

3D Fitting Cells: desenvolvimento de modelo tátil acessível para o ensino de citologia no ensino fundamental

Góes, Anderson Roges Teixeira^{*1}; Benkendorf, Isabella Vieira²;
Fiatcoski, Daiana Aparecida Stresser³; Góes, Heliza Colaço⁴

1 – Universidade Federal do Paraná, UFPR, artgoes@ufpr.br

2 – Universidade Federal do Paraná, UFPR, isabella.benkendorf@ufpr.br

3 – Universidade Federal do Paraná, UFPR, daianastresser@hotmail.com

4 – Instituto Federal do Paraná, IFPR, heliza.goes@ifpr.edu.br

*Correspondência: Rua Cel. Francisco Heráclito dos Santos, 100 - Jardim das Américas - Curitiba -PR.

DOI 10.52050/9788579177132-05

RESUMO

Este artigo apresenta o desenvolvimento, redesenho e reestruturação do material didático tátil “3D Fitting Cells”, voltado ao ensino de citologia em perspectiva inclusiva, sobretudo para estudantes com deficiência visual, no ensino fundamental. O objetivo é promover o acesso ao conteúdo por meio da impressão 3D de modelos físicos das células animal e vegetal. A metodologia envolveu modelagem tridimensional, impressão dos protótipos, identificação tátil e preparação para testes de usabilidade. Os resultados incluem melhorias na produção das organelas e na legibilidade tátil dos modelos. Conclui-se que o material apresenta potencial como recurso inclusivo, alinhado aos princípios do Desenho Universal (DU).

Palavras-chave: Citologia, Modelagem 3D, Educação Inclusiva.

ABSTRACT

The abstract should be presented in a single paragraph, with at maximum 100 words. The first sentence should present a synthesis of the context/object of study. The second sentence should present the objectives of the study. The third sentence should present a summary of the methodological procedures used. The fourth sentence should present a summary of the results achieved. The fifth sentence should provide a summary of conclusions or contributions to the area of the Engineering, Design, Health, Education, and Assistive Technology.

Keywords: Cytology, 3D Modeling, Inclusive Education.

1. INTRODUÇÃO

A busca por uma educação inclusiva tem impulsionado a criação de recursos didáticos que atendam às diferentes necessidades dos estudantes, especialmente aqueles com deficiência visual. A escassez de materiais pedagógicos acessíveis, como livros em braile e recursos táteis e tecnológicos, compromete significativamente o processo de aprendizagem e a participação efetiva desses alunos nas atividades escolares (TRAVERSOLI et al., 2019). De acordo com Carpi (2024), os principais obstáculos enfrentados por estudantes cegos ou com baixa visão incluem o alto custo, a baixa disponibilidade de materiais adequados e a limitada integração desses recursos aos métodos de ensino adotados nas escolas. Esse cenário é particularmente desafiador nas escolas públicas, onde muitas vezes faltam recursos para adquirir modelos táteis e adaptados.

No ensino de Biologia, e especificamente na abordagem do conteúdo de Citologia, essas dificuldades se intensificam devido à predominância de representações visuais nos materiais didáticos convencionais. Considerando essa demanda, foi desenvolvido o material didático “3D Fitting Cells”, voltado ao ensino de estruturas celulares para estudantes do ensino fundamental com deficiência visual. Utilizando tecnologia de impressão 3D, o recurso permite a exploração tátil das células animal e vegetal, tornando o conteúdo mais acessível e intuitivo. Como evidenciado por Kolitsky (2014), modelos tridimensionais são eficazes para esse público, pois possibilitam a manipulação e a compreensão do conteúdo de forma prática e significativa. A manipulação de modelos físicos também contribui para uma melhor atenção e percepção espacial, conforme apontado por Justina e Ferla (2007).

Este projeto se fundamenta nos princípios da Tecnologia Assistiva (TA), definida como o conjunto de produtos, recursos, metodologias e estratégias que visam promover a funcionalidade e a autonomia de pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida (CAT, 2007). Também se baseia no conceito de Desenho Universal (DU), que propõe a criação de produtos e ambientes utilizáveis por todas as pessoas, na maior extensão possível, sem necessidade de adaptações específicas (CARLETTO; CAMBIAGHI, 2007).

