

Ferramentas de acessibilidade web para pessoas com deficiência visual: uma revisão integrativa

Antônio Willas Sales Sousa^[1], Maria Auxiliadora de Oliveira Chaves^[2], Adonias Caetano de Oliveira^{[3]*}, Marcos Vinicius de Andrade Lima^[4], Francisco Luciano Castro Martins Junior^[5]

^[1]willas157.wa@gmail.com, ^[2]auxiliadora.chaves09@aluno.ifce.edu.br, ^[3]

adonias.oliveira@ifce.edu.br. Instituto Federal do Ceará (IFCE), Tianguá, Ceará, Brasil

^[4]marcos.vinicius@ufc.br. Universidade Federal do Ceará (UFC), Russas, Ceará, Brasil

^[5]luciano.martins@ifce.edu.br. Instituto Federal do Ceará (IFCE), Itapipoca, Ceará, Brasil

Resumo

A deficiência visual impacta de forma significativa a vida de milhões de pessoas em todo o mundo, limitando o acesso à informação e às tecnologias digitais. Embora os avanços tecnológicos e a crescente conscientização sobre a inclusão tenham promovido melhorias, ainda persistem desafios relacionados ao conhecimento e a utilização de ferramentas de acessibilidade virtual voltadas especificamente a esse público. O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão integrativa das ferramentas de acessibilidade para pessoas com deficiência visual, identificando ferramentas e questionários utilizados para avaliar a acessibilidade virtual de pessoas com deficiência visual, além de discutir suas metodologias de avaliação e analisar as métricas empregadas. Foram realizadas buscas nas bases de dados ACM Digital Library, IEEE Xplore e Science Direct, a partir do ano de 2019, resultando em 662 documentos. Após a aplicação dos critérios de exclusão, 22 documentos foram selecionados para análise na plataforma Parsifal. As ferramentas mais destacadas foram a Escala de Usabilidade SUS e as diretrizes WCAG, que apresentam desempenho superior na avaliação de acessibilidade.

Palavras-chaves: acessibilidade virtual; deficiência visual; ferramentas de avaliação; revisão integrativa.

Web accessibility tools for people with visual impairments: an integrative review

Abstract

Visual impairment affects millions of people worldwide, significantly limiting their access to information and digital technologies. Although technological advances and increased awareness of inclusion have brought improvements, challenges persist regarding knowledge and dissemination of virtual accessibility tools designed for this population. This study aimed to perform an integrative review of accessibility tools for people with visual impairments, identifying the main instruments and questionnaires used to evaluate virtual accessibility, discussing their methodological approaches, and analyzing the metrics applied. Searches were conducted in the ACM Digital Library, IEEE Xplore, and ScienceDirect databases, covering publications from 2019 onward, which initially yielded 662 documents. After applying the exclusion criteria, 22 documents were selected for analysis on the Parsifal platform. The most frequently cited tools were the System Usability Scale (SUS) and the Web Content Accessibility Guidelines (WCAG), which showed greater relevance and effectiveness in evaluating accessibility.

Keywords: assessment tools; integrative review; virtual accessibility; visual impairment; Usability.

1 Introdução

A deficiência visual abrange um espectro de condições que afetam a visão, desde a cegueira total até a baixa visão (ALVES et al., 2022). A classificação baseia-se em medidas oftalmológicas, como acuidade visual e campo de visão. A cegueira caracteriza-se por uma acuidade visual extremamente baixa ou nula, enquanto a baixa visão envolve uma redução significativa da visão, mas com alguma percepção visual residual (OLIVEIRA; OKIMOTO, 2022).

Além da acuidade e do campo visual, outros fatores como a sensibilidade ao contraste e as alterações corticais podem influenciar a classificação (ALVES et al., 2022; OLIVEIRA; OKIMOTO, 2022). É importante destacar que a deficiência visual é considerada uma condição permanente, mesmo com tratamentos, e compreende uma variedade de distúrbios visuais (BASTOS; MUÑOZ; RAPOSO, 2020).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), em 2019 havia mais de 2 milhões de pessoas com deficiência visual no mundo. As doenças oculares são comuns, mas o apoio recebido varia consideravelmente, e o acesso limitado aos cuidados oftalmológicos é uma das principais causas de desigualdade nessa área (OMS, 2019). Globalmente, um número significativo de pessoas sofre de doenças oculares que podem resultar em deficiência visual.

São encontradas diversas limitações no acesso a ambientes virtuais, sendo identificadas muitas dificuldades de acesso para pessoas com deficiência visual, como em conteúdos web que contêm elementos gráficos sem descrição textual, tais como representações gráficas de links e CAPTCHA; menus inacessíveis em páginas web; excesso de propagandas que dificulta o fluxo de leitura pelos leitores de tela; e o uso de efeitos gráficos em páginas, que impõe grandes desafios de visualização (BASTOS; MUÑOZ; RAPOSO, 2020; CAVALCANTI et al., 2020; SILVA et al., 2021; GOMES, 2022; SILVA, 2023).

Para mitigar essas limitações de acesso aos ambientes virtuais, a Tecnologia Assistiva (TA) é um campo de estudo interdisciplinar que desenvolve recursos e serviços que ampliem a habilidade de pessoas com necessidades especiais, possibilitando sua inclusão (CAMPANA, 2021; SILVA et al., 2023). As Tecnologias Digitais da Comunicação e da Informação (TDICs) referem-se a qualquer equipamento conectado à internet capaz de ampliar as habilidades de comunicação (LIMA; FERRETE, 2021).

Alguns exemplos de TA são teclados virtuais com acionadores, textos em Braille, mobiliário acessível, recursos de mobilidade pessoal, *softwares* de comunicação alternativa, leitores de texto e ampliação de textos (SILVA et al., 2023). Adicionalmente, a acessibilidade, segundo o Artigo 19 do Decreto 3.298/1999, define-se como o uso de ajudas técnicas para compensar limitações motoras, sensoriais ou mentais, permitindo que pessoas com deficiência superem barreiras de comunicação e mobilidade, promovendo a inclusão social.

Dentro desse contexto de TA e acessibilidade, justifica-se este trabalho pela escassez de revisões bibliográficas relacionadas à avaliação de ferramentas de acessibilidade, especialmente do tipo Revisão Integrativa (RI). Por exemplo, Brulé et al. (2020) revisaram avaliações empíricas quantitativas de tecnologias voltadas a pessoas com deficiência visual. Os autores forneceram uma visão geral, tendências históricas e uma terminologia unificada para projetar e relatar avaliações empíricas quantitativas. Identificaram lacunas de pesquisa e propuseram um conjunto de diretrizes para abordá-las. A análise teve como objetivo facilitar e estimular pesquisas futuras sobre o tema.

Portanto, assim como Brulé et al. (2020), considera-se que esta Revisão Integrativa permitirá reunir e sintetizar as principais evidências sobre o tema, oferecendo uma visão abrangente e atualizada. Ao analisar diversos estudos, é possível identificar lacunas de conhecimento, áreas que ainda precisam ser exploradas e orientar futuras pesquisas.

Os resultados deste trabalho podem servir como base para a tomada de decisões em diferentes áreas, incluindo a elaboração de políticas públicas e o desenvolvimento de aplicações acessíveis. Ademais, uma Revisão Integrativa (RI) contribui para a construção de um marco teórico consistente, ao identificar os principais conceitos, modelos e teorias relacionados ao tema.

A divulgação dos resultados de uma RI favorece para a disseminação do conhecimento científico e para o avanço da área de estudo (BOTELHO; CUNHA; MACEDO, 2011; GOUGH; OLIVER; THOMAS, 2017; EDUCAÇÃO, 2021; RAJAGURU; PARK, 2021).

Diante disso, este trabalho de RI tem como questão de pesquisa: quais são as principais ferramentas e questionários utilizados para a avaliação de acessibilidade, usabilidade e experiência do usuário por pessoas com deficiência visual?

Assim, o objetivo geral deste trabalho é investigar as ferramentas de acessibilidade disponíveis para pessoas com deficiência visual, identificando quais instrumentos são utilizados para avaliar a acessibilidade e usabilidade dessas ferramentas, sob uma perspectiva qualitativa. Além disso, foi realizada uma análise das metodologias de aplicação empregadas, investigando as métricas utilizadas.

Este artigo de revisão está estruturado em seis seções. A seção 2 introduz conceitos sobre Tecnologia Assistiva, Acessibilidade Virtual e Interface Humano-Computador, além dos tipos de avaliações relevantes ao estudo. A seção 3 apresenta os trabalhos relacionados, oferecendo uma visão geral. Na seção 4, são descritos a metodologia adotada, as questões de pesquisa, os critérios de seleção e a categorização dos estudos. A seção 5 expõe os resultados da pesquisa, destacando os artigos primários e as ferramentas utilizadas, com uma discussão crítica dos achados na subseção 5.3. Por fim, a seção 6 apresenta as conclusões e considerações finais, evidenciando a heterogeneidade dos estudos revisados.

2 Fundamentação teórica

Esta seção fornece os conceitos teóricos relacionados com a temática deste estudo, a saber, Interface Humano Computador, Tecnologia Assistiva e Acessibilidade Virtual.

2.1 Interface Humano Computador

A Interface Humano Computador (IHC) refere-se à interação entre o ser humano e o computador, tanto as teorias quanto às técnicas utilizadas em projetos que deixem um sistema mais interativo. São aplicados alguns conceitos de *design* como: estilos de interação, paradigmas de interação, tipos de interface e *guidelines*. A aplicação adequada de conceitos de IHC contribui para o desenvolvimento de sistemas com melhor usabilidade. Um bom nível de usabilidade torna uma aplicação mais atrativa, compreensível e fácil de operar em condições específicas (MIRANDA et al., 2019).

