

TECNOLOGIA DE IMPRESSÃO 3D NA EDUCAÇÃO INCLUSIVA: DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS DIDÁTICOS PARA ESTUDANTES COM DEFICIÊNCIA VISUAL

3D PRINTING TECHNOLOGY IN INCLUSIVE EDUCATION: DEVELOPMENT OF TEACHING RESOURCES FOR STUDENTS WITH VISUAL IMPAIRMENT

TECNOLOGÍA DE IMPRESIÓN 3D EN EDUCACIÓN INCLUSIVA: DESARROLLO DE RECURSOS DIDÁCTICOS PARA ALUMNOS CON DISCAPACIDAD VISUAL

 <https://doi.org/10.56238/arev7n6-060>

Data de submissão: 05/05/2025

Data de publicação: 05/06/2025

Thiago Lima dos Santos
Doutor em Ciências Sociais
Universidade Federal do Maranhão
E-mail: santos.thiago@ufma.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6347-0905>
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1185508686226327>

Luis Félix de Barros Vieira Rocha
Doutor em Educação
Universidade Federal de Pelotas
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9309-3175>
E-mail: luis.felix@ufma.br
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7771406960723773>

Ana Maria Lima Cruz
Doutora em Informática na Educação
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9460-4297>
E-mail: lima.ana@ufma.br
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7606646727964927>

Heridan de Jesus Guterres Pavão Ferreira
Doutora em Informática na Educação
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Email: hjgp.ferreira@ufma.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5161-6361>
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3143175326460687>

Thatiane Góes Santos
Especialista em Docência no Ensino Superior
Faculdade Santa Fé.
E-mail: thatiane.goes@ifma.edu.br
ORCID: 0009-0001-3566-3424
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7516739284757830>

Cleudilene de Jesus Martins Melo
Especialista em Educação Especial e Inclusiva
Universidade Estadual do Maranhão
E-mail: cleudy.melo@hotmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9460-4297>
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4258914557894100>

Daniel Lima Ribeiro
Especialista Em Estratégias Pedagógicas Aplicadas A Educação Bilíngue De Surdos
Universidade Federal de Santa Catarina
E-mail: daniellibras.slz@gmail.com
ORCID 0000-0002-0882-8764
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4186632751901595>

Eliany Santos Alves Moura
Especialista em Gestão e Supervisão Escola
Faculdade Santa Fé
E-mail: elianyalves2023@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-1126-6646>
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6203472476078888>

RESUMO

Este artigo apresenta os resultados de um projeto de inovação centrado na produção de mapas em relevo por meio da tecnologia de impressão 3D, com o objetivo de promover a inclusão de estudantes com deficiência visual na educação básica. O projeto, desenvolvido no âmbito do Laboratório de Inovação em Tecnologia de Ensino (LITE), instalado no Colégio Universitário do Maranhão, foi financiado pela FAPEMA entre os anos de 2017 e 2018. A proposta vai além da simples impressão tridimensional, incorporando uma metodologia de adaptação sensorial dos conteúdos didáticos. Participaram do desenvolvimento bolsistas e profissionais do Atendimento Educacional Especializado (AEE), com vistas a representar, de forma acessível, conceitos escolares tradicionalmente apresentados em formato visual. Os resultados indicam o potencial da impressão 3D como tecnologia assistiva, ampliando a acessibilidade e a equidade educacional. Este trabalho contribui para o debate sobre inclusão escolar e as possibilidades de inovação pedagógica com o apoio de tecnologias emergentes.

Palavras-chave: Educação inclusiva. Tecnologia assistiva. Impressão 3D. Deficiência visual. Recursos didáticos adaptados.

ABSTRACT

This article presents the results of an innovation project focused on the production of relief maps using 3D printing technology, with the aim of promoting the inclusion of visually impaired students in basic education. The project, developed within the scope of the Teaching Technology Innovation Laboratory (LITE), installed at the Maranhão University College, was funded by FAPEMA between 2017 and 2018. The proposal goes beyond simple three-dimensional printing, incorporating a methodology for sensory adaptation of educational content. Scholarship holders and professionals from Specialized Educational Services (AEE) participated in the development, with a view to representing, in an accessible way, school concepts traditionally presented in visual format. The results indicate the potential of 3D printing as an assistive technology, expanding accessibility and educational equity. This work contributes to the debate on school inclusion and the possibilities of pedagogical innovation with the support of emerging technologies.

