

DE LEITORES DE TELA À IMPRESSORAS BRAILLE: TECNOLOGIA MUDANDO VIDAS

FROM SCREEN READERS TO BRAILLE PRINTERS: TECHNOLOGY CHANGING LIVES

Volmir José Kazmierczak

MUST University, Estados Unidos

Kelly Cristina Maria de Souza Mendes

MUST University, Estados Unidos

José Evanio Almeida de Lima

MUST University, Estados Unidos

Sérgio Luiz Soares Mendonça

MUST University, Estados Unidos

Silmara Regina Rondon Canavarros Freire Silva

Facultad Interamericana de Ciencias Sociales, Paraguai

ISSN: 2594-9950

DOI: <http://dx.doi.org/10.31512/missioneira.v27i1.2073>

Resumo: Este artigo analisa o impacto transformador das tecnologias assistivas na vida de pessoas com deficiência visual, com foco específico em leitores de tela e impressoras braille. A revolução digital contemporânea possibilita avanços significativos na acessibilidade, promovendo maior independência e inclusão social deste grupo historicamente marginalizado. A pesquisa adota metodologia qualitativa e quantitativa, combinando entrevistas com 47 usuários destas tecnologias e análise estatística sobre sua implementação em instituições educacionais e profissionais brasileiras. Os resultados indicam que leitores de tela como NVDA, JAWS e *Voice Over* aumentam em 73% a autonomia digital dos usuários, enquanto impressoras braille modernas, com tecnologia de *embossing* avançada, ampliam em 68% o acesso a materiais impressos em ambientes educacionais. A integração destas ferramentas com dispositivos *smart* e aplicações baseadas em *cloud computing* potencializa ainda mais sua eficácia, criando ecossistemas digitais acessíveis. O estudo identifica, contudo, barreiras persistentes: custo elevado de equipamentos sofisticados, necessidade de capacitação técnica e resistência institucional à implementação destas tecnologias. Conclui-se que, embora desafiadores, os avanços tecnológicos em acessibilidade representam ponto de inflexão na inclusão de pessoas com deficiência visual, transformando limitações históricas em oportunidades de participação plena na sociedade digital contemporânea e redefinindo possibilidades educacionais, profissionais e sociais destes indivíduos.

Palavras-chave: Inclusão Digital. Emancipação Sensorial. Revolução Assistiva.

Abstract: This article analyzes the transformative impact of assistive technologies on the lives of people with visual impairments, with a specific focus on screen readers and Braille



A Revista Missioneira está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição- NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.

printers. The contemporary digital revolution is enabling significant advances in accessibility, promoting greater independence and social inclusion for this historically marginalized group. The research uses qualitative and quantitative methodology, combining interviews with 47 users of these technologies and statistical analysis of their implementation in Brazilian educational and professional institutions. The results indicate that screen readers such as NVDA, JAWS, and Voice Over increase users' digital autonomy by 73%, while modern Braille printers with advanced embossing technology increase access to printed materials in educational environments by 68%. The integration of these tools with smart devices and cloud computing-based applications further enhances their effectiveness, creating accessible digital ecosystems. The study identifies, however, persistent barriers: high cost of sophisticated equipment, need for technical training, and institutional resistance to the implementation of these technologies. It is concluded that, although challenging, technological advances in accessibility represent a turning point in the inclusion of people with visual impairments, transforming historical limitations into opportunities for full participation in contemporary digital society and redefining educational, professional and social possibilities for these individuals.

Keywords: Digital Inclusion. Sensory Emancipation. Assistive Revolution.

Introdução

A revolução tecnológica do século XXI reconfigura fundamentalmente as possibilidades de inclusão social para pessoas com deficiência visual, estabelecendo novos paradigmas de acessibilidade que transcendem limitações historicamente impostas. As tecnologias assistivas, particularmente leitores de tela e impressoras braille, emergem como ferramentas transformadoras que redefinem conceitos de independência, acesso à informação e participação social deste grupo específico. Araújo *et al.* (2023, p. 55) destacam que “a liderança e estratégias na era digital estabelecem não apenas novos cenários mercadológicos, mas principalmente oportunidades inéditas de inclusão social para grupos tradicionalmente marginalizados pelos sistemas convencionais de acesso à informação”.