A IHC e a usabilidade estão profundamente interligadas, pois ambas abordam aspectos fundamentais para garantir uma interação eficiente entre o usuário e o sistema. Agora, aprofundaremos a avaliação de usabilidade, explorando seus atributos. A usabilidade refere-se à facilidade de uso de um produto pelo usuário, sendo avaliada por cinco atributos qualitativos: eficiência, capacidade de aprendizado, memorabilidade, ocorrência de erros e satisfação. Diversos problemas de usabilidade podem surgir, sendo essencial identificá-los, pois podem indicar dificuldades enfrentadas pelos usuários. Esses problemas podem ser causados por uma combinação de fatores, como o design da interface ou o contexto de uso (BENJAMIN; FARIA, 2022).

A abordagem de IHC se articula com a acessibilidade virtual ao priorizar a qualidade da experiência do usuário durante a interação com sistemas interativos. A acessibilidade é considerada um dos critérios essenciais de qualidade de uso, ao lado da usabilidade e da comunicabilidade, sendo avaliada desde as fases iniciais do *design* até após o produto estar pronto. O foco da IHC está na interface e na forma como ela permite que todos os usuários, independentemente de suas limitações, alcancem seus objetivos com eficácia e conforto, garantindo que o sistema seja inclusivo e funcional em diferentes contextos de uso (BARBOSA e SILVA, 2010).

Entre as formas de avaliação, a Avaliação Heurística de Usabilidade baseia-se em uma lista de regras gerais (heurísticas). Trata-se de um tipo de inspeção de interface, conduzida por três a cinco especialistas, que analisam uma Interface de Usuário (IU) e emitem julgamentos conforme as heurísticas definidas. Inicialmente, cada avaliador realiza a inspeção individual da IU, examinando seus componentes para identificar possíveis problemas. Após as avaliações individuais, é elaborado um relatório consolidando os resultados e discutindo os pontos de divergência entre os avaliadores (SANTANA et al., 2010).

O conceito de *User Experience* (UX) visa proporcionar experiências positivas para conquistar o usuário. Compreender as motivações e analisar o comportamento humano são fatores cruciais para o desenvolvimento de produtos com melhor usabilidade digital, capazes de atender às necessidades dos usuários, sem causar desorganização (FURTADO, 2022). O principal objetivo é proporcionar uma experiência positiva, tanto em processos simples quanto em complexos, sem gerar desconforto. Isso envolve a análise da interação do usuário com um produto ou serviço, ocorrendo em ambientes digitais ou físicos, como aplicativos, sites e embalagens de produtos (GARBIN; DIAS, 2023).

Deve ser considerado investir na experiência do usuário, principalmente ao ter um profissional que entenda as ferramentas a serem utilizadas para aplicar métodos visando qualificar os serviços. A satisfação do cliente se tornou um fator fundamental para a sobrevivência de um empreendimento (CORREIA et al., 2021).

2.2 Tecnologia Assistiva

No processo de inclusão social e educacional, a Tecnologia Assistiva (TA) constitui uma área de apoio fundamental, cujo propósito é proporcionar melhor qualidade de vida e superar barreiras que dificultam a aprendizagem de alunos com deficiência, sejam elas sensoriais, motoras ou cognitivas (FRAZÃO et al., 2020).

A TA compreende produtos, recursos, metodologias e serviços com o objetivo de promover a participação ativa de pessoas com deficiências, contribuindo para sua independência, inclusão social e melhoria da qualidade de vida (BIAZUS; RIEDER, 2019).

A Tecnologia Assistiva proporciona melhor qualidade de vida, maior independência e inclusão social às pessoas com deficiência por meio de recursos e serviços que colaboram para a melhoria de habilidades funcionais deficitárias. Essa área inclui dispositivos tecnológicos que auxiliam deficientes físicos ou cognitivos a enfrentar obstáculos e superar as adversidades quando depender de suas próprias capacidades físicas (ZEN et al., 2023). Dentre os subcampos de estudos da TA, existe a Acessibilidade Virtual relacionada com a temática deste trabalho.

A acessibilidade virtual tem como finalidade eliminar ou reduzir os obstáculos em ambientes digitais, para que todos consigam ter acesso e utilizar com eficácia os sites e portais. Visando incluir pessoas com deficiência e trazer uma interação possível para todos, vêm sendo desenvolvidos sites, ferramentas e tecnologias acessíveis para que pessoas com deficiência possam interagir (SILVA, 2022). Por exemplo, leitores de tela como o NVDA (*NonVisual Desktop Access*) representam uma ferramenta de TA aplicada à acessibilidade virtual no contexto da deficiência visual. Esses softwares interpretam o conteúdo textual de páginas web e o convertem em áudio, permitindo que pessoas cegas ou com baixa visão naveguem por sites e portais (BARBOSA e SILVA, 2010).

Segundo o Decreto Presidencial nº 5.296 de 2004, art. 47, faz-se obrigatório que portais e sites da internet sejam acessíveis para pessoas com deficiência visual, para terem acesso a informações. Os sites devem exibir o símbolo de acessibilidade que identifique sua conformidade com os padrões de acessibilidade digital (BRASIL, 2004).

A acessibilidade virtual também beneficia pessoas sem deficiência, como idosos com baixa visão decorrente da idade, usuários que estejam momentaneamente sem seus óculos de correção ou indivíduos com limitações temporárias, como membros fraturados, entre outras condições (SILVA, 2022).

A acessibilidade virtual e a Interface Humano Computador (IHC) estão interligadas na criação de experiências digitais mais inclusivas e intuitivas. A IHC busca otimizar a interação entre usuários e máquinas, aplicando princípios de design que favorecem a usabilidade, no tópico a seguir fala-se melhor sobre o assunto.

Diversas atividades e diretrizes são desenvolvidas para avaliar a acessibilidade na web, isso inclui o desenvolvimento de métodos de avaliação, definições de métricas e elaboração de procedimentos de avaliação. A *Web Accessibility Initiative* (WAI), vinculada ao *World Wide Web Consortium* (W3C), contribuiu para a criação de diretrizes adotadas por organizações como IBM e BBC (DOUSH et al., 2023).

O *framework FAware*, voltado à avaliação de *awareness* em sistemas inclusivos colaborativos, permite a avaliação de websites por meio de ferramentas manuais ou semiautomáticas. Esse *framework* possibilita que os resultados sejam registrados pelos usuários, indicando concordância, discordância e justificativas. O *rationale* é um aspecto importante no processo avaliativo, uma vez que muitos problemas são identificados por ferramentas semiautomáticas como potenciais erros, exigindo verificação humana complementar (SANTANA et al., 2010).

Teste com usuários é considerado o método mais eficaz para avaliar usabilidade e identificar erros, ele permite adquirir informações mais concretas relacionada a experiência de uso, pois se forem avaliadas através apenas de código podem não ser compreendidas durante uma inspeção de usabilidade (SANTANA et al., 2010).

3 Trabalhos relacionados

Neste capítulo, são analisados três estudos correlatos à proposta deste trabalho. Os estudos selecionados foram os trabalhos de Zamprognio et al. (2019), Brulé et al. (2020), Santos et al. (2021) e Junior (2023).

3.1 Metodologia de seleção dos trabalhos

Nesta seção, realizou-se a seleção de revisões bibliográficas relacionadas ao tema, com o objetivo de contextualizar e fundamentar a pesquisa. Essa busca é independente da metodologia principal desta revisão, a qual será apresentada na Seção 4. A pesquisa foi conduzida no Google Acadêmico utilizando a string em português: “revisão sistemática AND ferramentas AND acessibilidade web AND deficiência visual”. Complementarmente, foi realizada uma busca com a string em inglês: “review AND *evaluation* AND *visual impairment*”, resultando em 119 registros. Foram considerados apenas estudos de revisões sistemáticas publicados entre 2019 e 2024. Ressalta-se que os trabalhos selecionados nesta etapa servem exclusivamente para compor a seção de Trabalhos Relacionados. Dessa forma, não integram o corpus de estudos primários que serão sintetizados e analisados na revisão integrativa, apresentada e discutida nas seções subsequentes. Os critérios de inclusão foram: (i) estudo secundário (revisão de literatura); (ii) estudo completo no formato de artigo ou dissertação; e (iii) que aborde diretamente tecnologias, métodos ou avaliações voltadas para pessoas com deficiência visual. Os critérios de exclusão foram: (i) Indisponibilidade do estudo; e (ii) que tratam de acessibilidade de forma genérica ou voltados para outras deficiências sem abordar especificamente a visual.

3.2 Análise dos trabalhos relacionados

Santos et al. (2021) identificaram estudos voltados à oferta de acessibilidade web em cursos a distância. Os autores analisaram as características em comum dos estudos com a descrição das semelhanças e diferenças entre eles. Foram revisados 14 trabalhos, sendo 12 revisões e 2 teses, e a maioria dos trabalhos analisados foram sobre pessoas com deficiência visual que utilizam o Moodle como ambiente de aprendizagem.

Os autores concluíram que a janela em libras, a audiodescrição, as recomendações da W3C e incorporação de tecnologias assistivas contribuem os principais recursos da TA utilizados. Os artigos revisados mostraram que algumas instituições de ensino já estão desenvolvendo propostas para ter um aprendizado bem mais acessível, assim criando uma cultura inclusiva e uma redução do custo para não ter um retrabalho na criação dos cursos.

