

Braille Blocks: manual aberto para reprodução de um recurso tátil de Tecnologia Assistiva

Cabreira, Isabela Inês Nunes¹; Góes, Anderson Roges Teixeira²

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

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

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

DOI 10.52050/9788579177132-07

RESUMO

A escassez de materiais pedagógicos acessíveis evidencia a necessidade de soluções que possam ser livremente replicadas e adaptadas para contextos educacionais diversos. Este estudo teve como objetivo desenvolver e sistematizar um manual de reprodução do Braille Blocks, recurso de tecnologia assistiva tátil. A metodologia adotada incluiu mapeamento técnico, padronização visual e produção de materiais em diferentes formatos, seguindo diretrizes normativas e princípios do Desenho Universal. Como resultado, obteve-se uma documentação clara, acessível e funcional, disponível em formatos impressos, digitais e audiovisuais. Conclui-se que a sistematização aberta contribui para a democratização das tecnologias assistivas e sua apropriação em larga escala.

Palavras-chave: Tecnologia Assistiva Educacional, Desenho Universal, Documentação Acessível.

ABSTRACT

The scarcity of accessible educational materials highlights the need for solutions that can be freely replicated and adapted to diverse educational contexts. This study aimed to develop and systematize a reproduction manual for Braille Blocks, a tactile assistive technology resource. The adopted methodology included technical mapping, visual standardization, and the production of materials in multiple formats, following normative guidelines and Universal Design principles. As a result, a clear, accessible, and functional documentation was produced, available in print, digital, and audiovisual formats. It is concluded that open systematization contributes to the democratization of assistive technologies and their large-scale appropriation.

Keywords: Educational Assistive Technology, Universal Design, Accessible Documentation.

1. INTRODUÇÃO

A Tecnologia Assistiva (TA) constitui uma área interdisciplinar voltada à promoção da funcionalidade, autonomia e inclusão de pessoas com deficiência, incapacidade ou mobilidade reduzida. Compreendendo produtos, recursos, estratégias e serviços, a TA busca minimizar barreiras no cotidiano e ampliar a participação social dos indivíduos nos mais diversos contextos (BRASIL, 2009). No âmbito educacional, a TA apresenta relevante contribuição para a promoção de condições equitativas de acesso à informação, à comunicação e à aprendizagem (BERSCH, 2017).

Apesar dos avanços em políticas públicas voltadas à inclusão escolar, estudantes com deficiência visual ainda enfrentam barreiras no acesso ao conhecimento. A ausência de recursos pedagógicos acessíveis e funcionais compromete não apenas o acesso à informação, mas também sua participação ativa nas atividades escolares (Bersch, 2017). Essa limitação pode restringir o desenvolvimento da autonomia e impactar negativamente o processo de aprendizagem desses estudantes.

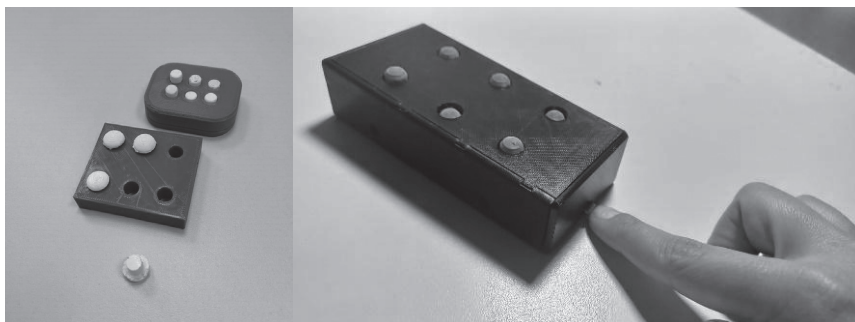
Embora existam iniciativas que visem à produção de recursos pedagógicos acessíveis, observa-se que grande parte desses recursos apresenta elevado custo de aquisição ou limitada disponibilidade no mercado, dificultando sua implementação (ZULIANI E BERGHAUSER, 2017). A escassez de alternativas viáveis e economicamente acessíveis evidencia a necessidade de desenvolvimento de soluções que, além de atenderem aos princípios da acessibilidade e da usabilidade, sejam compatíveis com a realidade das instituições escolares brasileiras.

Diante desse cenário, este artigo tem como objetivo democratizar o acesso ao *Braille Blocks*, um recurso de tecnologia assistiva, por meio da disponibilização de documentação aberta, clara e acessível, contribuindo para a ampliação do uso dele em diversos contextos educacionais, culturais e sociais.

