



ABORDAGEM DIDÁTICA PARA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA BASEADA EM PROJETOS: MATERIAL DIDÁTICO INCLUSIVO PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

A DIDACTIC APPROACH TO PROJECT-BASED ENGINEERING EDUCATION: INCLUSIVE TEACHING MATERIALS FOR PEOPLE WITH VISUAL IMPAIRMENTS

Alanna Khésley Lopes da Costa¹, Bruna Teixeira Costa², Luana Gabriele Freire do Nascimento³, Matheus Hideki de Oliveira Yoshly⁴, Mariana Vitor Duarte dos Santos⁵, Killdery Fernandes Peixoto⁶, Gessé José de Araújo⁷, Sidney Soares Trindade⁸, Bismarck Luiz Silva⁹

DOI: 10.37702/REE2236-0158.v45p691-707.2026

RESUMO: A aprendizagem de figuras geométricas no ensino de matemática apresenta desafios importantes para estudantes cegos e com baixa visão. A ausência de recursos acessíveis dificulta a construção de conceitos como ângulos, seno, cosseno, tangente e relações espaciais, comprometendo a compreensão e o desenvolvimento do raciocínio matemático. O presente trabalho surgiu no contexto de um projeto disciplinar com foco na promoção da acessibilidade e da aprendizagem para estudantes cegos e com baixa visão do Ensino Fundamental, utilizando formas geométricas como triângulo retângulo, triângulo equilátero, cilindro, esfera com um quarto de circunferência vazada e cubo, adaptadas como ferramentas de ensino. A demanda foi identificada no âmbito do curso de Engenharia de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), com a utilização da metodologia de Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj). O projeto tem como objetivo a construção de objetos geométricos táteis que viabilizem a interpretação de formas por meio do tato e da escrita em braille. A metodologia envolveu etapas da ABPj, incluindo planejamento, elaboração de plano de ação, levantamento de necessidades, modelagem 3D no software SolidWorks, prototipagem por impressão 3D com filamento PETG, testes e validação com usuários cegos. Foram realizadas visitas ao Laboratório de Acessibilidade (LA) da Biblioteca Central Zila Mamede para coleta de *feedback* e aprimoramento dos protótipos. Além das figuras geométricas, foi desenvolvida uma cartilha de apoio destinada aos professores, que será distribuída com o objetivo de auxiliar na prática didática voltada a pessoas com deficiência visual. Esse material apresenta uma metodologia estruturada e um guia orientador, propondo estratégias pedagógicas que favorecem a compreensão de conceitos matemáticos por meio da utilização das formas geométricas. As soluções propostas, devidamente validadas, configuram resultados de um projeto interdisciplinar que integra as áreas de Engenharia e educação inclusiva.

PALAVRAS-CHAVE: educação inclusiva; Aprendizagem Baseada em Projetos; Engenharia.

ABSTRACT: Learning geometric figures in mathematics education presents significant challenges for blind and visually impaired students. The lack of accessible resources hinders the construction of concepts such as angles, sine, cosine, tangent, and spatial relationships, compromising the understanding and development of mathematical reasoning. This work emerged within the context of a disciplinary project focused on promoting accessibility and learning for blind and visually impaired elementary school

¹ Graduanda, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Engenharia de Materiais, alanna.costa.142@ufrn.br

² Graduanda, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Engenharia de Materiais, brunateixeira644@gmail.com

³ Graduanda, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Engenharia de Materiais, luana.nascimento.701@ufrn.edu.br

⁴ Graduando, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Engenharia de Materiais, matheus.hideki.162@ufrn.edu.br

⁵ Graduanda, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Engenharia de Materiais, marianaduarteel@gmail.com

⁶ Pesquisador, Bacharel, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, killderyfernandes@gmail.com

⁷ Pesquisador, Bacharel, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Secretaria de Inclusão e Acessibilidade, gesse.araujo@ufrn.br

⁸ Pesquisador, Bacharel, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Secretaria de Inclusão e Acessibilidade, sidney.trindade@ufrn.br

⁹ Prof. Dr., Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Engenharia de Materiais, bismarck.silva@ufrn.br



students, using geometric shapes such as right triangles, equilateral triangles, cylinders, spheres with a quarter-circle hollowed out, and cubes, adapted as teaching tools. The need was identified within the Materials Engineering course at the Federal University of Rio Grande do Norte (UFRN), using the Project-Based Learning (PBL) methodology. The project aims to construct tactile geometric objects that enable the interpretation of shapes through touch and Braille writing. The methodology involved ABPj steps, including planning, action plan development, needs assessment, 3D modeling in SolidWorks software, prototyping via 3D printing using PETG filament, testing, and validation with blind users. Visits were made to the Zila Mamede Central Library and the Accessibility Laboratory (AL) to collect feedback and improve the prototypes. In addition to the geometric figures, a support booklet for teachers was developed, which will be distributed to assist in teaching practices aimed at visually impaired individuals. This material presents a structured methodology and a guiding guide, proposing pedagogical strategies that promote the understanding of mathematical concepts through the use of geometric shapes. The proposed solutions, duly validated, represent the results of an interdisciplinary project integrating the areas of engineering and inclusive education.

