a avaliação, mas conseguiu um computador emprestado para participar e contribuir com a pesquisa.

6.4.1.5 Ameaças à validade

Nesta seção são discutidas as possíveis ameaças à validade dos resultados desta etapa da pesquisa.

Validade da construção: a construção do protótipo e do questionário são ameaças à construção. Tentamos mitigá-las elaborando o protótipo com base nas diretrizes e realizando teste piloto. Dessa forma, acredita-se que a elaboração do protótipo foi devidamente considerada nesse estudo e o questionário estava acessível para estudantes cegos.

Validade interna: ameaças à validade interna são o efeito fadiga, a compreensão do protótipo e o desinteresse dos participantes. O tempo necessário para que os participantes pudessem executar o protótipo e responder às perguntas pode ter gerado cansaço. Tentamos mitigar isso reduzindo o tamanho do questionário. A possível falta de compreensão do conteúdo do protótipo foi reduzida com o acompanhamento da pesquisadora durante a execução do protótipo para auxiliar os participantes. Para evitar o desinteresse dos participantes, eles utilizaram o protótipo com o leitor de tela comumente utilizado por cada um e foram instruídos que poderiam deixar o estudo a qualquer momento.

Validade externa: ameaças à validade externa são o leitor de tela utilizado por cada estudante e a quantidade de participantes (6 estudantes e 10 pedagogos). Acredita-se que estas sejam as ameaças mais difíceis de mitigar devido à dificuldade de encontrar pessoas dispostas a participar da avaliação de pesquisas acadêmicas e por cada participante utilizar o leitor de tela de sua preferência.

6.4.2 Avaliação do REA Game

Para essa avaliação foi considerada a evolução do jogo denominando “Museu das Mulheres (Des)conhecidas” (BARBOSA; GONÇALVES, 2024) para a implementação das diretrizes apresentadas no Capítulo 7, com o intuito de melhorar a acessibilidade para estudantes cegos.

O jogo foi implementado com o objetivo de destacar e educar sobre a história de mulheres negras que tiveram papel significativo na sociedade, fora do contexto da escravidão.

Esse jogo foi adaptado (JUNIOR et al., 2025) para incorporar as diretrizes com o intuito de mostrar como elas podem ser utilizadas na prática. É importante notar que as diretrizes propostas são genéricas e podem ser implementadas de diferentes formas de acordo com os recursos disponíveis e, nesta pesquisa, é apresentada uma possível alternativa de implementação. Ao final, o jogo foi avaliado por um estudante cego, que utilizou-o com sucesso e indicou possibilidades de melhorias.

Os principais requisitos do jogo são:

- O jogo foi desenvolvido em uma perspectiva *top-down*, incorporando *quests* e *puzzles* com uma narrativa principal que envolve o jogador em um mundo rico em histórias. Os jogadores têm a liberdade de escolher a ordem que desejam coletar itens e descobrir as histórias de cada mulher, contadas por meio de descrições, diálogos e interações;
- O jogo se baseou na ideia de que o jogador entra em quadros representando cada mulher e, dentro desses quadros que terão uma representação visual da época e do local no qual essa mulher viveu, resolve *quests* para recuperar as memórias daquela mulher. Após completar todos os quadros, o jogador revitaliza a sala das mulheres negras, concluindo assim o jogo;
- O progresso do jogo é feito por meio de *quests* completáveis;
- O jogo deve conter *puzzles* para desbloquear locais, itens, NPCs (*non-player character* – todo personagem que não é controlado pelo jogador);
- A história do jogo é contada por meio de diálogos, descrições e *cutscenes*;
- O jogo possui um diário no qual o jogador pode anotar e desenhar itens, descrições e *quests*;
- O jogo possui um inventário para armazenar itens e utilizar menus;
- O jogo possui mecânicas de arrastar objetos dentro das *rooms*;
- O jogo possui um sistema de diálogos dinâmico e customizável;
- O jogador pode usar itens que desbloqueiam áreas ou itens ou alteram algum aspecto da gameplay;



Figura 20 – Exemplo de uma tela do jogo “Museu das Mulheres (Des)conhecidas”

Alguns pontos importantes relacionados às regras e mecânica do jogo foram consideradas com o intuito de comunicar a principal mensagem do jogo, conforme apresentado a seguir:

- *Quests e Puzzles*: as *quests* e *puzzles* são diretamente relacionadas às histórias e conquistas das mulheres retratadas. Resolver esses desafios permite ao jogador recuperar as memórias dessas mulheres, destacando suas contribuições e a importância de suas ações na sociedade.
- *Diário do Jogador*: o diário serve como uma ferramenta de registro, onde o jogador anota e desenha itens e descrições relevantes. Isso não só ajuda na progressão do jogo, mas também reforça o aprendizado e a retenção de informações históricas.
- *Inventário e Mecânicas de Itens*: o inventário simples e as mecânicas de uso de itens permitem que o jogador interaja com objetos históricos, ajudando a desbloquear novas áreas e informações. Esses itens são simbolicamente importantes, representando aspectos da vida e das conquistas das mulheres.
- *Sistema de Diálogos e Cutscenes*: os diálogos e *cutscenes* são usados para contar a história de cada mulher de maneira envolvente e emocional. Essas narrativas são fundamentais para criar uma conexão entre o jogador e os personagens históricos, tornando a aprendizagem mais significativa.
- *Liberdade de Escolha*: a liberdade dada ao jogador para escolher a ordem das *quests* reflete a diversidade de experiências e trajetórias das mulheres retratadas, enfatizando que não há um caminho único para o sucesso e reconhecimento.

6.4.2.1 Evolução do jogo para atender as diretrizes pedagógicas e de acessibilidade: estudo de caso

Inicialmente a equipe se reuniu para discutir as diretrizes pedagógicas e de acessibilidade e definir como incorporá-las ao projeto do jogo existente. A equipe era formada por 2 estudantes de graduação (experientes no projeto e desenvolvimento de jogos), 1 estudante de mestrado (experiente em programação) e 1 estudante de doutorado (autora das diretrizes e experiente em acessibilidade) na área de Ciência da Computação. Houve também a participação de 1 estudante do curso de Artes Visuais realizando o papel de dubladora.

As diretrizes apresentadas no Capítulo 7 foram consideradas e foram definidos elementos de *design* e implementação para a obtenção da nova versão do jogo. As diretrizes serão apresentadas a seguir destacando-se esses novos elementos.

Diretriz 1: Fornecer opção de pausar o jogo

1. garantir que todos os jogadores possam ter tempo suficiente para entender o conteúdo antes de prosseguir, permitindo:

- pausa dinâmica: o jogo deve permitir que o jogador pause a qualquer momento, incluindo *cutscenes* e diálogos
- retorno a diálogos: sempre deve ser possível retornar para ouvir um diálogo novamente

Diretriz 2: Evitar animações supérfluas

1. reduzir distrações ou sobrecarga sensorial aos jogadores:

- reduzir a interação por animações: reduzir a dependência de ações que envolvem animações como gatilho
- fornecer *feedback* auditivo em animações: em animações essenciais para o jogo, colocar *feedback* auditivo no início/final da execução ou ao longo de toda a animação
- fornecer descrição da animação: caso a animação seja essencial para a compreensão do jogo, colocar descrição auditiva para compreensão da animação.

Diretriz 3: Apresentar o contexto do jogo

1. contextualizar o jogador do que se espera que seja aprendido durante o jogo:

- fornecer contextualização por sala: no início de cada *room* adicionar caixa de diálogo geral para contextualizar o jogador do que ele precisa fazer para dar andamento com o jogo dentro daquela sala
- fornecer contextualização geral: antes do jogador entrar na primeira sala, iniciar o jogo com um diálogo automático que já na primeira fala apresenta os botões necessários para interagir, e nas próximas fornece um contexto geral para o jogo

2. os elementos das telas foram completamente modificados, como pode ser visto nas Figuras 20, 22 e 23. Elementos de uma praça foram considerados na versão inicial do jogo. Na versão acessível foi considerada uma sala, delimitada por paredes e que pudesse facilitar a navegação. Foi possível indicar os limites da sala por meio de sons e quando o personagem principal bate na parede um som específico é habilitado

Diretriz 4: Fornecer orientações para auxiliar na execução do jogo

1. garantir que o jogador se sinta localizado no jogo por meio de audiodescrição e sons espaciais que auxiliam na movimentação do jogo:

- fornecer audiodescrição de diálogos: todos os diálogos do jogo devem ser dublados, incluindo caixas de diálogo que contenham opções de escolha.
 - fornecer áudio em pontos de interesse: os pontos de interesse (como itens coletáveis ou objetos que requerem interação) devem emitir sons espaciais dinâmicos, eles vão auxiliar no direcionamento do jogador para interagir diretamente com o item
2. oferecer descrição por áudio das funcionalidades associadas às teclas. Neste projeto foram utilizadas setas para esquerda, direita, cima e baixo para deslocamento do personagem principal, enter para confirmar as respostas e espaço para interagir com os itens

Diretriz 5: Inserir elementos de incentivo ou motivação

1. garantir que o jogador se sinta interessado e motivado, por meio de pontos de interesse que prendam a atenção do jogador:
 - indicar pontos de interesse: o jogador deve ser estimulado a interagir ou coletar itens que sejam categorizados como ponto de interesse. É importante que esses pontos sejam organizados de forma que não confundam o jogador, por exemplo, direcionando-o de forma sequencial para que vários pontos de interesse não chamem a atenção ao mesmo tempo
 - indicar elementos chamativos: para chamar atenção do jogador para a progressão do jogo, os pontos de interesse devem emitir sinais sonoros diferentes de acordo com o seu tipo, as recompensas e conquistas também devem ser sinalizadas por meio de sons
2. incluir mensagens positivas e motivadoras, por exemplo: “Voce acertou a questão! Parabéns! Continue aprendendo sobre o tema!”

Diretriz 6: Utilizar conhecimento previamente assimilado

1. considerar a consistência em todas as telas do jogo, por exemplo, em relação ao uso do teclado, nível do áudio, tamanho da tela, dentre outros

O jogo adaptado para a versão acessível possui duas fases. Na primeira fase é preciso identificar 3 objetos importantes relacionados ao tema do jogo. Para cada um deles, ao acioná-los é possível ouvir a narração sobre o objeto, as mulheres e a história relacionada. Ao final desta fase, é necessário habilitar uma *quest* e responder. A segunda fase do jogo é mais complexa pois é preciso acionar os pontos verdes (devidamente sinalizados

por sons) apresentados na Figura 23, abrir as portas localizadas no topo da tela contendo os objetos importantes e resgatá-los. De forma semelhante, a cada objeto resgatado uma narrativa é acionada. De forma semelhante à primeira fase do jogo, ao final também é preciso buscar o local na tela onde é possível habilitar e responder uma *quest*.

O jogo foi desenvolvido em 2D, usando abordagem *top-down* em estilo *pixel art* e desenhado, utilizando a plataforma GameMaker Studio 2¹⁶. Atenção especial foi dada ao projeto e obtenção dos áudios que foram considerados no jogo. Para isso foi utilizado o FL Studio¹⁷ como estação de trabalho de áudio digital, útil para composição, gravação, edição, mixagem e masterização de músicas e áudios. O conceito de mixagem dinâmica foi aplicado para ajustar a intensidade dos sons conforme necessário, garantindo impacto e clareza. Os seguintes *plug-ins* foram utilizados:

- Equalizador FabFilter Pro Q3¹⁸: equalizador paramétrico versátil e preciso, conhecido por sua interface intuitiva e recursos avançados
- De-esser FabFilter Pro Ds¹⁹: usado para controlar e suavizar sibilâncias indesejadas em gravações vocais, como os sons das consoantes “s” e “t” que podem ser ásperos ou desagradáveis quando exagerados
- Compressor C1 Comp Stereo²⁰: usado para compressão estéreo, serve para controlar picos e suavizar a dinâmica em mixagens de vocais e instrumentos, podendo ser configurado para efeitos sutis ou mais agressivos, dependendo do contexto da mixagem
- Compressor, Limiter CLA-2A Stereo²¹: serve para compressão e limitação especialmente para vocais e instrumentos
- Processamento estéreo S1 Stereo Imager²²: usado para processamento estéreo, permite ajustar a largura e o posicionamento das faixas em uma mixagem estéreo, proporcionando maior flexibilidade na criação de um espaço sonoro
- Sala de mixagem virtual Nx Stereo²³: projetada para fornecer uma experiência de monitoramento de áudio em fones de ouvido com a mesma qualidade e percepção espacial de um ambiente de mixagem em estúdio. Foi desenvolvido para corrigir a limitação dos fones de ouvido, que tradicionalmente não conseguem reproduzir com precisão o campo estéreo e a profundidade sonora de uma mixagem real

¹⁶ <https://www.gamemaker.io/pt-BR>

¹⁷ <https://www.image-line.com/>

¹⁸ <https://www.fabfilter.com/products/pro-q-3-equalizer-plugin>

¹⁹ <https://www.fabfilter.com/products/pro-ds-de-esser-plugin>

²⁰ <https://www.waves.com/plugins/c1-compressor>

²¹ www.waves.com/plugins/cla-2a-compressor-limiter

²² <https://www.waves.com/plugins/s1-stereo-imager>

²³ <https://www.waves.com/plugins/nx>

- Reverb Fruity Reeverb 2²⁴: plugin de reverberação, utilizado principalmente para criar efeitos de espaço acústico e profundidade em mixagens de áudio

Finalmente, para efeitos sonoros foram utilizados:

- Sintetizador Vital Synth²⁵: trata-se de um sintetizador *wavetable*, que significa que pode gerar uma vasta gama de sons por meio da manipulação de formas de onda (*wavetables*) ao invés de usar métodos tradicionais de síntese
- SoundKit Sounds of KSHMR Vol. 3²⁶: é um pacote de *samples* e *presets* desenvolvido para fornecer sons de alta qualidade para produtores de música eletrônica

A Figura 21 apresenta a tela inicial do jogo e as Figuras 22 e 23 apresentam as telas principais das duas fases do jogo. Ele está disponível em <https://gx.games/games/b857sd/museu-das-mulheres-des-conhecidas-adaptado/> e pode ser utilizado por todas as pessoas interessadas.



Figura 21 – Tela inicial do jogo “Museu das Mulheres (Des)conhecidas” com implementação de elementos de acessibilidade



Figura 22 – Tela da primeira fase do jogo “Museu das Mulheres (Des)conhecidas” com implementação de elementos de acessibilidade

²⁴ <https://www.image-line.com/fl-studio-learning/fl-studio-online-manual/html/plugins/Fruity20Reeverb202.htm>

²⁵ <https://producer.zone/free-vst-plugins/vital/>

²⁶ <https://splice.com/sounds/packs/splice/sounds-of-kshmr-vol-3/samples>



Figura 23 – Tela da segunda fase do jogo “Museu das Mulheres (Des)conhecidas” com implementação de elementos de acessibilidade

6.4.2.2 Planejamento da avaliação

Para a avaliação, optou-se por disponibilizar o jogo por meio da *web* e permitir que o usuário pudesse explorá-lo livremente. Foi planejada a realização de uma reunião com a equipe e os usuários, individualmente, por meio de videoconferência com o objetivo de identificar os principais detalhes sobre a utilização e acessibilidade da proposta. O tempo planejado para a reunião foi de uma hora, incluindo a execução do jogo e avaliação. Foi utilizado o *Technology Acceptance Model* (TAM) (DAVIS, 1989), que fornece perguntas para medir o grau de aceitação de uma tecnologia específica por um grupo de participantes, considerando a utilidade (*usefulness*) e facilidade de uso (*ease-of-use*). Para cada questão, o avaliador escolheu a opção que melhor representava seu grau de concordância com base em uma escala Likert de 5 pontos, variando de “Concordo Totalmente” a “Discordo Totalmente”.

Para a avaliação dos critérios considerou-se que o jogo só poderá ter utilidade e ser fácil de usar se, em primeiro lugar, for acessível. Então, haverá sucesso apenas se o critério de acessibilidade estiver satisfeito. As perguntas (elaboradas no formato de afirmativas) consideradas nesta pesquisa sobre a utilidade do jogo, baseadas no questionário TAM, são apresentadas a seguir.

- O jogo é acessível
- O jogo permitiu que eu melhorasse meu entendimento sobre o tema principal, Mulheres (Des)conhecidas
- De forma geral, considero as diretrizes úteis para melhorar a acessibilidade do jogo

As perguntas consideradas nesta pesquisa sobre a facilidade de uso do jogo, baseadas no questionário TAM, foram:

- Foi fácil utilizar o jogo
- Foi possível jogar da forma que eu quis

- Eu pude jogar independentemente, sem auxílio de outras pessoas
- Não foi necessário muito esforço mental para interagir com o jogo
- Foi fácil recuperar quando ações não desejadas foram realizadas
- Eu entendi o que acontecia durante minha interação com o jogo
- O jogo se comporta de forma esperada
- O jogo fornece guia útil para executar as tarefas

A escala Likert considerada incluiu os seguintes pontos: (A) Concordo completamente; (B) Concordo parcialmente; (C) Neutro (D) Discordo parcialmente; (E) Discordo completamente.

6.4.2.3 Execução da avaliação e resultados

O jogo foi avaliado por um estudante cego com o objetivo de revelar o quanto foi possível de fato utilizá-lo com sucesso na prática e identificar possíveis necessidades de melhorias nas diretrizes, no projeto e na implementação. Para esta avaliação, apenas uma pessoa aceitou o convite e se disponibilizou a colaborar com a pesquisa. Foram submetidas 17 convites a estudantes cegos.

O avaliador possui cegueira total, é do sexo masculino, tem 36 anos, realiza estágio pós-doutoral e possui experiência profissional na área administrativa.

Os pesquisadores e o avaliador estavam em cidades diferentes no dia da avaliação e foi realizada uma reunião via Google Meet. Inicialmente, o avaliador recebeu o link para a execução do jogo, sendo que ele estava utilizando como leitor de telas o VoiceOver da Apple. Neste momento, foram encontradas várias dificuldades para a inicialização do jogo, tais como: dificuldades para usar o leitor de telas do usuário, pois ele bloqueava a execução do áudio do jogo; problemas de acessibilidade na plataforma que hospedava o jogo, dificultando ou impossibilitando a realização de atividades simples e importantes, tais como, utilizar tela cheia; problemas de compatibilidade entre as plataformas MacOS, Windows e iOS que geravam problemas, por exemplo, não era possível selecionar o link de execução do jogo. Os problemas levaram à necessidade de fornecer suporte remoto ao usuário para que o jogo pudesse ser executado com sucesso.

A equipe tentou solucionar as barreiras inesperadas para garantir que o usuário final estivesse confortável e que fosse possível realizar a avaliação. Entre as estratégias utilizadas, destacam-se a transmissão de link em e-mails e o suporte à navegação por tabulação, indicando os pontos em que o avaliador precisava clicar ou teclar. Foi necessário, também, realizar um suporte remoto entre o avaliador e os especialistas, instalando o

software AnyDesk. Assim, os especialistas puderam conectar remotamente ao computador do avaliador e realizar as correções necessárias, tais como desativar temporariamente o VoiceOver, ajustar a interface do navegador com o jogo em tela cheia e iniciar a aplicação

O tempo gasto para que o jogo começasse a ser executado foi duas horas e dez minutos e superou muito o tempo total planejado para toda a avaliação. Por outro lado, indicou muitos aspectos relevantes sobre alternativas para a disponibilização do jogo, considerando os diversos tipos de hardware e sistemas operacionais.

Vencida a etapa de disponibilização do jogo, a avaliação teve início. O avaliador demonstrou durante todo o tempo entusiasmo, alegria e vontade de colaborar e isso motivou a equipe na continuidade da tarefa principal. A avaliação durou 55 minutos.

Como resultado, o usuário conseguiu realizar todas as tarefas propostas no jogo e acertou todas as perguntas realizadas para avaliar o aprendizado. Na primeira fase do jogo ele identificou com sucesso os 3 objetos importantes relacionados ao tema do jogo. Para cada um deles, ao acioná-los, foi possível ouvir uma pequena narração sobre o objeto, as mulheres e a história relacionada. Ao final desta fase, ele buscou o local na tela onde podia habilitar uma *quest* e respondeu corretamente utilizando o teclado. Na segunda fase do jogo ele acionou os pontos verdes (apresentados na Figura 23) corretamente, abriu as portas localizadas no topo da tela contendo os objetos importantes e resgatou-os. De forma semelhante à primeira fase do jogo, ao final também foi preciso buscar o local na tela onde podia habilitar uma *quest* e ele respondeu corretamente utilizando o teclado.

