

Metodologias e tecnologias assistivas no ensino de biologia para deficientes visuais: uma revisão sistemática de literatura

**Tânia Lobo Viana¹, Heleno Fülber¹, Bruno Merlin¹, Uilisses Viana da Silva¹,
Viviane Almeida dos Santos¹**

¹ Programa de Pós-graduação em computação Aplicada – CAMTUC - Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia (NDAE) - Universidade Federal do Pará (UFPA) Rodovia BR-422, Km 13 - Vila Permanente - Tucuruí – Pará – Brasil

tania.viana@tucurui.ufpa.br, fulber@ufpa.br, brunomerlin@ufpa.br,
uilissesviana@gmail.com, vsantos@ufpa.br

Abstract. *This systematic review aims to map and analyze assistive methods and technologies applied to Biology education for visually impaired students, with a particular focus on content related to blood types. The research examined 17 publications from 2019 to 2025, identified in the CAPES Journal Portal, IEEEExplorer and Google Scholar databases. The findings indicate a prevalence of tactile materials (high-relief models, sensory maps, and heredograms), multimodal solutions (software with auditory feedback and voice command interfaces), and innovative pedagogical approaches (inquiry-based learning and gamification). The study concludes that, despite significant advancements in the development of resources for general Biology education, the teaching of blood types remains largely underexplored, necessitating further research, initiatives, and the development of specialized tools.*

Resumo. *Esta revisão sistemática tem por objetivo mapear e analisar métodos e tecnologias assistivas aplicadas ao ensino de Biologia para estudantes com deficiência visual, com ênfase em conteúdos relacionados aos tipos sanguíneos. A pesquisa abrangeu 17 publicações entre 2019 e 2025, identificadas nas bases de dados Portal de periódicos da CAPES, IEEEExplorer e Google Scholar. Os resultados revelam uma predominância de materiais tátteis (maquetes em alto-relevo, mapas sensoriais e heredogramas), soluções multimodais (softwares com feedback auditivo e interfaces de comando de voz) e abordagens pedagógicas inovadoras (aprendizagem investigativa e gamificação). Conclui-se que, embora haja avanços significativos na produção de recursos para Biologia geral, o ensino de tipos sanguíneos permanece pouco explorado, demandando pesquisa, ações e desenvolvimento de ferramentas específicas.*

1. Introdução

A Declaração Universal dos Direitos Humanos e as diretrizes da UNESCO afirmam que a educação é direito básico de todo indivíduo, independentemente de suas características pessoais. No Brasil, a Lei Brasileira de Inclusão (Lei nº 13.146/2015) reforça esse compromisso, garantindo a matrícula e permanência de alunos com deficiência no ensino regular [Brasil, 2015]. Contudo, a materialização desses preceitos enfrenta obstáculos práticos, especialmente em disciplinas com componente visual intenso, como a Biologia.

Estudantes com cegueira ou baixa visão encontram dificuldades na interpretação de gráficos, esquemas e representações microscópicas, fundamentais para a compreensão [Souza e Prado, 2017]. O ensino de biologia, particularmente no que

concerne a tópicos de genética e sistema sanguíneo ABO, apresenta desafios únicos para estudantes com deficiência visual. Essas dificuldades decorrem principalmente da natureza intrinsecamente visual e abstrata dos conceitos biológicos, tradicionalmente ensinados através de ilustrações microscópicas, diagramas complexos e representações gráficas [Pimenta et. al, 2021]. A predominância desses recursos visuais nas salas de aula regulares cria barreiras significativas para a plena participação e aprendizagem de alunos cegos ou com baixa visão [Belay, Khatete e Mugo, 2020].

Diante desses desafios, as tecnologias assistivas (TAs) se consolidam como um eixo transformador para promover a equidade educacional. Ao serem definidas como "todo artefato, recurso ou metodologia que visa promover autonomia e inclusão de pessoas com deficiência" [Pimenta et. al, 2021], essas ferramentas não apenas superam barreiras visuais, mas também reconfiguram o ensino de ciências. Por meio de recursos tátteis, sonoros ou multissensoriais, as TAs traduzem conceitos abstratos, como os presentes no ensino de genética e sistemas sanguíneos em formatos acessíveis, democratizando o acesso ao conhecimento científico.

Este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão de literatura para identificar as metodologias e tecnologias assistivas que auxiliam no ensino de biologia, com foco em genética e sistemas sanguíneos, para indivíduos com deficiência visual, seja ela total ou parcial. Isso é crucial, pois essas tecnologias reduzem as barreiras no processo de ensino-aprendizagem de deficientes visuais.

Essa revisão busca identificar lacunas existentes e boas práticas já implementadas, facilitando a criação e aplicação de materiais, métodos e tecnologias inclusivas para utilização de professores e pesquisadores. O resto do documento está organizado da seguinte maneira: a seção 2 descreve a metodologia empregada na revisão; a seção 3 discute os estudos selecionados e suas principais contribuições; e, por fim, a seção 4 apresenta as conclusões e implicações do estudo.