KEYWORDS: inclusive education; Project-Based Learning; Engineering.

INTRODUÇÃO

A deficiência visual, que abrange pessoas cegas e com baixa visão, representa um desafio significativo no contexto educacional, especialmente no que se refere ao acesso equitativo ao conhecimento. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), milhões de brasileiros apresentam algum grau de dificuldade visual, o que evidencia a necessidade de estratégias pedagógicas inclusivas que garantam não apenas o acesso, mas também a permanência e a aprendizagem efetiva desses estudantes. Nesse cenário, a Lei Brasileira de Inclusão (Brasil, 2015) reforça o direito à educação inclusiva, destacando a importância da eliminação de barreiras e da adoção de recursos acessíveis.

A educação inclusiva tem se consolidado como um dos principais desafios contemporâneos, especialmente no que se refere à promoção da acessibilidade para pessoas cegas e com baixa visão (Brasil, 2006; Unesco, 2009; Brasil, 2015). Nessa perspectiva, dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022) indicam que o Brasil possui 14,4 milhões de pessoas com dois anos ou mais com algum tipo de deficiência, correspondendo a cerca de 7,3% da população. Entre esse grupo, aproximadamente 7,9 milhões apresentam dificuldade para enxergar. O mesmo levantamento aponta, ainda, desigualdades no acesso à escolarização, evidenciando que a garantia formal do direito à educação nem sempre se traduz em condições efetivas de permanência e aprendizagem. Embora a Constituição Federal de 1988 estabeleça, em seu art. 205, que a educação é direito de todos e dever do Estado e da família, ainda persistem



entraves importantes para a efetivação da educação inclusiva, especialmente quanto ao desenvolvimento de práticas pedagógicas voltadas a estudantes com deficiência visual.

No ensino de geometria, essa questão torna-se ainda mais evidente, uma vez que muitos conteúdos dependem fortemente de recursos visuais para a apresentação de formas, relações espaciais e propriedades matemáticas (NCTM, 2000; Duval, 2003). Nesse contexto, modelos táteis representam uma alternativa relevante, pois permitem que a compreensão das figuras geométricas ocorra por meio da exploração manual. A manipulação concreta desses objetos favorece a construção de conceitos abstratos e amplia as possibilidades de aprendizagem significativa (Piaget, 1976; Vygotsky, 2007). Além disso, estudos de Mantoan (2003) e Valente (2014) destacam que o uso de recursos didáticos concretos pode potencializar a mediação entre o estudante e o conhecimento, contribuindo para maior autonomia e compreensão matemática por parte de estudantes com deficiência visual.

Materiais didáticos acessíveis envolvem recursos como braille, audiodescrição, mapas táteis e diferentes tecnologias assistivas (WHO, 2011; Araújo, 2017). As tecnologias assistivas abrangem produtos, equipamentos, dispositivos, recursos, metodologias e serviços destinados a promover funcionalidade, autonomia, independência e inclusão social das pessoas com deficiência. No campo educacional, tais recursos são fundamentais para reduzir barreiras comunicacionais e pedagógicas que limitam a participação plena de estudantes com deficiência (Brasil, 2008; UNESCO, 2009). Assim, pensar a acessibilidade no ensino não significa apenas adaptar conteúdos, mas também desenvolver estratégias e materiais que considerem diferentes formas de percepção e aprendizagem.

Apesar dos avanços legais promovidos pela Lei Brasileira de Inclusão (Lei nº 13.146/2015) e pela Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva (Brasil, 2008), ainda há lacunas na produção e na disponibilidade de materiais didáticos acessíveis para o ensino de estudantes com deficiência visual. Muitos conteúdos continuam sendo elaborados sob uma lógica predominantemente visual, o que restringe a aprendizagem e amplia desigualdades (Sasaki, 2003; Glat e Blanco, 2007). Nesse cenário, o desenvolvimento de recursos pedagógicos acessíveis mostra-se necessário para ampliar a participação desses estudantes em contextos educacionais. É nesse contexto que se insere o presente trabalho, que propõe o desenvolvimento de



modelos táteis de figuras geométricas com apoio da impressão 3D e do braille, com foco na acessibilidade e na aprendizagem inclusiva.

Particularmente no ensino de matemática, diversos conteúdos estão fundamentados em representações predominantemente visuais, como figuras geométricas, dimensões e relações espaciais (Fernandes e Healy, 2017). Essa característica pode limitar a compreensão por parte desses estudantes quando não são disponibilizados recursos pedagógicos adequados (Ministério da Educação, 2007; Sá, 2007). Diante disso, o projeto desenvolvido no âmbito da disciplina teve como objetivo desenvolver materiais didáticos acessíveis, como modelos táteis de figuras geométricas, os quais se configuram como uma alternativa para favorecer a inclusão, permitindo que os conceitos sejam explorados por meio do tato, um importante canal de percepção para estudantes com deficiência visual (Healy e Fernandes, 2012).

