

Ensino de desenho acessível: materiais didáticos para pessoas com deficiência visual

Piekas, Mari Ines^{*1}; Fukushima, Kenzo Piekas²;
Okimoto, Maria Lúcia Leite Ribeiro³; Teixeira, Vanessa⁴

1 – Programa de Pós-graduação em Design, UFPR, maripiekas@gmail.com

2 – Coordenação do Curso de Engenharia Mecânica, UFPR, kenzo.fukushima@gmail.com.br

3 – Departamento de Engenharia Mecânica, UFPR, lucia.demec@ufpr.br

4 – Departamento de Engenharia Mecânica, UFPR, vanessateixeira@ufpr.br

* - Correspondência: Rua General Carneiro, 460, Bairro Centro, Curitiba, Paraná, Brasil, 80060-150.

DOI 10.52050/9788579177132-33

RESUMO

A educação inclusiva demanda estratégias que considerem as múltiplas formas de percepção e aprendizagem. O estudo trata do ensino de desenho para pessoas com deficiência visual e busca desenvolver diretrizes gráficas e técnicas para desenhos táteis, visando criar material instrucional que facilite a prática e a leitura de imagens bidimensionais em relevo. Esta pesquisa, vinculada ao PPGDesign/UFPR, integra áreas como Design, Engenharia, Arte-educação e Tecnologia Assistiva, utilizando como metodologia entrevistas, focus group e testagens com usuários. Resultados parciais indicam potencialidades dos materiais utilizados e que a manufatura aditiva teve melhor aceitação, contribuindo para aprimorar discussões entre essas áreas.

Palavras-chave: impressão por manufatura aditiva, ensino de desenho, deficiência visual

ABSTRACT

Inclusive education requires strategies that consider multiple forms of perception and learning. The study deals with teaching drawing to people with visual impairments and seeks to develop graphic guidelines and techniques for tactile drawings, aiming to create instructional material that facilitates the practice and reading of two-dimensional images in relief. This research, linked to PPGDesign/UFPR, integrates areas such as Design, Engineering, Art Education and Assistive Technology, using interviews, focus

groups and user testing as methodology. Partial results indicate the potential of the materials used and that additive manufacturing was better accepted, contributing to improving discussions between these areas.

Keywords: *additive manufacturing printing, drawing teaching, visual impairment*

1. INTRODUÇÃO

A promoção da acessibilidade na educação demanda o desenvolvimento de estratégias interdisciplinares que considerem as múltiplas formas de percepção e aprendizagem. Neste contexto, a presente pesquisa, vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Design da UFPR (PPGDesign/UFPR), insere-se nos princípios da Rede de Pesquisa em Design e Tecnologia Assistiva (RPDTA), promovendo o diálogo entre Design, Arte-Educação e Engenharia.

O projeto¹ em andamento está sendo desenvolvido em parceria com o Laboratório de Ergonomia da UFPR (LabErg/UFPR), com uma equipe composta por supervisora, pesquisadora e dois alunos de iniciação científica. As testagens para o estudo contam com a utilização de materiais diversos, como tipos de papel, filamentos, clichês e recursos tecnológicos como digitalização, impressão 3D e termoformagem.

Com base em Okimoto et al. (2022), compreende-se que equipes atuantes em Tecnologia Assistiva devem adotar uma abordagem centrada no usuário, reconhecendo a pessoa com deficiência como protagonista na identificação de suas necessidades e nas decisões ao longo do processo de desenvolvimento e aplicação das soluções.

Resultados de pesquisas anteriores (Piekas, 2010, 2017) evidenciam a necessidade de aprofundamento em diretrizes voltadas à produção de materiais pedagógicos acessíveis, linguagem gráfica e metodologias para o ensino de desenho, principalmente no auxílio da decodificação do tridimensional para o bidimensional. A literatura ainda é limitada quanto a estudos que abordam procedimentos e materiais específicos nesse âmbito, a pessoas com deficiência visual (BARDISA, 1992; MAREK, 2000; CHOJECKA ET AL., 2008; CORREA SILVA, 2011; DUARTE, 2011; PIEKAS, 2017; PINHO, 2020).

Para esta investigação, foi realizado um levantamento de antecedentes e soluções similares, com o objetivo de analisar práticas já existentes. Atualmente, estão em desenvolvimento e testagem os protótipos junto a usuários finais, como professores e estudantes com cegueira congênita e baixa visão, por meio de

1 Pesquisa submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa em Ciências Humanas e Sociais da UFPR sob o número CAAE número 85036924.9.0000.0214

entrevistas semi-estruturadas e observação participante. As avaliações também estão sendo realizadas por duas especialistas em design e deficiência visual, por meio de *focus group*.