Keywords: Inclusive education. Assistive technology. 3D printing. Visual impairment. Adapted teaching resources.

RESUMEN

Este artículo presenta los resultados de un proyecto de innovación centrado en la producción de mapas en relieve mediante impresión 3D, con el objetivo de promover la inclusión de estudiantes con discapacidad visual en la educación básica. El proyecto, desarrollado en el marco del Laboratorio de Innovación en Tecnología Docente (LITE), instalado en la Facultad Universitaria de Maranhão, fue financiado por FAPEMA entre 2017 y 2018. La propuesta va más allá de la simple impresión tridimensional, incorporando una metodología para la adaptación sensorial de contenidos educativos. Becarios y profesionales de Servicios Educativos Especializados (AEE) participaron en el desarrollo, con el objetivo de representar, de forma accesible, conceptos escolares tradicionalmente presentados en formato visual. Los resultados indican el potencial de la impresión 3D como tecnología de asistencia, ampliando la accesibilidad y la equidad educativa. Este trabajo contribuye al debate sobre la inclusión escolar y las posibilidades de innovación pedagógica con el apoyo de las tecnologías emergentes.

Palabras clave: Educación inclusiva. Tecnología de asistencia. Impresión 3D. Discapacidad visual. Recursos didácticos adaptados.

1 INTRODUÇÃO

A inclusão de estudantes com deficiência no sistema educacional regular é respaldada por uma robusta base legal, tanto nacional quanto internacional. No Brasil, políticas como o Plano Nacional de Educação (2011-2020), a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Lei nº 13.146/2015) e as Diretrizes Nacionais para a Educação Especial na Educação Básica delineiam os direitos à acessibilidade e à equidade na educação.

No cenário global, documentos como a Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência (ONU, 2006) e a Declaração de Salamanca (1994) reforçam a inclusão como um direito humano inalienável. Contudo, a promulgação de marcos como o Decreto nº 10.502/2020, que propõe uma nova Política Nacional de Educação Especial, reacendeu debates sobre possíveis retrocessos ao permitir o retorno a modelos segregadores. Mais do que uma obrigação legal, a educação inclusiva configura-se como um compromisso ético e político que valoriza a diversidade humana como princípio pedagógico.

A perspectiva proposta por Booth e Ainscow (2011), de construir culturas e práticas escolares que acolham a diferença, encontra ressonância em iniciativas concretas como o Projeto Mapas 3D, desenvolvido no Colégio Universitário do Maranhão. Esse projeto inovador surgiu da necessidade de oferecer aos estudantes com deficiência visual recursos didáticos que superassem as barreiras impostas pelo modelo tradicional de ensino visual. Em especial nas aulas de história, cuja compreensão depende muitas vezes da leitura e interpretação de mapas, gráficos e imagens, o desafio era garantir acesso igualitário ao conteúdo.

A simples audiodescrição mostrou-se insuficiente, pois não permitia aos alunos formar representações espaciais precisas. Foi nesse contexto que a tecnologia de impressão 3D — mais precisamente, o uso de canetas 3D — mostrou-se uma alternativa eficaz. Inicialmente aplicadas em áreas como arquitetura e medicina, essas tecnologias foram adaptadas para a construção de materiais pedagógicos em alto relevo.

O projeto envolveu a produção de mapas táteis, organizados em jogos de escalas, permitindo aos alunos uma leitura sensorial do espaço geográfico e histórico, por meio do tato. A importância do uso de tecnologias como a impressão 3D na elaboração de materiais didáticos acessíveis tem sido amplamente reconhecida em estudos nacionais. Um exemplo emblemático é o projeto VerTátil, desenvolvido pelo Núcleo de Tecnologia Assistiva da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar-Sorocaba), que explora o potencial da impressão tridimensional na produção de mapas táteis voltados à inclusão de pessoas com deficiência visual.

A iniciativa demonstrou que a tecnologia de manufatura aditiva, quando aplicada de forma planejada e sensível às necessidades pedagógicas, proporciona recursos eficazes, economicamente viáveis e de alto valor didático. Tais resultados reforçam a legitimidade de propostas como o Projeto Mapas 3D ao situá-las dentro de um campo de práticas educacionais inovadoras com validação científica.