A incorporação de recursos como figuras em relevo, identificação em braille e tecnologias assistivas amplia as possibilidades de aprendizagem significativa, favorecendo a construção do conhecimento de forma mais concreta e autônoma (Borges e Pereira, 2016; WHO, 2019). Nesse sentido, a adaptação de figuras geométricas para formatos táteis não apenas auxilia na compreensão de conteúdos abstratos, mas também contribui para a democratização do ensino (Nunes e Lima, 2019; IBC, 2018).

Além disso, é fundamental que os docentes possuam conhecimento sobre práticas pedagógicas voltadas ao ensino de estudantes com deficiência visual. Assim, o acesso a cartilhas e guias de apoio para o ensino de geometria deve ser acompanhado do desenvolvimento de estratégias pedagógicas que considerem diferentes formas de percepção e aprendizagem (Silva, 2018). Dessa forma, o uso de recursos como modelos geométricos táteis, produzidos com o auxílio de tecnologias como a impressão 3D, configura-se como uma abordagem promissora para promover a inclusão e ampliar o acesso de estudantes com deficiência visual ao conhecimento matemático (United Nations, 2006; Ministério da Educação, 2007).



OBJETIVOS

Geral

Desenvolver modelos táteis de figuras geométricas, com o uso de impressão 3D e braille, para promover a aprendizagem inclusiva de estudantes cegos e com baixa visão no Ensino Fundamental.

Específicos

- Identificar as principais barreiras de comunicação e aprendizagem enfrentadas por estudantes com deficiência visual no ensino de geometria, considerando aspectos de acessibilidade, legibilidade tátil e mediação pedagógica.
- Desenvolver modelos táteis de figuras geométricas com uso de tecnologias assistivas, como impressão 3D e braille, voltados à percepção espacial e à aprendizagem por meio do tato.
- Aplicar princípios de desenho universal e acessibilidade na elaboração dos materiais didáticos, de modo a garantir clareza, padronização da leitura tátil e usabilidade para pessoas cegas e com baixa visão.
- Validar os protótipos desenvolvidos junto ao público-alvo por meio de testes táteis, considerando critérios como compreensão, eficiência comunicacional, conforto tátil e adequação do braille.

METODOLOGIA

Aprendizagem Baseada em Projeto

A Aprendizagem Baseada em Projetos é uma metodologia ativa centrada no estudante, na qual o processo de ensino-aprendizagem ocorre ao longo do desenvolvimento de projetos relacionados a problemas reais ou situações contextualizadas (Bender, 2014). Nesse método, o aluno assume o papel principal de investigar problemas, propor soluções e construir conhecimento de forma colaborativa, enquanto o professor atua como mediador e orientador do processo. Essa metodologia apresenta como principais etapas: definição de um problema ou desafio, com a escolha da problemática a ser investigada;

planejamento do projeto, com a definição de objetivos e estratégias; pesquisa e investigação, envolvendo revisão da literatura ou levantamento de informações; desenvolvimento de soluções ou produtos, voltados à resolução do problema identificado; apresentação dos resultados, incluindo a demonstração e a validação do produto desenvolvido; e avaliação, com a análise do processo de execução do projeto.

Entrevista de sondagem

Inicialmente, foi realizada uma entrevista semiestruturada com o participante Gessé José de Araújo (Figura 1), com o objetivo de identificar suas necessidades educacionais relacionadas à experiência como pessoa cega. Nessa etapa, buscou-se levantar dificuldades relacionadas à aprendizagem de conteúdos geométricos, bem como compreender suas experiências prévias com recursos táteis durante a Educação Básica. O participante relatou ter tido acesso, ao longo de sua trajetória na Educação Básica e no Ensino Superior, a poucos materiais didáticos adequados, em geral restritos a recursos simples, como formas geométricas confeccionadas em papelão.

Figura 1 – Reunião para triagem das necessidades de pessoas cegas no âmbito educacional



Fonte: acervo dos autores.

Modelagem

Com base nas informações obtidas durante a entrevista, procedeu-se à etapa de desenvolvimento dos protótipos. Essa fase envolveu a modelagem das formas



geométricas por meio do *software* SolidWorks (SOLIDWORKS, 2025), com a incorporação de inscrições em braille nas peças modeladas para a identificação numérica dos ângulos, além da representação destes em relevo. Essas adaptações foram realizadas com o objetivo de favorecer a compreensão dos conteúdos abordados por meio da exploração tátil.

Seleção dos materiais

Após a modelagem dos protótipos, foi realizada a seleção do material a ser utilizado na impressão 3D, orientada por critérios de desempenho previamente estabelecidos, de acordo com a metodologia de seleção de materiais proposta por Ashby (2011), considerando propriedades como resistência mecânica, qualidade do acabamento superficial e adequação ao tato, conforme apresentado nas Tabelas 1 e 2. A partir dessa análise, selecionou-se o filamento de polietileno tereftalato glicol (PETG) para a fabricação dos protótipos. Foi utilizado PETG branco, da marca Voolty 3D.