A proposta relatada neste artigo consiste na reestruturação, redesenho e aprimoramento de um projeto apresentado no CTBA 2023. Durante a fase inicial de impressão dos protótipos das células, foram identificados problemas técnicos que comprometeram a funcionalidade dos modelos. A partir dessas falhas, foram implementadas melhorias na modelagem 3D, tornando os modelos mais versáteis, funcionais e acessíveis. As principais atualizações incluem a modelagem

separada das organelas e da base da célula animal, bem como a substituição das peças de encaixe por placas individuais com identificação em braille e escrita ampliada, permitindo o manuseio por estudantes com deficiência visual.

Dessa forma, este estudo apresenta a versão atualizada do material didático “3D Fitting Cells”, descreve seu processo de desenvolvimento e destaca sua relevância como ferramenta pedagógica acessível para todos. A pesquisa foi desenvolvida e implementada por pesquisadores do Laboratório de Tecnologias Assistivas Educacionais (LabTAE) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), com fomento do Novo Arranjo em Pesquisa e Inovação em Tecnologia Assistiva (NAPI-TA), parceria da Fundação Araucária. A proposta busca ampliar o acesso ao conteúdo de Citologia de maneira equitativa, prática e inclusiva, alinhando-se aos princípios da Tecnologia Assistiva e do Desenho Universal.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Tecnologia Assistiva (TA) emerge como uma ferramenta essencial. A TA é definida como 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, incapacidade ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (CAT 2007). O principal objetivo da TA é, portanto, proporcionar à pessoa com deficiência maior independência, qualidade de vida e inclusão social.

No campo educacional, a Tecnologia Assistiva Educacional (TAE) e o Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA) são abordagens complementares. A TAE, conforme Bersch (2013), é compreendida como qualquer ferramenta ou sistema que contribua para desenvolver ou aprimorar as capacidades funcionais de pessoas com deficiência, impulsionando a inclusão social e tornando mais prático o aprendizado mediante a prática pedagógica. Contudo, é necessário distinguir a TA da tecnologia educacional de uso comum.

Embora a tecnologia educacional por si só nem sempre seja assistiva, ela adquire esse caráter no contexto educacional quando seu propósito é romper barreiras sensoriais, motoras ou cognitivas que limitam/impedem seu acesso às informações ou limitam/impedem o registro e expressão sobre os conhecimentos adquiridos por ele; quando favorecem seu acesso e participação ativa e autônoma em projetos pedagógicos; quando possibilitam a manipulação de objetos de estudos; quando percebemos que sem este recurso tecnológico a participação ativa do aluno no desafio da aprendizagem seria restrito ou inexistente (Bersch 2017). Ela propõe ainda três perguntas-chaves para determinar se um recurso tem função assistiva: “O recurso está sendo utilizado

por um aluno que enfrenta alguma barreira em função de sua deficiência (sensorial, motora ou intelectual) e este recurso/estratégia o auxilia na superação desta barreira? O recurso está apoiando o aluno na realização de uma tarefa e proporcionando a ele a participação autônoma no desafio educacional, visando sempre chegar ao objetivo educacional proposto? Sem este recurso o aluno estaria em desvantagem ou excluído de participação? Se as respostas forem afirmativas, o recurso pode ser classificado como Tecnologia Assistiva, mesmo que também seja uma tecnologia educacional comum.

Por outro lado, o Desenho Universal para Aprendizagem (DUA), segundo Zerbato (2018, p. 150), fundamenta-se em “princípios, baseados na pesquisa, e constitui um modelo prático que objetiva maximizar as oportunidades de aprendizagem para todos os estudantes (...)”. Esta abordagem visa criar métodos de ensino flexíveis e acessíveis desde planejamento inicial, diferindo da TAE, ao focar na eliminação de barreiras para todos os alunos, e não apenas no apoio específico para o aprendizado de pessoas com deficiência, atuando como apoio ao aprendizado através de recursos adequados e específicos que se baseiam em princípios de Representação, Engajamento, Ação e Expressão. O DUA é também definido como:

O DUA propõe estratégias que eliminam barreiras e garantem a participação equitativa através de currículos flexíveis e diversos. Essa abordagem incentiva a criação de práticas pedagógicas, recursos e soluções de forma colaborativa e relacional, fortalecendo as interações entre professores e alunos. Além disso, promove a flexibilidade na apresentação de informações e reduz as barreiras ao ensino, oferecendo apoio e desafios apropriados. Isso garante altas expectativas de sucesso para todos os alunos, independentemente de suas habilidades ou limitações linguísticas” (Góes, Costa e Góes, 2023, p.2).

