

TECNOLOGIAS ASSISTIVAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS PARA ESTUDANTES COM DEFICIÊNCIA VISUAL: UMA REVISÃO INTEGRATIVA

ASSISTANT TECHNOLOGIES IN SCIENCE EDUCATION FOR VISUALLY IMPAIRMENT STUDENTS: AN INTEGRATIVE REVIEW

Regis de Souza Valentim¹
Kézia Viana Gonçalves²

RESUMO

As tecnologias assistivas têm se revelado um avanço significativo para a inclusão e autonomia das pessoas com deficiência, desempenhando um papel crucial na superação das barreiras impostas pela deficiência. Nesse sentido, o presente estudo objetivou identificar, através de uma revisão integrativa, quais as tecnologias assistivas existentes e/ou utilizadas no ensino de ciências relacionadas à aprendizagem dos estudantes com deficiência visual. Para isso, foi feita uma seleção de estudos, publicados até junho de 2024, na base de dados Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), busca essa realizada em julho de 2024. Foram identificados 4 artigos, publicados entre os anos de 2021 e 2023, dos quais 2 foram publicados em periódicos de educação e ensino. Em relação aos temas dos quais tratavam-se as tecnologias assistivas para o ensino de ciências, observou-se nos artigos: citologia, histologia, anatomia e astronomia. Já quanto às tipologias de tecnologias assistivas empregadas para que pudessem ser acessíveis aos estudantes com deficiência visual foi observado: recursos táteis (impressão 3D, figuras em alto relevo e texturas diferentes) e audiodescrição de imagens. Concluindo, prevaleceu o uso da percepção tátil como recurso de acessibilidade, e quanto ao conteúdo didático de ciências mais abordado tivemos a citologia. Por fim, o uso de tecnologias assistivas podem otimizar os conteúdos de ciências e minimizar as dificuldades de aprendizagem desses conceitos, além de despertar o interesse dos estudantes pela área.

Palavras-chave: Tecnologia assistiva. Deficiência Visual. Ensino de Ciências.

ABSTRACT

Assistive technologies have proven to be a significant advancement for the inclusion and autonomy of people with disabilities, playing a crucial role in overcoming the barriers imposed by disability. In this context, the present study aimed to identify, through an integrative review, the existing and/or utilized assistive technologies in science education related to the learning of students with visual impairments. To achieve this, a selection of studies published up to June 2024 was conducted in the CAPES (Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel) Journal Portal database, with the search conducted in July 2024. Four articles were identified, published between 2021 and 2023, of which two were published in education and teaching journals. Regarding the topics addressed by the assistive technologies for science

¹Administrador de Empresas. Cirurgião-dentista. Especialista em Saúde Pública; em Gestão Pública; em Avaliação em Saúde; em Informática na Saúde; e em Tecnologias Educacionais e EaD. Mestre em Saúde Coletiva. Graduando em Ciências Biológicas (Licenciatura). Doutorando em Ciências Odontológicas.

²Pedagoga. Especialista em Gestão Escolar. Mestre em Ambiente, Tecnologia e Sociedade. Doutoranda em Ensino de Ciências e Matemática.

education, the articles focused on cytology, histology, anatomy, and astronomy. As for the types of assistive technologies employed to make them accessible to students with visual impairments, the following were observed: tactile resources (3D printing, raised figures, and different textures) and audio description of images. In conclusion, the use of tactile perception as an accessibility resource prevailed, with cytology being the most addressed science content. Finally, the use of assistive technologies can optimize science content and minimize the difficulties in learning these concepts, in addition to sparking students' interest in the field.

Key words: Assistive Technology. Visual Impairment. Science Education.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), de 2010, 45,6 milhões de brasileiros têm algum tipo de deficiência, o que corresponde a 23,9% da população brasileira. Desse percentual, a deficiência visual é a com maior ocorrência, totalizando 18,6% (IBGE, 2010). Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), o termo deficiência visual está relacionado à perda completa ou parcial da visão, em decorrência de fatores congênitos ou adquiridos ao longo da vida, de caráter irreversível, mesmo após realização de tratamento clínico, cirúrgico ou uso de recursos ópticos (WHO, 2016).

Tendo em vista o quantitativo de pessoas com deficiência no país e a crescente demanda por políticas públicas que legitimem a inclusão desses sujeitos no processo educativo, foi criada em 2008 a Política Nacional de Educação na Perspectiva Inclusiva, que norteia os sistemas de ensino para que garantam acesso ao ensino regular, bem como participação, aprendizado e continuidade nos níveis mais elevados de ensino (Brasil, 2008).

Nesse mesmo sentido, foi promulgada em 2015 a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência, que dentre outras prerrogativas, garante à pessoa com deficiência acesso a produtos, recursos, estratégias, práticas, processos, métodos e serviços de tecnologia assistiva que maximizem sua autonomia, mobilidade pessoal e qualidade de vida (Brasil, 2015).