A *Braille Blocks* incorpora um sistema de acoplamento magnético, que permite que diferentes células sejam conectadas lateralmente, ampliando suas possibilidades de uso em diferentes propostas pedagógicas, culturais e formativas.

A Figura 1 apresenta, à esquerda, a versão inicial do *Braille Blocks*, e, à direita, a versão redesenhada, na qual são perceptíveis as melhorias realizadas em termos de usabilidade, segurança, ergonomia e funcionalidade.

Figura 01 - Versão Inicial do *Braille Block* (à esquerda) e versão redesenhada (à direita)



Neste contexto, o presente artigo apresenta um relato do processo de elaboração de um manual de reprodução, que sistematiza as orientações necessárias para que qualquer pessoa, mesmo sem experiência técnica, possa replicar o recurso de forma acessível, funcional e com qualidade.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A proposta apresentada neste artigo se ancora em uma perspectiva que compreende a tecnologia assistiva não como um elemento isolado, mas como parte de um processo mais amplo de promoção da acessibilidade, da equidade e da participação social e educacional de pessoas com deficiência. Ao olhar para a produção e a circulação de recursos acessíveis, parte-se do entendimento de que a acessibilidade não se concretiza apenas na oferta de produtos, mas na garantia de que esses produtos sejam pensados, desenvolvidos e disponibilizados dentro de uma lógica que prioriza a diversidade, a autonomia e a replicabilidade.

Esse olhar se alinha aos princípios do Desenho Universal (DU) que propõem a eliminação de barreiras por meio de práticas, ambientes e recursos que sejam acessíveis desde sua concepção. Trata-se de compreender que soluções acessíveis não são respostas pontuais às deficiências, mas práticas que valorizam a diversidade humana e ampliam as possibilidades de participação de todas as pessoas (CARLETTO E CAMBIAGHI, 2007; JEREMIAS, GÓES E HARACEMIV, 2021).

No contexto das pessoas com deficiência visual, essa abordagem se materializa especialmente na produção de recursos táteis e manipulativos, fundamentais para garantir o acesso à informação, à comunicação e aos processos de construção do conhecimento. A exploração concreta, sensorial e manual não apenas viabiliza o desenvolvimento de conceitos, como também fortalece a autonomia, a participação e a inclusão, em consonância com as diretrizes da educação inclusiva (MANTOAN, 2006).

Contudo, observa-se que, mesmo reconhecendo a importância desses recursos, ainda persistem desafios significativos no que diz respeito à sua acessibilidade material. Grande parte dos materiais disponíveis é de alto custo, de difícil acesso, ou está condicionado a modelos comerciais que não dialogam com as realidades econômicas e estruturais de muitas instituições, sobretudo no contexto brasileiro (ZULIANI E BERGHAUSER, 2017).

É nesse cenário que se insere a perspectiva da cultura maker, dos processos de fabricação digital e, especialmente, da documentação aberta como práticas alinhadas à democratização da tecnologia assistiva. Essa abordagem rompe com a lógica de consumo passivo, permitindo que educadores, instituições, coletivos e indivíduos possam acessar, reproduzir e, quando necessário, aprimorar os recursos de acordo com suas demandas.

Assim, este trabalho é orientado por uma compreensão de que a produção de recursos acessíveis vai além do desenvolvimento físico do objeto. Ela passa, necessariamente, pela sistematização dos processos, pela construção de manuais claros e acessíveis, e pela disponibilização pública desses materiais, de modo que possam ser reproduzidos por qualquer pessoa, com ou sem conhecimento técnico avançado. Trata-se de um compromisso ético, político e educacional com a democratização da tecnologia assistiva.

3. METODOLOGIA

O *Braille Blocks* é um recurso pedagógico tátil composto por células modulares ampliadas, que reproduzem a estrutura da célula Braille e permitem configurar diferentes combinações de pontos em relevo. Sua manipulação possibilita a formação de letras, números e símbolos, que combinados permitem a representação tátil de sentenças, sequências numéricas e equações favorecendo processos de alfabetização e letramento por meio da exploração tátil.

