

Uso da fabricação digital no desenvolvimento de materiais pedagógicos para pessoas com deficiência visual: uma revisão de escopo

Carvalho, Pedro Garcia de¹; Gomes, Júlia da Costa Taveira²;
Pasquarella, Luis Carlos³; Medola, Fausto Orsi⁴; Faust,
Fernanda Gomes⁵; dos Santos, Aline Darc Piculo^{6*}

1 – FAU-USP, pedrogarciacarvalho@usp.br

2 – FAU-USP, juliactgomes@usp.br

3 – Departamento de Design, FAAC-UNESP, luis.paschoarelli@unesp.br

4 – Departamento de Design, FAAC-UNESP, fausto.medola@unesp.br

5 – Departamento de Tecnologia, FAU-USP, fernandafaust@usp.br

6 – Departamento de Projeto, FAU-USP, alinedarc@usp.br

* -Correspondência: Rua do Lago, 876, Butantã, São Paulo, São Paulo, Brasil, 05508-080.

DOI 10.52050/9788579177132-23

RESUMO

O uso da fabricação digital no desenvolvimento de materiais pedagógicos para pessoas com deficiência visual vem ganhando espaço, mas ainda exige base acadêmica, principalmente quanto a processos, materiais e avaliação das soluções produzidas. O estudo mapeou e compreendeu, por meio de uma revisão de escopo, métodos e usos da fabricação digital na produção desses materiais para pessoas com deficiência visual. Identificou-se a utilização predominante da impressão 3D e do PLA, reforçando suas vantagens. Outro resultado relevante é a inclusão de usuários nos processos de desenvolvimento e/ou avaliação, destacando a importância da presença do usuário em projetos inclusivos.

Palavras-chave: Deficiência visual, fabricação digital, material pedagógico.

ABSTRACT

The use of digital fabrication on the development of pedagogical materials to people with visual impairment is gaining relevance, yet still requiring academic grounding, especially in regards to the process, material and produced solution evaluation. This study mapped and comprehended, through a scope review,

methods and uses of digital fabrication on the didactic materials production to people with visual impairment. We identified the predominant 3D printing and PLA use, reinforcing its advantages. Another relevant result is the user's inclusion in the processes of development and/or evaluation of pedagogical materials, highlighting the importance of their presence in inclusive projects.

Keywords: *visual impairment, digital fabrication, pedagogical materials.*

1. INTRODUÇÃO

A deficiência visual pode ser entendida como um intervalo, que abrange desde a visão subnormal, ou baixa visão, em que o indivíduo possui resquícios de visão, até a cegueira total, em que não se possui nenhuma visão funcional (GIL, 2000, p.6), podendo ser congênita (nascença) ou adquirida (perde-se a visão posteriormente ao nascimento).

Pessoas com deficiência visual precisam lidar com diversas dificuldades e obstáculos em suas atividades diárias e, de acordo com Miranda (2010, p.6), a falta de auxílio especializado pode influenciar o seu desenvolvimento intelectual, psicomotor e emocional. Diante disso, a inclusão desses alunos no ambiente escolar é essencial e requer uma adaptação por parte da escola para que se possa atender às suas necessidades específicas (BRAZ et al. 2012, p.69,71, apud SILVA et al. 2017), de modo que os materiais utilizados e a formação dos professores sejam adequados para uma educação acessível. Neste contexto, o desenvolvimento de materiais pedagógicos é uma iniciativa relevante para inclusão de pessoas com deficiência, pois permite que os alunos compreendam os conteúdos abordados pelos professores, desenvolvendo suas habilidades (SILVA; SOUZA, 2021) e promovendo a igualdade de condições para o acesso à educação. Apesar disso, Ribeiro e Trombetoni (2017, p.3) apontam que faltam materiais pedagógicos inclusivos nas escolas brasileiras, tornando difícil a inclusão dos alunos com deficiência visual nas aulas.