As respostas ao questionário TAM são apresentadas na Tabela 13:

Em resumo, houve 7 respostas para (A) Concordo completamente, 2 respostas para (B) Concordo parcialmente e 2 respostas para (C) Neutro. Certamente, a equipe de desenvolvimento está ciente da necessidade de realizar novas avaliações com usuários finais, no entanto, a avaliação motivou a continuidade da pesquisa e a constatação de que resultados importantes já foram de fato alcançados. Ao final, foi solicitado ao avaliador que listasse os principais pontos de melhoria que ele identificou e foram obtidas informações relevantes que estão sendo consideradas na melhoria das diretrizes, do projeto e do protótipo. Essas sugestões são listadas a seguir:

- Diminuir a velocidade da leitura dos textos, principalmente por se tratar de conteúdo educacional que é novidade para o jogador;
- Disponibilizar a opção de ouvir o texto várias vezes;
- Antes de iniciar o jogo, oferecer uma breve descrição sobre a geometria das salas. Foi fundamental saber o que aconteceria se eu caminhasse na direção vertical ou horizontal;
- Informar que o uso do fone de ouvido pode oferecer uma experiência melhor;

Tabela 13 – Respostas ao questionário TAM

Dimensão	Questão	Resposta
Utilidade	O jogo é acessível	(B) Concordo parcialmente
	O jogo permitiu que eu melhorasse meu entendimento sobre o tema principal, Mulheres (Des)conhecidas	(A) Concordo completamente
	De forma geral, considero as diretrizes úteis para melhorar a acessibilidade do jogo	(B) Concordo parcialmente
Facilidade de Uso	Foi fácil utilizar o jogo	(A) Concordo completamente
	Foi possível jogar da forma que eu quis	(A) Concordo completamente
	Eu pude jogar independentemente, sem auxílio de outras pessoas	(C) Neutro
	Não foi necessário muito esforço mental para interagir com o jogo	(C) Neutro
	Foi fácil recuperar quando ações não desejadas foram realizadas	(A) Concordo completamente
	Eu entendi o que acontecia durante minha interação com o jogo	(A) Concordo completamente
	O jogo se comporta de forma esperada	(A) Concordo completamente
	O jogo fornece guia útil para executar as tarefas	(A) Concordo completamente

- Indicar mais claramente a direção da porta para a segunda fase;
- Remover objetos que causam colisão e que não tenham um objetivo claro em relação ao jogo, as fases e o conteúdo educacional;
- Oferecer explicação mais detalhada sobre a navegação e, se possível, oferecer exemplos;
- Repensar o tamanho da sala, pois o personagem precisava caminhar muito para alcançar os objetos;
- Utilizar algum recurso para indicar que vai começar uma fala ou leitura e permitir o usuário focar (não começar uma fala ou leitura abruptamente);
- Quando estiver interagindo com algo, parar o som de localização;
- Preparar o ambiente para o usuário, fornecer *feedback* sobre a finalização das configurações (apenas fornecer a URL do jogo não foi uma experiência positiva);
- Ter movimentação proporcional para todas as direções a cada toque;
- Ter um som específico para indicar que o personagem está andando na sala;
- Ajustar o som para manter o volume de todos os áudios no mesmo nível de decibéis;

- Utilizar uma plataforma de desenvolvimento que contribua para a acessibilidade do produto final.

O usuário foi convidado a expressar suas considerações finais sobre a experiência e o comentário (na íntegra) foi: “O comentário geral é no sentido de agradecer pela pesquisa nesta área. Acredito que estamos no melhor caminho para alcançar a acessibilidade. Parabéns a toda a equipe e por fim, agradeço a todos pelo respeito, sensibilidade por compreender como interagimos com o sistema e paciência ao conduzir até a conclusão da pesquisa.”

Finalmente, destaca-se que as diretrizes propostas evoluíram significativamente e são relevantes por envolverem os usuários finais em todo o processo e abordarem além da acessibilidade, os princípios pedagógicos. Espera-se que as diretrizes incentivem projetistas a considerar acessibilidade e aspectos pedagógicos como parte da atividade de design dos jogos. Outro ponto importante é contribuir para a manutenção/evolução de jogos educacionais no sentido de incluir acessibilidade.

6.4.2.4 Ameaças à validade

Nesta seção são discutidas as possíveis ameaças à validade dos resultados desta etapa da pesquisa.

Validade interna: efeito fadiga e a compreensão do jogo. O tempo necessário para que o participante pudesse começar e executar completamente o jogo pode ter gerado cansaço. Tentamos mitigar isso acompanhando e auxiliando o participante durante toda a execução do jogo. Além disso, o participante utilizou o leitor de tela da sua escolha para que não fosse necessário conhecer uma nova ferramenta e isso pode ter gerado algum impacto no resultado da avaliação.

Validade externa: quantidade de usuários finais na avaliação do jogo. Acredita-se que esta seja a ameaça mais difícil de mitigar devido à dificuldade de encontrar pessoas dispostas a participar da avaliação de pesquisas.

6.5 Considerações Finais

Este capítulo apresentou o processo de avaliação das diretrizes com especialistas e usuários finais. Inicialmente, as recomendações foram avaliadas por especialistas em acessibilidade e princípios pedagógicos, indicando que as diretrizes atendem tanto as características pedagógicas quanto as de acessibilidade e são úteis para a construção de REA acessíveis. A técnica utilizada de avaliação por especialistas contribuiu significativamente para o refinamento e aprimoramento das diretrizes.

As diretrizes evoluíram a partir da avaliação com especialistas e, em seguida, foram avaliadas por usuários finais para obter um resultado mais efetivo e melhorar a qualidade. Para isso, foi implementado um protótipo a partir de cada recomendação e os estudantes e pedagogos utilizaram esse protótipo. Foram realizadas as correções necessárias nas diretrizes através das sugestões dos usuários finais e foi gerada a versão final das diretrizes pedagógicas e de acessibilidade para REA.

O processo de avaliação das diretrizes foi planejado e o principal foco foi incluir as experiências e o conhecimento dos especialistas e dos usuários finais. No Capítulo 8 apresentamos o conjunto de diretrizes evoluído e validado que poderá auxiliar no projeto e desenvolvimento de REA mais acessíveis para estudantes cegos.

7 Diretrizes Pedagógicas e de Acessibilidade

A versão final das diretrizes será apresentada a seguir, separadas por REA e com os seguintes itens: diretriz, descrição (acessibilidade em negrito e princípios pedagógicos em itálico), exemplo e fonte.

REA: Curso

Diretriz 1: Evitar fornecer instruções incompletas

Descrição: Apresentar títulos que descrevam o tópico ou a finalidade, informar a todo momento, em que ponto do REA o estudante se encontra e, sempre que possível, apresentar ajuda “contextualizada”, ou seja, sugestões de ajuda relacionadas com o conteúdo que o estudante está acessando. *Utilizar dicas e indicações claras do que o estudante deve fazer para prosseguir para as próximas etapas.*

Exemplo: O REA deverá apresentar o título, indicar o caminho que o estudante acessou ou percorreu, fornecer ajuda e indicações do que deve ser feito. Em relação à ajuda contextualizada, o link deverá ficar após a informação que o REA deseja complementar, como na Figura 24, o link “Clique aqui para conhecer mais sobre legislação” depois do texto sobre legislação.

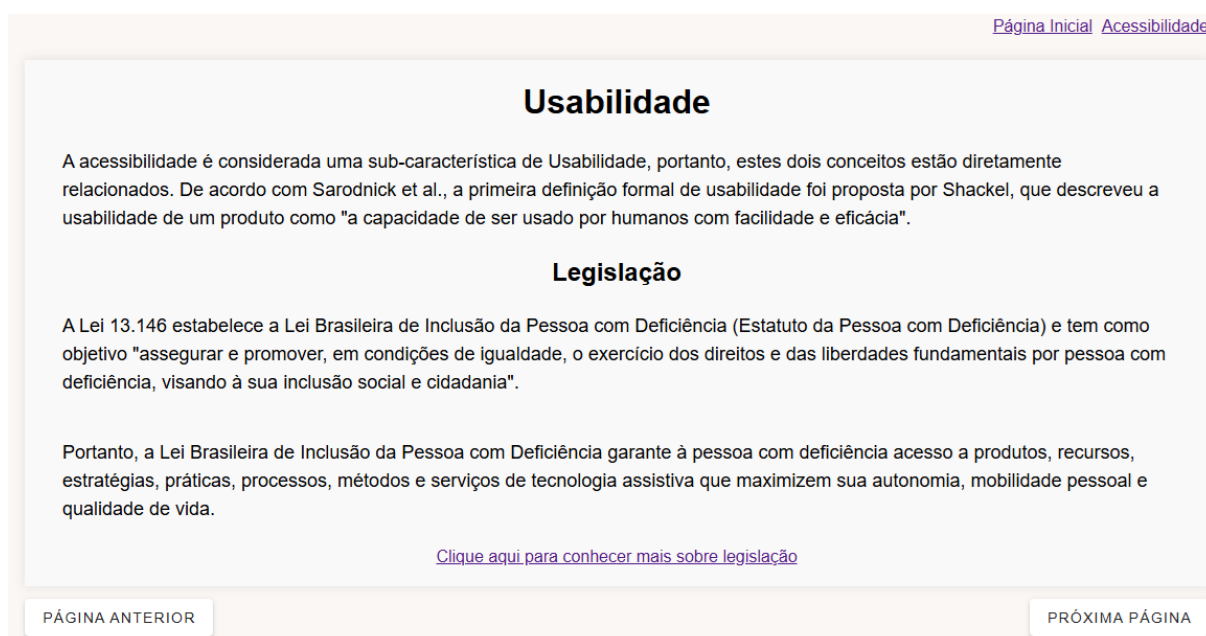


Figura 24 – Exemplo para fornecer informações completas

Fonte: (WCAG 2.1, 2018), (REATEGUI; FINCO, 2010), (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012), (VRUGTE; JONG, 2017), avaliação com especialistas e avaliação com usuários fi-

nais.

Diretriz 2: Apresentar o contexto de uso esperado

Descrição: Fornecer a finalidade dos componentes de interface do usuário através de rótulos, *instruções ou dicas* com o nome e/ou a função para todos os botões e ícones.

Exemplo: Para que o estudante cego consiga utilizar o REA, todos os ícones e botões deverão possuir um nome ou função, como mostra a Figura 25.

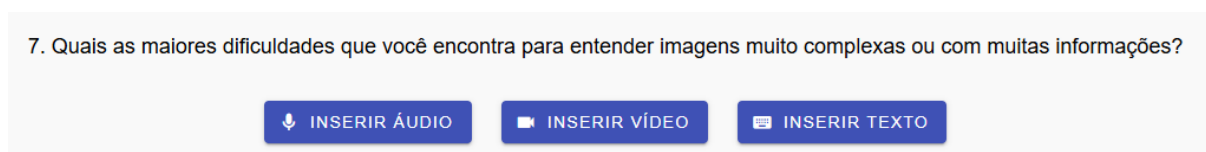


Figura 25 – Exemplo da finalidade dos componentes

Fonte: (WCAG 2.1, 2018), (REATEGUI; FINCO, 2010), (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012) e (VRUGTE; JONG, 2017).

Diretriz 3: Evitar blocos de conteúdo repetidos

Descrição: Caso não seja possível evitar blocos de conteúdo repetidos, os mecanismos de navegação que são repetidos em múltiplas páginas devem ocorrer na mesma ordem cada vez que são repetidos. *Nesse caso, deve-se utilizar alternativas de navegação, por exemplo, usando diferentes caminhos.*

Exemplo: O REA apresentará a página da Figura 26.

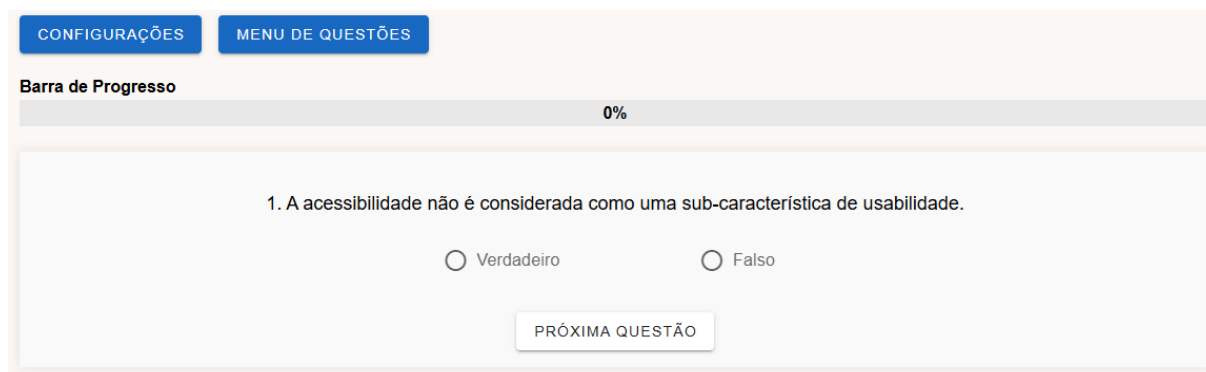


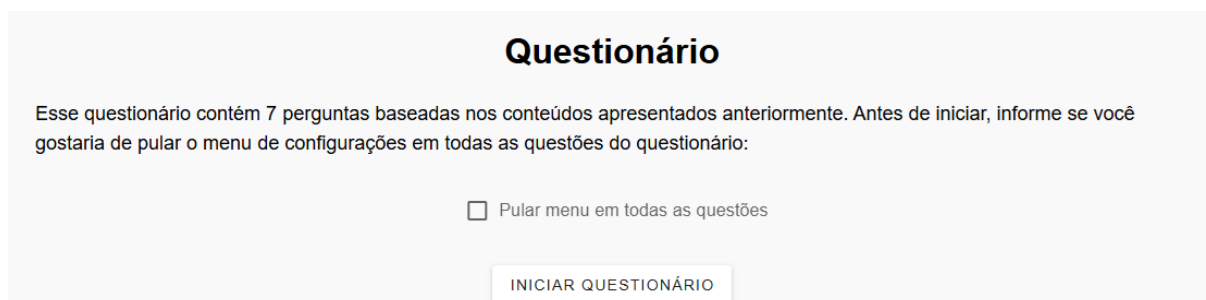
Figura 26 – Exemplo de blocos de conteúdo repetidos

O REA deverá evitar repetir o menu em todas as páginas. Mas se for necessário repeti-lo, deverá manter a ordem que o estudante já conhece.

Além disso, para que o leitor de tela não leia todo o menu novamente, quando o REA apresentar o exercício, deverá exibir um link que ficará antes do menu e permitirá

que o estudante pule a leitura do menu, clicando em “ir para o exercício”. Dessa forma, o estudante poderá clicar em ir para o exercício e não precisará passar pela leitura de todo o menu novamente.

O REA também poderá oferecer a opção do usuário configurar isso antes de iniciar o questionário, como mostra a Figura 27. Se o usuário optar por não utilizar o menu no questionário, o protótipo não apresentará mais o link “pular menu em todas as questões” e não apresentará o menu.



Questionário

Esse questionário contém 7 perguntas baseadas nos conteúdos apresentados anteriormente. Antes de iniciar, informe se você gostaria de pular o menu de configurações em todas as questões do questionário:

☐ Pular menu em todas as questões

INICIAR QUESTIONÁRIO

Figura 27 – Exemplo de configuração do questionário

Fonte: (WCAG 2.1, 2018), (REATEGUI; FINCO, 2010), avaliação com especialistas e avaliação com usuários finais.

Diretriz 4: Relacionar a apresentação do conteúdo desenvolvido com experiências anteriores

Descrição: *Fornecer o contexto de uso esperado dos cabeçalhos utilizando a ordem correta da estrutura dos mesmos para organizar o conteúdo.*

Exemplo: O H1 representa o título da página. O estudante ficará confuso se o H1 for utilizado mais de uma vez. Os outros heading tags podem ser repetidos, desde que não pule de H2 para H5 e volte para H3, podendo causar erros de navegação.

Fonte: (WCAG 2.1, 2018), (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012), (OLIVEIRA et al., 2020) e avaliação com especialistas.

Diretriz 5: Informar o idioma do REA

Descrição: *Declarar adequadamente o idioma de cada página do REA e definir o idioma de uma determinada palavra ou frase que contenha um idioma diferente do original da tela para que também ocorra uma correta entonação e pronúncia adequada via leitores de tela, garantindo o contexto de uso esperado do REA.*

Exemplo: O REA deverá configurar o idioma das páginas dos cursos e das palavras em outro idioma utilizadas na mesma página.

Fonte: (WCAG 2.1, 2018) e (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012).

Diretriz 6: Boas práticas para mensagens de feedback

Descrição: *Evitar animações em mensagens de feedback. As mensagens que são resultado de uma ação ou que informam o andamento de um processo de ensino-aprendizagem e que são relevantes devem ser transmitidas sem que ocorra uma mudança de contexto (foco) na tela. Se a mensagem apresentar áudio que toque automaticamente por mais de 3 segundos, o REA deverá fornecer alternativas de navegação, como deixar mudo ou ajustar o volume.*

Exemplo: O REA apresentará a opções de aumentar ou abaixar o volume quando o tocar uma música automaticamente, como mostra a Figura 28.

Aviso de Inatividade

Você ainda está aí? Se não estiver, fecharemos esta sessão em 40 segundos.

CONTINUAR RESPONDENDO A QUESTÃO

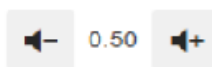


Figura 28 – Exemplo para ajustar o volume ao tocar música automaticamente

Fonte: (WCAG 2.1, 2018), (REATEGUI; FINCO, 2010), (TAVARES, 2020), (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012), (VRUGTE; JONG, 2017) e avaliação com especialistas.

Diretriz 7: Boas práticas para elaboração de cursos

Descrição: *Utilizar áudios e vídeos curtos para apresentar um curso ou tópicos de discussão, evitando o uso somente de texto; assegurar o alinhamento entre as atividades de aprendizagem, tarefas de avaliação e mecanismos de feedback para garantir o envolvimento dos estudantes; aumentar a complexidade do conteúdo de acordo com o nível do estudante.*

Exemplo: O REA deverá apresentar o curso e seu conteúdo através de áudio ou vídeo, sempre que possível.

Fonte: (QIU; MCDOUGALL, 2015), (LIMA et al., 2020), (NORTHCOTE et al., 2019), (SESTITO, 2022), (SOAD et al., 2017), avaliação com especialistas e avaliação com usuários finais.

Diretriz 8: Disponibilizar informação de porcentagem de conclusão do curso

Descrição: *Disponibilizar informação da porcentagem de conclusão do curso para*

que os estudantes possam monitorar seu progresso, compreender sua posição no curso e se motivarem a avançar até a conclusão total do curso.

Exemplo: Apresentar a barra de progresso (Figura 26) em um curso sobre acessibilidade. O leitor de tela deverá informar a porcentagem que já foi realizada quando o estudante mudar de página.

Fonte: Avaliação com especialistas.

REA: Game

Diretriz 1: Fornecer opção de pausar o jogo

Descrição: *Apresentar alternativas de navegação permitindo que o estudante coloque o jogo em pausa quando houver quaisquer informações em movimento, que sejam iniciadas automaticamente, durem mais de cinco segundos e sejam apresentadas em paralelo com outro conteúdo.*

Exemplo: O jogo será pausado automaticamente ou permitirá que o estudante pause o jogo enquanto o texto é lido. O estudante deverá escolher a configuração.

Fonte: (WCAG 2.1, 2018), (REATEGUI; FINCO, 2010), (BARTOLOMÉ; GERVEN, 2022) e avaliação com especialistas.

Diretriz 2: Evitar animações supérfluas

Descrição: *Evitar animações ou permitir desativá-las, a menos que a animação seja essencial para a funcionalidade ou para as informações que estão sendo transmitidas. Apresentar alternativas de navegação para que o estudante consiga prosseguir sem utilizar a animação e utilizar dicas para que o estudante consiga compreender que é uma animação, por exemplo, um texto descritivo para que o leitor de tela possa informar o que está acontecendo na animação.*

Exemplo: Um jogo que possui animações no background deverá permitir que o estudante desative a animação, uma vez que essa animação poderá ter sons que confundirão o estudante.

Fonte: (WCAG 2.1, 2018), (REATEGUI; FINCO, 2010), (TAVARES, 2020), (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012), (VRUGTE; JONG, 2017) e avaliação com especialistas.

Diretriz 3: Apresentar o contexto do jogo

Descrição: *Utilizar audiodescrição para passar as informações, a estrutura e os relacionamentos, tais como funcionalidades e regras do jogo. Apresen-*

tar uma contextualização inicial esclarecendo o que se espera que seja aprendido e exibir gradativamente as novidades e os objetivos de cada atividade.

Exemplo: O jogo deverá informar o objetivo, as regras e a descrição de cada cena do jogo.

Fonte: (WCAG 2.1, 2018), (SESTITO, 2022), (BARBOSA, 2014), (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012), (MAHARSI, 2018), questionário enviado aos estudantes cegos e avaliação com especialistas.

Diretriz 4: Fornecer orientações para auxiliar na execução do jogo

Descrição: Apresentar as informações, a estrutura e os relacionamentos para transmitir o que está acontecendo na tela em tempo real. *Produzir a informação em diferentes mídias, por exemplo, audiodescrição do espaço e sons que auxiliam na movimentação do jogo.*

Exemplo: O jogo deverá utilizar a audiodescrição para informar os textos que são exibidos no jogo e o que está acontecendo em tempo real. Além disso, deverá utilizar o som para indicar a direção que o estudante deverá seguir. Se um prêmio estiver à esquerda do personagem, o jogo deverá emitir um som mais alto do lado esquerdo do fone de ouvido para que o estudante consiga identificar a direção que deverá seguir para pegar o prêmio.

Fonte: (WCAG 2.1, 2018), (REATEGUI; FINCO, 2010), (BRASILEIRA, 2015) e questionário enviado aos estudantes cegos.

Diretriz 5: Inserir elementos de incentivo ou motivação

Descrição: *Reconhecer e celebrar as conquistas dos estudantes, fornecendo recompensas para respostas corretas; corrigir o estudante de maneira gentil, incentivando a sua continuidade nas atividades; permitir que o estudante passe para outro nível apenas se o sistema obtiver a resposta esperada do aprendiz.*

Exemplo: Quando o estudante errar uma pergunta, o jogo deverá apresentar uma mensagem educada e fornecer um material de apoio para que ele possa revisar o conteúdo.

Fonte: (REATEGUI; FINCO, 2010), (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012), (OLIVEIRA et al., 2020), (SESTITO, 2022), (FERRAZ; BELHOT, 2010) e avaliação com especialistas.

Diretriz 6: Utilizar conhecimento previamente assimilado

Descrição: *Fornecer sons previamente assimilados para guiar o estudante no jogo e permitir, sempre que possível, que ele possa criar catálogos sonoros customizados.*

Exemplo: O jogo fornecerá um som que indica que o personagem bateu em uma

parede, mas deverá permitir que o estudante escolha outro som para representar essa ação. E esse som não poderá ser utilizado para indicar outra situação.

Fonte: (FERRAZ; BELHOT, 2010), (WILSON et al., 2018) e avaliação com especialistas.

REA: Gráfico

Diretriz 1: Apresentar informação em diferentes mídias

Descrição: *Fornecer alternativas de apresentação das informações, como descrição e recurso tátil, para evitar que a cor seja o único meio para transmitir informações nos gráficos.*

Exemplo: O REA apresentará o gráfico da Figura 29.