Nesse sentido, a pesquisa em andamento, tem por objetivo elencar diretrizes gráficas e técnicas que orientem a elaboração de materiais pedagógicos para o ensino de desenho no contexto da deficiência visual, propondo métricas para avaliar a acessibilidade e a inclusão decorrente da realização de desenhos, inicialmente com o estudo de linhas, figuras geométricas básicas, pictogramas de animais e de outros esquemas gráficos que possam complementar o aprendizado.

Para tanto, este texto apresentará um recorte da pesquisa no que diz respeito à elaboração e testagem dos protótipos.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Diretrizes para elaboração dos protótipos

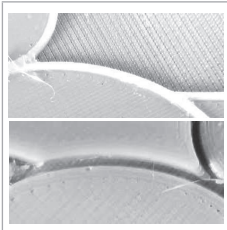
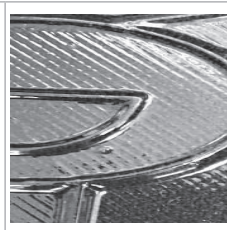
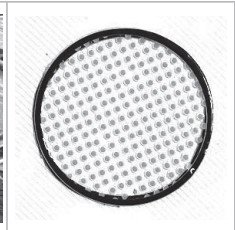
A prototipagem configura-se como uma etapa essencial no processo de design, por permitir a exploração de conceitos, a experimentação de ideias e a obtenção de feedback antes da implementação da versão final do produto. No contexto desta pesquisa, a produção dos protótipos está alinhada aos objetivos investigativos e fundamentada em diretrizes gráficas e técnicas.

As diretrizes gráficas contemplam aspectos como tipos de linhas e formas, escala e proporção, espaçamento entre os elementos do desenho, complexidade na organização das formas, presença de elementos distratores (LIMA, 2001), características da percepção tátil e uso de cores. Já as diretrizes técnicas abrangem parâmetros como o grau de relevo, qualidade tátil das linhas, variedade de texturas, tipo de suporte, formato das pranchas de desenho, acabamento das bordas, marcações de orientação e reprodutibilidade dos protótipos.

Esses critérios foram definidos com base em estudos anteriores que contribuem de maneira significativa para a presente investigação (BARDISA, 1992; MAREK, 2000; CHOJECKA ET AL., 2008; CORRÊA SILVA, 2011; DUARTE, 2011; ADAM, 2015; PIEKAS, 2017; SANCHES, 2023).

A maioria dos protótipos está sendo desenvolvida por meio de manufatura aditiva utilizando filamento PLA (Polímero Poliacido Láctico), inclusive na criação de matrizes para a testagem das pranchas táteis por meio de processos de impressão em relevo, como embossing e termoformagem. Adicionalmente, estão sendo realizadas experimentações com tipos de linhas, formas geométricas e texturas por meio da tecnologia DTF (Direct to Film), que também oferece resultados em termos de relevo (ver Quadro 1).

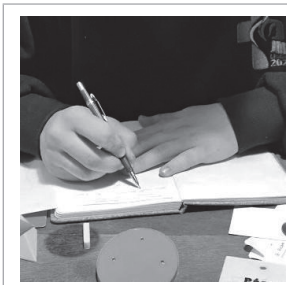
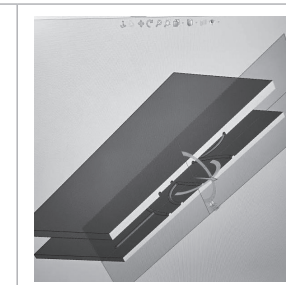
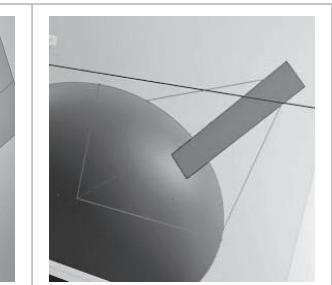
Quadro 1 - Processos de impressão realizados durante a pesquisa. Acervo da pesquisadora

			
Matrizes “macho” e “fêmea” produzidas em PLA (Polímero Polilático), por manufatura aditiva	Impressão por Embossing em papel, a partir das matrizes “macho” e “fêmea”	Impressão por Termoformagem, em acetato	Impressão por DTF sobre PVC (Policloreto de Vinila)

2.2 Modelagem das peças

O processo de elaboração das pranchas táteis evoluiu por meio de iterações incrementais, buscando otimizar a experiência tátil, a maleabilidade e a eficiência de produção. Primeiramente, após discussão e análise das anotações gráficas e do desenho técnico das primeiras peças a serem impressas, iniciou-se o trabalho de modelagem no *SolidWorks* versão *Estudante 2025*. O programa possibilitou elaborar os desenhos de acordo com as diretrizes preliminares da pesquisa, de modo ainda experimental, no sentido de se utilizar pela primeira vez, dentro do projeto como um todo, protótipos e matrizes por manufatura aditiva. O Quadro 2 mostra algumas das etapas da modelagem.