O investimento público em estudos para desenvolver tecnologias assistivas para deficientes visuais ainda não é suficiente para atender à demanda desse público, tornando os materiais, os processos de produção, as pesquisas e os equipamentos precários e feitos de forma intuitiva (DEGREAS, KATAKURA, 2016, p.6). O estudo realizado por Kauffmann (2019, p.52) indicou que a maioria dos materiais pedagógicos inclusivos utilizados são confeccionados pelos próprios professores, de maneira artesanal, como, por exemplo, livros em Braille, mapas táteis, o Soroban e objetos feitos por tecnologias de manufatura aditiva. A autora também destaca que, diante dos materiais utilizados, os objetos feitos por meio de manufatura aditiva se mostram mais vantajosos no ensino voltado às crianças com deficiência visual. De fato, Volpato, Ferreira e Santos (2007) ressaltam que

o uso de tecnologias de fabricação digital proporcionou um grande avanço no processo de desenvolvimento de produtos ao reduzir o tempo de produção e possibilitar a fabricação de peças com geometrias complexas e alto grau de precisão e acabamento. Nesse contexto, o uso dessas tecnologias como ferramentas pode contribuir no desenvolvimento de materiais pedagógicos inclusivos.

Especificamente para alunos com deficiência visual, Guimarães (2020) explica que a percepção tátil é essencial para o processo de aprendizagem. Em concordância, Moreira e Valverde (2024, P.12) destacam a oportunidade de interação entre o estudante com deficiência visual e o conteúdo ensinado gerado por meio de objetos tridimensionais. Segundo os autores, o uso desses materiais transforma a experiência das aulas, tornando-as mais participativas e atrativas, constituindo, assim, um ensino mais inclusivo. Além disso, a modelagem tridimensional combinada à manufatura aditiva proporciona a ampliação das possibilidades de personalização, oferecendo, também, maior riqueza em detalhes e maior durabilidade em comparação àqueles feitos a mão (PEREIRA JÚNIOR et al., 2025, p.16).

Dessa forma, o presente estudo buscou realizar um levantamento, por meio de uma revisão bibliográfica, sobre o uso de tecnologias de fabricação digital para o desenvolvimento de materiais pedagógicos para pessoas com deficiência visual, com o objetivo de identificar os principais materiais, processos e tecnologias empregados.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

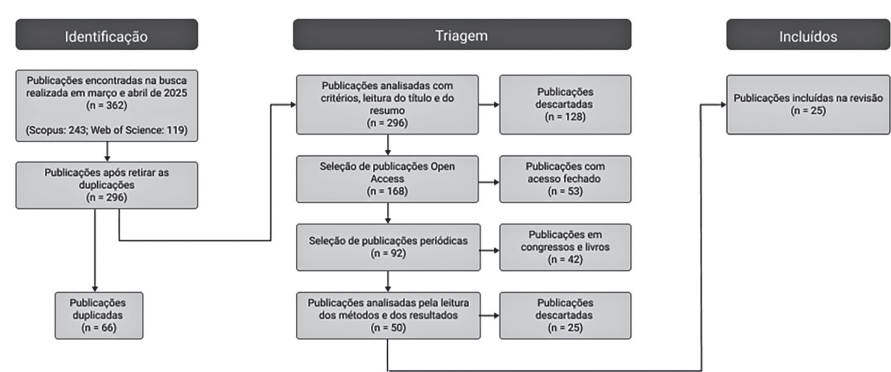
Este estudo de revisão bibliográfica foi conduzido em duas partes. Inicialmente, efetuou-se uma busca de publicações em duas bases de dados, Scopus e Web of Science, com o objetivo de compreender como a fabricação digital tem sido utilizada para o desenvolvimento de materiais pedagógicos para pessoas com deficiência visual. Para essa busca, foram realizados testes de *strings*, para encontrar a estratégia de busca que oferecesse resultados mais relevantes ao tema. Dessa forma, chegou-se ao resultado indicado pela Tabela 1.