Zamprognio et al. (2019) revisaram estudos sobre as tecnologias assistivas que auxiliem na leitura e interpretação de conteúdos gráficos. Os autores partiram da seguinte questão de pesquisa: “Quais tecnologias assistivas estão sendo usadas para auxiliar alunos com deficiência visual a ler e interpretar conteúdos gráficos?”. Foram encontrados 382 artigos nos repositórios Capes, *Association for Computing Machinery (ACM) Digital Academy*, *Web of Science* e *Scopus*.

Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, restaram 51 estudos sobre tecnologias que auxiliam na leitura, criação e interpretação de conteúdos gráficos do período de 2006 a 2019. Os autores concluíram que não foi encontrada uma maneira como as pessoas com deficiência visual tenham a possibilidade de elaborar no conteúdo gráfico, ressaltando a importância de um design participativo e centrado no usuário. Identificaram também que ferramentas multimodais são mais aceitas, por permitirem uma melhor compreensão dos conteúdos. Além disso, os estudos mostraram que diversos recursos e tecnologias vêm sendo desenvolvidos e disponibilizados à população, o que indica que mais profissionais estão utilizando essas tecnologias para melhorar a autonomia das pessoas com deficiência visual.

Junior (2023) investigou métodos de avaliação de acessibilidade, que são componentes importantes da acessibilidade na web, para pessoas com deficiência visual em sites gerais, discutindo as características e limitações desses métodos. Eles buscaram responder à questão; “Como analisar sites com relação à acessibilidade para pessoas com deficiência visual?”. Os repositórios de busca foram: Capes, *Science Direct* e *ACM Digital Academy*. Foram encontrados 287 artigos. Os autores concluíram que as ferramentas automatizadas conseguem verificar se um site é acessível ou não, devendo ser constantemente aprimoradas e ser utilizados métodos com avaliações humanas para conseguir avaliar.

Brulé et al. (2020) analisaram um corpus de 178 artigos sobre tecnologias projetadas para pessoas com deficiência visual, publicados desde 1988 até 2019, incluindo pelo menos uma avaliação empírica quantitativa (243 avaliações no total). Os autores examinaram os tipos e formas de

avaliações empíricas quantitativas utilizadas, a representatividade das amostras e as dificuldades relatadas na condução dessas avaliações.

As descobertas da revisão indicam um padrão implícito (uma nova técnica com uma avaliação quantitativa somativa), que coexiste com uma ampla gama de outros tipos de artigo. Os autores observaram preocupações sobre o relato de avaliações e a representação de pessoas com deficiência visual nessas avaliações. O estudo relatou as dificuldades vivenciadas pelos pesquisadores, sendo discutidos abordagens alternativas e complementares às avaliações empíricas quantitativas conforme são executadas atualmente.

Este artigo, realizado em 2020, apresentou uma análise das ferramentas utilizadas para avaliar acessibilidade web de pessoas com deficiência visual (PDV), abordando a importância da acessibilidade digital para esse público. O objetivo principal do estudo é desenvolver diretrizes baseadas em *UX Design*, visando tornar os websites mais inclusivos e acessíveis, permitindo que esses usuários realizem suas atividades de forma autônoma e satisfatória.

Kuriakose, Shrestha e Sandnes (2022) fornecem uma análise abrangente das tecnologias assistivas disponíveis para auxiliar a navegação de pessoas com deficiência visual. O artigo consistiu em uma revisão sistemática da literatura sobre ferramentas e tecnologias de navegação no ano de 2022. Os autores analisam diferentes dispositivos e sistemas que têm sido propostos e implementados, destacando suas características, eficácia e limitações.

O artigo examina sistemas específicos, como o uso de câmeras IP e algoritmos de VSLAM (*Visual Simultaneous Localization and Mapping*), que auxiliam na detecção de obstáculos e na construção de mapas virtuais para navegação. A principal questão de pesquisa abordada é como as diferentes ferramentas e tecnologias podem ser desenvolvidas e aprimoradas para fornecer suporte eficaz à navegação de pessoas com deficiência visual, tanto em ambientes internos quanto externos.

Os autores buscam entender quais soluções existentes são mais eficazes, quais lacunas ainda precisam ser preenchidas e como as tecnologias podem ser adaptadas para atender melhor às necessidades específicas dos usuários. Além disso, a pesquisa também considera a importância de fatores humanos e sociais no design dessas tecnologias, visando promover a independência e a inclusão social das pessoas cegas e com deficiência visual.

O diferencial deste trabalho, em relação aos demais, está em sua análise detalhada das principais ferramentas utilizadas na avaliação de acessibilidade. Ele destaca quais ferramentas são mais eficazes para esse propósito, permitindo uma melhor compreensão sobre as ferramentas disponíveis e oferecendo uma base sólida para pesquisas futuras, auxiliando na escolha de métodos mais apropriados para avaliações de acessibilidade em diferentes contextos.

4 Procedimentos metodológicos

A RI foi escolhida por se tratar de um método que possibilita a síntese e análise do conhecimento científico sobre o tema investigado. Um levantamento abrangente de estudos sobre um tema específico permite a geração de novos conhecimentos pautados nos resultados apresentados pelas pesquisas anteriores, integrando estas opiniões e gerando potencial para construção da ciência (BOTELHO; CUNHA; MACEDO, 2011; EDUCAÇÃO, 2021).

Para o desenvolvimento desta revisão, foram seguidas etapas descritas e elaboradas segundo a área de pesquisa. Neste sentido, as seis etapas preconizadas por Botelho, Cunha e Macedo (2011) e por EDUCAÇÃO (2021) foram aplicadas com o objetivo de quantificar e analisar os estudos relacionados à RI. Estas etapas são apresentadas na Figura 1.

Figura 1 – Etapas da Revisão Integrativa



Fonte: Botelho, Cunha e Macedo (2011)

O diagrama circular apresenta seis etapas que descrevem o processo de uma revisão integrativa. No centro, em letras grandes e em negrito, encontra-se o termo “Revisão Integrativa”. Cada etapa é representada por um círculo conectado ao centro por linhas, numerado de um a seis, indicando a sequência do processo.

A identificação do tema e a seleção das questões de pesquisa são a primeira etapa, localizada no topo da imagem. A seleção das questões e o estabelecimento dos critérios de inclusão e exclusão são a segunda etapa, à direita. Identificação dos estudos pré-selecionados e selecionados, a terceira etapa, abaixo da segunda. A categorização dos estudos selecionados, a quarta etapa, abaixo da terceira. A análise e interpretação dos resultados, a quinta etapa, à esquerda da quarta. A sexta e última etapa, acima da quinta, é a apresentação do conhecimento (síntese do conhecimento).

Conforme ilustrado na Figura 1, primeiramente define-se o tema, elabora-se a *string* de busca e formula-se a questão de pesquisa. Em seguida, são estabelecidos os critérios de inclusão e exclusão, com o intuito de selecionar os estudos relacionados à questão proposta. Após a identificação dos estudos pré-selecionados e selecionados, realiza-se a categorização dos estudos escolhidos.

Na etapa subsequente, os resultados são analisados e discutidos conjuntamente em busca de uma interpretação homogênea que identifique as tendências científicas da área. Por último se apresenta a RI.

4.1 Definição do Protocolo de RI

Para esta RI, a partir da Questão de Pesquisa (QP), foram elaboradas mais 3 subquestões norteadoras:

QP: Quais são as principais ferramentas e questionários utilizados para avaliação de acessibilidade, usabilidade e experiência de usuário para pessoas com deficiência visual?

QP1: Como essas ferramentas e questionários são aplicadas na avaliação?

QP2: Quais as métricas avaliadas por essas ferramentas e questionários?

QP3: Como são calculadas as pontuações de acessibilidade, usabilidade e experiência de usuário?

As três questões secundárias foram formuladas partindo dos dois principais objetos de análise no tema em discussão: as ferramentas de acessibilidade web e sua eficácia para pessoas com deficiência visual. Busca-se, portanto, identificar a relação proporcional entre essas ferramentas, usabilidade e acessibilidade para comprovar se elas são eficazes para atender às necessidades de acessibilidade e usabilidade para esse público específico.

Para esta RI foram definidos como repositórios de estudos primários a ACM Digital Library, a IEEE Xplore e a Science Direct. A ACM Digital Library é conhecida por publicações de alta qualidade, focadas nas áreas de ciência da computação, tecnologia da informação, e disciplinas relacionadas (MACHINERY, 2024). Por sua vez, o IEEE Xplore é um dos maiores repositórios digitais voltado para área de ciências da computação e áreas da tecnologia, abrangendo mais de 6.000.000 de artigos técnicos e mais de 2.000 conferências (IEEE, 2024). O Science Direct é uma das plataformas mais respeitadas de literatura científica e técnica, da editora Elsevier, oferecendo cerca de 21 milhões de artigos, capítulos de livros e periódicos de acesso aberto, além de mais de 3,3 milhões de artigos de acesso aberto (ELSEVIER, 2024).

Durante a etapa de planejamento da revisão, foram definidos os descritores (palavras-chave) utilizados nas estratégias de busca, todos em inglês, em conformidade com os critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos (discutidos adiante). Os termos selecionados foram: *questionnaire*, *metric*, *assessment*, *method*, *tool*, *virtual accessibility*, *visual impairment*, *web* e *website*.

A partir desses descritores, foi elaborada a seguinte string de busca base: ("*questionnaire*" OR "*metric*" OR "*assessment*" OR "*method*" OR "*tool*") AND ("*virtual accessibility*" OR "*visual impairment*") AND ("*web*" OR "*website*").

Essa string foi adaptada conforme as especificidades de cada base de dados, respeitando os operadores booleanos e os filtros disponíveis, com o objetivo de garantir maior precisão na recuperação dos estudos relevantes e fortalecer a replicabilidade da revisão.