Com base em uma necessidade levada ao nosso conhecimento, foi criado um material didático tátil para o ensino de Citologia. Essas elaborações podem representar desafios para deficientes visuais em razão da ampla quantidade de representações visuais nos materiais comuns utilizados. Diante do cenário apresentado, foi proposto o desenvolvimento e aplicação de um material didático acessível, integrando tecnologia, design e inclusão. A finalidade vai além de apenas atender às necessidades específicas de estudantes com deficiência, mas também ampliar o acesso à aprendizagem de forma igualitária.

3. METODOLOGIA

Este estudo relata o processo de criação, redesenho e aprimoramento de um material didático acessível para o ensino de citologia a estudantes do ensino fundamental, no contexto de um projeto de Iniciação Científica. A metodologia adotada envolveu modelagem tridimensional, impressão 3D e adequações táteis com escrita em braille, visando à construção de um recurso educativo inclusivo.

Inicialmente, foi desenvolvida uma versão preliminar do projeto, com foco na contextualização e na modelagem básica de estruturas celulares. Contudo, essa etapa foi interrompida devido ao desligamento da bolsista responsável, resultando em pausa temporária das atividades. Com a entrada de um novo bolsista, iniciou-se uma segunda versão, que retomou o projeto, porém os arquivos anteriormente criados apresentavam falhas técnicas e não puderam ser aproveitados para a impressão. A partir disso, iniciou-se uma terceira versão, dedicada à reestruturação completa do material.

As novas modelagens tridimensionais foram realizadas utilizando o software Blender 4.2, escolhido por ser gratuito e amplamente utilizado para fins educacionais. Foram modeladas as estruturas da célula animal e vegetal, bem como organelas como núcleo, retículo endoplasmático liso e rugoso, complexo golgiense, mitocôndria, centríolos, entre outras.

A impressão 3D foi realizada com filamento PLA em impressoras do tipo K1C. O primeiro protótipo impresso apresentou falhas e incompatibilidades com o projeto, mas permitiu identificar limitações e orientar ajustes posteriores. Algumas estruturas, como mitocôndrias e nucléolo, foram reaproveitadas; outras, como os centríolos, complexo de golgi, núcleo e retículos endoplasmáticos, precisaram ser refeitas. Elementos como ribossomos, peroxissomos, lisossomos, microtúbulos, cloroplastos e vacúolos foram modelados desde o início.

Com base na análise dos protótipos impressos e considerando os princípios de acessibilidade, foi adotado um sistema de placas individuais padronizadas para cada organela, com identificação em fonte ampliada e em braille. As inscrições foram criadas por modelagem vetorial e convertidas em relevo tridimensional, respeitando as proporções, espaçamento e recomendações das normas técnicas para acessibilidade tátil.

Posteriormente, foram desenvolvidas as estruturas-base das células vegetal e animal. A célula vegetal, já em estágio avançado, passou por ajustes para adequação tátil. A célula animal foi completamente redesenhada, adotando-se contornos mais arredondados e espessura reduzida para facilitar a diferenciação dos componentes ao toque.

Após a impressão, as peças foram lixadas manualmente e coladas nas placas com adesivo instantâneo de cianoacrilato. As inscrições em relevo

foram destacadas com aplicação de verniz de unhas branco, a fim de facilitar a visualização por pessoas com baixa visão. As organelas foram organizadas funcionalmente sobre as bases celulares, respeitando sua posição relativa no interior da célula.

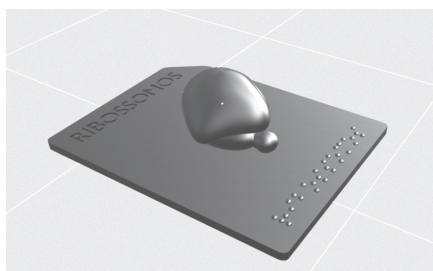
O conteúdo apresentado nas modelagens foi baseado em livros didáticos e artigos científicos de biologia. Até o momento, não foram realizados testes formais de usabilidade com o público-alvo; essa etapa está prevista para a próxima fase do projeto, que incluirá a aplicação do material em turmas do ensino fundamental e a participação de docentes.

4. RESULTADOS

A versão atualizada do material didático 3D Fitting Cells apresentou avanços significativos na organização, detalhamento e acessibilidade das representações tridimensionais de células, com base nos princípios do DU. As modificações realizadas tornaram o recurso mais funcional e acessível a diferentes perfis de estudantes, incluindo pessoas com deficiência visual.