Tabela 1 - Palavras utilizadas na string de busca

Domínio	Palavras-chave
Deficiência Visual	<i>"impaired vision" OR "sight impairment" OR "visual disability" OR "visually impaired" OR "vision loss" OR "sight loss" OR "visual impairment" OR "low vision" OR "blindness" OR "blind person" OR "Person with visual impairment" OR "BLV"</i>
Fabricação Digital	<i>"additive manufacturing" OR "3D printing" OR "3D model" OR "digital fabrication" OR "rapid prototyping" OR "advanced manufacturing" OR "fusion deposition modeling" OR "prototyping development" OR "generative design" OR "product development" OR "generative design" OR "digital manufacturing" OR "laser cut" OR "Laser machining" OR "3D materials" OR "rhinoceros" OR "fusion 360" OR "Filament" OR "DIY"</i>
Materiais pedagógicos	<i>learn* OR education* OR teach* OR pedagogy* OR didactics* OR professor* OR instructor* OR "tactile material*" OR "tactile map*" OR "tactile graphic" OR "haptic materials" OR "Interactive materials" OR "Textured materials" OR "Tactile surfaces" OR "tactile literacy" OR "Accessible Maps*" OR "Braille Literacy"</i>

Após a busca, os resultados foram exportados para o software de gerenciamento de referências Mendeley. Na segunda etapa, iniciou-se a fase de filtragem, ilustrada na Figura 1. As publicações foram analisadas, em um primeiro momento, levando em consideração a leitura do título e do resumo por dois autores, seguindo os critérios de inclusão. Foram incluídos nesta revisão apenas artigos publicados em periódicos científicos, com acesso aberto, e que descreviam o uso de fabricação digital no desenvolvimento de materiais pedagógicos voltados para pessoas com deficiência visual. Após essa etapa, as publicações foram analisadas e dados como ano de publicação, país de origem, área de conhecimento, tipo de material e características dos estudos foram extraídos.

Figura 1 - Fluxograma do processo de seleção de artigos

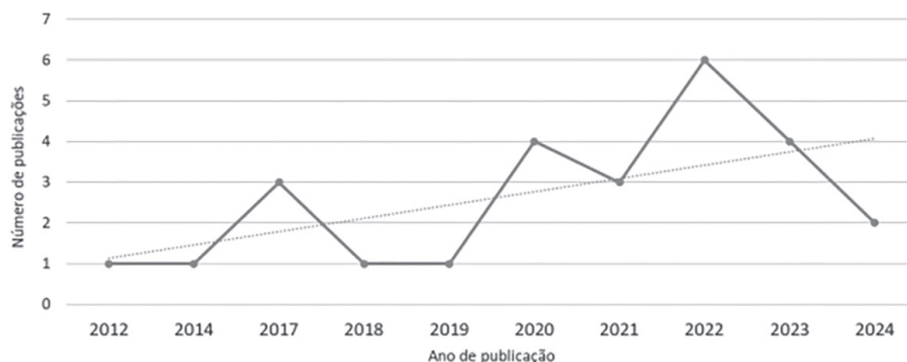


3. RESULTADOS

Como resultado da triagem, foram incluídos 25 artigos. A partir deles, foi realizada uma leitura mais detalhada a fim de se analisar os seguintes aspectos: ano de publicação, país, área do conhecimento, tipo de tecnologia utilizada, se houve estudo com usuário e seus principais resultados.

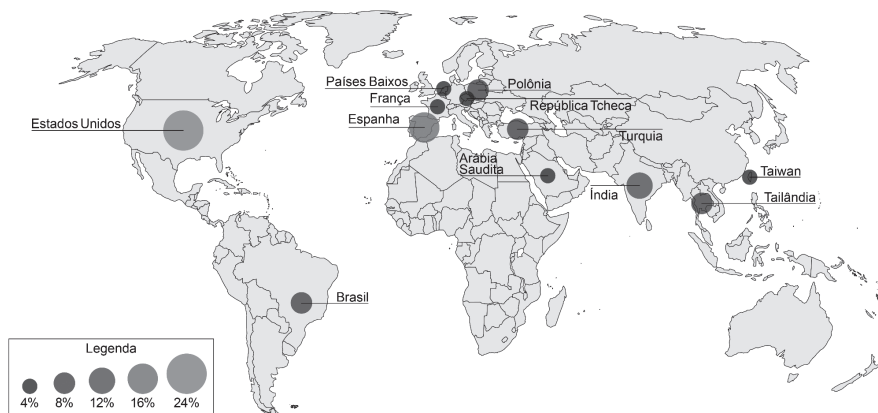
A pesquisa demonstrou um crescimento no número anual de publicações, especialmente nos últimos quatro anos, como mostra a linha de tendência na Figura 2. Além disso, nota-se que 2022 foi o ano com maior número de publicações sobre o tema, apresentando 5 publicações (20%), indicando que o assunto vem ganhando relevância no cenário acadêmico. Outro ponto que merece destaque é que o primeiro estudo identificado data de 2012, sugerindo que é um tema recente de pesquisa e desenvolvimento.