No repositório ACM Digital Library, a busca foi realizada no campo "Full Text" utilizando a string base sem modificações, uma vez que a plataforma reconhece operadores booleanos padrão. Foi aplicado o filtro de Data de Publicação, restringindo os resultados para artigos publicados a partir de 2019.

No repositório IEEE Xplore, a string foi aplicada no campo All Metadata, mantendo a estrutura original com operadores booleanos. Foram utilizados os seguintes filtros: Ano de Publicação (≥ 2019), Tipo de Documento limitado a "Conference Papers" e "Journals", e Idioma restrito ao inglês.

Em Science Direct, a busca foi realizada por meio da ferramenta de busca avançada, aplicando a string nos campos "Title", "Abstract" e "Keywords". Foram utilizados os filtros de Área de Conhecimento (Computer Science e Engineering), Tipo de Artigo (Research Articles), Ano de Publicação (≥ 2019), e Idioma (inglês).

Quadro 1 – Critérios de Inclusão e Exclusão

Critérios de Inclusão		Critérios de Exclusão	
1	Artigo completo	1	Documento duplicado
2	Artigos dos últimos 5 anos (2019-2024)	2	Estudo indisponível para revisão
3	Estudo escrito em inglês	3	Ferramentas de acessibilidade web que não são específicas para pessoas com deficiência visual
5	Ferramentas de acessibilidade para pessoas com deficiência visual	4	Literatura cinzenta: estudo não primário

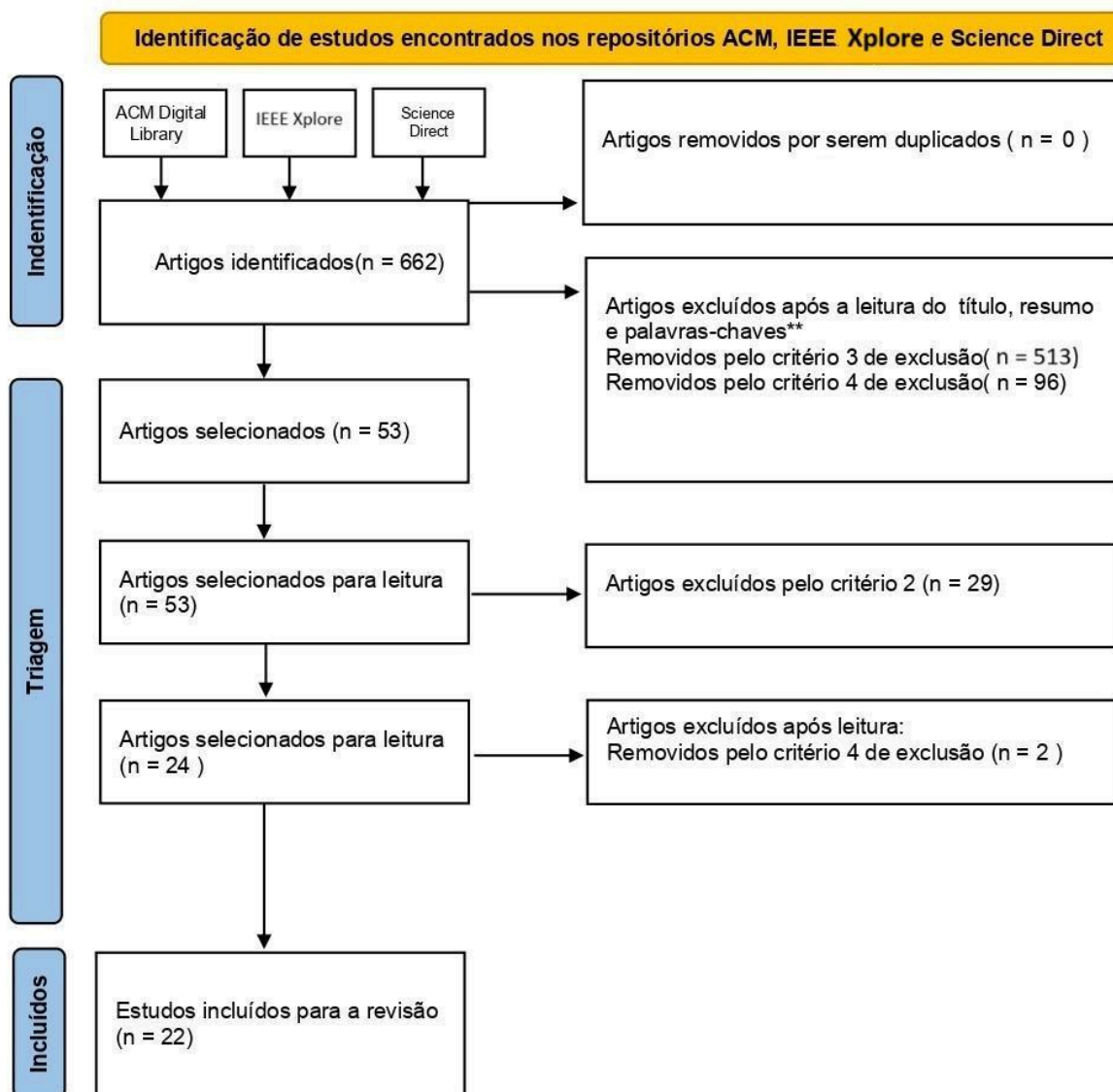
Fonte: dados da pesquisa

A segunda etapa de desenvolvimento da RI consiste no estabelecimento dos critérios de inclusão e exclusão. Estes critérios podem ser reavaliados durante o processo de busca dos estudos e

elaboração da revisão. Frequentemente, a seleção de artigos inicia-se ampla e torna-se mais restrita à medida que o pesquisador retorna à sua questão inicial. Desta forma, no Quadro 1 são listados todos os critérios de inclusão e exclusão utilizados para selecionar os artigos primários nesta revisão.

4.2 Identificação dos Estudos

Figura 2 – Diagrama de fluxo PRISMA: processo de seleção dos estudos e motivos de exclusão



Fonte: dados da pesquisa

A imagem é um diagrama de fluxo prisma que descreve o processo de identificação e triagem de estudos encontrados nos repositórios ACM, IEEE Xplore e Science Direct. O diagrama é dividido em três seções principais: Identificação, Triagem e Inclusão.

Na etapa de identificação, as fontes de pesquisas foram ACM Digital Library, IEEE Xplore, Science Direct, resultando em 662 artigos identificados. Nenhum artigo foi removido por duplicidade. Na etapa de triagem, foram selecionados 53 artigos. Após a leitura do título dos títulos, resumo e palavras-chave, 13 artigos foram removidos pelo critério de exclusão nº 3, 500 artigos removidos pelo critério nº 4 e 96 artigos removidos pelo critério nº 5.

Na sequência, 29 artigos foram excluídos pelo critério nº 2, restando 24 estudos para leitura na íntegra. Desses, dois artigos foram excluídos após leitura completa com base no critério nº 4. Ao final, foram incluídos 22 estudos para esta revisão.

Nesta etapa da revisão foram identificados os estudos pré-selecionados e selecionados. Para isso, utiliza-se o *software Parsifal* (KITCHENHAM et al., 2009), que possibilita a leitura criteriosa dos títulos, resumos e palavras-chave de todas as publicações localizadas pela estratégia de busca, para posteriormente verificar sua adequação aos critérios de inclusão do estudo.

A seleção de um artigo nesta etapa não garante a sua inclusão na revisão final. A adequação aos critérios de inclusão e exclusão, verificadas na leitura dos resumos, palavras-chave e títulos, pode não se confirmar na leitura integral do texto. Neste caso, o artigo é excluído durante outra etapa da RI.

A string de busca foi aplicada na base de dados ACM Digital Library, com o uso de filtro de data, para que fosse retornado apenas trabalhos publicados a partir do ano de 2019 e desse modo foram obtidos 535 documentos da biblioteca.

Na IEEE *Xplore*, a string também foi aplicada com os trabalhos publicados a partir do ano de 2019 e foi possível obter 111 documentos. Na *Science Direct* foi aplicada com a utilização da ferramenta de busca avançada e foi possível obter 16 documentos.

Assim, um total de 662 documentos foi inicialmente selecionado para a etapa de triagem. Durante esse processo, 513 foram excluídos com base no critério de exclusão nº 3, por tratarem de ferramentas não específicas para pessoas com deficiência visual. Outros 96 documentos foram removidos conforme o critério nº 4, por não se tratar de estudos primários, e 29 pelo critério nº 2, por não estarem disponíveis para análise.

Assim, após a triagem inicial (leitura de títulos, resumos e palavras-chave), 53 documentos foram pré-selecionados, dos quais 22 atenderam aos critérios de inclusão e foram incorporados à presente revisão.

Ao final desta etapa, foi construída uma tabela contendo os documentos selecionados, a qual serviu de base para as etapas subsequentes. O diagrama prisma da Figura 2 resume estas etapas de inclusão e exclusão dos artigos.

4.3 Categorização dos Estudos Selecionados

A categorização dos estudos envolve a extração dos dados dos documentos selecionados nas etapas anteriores, de acordo com informações consideradas pertinentes. Ou seja, deve ser possível identificar a metodologia empregada, o processo adotado e os resultados obtidos em cada estudo.

Esta etapa é conduzida para criar um conjunto de dados funcionais que permita a categorização dos estudos. Deste modo, busca-se criar uma espécie de ordenação ou sumarização dos documentos. Para isso é necessário identificar os dados pertinentes no contexto do tema da revisão. Ao se tratar da mesma questão, há a aproximação dos estudos nos métodos utilizados para resolver o mesmo problema.