Considerando esse contexto legal, as tecnologias assistivas podem ser conceituadas como uma variedade de equipamentos, serviços, estratégias e práticas idealizadas e aplicadas para mitigar os problemas funcionais enfrentados pelas pessoas com deficiência (Cook; Polgar, 2014). Dessa maneira, pensando nas pessoas com deficiência visual, as tecnologias assistivas têm potencial para efetivar uma maior inclusão dos alunos com essa deficiência em sala de aula, promovendo a sua independência, bem como aumentando a sua motivação (Beal; Rosenblum, 2018).

Assim, considerando o desafio da inclusão e o potencial das tecnologias assistivas, este trabalho consistiu em identificar, através de uma revisão integrativa, quais as tecnologias assistivas existentes e/ou utilizadas no ensino de ciências para as pessoas com deficiência visual. Nesse contexto, traz como questão de pesquisa: quais as tecnologias assistivas existentes e/ou utilizadas para o ensino de ciências para estudantes com deficiência visual?

A nossa justificativa concernente às tecnologias assistivas é que, para que elas sejam efetivamente utilizadas em sala de aula para a aprendizagem, o professor precisa incorporá-las em sua prática como uma forma de produção de conhecimento. Para isso, torna-se relevante incentivar o desenvolvimento profissional docente, não somente através da formação inicial, mas também a continuada (Veiga, 2009). Essa formação deve englobar não apenas o conhecimento teórico sobre as diversas tecnologias disponíveis, mas sim combinar sistematicamente elementos teóricos com situações práticas, tornando uma só a teoria e a prática

ainda no seu processo formativo (Libâneo, 2012; Tardif, 2010), garantindo assim uma formação docente equilibrada (Silva; Souza, 2021).

Nesse campo fértil, quanto às práticas para o ensino de Ciências, para orientar satisfatoriamente o processo de ensino-aprendizagem, vem crescendo a busca por métodos didáticos que possam ser adaptados para auxiliar os estudantes a compreenderem os conteúdos das Ciências da Natureza (Xavier; Voelzke; Ferreira, 2019; Marques; Ferreira; Cappelli, 2020). Ademais, na construção de sistemas educacionais inclusivos combativos à exclusão educacional e promotor da inclusão social da pessoa com deficiência, o que inclui a pessoa com deficiência visual, é necessário a atuação de professores com uma boa formação. Essa prática inclusiva implica o planejamento de aulas pensando em formas de construir o conhecimento, respeitando a subjetividade de cada estudante, e consequentemente modificando e adequando atividades e estratégias de ensino (Silveira, 2010).

Esperamos assim que, os frutos deste trabalho, acerca da identificação das tecnologias assistivas relacionadas ao ensino de ciências para os estudantes com deficiência visual possam colaborar não só com a prática do professor de ciências, mas com o direcionamento das políticas públicas formativas no campo da inclusão.

2 DEFICIÊNCIA VISUAL

A deficiência visual é caracterizada clinicamente pela perda ou diminuição significativa da capacidade de ver com o melhor olho. No contexto educacional, os estudantes com deficiência visual são divididos em dois grupos: estudantes cegos (acuidade corrigida no melhor olho abaixo de 20/400) e estudantes com baixa visão (acuidade corrigida no melhor olho é menor que 20/70 e maior ou igual a 20/400). A cegueira divide-se em duas categorias: a congênita, decorrente de patologias congênitas ou hereditárias; ou adquirida, de patologia de ação tardia ou traumas causados por acidentes; enquanto que a baixa visão é a linha divisória entre quem dispõe da visão completa e de quem não dispõe. No caso da baixa visão, o uso de correção óptica não é o suficiente para melhor resolução visual (Prado, 2006).

A cegueira é uma alteração grave ou total de uma ou mais das funções fundamentais da visão e que traz alguma consequência irremediável para o sujeito (na percepção de cor, tamanho, distância, forma, posição ou movimento). Por sua vez, a baixa visão deve ser considerada caso a caso em função da variedade e intensidade dos comprometimentos relacionados às funções visuais. Nesses casos, a execução de tarefas e o desempenho geral do indivíduo se vê afetado devido a dificuldades de percepção de luz, redução da acuidade e do campo visual (Prado, 2006; Brasil, 2007).

Fazendo uma análise social da deficiência visual no contexto educacional, Vigotski (2021) afirma que o desenvolvimento e a educação do estudante com deficiência visual não têm tanta relação com a cegueira em si, mas com as consequências sociais da cegueira. Assim, para que o processo de ensino-aprendizagem ocorra satisfatoriamente, deve:

basear-se no fato de que, simultaneamente ao defeito, são dadas também tendências psicológicas para a direção oposta, as possibilidades compensatórias para a superação do defeito, que são exatamente as que se apresentam em primeiro plano no desenvolvimento da criança e devem ser incluídas no processo educativo como sua força motriz (Vigotski, 2021, p.67).

Para que isso ocorra, é imperativo garantir a inclusão e o acesso ao currículo. E as tecnologias assistivas desempenham um papel fundamental na educação dos estudantes com

deficiência visual, com recursos e ferramentas auxiliares no processo de ensino-aprendizagem e no desenvolvimento das habilidades desses estudantes (Pestana; Lievore; Melo, 2023).