Além disso, uma revisão sistemática publicada em 2024 pela revista Geoconexões mapeou a produção acadêmica nacional sobre cartografia tátil com foco em tecnologias emergentes. O estudo destacou não apenas a variedade de técnicas empregadas (como impressoras FDM, cortadoras laser e uso de filamentos PLA), mas também a crescente presença de experiências exitosas em escolas públicas. A análise revelou que projetos interdisciplinares envolvendo a produção de mapas táteis contribuem significativamente para o letramento geográfico e o desenvolvimento de habilidades espaciais em estudantes cegos ou com baixa visão, o que sustenta empiricamente o impacto positivo observado no Colégio Universitário do Maranhão. Essa base de evidências legitima o avanço de políticas públicas que fomentem a incorporação de práticas acessíveis no currículo escolar.

O processo de produção foi colaborativo e interdisciplinar, envolvendo bolsistas, professores do Atendimento Educacional Especializado (AEE) e estudantes do ensino médio. Os mapas foram concebidos como matrizes simplificadas, priorizando os contornos geográficos e as informações essenciais. Esse formato permitiu uma abordagem mais acessível e compreensível, respeitando as limitações sensoriais dos alunos sem perder o rigor didático.

Outro aspecto essencial diz respeito à avaliação. Uma educação realmente inclusiva pressupõe a adoção de práticas avaliativas formativas e dialógicas, que considerem os diferentes modos de aprender e que reconheçam o progresso individual como critério legítimo de desenvolvimento. Conforme argumenta Mantoan (2006), a escola precisa abandonar a lógica do déficit e construir espaços onde todos os alunos possam aprender com qualidade.

A formação docente, nesse cenário, torna-se central. Para que projetos como o Mapas 3D sejam replicáveis, é necessário investir em capacitações contínuas que superem abordagens tecnicistas e promovam reflexões críticas sobre a função social da escola e o papel do professor na mediação da aprendizagem (Pletsch, 2015).

Em suma, a educação inclusiva requer mais do que diretrizes legais: exige criatividade, compromisso ético, formação docente continuada e políticas de incentivo à inovação pedagógica. O Projeto Mapas 3D demonstra que é possível materializar esses princípios por meio de ações concretas, promovendo uma educação verdadeiramente acessível e transformadora — não apenas para estudantes com deficiência visual, mas para todos que acreditam na escola como um espaço de justiça social.

2 EDUCAÇÃO INCLUSIVA EM PERSPECTIVA: TECNOLOGIAS, DIREITOS E PRÁTICAS TRANSFORMADORAS

A construção de uma educação inclusiva no Brasil, longe de ser um percurso linear, revela-se como um campo de tensões, avanços e disputas. A legislação brasileira, desde a Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva (Brasil, 2008), estabelece diretrizes que buscam garantir o acesso, a permanência e o aprendizado de todos os estudantes em classes comuns do ensino regular. Entretanto, o campo educacional é marcado por contradições. A publicação do Decreto nº 10.502/2020, por exemplo, reacendeu a polêmica sobre o papel das escolas e classes especiais, sendo interpretado por muitos pesquisadores e movimentos sociais como um retrocesso em relação à concepção de inclusão ampla, plural e interseccional (Ribeiro et al., 2022).

A presença da Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência (ONU, 2006), incorporada com status constitucional no Brasil, introduz um marco de obrigatoriedade e não apenas de orientação. Essa convenção redefine a deficiência não como atributo pessoal, mas como resultado da interação entre pessoas com impedimentos e as barreiras sociais e atitudinais. Essa mudança paradigmática desloca o foco da “adaptação do sujeito” para a transformação do sistema educacional e de suas estruturas. Assim, a inclusão não é favor, é direito. Não é concessão, é dever de justiça social. A literatura atual propõe que o princípio da equidade seja atravessado por uma análise interseccional, conforme proposto por Ribeiro et al. (2022), reconhecendo que a exclusão não é homogênea, mas varia segundo marcadores sociais de diferença como gênero, raça, território e classe social.

Nesse contexto, a tecnologia assistiva emerge como um vetor de transformação. Galvão Filho (2010) aponta que a tecnologia assistiva não deve ser interpretada apenas como instrumento corretivo, mas como mediação emancipatória, ou seja, como um meio para fortalecer as condições de participação ativa e autônoma dos estudantes com deficiência, permitindo repensar as práticas pedagógicas tradicionais e criar espaços para a aprendizagem plural.