2. Metodologia da pesquisa

A metodologia utilizada neste estudo foi baseada em uma proposta de [Kitchenham e Charters, 2007], composta pelas etapas de planejamento, execução/condução e documentação. O planejamento envolveu a definição da String de busca de dados, a definição das bases de dados a serem consultadas, os critérios adotados para incluir ou excluir e os critérios de qualidade que tornam tais artigos relevantes.

Em seguida, realizou-se a execução/condução, documentação e apresentação dos resultados. Para organização e extração dos dados, utilizou-se um documento de protocolo manual, utilizando um documento de texto¹.

2.1. Planejamento

No planejamento da revisão é necessário que o pesquisador desenvolva questões que irão nortear a pesquisa. Neste artigo, a investigação foi guiada pelas seguintes questões:

¹<https://docs.google.com/document/d/1YCx1ZR2wBsLVPswKtRc0ek79q9Gno-Au/edit?usp=sharing&ouid=111321539882108056090&rtpof=true&sd=true>

QP1 - Quais são as tecnologias assistivas utilizadas para auxiliar o ensino de biologia para deficientes visuais?

QP2 - Existem abordagens aplicadas para auxiliar o ensino de tipos sanguíneos para deficientes visuais?

QP3 – Quais as principais teorias utilizadas nos estudos?

A partir das questões de pesquisa, teve início a construção da String de busca, tendo como base o método PICO (População, Intervenção, Comparação e Resultados) para identificar as palavras-chave/termos que possam respondê-las [Kitchenham e Charters, 2007], no Quadro 1 é possível visualizar os termos utilizados na montagem da String de busca.

Quadro 1. Termos utilizados na montagem da String de busca

Palavra-chave em Português	Sinônimos em Português	Palavra-chave em Inglês	Sinônimos em Inglês
Aplicativo móvel	App, aplicativo, aplicação, programa aplicativo, aplicativo para dispositivos móveis	Mobile application	App, application, application program, mobile device application, mobile app
Acessibilidade	Acesso universal, facilidade de acesso	Accessibility	Universal access, ease of access
Tecnologia assistiva	Tecnologia assistencial, tecnologia de suporte, tecnologia acessível, recursos assistivos, tecnologia de apoio	Assistive technology	Assistive technology, supportive technology, accessible technology, assistive resources, support technology
Educação inclusiva	Educação especial, educação adaptada, educação para alunos com deficiência, ensino inclusivo	Inclusive education	Special education, adapted education, education for students with disabilities, inclusive teaching
Biologia	Ensino de biologia, tipos sanguíneos, sistema ABO, fator Rh, genética sanguínea, hereditariedade sanguínea	Biology	biology education, blood types, ABO system, Rh factor, blood genetics, blood heredity
Deficientes visuais	Cego, baixa visão, deficiência visual, pessoa com deficiência visual	Visually impaired	blind, low vision, visual disability

Após a identificação das palavras-chave, foi definido como estas seriam agrupadas, de modo a encontrar trabalhos que respondessem satisfatoriamente às questões de pesquisa, formando assim uma String preliminar: (“visually impaired” OR “visual disability” OR “low vision” OR “blind”) AND (“biology education” OR “blood types” OR “biology” OR “ABO system”) AND (“assistive technology” OR “technolog*” OR “mobile app” OR “App”).

Com a String preliminar montada, foi realizada uma rodada de testes em algumas bases científicas, sendo necessário modificá-la, para uma menor abrangência, uma vez que, os resultados estavam retornando muitos trabalhos fora do escopo da

pesquisa. Todo esse trabalho de modificação resultou na String final: ("visually impaired" OR "blind" OR "visual disability") AND ("biology education" OR "blood types" OR "ABO system" OR "Rh factor") AND ("assistive technology" OR "mobile app") NOT ("disease*" OR "transfusion" OR "surgery" OR "hearing" OR "physical disability" OR "deaf*" OR "review").

Com a String final definida, foram feitas buscas avançadas nas fontes de dados: IEEEExplorer, Portal de Periódicos da CAPES e Google Scholar, tais fontes foram escolhidas porque referenciam publicações de variados editores. O período considerado para a busca foi de 2019-2025, compreendendo um intervalo de 6 anos. Os trabalhos foram selecionados de acordo com os critérios de inclusão e exclusão apresentados no Quadro 2.

Quadro 2. Critérios para inclusão e exclusão dos trabalhos

Critérios	Tipo
Os trabalhos devem estar disponíveis na web gratuitamente	Inclusão
Os trabalhos devem apresentar textos completos dos estudos em formato eletrônico	Inclusão
Os trabalhos devem ter sido publicados em periódicos <i>confiáveis</i>	Inclusão
Trabalhos devem estar em português/ inglês/ espanhol	Inclusão
Trabalhos que fogem do escopo da pesquisa	Exclusão
Resumos	Exclusão
Trabalhos que não estejam acessíveis através da rede CAFé (Comunidade Acadêmica Federada da RNP);	Exclusão
Trabalhos escritos em outras línguas	Exclusão

A pesquisa considerou trabalhos em português, inglês e espanhol. Contudo, a string final priorizou termos em inglês, por sua abrangência internacional. Também é importante frisar que foram considerados "periódicos confiáveis" aqueles indexados em bases de dados reconhecidas ou com Qualis Capes estratificado (B2 ou superior para as áreas de Educação, Ensino ou Computação), além de anais de congressos das áreas de Informática e Educação.