Figura 2 - Número de publicações por ano



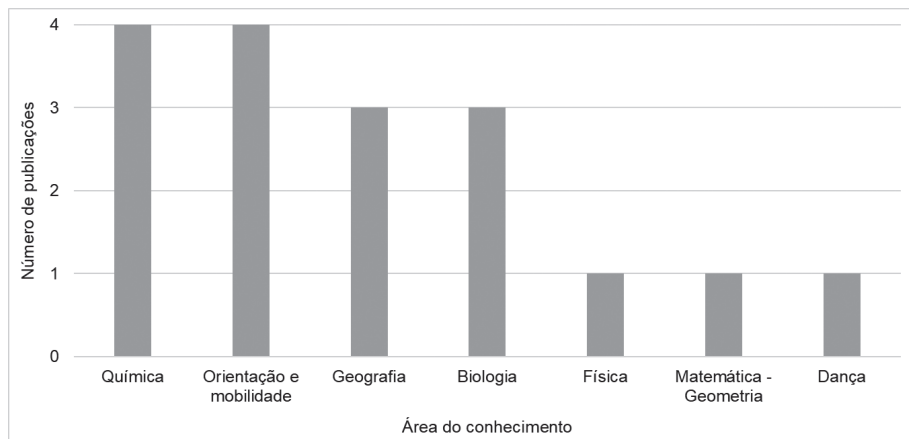
A análise geográfica de publicações revelou a distribuição pelos continentes americano, europeu e asiático, conforme ilustrado na Figura 3. Verifica-se o protagonismo dos Estados Unidos com mais de um quarto dos artigos, com 6 publicações (24%), seguido por Espanha, com 4 (16%), e Índia, com 3 (12%). Nota-se ainda, a atuação do Brasil com 2 publicações (8%), o que indica que este tema ainda é pouco explorado no âmbito nacional.

Figura 3 - Porcentagem de publicações por país



Entre as áreas do conhecimento dos conteúdos para os quais os materiais foram desenvolvidos, observou-se a predominância dos campos da Química, com o ensino da tabela periódica, e da Orientação e Mobilidade, com mapas táteis, ambos com 4 publicações (16%) cada, seguidos por Biologia e Geografia, com 3 publicações (12%) cada. Um resultado que merece destaque é que 5 publicações sobre símbolos táteis foram encontradas na última etapa da fase de Triagem, mas como não atenderam aos critérios de inclusão deste estudo, foram descartadas.

Figura 4 - Quantidade de estudos em cada área do conhecimento



Todas as publicações analisadas utilizaram a impressão 3D para o seu desenvolvimento, além de outras formas de fabricação digital utilizadas em conjunto, como fresagem CNC e corte a laser (20%). No que diz respeito aos materiais utilizados, verificou-se que o principal material utilizado para

impressão 3D foi o filamento de Ácido Polilático (PLA), presente em 52% dos artigos. Outros materiais utilizados incluem o filamento Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS), compondo 8%, o filamento condutor elétrico (PLA) e o pó cerâmico, com 4% dos artigos cada. Um resultado que merece destaque é que uma quantidade expressiva (36%) dos estudos não especificou o material utilizado, como se observa na Figura 5.