Quadro 2 - Etapas da modelagem da prancha 2D e Objeto 3D. Acervo da pesquisadora

		
Anotações e desenho técnico das peças	Modelagem da prancha 2D	Modelagem do objeto 3D

Segundo Sanches (2023, *apud* Carvalho e Volpato, 2006), o processo de fabricação das peças que utilizam a manufatura aditiva, permite a produção

automatizada e flexível de modelos físicos em 3D a partir de dados gerados em CAD.

Para as peças 2.5D, que representam a planificação tátil de formas geométricas, o design foi aprimorado, auxiliando a criança na percepção das formas básicas, na intenção de auxiliar na compreensão da decodificação do volume (3D) para o desenho (2D).

No que tange às peças 3D, as iterações focaram na aprimoração da compreensão espacial e da segurança. Inicialmente, objetos circulares, como a esfera e o elipsóide, incorporaram alguns elementos para guiar a criança na compreensão de sua versão planificada em 2.5D e em linha de relevo. Em versões subsequentes, essa abordagem foi refinada. Para os objetos com arestas retas, como o cubo e a pirâmide, as primeiras versões apresentavam pontas agudas que se mostraram desconfortáveis ao toque. Assim, na segunda iteração, as pontas foram arredondadas, garantindo um manuseio seguro e confortável para as crianças.

2.3 IMPRESSÃO DAS PEÇAS POR MANUFATURA ADITIVA

Sanches (2023), com base em Lupton e Lipps (2018), destaca que a seleção de materiais e processos de fabricação deve considerar o contexto de uso e a finalidade da imagem tátil, uma vez que esses fatores impactam diretamente o grau de detalhamento e a qualidade sensorial da peça.

Na primeira versão das pranchas bidimensionais (2D), optou-se por uma espessura robusta, cantos arredondados e desenhos compostos por linhas de contorno. O sistema Braille utilizado foi baseado nas diretrizes das normas técnicas para produção de textos em Braille (BRASIL, 2018).

Na segunda iteração, a espessura da prancha foi significativamente reduzida, com o objetivo de aumentar a flexibilidade e reduzir os custos de produção. As linhas de contorno mantiveram as mesmas dimensões, mas o Braille foi aprimorado, adotando novos espaçamentos entre os pontos e altura reduzida, o que favoreceu a legibilidade tátil.

Na terceira e última versão, a espessura da prancha foi ajustada, buscando um equilíbrio entre maleabilidade e melhor encaixe das peças planificadas em relevo (2.5D). As especificações do Braille foram mantidas conforme a iteração anterior.

Em todas as versões, a escrita em tinta seguiu o mesmo padrão de fonte, tamanho, estilo, com espaçamento e altura que assegurou legibilidade para usuários com baixa visão.

3. RESULTADOS

Até o momento, o projeto passou por uma primeira etapa de testagem, cujos dados coletados contribuíram para o avanço da pesquisa. A validação colaborativa integrou diferentes perspectivas

— especialistas, estudantes e professores — enriquecendo a análise dos materiais. Essa fase possibilitou compreender, ainda que preliminarmente, as expectativas dos alunos e da escola.

As diretrizes gráficas analisadas forneceram subsídios quanto ao espaçamento entre elementos, escala, proporção, presença de elementos distratores, percepção tátil e uso de cores. As diretrizes

técnicas, por sua vez, permitiram definir parâmetros como altura das linhas, objetos 3D e planificações 2.5D, texturas, superfícies, bordas, marcações de orientação e reprodutibilidade dos protótipos.

Entre os quatro métodos de impressão testados (manufatura aditiva, embossing, termoformagem e DTF), a manufatura aditiva destacou-se pela melhor aceitação dos participantes, especialmente em termos de tatilidade e manipulação. Esse método também se mostrou promissor para a criação de matrizes para embossing e termoformagem, embora sejam necessários novos testes.

Com base nos retornos obtidos, os protótipos estão sendo ajustados e novas peças estão em produção para revalidação. Os dados indicam que o conjunto de materiais apresenta potencial significativo para o ensino de desenho a pessoas com deficiência visual.