Os critérios de qualidade (Tabela 1) foram aplicados como instrumento avaliativo, não eliminatório. Não houve nota de corte. As notas atribuídas serviram para indicar a robustez e a clareza metodológica observadas durante a leitura de cada estudo.

Tabela 1. Critérios de qualidade aplicados aos trabalhos encontrados

Critérios	Nota
1. Artigos completos	2
2. Artigo publicado em periódico/revista relevante	2
3. Artigo publicado em evento da área de pesquisa	2
4. Artigo com metodologia bem definida	2
5. Os resultados estão sendo discutidos de forma clara	2
Total	10

2.2. Condução

Após buscas avançadas utilizando a String final, foram identificados 234 trabalhos, dos quais 7 foram encontrados no IEEEExplorer, 99 no Portal de Periódicos da CAPES e 128 no Google Scholar. Inicialmente, foi realizada uma pré-seleção, analisando os títulos, palavras-chave e resumos dos artigos para verificar sua relevância em relação ao escopo da revisão.

Após essa primeira análise, 191 artigos foram excluídos por não atenderem a esse critério, sobrando assim 43 estudos para consideração e avaliação. Com base nos critérios de inclusão e seleção mencionados anteriormente (Quadro 2), foram excluídos mais 26 estudos, 4 por não estarem dentro do período de buscas (2019-2025), 3 por se tratarem de resumos, 10 por estarem fora do escopo da pesquisa, 3 por estarem em uma língua diferente e 6 por não serem acessíveis através da rede CAFé. Dessa forma, foram analisados 17 trabalhos, todos atendendo aos critérios de inclusão estabelecidos, com a finalidade de responder às questões de pesquisa.

Com base nos critérios de qualidade apresentados anteriormente (Tabela 1), foi realizada uma análise detalhada dos estudos selecionados. O resultado dessa avaliação foi consolidado no Quadro 3, que apresenta a pontuação atribuída a cada estudo. Essa etapa permitiu uma visualização clara do desempenho individual dos estudos frente aos critérios definidos, reforçando a transparência e a consistência do processo de seleção adotado. Um código variando de A1 a A17 foi atribuído aos artigos listados.

Quadro 3. Estudos ordenados por nota e porcentual de qualidade

Código	Autor	Título do artigo	Nota	% Qualidade
A1	[Oliveira et.al, 2020]	BioBlu App: Tecnologia Assistiva para auxiliar o ensino de Genética Clássica a deficientes visuais	10	100%
A2	[Oliveira, 2020]	Tecnologia assistiva para auxiliar o ensino de genética clássica a deficientes visuais: um estudo de caso na região amazônica	10	100%
A3	[Laurentino et. al, 2021]	evALLution: making basic evolution concepts accessible to people with visual impairment through a multisensory tree of life	10	100%
A4	[Ejigbo, Agbo e Ozoji, 2023]	Teaching biology concepts to students with visual impairment using think-pair-share strategy	9	90%
A5	[Rabelo et. al, 2022]	ForAlexa, an online tool for the rapid development of artificial intelligence skills for the teaching of evolutionary biology using Amazon's Alexa	9	90%
A6	[Gonçalves, Carvalho e Pereira, 2023]	Ensino inclusivo de genética: como abordar a biologia para alunos com deficiência visual	9	90%
A7	[Karasawa et al, 2022]	Criação e uso de materiais didáticos no ensino do sistema sanguíneo ABO	8	80%

A8	[Santos, 2020]	Sala de aula virtual invertida e abordagem investigativa: produção de sequências didáticas no ensino de genética mendeliana e sistema ABO	8	80%
A9	[Lemos e Valle, 2019]	Simulações de Tipagem Sanguínea com uso de TDIC: contribuições para o Ensino de Ciências	8	80%
A10	[Marin, 2020]	Uma sequência didática com a proposta de construção de jogos digitais em genética fundamentada na teoria da aprendizagem significativa	8	80%
A11	[Pereira, da Cunha e de Lima, 2020]	Estratégias didático-pedagógicas para o ensino-aprendizagem de genética	8	80%
A12	[López-Fernández e Franco-Mariscal, 2019]	Percepciones de estudiantes de secundaria sobre el juego educativo geneticshome	7	70%
A13	[Carvalho, Pereira e Antunes, 2021]	Proposta de jogo didático para ensino de genética como metodologia ativa no ensino de biologia	7	70%
A14	[Pimenta et al, 2021]	A construção de heredograma através de um quadro didático adaptado para estudantes com deficiência visual	7	70%
A15	[Gin et al, 2020]	Is Active Learning Accessible? Exploring the Process of Providing Accommodations to Students with Disabilities	7	70%
A16	[Belay, Khatete e Mugo, 2020]	Teachers' attitude towards integrating ict in classroom instruction in teaching and learning biology in secondary schools in the southern region, eritrea	6	60%
A17	[Belay, 2020]	Integration of information and communication technology in teaching and learning of biology in secondary schools in southern region, eritrea	6	60%

Após a seleção dos artigos, teve início a etapa de coleta/ extração de dados essenciais de cada estudo, identificando informações-chave nos mesmos. Com esses dados, foi possível criar a Seção 3, que apresenta os resultados e as discussões resultantes das análises realizadas durante o estudo.