Com relação à caracterização dos estudos, 92% das publicações realizaram estudos com usuários, utilizando, na maioria (52%), coletas de dados por meio de entrevistas com usuários. O perfil dos participantes consistiu em alunos entre o ensino fundamental e o ensino médio com deficiência visual, além de professores e colegas videntes. As entrevistas, no geral, foram conduzidas em duas etapas, sendo majoritariamente semiestruturadas e de caráter qualitativo. Entretanto, entrevistas empregando métodos mistos, isto é, quantitativo e qualitativo, também foram observadas. Nessas entrevistas, a primeira etapa verificava o conhecimento prévio dos participantes ou seu desempenho diante do método de ensino tradicional, enquanto a segunda etapa verificava a efetividade do trabalho desenvolvido no estudo e coletava *feedbacks*.

4. DISCUSSÃO

Os resultados indicam que os materiais pedagógicos estão sendo fabricados, majoritariamente, por tecnologias de manufatura aditiva e utilizando o PLA como principal material. Uma possível explicação para o uso predominante do PLA é a sua composição que, além de ser de origem renovável, é atóxica (YAZIC; ISOZBILIR, 2024 p.11-12), característica que deve ser levada em conta na

fabricação de materiais com o propósito de serem manuseados. Além disso, o PLA é um material comumente utilizado em impressões 3D e, por conseguinte, seu filamento é de fácil acesso, destacando-se também pelo custo relativamente baixo (JUNTHONG et al., 2020, p.4). Por outro lado, observou-se que uma expressiva parcela dos estudos não detalhou o processo de fabricação dos modelos, não informando o tipo de material utilizado na impressão. Isso pode ser explicado pelo fato de que o enfoque de alguns estudos era, acima de tudo, pedagógico. Outra explicação se dá pela fabricação propriamente dita do modelo ter sido feita por terceiros parceiros, como observado no estudo de Smith et al. (2020, p.380) no qual foram desenvolvidos materiais manipuláveis para o ensino de química em parceria com uma empresa, responsável pela sua fabricação.

Com relação à faixa etária dos alunos, os resultados indicam a carência de projetos voltados para estudantes cegos no ensino superior, com apenas 12% dos estudos destinados a este público. Uma possível explicação pode ser atribuída ao baixo número de estudantes com deficiência visual no ensino superior. Conforme observado pela Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (PNAD), realizada em 2022, mais de 57% da população brasileira com deficiência não concluiu o ensino médio e apenas 14% está cursando o ensino superior (IBGE, 2023; GOMES, 2023). Outra possível hipótese para esse resultado é a falta de materiais pedagógicos inclusivos nas escolas que estimulem o seu desenvolvimento acadêmico, tornando o processo de entrada na universidade algo ainda mais difícil (RIBEIRO, TROMBETONI, 2017, p.3). Esses resultados evidenciam a significância do presente trabalho na sociedade.

Outro resultado que merece destaque é a coleta de dados com usuários observado na maioria dos estudos (92%), demonstrando a importância da inclusão do usuário tanto na pesquisa dos dados aplicados no desenvolvimento, quanto na avaliação dos materiais pedagógicos. Ainda com relação à inclusão de usuários nos estudos, observou-se que a maioria utilizou entrevistas como forma de coleta de dados, em geral realizadas em duas etapas. Esta estrutura foi observada no estudo de Gual (2012, p.5), em que foram conduzidas entrevistas com os participantes, uma análise de dois mapas diferentes e, por fim, a realização de tarefas para avaliar o grau de compreensão dos mapas, o que resultou no aprimoramento da interação entre usuários e mapas. Os estudos realizados com usuários também revelaram algumas diretrizes para o projeto de materiais pedagógicos para alunos com deficiência visual. Balaji e Singhal (2020, p.5) e Canaletta e Horna-Saldaña (2024, p.9) identificaram formas de aprimoramento dos modelos por meio do contraste entre as formas e as cores, para o auxílio daqueles com baixa visão. Advíncula e See (2021, p.13) explicam que aspectos de representação, como simplicidade nas formas e hierarquia

de informações contribuem para a legibilidade dos modelos. Outro ponto que merece observação, conforme explicam Brenda et al. (2022, p.13), é que modelos táteis não podem ser considerados substitutos de imagens, e demandam pré-requisitos, como alfabetização tátil e consciência espacial. Desse modo, os resultados destacam a importância dos testes com os usuários para compreender dentre as características dos conteúdos a serem apresentados, a melhor maneira de facilitar sua interpretação tátil.