Esse reposicionamento demanda uma nova cultura pedagógica. Como reforça Bastos (2020), o sucesso da tecnologia assistiva depende fundamentalmente da mediação docente. Ou seja, não basta dispor de ferramentas tecnológicas: é preciso que os professores compreendam os fundamentos da inclusão, dominem os recursos e, principalmente, que os integrem criticamente às estratégias de ensino, ressignificando o processo de ensinar e aprender. A formação docente, portanto, deixa de ser periférica e assume papel central nas políticas públicas de inclusão. A Resolução CNE/CP nº 2/2015 inscreve-se nesse movimento ao exigir que os cursos de formação inicial abordem a educação especial, as práticas inclusivas e o uso de tecnologias assistivas, reforçando o papel da docência qualificada na efetivação dos direitos educativos.

A introdução da impressão 3D como recurso pedagógico inclusivo, conforme demonstrado por Monteiro et al. (2017), constitui um exemplo concreto de como a inovação tecnológica pode convergir com os princípios da acessibilidade. A materialidade dos mapas táteis não é apenas uma alternativa técnica, mas epistemológica: ela propicia que estudantes cegos ou com baixa visão acessem saberes históricos e geográficos por meio do tato, construindo representações espaciais e cognitivas complexas a partir de experiências sensoriais.

Estudos de Toledo e Pereira (2007) e Soares e Ruas (2009) enfatizam que a construção de imagens mentais é essencial para a apropriação significativa de conteúdos e que essa construção só ocorre quando há mediação ativa e oferta de experiências multissensoriais organizadas intencionalmente.

Além disso, a produção colaborativa de recursos — como praticado no Projeto Mapas 3D e nas oficinas do LADEP-UFSCar — revela a potência de uma pedagogia participativa. Quando os estudantes com deficiência deixam de ser apenas destinatários de recursos adaptados e passam a ser sujeitos ativos na produção desses materiais, vivencia-se uma ruptura com a lógica assistencialista. O protagonismo discente, nesse caso, não é apenas político, mas também cognitivo: a participação ativa amplia a compreensão dos conteúdos e fortalece vínculos entre teoria e prática, entre corpo e conhecimento, entre diferença e pertencimento (Machado et al., 2021).

No caso específico da deficiência visual, a audiodescrição, embora valiosa, é limitada diante de conteúdos visuais complexos. A adaptação de mapas, gráficos e imagens exige recursos táteis que não apenas substituem, mas traduzam visualidades em experiências táteis. Isso implica, mais uma vez, a necessidade de formação docente crítica e interdisciplinar, que considere as singularidades sensoriais dos alunos não como obstáculos, mas como formas legítimas de se relacionar com o mundo.

Portanto, o caminho da educação inclusiva passa pela articulação entre marcos legais comprometidos com os direitos humanos, tecnologias pensadas como instrumentos de emancipação, práticas pedagógicas criativas e sensíveis, e uma escola que reconheça a diferença como constitutiva do humano. A experiência do Projeto Mapas 3D demonstra que, quando esses elementos se combinam, é possível não apenas incluir, mas transformar radicalmente a experiência educacional de todos os sujeitos envolvidos.

3 METODOLOGIA

A abordagem metodológica adotada foi qualitativa, de caráter exploratório, centrada na experiência do Laboratório de Inovação em Tecnologia de Ensino (LITE). O processo envolveu a

colaboração entre bolsistas de iniciação científica e profissionais do Atendimento Educacional Especializado (AEE) do Colégio Universitário.

Inicialmente, foi realizado um levantamento das demandas educacionais dos alunos com deficiência visual atendidos pelo Núcleo de Atendimento às Pessoas com Necessidades Educacionais Especiais (NAPNEE). A partir desse diagnóstico, foram selecionados conteúdos escolares que apresentavam maior dificuldade de compreensão sem o apoio de recursos visuais.

O projeto surgiu da constatação, durante aulas de história, de que a audiodescrição não era suficiente para mediar o entendimento de conteúdos visuais complexos, como mapas e cartazes. Relatos de alunos indicaram a dificuldade em associar elementos espaciais e simbólicos sem apoio tátil.

A produção dos recursos envolveu etapas de leitura sobre inclusão, testes com canetas 3D e a constatação de que os mapas dos livros didáticos eram excessivamente densos em informações visuais. A solução encontrada foi a criação de “mapas-matrizes”, com contornos básicos de limites geográficos, impressos em papel cartão com relevo gerado por filamento PLA e acabamento com cola branca para resistência. Esses mapas foram organizados em jogos de escalas, permitindo que os alunos compreendessem, por exemplo, a evolução territorial ou os locais de conflitos históricos. Todo o processo incluiu impermeabilização para aumentar a durabilidade e aplicação de legendas em braile.