Tabela 1 – Requisitos do projeto para os protótipos

Função	Restrições	Objetivo	Variáveis livres
Produzir peças geométricas com relevo em braille para ensino tátil a pessoas cegas.	Boa resolução dos pontos braille, baixa contração e boa precisão dimensional, material não tóxico, resistência ao manuseio e ao desgaste, superfície adequada ao tato, impressão simples, sem necessidade de equipamentos avançados, custo acessível e resistência à umidade, água e química.	Minimizar custo e complexidade de impressão, maximizando e durabilidade, precisão dos relevos em braille e qualidade tátil.	Tipo de polímero do filamento (PLA, PETG), marca e parâmetros de impressão.

Fonte: elaborada pelos autores.

Tabela 2 – Propriedades requisitadas para os protótipos

Propriedade	PLA	PETG
Facilidade de impressão	Muito alta	Alta
Contração	Muito baixa	Baixa
Precisão dimensional	Excelente	Boa



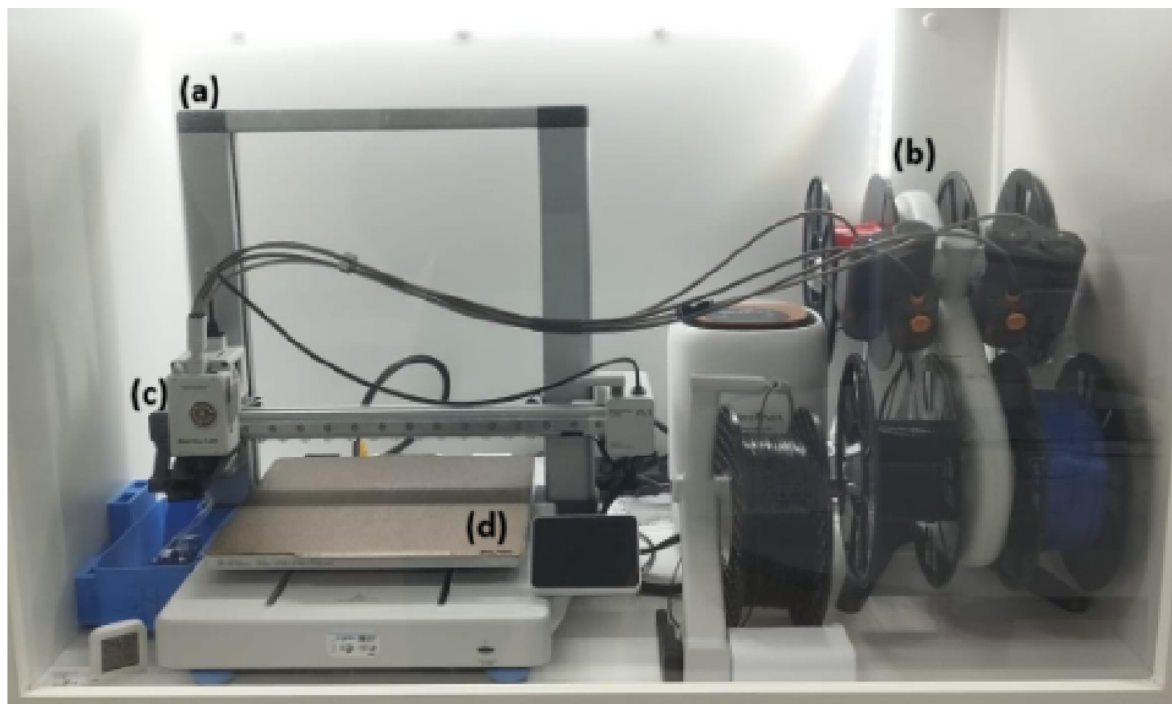
Definição de detalhes finos	Excelente	Boa
Rigidez	Alta (material mais rígido)	Média
Tenacidade	Baixa moderada (mais frágil)	Alta (mais resistente a impacto)
Resistência ao desgaste por toque	Boa	Muito boa
Superfície ao toque	Lisa, rígida	Lisa
Resistência térmica (Tg)	55-65 °C	75-85 °C
Absorção de umidade	Baixa	Baixa moderada
Toxicidade	Não tóxico	Não tóxico
Resistência à umidade (peça impressa final)	Moderada	Alta
Resistência química (peça impressa final)	Baixo a moderada	Moderada a alta
Custo	Baixo	Médio

Fonte: elaborada pelos autores.

Desenvolvimento de protótipos

Na sequência, os protótipos foram impressos por meio de uma impressora 3D da marca Bambu Lab (Figura 2), modelo A1, e posteriormente submetidos a uma etapa de validação com uma pessoa cega. Essa avaliação teve como finalidade verificar aspectos relacionados à legibilidade tátil, ao conforto de uso e à adequação geral das peças à proposta pedagógica do trabalho. Com base na avaliação realizada, obteve-se retorno quanto às dimensões do braille, ao tamanho das figuras, ao espaçamento entre os pontos do braille, bem como à espessura das peças, às cores das figuras e à textura da superfície. A partir dessas considerações, foram realizados ajustes nos protótipos, que incluíram: a redução das dimensões das peças, de modo a facilitar seu manuseio; a utilização de filamento branco durante a impressão, seguida da aplicação de tinta amarela na superfície das figuras geométricas e de tinta preta nas inscrições em braille, com o objetivo de aumentar o contraste visual para pessoas com baixa visão e favorecer a leitura tátil; e, por fim, a aplicação de verniz adequado para proporcionar melhor acabamento superficial.