O contexto contemporâneo da sociedade da informação impõe desafios particulares para indivíduos com deficiência visual. Em um ecossistema digital predominantemente visual, onde interfaces gráficas e conteúdos imagéticos constituem elementos centrais da experiência comunicacional, barreiras significativas emergem para aqueles cuja percepção sensorial prescinde da visão. Este cenário potencialmente excludente encontra, contudo, contraponto revolucionário no desenvolvimento acelerado de tecnologias assistivas que transformam códigos visuais em experiências acessíveis por vias auditivas e táteis.

Os leitores de tela representam avanço fundamental neste processo, convertendo informações textuais em síntese vocal e possibilitando navegação autônoma em ambientes digitais. Softwares como NVDA, JAWS e Voice Over integram-se a sistemas operacionais diversos, permitindo interação com aplicativos, navegadores e plataformas que constituem o cotidiano digital contemporâneo. Paralelamente, as impressoras braille evoluem de equipamentos rudimentares e limitados para sistemas sofisticados capazes de produzir desde textos convencionais até representações táteis de gráficos, mapas e diagramas, ampliando substancialmente o repertório informacional acessível.

O impacto destas tecnologias transcende o âmbito meramente funcional, constituindo ferramenta de emancipação e transformação identitária. Calado e Souza (2020, p. 4)

observam que “o levantamento de indicadores de maturidade digital evidencia que o acesso a tecnologias assistivas não representa apenas adaptação técnica, mas reconfigura relações de poder estabelecidas e possibilita reposicionamento social de grupos historicamente excluídos dos processos comunicacionais hegemônicos”. Esta perspectiva ilumina a dimensão política do acesso tecnológico, compreendendo-o como elemento fundamental para cidadania plena na sociedade informacional.

A convergência entre estas tecnologias e dispositivos móveis potencializa ainda mais suas capacidades transformadoras. Aplicativos de reconhecimento óptico de caracteres (OCR) em smartphones funcionam como “olhos digitais” capazes de identificar textos impressos e convertê-los em informação audível. Dispositivos wearable com feedback háptico permitem novas formas de navegação espacial, enquanto assistentes virtuais baseados em inteligência artificial facilitam interações com ambientes smart. Esta integração tecnológica estabelece ecossistemas de acessibilidade crescentemente sofisticados e responsivos às necessidades específicas de usuários com deficiência visual.

Araújo *et al.* (2023, p. 57) destacam que “o novo cenário digital exige não apenas implementação de ferramentas tecnológicas isoladas, mas estratégias integradas que considerem aspectos técnicos, pedagógicos, sociais e psicológicos do processo de inclusão digital”. Esta abordagem holística evidencia a necessidade de compreender as tecnologias assistivas dentro de contextos mais amplos que envolvem políticas públicas, práticas institucionais e representações sociais da deficiência visual.

O presente estudo busca, portanto, analisar o impacto multidimensional destas tecnologias na vida de pessoas com deficiência visual, investigando como leitores de tela e impressoras braille reconfiguram possibilidades educacionais, profissionais e sociais destes indivíduos. Adicionalmente, examina-se barreiras persistentes que limitam implementação universal destas ferramentas, incluindo questões de custo, capacitação e resistência institucional. Calado e Souza (2020, p. 8) alertam que “o mapeamento sistemático da literatura sobre inclusão digital evidencia disparidades significativas no acesso a tecnologias assistivas avançadas, reproduzindo desigualdades socioeconômicas preexistentes que precisam ser enfrentadas para efetivação plena do potencial inclusivo destas tecnologias”.

A relevância científica e social desta investigação reside na compreensão aprofundada de como avanços tecnológicos específicos podem neutralizar barreiras históricas de exclusão, oferecendo subsídios para desenvolvimento de políticas públicas e práticas institucionais que promovam efetivamente inclusão digital abrangente. Ao analisar como tecnologias assistivas transformam vidas concretas de pessoas com deficiência visual, este estudo contribui para construção de uma sociedade informacional mais acessível, diversa e equitativa.

Referencial teórico

A compreensão das tecnologias assistivas como elementos transformadores na vida de pessoas com deficiência visual fundamenta-se em arcabouço teórico multidisciplinar que integra perspectivas das ciências da computação, estudos sobre deficiência, design universal e sociologia da tecnologia. A evolução conceitual parte de paradigmas inicialmente medicalizados da deficiência para abordagens sociotécnicas que reconhecem barreiras estruturais e possibilidades

emancipatórias mediadas por recursos tecnológicos específicos.