As informações consideradas relevantes para extração dos documentos selecionados foram as seguintes: título, autores, data de publicação, tipo de avaliação, ferramentas de avaliação utilizadas, questionários aplicados, forma de aplicação da avaliação, participação de pessoas com deficiência visual, métricas avaliadas por essas ferramentas e questionários, além de como são calculadas as pontuações de acessibilidade, usabilidade e experiência de usuário.

Por fim, para a elaboração desta pesquisa, o primeiro autor foi responsável por conduzir ativamente os processos de identificação, triagem, extração de dados e categorização dos estudos incluídos na presente revisão. O terceiro autor atuou como orientador, acompanhando o desenvolvimento metodológico e auxiliando na resolução de eventuais divergências. Os três primeiros autores também se encarregaram da redação, formatação e revisão crítica do manuscrito. Os dois últimos autores contribuíram com a revisão da primeira versão do artigo, colaborando para assegurar a qualidade e a coerência do conteúdo apresentado.

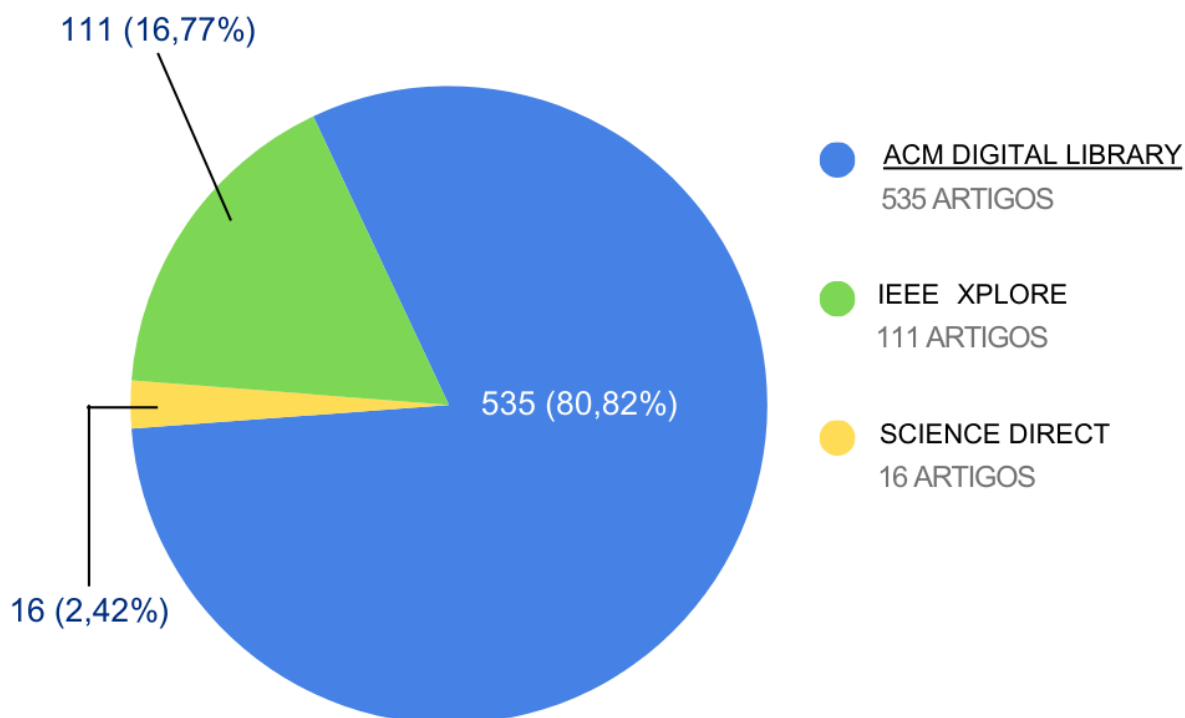
5 Resultados e discussões

Nesta seção, são apresentados e discutidos de maneira detalhada os resultados obtidos durante a execução da Revisão Integrativa (RI). Ao detalhar cada um dos resultados, visamos facilitar uma melhor compreensão do estudo realizado.

5.1 Resultados da busca e seleção

Foram identificados 662 documentos das bases de dados: *ACM Digital Library*, *IEEE Xplore* e *Science Direct*, em que 513 (77,5%) foram excluídos por serem ferramentas de acessibilidade web que não são específicas para pessoas com deficiência visual, 96 (14,5%) artigos por não serem estudos primários e 29 (4,4%) artigos que não estavam disponíveis para revisão. A Figura 3 apresenta a quantidade de documentos encontrados em cada base de dados.

Figura 3 – Documentos encontrados por base de dados.



Fonte: dados da pesquisa

O gráfico em forma de pizza é dividido em três partes, cada uma representando a quantidade de artigos provenientes de diferentes fontes. A maior parte do gráfico é azul e representa a “ACM DIGITAL LIBRARY” com 535 artigos, o que corresponde a 80,82% do total. A segunda maior parte é verde e representa a “IEEE XPLORE”, sendo significativamente menor que a primeira, com 111 artigos, correspondendo a 16,77% do total. A menor parte é laranja e representa a “SCIENCE DIRECT”, com 16 artigos, o que corresponde a 2,42% do total.

Posteriormente à aplicação dos critérios de inclusão e exclusão no total dos 662 documentos identificados, foram selecionados 22 para análise, dos quais 12 foram obtidos na base de dados *ACM Digital Library* e 10 na *IEEE Xplore*.

O Quadro 2 enumera discriminadamente os documentos que atenderam aos critérios de seleção estabelecidos, cada um identificado por um identificador único (ID, do inglês *identity*). A Figura 3 apresenta a distribuição temporal (2019 a 2023) dos estudos selecionados, conforme as bases de dados.

Quadro 2 – Numeração dos documentos selecionados.

ID	Título
A1	<i>Semantic Web Accessibility Testing via Hierarchical Visual Analysis</i>
A2	<i>An Empirical Study to Evaluate the Accessibility of Arabic Websites by Low Vision Users</i>

A3	<i>Auditory Display in Interactive Science Simulations: Description and Sonification Support Interaction and Enhance Opportunities for Learning</i>
A4	<i>Improving User Experience of Eye Tracking-Based Interaction: Introspecting and Adapting Interfaces</i>
A5	<i>Enabling Efficient Web Data-Record Interaction for People with Visual Impairments via Proxy Interfaces</i>
A6	<i>InSupport: Proxy Interface for Enabling Efficient Non-Visual Interaction with Web Data Records</i>
A7	<i>Screen Magnification for Readers with Low Vision: A Study on Usability and Performance</i>
A8	<i>Instant Adaptation Enrichment Technique to Improve Web Accessibility for Blind Users</i>
A9	<i>“Every Website Is a Puzzle!”: Facilitating Access to Common Website Features for People with Visual Impairments</i>
A10	<i>WordMelodies: Supporting the Acquisition of Literacy Skills by Children with Visual Impairment through a Mobile App</i>
A11	<i>QUIMIVOX MOBILE 2.0: application for helping visually impaired people in learning periodic table and electron configuration</i>
A12	<i>Preliminary Evaluation of Interactive Search Engine Interface for Visually Impaired Users</i>
A13	<i>“It Deserves to Be Further Developed”: A Study of Mainstream Web Interface Adaptability for People with Low Vision</i>
A14	<i>Computer Vision Based Assessment of University Websites’ Accessibility and Inclusiveness</i>
A15	<i>Accessible AST-Based Programming for Visually-Impaired Programmers</i>
A16	<i>Towards Improving the Accessibility and Usability of a Mobile-based Learning Management System for Blind Primary School Teachers</i>
A17	<i>Design of a Conference Management System complying with Web Content Accessibility Guidelines</i>
A18	<i>WAL: A Tool for Diagnosing Accessibility Issues and Evolving Legacy Web Systems at Runtime</i>
A19	<i>Evaluating the Accessibility of Banking Web Sites in Malaysia Using Wave</i>
A20	<i>Comparative analysis of faculties’ websites accessibility based on an automatic evaluation</i>
A21	<i>A Heuristic Method to Evaluate Web Accessibility for Users With Low Vision</i>
A22	<i>ALCOVE: an accessible comic reader for people with low vision</i>