Os recursos de tecnologia assistiva têm como objetivo remover as barreiras que dificultam ou impedem a interação do estudante em igualdade de condições no ambiente escolar. Nesse contexto, esses recursos assumem uma função de mediação instrumental que se relaciona com os processos que favorecem, compensam, potencializam ou auxiliam, também na escola, as habilidades ou funções individuais comprometidas pela deficiência, como as funções visuais. Essa mediação acaba promovendo a autonomia e independência do estudante com deficiência visual, seja no seu contexto social, escolar ou familiar (Pestana; Lievore; Melo, 2023; Galvão Filho, 2013).

2.1 Políticas Públicas de Educação para a Pessoa com Deficiência no Brasil

No cenário brasileiro, os primeiros trabalhos para a educação de estudantes com deficiência visual começaram de forma sistematizada em 1854, com a criação do Imperial Instituto dos Meninos Cegos, no Rio de Janeiro. De lá para cá, diversas iniciativas foram desenvolvidas, visando, dentre outros objetivos, a inclusão dos estudantes com deficiência visual em salas de aula comuns e a capacitação de professores especializados para atuarem em escolas públicas. Nesse contexto, a partir do processo de redemocratização e o advento da Constituição Brasileira de 1988, surge um novo olhar para a Educação Especial (Masini, 2013; Pires; Plácido, 2018).

A contar da promulgação da Constituição Federal, a educação passou a ser apresentada como um direito social, passando a ser uma política pública de caráter universal, o que gerou mudanças no sistema de ensino. Nesse mesmo período em que se consolidava o sistema de proteção social, estabelecido pela Carta Magna, inicia-se a disseminação da proposta de uma Educação Escolar Inclusiva (Kassar, 2011).

A inclusão escolar passou a figurar como tema de conferências internacionais ao redor do mundo, merecendo destaque a Conferência Mundial sobre Necessidades Educativas Especiais: Acesso e Qualidade, realizada em 1994 em Salamanca, na Espanha. Nessa conferência foi aprovada uma declaração que tinha como princípio fundamental o "dever das escolas de acolher todas as crianças, independentemente de suas condições físicas, intelectuais, sociais, emocionais, linguísticas ou outras" (Brasil, 1997; Mazzotta; D'antino, 2011).

A partir dos anos 2000, o Brasil promoveu mudanças conceituais e estruturais que transformaram a perspectiva inclusiva da educação brasileira: a educação especial foi formalmente inserida na educação básica e superior, foi definido o público alvo que se direcionava esses esforços (alunos com deficiências, altas habilidades e transtornos globais do desenvolvimento) e se estabeleceu a sala de recursos multifuncionais e o professor do Atendimento Educacional Especializado (AEE) como centrais aos processos inclusivos (Garcia, 2013).

No ano de 2008, a Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva passou a orientar os sistemas de ensino no que tocante à organização dos serviços e recursos da Educação Especial (Valentini *et al.*, 2019). Essa política tinha como objetivo:

assegurar a inclusão escolar de alunos com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades/superdotação, orientando os sistemas de ensino para garantir: acesso ao ensino regular, com participação, aprendizagem e continuidade nos níveis mais elevados do ensino; transversalidade da modalidade de educação especial desde a educação infantil até a educação superior; oferta do atendimento educacional especializado; formação de professores para o atendimento educacional especializado e demais profissionais da educação para a inclusão; participação da família e da comunidade; acessibilidade arquitetônica, nos transportes,

nos mobiliários, nas comunicações e informação; e articulação intersetorial na implementação das políticas públicas (Brasil, 2008).

Mais recentemente, a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência foi instituída, destinada a assegurar e a promover, em condições de igualdade, o exercício dos direitos e das liberdades fundamentais para as pessoas com deficiência, visando à sua inclusão social e cidadania (Brasil, 2015). Essa lei com caráter mais inovador ligado ao contexto social, estabelece:

A educação como direito da pessoa com deficiência, assegurados sistema educacional inclusivo em todos os níveis e aprendizado ao longo de toda a vida, de forma a alcançar o máximo desenvolvimento possível de seus talentos e habilidades físicas, sensoriais, intelectuais e sociais, segundo suas características, interesses e necessidades de aprendizagem (Brasil, 2015, p. 6).

Esse contexto se amplia no regramento da Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência o incentivo e fomento às tecnologias assistivas. Neste caso, as tecnologias assistivas são valiosas ferramentas na Educação Inclusiva, não se limitando apenas aos dispositivos físicos, mas englobando o desenvolvimento de tecnologias digitais acessíveis em diferentes plataformas e serviços online. No que se refere ao ensino de estudantes com deficiência visual, o trabalho do professor implica em traduzir impressões visuais presentes nos recursos didáticos em impressões acústicas ou táteis, a fim de garantir a aprendizagem desse estudante (Liese; Rau, 2010).

2.2 Tecnologias Assistivas

O termo Tecnologia Assistiva foi cunhado nos Estados Unidos da América, criado oficialmente em 1988 como importante elemento jurídico para a legislação norte-americana, que regula os direitos das pessoas com deficiência daquele país (Garcia; Galvão Filho, 2012); no Brasil, esse termo foi apresentado por Sassaki (1996), traduzido de *Assistive Technology*, como algo “que assiste, ajuda, auxilia”, buscando referenciar à confecção/fabricação de ajudas técnicas e à prestação de serviços de intervenção tecnológica junto às pessoas com deficiência.