Figura 2 – Impressora 3D da marca Bambu Lab e modelo A1; (a) impressora 3D; (b) carrossel de filamentos poliméricos; (c) saída do filamento; (d) prato de impressão



Fonte: acervo dos autores.

Cartilha de orientação

Após a prototipagem, foi elaborada uma cartilha destinada aos docentes, com o objetivo de orientá-los sobre o uso dos modelos táteis em contextos educacionais. Esse material foi desenvolvido para ampliar a aplicabilidade da proposta e favorecer a mediação pedagógica no ensino de geometria para estudantes cegos e com baixa visão. A cartilha foi elaborada na plataforma de design gráfico Canva, com tamanhos de fonte de 14 pontos para o texto, 40 pontos para os títulos e 21 pontos para os subtítulos. Além disso, a cartilha pode ser acessada por meio do [link](#) disponibilizado ou pela leitura do QR Code apresentado abaixo.

**Figura 3 – QR Code para acesso à cartilha de orientação destinada aos docentes**

Fonte: elaborada pelos autores.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A produção dos modelos táteis de figuras geométricas resultou em peças com potencial de aplicação no ensino de geometria para estudantes com deficiência visual. A utilização da impressão 3D mostrou-se adequada à proposta do trabalho, pois possibilitou a fabricação de formas com precisão suficiente para a exploração tátil, além da inserção de informações em braille diretamente na superfície das peças. Dessa forma, os protótipos desenvolvidos configuram-se como materiais didáticos destinados não apenas ao reconhecimento das formas geométricas, mas também à mediação de conceitos espaciais por meio do tato.

A etapa de validação evidenciou que o protótipo inicial não era, por si só, suficiente para garantir sua adequação ao uso. Na primeira avaliação, o usuário relatou dificuldades relacionadas ao tamanho excessivo das peças e à textura superficial áspera, aspectos que comprometeram a experiência tátil. Esse resultado reforça que, no desenvolvimento de materiais acessíveis, fatores como escala, acabamento e conforto tátil interferem diretamente na leitura do recurso e, consequentemente, em sua funcionalidade pedagógica.

A partir do retorno obtido na etapa de validação, os protótipos foram reformulados com redução das dimensões das peças, adoção de filamento branco, aplicação de pintura amarela nas superfícies e destaque em preto nas regiões em braille, além da utilização de verniz adequado para materiais poliméricos. Essas modificações contribuíram para melhorar o acabamento superficial, reduzir a rugosidade e ampliar o contraste visual, favorecendo tanto a percepção tátil quanto a acessibilidade para usuários com baixa visão. Os desenhos cotados elaborados no *SolidWorks* são apresentados na Figura 4,



enquanto as geometrias finais produzidas podem ser observadas na Figura 5, permitindo visualizar com maior precisão os elementos geométricos e as adaptações incorporadas ao projeto.

A inserção do braille nas peças constituiu um aspecto central do desenvolvimento dos protótipos, uma vez que esse recurso não se restringe à identificação nominal das figuras, mas também pode ser utilizado para sinalizar informações matemáticas relevantes, como medidas angulares e outros referenciais de leitura. No caso das geometrias desenvolvidas, a associação entre relevo, contorno e marcações em braille favorece a exploração tátil orientada, possibilitando que o estudante relacione forma, posição e informação simbólica durante a atividade. Com isso, o material deixa de atuar apenas como objeto de reconhecimento geométrico e passa a funcionar como suporte didático para a compreensão de conceitos matemáticos.