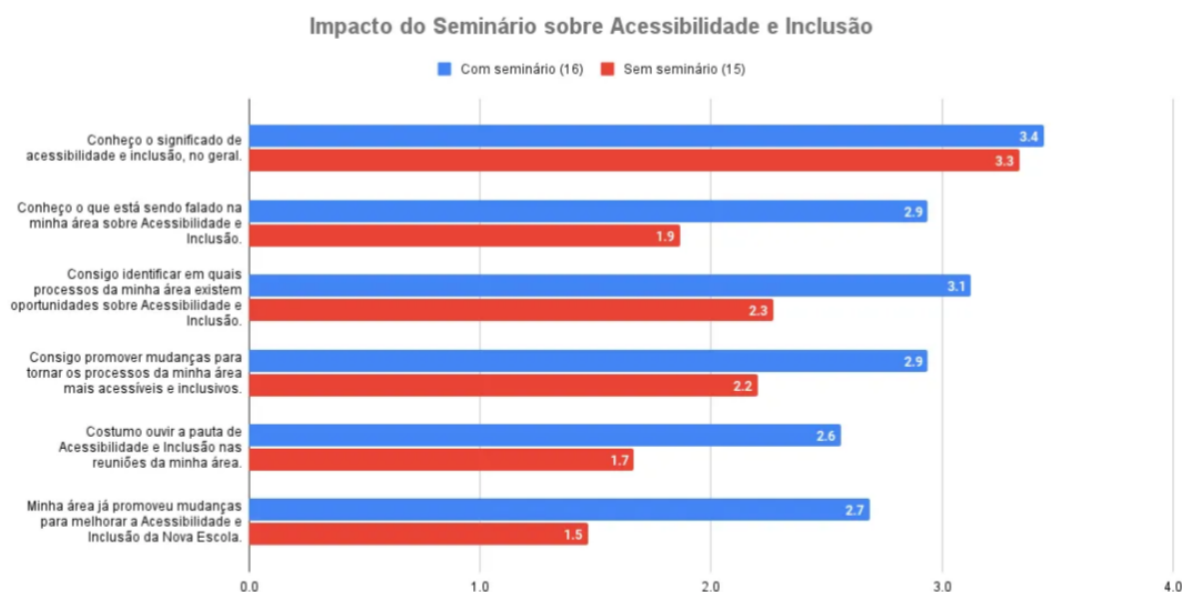


Figura 29 – Exemplo para alternativa de apresentação das informações

Fonte da imagem: <https://brasil.uxdesign.cc/o-que-aprendemos-sobre-acessibilidade-e-inclusão-nesses-2-anos-de-trabalho-5ac4e1701578>

Para que o estudante possa compreender o gráfico, o REA deverá informar a cor, o valor e o que representa cada barra do gráfico. Além disso, o professor poderá fornecer uma representação do gráfico utilizando texturas, ou seja, cada cor do gráfico será simbolizada por uma textura (sem atrito, atrito médio e atrito alto, por exemplo). Dessa forma, o estudante perceberá o atrito e decifrá-la associada aos níveis de cada atrito.

Fonte: (WCAG 2.1, 2018), (REATEGUI; FINCO, 2010), (BRASILEIRA, 2015), (SESTITO, 2022), (KAHOL et al., 2006) e avaliação com especialistas.

Diretriz 2: Boas práticas para descrição dos gráficos

Descrição: Destacar as informações, a estrutura e os relacionamentos, propondo, sempre que possível, a comparação dos dados. Descrever o comportamento das linhas, a escala dos dados, os números e as porcentagens. Informar quantas barras/fatias/linhas o gráfico possui, para o usuário ter noção da quantidade de dados que serão informados. Separar a descrição em título, descrição em si e dados, uma vez que o usuário pode estar interessado em repetir apenas uma parte da descrição. Além disso, a parte dos dados também pode ser separada pelas informações de cada barra/fatia/linha.

Exemplo: O REA apresentará o gráfico da Figura 29 e a seguinte informação: esse é um gráfico de barras horizontais. Seu título é impacto do seminário sobre acessibilidade e inclusão. A legenda do eixo y é perguntas realizadas. A legenda do eixo x é pontuação. Os valores das barras vermelhas, que representam a pontuação sem seminário, variam entre 1,5 e 3,3. Os valores das barras azuis, que representam a pontuação com seminário, variam entre 2,6 e 3,4. A primeira barra é a pergunta conheço o significado de acessibilidade e inclusão, no geral e possui os valores 3,4 com seminário e 3,3 sem seminário. A segunda barra é a pergunta conheço o que está sendo falado na minha área sobre acessibilidade e inclusão e possui os valores 2,9 com seminário e 1,9 sem seminário. A terceira barra é a pergunta consigo identificar em quais processos da minha área existem oportunidades sobre acessibilidade e inclusão e possui os valores 3,1 com seminário e 2,3 sem seminário. A quarta barra é a pergunta consigo promover mudanças para tornar os processos da minha área mais acessíveis e inclusivos e possui os valores 2,9 com seminário e 2,2 sem seminário. A quinta barra é a pergunta costumo ouvir a pauta de acessibilidade e inclusão nas reuniões da minha área e possui os valores 2,6 com seminário e 1,7 sem seminário. A sexta barra é a pergunta Minha área já promoveu mudanças para melhorar a acessibilidade e inclusão e possui os valores 2,7 com seminário e 1,5 sem seminário.

Fonte:(WCAG 2.1, 2018), (REATEGUI; FINCO, 2010), (PEREIRA et al., 2022), questionário enviado aos estudantes cegos e avaliação com usuários finais.

Diretriz 3: Boas práticas para descrições objetivas e claras

Descrição: Criar descrições mais breves, sem informações que não sejam relevantes para o entendimento do gráfico. Descrever apenas os detalhes indispensáveis, por exemplo, o tipo de gráfico e os dados, para evitar dispersar a atenção do estudante, a sobrecarga de conteúdo e que o conhecimento que está sendo construído se perca com muitos detalhes.

Exemplo: Em uma aula de matemática, o REA apresentará o gráfico da Figura 29 e a seguinte informação: esse é um gráfico de barras horizontais. A primeira barra é a pergunta conheço o significado de acessibilidade e inclusão, no geral e possui os valores

3,4 com seminário e 3,3 sem seminário. A segunda barra é a pergunta conheço o que está sendo falado na minha área sobre acessibilidade e inclusão e possui os valores 2,9 com seminário e 1,9 sem seminário. A terceira barra é a pergunta consigo identificar em quais processos da minha área existem oportunidades sobre acessibilidade e inclusão e possui os valores 3,1 com seminário e 2,3 sem seminário. A quarta barra é a pergunta consigo promover mudanças para tornar os processos da minha área mais acessíveis e inclusivos e possui os valores 2,9 com seminário e 2,2 sem seminário. A quinta barra é a pergunta costumo ouvir a pauta de acessibilidade e inclusão nas reuniões da minha área e possui os valores 2,6 com seminário e 1,7 sem seminário. A sexta barra é a pergunta Minha área já promoveu mudanças para melhorar a acessibilidade e inclusão e possui os valores 2,7 com seminário e 1,5 sem seminário.

Fonte: (REATEGUI; FINCO, 2010), (KHALID et al., 2016), (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012), questionário enviado aos estudantes cegos e avaliação com usuários finais.

Diretriz 4: Evitar usar linguagem muito técnica

Descrição: *Utilizar linguagem adequada ao tipo de estudante e ao domínio de aplicação.*

Exemplo: O REA apresentará o gráfico da Figura 30 e a seguinte descrição: Este é um gráfico de setores ou gráfico de pizza. Seu título é quantitativo de pessoas com deficiência que trabalham na câmara dos deputados. O valor da fatia azul, que representa a deficiência física, é 44%. O valor da fatia verde, que representa a deficiência visual, é 27%. O valor da fatia amarela, que representa a deficiência auditiva, é 21%. O valor da fatia laranja, que representa a deficiência intelectual, é 7%. O valor da fatia rosa, que representa a deficiência múltipla, é 1%.

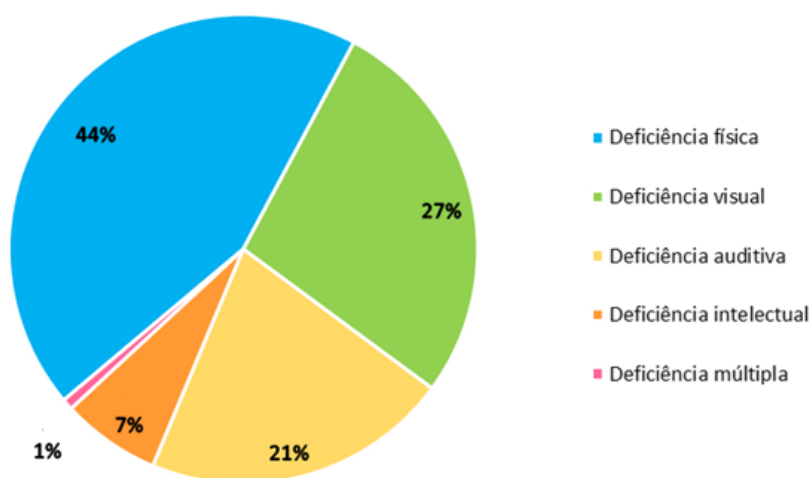


Figura 30 – Exemplo para representar linguagem técnica

Fonte da imagem: [Fonte:https://brasil.uxdesign.cc/o-que-aprendemos-sobre-acessibilidade-e-inclusão-nesses-2-anos-de-trabalho-5ac4e1701578](https://brasil.uxdesign.cc/o-que-aprendemos-sobre-acessibilidade-e-inclusão-nesses-2-anos-de-trabalho-5ac4e1701578)

O REA deverá evitar utilizar o nome gráfico de setores e informará que é um gráfico de pizza, que é a nomenclatura mais conhecida.

Fonte: (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012) e questionário enviado aos estudantes cegos.

REA: Imagem

Diretriz 1: Fornecer descrição para conteúdo não textual

Descrição: *Apresentar o contexto de uso esperado da imagem, utilizando uma descrição alternativa em texto para todo conteúdo não textual com os seguintes elementos orientadores de descrição de imagens:*

- **Nomear/identificar:** o que, quem;
- **Qualificar:** como (adjetivos);
- **Ação:** faz o quê, como (advérbios);
- **Tempo:** quando;
- **Localizar/situar:** onde;
- **Enquadramento de câmera:** de onde;

Exemplo: Em uma aula sobre acessibilidade, os estudantes cegos esperam encontrar uma descrição para todas as imagens, como a descrição fornecida para a Figura 31. Se a imagem não possuir uma descrição, o leitor de tela não informará o conteúdo da imagem e o estudante não entenderá essa parte da aula.

Descrição da imagem: Ilustração utilizada para exemplificar o conceito de acessibilidade. [O QUE] A imagem mostra 6 personagens em uma [ONDE] biblioteca. [DE ONDE] Dois personagens estão à esquerda da imagem de frente para uma bancada de livros em que está escrito literatura infantil. [FAZ O QUÊ] Cada um está lendo um livro. [COMO] Os dois personagens são homens brancos e possuem cabelos pretos. Um está com uma blusa verde, um short preto e um sapato marrom e o outro está com uma blusa amarela, um short marrom e sem sapatos. [DE ONDE] Os outros 4 personagens estão à direita da imagem em frente à outra bancada de livros em que está escrito livros em braille e logo abaixo, audiolivros. [FAZ O QUÊ] Um personagem está apoiado na bancada e possui as seguintes características: [COMO] homem branco, cabelo louro, utilizando blusa, calça e sapato azuis, porém a calça possui um tom mais claro. A outra personagem é uma mulher e [DE ONDE] está de frente para esse homem [FAZ O QUÊ]



Figura 31 – Exemplo para descrição da imagem

Fonte da imagem: <https://bibliotecaprt21.wordpress.com/alerta-juridico/quadrinhos-infantis-licao-de-acessibilidade/>

fazendo um sinal de positivo, representando a importância da biblioteca fornecer livros em braille e audiolivros. [COMO] É uma mulher branca, possui cabelo castanho com algumas mechas vermelhas e está usando uma blusa amarela e short e sapatos rosas. A quinta personagem é uma mulher branca, cega, possui cabelo louro e está utilizando uma blusa branca. [DE ONDE] Ela está sentada e sobre a mesa possui um livro em braille, [FAZ O QUÊ] que a personagem está lendo. [DE ONDE] Ao seu lado há um [COMO] cachorro amarelo, que é o seu [FAZ O QUÊ] cão guia.

Esses elementos são utilizados para auxiliar na descrição das imagens e não são obrigatórios. A imagem apresentada não possui indicação do tempo, por isso esse elemento não foi inserido na descrição.

Fonte: (WCAG 2.1, 2018), (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012) e (ALMEIDA; MOREIRA, 2021).

Diretriz 2: Boas práticas de utilização de imagens

Descrição: Informar se existe texto na imagem e evitar inserir uma quantidade excessiva de imagens. Considera-se uma ou duas imagens por tema a quantidade ideal de imagens para um REA. Além disso, deve-se evitar utilizar imagens em telas que possuem

muito texto.

Exemplo: O REA deverá utilizar 1 ou 2 imagens por tópico.

Fonte: (REATEGUI; FINCO, 2010), questionário enviado aos estudantes cegos, avaliação com especialistas e avaliação com usuários finais.

Diretriz 3: Apresentar informações por etapas

Descrição: *Passar gradativamente o conteúdo das imagens que possuem muitas informações, utilizando a apresentação por etapas, ou seja, descrevendo o conteúdo em primeiro plano ou a ideia principal que se deseja apresentar na imagem, e em seguida, o conteúdo em segundo plano ou o background da imagem. Além disso, sempre que possível, destacar a relação de um conteúdo básico num contexto mais elaborado.*

Exemplo: A Figura 32 possui muitas informações. Por isso, o REA deverá informar o conteúdo do primeiro plano, e em seguida, o conteúdo do background da imagem, como mostra a descrição da imagem.

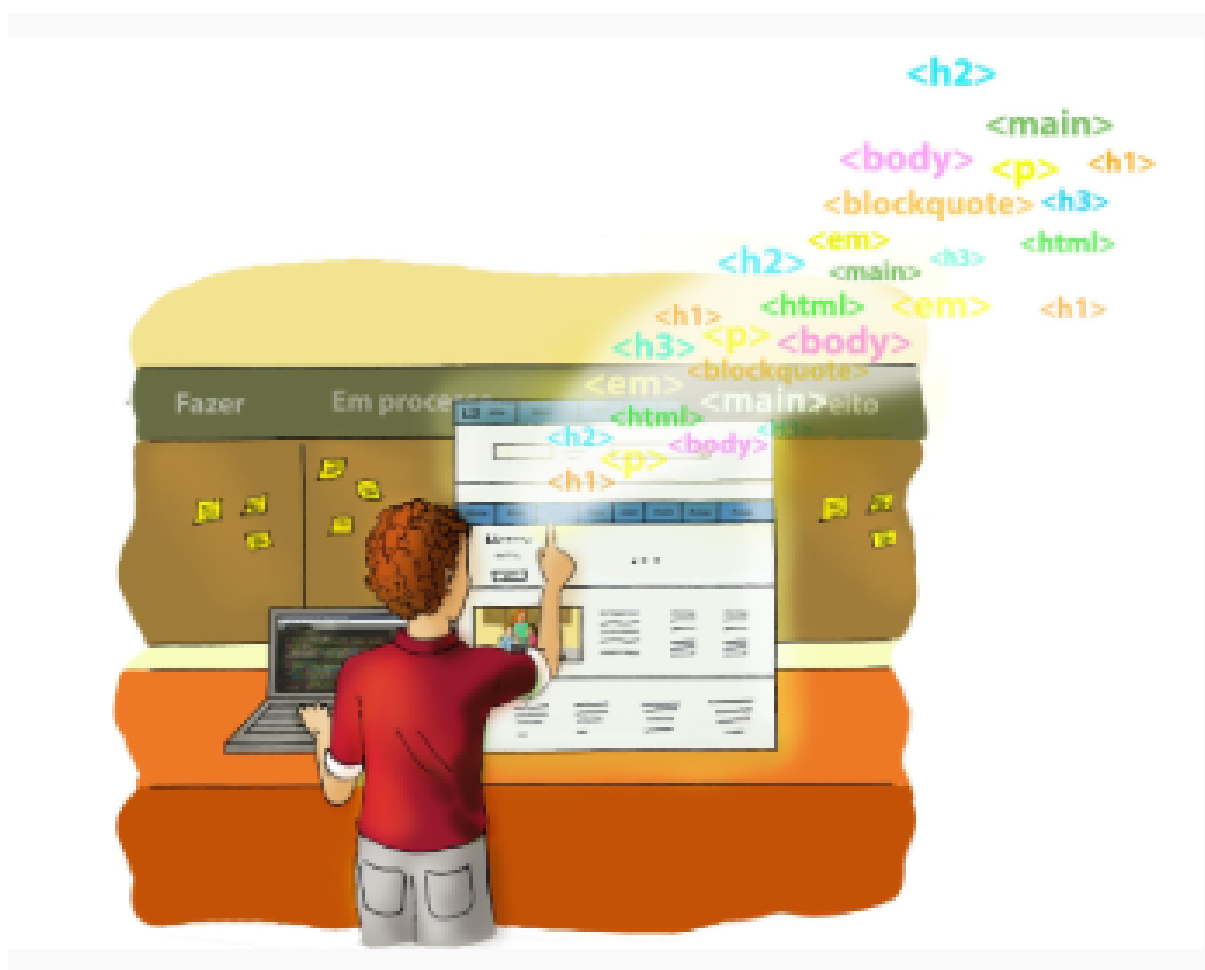


Figura 32 – Exemplo de imagem com muitas informações

Fonte da imagem: <https://ceweb.br/cartilhas/cartilha-w3cbr-acessibilidade-web-fasciculo-IV/>

Descrição da imagem: Ilustração para representar a construção de um site acessível. O primeiro plano apresenta uma pessoa construindo um site. O segundo plano da ilustração mostra um quadro com as tarefas que essa pessoa deverá realizar para criar o site, as tarefas que ela está realizando e as tarefas que ela já finalizou.

Fonte: (SESTITO, 2022), (FERRAZ; BELHOT, 2010) e questionário enviado aos estudantes cegos.

Diretriz 4: Boas práticas para descrição das imagens

Descrição: Destacar pontos essenciais das informações, a estrutura e os relacionamentos. *Descrever primeiro o tipo da imagem, isto é, se é um gráfico, uma fotografia, uma ilustração, um desenho, etc. Informar todos os detalhes e conteúdos importantes para a compreensão da imagem como cores, paisagem, objetos, pessoas e etc. Nas descrições de pessoas é importante descrever a cor da pele, a fisionomia, acessórios e roupa. Sobre as roupas, enfatizar o tamanho, os detalhes e o modelo/nome pelo qual é conhecida.*

Exemplo: Em uma aula sobre acessibilidade o REA apresentará a Figura 31 e a seguinte descrição.

Descrição da imagem: Ilustração utilizada para exemplificar o conceito de acessibilidade. A imagem mostra 6 personagens em uma biblioteca. Dois personagens estão à esquerda da imagem de frente para uma bancada de livros em que está escrito literatura infantil. Cada um está lendo um livro. Os dois personagens são homens brancos e possuem cabelos pretos. Um está com uma blusa verde, um short preto e um sapato marrom e o outro está com uma blusa amarela, um short marrom e sem sapatos. Os outros 4 personagens estão à direita da imagem em frente à outra bancada de livros em que está escrito livros em braille e logo abaixo, audiolivros. Um personagem está apoiado na bancada e possui as seguintes características: homem branco, cabelo louro, utilizando blusa, calça e sapato azuis, porém a calça possui um tom mais claro. A outra personagem é uma mulher e está de frente para esse homem fazendo um sinal de positivo, representando a importância da biblioteca fornecer livros em braille e audiolivros. É uma mulher branca, possui cabelo castanho com algumas mechas vermelhas e está usando uma blusa amarela e short e sapatos rosas. A quinta personagem é uma mulher branca, cega, possui cabelo louro e está utilizando uma blusa branca. Ela está sentada e sobre a mesa possui um livro em braille, que a personagem está lendo. Ao seu lado há um cachorro amarelo, que é o seu cão guia.

Fonte: (WCAG 2.1, 2018), (TAVARES, 2020), questionário enviado aos estudantes cegos e avaliação com especialistas.

Diretriz 5: Boas práticas para descrições sucintas

Descrição: *Criar descrições mais breves, aproximadamente 4 linhas, sem informações que não sejam relevantes para o entendimento da imagem para evitar a sobrecarga de conteúdo e dispersar a atenção do estudante.*

Exemplo: Em uma aula sobre acessibilidade, o REA apresentará a Figura 31. A descrição da imagem não precisará indicar as cores dos textos em “livros em braille” e “audiolivros”, já que a informação das cores, nesse caso, não é relevante para a compreensão do conteúdo.

Fonte: (KHALID et al., 2016), (REATEGUI; FINCO, 2010), (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012), questionário enviado aos estudantes cegos e avaliação com usuários finais.

REA: Link**Diretriz 1:** Informar o objetivo do link

Descrição: *Transmitir a finalidade de um link a partir do texto do próprio link fornecendo uma descrição sobre o que se espera que seja aprendido e descrevendo o tema/conteúdo tratado no REA. Além disso, deve-se evitar utilizar o http e itens que não são lidos como uma palavra. Para isso, é possível ocultar visualmente o texto da descrição e torná-lo acessível aos leitores de tela utilizando o seguinte Cascading Style Sheets:*

```
clip: rect(1px 1px 1px 1px); /* IE 6/7 */  
clip: rect(1px, 1px, 1px, 1px);  
height: 1px;  
overflow: hidden;  
position: absolute;  
white-space: nowrap;  
width: 1px;
```

Exemplo: Em uma aula sobre acessibilidade, o professor fornecerá o seguinte link e descrição para os estudantes aprenderem mais sobre as leis:

[governoeletronico](#)

Descrição do link: O link apresenta o Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico (eMAG). O conteúdo aborda o processo para desenvolver um site acessível, recomendações de acessibilidade e práticas desaconselhadas. Espera-se que o estudante conheça as recomendações que devem ser seguidas para evitar barreiras digitais nas páginas *web*.