Cada recurso foi testado com alunos e professores, utilizando como critérios a clareza tátil das informações, a correspondência com os objetivos pedagógicos e a facilidade de compreensão por parte dos estudantes com deficiência visual. Os testes incluíram observações em sala de aula, aplicação de atividades específicas com os materiais e coletas de depoimentos qualitativos dos participantes. A participação ativa dos estudantes no processo de validação garantiu maior adequação às suas necessidades.

O Projeto Mapas 3D foi concebido como uma iniciativa inovadora para adaptar materiais didáticos de história para alunos com deficiência visual, utilizando canetas 3D como ferramenta principal. O projeto surgiu da constatação de que a audiodescrição, embora útil, não era suficiente para garantir a compreensão de elementos visuais complexos como mapas. Inicialmente, foram testadas diversas técnicas como cola quente e relevo com papel, que apresentaram limitações em acabamento e segurança.

A solução veio com o uso das canetas 3D, que permitiram criar mapas em alto relevo de forma simples e acessível. O projeto foi desenvolvido em três etapas: leitura e estudo sobre educação inclusiva; seleção e adaptação de mapas; e produção dos materiais adaptados.

Os mapas tradicionais foram desmembrados em “mapas-matrizes” com informações básicas como contornos políticos de estados, países e cidades, organizados em jogos de escalas para facilitar a compreensão geoespacial. Durante o processo, os mapas foram impermeabilizados com cola branca e legendas em Braille foram aplicadas para garantir durabilidade e acessibilidade. Todo o desenvolvimento contou com a participação ativa de estudantes bolsistas e professores do Atendimento Educacional Especializado (AEE).

O projeto recebeu reconhecimento em eventos científicos e educacionais e continua em desenvolvimento com escopo ampliado para outras disciplinas como química, física e matemática. A experiência demonstrou que, com criatividade e tecnologias acessíveis, é possível promover uma educação mais inclusiva e equitativa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Projeto Mapas 3D evidenciou não apenas a viabilidade técnica, mas principalmente a potência pedagógica do uso de tecnologias emergentes — como a impressão tridimensional — na promoção de uma educação verdadeiramente inclusiva. Ao criar materiais didáticos em formato tátil, com informações em alto relevo, o projeto respondeu a uma lacuna recorrente nas práticas escolares: a exclusão sensorial e epistemológica de estudantes com deficiência visual de conteúdos eminentemente visuais, como os mapas geográficos e históricos.

Durante a execução do projeto, foram desenvolvidos diversos mapas históricos, adaptados a partir de critérios de inteligibilidade tátil. Verificou-se, por exemplo, que os mapas didáticos tradicionais — frequentemente sobrecarregados por cores, sobreposições de linhas e densa textualidade — não eram adequados à simples conversão para o relevo. Isso exigiu um exercício criativo de reinterpretação pedagógica dos conteúdos, orientado por princípios de acessibilidade e didatização. Para tanto, elaboraram-se “mapas-matrizes” simplificados, que representavam os limites geográficos de cidades, estados e países com foco na sequencialidade lógica e na coerência geoespacial.

Essa estrutura foi pensada como um jogo didático de escalas, no qual três a quatro mapas eram utilizados de forma encadeada. Um exemplo foi a abordagem da Balaiada, movimento de insurreição popular ocorrido no Maranhão, que envolveu a análise progressiva de um mapa do território do Brasil Império, seguido por um recorte regional do Nordeste e, por fim, pelos mapas locais dos principais focos da revolta. Essa organização espacial possibilitou que os estudantes construíssem representações cognitivas complexas a partir de experiências sensoriais, conforme apontam estudos como os de

Toledo e Pereira (2007) e Soares e Ruas (2009), que destacam a importância da construção de imagens mentais na apropriação significativa do conhecimento.

O impacto nos estudantes foi perceptível tanto nos relatos quanto nas práticas avaliativas. Alunos com deficiência visual relataram maior compreensão dos conteúdos históricos e uma conexão mais afetiva e concreta com os temas abordados. Depoimentos como “Consegui entender melhor onde ocorreram os fatos históricos, porque pude sentir os lugares no mapa” e “Foi a primeira vez que entendi o que era uma província do Brasil Império” revelam a profundidade da experiência de aprendizagem vivida. Esses relatos confirmam que a tecnologia assistiva, quando mediada criticamente por professores comprometidos com práticas inclusivas, atua não como um simples suporte, mas como ferramenta de emancipação cognitiva e subjetiva, como defende Galvão Filho (2010).