A principal inovação foi a criação de placas individuais para cada organela celular. Em cada placa, a organela foi posicionada ao centro, com uma das pontas em diagonal para direção de posição da placa, identificação em fonte ampliada e em escrita braille. Esse formato possibilitou uma exploração tátil mais estável, previsível e independente, além de permitir o estudo isolado de cada componente celular. A Figura 1 apresenta um exemplo da disposição das organelas sobre as placas, com destaque para a identificação tátil.

Figura 01 - Exemplo de placa individual com organela ao centro e identificação em braille.



A Figura 2 mostra as organelas modeladas em 3D incluindo núcleo, mitocôndria, retículo endoplasmático, complexo golgiense, centríolo, ribossomos, microtúbulo, peroxissomo e vacúolo.

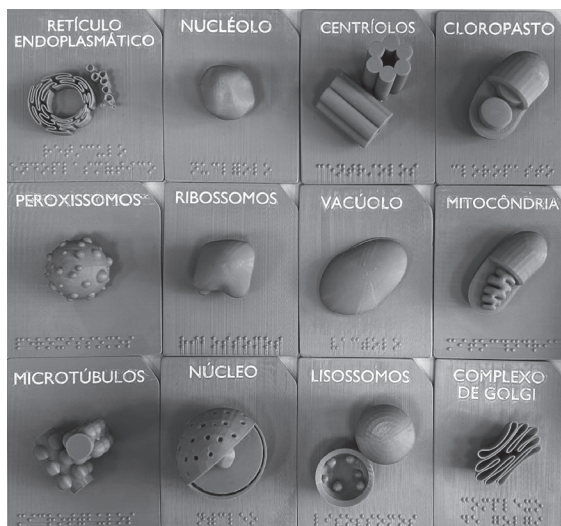
Figura 02 - Organelas modeladas em 3D.



Fonte: Acervo LabTAE, 2025.

Todas organelas foram modeladas tridimensionalmente, impressas em 3D, fixadas em suas respectivas placas e finalizadas com verniz branco sobre as inscrições em relevo para facilitar a leitura por pessoas com baixa visão. A Figura 3 apresenta o conjunto completo das organelas sobre suas placas individuais.

Figura 03 - Conjunto de organelas celulares modeladas e distribuídas em placas individuais.

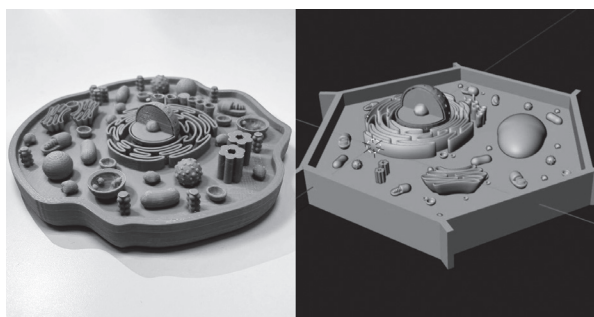


Fonte: Acervo LabTAE, 2025.

As estruturas-base das células animal e vegetal também foram redesenhadas. A base da célula animal foi completamente remodelada, apresentando contornos mais arredondados e espessura reduzida, a fim de facilitar a diferenciação tátil. Já a célula vegetal passou por ajustes técnicos na proporção e definição dos contornos. As bases foram impressas separadamente das células e depois foram fixadas.

Durante o processo de impressão, foram aplicados ajustes técnicos importantes, como o reforço das espessuras e a correção de fragilidades identificadas em versões anteriores. Após a impressão, todas as peças foram lixadas manualmente para o acabamento e coladas nas placas com adesivo instantâneo à base de cianoacrilato. As organelas foram impressas separadamente, organizadas e fixadas nas bases celulares respeitando uma lógica funcional aproximada, favorecendo a compreensão espacial da célula. A Figura 4 exibe o resultado da célula animal completa impressa e a célula vegetal completa modelada em 3D.

Figura 4 - Resultado da célula animal completa impressa (à esquerda) e célula vegetal completa modelada em 3D (à direita).



O material está finalizado para ser submetido à próxima etapa do projeto, que compreenderá testes de usabilidade com estudantes com deficiência visual e professores da educação básica. Essa fase será essencial para verificar a eficácia do recurso em contextos pedagógicos reais e levantar informações para possíveis melhorias futuras.