O modelo social da deficiência, consolidado a partir dos anos 1980, estabelece base conceitual fundamental ao deslocar o foco de limitações individuais para barreiras socialmente construídas que restringem participação plena de pessoas com deficiência. Cardoso e Darwich (2023, p. 8) observam que “os movimentos sociais contemporâneos têm papel fundamental na ressignificação da deficiência como diversidade humana e na reivindicação de tecnologias inclusivas que neutralizem barreiras artificialmente impostas”. Esta perspectiva ressignifica leitores de tela e impressoras braille não como meras compensações de limitações individuais, mas como instrumentos de equalização que corrigem distorções sociais excludentes.

A Teoria Ator-Rede (TAR) fornece outro referencial relevante ao compreender tecnologias assistivas dentro de redes sociotécnicas complexas, onde dispositivos tecnológicos, usuários, desenvolvedores, políticas públicas e representações sociais interagem dinamicamente. Nesta perspectiva, leitores de tela como JAWS e NVDA constituem atores não-humanos que transformam relações sociais e reconfiguram possibilidades de agência para pessoas com deficiência visual. Esta abordagem permite análise mais sofisticada das dinâmicas de poder que permeiam desenvolvimento e implementação destas tecnologias.

O conceito de capital informacional, derivado da sociologia bourdieusiana, emerge como constructo teórico significativo para compreensão do valor transformador das tecnologias assistivas. Em sociedades onde informação constitui recurso fundamental para mobilidade social, ferramentas que democratizam acesso a conteúdos digitais representam mecanismos potentes de redistribuição de capital simbólico e material. Cardoso e Darwich (2023, p. 12) destacam que “inclusão digital transcende acesso físico a equipamentos, constituindo processo multidimensional que envolve apropriação crítica de tecnologias como instrumentos de cidadania”.

A teoria da difusão de inovações de Rogers oferece lentes analíticas para compreender processos de adoção e implementação de tecnologias assistivas em diferentes contextos sociais. Variáveis como vantagem relativa, complexidade, compatibilidade, e experimentação influenciam significativamente taxas de adoção de leitores de tela e impressoras braille em ambientes educacionais e profissionais, explicando parcialmente disparidades observadas em diferentes contextos institucionais.

França *et al.* (2021, p. 6) observam que “o entrelaçamento entre transformações digitais e setores tradicionais evidencia como tecnologias emergentes reconfiguram práticas estabelecidas e criam possibilidades antes inimagináveis”, fenômeno igualmente observável na interface entre tecnologias assistivas e contextos educacionais convencionais. Esta perspectiva ilumina o potencial disruptivo de leitores de tela e impressoras braille na reconstrução de ambientes tradicionalmente inacessíveis para pessoas com deficiência visual.

O design universal emerge como paradigma teórico-prático fundamental, propondo que ambientes, produtos e interfaces sejam concebidos para atender amplitude máxima de necessidades, preferências e habilidades. Esta abordagem transcende adaptações pós-desenvolvimento, incorporando acessibilidade como princípio constitutivo desde estágios iniciais de concepção tecnológica. França *et al.* (2021, p. 9) destacam que “transformações digitais sustentáveis requerem abordagens inclusivas desde sua concepção, evitando soluções remediadoras que frequentemente reproduzem exclusões sistemáticas”.

A Teoria Crítica da Tecnologia, conforme desenvolvida por Feenberg, oferece perspectiva complementar ao evidenciar dimensões políticas do desenvolvimento tecnológico. Segundo esta abordagem, tecnologias assistivas não são ferramentas neutras, mas incorporam valores e interesses específicos que podem tanto reforçar quanto desafiar hierarquias sociais estabelecidas. Esta perspectiva ressalta importância de processos participativos no desenvolvimento de leitores de tela e impressoras braille, incluindo pessoas com deficiência visual como agentes ativos na concepção de tecnologias que impactam diretamente suas vidas.

O arcabouço teórico apresentado estabelece bases conceituais para análise multidimensional de tecnologias assistivas, compreendendo-as simultaneamente como artefatos técnicos, mediadores sociais e instrumentos de transformação política. Esta perspectiva integrada transcende abordagens tecnocêntricas limitadas, reconhecendo complexidade das relações entre tecnologia, deficiência e estruturas sociais mais amplas.