Fonte: dados da pesquisa

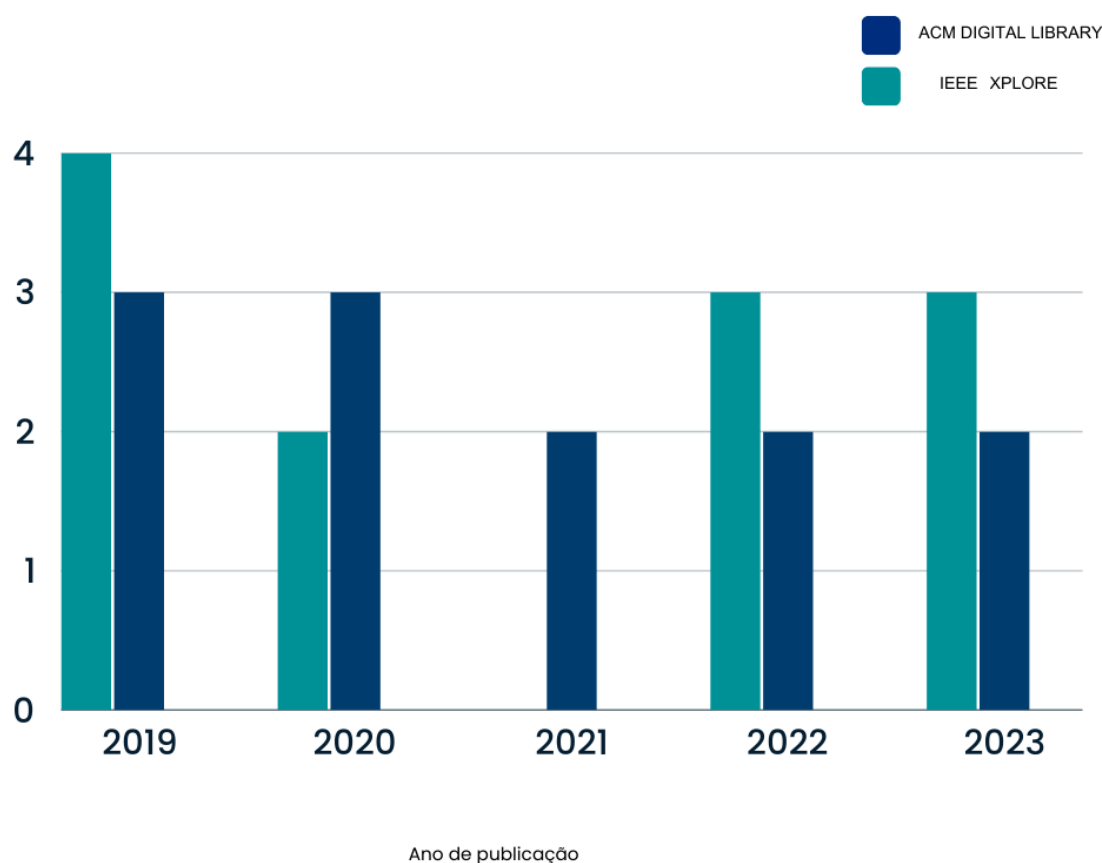
A Figura 4 apresenta a distribuição dos documentos selecionados de acordo com o ano de publicação, considerando as bases ACM Digital Library e IEEE Xplore no período de 2019 a 2023.

Observa-se uma relativa estabilidade na quantidade de documentos selecionados ao longo dos anos, com variações discretas entre as bases.

A ACM Digital *Library* manteve uma média constante de três trabalhos selecionados por ano, com leve queda em 2021. Já a IEEE *Xplore* apresentou maior oscilação, com pico de quatro selecionados em 2019 e redução para dois documentos nos anos de 2020, 2022 e 2023.

A constância nos números pode indicar uma maturidade ou estabilização da abordagem nas áreas cobertas por essas bases, reforçando a importância de considerar outras fontes e idiomas em futuras revisões, a fim de ampliar a representatividade dos resultados.

Figura 4 – Documentos selecionados de acordo com o ano de publicação



Fonte: dados da pesquisa

O gráfico de barras apresenta uma comparação entre o número de documentos analisados nas bases de dados ACM *Digital Library* e IEEE *Xplore* ao longo do período de 2019 a 2023. No eixo horizontal, encontram-se os anos, e no eixo vertical, o número de documentos, com escala iniciando em 1 e alcançando o valor máximo de 4.

As barras azul-escuro representam os documentos da ACM *Digital Library*, enquanto as barras azul-claro correspondem aos documentos do IEEE *Xplore*. No ano de 2019: A ACM *Digital Library* apresentou um volume maior de documentos (4), superando o IEEE *Xplore* (3). nos anos de 2020 e 2021, observou-se equilíbrio entre as duas bases de dados, com 3 documentos analisados em cada uma. Já em 2022: A ACM *Digital Library* apresentou uma leve redução (2 documentos), enquanto o IEEE *Xplore* registrou o menor valor do período (1 documento) e 2023: Ocorreu uma inversão em relação ao ano anterior: a ACM *Digital Library* registrou o menor valor (1 documento), e o IEEE *Xplore* apresentou 2 documentos.

5.2 Estrutura de categorização

Para a condução deste estudo, adotou-se um sistema de classificação diretamente relacionado ao tópico específico abordado neste mapeamento sistemático. Essa estrutura resulta da análise dos

trabalhos selecionados, na qual os dados mais relevantes ao estudo foram organizados e categorizados para fundamentar a discussão.

A fim de compreender como cada ferramenta ou questionário pode contribuir para avaliar a acessibilidade, usabilidade e experiência do usuário para pessoas com deficiência visual, foram analisados aspectos específicos nos trabalhos encontrados. No Quadro 3 estão detalhadas as principais áreas abordadas por cada estudo, conforme descrito pelos próprios autores das respectivas pesquisas.

Quadro 3 – Principais áreas abordadas nos documentos selecionados.

Área abordada	Publicações
<i>Web Content Accessibility Guidelines (WCAG)</i>	A2;A8;A12;A21
<i>Web Accessibility Checker</i>	A20
<i>Web Accessibility Evaluation Tool(WAVE)</i>	A14;A17;A18;A19
<i>System Usability Scale (SUS)</i>	A3;A4;A5;A6;A9;A10;A18
<i>NASA Task Load Index (NASA-TLX)</i>	A4;A5
<i>Immersive Reader</i>	A13
<i>Description Design Framework do Physics Education Technology(PhET)</i>	A3
<i>Tobii Fusion</i>	A7
<i>Contrast Checker</i>	A11
<i>Reading Flow Short Span (RFSS)</i>	A22
<i>Abridged AttrakDiff</i>	A22
<i>CodeMirror</i>	A15
<i>UX Check</i>	A21
<i>Accessibility Ray (Axe)</i>	A1
<i>Ax Dev Tools</i>	A16

Fonte: dados da pesquisa

Com base no Quadro 3, verifica-se o predomínio da ferramenta SUS ($n = 7$). Esse resultado vai ao encontro dos achados de Adnan et al. (2025) sobre o SUS ser um dos métodos de avaliação mais utilizados devido a sua eficácia em medir usabilidade em interfaces gráficas e plataformas digitais no contexto de usuários com deficiência visual. Os estudos dessa categoria buscaram métodos de aprimoramento nas avaliações de acessibilidade, considerando que a acessibilidade desempenha papel crucial na inclusão de pessoas com deficiência visual.

Ela é essencial para promover uma igualdade no acesso a tecnologias e garantir uma experiência de usuário melhor, possibilitando que todos os usuários possam interagir eficazmente em

todos os sistemas. A WCAG também teve destaque, com quatro trabalhos que focaram em diretrizes para tornar o conteúdo da web mais acessível. Por fim, observa-se que determinados documentos abordam múltiplas áreas, caracterizando assim uma abordagem interdisciplinar nas pesquisas analisadas.

5.3 Resposta das questões de pesquisa

A avaliação da acessibilidade, usabilidade e experiência de usuários com deficiência visual nos 22 estudos analisados revela um padrão recorrente de abordagem multimétodo, envolvendo: (i) questionários padronizados, com destaque para o SUS [A4; A5; A6; A9; A10; A18; A3]; (ii) auditorias normativas baseadas nas diretrizes WCAG [A2; A8; A12; A21]; (iii) ferramentas automatizadas e proprietárias, como Wave [A19], WAL [A18] e abordagens de visão computacional [A14]; (iv) avaliações heurísticas conduzidas por especialistas [A21]; e (v) testes com usuários, que medem desempenho e utilizam instrumentação assistiva, como leitores de ecrã e ampliação [A5; A6; A7; A9]. Estudos de intervenção ou educacionais [A10; A11; A16; A22] costumam combinar métricas de performance com medidas de satisfação autorrelatada.

Quanto aos padrões de cálculo das pontuações, os estudos que utilizam o SUS seguem o procedimento oficial (transformação da soma dos 10 itens para escala 0–100), reportando média \pm desvio padrão (DP) e, em alguns casos, categorias interpretativas baseadas nos *thresholds* de Bangor [A4; A5]. As auditorias WCAG apresentam número de checkpoints aplicáveis versus cumpridos e a percentagem de conformidade por nível (A/AA/AAA) [A2; A12]. Ferramentas automáticas reportam contagens brutas de erros/alerts e métricas normalizadas (por exemplo, *errors per page* ou *error density*), frequentemente cruzadas com testes de usuário para priorização [A19; A18; A14]. Avaliações heurísticas utilizam escalas de severidade (tipicamente 0–4 ou 1–5), com médias por categoria [A21], enquanto os testes baseados em tarefas (*task-based*) reportam taxa de conclusão (*completion rate*), tempo médio por tarefa (*mean time on task* \pm DP) e número médio de erros por tarefa [A5; A6; A7].

A revisão confirma que essas ferramentas são aplicadas em arranjos metodológicos integrados, como: (i) testes com usuários para medir desempenho, combinados com tecnologias assistivas para simular cenários reais [A5; A6; A7; A9]; (ii) aplicação de questionários padronizados após as tarefas para captar percepções subjetivas, com o SUS sendo o mais utilizado e reportado conforme o padrão (média \pm DP e *thresholds* de referência) [A4; A5; A6; A9; A10; A18; A3]; (iii) auditorias WCAG e varreduras automáticas (Wave, WAL, visão computacional) para identificar violações técnicas [A19; A18; A14]; e (iv) avaliações heurísticas com escalas de severidade e métodos qualitativos como *think-aloud* ou entrevistas pós-tarefa para contextualizar os problemas técnicos [A2; A12; A13]. Estudos educacionais [A10; A11; A16; A22] cruzam métricas de acurácia e tempo com medidas de satisfação, enquanto trabalhos de desenvolvimento de ferramentas [A18; A14; A20] validam métricas automáticas em testes com usuários. Esse padrão de triangulação (automático \rightarrow especialista \rightarrow usuário) é recorrente e permite priorizar correções com base na severidade técnica e no impacto funcional.