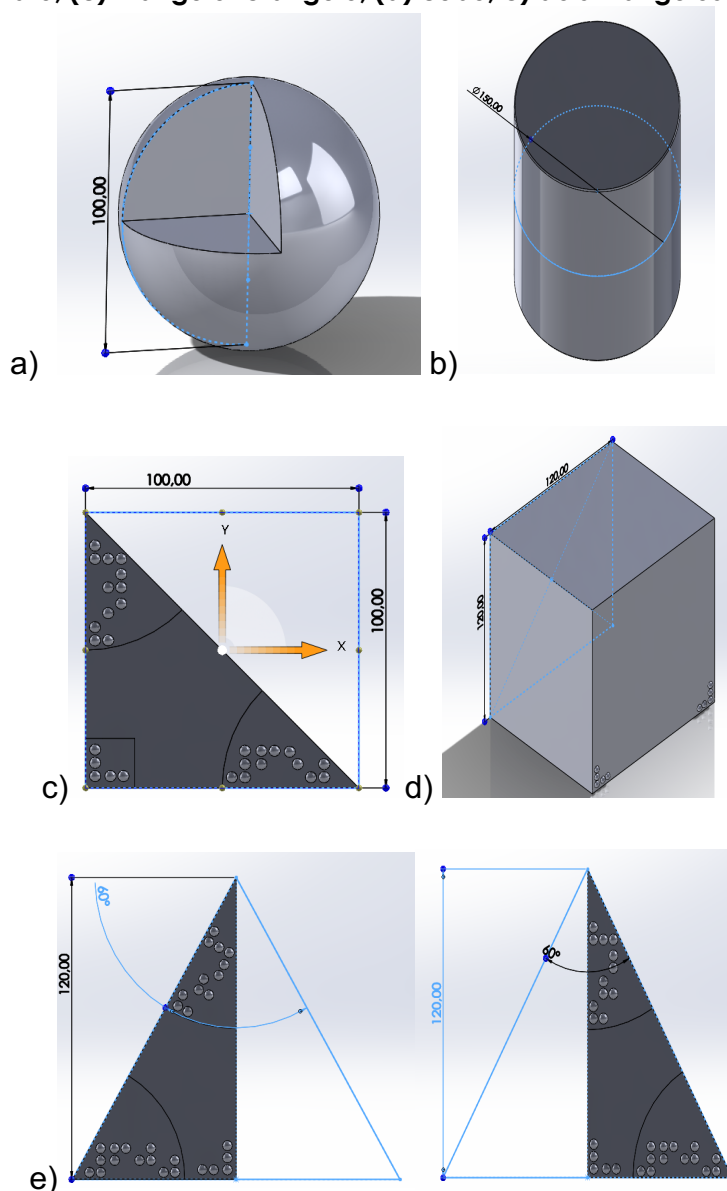
No triângulo retângulo, por exemplo, a representação dos ângulos em relevo, associada à identificação em braille, amplia as possibilidades de abordagem de conteúdos como ângulo reto, ângulos agudos e relações entre lados e vértices. Essa configuração favorece a leitura tátil sequencial da peça e contribui para a construção de noções espaciais mais precisas, especialmente em atividades que envolvam a comparação entre figuras e a interpretação de propriedades geométricas. Assim, a presença simultânea do relevo e da escrita em braille qualifica a função pedagógica do protótipo, ao integrar percepção tátil e linguagem matemática em um mesmo recurso.

Outro aspecto relevante do conjunto desenvolvido foi a impressão de dois triângulos equiláteros, mostrados na Figura 5(d). A adoção de duas peças com a mesma geometria não teve caráter redundante, mas uma finalidade didática, pois amplia as possibilidades de composição de figuras. No contexto da proposta, esses triângulos podem ser manipulados em atividades de composição e decomposição geométrica, incluindo a formação de outras figuras planas, como o trapézio. Essa estratégia favorece a compreensão de conceitos como paralelismo, proporcionalidade, correspondência entre lados e construção de formas mais complexas a partir da combinação de elementos simples.

A utilização de materiais táteis permite a construção do conhecimento por meio da percepção sensorial, constituindo uma ferramenta de apoio à aprendizagem da geometria por estudantes com deficiência visual. Nesse contexto, o uso de dois triângulos equiláteros e um cubo pode ser explorado como um recurso didático para representar e para a compreensão da formação e das propriedades de um trapézio. Para estudantes com deficiência visual, essa

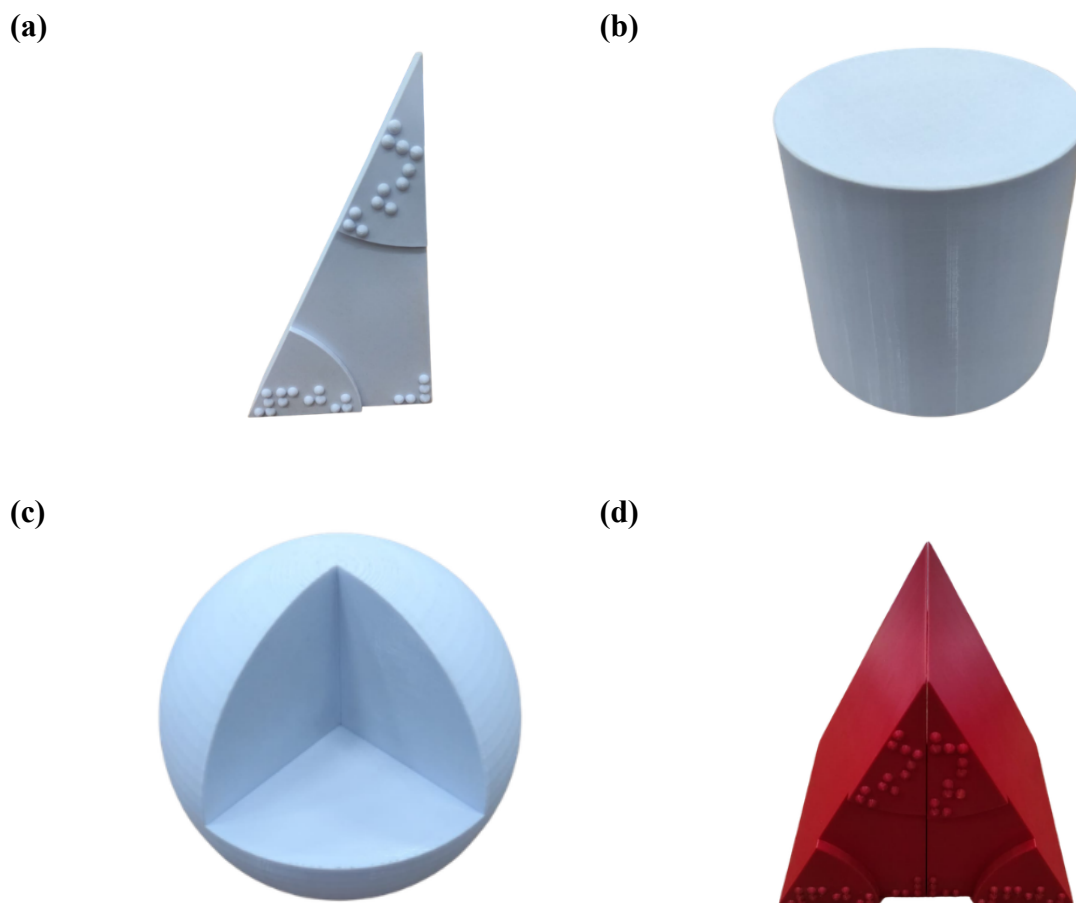
abordagem favorece a compreensão de conceitos fundamentais da geometria plana, como paralelismo, igualdade de lados, proporção e composição de figuras. Ao explorar os elementos com as mãos, o aluno pode identificar as diferenças entre os lados, perceber quais são paralelos e compreender como figuras simples podem ser combinadas para formar outras mais complexas, como o trapézio.