3. Resultados e discussões

O ensino de Biologia para estudantes com deficiência visual exige abordagens adaptadas, uma vez que muitos conceitos, como genética e tipos sanguíneos são tradicionalmente ensinados com recursos visuais. Este tópico analisa métodos/teorias, tecnologias assistivas que visam tornar o ensino para esse público mais acessível.

Em 3.1, é apresentado um breve resumo de cada trabalho utilizado nesta revisão. O subtópico 3.2 responde à **QP1** mapeando as tecnologias assistivas, como recursos táteis, auditivos e digitais, utilizados para o ensino de Biologia. Já o tópico 3.3 aborda a **QP2** destacando estratégias específicas para o ensino de tipos sanguíneos, como modelos táteis de hemácias e roteiros em Braille. Por fim, 3.4 aborda a **QP3** e explora as teorias que embasam a adoção dessas práticas, como a Teoria da Aprendizagem

Significativa [Ausubel, 2003] e o Ensino por Investigação, reforçando sua relevância para uma educação inclusiva.

A discussão presente nos subtópicos demonstra como a integração de tecnologias assistivas, adaptação de materiais e fundamentação pedagógica pode superar barreiras no ensino de Biologia para alunos com deficiência visual.

3.1. Resumo e síntese dos artigos

Os estudos A1 e A2 apresentam o desenvolvimento do aplicativo BioBlu, uma tecnologia assistiva voltada para o ensino de Genética Clássica (como as Leis de Mendel e polialelia) a pessoas com cegueira total. Desenvolvido em colaboração com educadores e estudantes com deficiência visual, o app utiliza gestos e feedback sonoro, demonstrando boa usabilidade (média 79.0 no SUS) e alta satisfação dos usuários, preenchendo uma lacuna no ensino de conteúdos visuais para esse público.

O estudo [A3] promove uma atividade de divulgação inclusiva, que foi desenvolvida para tornar conceitos básicos de evolução acessíveis. A atividade é baseada em uma Árvore da Vida Multissensorial, utilizando o toque e outros sentidos. A investigação mostrou que é possível transmitir conhecimento evolutivo básico de forma inclusiva. Durante a execução da atividade os participantes com deficiência visual mostraram interesse e compreensão de conceitos evolutivos.

O trabalho [A4] tem como foco principal a aplicação da estratégia de ensino "Pensar-Parear-Compartilhar" (Think-Pair-Share) como uma abordagem inovadora para tornar o aprendizado de Biologia mais acessível e eficaz para estudantes com deficiência visual. O capítulo de livro explora como essa estratégia, que envolve reflexão individual, discussão em pares e compartilhamento em grupo, pode ajudar a superar os desafios de aprendizagem enfrentados por esses estudantes, enfatizando o uso de sentidos não visuais, materiais tátteis e auditivos, e a importância de professores criativos e bem treinados.

Em [A5] discute-se acerca da ForAlexa, uma ferramenta online criada para simplificar o desenvolvimento de "skills" no Amazon Alexa, voltada para educadores que desejam utilizar assistentes pessoais inteligentes no ensino, particularmente em biologia evolutiva. A ferramenta facilita a criação de interações de perguntas e respostas e permite a personalização do conteúdo para disciplinas específicas, com o objetivo de apoiar o ensino à distância e auxiliar estudantes com necessidades especiais, como deficiências visuais.

O trabalho [A6] aborda os desafios do ensino de Biologia, especialmente Genética, para alunos com deficiência visual e apresenta um relato de experiência sobre estratégias inclusivas. Destaca a necessidade de alternativas acessíveis, como descrições verbais, materiais tátteis e tecnologia assistiva, para apoiar a compreensão de conceitos visuais. Fundamentado em estudos de Vygotsky sobre defectologia, o artigo detalha a aplicação de recursos adaptados em aulas de Genética no Colégio Pedro II e a contribuição da interação social no processo de aprendizagem.

O artigo [A7] explora o uso de materiais didáticos de baixo custo para aprimorar o ensino do sistema sanguíneo ABO na escola secundária. Os autores criaram e testaram

vários modelos, incluindo maquetes, ao longo de dois anos. Os resultados indicam que o uso desses materiais aumentou o interesse e a compreensão dos alunos sobre o tema, além de auxiliar na memorização. Embora a opinião dos professores sobre a implementação dos materiais tenha sido mista, os achados sugerem que a visualização oferecida pelos materiais didáticos pode ser uma ferramenta valiosa para tornar conceitos complexos de genética mais acessíveis e envolventes para os estudantes.