A proposta de redesenho do recurso surgiu a partir da demanda de uma instituição pública de ensino, que identificou limitações nos modelos existentes de células Braille ampliadas, principalmente no que diz respeito à segurança, ergonomia e durabilidade. Diante disso, o redesenho do *Braille Blocks* foi orientado por dois princípios fundamentais: acessibilidade e reprodutibilidade. O objetivo foi desenvolver uma solução de baixo custo, de fácil reprodução e adaptada às necessidades práticas dos usuários em contextos educacionais.

O desenvolvimento do novo modelo foi pautado pelos sete princípios do Desenho Universal (CARLETTO E CAMBIAGHI, 2007), visando garantir funcionalidade inclusiva desde a concepção. O dimensionamento seguiu as recomendações da NBR 9050 (ABNT, 2015), assegurando proporções adequadas à percepção tátil. Também foi incorporado um sistema de acoplamento magnético

entre as células, ampliando as possibilidades de uso do recurso em diferentes contextos pedagógicos.

3.1 Desenvolvimento do Manual de Reprodução

A documentação técnica para a reprodução do *Braille Blocks* foi elaborada conforme a norma ABNT NBR ISO/IEC 82079-1:2023, que estabelece diretrizes para a criação de manuais claros, acessíveis e eficazes. O processo foi conduzido em etapas sistemáticas, conforme descrito a seguir:

- Mapeamento dos Componentes: identificação, nomenclatura e descrição técnica de todas as partes do *Braille Blocks*, com foco na padronização das informações e clareza terminológica.
- Levantamento de Materiais e Insumos: compilação dos elementos necessários à reprodução do recurso, incluindo arquivos digitais, materiais de impressão, componentes auxiliares, ferramentas e equipamentos.
- Definição dos Parâmetros de Impressão 3D: especificação técnica dos ajustes recomendados para a produção das peças, considerando altura de camada, preenchimento, temperatura, suportes e disposição das peças na mesa de impressão.
- Sistematização do Processo de Montagem: elaboração de uma sequência lógica e precisa para a montagem do recurso, abrangendo desde a preparação dos componentes até a verificação funcional final.
- Produção de Conteúdo Visual: criação de diagramas, registros fotográficos e vídeos demonstrativos para apoiar as instruções textuais, garantindo acessibilidade e clareza na compreensão por diferentes perfis de usuários.
- Estruturação do Manual: organização final dos conteúdos em formato de manual, com linguagem acessível, hierarquia clara de informações e recursos visuais integrados, conforme preconiza a ABNT NBR ISO/IEC 82079-1:2023.

3.2 Organização do Conteúdo do Manual

O manual foi estruturado em 7 seções, dispostas de forma progressiva para orientar todas as etapas da reprodução do recurso, desde a apresentação inicial até os cuidados de manutenção. As seções incluem: informações de segurança, descrição técnica do produto, lista de materiais, instruções de impressão e montagem, orientações de manutenção, diretrizes de licenciamento. Além de elementos gerais de um manual como identificação visual (capa/contracapa),

definição de escopo, sumário navegável, créditos e canais de comunicação. A estrutura busca garantir acessibilidade, clareza e autonomia no uso do recurso por diferentes públicos.

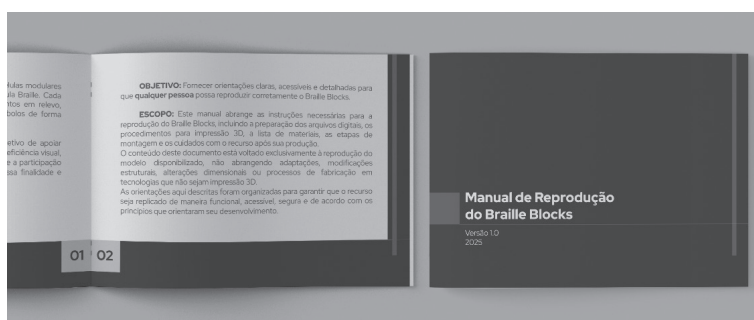
4. RESULTADOS

O principal resultado do processo metodológico foi a elaboração do Manual de Reprodução do Braille Blocks – Versão 1.0, um documento técnico estruturado para orientar a replicação autônoma do recurso. O manual é composto por seções organizadas de forma sequencial e lógica, com foco em promover autonomia, segurança e reprodutibilidade. Sua construção foi guiada por princípios de comunicação acessível, priorizando linguagem clara, organização visual (listas, tabelas e sequências numeradas) e o uso de imagens explicativas, o que contribui para sua aplicação por usuários com diferentes níveis de familiaridade técnica.