5. DISCUSSÃO

A atualização do material didático “3D Fitting Cells” representa um avanço significativo no desenvolvimento de recursos pedagógicos acessíveis, ao integrar princípios do Desenho Universal (DU) e propor soluções concretas para a inclusão de estudantes com deficiência visual no ensino de citologia. A substituição do modelo original, baseado em estruturas tridimensionais encaixáveis e com limitações de manuseio, por placas planas com organelas em

relevância e identificação em braille promoveu melhorias substanciais em termos de usabilidade, clareza e acessibilidade.

As modificações realizadas ampliaram as possibilidades de exploração tátil e visual de forma simultânea. O uso de braille em cada placa individual se destaca como uma solução efetiva de acessibilidade, suprimindo uma carência amplamente apontada na literatura, como em Carpi (2024) e Travençoli et al. (2019), que evidenciam a escassez de materiais didáticos com escrita tátil apropriada para o ensino de conteúdos científicos. Além disso, o uso de fontes ampliadas e o contraste visual com verniz branco respondem às necessidades de estudantes com baixa visão, alinhando-se às recomendações das normas técnicas voltadas à acessibilidade comunicacional.

Comparado ao modelo apresentado anteriormente no CTBA 2023, a versão atual solucionou falhas técnicas como fragilidade estrutural, falhas de impressão e baixa previsibilidade no manuseio. A opção por placas padronizadas e modelagem vetorial permitiu um melhor controle das proporções, melhorando a diferenciação tátil entre as organelas. Essa escolha não apenas contribuiu para a integridade física do material, como também possibilitou um processo de fabricação mais reprodutível e modular, ampliando o potencial de replicação em outros contextos escolares.

A adoção de tecnologias de fabricação digital fortalece o caráter interdisciplinar do projeto ao unir conhecimentos de biologia, design e tecnologia assistiva. Essa convergência de áreas é coerente com a abordagem defendida por Aguiar et al. (2020) e Verasto e Vicente (2017), que destacam a importância de soluções didáticas multissensoriais para o desenvolvimento cognitivo de estudantes com deficiência visual.

A análise à luz dos princípios do Desenho Universal evidencia que o material atende a critérios centrais de um ambiente de aprendizagem inclusivo: o uso equitativo, permitindo que cegos e videntes utilizem o mesmo recurso; a flexibilidade de uso, ao possibilitar a exploração por diferentes meios sensoriais; e a perceptibilidade da informação, com o uso de braille, relevo e contraste. Além disso, o projeto contempla o esforço físico reduzido, por meio de peças estáveis e de fácil manipulação, e a tolerância ao erro, ao permitir a exploração segura e independente sem risco de desmontagem acidental. Tais características colocam o 3D Fitting Cells como um exemplo de prática pedagógica acessível embasada em princípios de equidade no ensino.

No entanto, apesar dos avanços apontados, destaca-se que os modelos ainda não passaram por testes sistemáticos de usabilidade com o público-alvo. A ausência dessa etapa limita, neste momento, a validação prática das escolhas de design, ergonomia e clareza. A realização desses testes, com a participação de estudantes com deficiência visual e o acompanhamento de docentes da

educação básica, será fundamental para identificar pontos fortes, limitações e possibilidades de melhoria do material. Essa etapa é decisiva para garantir que o recurso atenda efetivamente às demandas reais do contexto escolar, assegurando sua aplicabilidade como ferramenta didática acessível, sendo este o próximo passo da pesquisa.

6. CONCLUSÕES

A reestruturação do material didático “3D Fitting Cell” representa um grande avanço para a construção de práticas pedagógicas inclusivas no ensino de Biologia. As melhorias realizadas na modelagem 3D, a inclusão de placas táteis e a inscrição de informações em braille tornaram o material mais acessível e funcional para estudantes com deficiência visual, ampliando também a experiência dos demais alunos.

A realização do material proporcionou uma experiência de aprendizado valiosa e significativa. Ao longo do processo e da atualização de suas versões, foi possível desenvolver e aprimorar habilidades como organização, pesquisa e o domínio de ferramentas. Enfrentamos desafios relacionados às técnicas de modelagem, o que exigiu a reformulação de espessuras e formatos para alcançar um acabamento mais adequado durante a realização da impressão. Na parte escrita, foi preciso reforçar o contraste de cores para melhorar a acessibilidade de pessoas com baixa visão, o que contribuiu para considerar as diferentes condições dos usuários. Essa trajetória evidenciou a importância da prática, da identificação de defeitos, da escolha adequada de ferramentas, da revisão e atenção aos detalhes no momento de produção e da compreensão sobre visão no desenvolvimento de projetos.