O Comitê de Ajudas Técnicas (CAT), órgão até então vinculado à Secretaria Especial dos Direitos Humanos, apresenta a seguinte definição para o tecnologias assistivas: é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (Brasil, 2009).

As tecnologias assistivas têm se revelado um avanço significativo para a inclusão e autonomia das pessoas com deficiência, desempenhando um papel crucial na superação das barreiras impostas pela deficiência. Esses recursos tecnológicos são projetados para melhorar a qualidade de vida, oferecendo suporte que vai desde ferramentas de comunicação até dispositivos que facilitam a mobilidade e a acessibilidade (WHO, 2011).

Quando utilizadas pelo sujeito com deficiência visual, as tecnologias assistivas podem propiciar o acesso aos bens culturais, de lazer, entretenimento, bem como ao conhecimento. A autonomia que as tecnologias assistivas proporcionam às pessoas com deficiência visual na realização de suas atividades propicia-lhes trabalhar, estudar, ou seja, garantir todos os seus direitos como cidadãos (Nunes; Dandolini; Souza, 2014). Sendo de característica interdisciplinar, a tecnologia assistiva pode ser aplicada no meio educacional, o que acaba

favorecendo a aprendizagem e desenvolvimento de habilidades e competências nos estudantes (Silva; Souza, 2021).

2.3 Ensino de Ciências na Perspectiva Inclusiva

No contexto educacional, a tecnologia é assistiva para estudantes com deficiência visual quando tem o intuito de romper com as barreiras sensoriais que impossibilitam o acesso ao conhecimento. Nesse sentido, as tecnologias assistivas podem assumir importância fundamental no processo de ensino-aprendizagem desses estudantes, principalmente quando se trata do ensino de Ciências, que na maioria das vezes o uso de imagens, tabelas, esquemas e vídeos, não estão acessíveis aos estudantes cegos (Silva; Souza, 2021).

De acordo com Martins (2015), existe um déficit histórico na quantidade e qualidade de materiais pedagógicos acessíveis para o ensino de ciências. Um agravante a isso é o fato de que os materiais que existem, carecem de estratégias pedagógicas que os associem ao livro didático, aos materiais multimídia e as aulas expositivas com materiais laboratoriais. Desse modo, os materiais didáticos utilizados nas escolas, de maneira geral, não satisfazem as necessidades educacionais dos estudantes com deficiência visual (Nascimento; Ribeiro, 2023).

No ensino ciências biológicas, por exemplo, que estuda desde a criação dos seres vivos, perpassa por todo o processo metabólico, estrutural, anatômico e fisiológico, e vai até a relação entre a grande diversidade dos seres vivos, não utilizar recursos adaptados para que os estudantes com deficiência visual compreendam os conceitos dessa área de conhecimento é podá-lo do direito de aprender (Silva, 2016).

No que tange ao exposto, defende-se uma didática multissensorial do ensino de Ciências da Natureza, em que se faz necessário utilizar todos os sentidos possíveis para fornecer informações que conduzam o estudante com deficiência a uma aprendizagem significativa. Neste sentido, o emprego de recursos de tecnologia assistiva que utilizem todos os sentidos acessíveis ao estudante com deficiência visual poderá ser mais produtivo para sua aprendizagem (Silva; Souza, 2021).

3 METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão integrativa baseada em artigos publicados na literatura até junho de 2024. A seleção dos estudos foi realizada em julho de 2024, pela busca na base de dados Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) utilizando os seguintes descritores controlados: deficiência visual, tecnologias assistivas e ensino de ciências.

Pensando em uma melhor elaboração da questão de pesquisa, foi lançada mão da estratégia PICO (População; Intervenção; Comparação; Desfecho/Resultado) (Santos *et al.*, 2007). Neste estudo, delimitou-se então P: Pessoas com deficiência visual; I: Tecnologias assistivas; C: não foi utilizado; O: Ensino de ciências. O elemento C do acrônimo PICO, que visa estabelecer uma comparação entre intervenção ou grupo, não foi utilizado, devido ao tipo de revisão proposta. Assim, a questão de pesquisa gerada foi: quais as tecnologias assistivas existentes e/ou utilizadas para o ensino de ciências para estudantes com deficiência visual?