As seções do manual abrangem desde a contextualização até a finalização do processo de montagem:

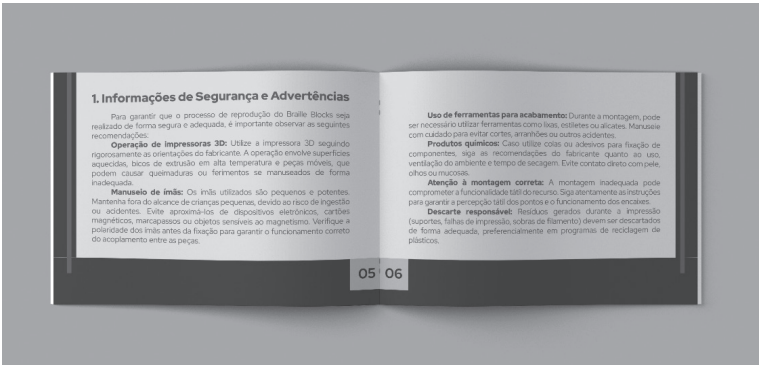
- Capa e Contracapa: identificação visual do documento, versão, ano, objetivo e escopo (Figura 02);

Figura 02 - Mockup da capa e contracapa da versão impressa do Manual



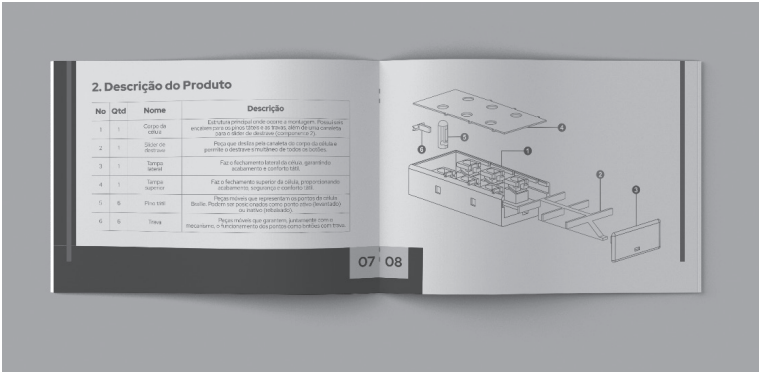
- Sumário: estrutura navegável com links interativos (na versão digital) e referências de página (na versão impressa);
- Informações de Segurança: orientações para o uso seguro de materiais e ferramentas, com atenção a riscos relacionados à impressão 3D, ímãs e elásticos (Figura 03);

Figura 03 - Mockup da seção de Informações de Segurança da versão impressa do Manual



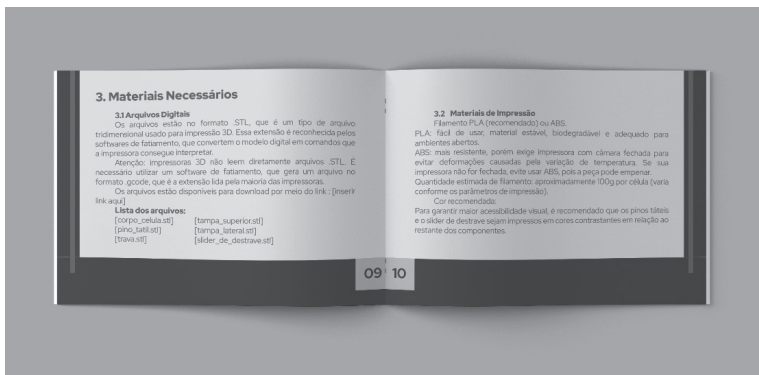
- Descrição do Produto: vista explodida ilustrativa e especificação técnica dos componentes que compõem o Braille Blocks (Figura 04);

Figura 04 - Mockup da seção de descrição do produto da versão impressa do Manual



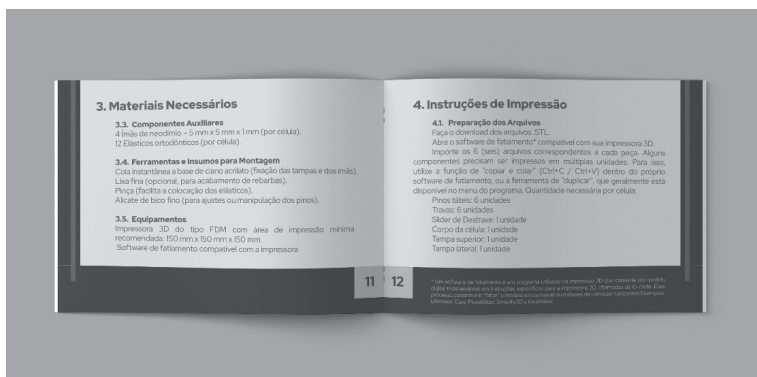
- Materiais Necessários: inventário detalhado de itens essenciais, como arquivos digitais (.STL), materiais de impressão, componentes não impressos, ferramentas e equipamentos (Figura 05);