Figura 4 – Conjunto final de figuras geométricas táteis produzidas por impressão 3D, com sinalização em braille e acabamento reformulado: (a) círculo com um quarto da circunferência vazado; (b) cilindro; (c) triângulo retângulo; (d) cubo; e) dois triângulos equiláteros



Fonte: elaborada pelos autores.

Figura 5 – Conjunto final de figuras geométricas táteis produzidas por impressão 3D, com sinalização em braille e acabamento reformulado: (a) triângulo retângulo; (b) cilindro; (c) círculo com um quarto da circunferência vazado; (d) dois triângulos equiláteros



Fonte: elaborada pelos autores.

Sob o ponto de vista pedagógico, os modelos desenvolvidos apresentam potencial para ampliar as possibilidades de ensino de conteúdos geométricos tradicionalmente mediados por recursos visuais. A exploração tátil das peças favorece a identificação das formas, a distinção entre geometrias e a compreensão de propriedades espaciais de maneira concreta. Esse resultado está em consonância com a literatura da área, que destaca a relevância dos recursos táteis para promover maior autonomia, participação e compreensão matemática entre estudantes com deficiência visual, especialmente quando associados a uma mediação pedagógica planejada (Silva, 2018; Silva, 2021; Nunes *et al.*, 2021).

Além dos protótipos, a elaboração da cartilha (Figura 6) de apoio pedagógico amplia o alcance da proposta, ao oferecer subsídios para a utilização dos materiais em contexto escolar. Esse aspecto é relevante porque a inclusão não

depende apenas da existência de um recurso acessível, mas também das condições de uso desse recurso no processo de ensino-aprendizagem. Assim, o conjunto formado pelas peças táteis e pela cartilha constitui uma solução mais completa, articulando tecnologia assistiva, acessibilidade e prática pedagógica.

Figura 6 – Capa da cartilha de orientações para o docente



Fonte: elaborada pelos autores.

CONCLUSÃO

A partir das análises realizadas, podem ser destacadas as seguintes conclusões:

- i) O estudo evidenciou a importância do desenvolvimento de recursos pedagógicos acessíveis diante da carência de materiais didáticos adequados e da necessidade de maior qualificação profissional para o ensino de estudantes com deficiência visual, especialmente no ensino de geometria e matemática.
- ii) A utilização de modelos geométricos táteis com braille produzidos por impressão 3D e associados a uma cartilha orientadora, mostrou potencial para favorecer a compreensão de conceitos geométricos por meio da exploração tátil.
- iii) A participação do público-alvo ao longo do desenvolvimento dos produtos foi fundamental para a compreensão da problemática e para a validação dos protótipos, permitindo ajustes relacionados à identificação das formas



geométricas, à escrita dos ângulos em braille e à adequação da dimensão dos elementos táteis.

- iv) Os resultados indicam que os recursos desenvolvidos possuem potencial significativo para contribuir para o processo de ensino-aprendizagem, ampliando as possibilidades de compreensão de conceitos matemáticos e favorecendo a inclusão e a participação de estudantes cegos e com baixa visão.