Os estudos apresentaram evidências de que os modelos tridimensionais possuem potencial pedagógico, sendo eficientes para a melhor assimilação e representação de conteúdo para pessoas com deficiência visual. Mais ainda, os modelos confeccionados por impressão 3D demonstraram ser uma forma mais acessível de fabricar materiais com alta precisão, resultando em melhor reconhecimento tátil.

5. CONCLUSÕES

O presente estudo buscou realizar uma revisão sobre a utilização das tecnologias de fabricação digital para o desenvolvimento de materiais pedagógicos para pessoas com deficiência visual, com o objetivo de identificar a utilização dos principais materiais, processos e tecnologias, a partir da análise da metodologia e materiais utilizados e dos resultados, bem como sua relevância no âmbito científico.

Os estudos analisados apontam o uso da impressão 3D como uma alternativa vantajosa para o desenvolvimento desses materiais, visto que, como demonstrado nos estudos que relatam testes com usuários, possibilita, de forma mais acessível, maior riqueza de detalhes, aumentando a eficiência dos modelos desenvolvidos na representação e no ensino de conceitos. Vale destacar, ainda, a avaliação dos recursos de representação desenvolvidos para maior adequação às características do conteúdo ensinado e dos usuários.

Diante do exposto, é importante salientar que os resultados do presente estudo indicaram que o tema ainda é pouco explorado no âmbito científico, mas que vem ganhando relevância em diferentes áreas do conhecimento. Dessa forma, espera-se que este trabalho possa contribuir para a compreensão do atual cenário da produção científica acerca do tema, assim como incentivar o desenvolvimento de estudos acadêmicos na área.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com apoio da Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação da Universidade de São Paulo por meio do Edital de Apoio à Pesquisa em

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, N. S. et al. Interpretation of blind people on 3D symbols in tactile map for indoor environment | Interpretação de pessoas cegas sobre símbolos 3D em Mapa Tátil de Ambiente Indoor. *Revista Cartográfica*, [s.l.], v. 2019, n. 99, p. 95-105, dec. 2019.
- BARVIR, R. et al. Efficient Interactive Tactile Maps: A Semi-Automated Workflow Using the TouchIt3D Technology and OpenStreetMap Data. *ISPRS INTERNATIONAL JOURNAL OF GEO-INFORMATION*, Olomouc, v. 10, n. 8, p., jul. 2021.
- DEGREAS, H. N. KATAKURA, P. MAPAS TÁTEIS: ORIENTAÇÃO E MOBILIDADE EM AMBIENTE URBANO. *Revista Brasileira de Cartografia*, [s.l.], v. 68, n. 8, p. 1553-1570, out. 2016.
- DIAZ, -N. S. Human evolution in your hands. Inclusive education with 3D-printed typhological replicas. *JOURNAL OF BIOLOGICAL EDUCATION*, [s.l.], v. 57, n. 2, p. 295 - 307, mar. 2023.
- DOMINGUEZ, -R. R. et al. Modular 3-D-Printed Education Tool for Blind and Visually Impaired Students Oriented to Net Structures. *IEEE TRANSACTIONS ON EDUCATION*, [s.l.], v. 66, n. 1, p. 55 - 61, fev. 2023.
- FERREIRA, M. E. S.; SILVA L. F. C. F. The application of the rapid prototyping processes in production of tactile arrays matrices | A aplicação das tecnologias de prototipagem rápida na confecção de matrizes táteis. *Boletim de Ciências Geodésicas*, Curitiba, v. 20, n. 2, p. 411-426, jun. 2014.
- GIRAUD, S. et al. Map Learning with a 3D Printed Interactive Small-Scale Model: Improvement of Space and Text Memorization in Visually Impaired Students. *Frontiers in Psychology*, [s.l.], v. 8, p. 1-10, jun. 2017.
- GIL, M. Deficiência Visual. Brasília: MEC. Secretaria de Educação a Distância, 2000. N. 1
- GOMES, I. Pessoas com deficiência têm menor acesso à educação, ao trabalho e à renda. *Agência IBGE Notícias*, [s.l.], [s.v.], [s.n.], [s.p.], jul. 2023. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37317-pessoas-com-deficiencia-tem-menor-acesso-a-educacao-ao-trabalho-e-a-renda>. Acesso em: 23 set. 2024
- GORDY, C. L. et al. Building the lac operon: A guided-inquiry activity using 3D-printed models. *Journal of Microbiology and Biology Education*, Washington, v. 21, n. 1, p. 1-8, abr. 2020.
- GUAL, J. et al. Visual Impairment and urban orientation. Pilot study with tactile maps produced through 3D Printing. *PsyEcology*, [s.l.], v. 3, n. 2, p. 239-250. 2012.
- GUIMARÃES, M. J. S. *Design Inclusivo na Contemporaneidade: diretrizes ao desenvolvimento de materiais didáticos acessíveis a crianças cegas e com baixa visão*. 2020. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação. Bauru, 2020.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua. Pessoas com deficiência 2022*. Divulgação dos resultados gerais. [s.l.], 2023. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/0a9afaed04d79830f73a16136dba23b9.pdf. Acesso em: 23 set. 2024.