A pesquisa executada em [A8] investiga o potencial da sala de aula virtual invertida com abordagem investigativa no ensino de Genética Mendeliana e sistema ABO no Ensino Médio. O estudo, realizado em duas turmas do município de Serra-ES, utilizou uma metodologia quali-quantitativa de pesquisa-ação, coletando dados por meio de observação participante, registros de atividades e questionários. A pesquisa estruturou três sequências didáticas, combinando aulas virtuais com materiais teóricos e aulas presenciais com atividades práticas e discussões em grupo.

Em [A9] investiga-se o uso de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), especificamente simulações online, como uma ferramenta para ensinar tipagem sanguínea em aulas de Ciências. O estudo de caso, realizado em uma escola pública, utilizou uma animação interativa para permitir que os alunos identificassem o tipo sanguíneo de um paciente virtual. Os resultados indicaram que as simulações facilitaram a compreensão dos alunos sobre o processo de tipagem e promoveram discussões sobre doadores compatíveis.

No trabalho [A10] é fornecida uma visão geral de uma dissertação de mestrado que investigou a aprendizagem significativa de conceitos de genética, especificamente sobre sistemas sanguíneos, através da construção de jogos digitais por alunos do ensino médio técnico. A pesquisa, fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, utilizou uma sequência didática que incluiu pré e pós-testes, mapas conceituais e a análise dos jogos criados pelos estudantes.

O artigo [A11] explora estratégias didático-pedagógicas para o ensino de genética no ensino médio brasileiro, abordando as dificuldades dos alunos com termos complexos e abstratos. Os autores realizaram um curso utilizando aulas expositivas-dialogadas, práticas e experimentais, além de recursos audiovisuais, jogos e maquetes, para facilitar a compreensão do conteúdo. A pesquisa avaliou o desempenho dos alunos antes e depois das aulas, mostrando resultados positivos, especialmente em tópicos como o sistema ABO e síndromes cromossômicas.

O estudo [A12] apresenta o jogo educativo GeneticsHome, desenvolvido para promover o aprendizado sobre leis da herança e grupos sanguíneos ABO em alunos do ensino médio na Espanha. O estudo detalha a descrição do jogo, seus objetivos de aprendizagem e as regras. Os resultados de uma aplicação piloto com 15 alunos de 16 anos indicam que o jogo aumenta o interesse e a motivação, além de auxiliar na compreensão dos conteúdos de biologia.

No artigo [A13] é apresentada uma proposta de jogo didático denominado "Genética em Jogo" e avalia sua eficácia como metodologia ativa no ensino de genética para alunos do ensino médio em duas escolas públicas brasileiras. O estudo, que envolveu 364 estudantes, utilizou uma abordagem de estudo de caso para analisar se a

participação no jogo contribuiu para o aumento do conhecimento e a compreensão de conceitos em genética. Os resultados indicaram que a maioria dos alunos considerou o jogo uma contribuição positiva para a aprendizagem.

O estudo [A14] descreve o desenvolvimento e a utilização de um quadro didático adaptado para estudantes com deficiência visual, focado no ensino de genética e heredogramas. O objetivo é superar os desafios no ensino de heredogramas a alunos com deficiência visual, onde tradicionalmente o aprendizado é limitado à teoria. O quadro é construído em madeira com peças tátteis de diferentes formatos e texturas representando indivíduos e suas características, e elásticos para simbolizar relações familiares.

O artigo [A15] discute o impacto do aprendizado ativo em cursos universitários de ciências para estudantes com deficiência. Ele explora a história das acomodações no ensino superior e como as práticas de aprendizado ativo podem criar desafios para esses estudantes. Os autores propõem três questões de pesquisa para investigar as percepções de diretores de centros de recursos para deficiência (DRCs), instrutores e alunos sobre esses desafios e as acomodações fornecidas. Através de entrevistas com diretores de DRCs, o artigo identifica obstáculos específicos relacionados ao trabalho em grupo, perguntas e respostas com clicker (ferramentas de resposta pessoal), chamadas aleatórias e atividades online.

O estudo [A16] examina as atitudes dos professores de biologia no ensino médio na região sul da Eritreia em relação à integração da tecnologia da informação e comunicação (TIC) em suas aulas. O estudo principal utiliza uma pesquisa descritiva com professores, diretores de escola e alunos para coletar dados através de questionários, entrevistas e observações. As descobertas indicam que a maioria dos professores, diretores e alunos possui uma atitude positiva em relação ao uso da TIC, acreditando que ela melhora o ensino, o aprendizado e o desempenho dos alunos, tornando as aulas mais interessantes e compreensíveis.

O trabalho [A17] apresenta uma pesquisa que investiga a integração de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) no ensino e aprendizagem de Biologia em escolas secundárias na Região Sul da Eritreia. A pesquisa examina a disponibilidade de recursos de TIC, as competências dos professores na integração da TIC, as atitudes de professores e alunos em relação ao uso da TIC e os métodos instrucionais empregados. Além disso, o estudo identifica os desafios enfrentados por professores e alunos na incorporação da TIC em sala de aula. A estrutura TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) norteia o estudo para entender essa integração.

3.2. Análise da QP1 (Quais são as tecnologias assistivas utilizadas para auxiliar o ensino de biologia para deficientes visuais?)