O projeto demonstra que o uso de tecnologias acessíveis educacionais, associadas aos princípios do DU e DUA, pode diminuir as barreiras e criar oportunidades de inclusão. Os próximos passos envolvem a aplicação do material em sala de aula e os testes de usabilidade com estudantes e professores, bem como a documentação dessas etapas e dos resultados alcançados.

Este trabalho oferece um modelo replicável de recurso educacional acessível, que pode ser adequado para outros conteúdos curriculares e níveis de ensino, fortalecendo o compromisso com a educação para todos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação Araucária (FA) para o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BERSCH, Rita. *Introdução à Tecnologia Assistiva*. Porto Alegre: Assistiva Tecnologia e Educação, 2017.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. *Normas Técnicas para a Produção de Textos em Braille*. Elaboração: DOS SANTOS, Fernanda Christina; OLIVEIRA, Regina Fátima Caldeira de. 3. ed. Brasília, DF, 2018. 120 p.
- CARLETTTO, Ana Claudia; CAMBIAGHI, Silvana. *Desenho universal: um conceito para todos*. Realização de Mara Gabrielli. São Paulo: [s.n.], [2007].
- CARPI, Rafael F. Denúncia: escassez de material didático em braille prejudica educação inclusiva no Brasil. *Jornalista Inclusivo*, 20 fev. 2024.
- GALVÃO FILHO, T. A formação em Tecnologia Assistiva no Brasil: pressupostos, demandas e perspectivas. In: GALVÃO FILHO, T. (org.). *Tecnologia Assistiva: um itinerário da construção da área no Brasil*. Curitiba: Editora CRV, 2022. p. 101–130.
- GALVÃO FILHO, T. A construção do conceito de Tecnologia Assistiva: alguns novos interrogantes e desafios. *Revista da FACED - Entreideias: Educação, Cultura e Sociedade*, Salvador, v. 2, n. 1, p. 25–42, jan./jun. 2013.
- GÓES, Anderson Roges Teixeira; COSTA, Priscila Kabbaz Alvez da; GÓES, Heliza Colaço. A proposal for initial and continuing education based on the universal design for learning approach: an experience in Brazilian higher education. *The Educational Review*, USA, v. 9, n. 3, p. 262–273, 2025.
- GÓES, Anderson Roges Teixeira; COSTA, Priscila Kabbaz Alvez da. *Desenho universal e desenho universal para aprendizagem: fundamentos, práticas e propostas para educação inclusiva*. São Carlos: Pedro e João Editores, 2021.
- JUSTINA, Lourdes Aparecida Della; FERLA, Marcio Ricardo. *A utilização de modelos didáticos no ensino de genética: exemplo de representação de compactação do DNA eucarioto*. Arq Mudi, v. 10, n. 1, p. 35–40, 2007.
- KOLITSKY, Michael A. *3D printed tactile learning objects: proof of concept*. J Blindness Innovation and Research, v. 4, n. 1, 2014.
- MANTOAN, Maria Teresa. *Inclusão escolar: o que é? por quê? Como fazer?* São Paulo: Moderna, 2003.
- SANTOS PALAIO, Sueny Calazans dos; ALMEIDA, Marcus Vinicius Lima de; PATREZE, Camila Mastro. Desenvolvimento de modelos impressos em 3D para o ensino de ciências: Development of 3D printed models for science teaching. *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista*, Rio de Janeiro, v. 8, n. 3, set./dez. 2018.
- VERASTO, Estéfano Vizconde; VICENTE, Nathália Elisa Ferreira. Desenvolvimento de atividades de ensino de citologia para alunos com deficiências visuais: ações de educação inclusiva a partir da teoria dos contextos comunicacionais. *Revista de Estudos Aplicados em Educação*, [S.I.], v. 2, n. 4, p. 33–48, jul. 2017.
- TRAVENSOLI, J. C. et al. Desafios dos deficientes visuais no contexto escolar: reflexões sobre a inclusão. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, São Paulo, v. 2, n. 7, p. 1–8, dez. 2019.