JAFRI, R. et al. A tangible user interface-based application utilizing 3D-printed manipulatives for teaching tactual shape perception and spatial awareness sub-concepts to visually impaired children. *International Journal of Child-Computer Interaction*, [s.l.], v. 11, p. 3-11, jan. 2017.

JAIN, T. et al. Fittle: A Novel Braille Toy. *Optometry and Vision Science*, [s.l.], v. 95, n. 9, p. 902 - 907, set. 2018.

JUNTHONG, N. et al. The designation of geometry teaching tools for visually-impaired students using plastic geoboards created by 3D printing. *New Educational Review*, Toruń, v. 59 , n. 1, p. 87-102. 2020.

KAPLAN, H. PYAYT, A. Development of User Feedback-Based Optimized Encoding System for 3D-Printed Tactile Maps. *DISABILITIES*, Basel, v. 2, n. 3, p. 379 - 397, jun. 2022.

KAPLAN, H. PYAYT, A. Development of the Tactile Map Creator (TMC) Application. *DISABILITIES*, Basel, v. 2, n. 1, p. 19 - 27, mar. 2022.

KARADUMAN, H. et al. Beyond “do not touch”: the experience of a three-dimensional printed artifacts museum as an alternative to traditional museums for visitors who are blind and partially sighted. *Universal Access in the Information Society*, [s.l.], v. 22, n. 3, p. 811 - 824, ago. 2023.

KAUFFMANN, A. R. *RECURSO DIDÁTICO COM ÊNFASE NO ENSINO DE CRIANÇAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL PRODUZIDO POR FABRICAÇÃO DIGITAL*. 2019. 166 p. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Design de Produto) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

MIRANDA, M. de J. C. Inclusão escolar e deficiência visual: trajetória e processo. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, Araraquara, v. 3, n. 1 e 2, p. 2-22. 2010.

MONTUSIEWICZ, J. Procedural Analysis of the Parameters of 3D Printing Technology in the Process of Manufacturing Objects for Visually Impaired People. *Advances in Science and Technology Research Journal*, Lublin, v. 16, n. 5, p. 299 - 311, nov. 2022.

MOREIRA, G. F.; VALVERDE C. Impressão 3D no processo de ensino aprendizagem de pessoas com deficiência visual. *REVISTA CADERNO PEDAGÓGICO – Studies Publicações e Editora Ltda.*, Curitiba, v. 21, n. 13, p. 01-30, dez. 2024.

NASSI-CALÒ, L. A comunidade científica está publicando (muito) mais e isso é um problema. *SciELO em Perspectiva*, [s.l.], nov. 2023. Disponível em: <https://blog.scielo.org/blog/2023/11/29/a-comunidad-e-cientifica-esta-publicando-muito-mais-e-isso-e-um-problema/>. Acesso em: 13 mai. 2025.

PEREIRA JÚNIOR, A. C. et al. Design E Arquitetura Inclusiva: Materiais E Técnicas De Maquetes Táteis Como Instrumento De Projeto Para Deficiência Visual. *IOSR Journal of Business and Management (IOSR-JBM)*, [s.l.], v. 27, n. 1, p. 10-16, jan. 2025.