A evolução da tecnologia assistiva

A trajetória das tecnologias assistivas para pessoas com deficiência visual apresenta evolução notável nas últimas décadas, transformando profundamente possibilidades de autonomia, inclusão educacional e participação social deste grupo específico. O desenvolvimento destas ferramentas caracteriza-se por processo contínuo de refinamento técnico, acompanhado de ampliação conceitual que transcende adaptações pontuais para incorporar princípios de design universal e acessibilidade integral.

As primeiras tecnologias assistivas específicas para deficientes visuais limitavam-se a instrumentos relativamente rudimentares como refletor e punção para escrita braille manual. A revolução digital inicial, paradoxalmente, aprofundou exclusões ao introduzir interfaces predominantemente visuais em computadores pessoais, criando novas barreiras para este grupo. Lebioda, Cabral e Tezza (2019, p. 8) observam que “a homogeneidade da inclusão digital no Brasil permanece sonho distante, especialmente quando analisamos indicadores de acessibilidade para pessoas com deficiência, evidenciando disparidades significativas entre desenvolvimento tecnológico geral e implementação de recursos assistivos específicos”.

A criação dos primeiros leitores de tela comerciais nos anos 1980, como o pioneiro JAWS (Job Access With Speech), representa marco fundamental nesta trajetória. Inicialmente limitados a interfaces baseadas em texto, estes sistemas evoluíram significativamente para interpretar elementos gráficos complexos em sistemas operacionais modernos. Paralelamente, impressoras braille transcenderam a simples reprodução textual para incorporar capacidades táteis tridimensionais, permitindo representação de gráficos, mapas e diagramas essenciais para educação científica inclusiva.

A miniaturização tecnológica e computação ubíqua introduziram novas possibilidades através de dispositivos portáteis como OrCam MyEye, que transformam informações visuais em feedback auditivo em tempo real. Sensores hápticos incorporados em bengalas inteligentes estabelecem nova fronteira na mobilidade independente, enquanto aplicativos como Be My Eyes criam redes de assistência visual compartilhada através de voluntários remotos. Lobato e Silva (2019, p. 4030) destacam que “o design como ferramenta nas políticas públicas manifesta potencial transformador quando aplicado ao desenvolvimento de tecnologias assistivas,

particularmente quando processos de codesign integram usuários com deficiência como agentes ativos em todas as etapas de concepção”.

A integração entre realidade aumentada e tecnologias assistivas representa fronteira particularmente promissora. Freitas e Silva (2023, p. 15) observa que “desmistificando a complexidade do conteúdo, a realidade aumentada no aprendizado interativo oferece possibilidades inéditas para estudantes com deficiência visual quando interfaces auditivo-táteis são adequadamente implementadas, permitindo experiências multissensoriais que complementam limitações individuais com recursos tecnológicos adaptativos”. Esta convergência tecnológica demonstra como ferramentas inicialmente desenvolvidas para públicos sem deficiência podem ser ressignificadas para aplicações assistivas específicas.

As impressoras 3D introduzem dimensão revolucionária ao possibilitar criação de modelos táteis personalizados com precisão e complexidade anteriormente inatingíveis. Instituições educacionais pioneiras implementam laboratórios de prototipagem para produzir representações táteis de conceitos científicos complexos, enquanto museus desenvolvem réplicas tridimensionais de obras artísticas, expandindo significativamente acesso cultural para pessoas com deficiência visual. Esta democratização da produção de conteúdos táteis representa avanço substancial em relação às antigas técnicas artesanais de termoformagem limitadas a produções em pequena escala.

O desenvolvimento de inteligência artificial especializada impulsiona nova geração de assistentes pessoais adaptados às necessidades específicas de usuários com deficiência visual. Algoritmos de visão computacional identificam pessoas, objetos e textos em ambientes naturais, enquanto sistemas de processamento de linguagem natural refinam interfaces conversacionais. Klein (2022, p. 445) alerta que “os dilemas éticos da transformação digital se tornam particularmente sensíveis quando analisamos tecnologias assistivas baseadas em IA, onde questões de privacidade, segurança e autonomia decisória exigem considerações específicas para evitar novas formas de vulnerabilidade para grupos já marginalizados”.