As métricas utilizadas podem ser agrupadas em três blocos principais: (i) desempenho em tarefas (*completion rate*, *time-on-task* \pm DP, erros por tarefa) [A5; A6; A7; A9]; (ii) conformidade técnica e detecção automática (contagem de erros/alerts, *error density*, % de checkpoints WCAG cumpridos) [A2; A12; A17; A21]; e (iii) percepções subjetivas e escalas padronizadas (SUS, Likert, acurácia/retenção em estudos educacionais) [A4; A5; A6; A9; A10; A18; A3; A10; A11; A16; A22]. Avaliações heurísticas [A21] também reportam severidade média por categoria.

Os padrões de cálculo e relato observados são reprodutíveis e devem seguir critérios claros: para SUS, aplicar a fórmula oficial e reportar média \pm DP com *thresholds* interpretativos; para WCAG, apresentar número de checkpoints aplicáveis e cumpridos, com percentagem de conformidade por nível; para ferramentas automáticas, reportar contagens brutas e normalizar por página ou componente; para testes *task-based*, apresentar $\text{completion rate} = (n \text{ tarefas bem-sucedidas} / n \text{ tentativas}) \times 100$, tempo médio e erros médios com IC95%; para heurísticas, explicar a escala de severidade e reportar médias por categoria. Estudos específicos, como [A4], incluem métricas

adicionais (*gaze*, *time-to-first-fix via eye-tracking*), e [A14] relata precisão de detecção em abordagens de visão computacional.

Para garantir transparência e atender às exigências de revisão, recomenda-se sempre explicitar: (i) o procedimento exato utilizado, tais como cálculo do SUS, definição de *error density* = *errors* ÷ *pages*; (ii) medidas sumárias (média ± DP, IC95%); (iii) *thresholds* usados para categorizar resultados (percentis ou referências normativas); e (iv) se, e como, os indicadores foram normalizados ou ponderados antes da agregação (por exemplo, transformação de SUS e %WCAG em *z-scores*).

Embora o SUS e as diretrizes WCAG sejam amplamente utilizados e ofereçam vantagens claras (padronização e comparabilidade), ambos apresentam limitações que merecem discussão. O SUS, por ser uma métrica global de usabilidade, pode não captar nuances relevantes em contextos de acessibilidade para déficits sensoriais (por exemplo, diferenças entre usuários com baixa visão vs. cegueira total) e tende a agregar dimensões heterogêneas em um único escore, o que pode mascarar problemas específicos de interação assistiva identificados em estudos como [A5; A6; A7].

Já a WCAG, sendo um marco técnico essencial, mede conformidade normativa (*checkpoints* cumpridos) mas não traduz automaticamente o impacto funcional dessas violações na experiência real do usuário; várias falhas técnicas detectadas por scanners [A19; A18; A14] podem ser de baixa pertinência prática, enquanto outras omissões de WCAG (por exemplo, fluxo cognitivo ou etiquetagem contextual) têm alto impacto e escapam à verificação automática.

Além disso, há questões psicométricas e de validade externa a considerar: muitas escalas precisam de evidência de validade específica na população-alvo como versões traduzidas/validadas para usuários com deficiência visual ou para contextos culturais distintos, e o uso de *thresholds* como categorias SUS deve ser justificado com base em referências ou análise empírica da amostra.

As ferramentas automáticas e avaliações de especialista (*expert*) também trazem vieses e restrições operacionais que exigem triangulação metodológica. Scanners e abordagens de visão computacional [A14; A18; A19] frequentemente produzem falsos positivos e negativos, medindo atributos técnicos (*contrast alerts*, *missing alt*) sem avaliar severidade funcional. Por isso, estudos efetivos cruzam essas contagens com testes baseados em tarefas e relatos de usuários [A5; A6; A9], a fim de priorizar correções conforme o impacto real. Avaliações heurísticas dependem de expertise individual e podem variar entre avaliadores, por isso é recomendável reportar coeficientes de concordância interavaliadores (κ , ICC) e descrever a formação dos especialistas [A21].

5.3.5 Desafios Metodológicos e Oportunidades de Inovação na Avaliação da Acessibilidade

Apesar da ampla adoção de ferramentas como o SUS e das diretrizes da WCAG, a análise crítica dos resultados revela limitações significativas que ainda comprometem a efetividade das avaliações voltadas para pessoas com deficiência visual. A escala SUS, por exemplo, embora seja amplamente utilizada, não foi originalmente concebida para esse público específico, o que pode gerar distorções na interpretação dos resultados, especialmente em contextos em que barreiras sensoriais afetam diretamente a interação com a interface.

Já as diretrizes da WCAG, apesar de fornecerem parâmetros técnicos robustos, muitas vezes são aplicadas de forma superficial ou automatizada, sem considerar nuances da experiência real do usuário. Além disso, a predominância de métodos quantitativos pode obscurecer aspectos subjetivos cruciais, como frustração, esforço cognitivo e percepção de autonomia.

Há também uma lacuna na personalização das métricas e na adaptação dos instrumentos para diferentes perfis de deficiência visual, como baixa visão versus cegueira total. Poucos estudos incorporam abordagens participativas, nas quais os próprios usuários com deficiência visual colaboram na construção dos critérios de avaliação (DA COSTA et al., 2024).

Diante dessas lacunas há uma oportunidade clara de avanço: o desenvolvimento de ferramentas híbridas, sensíveis às especificidades desse público, que integrem métricas técnicas com indicadores de bem-estar, inclusão e empoderamento. A evolução da área depende, portanto, de uma abordagem mais centrada no usuário, interdisciplinar e comprometida com a diversidade das experiências perceptivas.

6 Limitações deste estudo

Esta revisão apresenta duas limitações principais. A primeira refere-se à inclusão restrita de artigos em língua inglesa, o que pode ter excluído estudos relevantes publicados em outros idiomas, especialmente no contexto lusófono. Embora essa restrição seja comum em revisões sistemáticas internacionais, ela pode ter limitado a identificação de ferramentas ou abordagens inovadoras desenvolvidas em ambientes acadêmicos ou institucionais locais, que poderiam contribuir de forma significativa para o avanço da área.

A segunda limitação foi a condução das etapas de seleção e categorização dos estudos por apenas um pesquisador, o que, apesar da supervisão do orientador, pode ter implicado em risco de viés na interpretação dos dados devido à ausência de múltiplos revisores independentes.

7 Considerações finais e trabalhos futuros

Esta RI teve como objetivo investigar as ferramentas utilizadas na avaliação da acessibilidade da web para pessoas com deficiência visual. Nesta pesquisa, foram apresentados os resultados referentes às ferramentas de acessibilidade publicadas nos últimos cinco anos, com ênfase nas bases de dados ACM *Digital Library*, IEEE *Xplore* e *Science Direct*.

A busca realizada nesta revisão resultou na pré-seleção de 53 documentos, dos quais 22 foram incluídos para a extração de dados. Foram identificadas diversas ferramentas de avaliação de acessibilidade, e os resultados indicam que o questionário SUS é um dos mais eficazes para a avaliação da acessibilidade para pessoas com deficiência visual.

Para trabalhos futuros, recomenda-se considerar ferramentas e questionários de avaliação mais eficazes no desenvolvimento de plataformas acessíveis a pessoas com deficiência visual. Esta revisão também ressalta a importância de criar e aprimorar instrumentos avaliativos, ampliando as possibilidades metodológicas para pesquisas futuras. Além disso, a inclusão de literatura em outros idiomas pode ampliar a representatividade dos achados, especialmente em contextos locais.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Nota

Os resultados deste trabalho são decorrentes do Trabalho de Conclusão de Curso de Antônio Willas Sales Sousa, no Bacharelado em Ciência da Computação do Instituto Federal do Ceará (IFCE), disponível apenas na biblioteca do IFCE Campus Tianguá.

Contribuições ao artigo

SOUSA, A. W. S.: concepção da pesquisa; análise e interpretação dos dados; escrita do manuscrito. CHAVES, M. A. O.: escrita e revisão do manuscrito no formato do periódico. OLIVEIRA, A. C.: concepção da pesquisa; revisão final com participação crítica e intelectual no manuscrito. LIMA, M. V. A.: revisão final com participação crítica e intelectual no manuscrito. MARTINS JUNIOR, F. L. C.: concepção da pesquisa; revisão final com participação crítica e intelectual no manuscrito. Todos os autores participaram da escrita, discussão, leitura e aprovação da versão final do artigo.

Referências

ADNAN, Fahrobby; PUTRA, Januar Adi; AGUSTININGSIH, Maulida Dwi; OKTAVIANA, Eva; ROBI'ATUL ADAWIYAH, Nabila Anjani. Exploring the usability of platforms for individuals with visual impairments: a systematic literature review. **Frontiers in Computer Science**, v. 7, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3389/fcomp.2025.1601621>. ISSN 2624-9898.