Vários estudos destacam a necessidade de métodos e materiais alternativos que superem o uso sistemático de ilustrações visuais, que dificultam a aprendizagem de alunos com deficiência visual.

As tecnologias identificadas nas publicações podem ser categorizadas como:

- Táteis: Esta é a categoria mais frequentemente abordada [A1], [A2], [A6], [A7] e [A14]. Soluções táteis servem como suportes didáticos, possibilitando a criação de inúmeros modelos para o ensino de deficientes visuais.
- Auditivas: Em [A1] e [A2] foram identificadas soluções que utilizam o sentido da audição. Exemplos incluem: AudioGene, um aplicativo móvel com foco no aprendizado dos conceitos básicos de genética através de áudio. O protótipo HandSight, para leitura de documentos impressos com feedback auditivo.
- Multissensoriais: [A1] e [A2] mencionam tecnologias que exploram mais de um sentido são consideradas potencializadoras do aprendizado. O estudo [A3] evidenciou que a didática multissensorial proporciona benefícios valiosos para o entendimento de conceitos complexos, por meio de uma atividade baseada em uma Árvore da Vida Multissensorial, empregando o tato e outros sentidos. Em [A4] a estratégia de ensino Think-Pair-Share é apresentada como uma metodologia de aprendizagem cooperativa relevante para o ensino multissensorial de alunos com deficiência visual.
- Softwares e Aplicativos: Além do AudioGene, outras iniciativas envolvem o desenvolvimento de softwares e aplicativos para auxiliar no ensino de genética. Em [A1] e [A2] Um aplicativo móvel, BioBlu, foi desenvolvido para auxiliar no ensino e aprendizagem de genética clássica (Leis Mendelianas) para pessoas com cegueira total, podendo ser usado dentro ou fora da sala de aula. Em [A5] a ferramenta ForAlexa é utilizada para criar Skills educacionais para Alexa's, embora não seja diretamente criada para esse fim, a ferramenta tem grande potencial para o desenvolvimento de conteúdo educacional mais acessível.

3.3. Análise da QP2 (Existem abordagens aplicadas para auxiliar o ensino de tipos sanguíneos para deficientes visuais?)

Embora não tenha sido encontrado um número significativo de tecnologias direcionadas especificamente para o ensino de genética e ensino de tipos sanguíneos, algumas publicações e iniciativas abordam o tema de forma mais específica:

- Modelos de DNA, RNA e hemácias do sistema ABO humanos foram confeccionados para o ensino inclusivo de biologia. A utilização de modelos táteis de hemácias com diferentes texturas poderia representar os diferentes tipos sanguíneos e抗ígenos. Esta abordagem é mencionada em [A2], [A6] e [A10].
- Em [A6] uma atividade prática sobre o sistema sanguíneo ABO foi realizada com um estudante cego utilizando recursos acessíveis, incluindo um roteiro em Braille, para que ele pudesse acompanhar a aula e interagir com os colegas.
- Um quadro imantado e interativo para montagem de heredogramas produzido em E.V.A. foi utilizado, o que auxiliou na compreensão da herança dos grupos sanguíneos ABO, mencionado no trabalho [A6].
- O estudo [A14] descreve o desenvolvimento e a aplicação de um quadro didático adaptado para auxiliar estudantes com deficiência visual no aprendizado de genética, especificamente na construção e análise de heredogramas. O quadro utiliza peças de madeira com formas e texturas distintas para representar

indivíduos e suas características, bem como elásticos para indicar relações de parentesco e cruzamentos.

- O estudo [A7] descreve a produção de material didático de baixo custo para o ensino do sistema ABO, avaliando o interesse dos alunos e a opinião dos professores sobre o uso desse material. Embora não explicitamente direcionado a deficientes visuais, a metodologia de criação e avaliação de materiais práticos para o ensino de ABO é relevante.

3.4. Análise da QP3 (Quais as principais teorias utilizadas nos estudos?)

Os estudos se fundamentam em diferentes teorias educacionais e abordagens pedagógicas para investigar o ensino de biologia e genética, incluindo o ensino de tipos sanguíneos, especialmente para alunos com deficiência visual. As principais teorias e abordagens identificadas são:

- Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel: Os estudos [A10], [A11] adotam essa teoria como referencial principal. A TAS enfatiza a importância do conhecimento prévio (subsunções) dos alunos na assimilação de novas informações, defendendo que a aprendizagem ocorre de forma significativa quando novas ideias são relacionadas de maneira não arbitrária e substantiva à estrutura cognitiva do aprendiz. A dissertação utiliza mapas conceituais como ferramentas para identificar esses subsunções e avaliar a aprendizagem, além de organizadores prévios para facilitar a ancoragem de novos conhecimentos.
- Ensino por Investigação (Investigative Teaching): Em [A8] utiliza-se a metodologia de sala de aula virtual invertida associada à abordagem investigativa. Essa abordagem centra-se na proposição de problemas, levantamento de hipóteses, experimentação, coleta e análise de dados, promovendo o engajamento ativo dos estudantes na construção do conhecimento científico. Em [A10] e [A11], utilizam-se alguns conceitos dessa teoria.
- Sala de Aula Virtual Invertida (Flipped Classroom): A pesquisa realizada em [A8] emprega essa estratégia pedagógica, onde os alunos têm contato inicial com o conteúdo fora da sala de aula (através de vídeos e materiais online) e o tempo presencial é dedicado a atividades práticas, discussões e aprofundamento dos conceitos.
- Construtivismo: Embora não explicitamente nomeado em todos os estudos, a ênfase em metodologias ativas, na valorização do conhecimento prévio dos alunos e na sua participação ativa no processo de aprendizagem, como observado em diversos trabalhos, alinha-se aos princípios do construtivismo.
- Princípios de Usabilidade: No desenvolvimento e avaliação do aplicativo BioBlu, em [A1] e [A2] são considerados princípios de usabilidade para garantir que a ferramenta seja eficaz e de fácil utilização para o público-alvo. O questionário SUS é utilizado para medir a usabilidade.