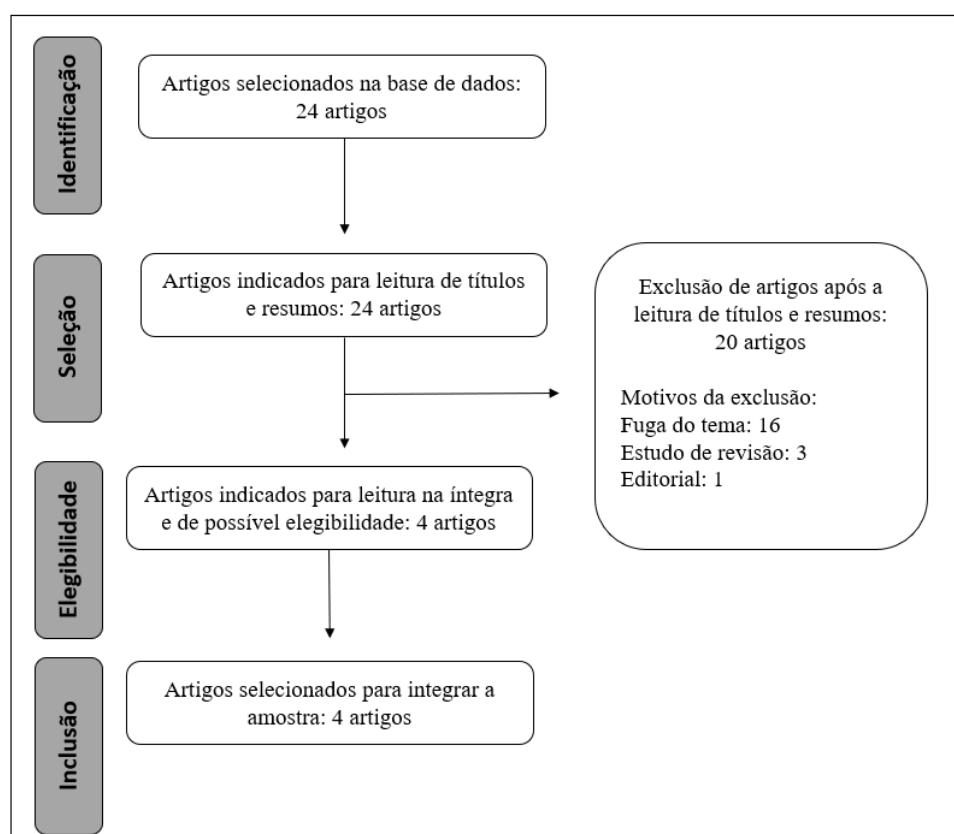
Ao selecionar os artigos que integraram a amostra desta revisão, foram adotados os critérios de inclusão: estar disponível integralmente na base de dados e que respondiam à questão norteadora. Não foi adicionado filtro de restrição de tempo na busca, de forma a integrar e direcionar o máximo de estudos sobre o tema. Como critérios de exclusão, ficou estabelecido: dissertação, tese, livro ou capítulo de livro e artigos não primários (do tipo revisão de literatura,

carta ao editor, resumos). O processo de triagem dos estudos foi baseado nas orientações *do Updated Guideline for Reporting Systematic Reviews (PRISMA)* (Page *et al.*, 2021). As etapas encontram-se apresentadas na Figura 1.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificados 24 estudos na base de dados Periódicos CAPES. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão 4 artigos foram incluídos na amostra. Com relação aos meios de divulgação científica, dois estudos foram publicados em periódicos de educação e ensino e dois em revistas interdisciplinares voltadas para as áreas de desenvolvimento e tecnologia. Esses estudos foram publicados entre os anos de 2021 e 2023, no Brasil.

Figura 1 - Fluxograma do processo de seleção dos estudos da revisão integrativa.



Fonte: Autoria própria (2024)

Quanto ao delineamento do estudo, dois estudos eram metodológicos, pois consistiram na construção de tecnologias assistivas empregadas no ensino de ciências para alunos com deficiência visual; dois estudos eram estudos de casos, que analisavam a percepção de professores e alunos, com e sem deficiência visual, sobre o uso das tecnologias assistivas no processo de ensino-aprendizagem.

Em relação aos temas dos quais tratavam-se as tecnologias assistivas para o ensino de ciências, observou-se nos artigos: citologia, histologia, anatomia e astronomia. Já quanto às tipologias de tecnologias assistivas empregadas para que pudessem ser acessíveis aos estudantes com deficiência visual foi observado: recursos táteis (impressão 3D, figuras em alto

relevo e texturas diferentes) e audiodescrição de imagens. A síntese dos estudos quanto a sua caracterização se encontra no Quadro 1.

Quadro 1 - Síntese dos artigos que integraram a amostra da revisão integrativa.

Ano/País	Título do Artigo	Tecnologia/Conteúdo	Resultados/Conclusões
2021 Brasil	Tecnologias assistivas no ensino de ciências a discentes com deficiência visual: a perspectiva de suas professoras	Percepção tátil (alto relevo e texturização) Citologia e histologia	1. As professoras relataram dificuldades no ensino para seus alunos com deficiência visual, não possuindo formação, inicial ou continuada, sobre educação inclusiva; 2. A utilização de materiais táteis teve fundamental importância e contribuições não somente para a aprendizagem dos alunos com deficiência visual, mas também para os videntes.
2021 Brasil	Uso de tecnologias assistivas para o ensino de astronomia a alunos deficientes visuais e auditivos	Percepção tátil (alto relevo e texturização) Astronomia	1. A atividade didática proposta despertou o interesse e a curiosidade dos estudantes, revertendo em parte a deficiência desses quanto ao conhecimento dos conceitos básicos de Astronomia; 2. A aplicação da atividade didática proporcionou uma melhor interação entre os alunos com deficiência e os demais alunos da classe, amenizando a exclusão.
2023 Brasil	Escaneamento de estruturas biológicas no design de material instrucional tátil para pessoas com deficiência visual	Percepção tátil (impressão 3D) Anatomia	1. As tecnologias atuais permitirão a obtenção dos dados com qualidade, com possibilidade de alteração de escala e formato; 2. Permitir compartilhamento dos modelos de forma virtual em base de dados gratuitas pela internet, possibilitando que educadores possam acessar e produzir os protótipos dessas estruturas biológicas.
2023 Brasil	Audiodescrição no ensino de ciências biológicas: uma experiência no ensino médio com o ensino sobre células	Audiodescrição de imagens Citologia	1. O estudo apontou que a audiodescrição é indispensável para o acesso às imagens do livro didático pelos estudantes com deficiência visual; 2. O processo de inclusão planejado e estruturado promove a equidade e reduz as barreiras atitudinais, o preconceito e a discriminação.