A percepção dos professores também corroborou os efeitos positivos do projeto. Houve relatos de aumento na participação ativa, no interesse e no desempenho dos estudantes com deficiência visual durante as atividades avaliativas. Tal evidência aponta para a importância da mediação docente qualificada no uso das tecnologias assistivas, como já destacado por Bastos (2020), e reforça a urgência de políticas públicas que invistam em formações docentes contínuas, interdisciplinares e centradas na equidade.

Além disso, o projeto provocou reflexões relevantes sobre os limites do modelo assistencialista, ao inserir os estudantes com deficiência visual não apenas como receptores de adaptações, mas como coparticipantes no processo de produção dos recursos. Esse movimento desloca o eixo da inclusão de uma lógica de compensação para uma lógica de participação, promovendo o que Machado et al. (2021) denominam de protagonismo cognitivo e político dos estudantes.

Assim, os resultados do Projeto Mapas 3D vão além da validação de um recurso didático. Eles apontam para a possibilidade concreta de construir práticas pedagógicas sensíveis às diferenças, comprometidas com a justiça social e ancoradas em tecnologias que não apenas viabilizam o acesso, mas reconfiguram os modos de ensinar e aprender. Trata-se, portanto, de uma experiência que ilumina caminhos para uma escola que reconhece, respeita e valoriza as singularidades de seus sujeitos, e que comprehende a inclusão como direito inegociável e como horizonte ético-político da educação.

Vale ressaltar que, o projeto foi reconhecido em eventos como a Feira Brasileira de Colégios de Aplicação e Escolas Técnicas (FEBRAT), a Semana Nacional de Ciência e Tecnologia e o Seminário de Iniciação Científica. A repercussão impulsionou a expansão do projeto para outras áreas curriculares, como química, física e matemática.

5 CONCLUSÃO

O Projeto Mapas 3D foi concebido como uma iniciativa inovadora de intervenção pedagógica voltada à adaptação de materiais didáticos de História para estudantes com deficiência visual, tendo como principal ferramenta tecnológica as canetas 3D, que possibilitam a criação de representações em alto relevo. A motivação para o desenvolvimento do projeto surgiu da constatação de que recursos comumente utilizados na educação inclusiva, como a audiodescrição, embora relevantes, são insuficientes quando se trata da apreensão de conteúdos que exigem compreensão espacial e visualidade complexa, como mapas geográficos, esquemas e gráficos.

Na fase inicial, foram testadas diferentes metodologias alternativas de adaptação tátil, como o uso de cola quente e técnicas de relevo com papel, mas ambas apresentaram limitações quanto à precisão, durabilidade e segurança do manuseio, especialmente em contextos escolares. A adoção das canetas 3D representou uma inflexão metodológica significativa: sua viabilidade técnica, acessibilidade econômica e facilidade de uso possibilitaram a produção de mapas tátéis com acabamento mais preciso, seguro e adaptado às necessidades sensoriais dos estudantes.

O projeto foi estruturado em três etapas fundamentais: (1) estudo teórico sobre educação inclusiva e deficiência visual; (2) seleção e adaptação de mapas conforme os critérios de acessibilidade tátil; e (3) produção dos materiais adaptados, em formato físico. A metodologia adotada foi baseada em princípios de mediação ativa e multissensorialidade, promovendo uma abordagem dialógica entre teoria e prática, entre tecnologia e pedagogia. Os mapas convencionais foram decompostos em unidades chamadas de “mapas-matrizes”, que continham informações geoespaciais essenciais, como os contornos políticos de estados, países e cidades. Estes foram organizados em jogos de escalas sequenciais, permitindo que os alunos compreendessem as relações territoriais em diferentes níveis de abrangência — local, regional e nacional.

Para garantir a durabilidade e a resistência ao uso contínuo, os mapas foram impermeabilizados com cola branca e receberam legendas em sistema Braille, assegurando o acesso à informação escrita. Todo o processo foi realizado de forma colaborativa, com a participação ativa de estudantes bolsistas de iniciação científica e professores do Atendimento Educacional Especializado (AEE), em um modelo de produção que valorizou o protagonismo acadêmico, a interdisciplinaridade e o compromisso ético com a inclusão.