Fonte: (WCAG 2.1, 2018), (BARBOSA, 2014), (SORVA et al., 2013), (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012), (FASSBINDER, 2021), (BARTOLOMÉ; GERVEN, 2022), questionário enviado aos estudantes cegos e avaliação com usuários finais.

Diretriz 2: Fornecer links seguros

Descrição: *Apresentar conteúdo de uma fonte confiável, como os sites dos institutos e universidades.*

Exemplo: O REA deverá fornecer o material em um link de sua autoria (Figura 31) ou certificar-se que o link externo é seguro (Figura 33).

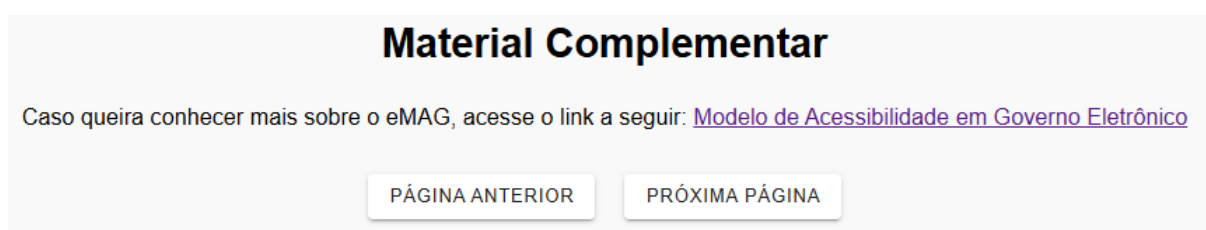


Figura 33 – Exemplo de link seguro

Fonte: (SOAD et al., 2017), questionário enviado aos estudantes cegos e avaliação com usuários finais.

Diretriz 3: Boas práticas de utilização de links

Descrição: *Estimular a procura de outras informações, disponibilizando, sempre que possível, links com o material complementar. Esse material deve ser preferencialmente de autoria da equipe de criação do REA e utilizado no final do curso, uma vez que quebram a didática do curso. Além disso, se o link estiver em português, o conteúdo também deve estar em português e deve-se evitar disponibilizar links que redirecionam para redes sociais.*

Exemplo: O professor apresentará alguns conceitos como acessibilidade e usabilidade e fornecerá exemplos de descrições de imagens que foram feitas por ele. Para isso, o professor fornecerá um link com o material que ele criou.

Fonte: (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012), (REATEGUI; FINCO, 2010), (MARRÓN-GONZÁLEZ, 2020) e avaliação com usuários finais.

REA: Questionário

Diretriz 1: Evitar a atualização de questionários

Descrição: *Respeitar o ritmo do estudante fornecendo um mecanismo para que ele possa desativar a atualização dos questionários.*

Exemplo: Em uma prova, o questionário poderá atualizar e gerar novas questões ou poderá atualizar no meio do raciocínio do estudante. Mesmo salvando as respostas, o estudante terá que passar por todo o questionário novamente. Para evitar essas situações, o estudante poderá desativar a atualização automática através da configuração da página, como mostra a Figura 34.

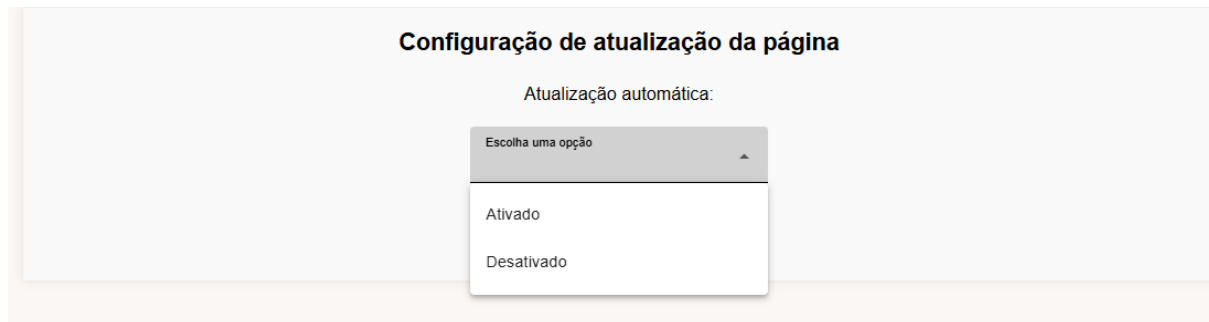


Figura 34 – Exemplo de atualização automática de questionários

Fonte: (WCAG 2.1, 2018), (OLIVEIRA et al., 2020) e avaliação com especialistas.

Diretriz 2: Persistir e proteger os dados do questionário

Descrição: *Bloquear a sessão caso o REA esteja inativo por 2 minutos. E se a sessão autenticada expirar, o estudante poderá continuar a atividade sem perda de dados após a nova autenticação.*

Exemplo: O estudante pode estar pensando sobre determinada questão e não realizar nenhuma atividade durante 2 minutos. Nesse caso, o REA apresentará a mensagem da Figura 35, para tentar proteger dos dados do estudante.

Aviso de Inatividade

Você ainda está aí? Se não estiver, fecharemos
esta sessão em 40 segundos.

CONTINUAR RESPONDENDO A QUESTÃO

Figura 35 – Exemplo de aviso de inatividade

Se o estudante confirmar que continua realizando as atividades, o REA voltará para a questão que ele estava resolvendo. Caso contrário, após os 40 segundos, o REA apresentará a mensagem da Figura 36.

Quando for necessário obter uma resposta rápida, o REA deverá permitir, se possível, que o estudante responda por áudio.

Confirmação

Sua sessão expirou. Por favor, faça login novamente.

Não se preocupe, os dados foram salvos.

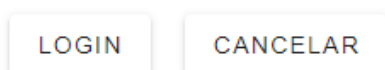


Figura 36 – Exemplo de aviso de sessão expirada

Fonte: (WCAG 2.1, 2018) e avaliação com usuários finais.

Diretriz 3: Produzir questionários autoexplicativos

Descrição: *Informar a quantidade de perguntas do questionário. Fornecer rótulos ou instruções que descrevam a finalidade dos componentes do questionário (comboboxes, caixas de texto, botões, etc) para que o estudante não tenha dúvidas. E sempre que possível, viabilizar diferentes formas de utilização desses componentes.*

Exemplo: Para que o estudante consiga resolver uma prova, o REA deverá fornecer texto descritivo para todos os comboboxes, caixas de textos e botões. As caixas de texto podem oferecer a opção do estudante responder uma questão digitando, gravando um áudio ou um vídeo, como mostra a Figura 37.

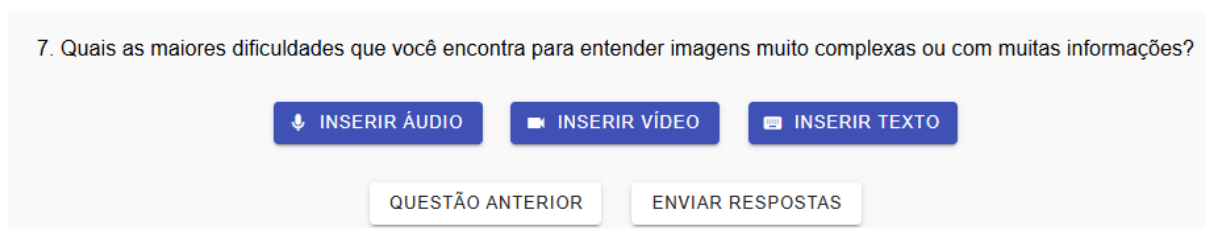


Figura 37 – Exemplo de diferentes formas de utilização do componente

Fonte: (WCAG 2.1, 2018), (BARBOSA, 2014), (REATEGUI; FINCO, 2010) e avaliação com usuários finais.

Diretriz 4: Monitorar a evolução do conteúdo

Descrição: *Redirecionar o estudante para outras atividades sobre a mesma matéria e não permitir que ele passe para outro nível caso não alcance o resultado esperado.*

Sempre que possível, disponibilizar material complementar de autoria da equipe de criação do REA.

Exemplo: Quando o estudante errar uma resposta, forneça a opção dele responder a questão novamente ou estudar mais sobre o conteúdo com um material desenvolvido pela própria equipe, sempre que possível, como mostra a Figura 38.

Figura 38 – Exemplo para acessar o material de apoio

Fonte: (REATEGUI; FINCO, 2010), (BARBOSA, 2014), (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012) e (MARRÓN-GONZÁLEZ, 2020).

Diretriz 5: Fornecer feedback constante

Descrição: *Apresentar os locais em que houve acertos e erros, oferecendo opção para estudar mais o conteúdo. Indicar o que o estudante pode fazer para prosseguir para próximas etapas e informar o resultado final do questionário.*

Exemplo: O REA deverá fornecer a opção de revisar as respostas no final do questionário, como mostra a Figura 39.

Figura 39 – Exemplo com a opção de revisar respostas

Ao clicar em “revisar questões”, o REA redirecionará o estudante para a questão 1.

Ao clicar em “enviar respostas”, o REA informará se alguma questão ficou sem resposta, como mostra a Figura 40.

Aviso

Você não respondeu todas as perguntas. Deseja continuar mesmo assim?

VOLTAR

CONTINUAR

Figura 40 – Exemplo de aviso de questões sem resposta

Se todas as questões já estiverem com resposta, o REA informará o resultado do questionário para o estudante e fornecerá a opção de acessar o material de apoio para as questões com erro, como mostra a Figura 38. Nesse caso, a explicação não deverá ser muito extensa. Se o estudante tiver dúvidas, poderá rever o curso.

Se o estudante acessar a questão após finalizar o questionário, o REA permitirá que ele responda a questão novamente ou que ele veja a resposta correta, como mostram as Figuras 41 e 42.

1. A acessibilidade não é considerada como uma sub-característica de usabilidade.

☒ Verdadeiro ☐ Falso

APRESENTAR RESPOSTA CORRETA PRÓXIMA QUESTÃO

Figura 41 – Exemplo para apresentar a resposta correta

Fonte: (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012), (SESTITO, 2022), (ERICSSON et al., 1993), (HALSTEAD-NUSSLOCH, 1999), avaliação com especialistas e avaliação com usuários finais.

Diretriz 6: Apresentar mensagens construtivas de erro e acerto

Descrição: *Criar mensagens de erro que incentivem o estudante. Estimular a continuidade das atividades e fazer elogios quando o estudante acertar uma atividade.*

Exemplo: Quando o estudante responder corretamente uma questão, o REA deverá exibir uma mensagem positiva, como “Parabéns! Você acertou!” e direcioná-lo para a próxima questão. Quando o estudante errar uma questão, o REA deverá exibir uma mensagem gentil e incentivá-lo a estudar mais sobre o conteúdo, como “Que pena! Sua resposta está incorreta! Criamos um material que irá ajudá-lo a conhecer mais sobre esse conteúdo e avançar nos seus estudos.” .

1. A acessibilidade não é considerada como uma sub-característica de usabilidade.

☒ Verdadeiro ☐ Falso

Resposta correta: opção falso

A afirmação está incorreta. A acessibilidade é considerada uma sub-característica de usabilidade.

Explicação:

A acessibilidade é considerada uma sub-característica de Usabilidade, portanto, estes dois conceitos estão diretamente relacionados. De acordo com Sarodnick et al., a primeira definição formal de usabilidade foi proposta por Shackel, que descreveu a usabilidade de um produto como "a capacidade de ser usado por humanos com facilidade e eficácia".

Desde então, diversas definições de usabilidade foram propostas, que podem ser resumida em quatro perspectivas diferentes: (a) a perspectiva orientada para o produto enfatiza que a usabilidade pode ser capturada como uma característica inerente ao produto; (b) de acordo com a perspectiva orientada ao usuário, a usabilidade é uma função do esforço mental do usuário no uso do produto e sua atitude em relação ao produto; (c) segundo a perspectiva orientada para o desempenho, a usabilidade é descrita em termos da interação do usuário com o produto e (d) a perspectiva orientada ao contexto enfatiza que a usabilidade depende do grupo de usuários que é estudado, das tarefas que esses usuários estão realizando e do ambiente no qual as tarefas são realizadas. Por fim, para Nielsen, a usabilidade está relacionada com a facilidade de aprendizado e uso da interface, bem como a satisfação do usuário em decorrência desse uso.

Considerando ainda a relação entre usabilidade e acessibilidade, Thatcher et al. propõem que a acessibilidade é um subconjunto da usabilidade, sugerindo que os problemas de acessibilidade são tipos particulares de problemas de usabilidade. No entanto, eles também afirmam que os problemas de usabilidade afetam todos os usuários igualmente, independentemente da capacidade ou deficiência, enquanto os problemas de acessibilidade dificultam o acesso para pessoas com deficiência e colocam as pessoas com deficiência em desvantagem em relação às pessoas sem deficiência. Logo, o conceito de usabilidade está fortemente ligado à acessibilidade.

Figura 42 – Apresentação da resposta correta e explicação

Fonte: (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012), (SESTITO, 2022) e avaliação com especialistas.

Diretriz 7: Boas práticas para elaboração de questionários

Descrição: *Informar se são perguntas sobre conhecimentos prévios ou perguntas sobre o curso. Intercalar o conteúdo dos questionários e utilizar enunciados curtos, como 2 ou 3 frases. Caso seja necessário utilizar um enunciado longo, deve-se separar a leitura por frases, já que o usuário pode estar interessado na repetição de apenas uma parte do enunciado. Além disso, inserir a tag [Fim da pergunta] para sinalizar o final da pergunta.*

Exemplo: Em um questionário, o professor deseja dar mais ênfase à acessibilidade e ao Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico (eMAG). Então, ele irá criar mais questões sobre acessibilidade e eMAG, irá misturá-la com outros assuntos, e sempre que possível, utilizará enunciados curtos.

Questionário

Responda as questões abaixo com verdadeiro ou falso.

1. A **acessibilidade** não é considerada como uma subcaracterística de usabilidade.

[Fim da pergunta]

☐ Verdadeiro ☐ Falso

2. O Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico apresenta recomendações que devem ser consideradas no desenvolvimento de conteúdos do governo brasileiro na *web*. [Fim da pergunta]

☐ Verdadeiro ☐ Falso

3. A Lei 10.146 institui a lei brasileira de inclusão da pessoa com deficiência. [Fim da pergunta]

☐ Verdadeiro ☐ Falso

4. O Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico não exclui qualquer boa prática de acessibilidade do WCAG. [Fim da pergunta]

☐ Verdadeiro ☐ Falso

5. **Acessibilidade** pode ser definida como o grau em que um sistema pode ser usado por pessoas que possuem diferentes recursos e capacidades para atingir um objetivo específico. [Fim da pergunta]

☐ Verdadeiro ☐ Falso

6. A empresa Mozilla possui um conjunto de documentos chamado de MDN (*Mozilla Developer Network*) *Web Docs - Accessibility* que discute quais ferramentas as pessoas com deficiência usam para interagir com a *web* e como a acessibilidade faz parte do cotidiano dessas pessoas. [Fim da pergunta]

☐ Verdadeiro ☐ Falso

Fonte: ([SILVEIRA; CARNEIRO, 2012](#)), ([BIRNBAUM et al., 2012](#); [TAYLOR; ROHRER, 2010](#)) e avaliação com usuários finais.

Diretriz 8: Informar o tipo de questão

Descrição: *Ao elaborar um questionário, fornecer uma descrição clara do tipo de questão apresentada, incluindo se é de associação, objetiva com uma única opção, objetiva com múltiplas opções, discursiva, entre outros formatos. Esta descrição deve ser apresentada antes da questão em si, permitindo que os estudantes compreendam adequadamente o que está sendo solicitado e possam abordar a questão de forma apropriada. Para isso, é possível ocultar visualmente o texto da descrição e torná-lo acessível aos leitores de tela utilizando o seguinte Cascading Style Sheets:*

```
clip: rect(1px 1px 1px 1px); /* IE 6/7 */
```

```
clip: rect(1px, 1px, 1px, 1px);
```

height: 1px;
 overflow: hidden;
 position: absolute;
 white-space: nowrap;
 width: 1px;

Exemplo: Antes de apresentar a questão, o questionário deve indicar claramente o tipo de questão que será abordada, da seguinte forma: “Questão 1: Associação - Relacione cada item da coluna A com seu respectivo item correspondente na coluna B”; “Questão 2: Objetiva com múltiplas opções - Selecione todas as alternativas corretas”; “Questão 3: Discursiva - Desenvolva uma resposta detalhada para a seguinte pergunta”. Essa descrição prévia do tipo de questão ajuda os estudantes a entenderem melhor o que é esperado deles e a responderem de maneira mais eficaz.

Fonte: Avaliação com especialistas.

REA: Tabela

Diretriz 1: Fornecer alternativas de apresentação da informação

Descrição: *Criar alternativas de apresentação dos dados para evitar que a cor seja o único meio para transmitir as informações e instruções para a compreensão do conteúdo.*

Exemplo: Em uma aula sobre acessibilidade, o professor explicará sobre a mistura de cores e apresentará a Figura 43.

Cor 1	Operação	Cor 2	Resultado	Resultado Cor
Amarelo	mais	Laranja	é igual a	Vermelho
Amarelo	mais	Azul	é igual a	Verde
Vermelho	mais	Azul	é igual a	Roxo

Figura 43 – Exemplo de alternativa de apresentação dos dados

Para que o estudante possa compreender a imagem, o REA deverá informar a cor e conteúdo de cada célula da tabela. Além disso, o professor poderá fornecer uma representação da tabela utilizando texturas, ou seja, cada cor da tabela será simbolizada

por uma textura (sem atrito, atrito médio e atrito alto, por exemplo). Dessa forma, o estudante perceberá o atrito e decifrará a cor associada aos níveis de cada atrito.

Fonte: (WCAG 2.1, 2018), (REATEGUI; FINCO, 2010), (KAHOL et al., 2006) e avaliação com especialistas.

Diretriz 2: Destacar a relação entre os diferentes tipos de informação

Descrição: Fornecer as informações e os relacionamentos transmitidos nas tabelas, mostrando, sempre que possível, a comparação entre as colunas da tabela e a relação entre as ideias.

Exemplo: Em uma aula sobre ensino inclusivo, o REA apresentará a tabela da Figura 44. O REA deverá explicar o que significa cada coluna e a relação da tecnologia assistiva com o ensino inclusivo.

Tecnologias Assistivas	Descrição	Impacto no Ensino Inclusivo
Softwares de Leitura	Softwares que convertem texto em áudio	Permitem que estudantes com dificuldades visuais possam acessar o conteúdo de maneira auditiva
Audiodescrição em Vídeos	Adição de narração descritiva em vídeos	Torna o conteúdo visual mais acessível para estudantes com deficiência visual, permitindo que acompanhem o conteúdo
Bússolas Táteis	Bússolas que permitem a leitura tátil de mapas	Facilitam o aprendizado de geografia para estudantes com deficiência visual, permitindo que sintam os mapas e compreendam melhor a geografia

Figura 44 – Exemplo de relacionamentos transmitidos nas tabelas

Fonte: (WCAG 2.1, 2018), (REATEGUI; FINCO, 2010) e (BRASILEIRA, 2015).

Diretriz 3: Apresentar a informação e a finalidade da tabela

Descrição: Os rótulos devem descrever a finalidade e o conteúdo da tabela, informando, a todo o momento, em que ponto o estudante se encontra no REA.

Exemplo: O REA deverá informar o termo título e, em seguida, o nome da tabela e o número de linhas e colunas da tabela. Para a leitura dos dados da tabela, o REA deverá informar qual célula está lendo, o nome da coluna e o conteúdo, como mostra a Figura 45 e sua respectiva descrição.

Título: Tabela Tipos de deficiência e taxa de participação no mercado de trabalho; 6 linhas e 2 colunas.

Para a leitura dos dados:

Linha 1; coluna 1; Deficiência

Linha 1; coluna 2; participação no mercado de trabalho

Linha 2; coluna 1; Visual

Linha 2; coluna 2; 37

Deficiência	Participação no mercado de trabalho
Visual	37%
Auditiva	28%
Física (membros superiores)	17.9%
Física (membros inferiores)	16.9%
Mental	5.3%

Figura 45 – Tabela para exemplificar a descrição

Fonte da tabela: <https://g1.globo.com/economia/noticia/2022/09/21/7-em-cada-10-pessoas-com-deficiencia-estao-fora-do-mercado-de-trabalho-salario-medio-dessa-populacao-e-r-1-mil-menor-diz-ibge.ghtml>

Linha 3; coluna 1; Auditiva

Linha 3; coluna 2; 28

Linha 4; coluna 1; Física (membros superiores)

Linha 4; coluna 2; 17.9

Linha 5; coluna 1; Física (membros inferiores)

Linha 5; coluna 2; 16.9

Linha 6; coluna 1; Mental

Linha 6; coluna 2; 5.3

Fonte: (WCAG 2.1, 2018), (REATEGUI; FINCO, 2010), questionário enviado aos estudantes cegos e avaliação com usuários finais.

REA: Texto

Diretriz 1: Evitar utilizar texto em formato de imagem

Descrição: O texto deve ser usado para transmitir informações. As imagens de texto devem ser utilizadas apenas em imagens decorativas e não essenciais para compreensão do conteúdo, evitando assim, que um REA dependa de outro REA para fazer sentido.

Exemplo: O REA fornecerá um texto e algumas questões sobre o texto. Para que todos os estudantes consigam realizar a atividade, o professor não poderá utilizar um texto em formato de imagem. Dessa forma, o leitor de tela conseguirá ler o texto para o estudante.

Se o professor utilizar um texto em formato de imagem, será necessário fornecer uma alternativa para estudantes cegos, como um áudio com a leitura do texto.