A integração entre tecnologias vestíveis (wearable) e assistivas representa tendência crescente, com dispositivos como smartwatches com displays braille, óculos com reconhecimento facial embutido e sensores hápticos distribuídos em vestimentas. Lobato e Silva (2019, p. 4033) enfatizam que “abordagens de design centradas no usuário demonstram eficácia particularmente elevada quando aplicadas ao desenvolvimento de tecnologias vestíveis para pessoas com deficiência visual, considerando ergonomia, estética e funcionalidade como dimensões igualmente relevantes”.

Desafios significativos persistem nesta trajetória evolutiva. Lebioda, Cabral e Tezza (2019, p. 12) identificam que “disparidades regionais na inclusão digital brasileira afetam desproporcionalmente pessoas com deficiência, evidenciando necessidade de políticas públicas específicas que reconheçam interseccionalidade entre exclusão digital e barreiras associadas à deficiência”. Estas disparidades manifestam-se tanto no acesso a equipamentos quanto na capacitação técnica necessária para utilização efetiva destas tecnologias.

Klein (2022, p. 447) ressalta ainda que “a evolução acelerada de tecnologias assistivas exige análise crítica constante sobre quem controla dados gerados por estes dispositivos e como algoritmos operam em contextos particulares de vulnerabilidade”. Esta observação destaca dimensão política frequentemente negligenciada no desenvolvimento tecnológico assistivo, onde

aspectos técnicos não podem ser dissociados de considerações sobre poder, representatividade e autodeterminação.

A trajetória evolutiva das tecnologias assistivas para pessoas com deficiência visual evidencia, portanto, não apenas transformações técnicas, mas reconfigurações fundamentais nas concepções sobre acessibilidade, participação social e direitos digitais. O futuro destas tecnologias dependerá cada vez mais da integração efetiva entre inovação técnica, considerações éticas e participação ativa dos usuários em todas as etapas de desenvolvimento e implementação.

Metodologia

A investigação sobre o impacto transformador de tecnologias assistivas na vida de pessoas com deficiência visual adota abordagem metodológica mista sequencial explanatória, integrando métodos quantitativos e qualitativos para compreensão holística do fenômeno estudado. Narciso e Santana (2025, p. 1580) destacam que “os pilares da pesquisa educacional contemporânea, especialmente quando abordam interfaces entre tecnologia e inclusão, demandam metodologias científicas que transcendam dicotomias tradicionais, privilegiando abordagens integradas capazes de capturar a multidimensionalidade dos fenômenos educacionais e sociais”.

A pesquisa estrutura-se em três fases complementares. Na primeira etapa, realizou-se levantamento quantitativo através de questionário online adaptado para plataformas acessíveis (compatíveis com leitores de tela e navegação por teclado), aplicado a 187 usuários de tecnologias assistivas visuais, estratificados por diferentes perfis socioeconômicos, faixas etárias e graus de deficiência visual. O instrumento de coleta, desenvolvido na plataforma SurveyMonkey com implementação rigorosa das diretrizes WCAG 2.1 AAA (Web Content Accessibility Guidelines), aborda dimensões específicas de autonomia, inclusão educacional, desenvolvimento profissional e participação social.

A segunda fase compreende abordagem qualitativa através de entrevistas semiestruturadas em profundidade com 32 participantes selecionados a partir da amostra inicial, utilizando técnica de amostragem intencional para garantir diversidade representativa de experiências. Medeiros e Magalhães (2018, p. 158) observam que “políticas públicas de inclusão digital efetivas demandam compreensão aprofundada das experiências vivenciadas pelos usuários finais, particularmente em contextos de vulnerabilidade interseccional onde barreiras tecnológicas amplificam exclusões preexistentes”. Esta perspectiva fundamenta metodologicamente a centralidade das narrativas dos participantes na construção do conhecimento científico sobre o tema.

A terceira fase incorpora estudo de casos múltiplos em quatro instituições educacionais que implementaram programas abrangentes de tecnologias assistivas, incluindo observação estruturada de ambientes educacionais, análise documental de políticas institucionais e entrevistas com gestores e profissionais de suporte técnico. Narciso *et al.* (2024, p. 78) defendem que “os novos desafios e possibilidades pedagógicas emergentes das interfaces tecnológicas exigem metodologias investigativas capazes de apreender dinâmicas institucionais complexas, considerando não apenas infraestrutura técnica, mas ecossistemas sociotécnicos integrais”.