Fonte: Autoria própria (2024).

As tecnologias observadas nos estudos selecionados estão inseridas no contexto das tecnologias assistivas, que de acordo com Sassaki (1996) assiste, ajuda, auxilia as pessoas com deficiência. Na realidade educacional e no escopo dessa pesquisa, essas tecnologias contribuem para o alcance do conhecimento, através do processo de ensino-aprendizagem e a inclusão do estudante com deficiência visual em sala de aula, respeitando as diversidades.

A análise dos artigos demonstra o baixo número de investigações que disponibilizam evidências científicas sobre a temática das tecnologias assistivas para o ensino de ciências de estudantes com deficiência visual, o que acaba excluindo esse público. Falta de material adequado, suporte técnico nas escolas, falta de conhecimento e por vezes desinteresse por parte dos docentes são alguns dos principais fatores que promovem a exclusão dos estudantes com deficiência (Paganotti *et al.*, 2021).

Destaca-se que os estudos foram predominantemente publicados por professores universitários, de institutos federais e de escolas. Quanto a temática, a mais mencionada nos estudos foi a citologia, ou seja, o estudo das células. Essa temática se apresenta, de certa forma, abstrata, principalmente para estudantes com deficiência visual, que apresentam dificuldades no acesso a discursos imagéticos empregados em situações pedagógicas (Nascimento; Ribeiro, 2023).

Constatou-se que em três dos estudos analisados ocorreu a aplicação da tecnologia assistiva com os estudantes com deficiência visual, para que eles tivessem a oportunidade de avaliar a qualidade, usabilidade, ou para que o professor responsável pelo estudante pudesse avaliar o efeito do seu uso. Essa etapa é de extrema importância para melhor compreender a dimensão acessível e inclusiva da tecnologia assistiva desenvolvida (Aguiar *et al.*, 2022).

Os efeitos do emprego das tecnologias assistidas no ensino de ciências foram avaliados quanto as atitudes e práticas. No estudo de Aguiar Júnior *et al.* (2023), os protótipos em 3D poderão servir para avaliação de interação e atividades de ensino de estudantes com deficiência visual, o que possibilitará validar ou não essa tecnologia assistiva, bem como suscitar possíveis ajustes necessários para a sua melhoria. Essa avaliação é fundamental, em face da importância dos modelos 3D na estimulação da abstração tátil de pessoas com deficiência visual (Arcand *et al.*, 2019). Nesse sentido, os modelos táteis ajudam o estudante com deficiência visual a assimilar as coisas que não podem visualizar, se tornando importantes ferramentas de ensino-aprendizagem (Torres; Costa; Lourenco, 2021).

No estudo de Nascimento e Ribeiro (2023), foi constatado que a utilização da audiodescrição proporcionou ao estudante com deficiência visual uma experiência de compreensão intelectual que o motivou a explorar o conteúdo de forma mais detalhada. Segundo discente avaliado nesse estudo, a audiodescrição detalhada das organelas citoplasmáticas do livro didático o deixou muito mais satisfeito, já que, até então, nunca havia experienciado o relato de qualquer imagem que compunha o livro didático de biologia ou de qualquer outra área do conhecimento.

As tecnologias assistivas além de ajudar os alunos com deficiência visual, também podem auxiliar os alunos videntes na compreensão dos conteúdos trabalhados em ciências. É o que mostra o estudo de Paganotti *et al.*, (2021), quando demonstra que foi perceptível em todos os momentos da realização das atividades didáticas, que os alunos com deficiência visual se mostraram muito à vontade, participando ativamente como os demais colegas de classe, inclusive compreendendo os conceitos de Astronomia precocemente, quando comparados aos colegas videntes, e os ajudando no entendimento.

Na perspectiva dos professores com estudantes com deficiência visual em suas turmas, o estudo de Silva e Souza (2021) afirma que os recursos táteis de tecnologia assistiva servem não apenas para os estudantes com deficiência visual, mas também para os videntes, por serem

policromáticos, atraindo a sua atenção. E ainda, a partir de uma avaliação dos modelos táteis, considerou os modelos tridimensionais mais proveitosos do que os modelos em relevo no papel.