Fonte: (WCAG 2.1, 2018), (BARBOSA, 2014) e avaliação com especialistas.

Diretriz 2: Boas práticas para elaboração de textos

Descrição: *Fornecer vocabulários e expressões complexas, por meio de um dicionário, na mesma página que o termo é apresentado; evitar mensagens invasivas, negativas ou discriminatórias e erros ortográficos. Caso o REA apresente erros ortográficos, o leitor de tela irá ler a palavra incorretamente e o estudante poderá não compreender parte do texto. Além disso, informar a carga de leitura e evitar utilizar textos muito longos ou grande quantidade de informação, uma vez que isso poderá causar sobrecarga de conteúdo e prejudicar o aprendizado do estudante.*

Exemplo: O REA poderá informar a carga de leitura apresentando quantos e quais assuntos o texto irá abordar. Inserir links nos itens da carga de leitura para que o estudante possa ir para o conteúdo que ele quiser e informar brevemente o que será abordado em cada tema. Além disso, o professor poderá criar, sempre que possível, um dicionário com termos que ele considera complexos ou pouco conhecidos, na mesma página que o termo é apresentado, como mostram as Figuras 46 e 47.

Conceitos básicos sobre acessibilidade

O texto apresentará cinco temas: [Acessibilidade](#), [Usabilidade](#), [Legislação](#), [Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico](#), [Ensino Inclusivo](#), e [Acessibilidade em empresas](#).

Figura 46 – Exemplo da carga de leitura

Fonte: (QIU; MCDOUGALL, 2015), (BRASILEIRA, 2015), (SOAD et al., 2017), (SESTITO, 2022), (KHALID et al., 2016), (BARTOLOMÉ; GERVEN, 2022), avaliação com especialistas e avaliação com usuários finais.

REA: Vídeo

Diretriz 1: Fornecer audiodescrição breve

Descrição: *Criar audiodescrição breve, utilizando sempre que possível duas ou três frases, para todo o conteúdo do vídeo pré-gravado. Quando as pausas no*



Figura 47 – Exemplo do dicionário na mesma página que o termo é apresentado

áudio em primeiro plano são insuficientes para permitir que a audiodescrição transmita o sentido do vídeo, deve-se fornecer uma alternativa que permita pausar o vídeo, reproduzir a audiodescrição e, em seguida, retomar o vídeo.

Exemplo: Em um vídeo que contenha muitos detalhes ou conteúdos para serem informados, o REA deverá pausar o vídeo até a audiodescrição terminar.

Fonte: (WCAG 2.1, 2018), (REATEGUI; FINCO, 2010) e avaliação com usuários finais.

Diretriz 2: Fornecer o idioma do conteúdo e informações sobre abreviações ou acrônimos

Descrição: Fornecer uma forma que possibilite a correta compreensão da pronúncia de palavras regionais e nomes próprios. Para isso, deve-se declarar adequadamente o idioma da tela e o idioma de uma determinada palavra ou frase que contenha idioma diferente do original da tela. Abreviações ou acrônimos não são compreensíveis por todas as pessoas, nesse sentido, deve-se fornecer uma forma de identificar seu significado, como um link para acessar uma tabela de “de-para”. Além disso, criar conteúdo livre de erros ortográficos utilizando a voz humana amigável.

Exemplo: Em um curso sobre acessibilidade, deve-se declarar o idioma da tela e o idioma dos termos que são de outras linguagens, como mostra a Figura 48.

6. A empresa Mozilla possui um conjunto de documentos chamado de MDN (Mozilla Developer Network) Web Docs - Accessibility que discute quais ferramentas as pessoas com deficiência usam para interagir com a web e como a acessibilidade faz parte do cotidiano dessas pessoas.

```
<p class="hidden-description">Questão objetiva com uma única opção</p>
<p>
  6. A empresa Mozilla possui um conjunto de documentos chamado de
  <span lang="en"
  | >MDN (Mozilla Developer Network) Web Docs - Accessibility</span
  >
  que discute quais ferramentas as pessoas com deficiência usam para
  interagir com a web e como a acessibilidade faz parte do cotidiano
  dessas pessoas.
</p>
```

Figura 48 – Exemplo do idioma do conteúdo

Fonte: (WCAG 2.1, 2018), (SOAD et al., 2017), (TAVARES, 2020) e avaliação com especialistas.

Diretriz 3: Boas práticas para descrições dos vídeos

Descrição: Destacar as informações, a estrutura e os relacionamentos, tais como: temas, títulos, subtítulos, autoria, datas, ler a legenda, informar se existe texto no vídeo, ambiente, animação das imagens, movimentações e características das pessoas e/ou outros seres vivos. Utilizar linguagem adequada ao tipo de estudante e ao domínio de aplicação e apresentar vocabulários e expressões complexas, por meio de glossários. Evitar utilizar os termos “esse”, “aquilo”. Deve-se descrever o item.

Exemplo: Para a Figura 49, o REA deve informar que o vídeo se passa em uma escola e os alunos são animais, como uma raposa e um porco-espinho. O aluno porco-espinho passa com dificuldade entre as carteiras, derruba alguns materiais dos colegas e todos ficam olhando para ele.



Figura 49 – Exemplo para descrição de vídeos

Fonte da imagem retirada do vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=yYZ0J-Rn9hU>

Fonte: (WCAG 2.1, 2018), (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012), (REATEGUI; FINCO, 2010), (BRASILEIRA, 2015), questionário enviado aos estudantes cegos, avaliação com

especialistas e avaliação com usuários finais.

Diretriz 4: Boas práticas para elaboração de vídeos

Descrição: *Organizar os pontos que entrarão no vídeo para não deixar assuntos sem serem abordados ou inserir informações desnecessárias. Iniciar um vídeo com um estímulo, por exemplo, com uma pergunta provocativa. Depois seguir com uma breve descrição do vídeo, destacando os objetivos de aprendizagem que são esperados e como ele foi organizado. Concluir com um resumo conciso das lições aprendidas e um indicador para os próximos passos. Fazer uma retomada do que foi falado no vídeo anterior e apontar o que virá no próximo vídeo.*

Exemplo: Em uma aula sobre acessibilidade, o REA pode questionar se o vídeo que será apresentado é considerado acessível para pessoas cegas. Dessa forma, o estudante já ficará atento para identificar problemas de acessibilidade. Em seguida, informar que a aula tem como objetivo apresentar algumas recomendações de acessibilidade e discutir os problemas de acessibilidade identificados no vídeo.

Fonte: (FASSBINDER, 2021), (MOR; Warburton, 2016) e avaliação com usuários finais.

Diretriz 5: Evitar informações irrelevantes

Descrição: *Evitar conteúdo sem relevância, ou seja, não abordar assuntos que possam dispersar a atenção do estudante e causar uma sobrecarga cognitiva, provocando perdas de informações importantes para o entendimento do conteúdo. Para evitar o cansaço, deve-se abordar 3 ou 4 temas sobre o mesmo contexto.*

Exemplo: Em uma aula sobre acessibilidade, utilize um vídeo para falar sobre leis relacionadas com a acessibilidade e outro para falar sobre ensino inclusivo, mesmo que os vídeos fiquem curtos.

Fonte: (FASSBINDER, 2021), (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012), avaliação com especialistas e avaliação com usuários finais.

Diretriz 6: Evitar vídeos longos

Descrição: *Apresentar o tempo estimado do vídeo e utilizar vídeos curtos, aproximadamente 8 minutos. Para isso, deve-se dividir conteúdos muito extensos em pequenos tópicos e informar quantos vídeos foram criados para abordar o conteúdo.*

Exemplo: O material sobre acessibilidade está dividido em 5 vídeos de 8 minutos aproximadamente.

Fonte: (MOR; WARBURTON, 2016), (SILVEIRA; CARNEIRO, 2012), (BRASILEIRA, 2015), (FASSBINDER, 2021), avaliação com especialistas e avaliação com usuários finais.

7.1 Considerações Finais

Este capítulo apresentou o conjunto final de diretrizes pedagógicas e de acessibilidade para REA, com foco em estudantes cegos. As diretrizes foram criadas com base no levantamento bibliográfico e em respostas de um questionário submetido a estudantes cegos. Em seguida, essas recomendações foram avaliadas por especialistas em acessibilidade e pedagogia e foi gerada uma nova versão de diretrizes. Por fim, essas diretrizes foram avaliadas pelos usuários finais através de um estudo empírico e foi gerada a versão final. Os resultados mostraram um conjunto de diretrizes mais completo, evoluído e validado.

8 Conclusão

Este trabalho apresentou as diretrizes pedagógicas e de acessibilidade para estudantes cegos de forma detalhada e ilustrada. Inicialmente foi realizado o levantamento bibliográfico em que foi possível identificar os principais modelos, técnicas e ferramentas computacionais para tornar os REA acessíveis, descobrir barreiras de acessibilidade que os estudantes cegos enfrentam e identificar princípios pedagógicos. Além disso, foi submetido um questionário aos estudantes cegos para detectar os problemas que eles enfrentam na prática.

A partir desses resultados, foi estabelecido um conjunto de diretrizes pedagógicas e de acessibilidade para a criação de REA e, em seguida, essas recomendações foram avaliadas por especialistas em acessibilidade. A técnica utilizada de avaliação por especialistas contribuiu significativamente para o refinamento e aprimoramento das diretrizes. As discussões e as dúvidas dos especialistas possibilitaram novas reflexões sobre as diretrizes e permitiram identificar pontos importantes que deveriam ser considerados e discutidos na avaliação com usuários finais. Foram realizadas as correções sugeridas pelos especialistas e foi criada uma nova versão das diretrizes.

Essa nova versão das diretrizes foi avaliada por usuários finais. Para isso, foi implementado um protótipo a partir de cada recomendação e os estudantes e pedagogos utilizaram esse protótipo. Foram realizadas as correções necessárias nas diretrizes através das sugestões dos usuários finais e foi gerada a versão final das diretrizes pedagógicas e de acessibilidade para REA.

Analisando as necessidades de estudantes e professores no ensino fundamental, médio, profissionalizante ou superior, essas diretrizes podem ser adaptadas em diferentes níveis educacionais, apesar do foco inicial em estudantes de ensino superior. De acordo com os princípios da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) ([BRASIL, 2018](#)), essas diretrizes promovem uma educação inclusiva e igualitária ao atender competências gerais como a valorização da diversidade e a utilização de tecnologias digitais de forma crítica e significativa, por exemplo.

No ensino fundamental e médio, as diretrizes podem ser simplificadas e contextualizadas para se adequarem ao desenvolvimento cognitivo dos estudantes, promovendo sua inclusão desde os primeiros anos escolares, garantindo que todos os estudantes tenham acesso ao conteúdo curricular, independente de suas capacidades visuais. Na educação profissionalizante, as recomendações e orientações podem ser ampliadas para incluir materiais técnicos e práticos, com o objetivo de contribuir para a formação profissional de estudantes cegos, ao prepará-los para o mundo do trabalho.

Portanto, este trabalho além de contribuir para a acessibilidade no ensino superior, também estabelece uma base fundamentada para futuras adaptações e aplicações em outros níveis de ensino, reforçando sua importância e contribuição na promoção de uma educação verdadeiramente inclusiva e de qualidade, conforme recomenda a BNCC.

Vale a pena destacar, que a metodologia apresentada nesta pesquisa pode ser utilizada para o desenvolvimento de diretrizes para outras deficiências, como surdez, por exemplo. Para isso, inicialmente deve-se identificar na literatura as barreiras de acessibilidade que os estudantes surdos enfrentam para estudar e identificar aspectos pedagógicos. Em seguida, entender as dificuldades que esses estudantes encontram no dia a dia. Para isso, pode-se criar um questionário ou realizar entrevistas. Depois, na fase de correlação, analisar o que já existe no domínio de diretrizes e acessibilidade e procurar uma correspondência com o objetivo da pesquisa. Posteriormente, selecionar, descartar, adaptar ou criar as diretrizes. Em sequência, escrever as diretrizes. E, por fim, avaliar as diretrizes utilizando diferentes métodos que envolvam o usuário final.

Além disso, o trabalho destaca-se principalmente pela participação dos usuários finais desde o início da elaboração das diretrizes. Com isso, foi possível identificar as reais necessidades dos estudantes cegos através do *feedback* no questionário e na avaliação e também as considerações dos especialistas em acessibilidade e princípios pedagógicos. O conjunto inicial de diretrizes levou em consideração barreiras de acessibilidade identificadas na Revisão Sistemática da Literatura e também barreiras que os estudantes cegos enfrentam na prática, e em seguida, evoluiu a partir das sugestões dos especialistas. Por fim, foi possível identificar os problemas e necessidades dos estudantes cegos através da avaliação com usuários finais. As avaliações mostraram as necessidades e experiências dos estudantes cegos, possibilitando novas reflexões. Logo, as diretrizes evoluíram significativamente e são bastante relevantes por serem específicas para REA utilizados por estudantes cegos, por envolverem os usuários finais em todo o processo, identificando as reais necessidades dos mesmos, por essa pesquisa ter utilizado um processo bastante estruturado e abordarem além da acessibilidade, os princípios pedagógicos.

Embora essa pesquisa tenha contribuições significativas, algumas limitações foram identificadas. A principal limitação desse trabalho foi a dificuldade de recrutamento de usuários finais. Seria muito importante contar com a participação de uma quantidade maior de estudantes cegos e pedagogos para realizar uma avaliação mais ampla. Além disso, a avaliação com os usuários finais foi conduzida com apenas uma pesquisadora.

Em relação a trabalhos futuros, sugere-se os seguintes pontos:

- Empregar a mesma metodologia utilizada nesta pesquisa para desenvolver diretrizes pedagógicas e de acessibilidade para outros REA, por exemplo, expressões matemáticas.

- Desenvolver diretrizes para os games por categorias, por exemplo, jogos educativos, ação, esporte, entre outros.
- Evoluir a descrição das imagens utilizando uma descrição por tipo de imagem, por exemplo, fotos, charges, histórias em quadrinhos, obras de arte, infográfico, entre outros.
- Evoluir a descrição das imagens considerando a área de cada disciplina, com as características destacadas por Almeida et al. (ALMEIDA; MOREIRA, 2021):
 - História: A tarefa de descrever imagens em livros de história aponta para a necessidade de pesquisa constante, de busca de informações sobre materiais, vestuário, estilos arquitetônicos, épocas e culturas.
 - Geografia: mapas, descrição do relevo, dos tipos de solo, da vegetação.
 - Matemática: expressões, símbolos matemáticos, gráficos.
 - Ciência: experiências científicas.
- Desenvolver plugins para Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) para facilitar a criação dos REA pelos professores. Dessa forma, os professores poderiam só preencher os dados e criá-los automaticamente.
- Realizar a priorização das diretrizes, identificando as de maior impacto.

8.1 Resultados Alcançados

As publicações obtidas no âmbito deste trabalho estão listadas a seguir:

(i) SOARES, M. dos S.; FURUKAWA, C. A.; CAGNIN, M. I.; PAIVA, D. M. B. Accessible learning objects: a systematic literature review. *Universal Access in the Information Society* 23, 1931–1945 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10209-023-01025-7>

(ii) SOARES, M. dos S.; FURUKAWA, C. A.; CAGNIN, M. I.; PAIVA, D. M. B. (2024) Accessibility Barriers for Blind Students in Teaching-learning Systems. *JUCS - Journal of Universal Computer Science* 30(10): 1342-1370. <https://doi.org/10.3897/jucs.106239>

(iii) SOARES, M. dos S.; Kakinohana, G. K.; CAGNIN, M. I.; SILVA, K. dos S.; FONTÃO, A. de L.; FREIRE, A. P. PAIVA, D. M. B. 2024. Pedagogical and accessibility guidelines for open educational resources focusing on blind students. In *Proceedings of the XXIII Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems (IHC '24)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 62, 1–13. <https://doi.org/10.1145/3702038.3702100>

(iv) SOARES, M. dos S.; PAIVA, D. M. B. Pedagogical and Accessibility Guidelines for Open Educational Resources Considering User Feedback. Enviado para ACM Transactions on Accessible Computing.

E as publicações em colaboração com o grupo de pesquisa foram:

(i) FURUKAWA, C. A.; SOARES, M. dos S.; CAGNIN, M. I.; PAIVA, D. M. B. Support for Accessible Software Coding: Results of a Rapid Literature Review. CLEI electronic journal, Volume 25, Number 3, November 2022. DOI: <https://doi.org/10.19153/cleiej.25.3.1>

(ii) PAIVA, D. M. B.; SOARES, M. dos S.; CARMO, G. M. do; CAGNIN, M. I. Towards Inclusive Software: Accessible Questionnaires for Deaf People. In: WORKSHOP SOBRE ASPECTOS SOCIAIS, HUMANOS E ECONÔMICOS DE SOFTWARE (WASHES), 7. , 2022, Niterói. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2022 . p. 21-30. ISSN 2763-874X. DOI: <https://doi.org/10.5753/washes.2022.223181>.

(iii) ALVES JUNIOR, G. F.; ALBUQUERQUE, M. S. de; BORTH, L. H. A.; SOARES, M. dos S.; FONTÃO, A.; PAIVA, D. M. B. Pedagogical and Accessibility Guidelines for Digital Educational Games. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO (SBSI), 21. , 2025, Recife/PE. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2025. p. 309-318. DOI: <https://doi.org/10.5753/sbsi.2025.246482>.

Referências

- ACOSTA-VARGAS, P.; SALVADOR-ULLAURI, L.; LUJÁN-MORA, S. A heuristic method to evaluate web accessibility for users with low vision. *IEEE Access*, PP, p. 1–1, 09 2019. Citado na página 17.
- AFACAN, Y.; ERBUG, C. An interdisciplinary heuristic evaluation method for universal building design. *Applied Ergonomics, Amsterdam, n. 40, p. 731-744*, 2009. Citado na página 25.
- AL-AMRI, S. et al. Designing mobile training content: Challenges and open issues. *IEEE Access*, v. 8, p. 122314–122331, 2020. Citado na página 18.
- ALAJARMEH, N.; PONTELLI, E.; BURGETT, T. A multi-layer universally designed workspace for tracking students skills and mastery transition in mathematics manipulation in inclusive education. 09 2014. Citado 2 vezes nas páginas 47 e 57.
- ALAJARMEH, N.; PONTELLI, E.; SON, T. From “reading” math to “doing” math: A new direction in non-visual math accessibility. In: *Proceedings of the 6th International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction: Applications and Services - Volume Part IV*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2011. (UAHCI'11), p. 501–510. ISBN 9783642216565. Citado 4 vezes nas páginas 47, 57, 66 e 72.
- ALBUSAYS, K.; LUDI, S. Eliciting programming challenges faced by developers with visual impairments: Exploratory study. In: . 9th International Workshop on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering, 2016. p. 82–85. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/2897586.2897616>>. Citado na página 68.
- ALBUSAYS, K.; LUDI, S. Eliciting programming challenges for developers with visual impairments survey. In: . [s.n.], 2019. Disponível em: <<https://people.rit.edu/kla3145-/Research/pdf/BlindProgrSurvey.pdf>>. Citado na página 68.
- ALMEIDA, A. C. C.; MOREIRA, M. d. G. Introdução à audiodescrição em sala de aula. In: _____. Ponta Grossa - PR: Editora Atena, 2021. ISBN 978-65-5983-816-5. Citado 2 vezes nas páginas 145 e 167.
- ALMEIDA, A. M. et al. Development of an online digital resource accessible for students with visual impairment or blindness: Challenges and strategies. *Work*, v. 65, p. 1–10, 2020. Citado 2 vezes nas páginas 46 e 52.
- ANDERSON, L. W.; KRATHWOHL, D. R. *Taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman: [s.n.], 2021. Citado na página 74.
- ANDRADE, W. T. *Utilização de Técnicas de Integração de Software para Aplicações Web no Contexto de Ferramentas de Acessibilidade*. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2017. Citado na página 25.

- ARA, J.; SIK-LANYI, C.; KELEMEN, A. Accessibility engineering in web evaluation process: a systematic literature review. *Univers. Access Inf. Soc.*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, v. 23, n. 2, p. 653–686, jan. 2023. ISSN 1615-5289. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10209-023-00967-2>>. Citado na página 18.
- ARAÚJO, D. T. *Arcabouço para Projeto de Interfaces Web acessíveis para usuários com cegueira*. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2019. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 30.
- ARIAS, J. E. R. et al. Accessibility feedback in mobile application reviews: A dataset of reviews and accessibility guidelines. In: *Extended Abstracts of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2022. (CHI EA '22). ISBN 9781450391566. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3491101.3519625>>. Citado na página 112.
- ARIMOTO, M. M.; BARROCA, L.; BARBOSA, E. F. Am-oer: an agile method for the development of open educational resources. *Informatics in Education*, 2016. Citado na página 32.
- ARSLANTAS, T. K.; YILDIRIM, S.; ARSLANTEKIN, B. A. Educational affordances of a specific web-based assistive technology for students with visual impairment. *Interactive Learning Environments*, v. 29, p. 1–18, 05 2019. Citado 2 vezes nas páginas 46 e 48.
- AYDIN, A. S. et al. Non-visual accessibility assessment of videos. In: *Proceedings of the 30th ACM International Conference on Information & Knowledge Management*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2021. (CIKM '21), p. 58–67. ISBN 9781450384469. Disponível em: <<https://doi-org.ez51-periodicos.capes.gov.br/10.1145/3459637.3482457>>. Citado 2 vezes nas páginas 66 e 71.
- BACH, C. F. et al. Diretrizes de acessibilidade: uma abordagem comparativa comparativa entre wcag e e-mag. *Revista Eletrônica de Sistemas de Informação* ISSN 1677-3071, 2009. Citado na página 29.
- BAKER, K.; GREENBERG, S.; GUTWIN, C. Heuristic evaluation of groupware based on the mechanics of collaboration. *Lecture Notes in Computer Science*, v. 2254, 05 2001. Citado na página 38.
- BALOIAN, N.; LUTHER, W.; SÁNCHEZ, J. Modeling educational software for people with disabilities: theory and practice. In: . [S.l.: s.n.], 2002. p. 111. Citado 2 vezes nas páginas 47 e 58.
- BARAB, S.; DEDE, C. Games and immersive participatory simulations for science education: An emerging type of curricula. *Journal of Science Education and Technology*, v. 16, p. 1–3, 02 2007. Citado na página 78.
- BARBARESCHI, G.; COSTANZA, E.; HOLLOWAY, C. Tip-toy: A tactile, open-source computational toolkit to support learning across visual abilities. In: . New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2020. (ASSETS '20). ISBN 9781450371032. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3373625.3417005>>. Citado 2 vezes nas páginas 47 e 56.