4. Conclusões

O propósito desta revisão sistemática da literatura foi reconhecer e examinar os métodos/teorias e tecnologias assistivas empregados no ensino de Biologia para indivíduos com deficiência visual, com foco particular nas ações direcionadas ao ensino dos tipos sanguíneos, em particular do sistema ABO. Os achados indicam um campo em crescimento, porém ainda confrontado com obstáculos conceituais, estruturais e metodológicos.

Em geral, a Biologia é vista como uma matéria crucial na educação científica e cidadã dos alunos, uma vez que possibilita o entendimento de fenômenos biológicos essenciais para a vida, a saúde e o meio ambiente [Krasilchik, 2004]. Contudo, a sua instrução apresenta obstáculos significativos para estudantes com deficiência visual, já que muitos de seus temas são tradicionalmente abordados através de representações visuais, tais como gráficos, diagramas celulares e processos microscópicos, que nem sempre são convertidos de maneira acessível para formatos táteis ou auditivos.

Tal cenário reforça a importância de se ancorar novos conceitos nos conhecimentos prévios do estudante, conforme preconizado pela Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel [2003]. No entanto, para alunos com deficiência visual, essa ancoragem deve necessariamente ocorrer por vias não visuais. Isso corrobora as perspectivas de autores como Vygotsky [1997], cuja obra na área da defectologia enfatiza a reorganização funcional dos processos psicológicos e a compensação através de outros sentidos.

A avaliação das pesquisas desvendou uma gama de recursos e métodos assistivos utilizados no ensino de Biologia para estudantes cegos ou com visão reduzida. Os modelos táteis tridimensionais, as maquetes sensoriais, os materiais em Braille, as audiodescrições, os aplicativos móveis acessíveis e as simulações multimodais são recursos frequentemente utilizados. Numerosos desses recursos são produzidos com materiais baratos, tais como EVA, isopor, botões, miçangas e tinta relevo, o que enfatiza a possibilidade prática de sua utilização em ambientes educativos.

Em relação ao ensino dos tipos sanguíneos, com ênfase no sistema ABO, observou-se uma produção ainda limitada de recursos e pesquisas direcionados especificamente para esse tema. Apesar da importância do sistema ABO na genética, imunologia e no cotidiano (como em doações de sangue), há uma carência de recursos e pesquisas específicas sobre seu ensino. Embora existam iniciativas como modelos táteis, simulações digitais e jogos para explicar as interações antígeno-anticorpo, ainda faltam sistematizações e avaliações robustas sobre sua eficácia pedagógica.

Os dados obtidos nesta revisão indicam que, embora existam métodos e tecnologias assistivas com potencial para o ensino de Biologia voltado a pessoas com deficiência visual, a abordagem de conteúdos específicos — como os tipos sanguíneos do sistema ABO — ainda é limitada. Como desdobramento desta revisão, planeja-se o desenvolvimento e validação de um protótipo de tecnologia assistiva especificamente direcionado ao ensino do sistema ABO e fator Rh para estudantes com deficiência visual. Adicionalmente, pretende-se conduzir um estudo de caso para investigar a sua usabilidade e efetividade pedagógica.