Diante do exposto na presente revisão integrativa, foi observado que, para os estudantes com deficiência visual, aprender com base em tecnologias assistivas que explorem os demais meios sensoriais auxilia na construção do sentido. Logo, a utilização de variadas tecnologias assistivas (audiodescrição, modelos 3D, alto relevo e texturização) apropriadas pode criar situações que possibilitem aprendizagem significativa no ensino de ciências para estudantes com deficiência visual (Carvalho *et al.*, 2017).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os achados desta revisão integrativa mostraram evidências científicas acerca das tecnologias assistivas utilizadas para o ensino de ciências de estudantes com deficiência visual. Prevaleceu o uso da percepção tátil como recurso de acessibilidade, e quanto ao conteúdo didático de ciências mais abordado foi a citologia.

A partir desse trabalho, espera-se que luz seja lançada sobre a importância da inclusão dos estudantes com deficiência visual nas salas de aula regulares das escolas públicas brasileiras, demonstrando formas práticas, acessíveis e de baixo custo no trabalho junto a esses estudantes, com o uso de tecnologias assistivas que possam minimizar as dificuldades de aprendizagem dos conceitos de ciências e despertar o interesse dos discentes pela área.

Por fim, ainda que existam grandes avanços no desenvolvimento de tecnologias assistivas no ensino de ciências para os estudantes com deficiência visual, alguns desafios precisam ser superados para garantir uma inclusão satisfatória. A contínua inovação tecnológica e o desenvolvimento profissional docente podem aumentar os benefícios dessas ferramentas, e promover um ambiente de aprendizagem onde todos os estudantes possam explorar e desenvolver seus potenciais. A integração bem-sucedida dessas tecnologias não serve apenas para facilitar o acesso ao conhecimento científico, mas também para contribuir na construção de uma sociedade mais inclusiva e justa.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. S. C.; ALMEIDA, P. C.; GRIMALDI, M. R. M.; GUIMARÃES, F. J. Tecnologias para educação em saúde de pessoas com deficiência visual: revisão integrativa. **Texto Contexto Enfermagem**, v. 31, p. e20210236, 2022.
- ALVES JUNIOR, M. I.; AMBRÓSIO, L. C.; MOTA, L. S. L.; MEDOLA, F. O.; LUIS CARLOS PASCHOARELLI, L. C. Digitalização de estruturas biológicas no design de material instrucional tátil para pessoas com deficiência visual. **DAT Journal**, v. 8, n. 4, p. 100-123, 2023.
- ARCAND, K.; JUBETT, A.; WATZKE, M.; PRICE, S.; WILLIAMSON, K. EDMONDS, P. Tou-ching the stars: improving NASA 3D printed data sets with blind and visually impaired audiences. **Journal of Science Communication**, v. 18, n. 4, p. A01, 2019.
- BEAL, C. R.; ROSENBLUM, L. P. Evaluation of the Effectiveness of a Tablet Computer Application (App) in Helping Students with Visual Impairments Solve Mathematics Problems. **Journal of Visual Impairment & Blindness**, v. 112, n. 1, p. 5-19, 2018.

BRASIL. Ministério da Ação Social. **Declaração de Salamanca e linhas de ação sobre necessidades educativas especiais**. Brasília, DF: CORDE, 1997.

BRASIL. Ministério da Educação. **Sala de Recursos Multifuncionais: espaços para o Atendimento Educacional Especializado: Deficiência visual**. Brasília: MEC/SEESP, 2007. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/aece_dv.pdf. Acesso em: 26 jul. 2024.

BRASIL. **Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva**. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2008. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/politicaeducspecial.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2024.

BRASIL. Comitê de Ajudas Técnicas. **Tecnologia Assistiva**. Brasília: Corde, 2009. 138 p.

BRASIL. Lei nº 13.146, de 06 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 127, p. 2, 6 jul. 2015.

CARVALHO, L. V.; MELO, G. M.; AQUINO, P. S.; CASTRO, R. C. M. B.; CARDOSO, M. V. L. M. L.; PAGLIUCA, L. M. F. Assistive technologies for the blind: Key competences for health promotion under the Galway Consensus. **Revista Rene**, v. 18, n. 3, p. 412-419, 2017.

COOK, A. M.; POLGAR, J. M. 2014. **Assistive Technologies-E-Book: Principles and Practice**. 5. Ed. Elsevier Health Sciences, 2014. 496p.

GALVÃO FILHO, T. A. A construção do conceito de tecnologia assistiva: alguns novos interrogantes e desafios. **Revista Entreideias**, v. 2, n. 1, p. 25-42, 2013.

GARCIA, J. C. D.; GALVÃO FILHO, T. A. **Pesquisa Nacional de Tecnologia Assistiva**. São Paulo: ITS BRASIL/MCTI-SECIS, 2012. 68 p.

GARCIA, R. M. C. Política de educação especial na perspectiva inclusiva e a formação docente no Brasil. **Revista Brasileira de Educação**, v. 18, n. 52, p. 101-119, 2013.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010>. Acesso em: 10 jul. 2024.

KASSAR, M. C. M. Percursos da constituição de uma política brasileira de educação especial inclusiva. **Revista Brasileira de Educação Especial**, v.17, p.41-58, 2011.

LIBÂNEO, J. C. **O Campo Teórico-Investigativo e Profissional da Didática e a Formação de professores. Didática e formação de professores: perspectivas e inovações**. Goiânia, GO: Espaço Acadêmico, 2012.