- BARBIERI, T.; MOSCA, L.; SBATTELLA, L. Haptic and aural graphs exploration for visually impaired users. In: . [S.l.: s.n.], 2007. Citado 2 vezes nas páginas 47 e 59.
- BARBOSA, G. *Manual do professor para utilização de objetos de aprendizagem*. Dissertação (Produto Educacional de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Educação Matemática) — Universidade Federal de Juiz de Fora, 2014. Disponível em: <<https://www2.ufjf.br/mestradoedumat/wp-content/uploads/sites/134/2011/09/Produto-Educacional-Gisele-Barbosa.pdf>>. Citado 10 vezes nas páginas 76, 78, 79, 80, 81, 140, 149, 151, 152 e 159.
- BARBOSA, H. E. O.; GONÇALVES, D. P. Museus e memórias de mulheres: reflexões sobre a utilização de materiais didáticos na aprendizagem históricas. In: *Anais do Integra UFMS*. [S.l.: s.n.], 2024. Citado na página 121.
- BARBOSA, S. D. J. et al. *Interação Humano-Computador e Experiência do Usuário*. [S.l.]: Autopublicação, 2021. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 18.
- BARTOLOMÉ, P. S.; GERVEN, T. V. From the classroom to the game: applying available pedagogical guidelines in game-based learning. In: *2022 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. [S.l.: s.n.], 2022. p. 466–472. Citado 8 vezes nas páginas 74, 76, 77, 78, 81, 139, 149 e 159.
- BATANERO, C. et al. Accessible platforms for e-learning: A case study. *Computer Applications in Engineering Education*, v. 25, n. 6, p. 1018–1037, 2017. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cae.21852>>. Citado 2 vezes nas páginas 66 e 71.
- BATANERO-OCHAÍTA, C. et al. Improving accessibility in online education: Comparative analysis of attitudes of blind and deaf students toward an adapted learning platform. *IEEE Access*, v. 9, p. 99968–99982, 2021. Citado na página 32.
- BEAL, C.; SHAW, E. Working memory and math problem solving by blind middle and high school students: Implications for universal access. In: MCFERRIN, K. et al. (Ed.). *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2008*. Las Vegas, Nevada, USA: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), 2008. p. 5011–5016. Disponível em: <<https://www.learntechlib.org/p/28059>>. Citado na página 72.
- BEHAR, P. A. et al. A importância da acessibilidade digital na construção de objetos de aprendizagem. *Revista Renote*, v. 6, n. 1, 2008. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 31.
- BERNAREGGI, C.; AHMETOVIC, D.; MASCETTI, S. μ graph: Haptic exploration and editing of 3d chemical diagrams. In: . New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2019. (ASSETS '19), p. 312–317. ISBN 9781450366762. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3308561.3353811>>. Citado 2 vezes nas páginas 47 e 55.
- BEVAN, N.; KIRAKOWSKI, J.; MAISSEL, J. What is usability? *Proceedings of the 4th International Conference on HCI. Stuttgart*, 1991. Citado na página 24.
- BIARD, N.; COJEAN, S.; JAMET, E. Effects of segmentation and pacing on procedural learning by video. *Computers in Human Behavior*, v. 89, p. 411–417, 2018. ISSN 0747-5632. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0747563217306829>>. Citado na página 18.

BIGHAM, J. P.; BRUDVIK, J. T.; ZHANG, B. Accessibility by demonstration: enabling end users to guide developers to web accessibility solutions. In: *Proceedings of the 12th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2010. (ASSETS '10), p. 35–42. ISBN 9781605588810. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/1878803.1878812>>. Citado na página 113.

BINE, L. M. S.; COSTA, Y. M. G.; AYLON, L. B. R. Automata classification with convolutional neural networks for use in assistive technologies for the visually impaired. In: . New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2018. (PETRA '18), p. 157–164. ISBN 9781450363907. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3197768-3201529>>. Citado 2 vezes nas páginas 47 e 58.

BINTALEB, H.; AL, D. Extending tangible interactive interfaces for education: A system for learning arabic braille using an interactive braille keypad. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, v. 11, 2020. Citado 2 vezes nas páginas 46 e 49.

BIRNBAUM, M. et al. Why interleaving enhances inductive learning: The roles of discrimination and retrieval. *Memory & cognition*, v. 41, 11 2012. Citado 2 vezes nas páginas 80 e 155.

BLOOM, B. S. *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals*. 1st edition. ed. New York: Longman, Green & Co., Publishers, 1956. Citado na página 74.

BRADBARD, D.; PETERS, C. Web accessibility theory and practice: An introduction for university faculty. *Journal of Educators Online*, v. 7, 01 2010. Citado na página 113.

BRAJNIK, G. Beyond conformance: The role of accessibility evaluation methods. In: HARTMANN, S.; ZHOU, X.; KIRCHBERG, M. (Ed.). *Web Information Systems Engineering – WISE 2008 Workshops*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008. p. 63–80. ISBN 978-3-540-85200-1. Citado na página 20.

BRASIL. *eMAG - Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico*. 2014. <http://emag.governoeletronico.gov.br/>. Acesso em: 30 de agosto de 2021. Citado na página 30.

BRASIL. *Suindara - Gerenciador de Conteúdos de sítios e portais web acessível, Software Público Brasileiro - Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão*. 2014. <https://softwarepublico.gov.br/social/suindara>. Citado na página 30.

BRASIL. *Lei 13.146/2015 (Estatuto da Pessoa com Deficiência)*. 2015. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113146.htm. Acesso em: 30 de agosto de 2021. Citado 2 vezes nas páginas 28 e 29.

BRASIL. *Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: [s.n.], 2018. Citado na página 165.

BRASIL. *Programa Nacional de Inclusão Digital para a Educação Básica*. 2020. <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/144657>. Acesso em: 31 de agosto de 2021. Citado na página 29.

BRASILEIRA, O. *Desenho universal para livros didáticos*. 2015. <http://www.movimentodown.org.br/wp-content/uploads/2015/08/Manual-FINAL-bibliografia.pdf>. Citado 9 vezes nas páginas 75, 77, 81, 140, 141, 157, 159, 161 e 163.

BRULE, E. et al. Mapsense: Multi-sensory interactive maps for children living with visual impairments. In: *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2016. (CHI '16), p. 445–457. ISBN 9781450333627. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/2858036.2858375>>. Citado 2 vezes nas páginas 46 e 51.

BRZOSTEK-PAWLOWSKA, J.; RUBIN, M.; SALAMONCZYK, A. Enhancement of math content accessibility in epub3 educational publications. *The New Review of Hypermedia and Multimedia*, v. 25, n. 1-2, p. 31–56, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/13614568.2019.1664645>>. Citado 2 vezes nas páginas 46 e 51.

BUTCHER, N. A basic guide to open educational resources (oer). In: . Vancouver and Paris: COL and UNESCO: A. Kanwar & S. Uvalic-Trumbic (Eds.), 2015. Citado na página 32.

BUZZI, M. C.; BUZZI, M.; LEPORINI B.AND SENETTE, C. Playing with geometry: a multimodal android app for blind children. In: . [S.l.: s.n.], 2015. Citado 2 vezes nas páginas 47 e 53.

CACHO, C. E. A. et al. An interactive approach for the teaching of virtual memory using open educational resources. In: *Proceedings of the 31st Annual ACM Symposium on Applied Computing*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2016. (SAC '16), p. 225–231. ISBN 9781450337397. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/2851613.2851700>>. Citado na página 33.

CALVO, R.; IGLESIAS, A.; MORENO, L. Accessibility evaluation of moodle centred in visual impairments. In: . [S.l.: s.n.], 2011. p. 221–228. Cited By 1. Citado 3 vezes nas páginas 66, 70 e 71.

CALVO, R.; IGLESIAS, A.; MORENO, L. Is moodle accessible for visually impaired people? *Lecture Notes in Business Information Processing*, v. 101 LNBIP, p. 207–220, 2012. Cited By 11. Citado 4 vezes nas páginas 66, 68, 70 e 71.

CARMO, G. M. *Mecanismos para apoiar o desenvolvimento de interfaces Web acessíveis para surdos*. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2021. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 31.

CARTAXO, B.; PINTO, G.; SOARES, S. The role of rapid reviews in supporting decision-making in software engineering practice. In: *Proceedings of the 22nd International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering 2018*. [S.l.: s.n.], 2018. p. 24–34. Citado na página 44.

CAST. *Universal Design for Learning Guidelines version 2.2*. 2018. <http://udlguidelines.cast.org>. Acesso em: 16 de julho de 2024. Citado na página 104.

CENTENO, V. L. et al. Web composition with wcag in mind. In: *Proceedings of the 2005 International Cross-Disciplinary Workshop on Web Accessibility (W4A)*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2005. (W4A '05), p. 38–45. ISBN

1595932194. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/1061811.1061819>>. Citado na página 18.

CHIANG, M. et al. Computer and world wide web accessibility by visually disabled patients: Problems and solutions. *Survey of Ophthalmology*, v. 50, n. 4, p. 394–405, 2005. Cited By 45. Citado 5 vezes nas páginas 66, 68, 70, 71 e 73.

CLARK, J. Building accessible websites. 01 2002. Citado na página 70.

COCHRANE, T. Interactive quicktime: Developing and evaluating multimedia learning objects to enhance both face-to-face and distance e-learning environments. *Interdisciplinary Journal of e-Learning and Learning Objects*, v. 1, p. 33–54, 2005. Citado na página 32.

CONFORTO, D.; SANTAROSA, L. Acessibilidade à web: internet para todos. *Informática na educação: teoria & prática*, v. 5, n. 2, nov. 2002. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/index.php/InfEducTeoriaPratica/article/view/5276>>. Citado na página 17.

CORNELIUS, T. L.; OWEN-DESHRYVER, J. Differential effects of full and partial notes on learning outcomes and attendance. *Teaching of Psychology*, Routledge, v. 35, n. 1, p. 6–12, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/00986280701818466>>. Citado na página 80.

DATABASE, D.-I. K. *How long can an “alt” attribute be?* 2013. <http://www.washington.edu/doit/articles?1257>. Citado na página 70.

DAVIS, F. D. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS quarterly*, JSTOR, p. 319–340, 1989. Citado na página 128.

DUMKASEM, K.; SRISINGCHAI, P.; RATTANATAMRONG, P. Eyemath: Increasing accessibility of mathematics to visually impaired readers. In: . [S.l.: s.n.], 2019. p. 197–202. Citado 2 vezes nas páginas 47 e 54.

EBAY. *MIND Patterns*. 2018. <https://ebay.gitbooks.io/mindpatterns/>. Citado na página 30.

EGAN, C. et al. Do you see what i see? understanding the challenges of colour-blindness in online learning. 2011. Citado 2 vezes nas páginas 47 e 59.

ENGEL, C.; MÜLLER, E.; WEBER, G. Svgplott: an accessible tool to generate highly adaptable, accessible audio-tactile charts for and from blind and visually impaired people. In: . [S.l.: s.n.], 2019. p. 186–195. ISBN 978-1-4503-6232-0. Citado 2 vezes nas páginas 47 e 59.

ERICSSON, K.; KRAMPE, R.; TESCH-ROEMER, C. The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review*, v. 100, p. 363–406, 07 1993. Citado 2 vezes nas páginas 80 e 153.

EVANS, T. L. Competencies and pedagogies for sustainability education: A roadmap for sustainability studies program development in colleges and universities. *Sustainability (Switzerland)*, v. 11, n. 19, 2019. Cited by: 45; All Open Access, Gold Open Access, Green Open Access. Citado 2 vezes nas páginas 74 e 75.

- FACHIN, O. Fundamentos de metodologias. In: _____. São Paulo: Saraiva: [s.n.], 2001. Citado 2 vezes nas páginas 93 e 96.
- FASSBINDER, M. *VideoMOOC-PL: uma linguagem de padrões de design educacional para apoiar a produção de vídeos educacionais para o contexto dos MOOCs*. Dissertação (Mestrado em Ciências de Computação e Matemática Computacional - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação) — Universidade de São Paulo, 2021. Citado 9 vezes nas páginas 74, 76, 77, 79, 80, 82, 149, 162 e 163.
- FERRAZ, A. P. d. C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. *Gestão & Produção*, 2010. Citado 9 vezes nas páginas 74, 75, 77, 78, 80, 81, 140, 141 e 147.
- FERREIRA, F. F.; SILVA, G. R. d. Inclusão escolar e tecnologias de acessibilidade para alunos cegos: Percepções docentes. In: _____. *CONEXÃO DE SABERES - Abordagens interdisciplinares em gestão, educação, direito e saúde*. [S.l.: s.n.], 2024. p. 31–37. Citado 3 vezes nas páginas 18, 37 e 38.
- FREIRE, A. et al. Revealing the whiteboard to blind students: An inclusive approach to provide mediation in synchronous e-learning activities. *Computers & Education*, v. 54, p. 866–876, 2010. Citado 2 vezes nas páginas 47 e 55.
- FREIRE, A. P.; PAIVA, D. M. B.; FORTES, R. P. d. M. Acessibilidade digital durante a pandemia da covid-19 - uma investigação sobre as instituições de ensino superior públicas brasileiras. *Revista Brasileira de Informática na Educação (RBIE)*, Porto Alegre, v. 28, p. 956–984, 2020. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 62.
- FU, Q.; HWANG, G. Trends in mobile technology-supported collaborative learning: A systematic review of journal publications from 2007 to 2016. *Computers & Education*, v. 119, p. 129–143, 2018. ISSN 0360-1315. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131518300046>>. Citado na página 18.
- GERALDO, R. J. *Um auxílio à navegação acessível na web para usuários cegos*. Tese (Tese (Doutorado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação) — Universidade de São Paulo, 2016. Citado na página 23.
- GERMANO, R. S.; ELISEO, M. A. Acceasy-a front-end framework prototype for developing responsive web applications with accessibility for visually impaired people. In: IEEE. *2020 15th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*. [S.l.], 2020. p. 1–6. Citado na página 17.
- GOOGLE. *Android*. 2021. <https://www.android.com/>. Acesso em: 30 de agosto de 2021. Citado na página 30.
- GOOGLE. *Criar apps mais acessíveis*. 2021. <https://developer.android.com/guide/topics/ui/accessibility>. Acesso em: 30 de agosto de 2021. Citado na página 30.
- GUINNESS, D. et al. Robographics: Dynamic tactile graphics powered by mobile robots. In: *The 21st International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2019.

(ASSETS '19), p. 318–328. ISBN 9781450366762. Disponível em: <[https://doi.org/10-1145/3308561.3353804](https://doi.org/10.1145/3308561.3353804)>. Citado 2 vezes nas páginas 47 e 54.

GULLIKSEN, J.; HARKER., S. The software accessibility of human-computer interfaces-iso technical specification 16071. *Univers. Access Inf. Soc.*, v. 3, n. 1, p. 6–16, 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10209-003-0079-1>>. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 41.

HALSTEAD-NUSSLOCH, R. Establishing a distance education program: pedagogical preparation. In: . [S.l.: s.n.], 1999. p. 109 – 111. Cited by: 1. Citado 3 vezes nas páginas 79, 80 e 153.

HARPER, S.; YESILADA, Y. Web accessibility: A foundation for research. *Springer*, 2008. Citado na página 23.

HEWLETT, W.; HEWLETT, F. *Open Educational Resources*. 2018. <https://goo.gl/KZTQQ1>. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 42.

HUFF, E. W. et al. Exploring the perspectives of teachers of the visually impaired regarding accessible k12 computing education. In: *Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2021. (SIGCSE '21), p. 156–162. ISBN 9781450380621. Disponível em: <<https://doi-org.ez51.periodicos.capes.gov.br/10.1145/3408877.3432418>>. Citado 3 vezes nas páginas 66, 68 e 69.

HYLEN, J. Open educational resources: Opportunities and challenges. *Proceedings of Open Education*, p. 49–63, 01 2006. Citado 2 vezes nas páginas 33 e 42.

IBGE. *Brasil tem 18,6 milhões de pessoas com deficiência, indica pesquisa divulgada pelo IBGE e MDHC*. 2023. <https://www.gov.br/mdh/pt-br/assuntos/noticias/2023/julho/brasil-tem-18-6-milhoes-de-pessoas-com-deficiencia-indica-pesquisa-divulgada-pelo-ibge-e-mdhc>. Acesso em: 22 de janeiro de 2025. Citado na página 17.

IEEE-LTSC. *Draft standard for learning object metadata*. [S.l.]: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2002. 1484.12.1-2002. Citado na página 19.

IEEE-LTSC. *Draft standard for learning object metadata*. [S.l.]: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2017. <http://ltsc.ieee.org/>. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 32.

INCLUNET. *Jogos adaptados para deficientes visuais: Saiba a importância para seu aluno!* 2021. <https://inclunet.com.br/jogos-adaptados-para-deficientes-visuais-saiba-a-importancia-para-seu-aluno/>. Acesso em: 16 de abril de 2023. Citado na página 34.

ISHIHARA, T. et al. Analyzing visual layout for a non-visual presentation-document interface. In: . [S.l.: s.n.], 2006. v. 2006, p. 165–172. Citado 2 vezes nas páginas 47 e 58.

ISO. *Systems and Software Engineering - Systems and Software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - System and Software Quality Models*. 2011. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:25010:ed-1:v1:en>. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 24.

- JAFERIAN, P. et al. Heuristics for evaluating it security management tools. In: *Proceedings of the Seventh Symposium on Usable Privacy and Security*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2011. (SOUPS '11). ISBN 9781450309110. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/2078827.2078837>>. Citado na página 41.
- JAHNKE, I.; LIEBSCHER, J. Three types of integrated course designs for using mobile technologies to support creativity in higher education. *Computers & Education*, v. 146, p. 103782, 2020. ISSN 0360-1315. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036013151930332X>>. Citado na página 18.
- JARAMILLO-ALCÁZAR, A.; LUJÁN-MORA, S. Mobile serious games: An accessibility assessment for people with visual impairments. In: . [S.l.: s.n.], 2017. Part F132203. Cited By 5. Citado 2 vezes nas páginas 66 e 69.
- JUNIOR, A. J. R. O. et al. Inclusão e acessibilidade de estudantes com deficiência visual nos cursos de engenharia civil - um projeto de capacitação para profissionais da educação. *Revista Educamais ISSN 2763-6046*, 2024. Citado 2 vezes nas páginas 35 e 38.
- JUNIOR, G. A. et al. Pedagogical and accessibility guidelines for digital educational games. In: *Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2025. p. 309–318. ISSN 0000-0000. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/sbsi/article/view/34347>>. Citado na página 121.
- JÚNIOR, V. F. *Speech2Learning: Uma Arquitetura de Software Baseada em Reconhecimento de Fala para Promover a Acessibilidade de Objetos de Aprendizagem*. Tese (Tese (Doutorado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação) — Universidade de São Paulo, 2024. Citado na página 17.
- KAHOL, K. et al. Learning and perceiving colors haptically. In: . [S.l.: s.n.], 2006. p. 173–180. Citado 4 vezes nas páginas 47, 55, 141 e 157.
- KANE, S.; KOUSHIK, V.; MUEHLBRADT, A. Bonk: Accessible programming for accessible audio games. In: . [S.l.: s.n.], 2018. p. 132–142. Cited By 12. Citado 2 vezes nas páginas 66 e 68.
- KARSHMER, A.; PONTELLI, E.; GUPTA, G. Helping visually impaired students in the study of mathematics. In: . [S.l.: s.n.], 1999. v. 2, p. 12C4/5 – 12C410 vol.2. ISBN 0-7803-5643-8. Citado na página 72.
- KAY, R. H.; KNAACK, L. Evaluating the learning in learning objects. *Open Learning: The Journal of Open, Distance and e-Learning*, 22:1, 5-28, 2007. Citado na página 31.
- KEARNEY-VOLPE, C. Web development training for students that are blind. In: . [S.l.: s.n.], 2019. Cited By 1. Citado 2 vezes nas páginas 66 e 68.
- KEARNEY-VOLPE, C.; HURST, A.; FITZGERALD, S. Blind web development training at oysters and pearls technology camp in uganda. In: . [S.l.: s.n.], 2019. p. 1–10. ISBN 978-1-4503-6716-5. Citado 2 vezes nas páginas 46 e 49.
- KHALID, S.; SAEED, M.; SYED, S. Impact of information overload on students' learning: An empirical approach. *FWU Journal of Social Sciences*, v. 10, n. 1, 2016. Citado 4 vezes nas páginas 77, 143, 148 e 159.