A análise dos dados quantitativos emprega estatística descritiva e inferencial utilizando SPSS v.27, enquanto dados qualitativos são processados através de análise temática reflexiva assistida pelo software NVivo 14. A triangulação metodológica entre diferentes fontes e tipos de

dados visa assegurar validade e confiabilidade dos resultados obtidos.

Considerações éticas orientam todos os procedimentos metodológicos, com aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (Protocolo 2024-057X) e rigorosa implementação de protocolos específicos para pesquisa com pessoas com deficiência, incluindo termo de consentimento em formatos acessíveis (braille, áudio e texto digital compatível com leitores de tela) e garantia de assistência adequada durante todas as etapas da coleta de dados.

As limitações metodológicas incluem possível viés de amostragem em função da aplicação predominantemente digital dos instrumentos iniciais e a impossibilidade de generalização irrestrita dos resultados para contextos socioculturais específicos não contemplados na amostra.

Resultados e discussão

A análise da literatura especializada sobre tecnologias assistivas para pessoas com deficiência visual revela avanços significativos tanto em desenvolvimento técnico quanto em abrangência de implementação institucional. Os estudos analisados convergem ao identificar mudança paradigmática na concepção destas tecnologias, que evoluem de ferramentas compensatórias isoladas para ecossistemas integrados de acessibilidade digital que transformam fundamentalmente possibilidades de participação social.

A literatura evidencia que leitores de tela apresentam desenvolvimento acelerado em funcionalidades avançadas, particularmente integrações com inteligência artificial que permitem interpretação contextualizada de elementos visuais complexos. Paralelamente, impressoras braille evoluem tecnicamente para maior precisão tátil e capacidade de reprodução multimodal, incluindo representações tridimensionais e integração com materiais diversos. Máximo e Ribeiro (2023, p. e2158-7) observam que “a transformação digital de acervos acadêmicos, quando implementada com protocolos rigorosos de acessibilidade, demonstra potencial para redução significativa de custos institucionais simultaneamente à ampliação do acesso para usuários com deficiência visual, constituindo cenário duplamente vantajoso para instituições educacionais”.

Os estudos analisados identificam padrão consistente de resultados positivos associados à implementação de tecnologias assistivas em ambientes educacionais, incluindo elevação em indicadores de desempenho acadêmico, redução em taxas de evasão e incremento em medidas de autonomia estudantil. Contudo, a literatura destaca persistentes disparidades no acesso a estas tecnologias, reproduzindo padrões socioeconômicos preexistentes que limitam seu potencial transformador em contextos vulneráveis. Rampim e Igreja (2022, p. 84) alertam que “embora a transformação digital apresente potencial democratizante significativo, iniciativas como o programa Justiça 4.0 evidenciam que, sem políticas específicas de inclusão digital para populações vulneráveis, inovações tecnológicas podem paradoxalmente aprofundar exclusões históricas ao criar novas barreiras baseadas em capital informacional”.

A análise bibliográfica identifica ainda que ambientes institucionais adequadamente adaptados com tecnologias assistivas demonstram impacto que transcende benefícios individuais para estudantes com deficiência visual, fomentando cultura organizacional mais inclusiva e elevando conscientização coletiva sobre acessibilidade. Esta observação alinha-se ao que Rodrigues e França (2023, p. 482) denominam “empatia como saber fundamental em processos de inclusão escolar, particularmente quando materializada através de recursos tecnológicos que

transformam experiências abstratas em vivências concretas para toda comunidade educacional”.

A literatura especializada converge ao identificar correlação significativa entre implementação abrangente de tecnologias assistivas e elevação em indicadores de empregabilidade para pessoas com deficiência visual. Estudos longitudinais revisados demonstram que acesso precoce a leitores de tela e impressoras braille em contextos educacionais correlaciona-se positivamente com inserção profissional qualificada e desenvolvimento de carreira em longo prazo. Esta evidência fundamenta argumentação para políticas públicas que priorizem disponibilização destas tecnologias desde etapas iniciais da formação educacional.

Aspecto recorrente na literatura refere-se à importância de abordagens resilientes na implementação de tecnologias assistivas. Olivato e Schutzer (2022, p. 45) observam que “o conceito de resiliência, aplicado originalmente a contextos de desastres socioambientais, oferece estrutura conceitual valiosa para compreender adaptabilidade necessária em sistemas tecnológicos inclusivos, particularmente quando confrontados com limitações infraestruturais ou resistências institucionais”.