A repercussão do projeto foi significativa, tendo sido apresentado e reconhecido em eventos científicos e educacionais, tanto em nível regional quanto nacional, como exemplo de prática inovadora e replicável em contextos diversos da educação básica. Além disso, o escopo inicial do projeto, centrado na disciplina de História, foi ampliado progressivamente para outras áreas do

conhecimento, como Física, Química e Matemática, com foco em adaptar representações visuais complexas (como estruturas moleculares, diagramas, gráficos e equações) para o formato tátil, ampliando o repertório acessível dos estudantes com deficiência visual.

A experiência acumulada no Projeto Mapas 3D revela que a criatividade pedagógica aliada ao uso crítico de tecnologias acessíveis pode transformar significativamente as práticas escolares. Ao invés de se restringir à lógica da compensação ou da adaptação pontual, o projeto evidencia a possibilidade de construção de uma cultura escolar mais inclusiva, equitativa e sensível às diferenças. A produção de materiais com caneta 3D não é apenas uma solução técnica, mas uma afirmação ética e política de que a inclusão se constrói com compromisso coletivo, formação continuada e disposição para inovar.

REFERÊNCIAS

BASTOS, Ana Cláudia Machado. A mediação docente e a eficácia da tecnologia assistiva. *Revista Brasileira de Educação Especial*, v. 26, n. 3, p. 403–418, 2020.

BOOTH, Tony; AINSCOW, Mel. *Índex para a inclusão: desenvolvendo a aprendizagem e a participação nas escolas*. Tradução de Fátima Alves. Lisboa: Inclusão Press, 2011.

BRASIL. Diretrizes Nacionais para a Educação Especial na Educação Básica. Brasília: MEC/SEESP, 2001.

BRASIL. Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva. Brasília: MEC, 2008.

BRASIL. Plano Nacional de Educação: 2011-2020. Brasília: MEC, 2014.

Debates em Educação. “DUA e tecnologias assistivas como estratégias pedagógicas inclusivas.” Maceió: UFAL, 2024.

GALVÃO FILHO, Teófilo Alves. Tecnologia assistiva: favorecendo práticas pedagógicas inclusivas. *Revista Profissão Mestre*, Curitiba: Humana Editorial, ano 12, n. 133, p. 14–17, outubro de 2010.

GEOCONEXÕES. “Mapas Táteis produzidos através de recursos tecnológicos: revisão sistemática.” Salvador, 2024.

HARTOG, François. Regimes de historicidade: presentismo e experiências do tempo. Belo Horizonte: Autêntica, 2014.

MACHADO, Rafael; et al. Produção de mapas táteis em oficinas de co-design com alunos cegos: um estudo de caso. *Revista Geoconexões*, v. 4, n. 2, 2021.

MANTOAN, Maria Teresa Eglér. Inclusão escolar: o que é? Por quê? Como fazer? São Paulo: Moderna, 2006.

MONTEIRO, Sérgio Ricardo; et al. Impressão 3D como alternativa para produção de mapa tátil. *Revista Benjamin Constant*, v. 24, n. 1, 2017.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência. Nova Iorque, 2006.

PLETSCH, Márcia Denise. Formação de professores para a educação inclusiva: desafios e possibilidades. *Revista Educação Especial*, Santa Maria, v. 28, n. 52, p. 353–366, set./dez. 2015.

Revista Brasileira de Educação Especial. “Desenho Universal para Aprendizagem e tecnologia assistiva: diretrizes e práticas”. São Carlos: UFSCar, 2020.

RIBEIRO, Silmara, Aparecida. et al. Interseccionalidade e políticas públicas na educação especial: desafios contemporâneos. Revista Brasileira de Política e Administração da Educação, v. 38, n. 1, p. 45–62, 2022.

SKLIAR, Carlos. A diversidade: um aprendizado para os professores. Brasília: MEC/SEESP, 2003. UFSCar – Universidade Federal de São Carlos. Projeto VerTátil: mapas táteis produzidos com impressão 3D. Sorocaba, 2022.

SOARES, Luciana. Maria; RUAS, Ana. Silvia. Didática tátil e ensino de mapas: práticas com alunos com deficiência visual. Revista Educação Especial, v. 22, n. 36, p. 131–148, 2009.