LIESE, W.; RAU, M. Blind date in the classroom: biology and chemistry teacher Werner Liese talks to Marlene Rau about the challenges of performing science experiments with blind and visually impaired students. **Science in School**, v.1, n. 17, p. 66-69, 2010.

MARTINS, L. A. R. **História da educação de pessoas com deficiência: da antiguidade ao início do século XXI**. Natal: Mercado de Letras; UFRN, 2015.

MARQUES, J. M. S.; FERREIRA, S. B. L.; CAPPELLI, C. Identificando as principais dificuldades na compreensão de gráficos pelos cidadãos cegos. **Revista Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p.88683-88704, 2020.

MASINIM E. F. S. **O perceber de quem está na escola sem dispor da visão**. São Paulo: Cortez, 2013.

MAZZOTTA, M. J. S.; D'ANTINO, M. E. F. Inclusão Social de Pessoas com Deficiências e Necessidades Especiais: cultura, educação e lazer. **Saúde e Sociedade**, v. 20, n.2, p. 377-389, 2011.

NASCIMENTO, E. J. P.; RIBEIRO, E. N. Audiodescrição no ensino de ciências biológicas: uma experiência no ensino médio com o ensino sobre células. **Revista Educação Online**, v. 18, n.42, p. 1-17, 2023.

NUNES, E. V.; DANDOLINI, G. A.; SOUZA, J. A. As tecnologias assistivas e a pessoa cega. **Revista de Informação**, v. 15, n. 1, p. 1-11 2014.

PAGANOTTI, A.; REIS, C. A. M.; VOELZKE, M. R.; LEÃO, A. R. C. Uso de tecnologias assistivas para o ensino de astronomia a alunos deficientes visuais e auditivos. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.1, p.55-75, 2021.

PAGE, M. J.; MCKENZIE, J. E.; BOSSUYT, P. M.; BOUTRON, I.; HOFFMANN, T. C.; MULROW, C. D.; *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **British Medical Journal**, v. 372, 2021.

PESTANA, E. G. M.; LIEVORE, P. T. M.; MELO, D. C. F. As contribuições das tecnologias assistivas digitais na aprendizagem dos estudantes com deficiência visual: uma revisão de literatura. **Cadernos de Pesquisa em Educação**, n. 57, p. 1-21, 2023.

PIRES, R. S.; PLÁCIDO, R. L. A educação da pessoa com deficiência visual: marcos históricos e políticos da formação e atuação docente. **Revista Linhas**, v. 19, n. 39, p. 30-54, 2018.

PRADO, L. S. **Sala de recursos: um itinerário, diversos olhares**. 2006. 198 f. Dissertação (Mestrado em Educação Especial) – Programa de Pós-Graduação em Educação Especial, Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SANTOS, C. M. C.; PIMENTA, C. A. M.; NOBRE, M. R. C. The PICO strategy for the research question construction and evidence search. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 15, n. 3, p. 508-511, 2007.

SASSAKI, R. K. Por que o nome “tecnologia assistiva”? **Assistiva: tecnologia e educação**. Porto Alegre, 1996. Disponível em: <http://www.assistiva.com.br/tassistiva.html#porque>. Acesso em: 24 jul. 2024.

SILVA, E. L. **Ensino de biologia para pessoas com deficiência visual**. 2016. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Centro Acadêmico de Vitória, Universidade Federal de Pernambuco, Vitória de Santo Antão.

SILVA, T. S.; SOUZA, M. F. L. Tecnologias assistivas no ensino de ciências a discentes com deficiência visual: a perspectiva de suas professoras. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 26, n. 3, p. 24-42, 2021.

SILVEIRA, C. M. **Professores de alunos com deficiência visual: saberes, competências e capacitação**. 2010. 137 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Pontifícia Universidade Católica, Porto Alegre, 2010.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2010.

TORRES, J. P.; COSTA, C. S. L.; LOURENÇO, G. F. Visuo-tactile and visual-auditory sensory substitution in people with visual impairment: a systematic review. **Revista Brasileira de Educação Especial**, v. 22, n. 4, p. 605-618, 2016.

VALENTINI, C. B.; BISOL, C. A.; PAIM, L. S.; EHLERS, A. P. F. Educação e deficiência visual: uma revisão de literatura. **Revista de Educação Especial**, v. 32, p. 1-20, 2019.

VEIGA, I. P. A. **A aventura de formar professores**. Campinas, SP: Papirus, 2009.

VIGOTSKI, L. S. **Problemas da defectologia**. São Paulo: Expressão Popular, 2021, 239 p.
WHO - World Health Organization. **World report on disability**. Genebra, CH: WHO; 2011.
Disponível em: <https://www.who.int/teams/noncommunicable-diseases/sensory-functions-disability-and-rehabilitation/world-report-on-disability>. Acesso em: 28 jul. 2024.

WHO - World Health Organization. **International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems: ICD10**. 5th ed. Genebra (CH): World Health Organization; 2016.

XAVIER, B. R.; VOELZKE, M. R.; FERREIRA, O. R. Vozes que saem das mãos: o ensino de Astronomia para surdos. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 10, n. 3, p. 257-276, 2019.