4. CONCLUSÕES

Considerando os objetivos da pesquisa de definir diretrizes gráficas e técnicas para a criação de materiais didáticos voltados ao ensino de desenho para pessoas com deficiência visual, os resultados obtidos até o momento apontam, de maneira parcial, que esses propósitos estão sendo alcançados por meio da elaboração e experimentação dos protótipos.

As principais contribuições incluem a criação de um conjunto de materiais com alto potencial para o ensino de desenho a pessoas com deficiência visual. A validação colaborativa, envolvendo especialistas, estudantes e professores, ampliou a análise dos protótipos e permitiu identificar expectativas preliminares de alunos e instituições. Dentre os quatro processos de impressão testados (manufatura aditiva, *embossing*, termoformagem e DTF), a manufatura aditiva obteve a melhor aceitação, especialmente quanto à percepção tátil e facilidade de manuseio. Esse processo também demonstrou potencial para gerar matrizes

para as demais técnicas, embora novas avaliações sejam necessárias. Estão sendo avaliadas diretrizes gráficas e técnicas que orientam aspectos como tipos de linha e forma, escala, espaçamento, complexidade visual, percepção tátil e uso de cor, além de parâmetros técnicos relacionados ao relevo, texturas, suporte, formato, acabamento, marcações de orientação e reprodutibilidade. Os protótipos seguem em fase de aprimoramento com base nos feedbacks recebidos, e novas versões estão em desenvolvimento para futuras validações. Recomenda-se a ampliação dos testes com manufatura aditiva para a criação de novos conteúdos didáticos voltados ao ensino de desenho. Além disso, a continuidade do refinamento dos protótipos com base no feedback dos usuários otimizará a eficácia e a experiência de uso desses materiais pedagógicos.

AGRADECIMENTOS

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq - Brasil - Mari Ines Piekas - Bolsa Pós-Doc Júnior - Processo No. 153200/2024-3

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES - Brasil - Kenzo Piekas Fukushima e Vanessa Teixeira - Bolsistas de Iniciação Científica

Centro de Atendimento Educacional Especializado Prof. Osny Macedo Saldanha - Instituto Paranaense de Cegos - Curitiba/PR

Fundação de Assistência à Criança Cega - FACE - Curitiba/PR

Engenhar - MEC / UFPR

REFERÊNCIAS

ADAM, D. L. *Premissas de criação de imagens em relevo em objetos de aprendizagem para cegos*. 2015. [Dissertação de Mestrado] - Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

BARDISA, L. *Cómo enseñar a los niños ciegos a dibujar*. Madrid: ONCE, 1992.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. *Normas Técnicas para a Produção de Textos em Braille*. Elaboração: DOS SANTOS, F. C.; OLIVEIRA, R. F. C. de. Brasília-DF, 2018, 3ª edição.

CHOJECKA, Anna et al. *Nauczanie niewiedomich dzieci rysunku. Przedwonik dla nauczyciela*. Warszawa: Towarzystwo Opieki nad Ociemniałymi - Laski, 2008.

CORREA SILVA, M. del P. *Imágenes que podemos tocar*. Santiago: Ediciones Universidad Tecnológica Metropolitana, 2011.

LIMA, F. J. de. *O efeito do treino com desenhos em relevo no reconhecimento háptico de figuras bi-dimensionais tangíveis*. 2001. Tese (Doutorado em Psicologia) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2001.

MAREK, B. *Does a stone look the way it feels? Introducing tactile graphics, spatial relations and visual concepts to congenitally blind children*. In: EUROPEAN ICEVI CONFERENCE, Cracow, 2000.

OKIMOTO, M. L. R. et al. (Orgs.). *Rede de pesquisa e desenvolvimento em Tecnologia Assistiva*. Bauru, SP: Canal 6, 2022.

PIEKAS, M. I. *Elementos da linguagem visual e ensino de desenho para crianças cegas*. 2017. 412 pág. Tese (Doutorado em Artes Visuais) - Centro de Artes, Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

PINHO, F. V. A. *A UTILIZAÇÃO DA IMPRESSÃO 3D NA EDUCAÇÃO DE ALUNOS PORTADORES DE DEFICIÊNCIA VISUAL*. In: CASTRO, Paula Almeida de (Org.). Congresso Nacional da Educação. 1. ed. Campina Grande: Editora Realize, 2020.

SANCHES, E. C. P. *Artefato de auxílio ao design de imagens audiotáteis impressas em 3D para educação inclusiva de cegos*. Curitiba: UFPR, 2023.