REFERÊNCIAS

- ABENGE. Associação Brasileira de Educação Em Engenharia. **Educação inclusiva e tecnologia**. Brasília: ABENGE, 2020.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 9050:2020: acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.
- ARAÚJO, A. K. S. O livro acessível: um auxiliar no acesso à informação para deficientes visuais. **Revista Informação na Sociedade Contemporânea**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 1–25, 2017.
- ASHBY, M. F. **Materials selection in mechanical design**. 4. ed. Amsterdam: Elsevier/Butterworth-Heinemann, 2011.
- BENDER, W. N. **Aprendizagem baseada em projetos: educação diferenciada para o século XXI**. Porto Alegre: Penso, 2014.
- BORGES, J. A.; PEREIRA, M. C. **Tecnologia assistiva aplicada à educação de pessoas com deficiência visual**. Rio de Janeiro: Instituto Benjamin Constant, 2016.
- BRASIL. **Código Matemático Unificado para a Língua Portuguesa – CMU**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Especial, 2006.
- BRASIL. **Saberes e práticas da inclusão: desenvolvendo competências para o atendimento às necessidades educacionais especiais de alunos cegos e de alunos com baixa visão**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Especial, 2006.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva**. Brasília: MEC/SEESP, 2008.
- BRASIL. **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). *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, 7 jul. 2015.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.
- DUVAL, R. **Registros de representação semiótica e funcionamento cognitivo do pensamento**. Trad. de Méricles Thadeu Moretti. São Paulo: Livraria da Física, 2003.
- FERNANDES, S.; HEALY, L. Ensino de matemática para alunos com deficiência visual: desafios e possibilidades. **Revista Brasileira de Educação Especial**, 2017.
- GLAT, R.; BLANCO, L. M. V. **Educação inclusiva: cultura e cotidiano escolar**. Rio de Janeiro: 7 Letras, 2007.



HEALY, L.; FERNANDES, S. H. A. A. The role of gestures in the mathematical practices of those who do not see with their eyes. **Educational Studies in Mathematics**, v. 77, n. 2–3, p. 157–174, 2011.

IBC. Instituto Benjamin Constant. **Educação de alunos com deficiência visual**. 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saúde 2019**: percepção do estado de saúde, estilos de vida, doenças crônicas e saúde bucal: Brasil e grandes regiões. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2022: Brasil tem 14,4 milhões de pessoas com deficiência**. Agência de Notícias IBGE, 23 maio 2025. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/43463-censo-2022-brasil-tem-14-4-milhoes-de-pessoas-com-deficiencia>. Acesso em: 20 mar. 2026.

MANTOAN, M. T. E. **Inclusão escolar: o que é? por quê? como fazer?** São Paulo: Moderna, 2003.

MEC. Ministério da Educação. **Atendimento educacional especializado: deficiência visual**. Brasília: MEC, 2007.

NCTM. National Council of Teachers Of Mathematics. **Principles and standards for school mathematics**. Reston: NCTM, 2000.

NUNES, D. R. P.; LIMA, F. J. Materiais didáticos acessíveis para o ensino de matemática. **Revista Educação Especial**, 2019.

NUNES, D. R. P. *et al.* **Educação inclusiva: conjuntura, síntese e perspectivas**. Marília: ABPEE, 2021.

PIAGET, J. **A formação do símbolo na criança: imitação, jogo e sonho, imagem e representação**. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.

SÁ, E. D.; CAMPOS, I.; SILVA, M. B. **Atendimento educacional especializado: deficiência visual**. Brasília: MEC, 2007.

SANTOS, L. A.; CARVALHO, R. B. Materiais pedagógicos acessíveis: contribuições para a aprendizagem de estudantes com deficiência visual. **Revista Brasileira de Educação Especial**, v. 26, n. 2, 2020.

SASSAKI, R. K. **Inclusão: construindo uma sociedade para todos**. 5. ed. Rio de Janeiro: WVA, 2003.

SILVA, A. A. *et al.* Educação inclusiva e cegueira: reflexões sobre experiências e desafios no ensino regular. **ARACÊ**, v. 7, n. 5, p. 21584–21596, 2025.

SILVA, L. G. S. **Educação inclusiva: práticas pedagógicas para alunos com deficiência visual**. São Paulo: Cortez, 2018.

SILVA, L. G. S. (org.). **Educação inclusiva: diálogos entre teoria e prática**. 1. ed. Natal: EDUFRN, 2021.

SILVA, R. S.; LIMA, J. C. Recursos táteis no ensino da matemática para estudantes com deficiência visual. **Revista Educação Matemática em Foco**, v. 12, n. 2, 2019.

SOLIDWORKS. **Solidworks**. Disponível em: <https://www.solidworks.com/pt-br>. Acesso em: 8 dez. 2025.

UFRN. Núcleo de Acessibilidade da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. **Relatório de atividades**. Natal: UFRN, 2021.

UFRRJ. **Braille Fácil 4.0**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <https://tassia.uniriotec.br/software/braille-facil-4-0/>. Acesso em: 8 dez. 2025.



UNESCO. **Policy guidelines on inclusion in education**. Paris: UNESCO, 2009.

UNITED NATIONS. **Convention on the Rights of Persons with Disabilities**. New York: United Nations, 2006.

VALENTE, J. A. **Tecnologias e educação: ensino híbrido e aprendizagem ativa**. Campinas: NIED/UNICAMP, 2014.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

WHO. World Health Organization. **World report on disability**. Geneva: WHO, 2011.

WHO. World Health Organization. **World report on vision**. Geneva: WHO, 2019.