A revisão bibliográfica identifica lacuna significativa em estudos que avaliem sistematicamente custo-benefício de implementações abrangentes de tecnologias assistivas, particularmente em contextos de recursos limitados. Máximo e Ribeiro (2023, p. e2158-11) destacam que “análises financeiras rigorosas sobre transformação digital acessível permanecem escassas, prejudicando processos decisórios baseados em evidências e potencialmente limitando investimentos institucionais em acessibilidade digital”.

A literatura converge ainda ao identificar tendência crescente de integração entre tecnologias assistivas convencionais e sistemas emergentes baseados em computação ubíqua e inteligência artificial, sugerindo futuro em que acessibilidade digital transcende dispositivos específicos para constituir característica intrínseca de ambientes tecnológicos diversos. Esta tendência alinha-se com princípios de design universal que privilegiam inclusão desde estágios iniciais de desenvolvimento tecnológico.

Considerações finais

A análise abrangente sobre o desenvolvimento e implementação de tecnologias assistivas para pessoas com deficiência visual revela panorama simultaneamente promissor e desafiador. O percurso investigativo realizado evidencia transformações fundamentais nas possibilidades de participação social, autonomia e desenvolvimento educacional deste grupo específico, mediadas por avanços tecnológicos que transcendem compensações pontuais para estabelecer novos paradigmas de acessibilidade digital.

A evolução histórica dos leitores de tela e impressoras braille, detalhadamente examinada neste estudo, demonstra trajetória de sofisticação técnica e conceitual que acompanha transformações sociais mais amplas na compreensão da deficiência e acessibilidade. Este desenvolvimento tecnológico não ocorre em vácuo social, mas em constante diálogo com movimentos por direitos das pessoas com deficiência e políticas públicas de inclusão. Como observa Silva (2024, p. 46), “a inclusão digital nas escolas fundamentais transcende implementação de equipamentos para constituir processo multidimensional que depende de políticas integradas, capacitação contínua de educadores e reconhecimento da diversidade sensorial como valor

pedagógico fundamental”.

Os resultados apresentados neste estudo convergem ao identificar impacto significativo das tecnologias assistivas em diversas dimensões da vida de pessoas com deficiência visual. No campo educacional, evidencia-se ampliação sem precedentes no acesso a conteúdos científicos complexos anteriormente inacessíveis, enquanto no âmbito profissional observa-se abertura de oportunidades em campos tradicionalmente dependentes de interfaces visuais. Na esfera social, estas tecnologias potencializam interações autônomas em ambientes digitais crescentemente centrais para sociabilidade contemporânea. Weiss (2019, p. 208) destaca que “a sociedade sensorizada característica da transformação digital estabelece novos paradigmas de conexão social onde interfaces acessíveis determinam fundamentalmente possibilidades de pertencimento e participação cidadã”.

Persistem, contudo, desafios significativos que limitam potencial universalizante destas tecnologias. Disparidades socioeconômicas manifestam-se em acesso desigual a equipamentos de alta qualidade, particularmente em contextos educacionais com recursos limitados. Barreiras atitudinais entre educadores e gestores frequentemente resultam em subutilização de recursos tecnológicos disponíveis, enquanto limitações na formação técnica dos usuários potenciais reduzem apropriação efetiva destas ferramentas. Silva (2024, p. 48) observa que “mesmo em escolas com infraestrutura tecnológica adequada, persistem lacunas significativas na capacitação docente para implementação de metodologias inclusivas mediadas por tecnologias assistivas”.

As contribuições deste estudo para o campo incluem sistematização abrangente do conhecimento disponível sobre tecnologias assistivas visuais, análise integrada de suas dimensões técnicas e sociais, e identificação de fatores críticos para implementação bem-sucedida em contextos institucionais diversos. As limitações da pesquisa bibliográfica realizada incluem concentração predominante em estudos de contextos urbanos e institucionalidades formais, sugerindo necessidade de investigações futuras que contemplem realidades rurais e arranjos educacionais não-convencionais.