- KIRBOYUN, S. Computer aided system for users with visual impairments. In: *2018 IEEE/ACS 15th International Conference on Computer Systems and Applications (AICCSA)*. [S.l.: s.n.], 2018. p. 1–2. Citado 2 vezes nas páginas 66 e 70.
- KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Citeseer, 2007. Citado na página 42.
- KLINE, R. L.; GLINERT, E. P. Improving gui accessibility for people with low vision. In: *International Conference on Human Factors in Computing Systems*. [S.l.: s.n.], 1995. Citado na página 20.
- KONDO, R. M. *Arcabouço para apoiar o projeto de interfaces Web acessíveis para usuários com baixa visão*. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2019. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 31.
- KORPELA, J. *Guidelines on using ALT texts in IMG elements*. 2012. <http://www.cs.tut.fi/~jkorpela/html/alt.html>. Citado na página 70.
- KRÓLAK, A. et al. The accessibility of moocs for blind learners. In: *Proceedings of the 19th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2017. (ASSETS '17), p. 401–402. ISBN 9781450349260. Disponível em: <<https://doi-org.ez51.periodicos.capes.gov.br/10.1145/3132525.3134796>>. Citado 3 vezes nas páginas 66, 67 e 70.
- LAHAV, O. et al. Listen to the models: Sonified learning models for people who are blind. *Computers & Education*, v. 127, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 46 e 48.
- LAW, C. M. et al. Are disability-access guidelines designed for designers? do they need to be? In: *Proceedings of the 18th Australia Conference on Computer-Human Interaction: Design: Activities, Artefacts and Environments*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2006. (OZCHI '06), p. 357–360. ISBN 1595935452. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/1228175.1228244>>. Citado na página 18.
- LEITE, P. et al. Ensino e extensão sobre inclusão digital usando reas. In: *Anais Estendidos do XVII Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2018. ISSN 0000-0000. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/ihc_estendido/article/view/4213>. Citado na página 33.
- LEITE, P. et al. Ensino e extensão sobre inclusão digital usando reas. In: *Anais Estendidos do XVII Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2018. ISSN 0000-0000. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/ihc_estendido/article/view/4213>. Citado 2 vezes nas páginas 35 e 38.
- LERIA, L.; BENITEZ, P.; FRAGA, F. Assistive technology in large-scale assessments for students with visual impairments: A systematic review and recommendations based on the brazilian reality. *Education and Information Technologies*, v. 26, 05 2021. Citado 2 vezes nas páginas 46 e 52.

LERIA, L. et al. Accessible enem: Autonomy for the person with total visual impairment in the brazilian high school national examination [enem acessível: Autonomia para a pessoa com deficiência visual total no exame nacional do ensino médio]. *Revista Brasileira de Educacao Especial*, v. 24, n. 1, p. 101–118, 2018. Cited By 2. Citado 4 vezes nas páginas 46, 52, 66 e 70.

LEÓN, L.; MARTINI, L. C.; MORENO-CHAPARRO, C. Mathematical functions treatment and visualization through braille impression focus in education for people with visual impairment. 2015. Citado 2 vezes nas páginas 47 e 54.

LIMA, R.; OLIVEIRA, C.; FRANCINE, E. Acessibilidade em moocs: Análise da representação de imagens para pessoas com deficiência visual em moocs da área de ciências biológicas. *Anais dos Trabalhos de Conclusão de Curso. Pós-Graduação em Computação Aplicada à Educação Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação. Universidade de São Paulo.*, 2020. Citado 3 vezes nas páginas 35, 77 e 138.

LUDI, S.; ELLIS, L.; JORDAN, S. An accessible robotics programming environment for visually impaired users. In: . New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2014. (ASSETS '14), p. 237–238. ISBN 9781450327206. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/2661334.2661385>>. Citado 2 vezes nas páginas 47 e 56.

MACEDO, C. M. S. d. *Diretrizes para criação de objetos de aprendizagem acessíveis*. Tese (Tese (Doutorado - Engenharia e Gestão do Conhecimento) — Universidade Federal de Santa Catarina, 2010. Citado 3 vezes nas páginas 24, 25 e 32.

MACEDO, C. M. S. d. Diretrizes de apoio à criação de objetos de aprendizagem acessíveis. *InfoDesign - Revista Brasileira de Design da Informação*, v. 10, n. 2, p. 123–136, dez. 2013. Disponível em: <<https://www.infodesign.org.br/infodesign/article/view/193>>. Citado 2 vezes nas páginas 36 e 38.

MAHARSI, I. Developing efl students' learning reflection and self-regulated learning through google classroom. In: . [S.l.: s.n.], 2018. p. 62 – 66. Cited by: 3. Citado 2 vezes nas páginas 76 e 140.

MAMANA, M. N. *Web Accessibility and Human Rights*. 2017. ResearchGate. Citado na página 24.

MANSOOR, A. et al. Accessscope project: Accessible light microscope for users with upper limb mobility or visual impairments. *Disability and rehabilitation. Assistive technology*, v. 5, p. 143–52, 2010. Citado 2 vezes nas páginas 47 e 53.

MARCOLINO, A.; BARBOSA, E. Towards an m-learning requirements catalog for the development of educational applications for the teaching of programming. In: . [S.l.: s.n.], 2016. p. 1–5. Citado na página 18.

MARRÓN-GONZÁLEZ, S. Building bridges to the integration of culture in the efl secondary classroom: Perspectives from teachers and learners. In: . [S.l.: s.n.], 2020. p. 845 – 852. Cited by: 0. Citado 4 vezes nas páginas 79, 82, 149 e 152.

MARSHALL, A. *The Benefits of Website Accessibility*. 2020. Antropy. Citado na página 24.

- MÁTRAI, R. K. How to make an electronic library accessible. *The electronic library*, Emerald Publishing Limited, 2018. Citado na página 17.
- MAĆKOWSKI, M.; BRZOZA, P.; SPINCZYK, D. Tutoring math platform accessible for visually impaired people. *Computers in Biology and Medicine*, v. 95, 06 2017. Citado 2 vezes nas páginas 47 e 56.
- MAĆKOWSKI, M. S.; BRZOZA, P. F.; SPINCZYK, D. R. Tutoring math platform accessible for visually impaired people. *Computers in Biology and Medicine*, v. 95, p. 298–306, 2018. ISSN 0010-4825. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010482517301671>>. Citado 2 vezes nas páginas 66 e 72.
- MEJÍA, P. et al. Casvi: Computer algebra system aimed at visually impaired people. experiments. *IEEE Access*, v. 9, p. 157021–157034, 2021. Citado 2 vezes nas páginas 47 e 57.
- MEJÍA, P. et al. Casvi: A computer algebra system aimed at visually impaired people. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, v. 10896 LNCS, p. 573–578, 2018. Cited By 2. Citado 2 vezes nas páginas 66 e 72.
- MELO, A. M. Acessibilidade e inclusão digital. In: *Companion Proceedings of the 13th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*. BRA: Sociedade Brasileira de Computação, 2014. (IHC '14), p. 73–74. Citado na página 38.
- MEMON, Z.; MUNAWAR, N.; KAMAL, M. App store mining for feature extraction: analyzing user reviews. *Acta Scientiarum. Technology*, v. 46, p. e62867, 11 2023. Citado na página 112.
- MILNE, L. et al. Brailleplay: Educational smartphone games for blind children. *ASSETS14 - Proceedings of the 16th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, p. 137–144, 10 2014. Citado 2 vezes nas páginas 47 e 50.
- MILNE, L.; BENNETT, C.; LADNER, R. Vbghost: A braille-based educational smartphone game for children. In: . [S.l.: s.n.], 2013. Citado 2 vezes nas páginas 47 e 50.
- MILNE, L.; LADNER, R. Blocks4all: Overcoming accessibility barriers to blocks programming for children with visual impairments. In: . [S.l.: s.n.], 2018. v. 2018-April. Cited By 31. Citado 3 vezes nas páginas 66, 68 e 69.
- MOR, Y.; WARBURTON, S. Patterns for using video in moocs. In: . [S.l.: s.n.], 2016. Citado 4 vezes nas páginas 77, 82, 162 e 163.
- MORAES, J. a. A. D. de; SILVA, G. R. S.; CANEDO, E. D. Towards enabling inclusive conversations: Bridging accessibility gaps for the visually impaired in a chatbot web chat. In: *Proceedings of the XXIII Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2024. (IHC '24). ISBN 9798400712241. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3702038.3702110>>. Citado na página 112.
- MOREIRA, M. B.; CONFORTO, D. Objetos de aprendizagem: Discutindo a acessibilidade e a usabilidade. *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO - SBIE*, 2011. Citado na página 31.

- MORIN, A. *What is Universal Design for Learning (UDL)? Understood*. 2020. <https://www.understood.org/en/articles/universal-design-for-learning-what-it-is-and-how-it-works>. Acesso em: 05 de junho de 2025. Citado 2 vezes nas páginas 104 e 105.
- MOURA, E. J. R. Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação em Engenharia de Software, *Diretrizes de acessibilidade para jogos em dispositivos móveis*. 2018. Citado na página 23.
- MOURÃO, A. B.; NETTO, J. F. MIDOAA: Inclusive model of development of accessible learning objects. *FIE 2018 - 48th Annual Frontiers In Education Conference. San Jose, California*, 2018. Citado na página 18.
- MUEHLBRADT, A. et al. Exploring the design of audio-kinetic graphics for education. *Proceedings of the 20th ACM International Conference on Multimodal Interaction*, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 46 e 49.
- NAMDEV, R.; MAES, P. An interactive and intuitive stem accessibility system for the blind and visually impaired. In: . [S.l.: s.n.], 2015. p. 1–7. Citado 2 vezes nas páginas 47 e 57.
- NAMDEV, R. K.; MAES, P. An interactive and intuitive stem accessibility system for the blind and visually impaired. In: . New York, NY, USA: 8th ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/2769493.2769502>>. Citado na página 68.
- NAVARRETE, R.; LUJÁN-MORA, S. Oer-based learning and people with disabilities. In: *2015 International Conference on Interactive Collaborative and Blended Learning (ICBL)*. [S.l.: s.n.], 2015. p. 25–34. Citado 2 vezes nas páginas 46 e 49.
- NEES, M. A.; BERRY, L. F. Audio assistive technology and accommodations for students with visual impairments: Potentials and problems for delivering curricula and educational assessments. *Performance Enhancement & Health*, v. 2, n. 3, p. 101–109, 2013. ISSN 2211-2669. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211266913000431>>. Citado 4 vezes nas páginas 66, 69, 71 e 72.
- NIELSEN, J. Usability engeneering. *Academic Press. New York, NY*, 1993. Citado na página 24.
- NORTHCOTE, M. et al. A professional learning program for novice online teachers using threshold concepts. *Online Learning Journal*, v. 23, n. 4, p. 336 – 353, 2019. Cited by: 3; All Open Access, Gold Open Access. Citado 2 vezes nas páginas 79 e 138.
- OLEGÁRIO, M. et al. Estratégias de estudo e de aprendizagem com tecnologias por universitários cegos. *Revista Educação Especial*, v. 37, n. 1, p. e21/1–26, jul. 2024. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/educacaoespecial/article/view/86814>>. Citado 2 vezes nas páginas 37 e 38.
- OLIVEIRA, A. D. A.; ELER, M. M. Exploring accessibility of mobile applications through user feedback: Insights from app reviews in a systematic literature review. In: *Proceedings of the XXIII Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2024. (IHC '24).

ISBN 9798400712241. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3702038.3702094>>. Citado 2 vezes nas páginas 38 e 112.

OLIVEIRA, C. D. D.; FORTES, R. P. D. M.; BARBOSA, E. F. Teaching-learning practices and methods for the elderly: Support for pedagogical and accessibility guidelines. In: . [S.l.: s.n.], 2020. v. 2020-October. Cited by: 2. Citado 7 vezes nas páginas 74, 75, 78, 79, 137, 140 e 150.

ORSINI-JONES, M.; COURTNEY, K.; DICKINSON, A. Supporting foreign language learning for a blind student: A case study from coventry university. *Support for Learning*, v. 20, p. 146 – 152, 2005. Citado 2 vezes nas páginas 46 e 51.

PACHECO, E. *GAIA PDOA: Processo de desenvolvimento de objetos de aprendizagem*. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — Universidade Estadual de Londrina, 2016. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 20.

PACIELLO, M. Web accessibility for people with disabilities. *CMP books, CMP Media LLC*, 2000. Citado na página 23.

PADDISON, C.; ENGLEFIELD, P. Applying heuristics to accessibility inspections. *Interacting with Computers*, v. 16, n. 3, p. 507–521, 2004. Cited By 29. Citado 2 vezes nas páginas 66 e 69.

PARK, K.; KIM, H. J.; SO, H.-J. Are massive open online courses (moocs) really open to everyone?: A study of accessibility evaluation from the perspective of universal design for learning. In: *Proceedings of HCI Korea*. Seoul, KOR: Hanbit Media, Inc., 2016. (HCIK '16), p. 29–36. ISBN 9788968487910. Disponível em: <<https://doi-org.ez51-periodicos.capes.gov.br/10.17210/hcik.2016.01.29>>. Citado 2 vezes nas páginas 66 e 68.

PEREIRA, W. P.; OLIVEIRA, C. L. T. d.; MOTA, M. P. Proposta e avaliação de uma ferramenta web para vocalização de gráficos de barras. In: . [S.l.: s.n.], 2022. Citado na página 142.

PETRIE, H.; HARRISON, C.; DEV, S. Describing images on the web: A survey of current practice and prospects for the future. In: . [S.l.]: Human Computer Interaction International (HCII), 2005. Citado na página 69.

PETRIE, H.; SAVVA, A.; POWER, C. Towards a unified definition of web accessibility. In *Proceedings of the 12th International Web for All Conference (W4A '15)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 35, 1–13, 2015. Citado na página 23.

PINELLE, D.; GUTWIN, C. Groupware walkthrough: adding context to groupware usability evaluation. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2002. (CHI '02), p. 455–462. ISBN 1581134533. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/503376.503458>>. Citado na página 38.

POLSANI, P. Use and abuse of reusable learning objects. *Journal of Digital Information*, v. 3, 02 2003. Citado na página 32.

PONTELLI, E.; KARSHMER, A.; GUPTA, G. Mathematics and accessibility: A survey. In: _____. [S.l.: s.n.], 2009. p. 51–1. Citado na página 72.

PRATES, R.; BARBOSA, S. Avaliação de interfaces de usuário - conceitos e métodos. In: *Anais do XXIII Congresso Nacional da Sociedade Brasileira de Computação. XXII Jornadas de Atualização em Informática (JAI)*. [S.l.]: SBC, 2003. Citado na página 18.

PRATES, R. O.; RAPOSO, A. B. Desafios para testes de usuários em sistemas colaborativos - lições de um estudo de caso. In: *Proceedings of VII Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2006. (IHC '06), p. 9–12. ISBN 1595934324. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/1298023.1298051>>. Citado na página 38.

PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, H. *Design de Interação: Além da Interação homem-computador*. [S.l.]: Editora Bookman, 2005. Citado na página 18.

PRIETO, J. C. S.; MIGUELANEZ, S. O.; GARCIA-PENALVO, F. J. Mobile learning: Tendencies and lines of research. In: *Proceedings of the First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2013. (TEEM '13), p. 473–480. ISBN 9781450323451. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/2536536.2536609>>. Citado na página 18.

QIU, M.; MCDUGALL, D. Influence of group configuration on online discourse reading. *Computers and Education*, v. 87, p. 151 – 165, 2015. Cited by: 14. Citado 4 vezes nas páginas 77, 82, 138 e 159.

QUEIROS, L. M. et al. Lodpro: learning objects development process. *Journal of the Brazilian Computer Society*, 2016. Citado na página 18.

QUINONES, D.; RUSU, C.; RUSU, V. A methodology to develop usability/user experience heuristics. *Comput. Stand. Interfaces*, Elsevier Science Publishers B. V., NLD, v. 59, n. C, p. 109–129, aug 2018. ISSN 0920-5489. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.csi.2018.03.002>>. Citado 8 vezes nas páginas 21, 41, 42, 85, 87, 101, 102 e 107.

RACE, L. et al. Designing educational materials for a blind arduino workshop. In: *Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2020. (CHI EA '20), p. 1–7. ISBN 9781450368193. Disponível em: <<https://doi-org.ez51-periodicos.capes.gov.br/10.1145/3334480.3383055>>. Citado 2 vezes nas páginas 66 e 71.

REATEGUI, E.; FINCO, M. D. Proposta de diretrizes para avaliação de objetos de aprendizagem considerando aspectos pedagógicos e técnicos. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, v. 8, n. 3, dez. 2010. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/index.php/-/renote/article/view/18066>>. Citado 24 vezes nas páginas 74, 76, 78, 79, 80, 81, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 146, 148, 149, 151, 152, 157, 158, 160 e 161.

REMEDIOS, S. et al. Compondo a acessibilidade: avaliação do musibraille, software de educação musical para estudantes com deficiência visual. In: *Anais do XXXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2024.

p. 1193–1207. ISSN 0000-0000. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/sbie/article/view/31314>>. Citado 2 vezes nas páginas 37 e 38.

RIVAS-PEREZ, T. et al. Euler - mathematical editing by voice input for people with visual impairment. In: . [S.l.: s.n.], 2019. p. 9–95. Citado 2 vezes nas páginas 47 e 57.

ROCHA, J. A. P.; DUARTE, A. B. S. Diretrizes de acessibilidade web: um estudo comparativo entre as wcag 2.0 e o e-mag 3.0. *Inclusão Social*, v. 5, n. 2, dez. 2013. Disponível em: <<https://revista.ibict.br/inclusao/article/view/1678>>. Citado na página 101.

RODRIGUES, A.; COUTINHO, D. Aprendizagem colaborativa e a “taxonomia de bloom” collaborative learning and the “bloom taxonomy”. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 11, p. 850–870, 04 2025. Citado 2 vezes nas páginas 74 e 82.

RODRÍGUEZ-ASCASO, A. et al. Accessible mathematics videos for non-disabled students in primary education. *PLoS ONE*, v. 13, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 46 e 52.

SALVADOR-ULLAURI, L.; JARAMILLO-ALCÁZAR, A.; LUJÁN-MORA, S. A serious game accessible to people with visual impairments. In: . [S.l.: s.n.], 2017. p. 84–88. Cited By 5. Citado 2 vezes nas páginas 66 e 69.

SANTOS, W. D. d.; SESTITO, C. D. d. O.; BARBOSA, E. F. Recomendações de acessibilidade para recursos educacionais abertos com foco em pessoas com deficiência visual. *Revista Brasileira de Informática na Educação - RBIE*, 2021. Citado 3 vezes nas páginas 33, 36 e 38.

SARODNICK, F.; BRAU, H. Methoden der usability evaluation. *Bern, Switzerland: Verlag Hans Huber*, 2006. Citado na página 24.

SEBASTIÁN-HEREDERO, E. Diretrizes para o desenho universal para a aprendizagem (DUA). *Revista Brasileira de Educação Especial*, FapUNIFESP (SciELO), v. 26, n. 4, p. 733–768, oct 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590%2F1980-54702020v26e0155>>. Citado na página 104.

SESTITO, C. D. d. O. *Diretrizes pedagógicas e de acessibilidade para aplicações educacionais móveis com foco em usuários idosos*. Tese (Tese (Doutorado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação) — Universidade de São Paulo, 2022. Citado 17 vezes nas páginas 9, 36, 38, 41, 74, 75, 77, 80, 81, 82, 138, 140, 141, 147, 153, 154 e 159.

SHACKEL, B. Man-computer interaction: Human factors aspects of computers & people. In *Proceedings of the NATO Advanced Study Institute on Man-Computer Interaction*, 5–18.. *Mati, Greece: Springer*, 1981. Citado na página 24.

SHNEIDERMAN, B. Universal usability. *Communications of the ACM*, 43(5), 85 – 91, 2000. Citado na página 25.

SHNEIDERMAN, B. Promoting universal usability with multi-layer interface design. *Proceedings of the 2003 Conference on Universal Usability (CUU 2003)*. *New York: ACM Press*, 2003. Citado na página 25.

- SHOEMAKER, J. A. Vision problems in the us: Prevalence of adult vision impairment and age-related eye diseases in america. In: . [S.l.: s.n.], 2002. Citado na página 20.
- SHUTE, V.; HANSEN, E.; ALMOND, R. An assessment for learning system called aced: Designing for learning effectiveness and accessibility. *ETS Research Report Series*, v. 2007, p. i–45, 2007. Citado 2 vezes nas páginas 46 e 51.
- SILVA, A. C. A. Acessibilidade web e inclusão digital: o desafio da igualdade de oportunidades no mundo virtual. *Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia*, v. 2, n. 3, p. 13–24, 2019. Citado na página 24.
- SILVA, C. F. da; FERREIRA, S. B. L.; RAMOS, J. a. F. M. Whatsapp accessibility from the perspective of visually impaired people. In: *Proceedings of the 15th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2016. (IHC '16). ISBN 9781450352352. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3033701.3033712>>. Citado na página 24.
- SILVA, S. C.; SOUZA, M. V. Desenho universal para aprendizagem e moocs: Uma reflexão preliminar. In: _____. [S.l.: s.n.], 2015. p. 129–138. ISBN 9788580391282. Citado na página 35.
- SILVA, W. P. d.; MÓL, G. d. S.; SANTANA, R. d. O. O uso da ferramenta formulários do google para pesquisas com pessoas com deficiência visual. *Revista Pesquisa Qualitativa*, v. 8, n. 17, p. 221–235, out. 2020. Disponível em: <<https://editora.sepq.org.br/rpq-/article/view/250>>. Citado na página 86.
- SILVEIRA, M. S.; CARNEIRO, M. L. F. Diretrizes para a avaliação da usabilidade de objetos de aprendizagem. In: *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. Rio de Janeiro: [s.n.], 2012. Citado 25 vezes nas páginas 76, 77, 78, 79, 80, 81, 103, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 143, 144, 145, 148, 149, 152, 153, 154, 155, 161, 162 e 163.
- Simao de Deus, W.; Barbosa, E. F. A Systematic Mapping of the Classification of Open Educational Resources for Computer Science Education in Digital Sources. *IEEE Transactions on Education*, v. 65, n. 3, p. 450–460, ago. 2022. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 33.
- SOAD, G. et al. Reqml-catalog: The road to a requirements catalog for mobile learning applications. In: . [S.l.: s.n.], 2017. p. 1–9. Citado 8 vezes nas páginas 79, 80, 81, 82, 138, 149, 159 e 161.
- SOARES, M. d. S. et al. Pedagogical and accessibility guidelines for open educational resources focusing on blind students. In: *Proceedings of the XXIII Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2024. (IHC '24). ISBN 9798400712241. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3702038.3702100>>. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 107.
- SOARES, M. S. et al. Accessible learning objects: A systematic literature review. *Universal Access in the Information Society*, 2023. Citado na página 43.
- SOARES, M. S. et al. Accessibility barriers for blind students in teaching-learning systems. *Journal of Universal Computer Science*, 2024. Citado na página 63.