5. Referencias

- Ausubel, D. P. (2003). Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva (Vol. 1, pp. p-243). Lisboa.
- Belay, M. T. (2020). Integration of Information and Communication Technology in Teaching and Learning of Biology in Secondary Schools in Southern Region, Eritrea (Doctoral dissertation). Kenyatta University.
- Belay, M. T., Khatete, D. D. W., & Mugo, D. B. C. (2020). TEACHERS' ATTITUDE TOWARDS INTEGRATING ICT IN CLASSROOM INSTRUCTION IN TEACHING AND LEARNING BIOLOGY IN SECONDARY SCHOOLS IN THE SOUTHERN REGION, ERITREA. *Journal of Education and Practice*, 4(1), pag. 56 – 72. <https://doi.org/10.47941/jep.393>.
- BRASIL. (2015). Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Brasília, DF: Presidência da República.
- Carvalho, I. A., Pereira, M. B., & Antunes, J. E. (2021). Proposta de jogo didático para ensino de genética como metodologia ativa no ensino de biologia. *Revista eletrônica de educação*, 15, e4506067-e4506067. <https://doi.org/10.14244/198271994506>.
- Ejigbo, J. O., Agbo, F. O., & Ozoji, B. E. (2023). TEACHING BIOLOGY CONCEPTS TO STUDENTS WITH VISUAL IMPAIRMENT USING THINK-PAIR-SHARE STRATEGY. *SPECIAL NEEDS EDUCATION FROM THE LENS OF INTERDISCIPLINARY DIALOGUE: A FESTSCHRIFT IN HONOUR OF PROF. EMEKA D. OZOJI*, 1(2).
- Gin, L. E., Guerrero, F. A., Cooper, K. M., & Brownell, S. E. (2020). Is Active Learning Accessible? Exploring the Process of Providing Accommodations to Students with Disabilities. *CBE—Life Sciences Education*, 19(4), es12. doi:10.1187/cbe.20-03-0049.
- Gonçalves, V. G. S., de Carvalho, N. C. G., & Pereira, A. D. S. M. (2023) ENSINO INCLUSIVO DE GENÉTICA: COMO ABORDAR A BIOLOGIA PARA ALUNOS COM DEFICIÊNCIA VISUAL. In Congresso Internacional de Educação Inclusiva (CINTEDI).
- Karasawa, M. M. G., Almeida, T. M. C. de, Gonçalves, T. M., & Ferreira, E. B. (2022). Criação e uso de materiais didáticos no ensino do sistema sanguíneo ABO. *Research, Society and Development*, 11(2), e3211225344. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i2.25344>.
- Kitchenham, B., Charters, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering (Vol. 5). Technical report, ver. 2.3 ebse technical report. Ebse.
- Krasilchik, M. (2004). Ensino de Ciências: conteúdos, metodologia e prática. São Paulo: Edusp.
- Laurentino, T. G., Xavier, M., Ronco, F., Pina-Martins, F., Domingues, I., Penha, B., Dias, M., de Sousa, A., Carrilho, T., Rodrigues, L. R., Pinheiro, C., Rato, D., Balata,

- D., Ayala-Botto, G., Matos, M., Campelo, M., & Botelho, R. (2021). evALLution: making basic evolution concepts accessible to people with visual impairment through a multisensory tree of life. *Evolution: Education and Outreach*, 14(1), 5. <https://doi.org/10.1186/s12052-021-00143-1>.
- Lemos, R. A., & do Valle, M. G. (2019). Simulações de Tipagem Sanguínea com uso de TDIC: contribuições para o Ensino de Ciências. *Revista Tecnologias na Educação*, 30(Edição Temática XI).
- López-Fernández, M. del M., & Franco-Mariscal, A. J. (2019). Percepciones de estudiantes de secundaria sobre el juego educativo GeneticsHome. *Revista Eletrônica Ludus Scientiae*, 3(2).
- Marin, G. R. B. (2020). Uma sequência didática com a proposta de construção de jogos digitais em genética fundamentada na teoria da aprendizagem significativa [Dissertação de mestrado, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul], Repositório Institucional IFMS.
- Oliveira, M. S. (2020). Tecnologia assistiva para auxiliar o ensino de genética clássica a deficientes visuais: Um estudo de caso na Região Amazônica [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará], Repositório Institucional UFPA.
- Oliveira, M.S., Amaral, G., Scheneider, J. C., Merlin, B., Fülber, H., & de Oliveira Veras, A. A. (2020). BioBlu App: Tecnologia Assistiva para auxiliar o ensino de Genética Clássica a deficientes visuais. In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)* (pp. 772-781). SBC.
- Pereira, S. S., da Cunha, J. S., & de Lima, E. M. (2020). Estratégias didático-pedagógicas para o ensino-aprendizagem de genética. *Investigações em Ensino de Ciências*, 25(1), 41-59.
- Pimenta, W. C., Sousa, W. F. de, Lopes, M. K. da C., & Moura, J. de O. (2021). A construção de heredograma através de um quadro didático adaptado para estudantes com deficiência visual. *Genética Na Escola*, 16(2), pag. 272–281. <https://doi.org/10.55838/1980-3540.ge.2021.368>.
- Rabelo, L. P., Sodré, D., Dos Santos, M. S., Lima, C. C. S., Ferrari, S. F., Sampaio, I., & Vallinoto, M. (2022). ForAlexa, an online tool for the rapid development of artificial intelligence skills for the teaching of evolutionary biology using Amazon's Alexa. *Evolution*, 15(1), 10. <https://doi.org/10.1186/s12052-022-00169-z>.
- Santos, X. M. R. (2020). Sala de aula virtual invertida e abordagem investigativa: Produção de sequências didáticas no ensino de genética mendeliana e Sistema ABO [Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo], Repositório Institucional UFES.
- Souza, J. C. M. de, & Prado, C. C. (2017). Análise do ensino de ciências biológicas para alunos com deficiência visual em escolas do Distrito Federal. *Revista Gestão & Saúde*, 5(2), pag. 459–486.
- Vygotsky, L. S. (1997). Obras escogidas, V–Fundamentos de defectología (JG Blank, trad.; NJV Vargas & I. Filanova, revisores). Madri: Visor.(Trabalho original publicado em 1931).