PHUTANE, M. et al. Tactile Materials in Practice: Understanding the Experiences of Teachers of the Visually Impaired. *ACM TRANSACTIONS ON ACCESSIBLE COMPUTING*, [s.l.], v. 15, n. 3, p., set. 2022.

RIBEIRO, M. F.; TROMBETONI, H. H. ADAPTAÇÕES DE MATERIAIS PEDAGÓGICOS PARA DESENVOLVIMENTO TÁTIL E APOIO DA ALFABETIZAÇÃO BRAILLE NA EDUCAÇÃO INFANTIL. In: JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, n. 15 e SIMPÓSIO DE PÓS GRADUAÇÃO DO IFSULDEMINAS, n.

12, 2023, Muzambinho. 15ª Jornada Científica e Tecnológica e 12º Simpósio de Pós-Graduação do IFSULDEMINAS, 2023.

SALDAÑA, C. -H. Application of Universal Design for Learning and Digital Fabrication in the Creation of a Tool for Inclusive Teaching of the Ordering of Chemical Elements. *Journal of Chemical Education*, [s.l.], v. 101, n. 12, p. 5261 - 5271. 2024.

SEE, A. R.; ADVINCULA, W. D. Creating Tactile Educational Materials for the Visually Impaired and Blind Students Using AI Cloud Computing. *Applied Sciences*, Basileia, v. 11, n. 16, p. 1-16, ago. 2021.

SILVA, W. et al. Materiais Didáticos inclusivos para o Ensino de Química: desafiando professores em formação. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, n. XI, 2017, Florianópolis. *Materiais Didáticos inclusivos para o Ensino de Química: desafiando professores em formação*. Florianópolis, 2017.

SINGHAL, I.; BALAJI, B. S. Creating Atom Representations Using Open-Source, Stackable 3D Printed Interlocking Pieces with Tactile Features to Support Chemical Equation Writing for Sighted and Visually Impaired Students. *Journal of Chemical Education*, [s.l.], v. 97, n. 1, p. 118-124, jan. 2020.

SINGHAL, I.; BALAJI, B. S. Open-Source, Tactile 3D Printed Interlockable Tiles Incorporating Valency, Bonding, and Hybridization for Molecular Representation for Sighted and Visually Impaired Students. *Journal of Chemical Education*, [s.l.], v. 99, n. 4, p. 1708 - 1714, abr. 2022.

SMITH, D. W. et al. Effect of 3D Manipulatives on Students with Visual Impairments Who Are Learning Chemistry Constructs: A Pilot Study. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, [s.l.], v. 114, n. 15, p. 370 - 381, set. 2020.

SUCHARITAKUL, S. Educational tool kits for basic traditional Thai dancing for learners with visual impairment. *COGENT ARTS & HUMANITIES*, Cidade do Cabo, v. 10, n. 2, p. 1-10, dec. 2023.

TOENDERS, F. G. C. et al. Improving physics teaching materials on sound for visually impaired students in high school. *Physics Education*, [s.l.], v. 52, n. 5, p. 1-8, set. 2017.

VOLPATO, N; FERREIRA, C. V.; SANTOS, J. R. L. dos. *Prototipagem rápida: tecnologias e aplicações*. São Paulo: Edgard Blucher, 2007.

WABINSKI, J. et al. The Information Value of Tactile Maps: A Comparison of Maps Printed with the Use of Different Techniques. *CARTOGRAPHIC JOURNAL*, Varsóvia, v. 58, n. 2, p. 123-134, out. 2020.

WU, C. -F. et al. A Study on the Design Procedure of Three-Dimensional Printable Tactile Graphics for Individuals With Visual Impairments. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, [s.l.], v. 116, n. 4, p. 507-516, 2022.

YAZICI, F. SOZBILIR, M. Designing and evaluation of 3D materials for teaching biological systems. *JOURNAL OF BIOLOGICAL EDUCATION*, [s.l.], v. 58, n. 2, p. 460 - 482, mar. 2024.