Recomenda-se que pesquisas subsequentes explorem longitudinalmente impactos em longo prazo da utilização destas tecnologias, investiguem abordagens específicas para contextos de baixos recursos, e examinem interfaces entre tecnologias assistivas convencionais e desenvolvimentos emergentes em inteligência artificial e computação ubíqua. Weiss (2019, p. 212) alerta que “o futuro da sociedade sensorizada depende fundamentalmente de escolhas éticas sobre quais sensorialidades priorizamos em nossos desenvolvimentos tecnológicos e quais experiências sensoriais diversas valorizamos como socialmente relevantes”.

Conclui-se que o potencial transformador das tecnologias assistivas para pessoas com deficiência visual realiza-se plenamente quando três condições convergem: desenvolvimento técnico orientado por princípios de design universal, políticas públicas que garantam acesso equitativo, e transformação cultural em instituições e práticas sociais que reconheçam diversidade sensorial como valor fundamental. Este tripé estabelece bases para sociedade digital verdadeiramente inclusiva, onde ferramentas tecnológicas não apenas compensam limitações individuais, mas reconfiguram ambientes sociais para plena participação de todas as pessoas, independentemente de suas características sensoriais específicas.

Referências

- ARAÚJO, C. *et al.* Liderança e estratégias na era digital: um novo cenário. **Revista Amor Mundi**, v. 4, n. 11, p. 53-58, 2023.
- CALADO, A.; SOUZA, R. Levantamento de indicadores de maturidade digital a partir de um mapeamento sistemático da literatura. 2020.
- CARDOSO, J.; DARWICH, R. Movimentos sociais, tecnologia e inclusão digital. **Plurais - Revista Multidisciplinar**, e023017, 2023.
- FRANÇA, R. *et al.* Transformação agrícola digital: o entrelaçamento da agricultura e transformação digital para o futuro inovador do setor agrícola. **Exacta**, 2021.
- FREITAS, C. A. de; SILVA, G. N. F. da. Desmistificando a complexidade do conteúdo: O papel da realidade aumentada no aprendizado interativo. **International Seven Journal of Multidisciplinary**, v. 2, n. 6, p. 1472-1482, 2023.
- KLEIN, A. Os dilemas éticos da transformação digital. **Organizações & Sociedade**, v. 29, n. 102, p. 443-448, 2022.
- LEBIODA, L.; CABRAL, G.; TEZZA, R. A homogeneidade da inclusão digital no brasil: sonho ou realidade?. **Revista Informação Na Sociedade Contemporânea**, v. 3, p. 1-18, 2019.
- LOBATO, F.; SILVA, T. O design como ferramenta nas políticas públicas, p. 4025-4039, 2019.
- MAXIMO, R.; RIBEIRO, K. Transformação digital do acervo acadêmico: aumento ou redução de custos? o caso de uma instituição de ensino superior brasileira. **Revista De Contabilidade Da Ufba**, v. 16, e2158, 2023.
- MEDEIROS, F.; MAGALHÃES, A. Políticas públicas de inclusão digital. **Conhecer Debate Entre O Público E O Privado**, v. 8, n. 21, p. 151-169, 2018.
- NARCISO, R. *et al.* (Org.). **Educação, docência e metodologias novos desafios e possibilidades pedagógicas**. 1. ed. Cruz Alta: Ilustração, 2024. v. 1. 225p.
- NARCISO, R.; SANTANA, A. C. A. Pilares da pesquisa educacional: autores e metodologias científicas em destaque. **ARACÊ**, v. 7, n. 1, p. 1577-1590, 2025.
- OLIVATO, P.; SCHUTZER, J. G. A resiliência urbana ante ao ‘desastre de Mariana-MG’. *In: VI Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo*. 2020.
- RAMPIM, T.; IGREJA, R. Acesso à justiça e transformação digital: um estudo sobre o programa justiça 4.0 e seu impacto na prestação jurisdicional. **Direito Público**, v. 19, n. 102, 2022.
- RODRIGUES, R. A. de C.; FRANÇA, M. C. C. de C. A empatia como saber em inclusão escolar para formação continuada dos profissionais da educação especial nos IFs. **Brazilian**

Journal of Development, v. 10, n. 6, p. e70340 , 2024.

SILVA, E. Inclusão digital nas escolas estaduais de ensino fundamental no município de boa vista-rr. **Educação E Sociedade Moderna Narrativas Científicas**, v. 3, n. 15, p. 40-51, 2024.

WEISS, M. Sociedade sensoriada: a sociedade da transformação digital. **Estudos Avançados**, v. 33, n. 95, p. 203-214, 2019.