ALVES, Lais Farias et al. Estudantes com Deficiência Visual em Computação: participação, perspectivas e desafios enfrentados. In: **Simpósio Brasileiro de Educação em Computação (EDUCOMP)**. SBC, 2022. p. 67-76. DOI: <https://doi.org/10.5753/educomp.2022.19200>

BARBOSA, Simone; SILVA, Bruno. *Interação Humano-Computador*. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2010. 408 p. ISBN 8535211209, 9788535211207. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=qk0skwr_cewC

BASTOS, Karolina Vieira da Silva; MUÑOZ, Ivette Kafure; RAPOSO, Patrícia Neves. Desafios para as pessoas com deficiência visual no acesso à informação digital. **Informação & Informação**, v. 25, n. 2, p. 277-301, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5433/1981-8920.2020v25n2p277>

BENJAMIN, Lucca Romaniello; FARIA, Pedro Paulo Andrade. Avaliação de usabilidade e sugestão de melhorias de um site Web do governo do Estado de Minas Gerais: estudo exploratório. 2022. Disponível em: <https://bib.pucminas.br/pergamumweb/vinculos/000004/000004bc.pdf>

BIAZUS, Graziela Ferreira; RIEDER, Carlos Roberto Mello. Uso da tecnologia assistiva na educação inclusiva no ambiente escolar: revisão sistemática. **Revista Educação Especial**, v. 32, p. 1-15, 2019. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/3131/313158902065/313158902065.pdf>

BOTELHO, Louise Lira Roedel; CUNHA, Cristiano Castro de Almeida; MACEDO, Marcelo. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. **Gestão e sociedade**, v. 5, n. 11, p. 121-136, 2011. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/b99b/4f7d8cb581a59f92915a0c64430d43dc65b0.pdf>

BRASIL. Decreto nº 3.298, de 20 de dezembro de 1999. regulamenta a lei nº 7.853, de 24 de outubro de 1989, dispõe sobre a política nacional para a integração da pessoa portadora de deficiência, consolida as normas de proteção, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, v. 137, n. 243, p. 10–15, 1999. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D3298.htm

BRASIL. Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004. Câmara dos Deputados. Define Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Profissional Técnica de Nível Médio. Portal do MEC, Brasília, DF, 2004. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/decreto%205296-2004.pdf>

BRULÉ, E. et al. Review of quantitative empirical evaluations of technology for people with visual impairments. In: *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2020. (CHI '20), p. 1–14. ISBN 9781450367080. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3313831.3376749>

CAMPANA, A. R. Tecnologia assistiva-digital para inclusão de pessoas com deficiência visual: prova de conceito de uma bengala eletrônica para ambientes indoor. Programa de Pós-Graduação em Mídia e Tecnologia, da Faculdade de Artes, Arquitetura, Comunicação e Design (FAAC). Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2021. Tese de Doutorado. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/215900>

CAVALCANTI, J. d. C. et al. Acessibilidade de portais web para pessoas com deficiência visual: o caso do portal de arquitetura alagoana. Universidade Federal de Alagoas, 2020. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/handle/123456789/8155>

CORREIA, K. B. d. S. et al. *UX design* aplicado em bibliotecas universitárias: estudo de caso de inovação no serviço de referência. Brasil, 2021. Disponível em: <https://riu.ufam.edu.br/handle/prefix/6031>

DA COSTA, G. G. et al. Avaliação de Acessibilidade em Aplicações Móveis: Uma Revisão Sistemática da Literatura. *Workshop em Engenharia de Requisitos (WER)*, 2024. Disponível em: http://wer.inf.puc-rio.br/WERpapers/artigos/artigos_WER24/WER2024_paper_12.pdf

DOUSH, I. A. et al. Web accessibility automatic evaluation tools: to what extent can they be automated? **CCF Transactions on Pervasive Computing and Interaction**, Springer, v. 5, n. 3, p. 288–320, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s42486-023-00127-8>

EDUCAÇÃO, G. Ã. Manual-Revisão Bibliográfica Sistemática Integrativa: pesquisa Baseada em Evidências. Grupo ˆAnima Educação: Belo Horizonte, 2014. Disponível em: https://biblioteca.cofen.gov.br/wp-content/uploads/2019/06/manual_revisao_bibliografica-sistemica-integrativa.pdf

ELSEVIER. ScienceDirect: Empowering Knowledge. n.d. Retrieved June 03, 2025. Disponível em: <https://www.elsevier.com/products/sciencedirect> .

FRAZÃO, Aline Aparecida Nascimento et al. Tecnologia assistiva: aplicativos inovadores para estudantes com deficiência visual. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 85076-85089, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n11-066>

FURTADO, A. J. R. O UX e UI design no desenvolvimento de uma plataforma informativa: a revitalização do artesanato na região norte de Portugal. Dissertação (Mestrado), 2022. Disponível em: <http://hdl.handle.net/20.500.11960/2758>

GARBIN, D. F. Z.; DIAS, G. C. R. Acessibilidade para pessoas com baixa visão e deficiência visual usando o método UX. 171, 2023. Disponível em: <https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/16655>

GOMES, S. F. A. E-Commerce Inclusivo: Guia de Usabilidade Para Pessoas Com Deficiência Visual. Tese (Doutorado) — Instituto Politecnico do Porto (Portugal), 2022. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.22/21216>

GOUGH, D.; OLIVER, S.; THOMAS, J. An Introduction to Systematic Reviews. SAGE Publications, 2017. ISBN 9781473968219. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=ZgZODgAAQBAJ> .

IEEE. At a Glance - About IEEE. n.d. Retrieved June 03, 2025. Disponível em: <https://www.ieee.org/about/at-a-glance.html> .

JUNIOR, M. A. L. D. Análise de métodos de avaliação de acessibilidade em sites para deficientes visuais. Dissertação (B.S. thesis) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2023. Disponível em: <https://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/32681/1/avaliacaoacessibilidadesitesdeficientes.pdf>

KITCHENHAM, B.; BRÉRETTON, O. P.; BUDGEN, D.; TURNER, M.; BAILEY, J.; LINKMAN, S. Systematic literature reviews in software engineering: a systematic literature review. **Information and Software Technology**, v. 51, p. 7–15, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1163/1/012013>

KURIAKOSE, B.; SHRESTHA, R.; SANDNES, F. E. Tools and technologies for blind and visually impaired navigation support: a review. IETE Technical Review, Taylor & Francis, v. 39, n. 1, p. 3–18, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/02564602.2020.1819893>

LIMA, I. P. de; FERRETE, A. A. S. S. Tecnologias digitais de informação e comunicação na educação básica. **Humanidades & Inovação**, v. 8, n. 42, p. 282–293, 2021. Disponível em: <https://revista.unitins.br/index.php/humanidadesinovacao/article/view/3022>

MACHINERY, A. for C. About ACM Digital Library. n.d. Retrieved June 03, 2025. Disponível em: <https://dl.acm.org/about>.

MIRANDA, Paulo et al. O uso de estratégias de gamificação em uma disciplina de ihc: Um relato de experiência. In: **Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais (IHC)**. SBC, 2019. p. 94-99. DOI: <https://doi.org/10.5753/ihc.2019.8407>

OLIVEIRA, R. D. de; OKIMOTO, M. L. Tecnologias assistivas relacionadas à moda para pessoas com deficiência visual: uma revisão sistemática. dObra [s]: **revista da Associação Brasileira de Estudos de Pesquisas em Moda**, Associação Brasileira de Estudos e Pesquisas em Moda (ABEPEM), n. 35, p. 183–205, 2022. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8633007>

OMS, O. M. d. S. World report on vision. 2019. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/world-report-on-vision>. Acesso em: 03 de junho de 2025.

RAJAGURU, V.; PARK, J. Contemporary integrative review in simulation-based learning in nursing. International journal of environmental research and public health, MDPI, v. 18, n. 2, p. 726, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18020726>

SANTANA, F. et al. Um processo de avaliação de acessibilidade web universal aplicado ao website da receita federal: do código a testes com usuários. IX Simpósio de Fatores Humanos em Sistemas Computacionais, Belo Horizonte, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/260887013_Um_Processo_de_Avaliacao_de_Acessibilidade_a_Web_Universal_Aplicado_ao_Website_da_Receita_Federal_do_Codigo_a_Testes_com_Usuarios

SANTOS, C. E. R. dos et al. Acessibilidade digital em ambientes virtuais de aprendizagem: Uma revisão sistemática. EAD em Foco, v. 11, n. 1, 2021. DOI: <https://doi.org/10.18264/eadf.v11i1.1143>

SILVA, A. S. Avaliação da experiência do usuário e acessibilidade em ambientes virtuais de aprendizagem utilizados na Universidade Federal do Ceará – Campus de Russas. 2022. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/67483>

SILVA, D. P. R. da; FREITAS, E. de V.; ARAÚJO, L. S. Acessibilidade: o uso de tecnologias assistivas para deficientes visuais. Revista Interface Tecnológica, v. 16, n. 2, p. 86–100, 2019. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/download/638/414>

SILVA, E. H. d. et al. Análise de acessibilidade dos ambientes virtuais de aprendizagem (ava's) do ifpe de acordo com as aplicações e padrões web, voltado para pessoas com deficiência visual. Jaboatão dos Guararapes, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ifpe.edu.br/xmlui/handle/123456789/345>

SILVA, J. C. d. Acesso à informação para pessoa com deficiência: um estudo em Editoras Universitárias Federais do Brasil. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Pernambuco, 2023. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFPE_60635a5d3647761c91c6f38591a73364

SILVA, J. C. d. et al. O uso das tecnologias digitais de informação e da comunicação no ensino de parasitologia para alunos com deficiência visual: uma revisão sistemática e proposta metodológica. Universidade Federal de Alagoas, 2023. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/handle/123456789/11470>

ZAMPROGNO, Leonardo et al. Tecnologias assistivas para auxiliar deficientes visuais na criação e leitura de conteúdos gráficos: uma revisão sistemática da literatura. In: **Workshop sobre Educação em Computação (WEI)**. SBC, 2019. p. 266-275. Disponível em: <https://doi.org/10.5753/wei.2019.6635>

ZEN, E. et al. Tecnologia assistiva para auxiliar a interação entre pessoas com deficiência visual e sistemas computacionais: Um mapeamento sistemático da literatura. iSys-Brazilian Journal of Information Systems, v. 16, n. 1, p. 6–1, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.5753/isys.2023.2890>

Revista Principia - Early View