- SOMOS, I. *RAIO-X DA EDUCAÇÃO INCLUSIVA NO BRASIL: um panorama da educação especial sob a perspectiva da inclusão no país*. 2020. <https://www.institutosomes.org/project/raio-x-da-educacao-inclusiva-no-brasil-%EF%BB%BFum-panorama-da-educacao-especial-sob-a-perspectiva-da-inclusao-no-pais/>. Acesso em: 13 de abril de 2023. Citado na página 18.
- SORVA, J.; LÖNNBERG, J.; MALMI, L. Students' ways of experiencing visual program simulation. *Computer Science Education*, v. 23, n. 3, p. 207 – 238, 2013. Cited by: 24. Citado 4 vezes nas páginas 78, 80, 82 e 149.
- SOUZA, A. et al. Accessibility evaluation of web systems for people with visual impairments: Findings from a literature survey. In: *Proceedings of the XXIII Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2024. (IHC '24). ISBN 9798400712241. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3702038.3702090>>. Citado 3 vezes nas páginas 18, 107 e 112.
- SOUZA, E.; MALHEIROS, N. Avaliação de acessibilidade digital para pessoas com deficiência motora em repositórios educacionais abertos. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 26(03), 1, 2018. Citado na página 29.
- SPLENDIANI, B.; RIBERA, M. Accessibility of graphics in stem research articles: Analysis and proposals for improvement. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, v. 67, n. 6, p. 1507–1520, 2016. Cited By 1. Citado 2 vezes nas páginas 66 e 70.
- STEFIK, A.; HUNDHAUSEN, C.; SMITH, D. On the design of an educational infrastructure for the blind and visually impaired in computer science. In: . [S.l.: s.n.], 2011. p. 571–576. Cited By 46. Citado 2 vezes nas páginas 66 e 68.
- STEHLING, V. et al. Access all areas: Designing a hands-on robotics course for visually impaired high school students. *Communications in Computer and Information Science*, v. 529, p. 430–435, 2015. Cited By 0. Citado 2 vezes nas páginas 66 e 68.
- STIRBENS, K. et al. Barriers to distance learning in web accessibility for persons with blindness and visual impairment. In: . [S.l.: s.n.], 2010. p. 216–221. Cited By 0. Citado 3 vezes nas páginas 66, 69 e 70.
- TAVARES, F. A. A. *Uma investigação sobre objetos de aprendizagem utilizados no design instrucional de uma escola militar de ensino técnico*. Monografia (Especialização em Inovação e Tecnologias na Educação) — Escola Nacional de Administração Pública, 2020. Citado 9 vezes nas páginas 20, 73, 78, 79, 101, 138, 139, 147 e 161.
- TAYLOR, K.; ROHRER, D. The effects of interleaved practice. *Applied Cognitive Psychology*, v. 24, p. 837 – 848, 09 2010. Citado 2 vezes nas páginas 80 e 155.
- TEKANE, R.; POTGIETER, M. Insights from training a blind student in biological sciences. v. 117, 2021. Disponível em: <<https://sajs.co.za/article/view/8607>>. Citado 2 vezes nas páginas 46 e 49.
- THATCHER, J. Assistive technology: Screen readers and browsers. In: _____. *Web Accessibility: Web Standards and Regulatory Compliance*. Berkeley, CA: Apress, 2006. p. 103–124. ISBN 978-1-4302-0188-5. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-1-4302-0188-5_5>. Citado na página 25.

- THATCHER, J. et al. Constructing accessible web sites. *Glasshaus*, 2002. Citado na página 23.
- THATCHER, J. et al. Constructing accessible web sites. *San Francisco: glasshaus*, 2003. Citado na página 24.
- TORRES, M.; BARWALDT, R. Approaches for diagrams accessibility for blind people: a systematic review. In: . [S.l.: s.n.], 2019. p. 1–7. Citado 2 vezes nas páginas 46 e 51.
- TOTVS. *Educação inclusiva: importância, princípios e desafios*. 2022. <https://www.totvs.com/blog/instituicao-de-ensino/educacao-inclusiva/>. Acesso em: 13 de abril de 2023. Citado 3 vezes nas páginas 19, 34 e 35.
- TREWIN, S. et al. Powerup: An accessible virtual world. In: . [S.l.: s.n.], 2008. p. 177–184. Citado 2 vezes nas páginas 47 e 50.
- ULBRICHT, V. et al. A tool to facilitate including accessible content in moodle to the person with visual impairment. *Procedia Computer Science*, v. 14, p. 138–147, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 46 e 54.
- UNESCO. *Forum on the Impact of Open Courseware for Higher Education in Developing Countries – Final Report*. 2002. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000128515>. Citado 3 vezes nas páginas 19, 32 e 33.
- UNESCO. *Draft Recommendation on Open Educational Resources*. 2019. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000370936>. Citado na página 33.
- UNIVERSITY, U. S. *Center for Persons with Disabilities*. 2018. <http://cpdusu.org/>. Citado na página 31.
- URBANO, P.; CRUZ, R. R. da; DUARTE, T. Aplicando análise estatística de dados de interação de larga escala no design centrado no usuário. In: *Simpósio Brasileiro de Fatores Humanos em Sistemas Computacionais*. [s.n.], 2014. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:31621897>>. Citado na página 38.
- VERETENNIKOVA, N. et al. Information and technology support for the training of visually impaired people. 2019. Citado 2 vezes nas páginas 47 e 58.
- VRUGTE, J.; JONG, T. Self-explanations in game-based learning: From tacit to transferable knowledge. In: _____. [S.l.: s.n.], 2017. p. 141–159. ISBN 978-3-319-39296-7. Citado 5 vezes nas páginas 75, 135, 136, 138 e 139.
- W3C. *World Wide Web Consortium*. 1999. <https://www.w3.org/>. Citado na página 26.
- W3C. *Web content accessibility guidelines (WCAG) 2.0*. 2008. <https://www.w3.org/TR/WCAG20/>. Citado 2 vezes nas páginas 69 e 70.
- W3C. *Cartilha acessibilidade na web, fascículo 1*. 2014. <http://www.w3c.br/pub/Materiais/PublicacoesW3C/cartilha-w3cbr-acessibilidade-web-fasciculo-I.html>. Acesso em: 30 de agosto de 2021. Citado na página 23.
- W3C. *W3C - Web Accessibility Initiative (WAI), Making the Web Accessible*. 2019. <http://www.w3.org/WAI/>. Citado na página 17.

- WATTERS, J. D. et al. An artificial intelligence tool for accessible science education. *Journal of Science Education for Students with Disabilities*, v. 24, 2021. Citado 2 vezes nas páginas 47 e 55.
- WCAG 2.1. *Web content accessibility guidelines 2.1*. 2018. <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>. Citado 19 vezes nas páginas 20, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 145, 147, 149, 150, 151, 157, 158, 159, 160 e 161.
- WCAG 2.2. *Web content accessibility guidelines 2.2*. 2023. <https://www.w3.org/TR/WCAG22/>. Citado 2 vezes nas páginas 26 e 27.
- WCAG 3.0. *W3C Accessibility Guidelines 3.0 - W3C Working Draft*. 2024. <https://www.w3.org/TR/wcag-3.0/>. Citado na página 28.
- WHARTON, C. et al. The cognitive walkthrough method: a practitioner's guide. In: _____. *Usability Inspection Methods*. USA: John Wiley & Sons, Inc., 1994. p. 105–140. ISBN 0471018775. Citado na página 38.
- WILEY, D. Defining the “open” in open content and open educational resources. In: . [S.l.: s.n.], 2014. Citado na página 33.
- WILEY, D. A. Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy. In: _____. *The Instructional Use of Learning Objects*. Bloomington, IN: Agency for Instructional Technology and Association for Educational Communications and Technology, 2001. Citado na página 32.
- WILSON, C. et al. Myword: Enhancing engagement, interaction and self-expression with minimally-verbal children on the autism spectrum through a personal audio-visual dictionary. In: *Proceedings of the 17th ACM Conference on Interaction Design and Children*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2018. (IDC '18), p. 106–118. ISBN 9781450351522. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3202185-3202755>>. Citado na página 141.
- WOHLIN, C. et al. *Experimentation in Software Engineering*. [S.l.]: Springer, 2012. I-XXIII, 1-236 p. ISBN 978-3-642-29043-5. Citado 2 vezes nas páginas 108 e 113.
- YUKSEL, B. F. et al. Human-in-the-loop machine learning to increase video accessibility for visually impaired and blind users. In: *Proceedings of the 2020 ACM Designing Interactive Systems Conference*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2020. (DIS '20), p. 47–60. ISBN 9781450369749. Disponível em: <<https://doi-org.ez51.periodicos.capes.gov.br/10.1145/3357236.3395433>>. Citado 2 vezes nas páginas 66 e 71.
- ZEN, E. *Diretrizes de Acessibilidade em Ambientes de Desenvolvimento Integrado para Estudantes Cegos*. Tese (Tese (Doutorado em Computação)) — Universidade Federal de Pelotas, 2024. Citado 2 vezes nas páginas 36 e 38.

Apêndices

APÊNDICE A – Questionário para identificar barreiras de acessibilidade

Barreiras de acessibilidade digital na educação

Olá! Sou a Michele, estudante de doutorado em Ciência da Computação na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e estou pesquisando, juntamente com a professora Doutora Débora Paiva, sobre acessibilidade digital de pessoas cegas na educação de nível superior. E com este questionário, queremos identificar as barreiras de acessibilidade que os alunos cegos enfrentam no ensino superior.

Caso você conheça outras pessoas que estejam cursando a graduação ou já tenham terminado o ensino superior e sejam cegas, peço, por gentileza, que envie este questionário para que elas também possam colaborar com a pesquisa. O link para compartilhar este questionário é o seguinte:

https://docs.google.com/forms/d/1KY9VgYvFGUX37Mjf_KbbF12MpdzWcLFewGJyre0wgiQ

Muito obrigada pela sua participação e contribuição!

*Obrigatório

Se desejar, informe seu email:

1. Você é cego?*

☐ Sim

☐ Não

2. Qual é o seu grau de escolaridade?*

☐ Ensino fundamental

☐ Ensino médio

☐ Graduação (cursando)

☐ Graduação (completa)

☐ Especialização

- ☐ Mestrado
 - ☐ Doutorado
3. Você utiliza mais o computador ou o celular para acessar conteúdos educativos (por exemplo, vídeos, imagens e textos)?*
- ☐ Celular
 - ☐ Computador
4. Se desejar, explique o motivo.
5. Quais são os principais problemas de acessibilidade que você encontra ao responder questionários utilizando o computador ou celular?
6. Quais dificuldades você enfrenta para entender os textos educativos, tais como artigos, capítulos de livros ou tutoriais, utilizando um computador ou celular?
7. Quais são as dificuldades para entender imagens com muitas informações, utilizando o computador ou celular?
8. Quais informações você espera encontrar nas descrições das imagens? Além das informações, qual o nível de detalhes?
9. Quais informações você espera encontrar nas descrições dos gráficos? Além das informações, qual o nível de detalhes?
10. Alguns vídeos utilizam voz sintetizada e essa voz pode apresentar alguns problemas, tais como: a voz sintetizada no vídeo não soa naturalmente, falta de espaços entre as palavras ou erros de pronúncia das palavras. Você considera que existem outros problemas na voz sintetizada? Quais?
11. Quais informações você espera encontrar nas descrições dos vídeos? Além das informações, qual o nível de detalhes?

12. Quais são as principais informações que você precisa para interpretar uma tabela, utilizando o computador ou celular?
13. Quais são os principais problemas de acessibilidade que você encontra nas tabelas?
14. Quais são os principais problemas de acessibilidade que você encontra nos *games*?
15. Quais são as principais informações que você precisa para jogar um *game*?
16. O que é necessário informar sobre um *link* para você decidir se irá acessá-lo?
17. Qual a melhor forma de passar as informações para você compreender as expressões matemáticas?
18. Quais são as maiores dificuldades que você enfrenta para resolver questões matemáticas, utilizando o computador ou celular?
19. Quais são os principais problemas de acessibilidade que você encontra nos cursos educativos digitais?
20. Você está cursando ou é formado na área de Tecnologia da Informação?*
- ☐ Sim
- ☐ Não

Obstáculos de acessibilidade na área de Tecnologia da Informação

1. Quais são as maiores dificuldades para navegar nas IDEs (*Integrated Development Environment* ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado)? Por exemplo: *Eclipse*, *NetBeans* e *Visual Studio Code*.
2. Quais são as informações que você precisa para compreender a indentação dos blocos no código-fonte?

3. Quais as maiores dificuldades para resolver erros de sintaxe no código-fonte? Por exemplo, chaves incompatíveis.
4. Quais são os maiores desafios relacionados à falta de acessibilidade que você enfrenta no desenvolvimento de software?
5. Se desejar, pode deixar novos comentários ou informações que julgar importantes.

APÊNDICE B – Lista das universidades

Tabela 14 – Universidades que o questionário foi enviado

ID	Instituição	Sigla
01	Fundação Universidade do Estado de Santa Catarina	UDESC
02	Fundação Universidade Federal da Grande Dourados	UFGD
03	Fundação Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre	UFCSPA
04	Fundação Universidade Federal de Rondônia	UNIR
05	Fundação Universidade Federal do ABC	UFABC
06	Fundação Universidade Federal do Pampa	UNIPAMPA
07	Fundação Universidade Federal do Tocantins	UFT
08	Fundação Universidade Federal do Vale do São Francisco	UNIVASF
09	Fundação Universidade Virtual do Estado de São Paulo	UNIVESP
10	Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira	UNILAB
11	Universidade de Brasília	UNB
12	Universidade de Pernambuco	UPE
13	Universidade de São Paulo	USP
14	Universidade do Estado da Bahia	UNEB
15	Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado	UNEMAT
16	Universidade do Estado de Minas Gerais	UEMG
17	Universidade do Estado do Amapá	UEAP
18	Universidade do Estado do Amazonas	UEA
19	Universidade do Estado do Pará	UEPA
20	Universidade do Estado do Rio De Janeiro	UERJ
21	Universidade do Estado do Rio Grande do Norte	UERN
22	Universidade Estadual da Paraíba	UEPB
23	Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão	UEMASUL
24	Universidade Estadual de Alagoas	UNEAL
25	Universidade Estadual de Campinas	UNICAMP
26	Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas	UNCISAL
27	Universidade Estadual de Feira de Santana	UEFS
28	Universidade Estadual de Goiás	UEG
29	Universidade Estadual de Londrina	UEL
30	Universidade Estadual de Maringá	UEM
31	Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul	UEMS
32	Universidade Estadual de Montes Claros	UNIMONTES
33	Universidade Estadual de Ponta Grossa	UEPG
34	Universidade Estadual de Roraima	UERR
35	Universidade Estadual de Santa Cruz	UESC
36	Universidade Estadual do Ceará	UECE
37	Universidade Estadual do Centro Oeste	UNICENTRO
38	Universidade Estadual do Maranhão	UEMA
39	Universidade Estadual do Norte do Paraná	UENP
40	Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro	UENF
41	Universidade Estadual do Oeste do Paraná	UNIOESTE
42	Universidade Estadual do Paraná	UNESPAR
43	Universidade Estadual do Piauí	UESPI
44	Universidade Estadual do Rio Grande do Sul	UERGS

ID	Instituição	Sigla
45	Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia	UESB
46	Universidade Estadual do Tocantins	UNITINS
47	Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho	UNESP
48	Universidade Estadual Vale do Acaraú	UVA
49	Universidade Federal da Bahia	UFBA
50	Universidade Federal da Fronteira Sul	UFFS
51	Universidade Federal da Integração Latino-Americana	UNILA
52	Universidade Federal da Paraíba	UFPB
53	Universidade Federal de Alagoas	UFAL
54	Universidade Federal de Alenas	UNIFAL-MG
55	Universidade Federal de Campina Grande	UFCG
56	Universidade Federal de Catalão	UFCAT
57	Universidade Federal de Goiás	UFG
58	Universidade Federal de Itajubá	UNIFEI
59	Universidade Federal de Jataí	UFJ
60	Universidade Federal de Juiz de Fora	UFJF
61	Universidade Federal de Lavras	UFLA
62	Universidade Federal de Mato Grosso	UFMT
63	Universidade Federal de Mato Grosso do Sul	UFMS
64	Universidade Federal de Minas Gerais	UFMG
65	Universidade Federal de Ouro Preto	UFOP
66	Universidade Federal de Pelotas	UFPEL
67	Universidade Federal de Pernambuco	UFPE
68	Universidade Federal de Rondonópolis	UFR
69	Universidade Federal de Roraima	UFRR
70	Universidade Federal de Santa Catarina	UFSC
71	Universidade Federal de Santa Maria	UFSM
72	Universidade Federal de São Carlos	UFSCAR
73	Universidade Federal de São João Del Rei	UFSJ
74	Universidade Federal de São Paulo	UNIFESP
75	Universidade Federal de Sergipe	UFS
76	Universidade Federal de Uberlândia	UFU
77	Universidade Federal de Viçosa	UFV
78	Universidade Federal do Acre	UFAC
79	Universidade Federal do Agreste de Pernambuco	UFAPE
80	Universidade Federal do Amapá	UNIFAP
81	Universidade Federal do Amazonas	UFAM
82	Universidade Federal do Cariri	UFCA
83	Universidade Federal do Ceará	UFC
84	Universidade Federal do Delta Do Parnaíba	UFDPA
85	Universidade Federal do Espírito Santo	UFES
86	Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro	UNIRIO
87	Universidade Federal do Maranhão	UFMA
88	Universidade Federal do Oeste da Bahia	UFOB
89	Universidade Federal do Oeste do Pará	UFOPA
90	Universidade Federal do Pará	UFPA
91	Universidade Federal do Paraná	UFPR
92	Universidade Federal do Piauí	UFPI
93	Universidade Federal do Recôncavo da Bahia	UFRB
94	Universidade Federal do Rio de Janeiro	UFRJ
95	Universidade Federal do Rio Grande	FURG
96	Universidade Federal do Rio Grande do Norte	UFRN
97	Universidade Federal do Rio Grande do Sul	UFRGS
98	Universidade Federal do Sul da Bahia	UFSB

ID	Instituição	Sigla
99	Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará	UNIFESSPA
100	Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri	UFVJM
101	Universidade Federal do Triângulo Mineiro	UFTM
102	Universidade Federal Fluminense	UFF
103	Universidade Federal Rural da Amazônia	UFRA
104	Universidade Federal Rural de Pernambuco	UFRPE
105	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro	UFRRJ
106	Universidade Federal Rural do Semi-Árido	UFERSA
107	Universidade Regional do Cariri	URCA
108	Universidade Tecnológica Federal do Paraná	UTFPR
109	Universidade Virtual do Estado do Maranhão	UNIVIMA

APÊNDICE C – Questionários para a fase de avaliação

Os perfis dos participantes foram obtidos com a aplicação de questionários online. Os questionários foram elaborados com itens relacionados às características dos participantes e ao nível de experiência dos pedagogos com acessibilidade.

C.1 Estudantes

O objetivo deste questionário foi obter dados que caracterizam os participantes do estudo e apenas a pesquisadora e sua orientadora possuem acesso aos dados coletados.

1. Você é cego? Sim; Não
2. Qual leitor de tela você utiliza?
3. Qual a sua idade?
4. Qual o seu gênero? Feminino; Masculino; Não desejo informar
5. Qual a sua formação acadêmica? Ensino fundamental; Ensino médio, Graduação (cursando); Graduação (completa); Especialização; Mestrado; Doutorado; Pós-doutorado
6. Você possui experiência profissional? Sim; Não
7. Em qual área?
8. Há quanto tempo você trabalha?

C.2 Pedagogos

O objetivo deste questionário foi obter dados que caracterizam os participantes do estudo e apenas a pesquisadora e sua orientadora possuem acesso aos dados coletados.

1. Qual sua formação acadêmica? Graduação, Especialização, Mestrado, Doutorado, Pós-Doutorado
2. Qual é a sua área de formação?
3. Há quanto tempo você atua como pedagogo?

4. Qual o seu nível de conhecimento em acessibilidade com estudantes cegos? Nenhum conhecimento, Pouco conhecimento, Médio conhecimento, Alto conhecimento
5. Qual o seu tempo de experiência em acessibilidade com estudantes cegos? Até 1 ano, De 2 a 4 anos, De 5 a 10 anos, Acima de 10 anos, Não tenho
6. Você já produziu conteúdo educativo para estudantes cegos? Sim, Não
7. Caso a resposta anterior seja sim, quais são as diferenças em relação a preparação desse conteúdo?
8. Você costuma utilizar algum material de apoio para produzir conteúdo educativo para estudantes cegos? Sim, Não
9. No caso afirmativo, indique qual material de apoio você costuma utilizar.
10. Você considera interessante ter diretrizes para apoiar na elaboração de conteúdo educativo para estudantes cegos Sim, Não
11. Se desejar, explique o motivo.

C.3 Avaliação das diretrizes

A avaliação das diretrizes foi conduzida com a aplicação de um questionário com 7 perguntas e utilizando a escala Likert de 5 pontos, com as seguintes opções: concordo totalmente; concordo parcialmente; não sei opinar (neutro); discordo parcialmente; e discordo totalmente.

O questionário foi elaborado com o objetivo de avaliar a percepção de utilidade das diretrizes pedagógicas e de acessibilidade. As questões foram as seguintes:

1. Foi possível acessar todos os elementos do protótipo.
2. Eu considero que o protótipo atende às diretrizes de acessibilidade.
3. Eu considero que o protótipo atende diretrizes pedagógicas.
4. Eu considero que foi possível utilizar o protótipo sem precisar de auxílio externo.
5. Algum elemento dificultou a sua navegação? Qual?
6. Você tem alguma sugestão de melhoria para o protótipo?
7. Gostaria de deixar algum comentário?