Figura 05 - Mockup da seção de Materiais Necessários da versão impressa do Manual



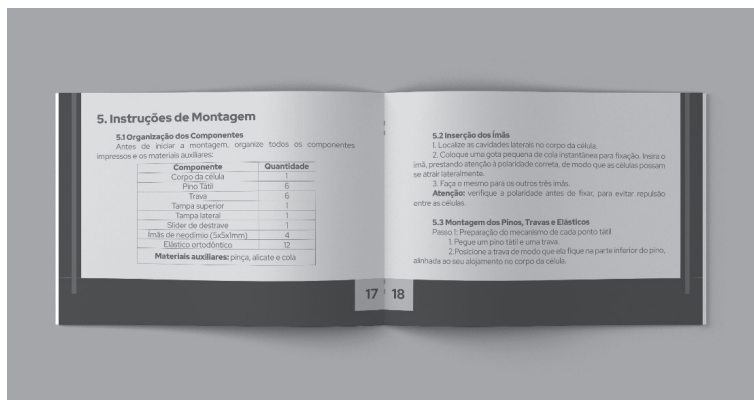
- Instruções de Impressão: parâmetros técnicos para cada etapa da impressão 3D, incluindo preparação dos arquivos, organização da mesa, configurações do fatiador e checklist pós-impressão (Figura 06);

Figura 06 - Mockup da seção de Instruções de Impressão da versão impressa do Manual



- Instruções de Montagem: passos orientados por imagens, desde a separação dos componentes até a verificação funcional da célula montada, com destaque para a polaridade dos ímãs e o encaixe correto das peças móveis (Figura 07);

Figura 07 - Mockup da seção de Instruções de Montagem da versão impressa do Manual



- Cuidados e Manutenção: recomendações para limpeza, armazenamento e substituição de partes móveis, visando à durabilidade do recurso;
- Licenciamento e Compartilhamento: explicação sobre a licença *Creative Commons* (CC BY-NC-SA 4.0) adotada, incentivando a replicação e adaptação para fins educacionais e não-comerciais.
- Créditos e Contato: reconhecimento institucional e canais de comunicação disponíveis.

A versão digital do manual foi disponibilizada em formato acessível e inclui QR Code para o *download* direto dos arquivos 3D. Além disso, foi produzido um vídeo instrucional com audiodescrição, que apresenta todas as etapas do processo de montagem do *Braille Blocks*, ampliando o alcance e a compreensão do conteúdo por diferentes perfis de usuários. A documentação consolidou os aspectos técnicos e operacionais necessários para que o recurso possa ser replicado em diferentes contextos educacionais, com alto grau de fidelidade ao projeto original.

Como resultado, obteve-se uma documentação robusta que não apenas viabiliza a reprodução do recurso com precisão técnica, mas também amplia sua aplicabilidade e acessibilidade, alinhando-se aos princípios do Desenho Universal e ao compromisso com a democratização da tecnologia assistiva.

5. DISCUSSÃO

A elaboração do manual de reprodução do *Braille Blocks* visou consolidar, de forma sistemática, o conhecimento técnico gerado durante o processo de redesenho do recurso. Esse esforço buscou assegurar que qualquer pessoa, mesmo sem familiaridade com impressão 3D, pudesse replicá-lo de maneira funcional, segura e acessível. A organização do conteúdo técnico seguiu uma

estrutura metodológica ancorada nas diretrizes da ABNT NBR ISO/IEC 82079-1:2023, priorizando clareza, precisão e navegabilidade.

O conteúdo técnico foi organizado de forma a facilitar sua utilização por diferentes perfis de usuários. Essa abordagem se alinha aos princípios do Desenho Universal, conforme proposto por Mace (apud The Center for Universal Design, 1997) e reafirmado na LBI (BRASIL, 2015), que preconiza a criação de produtos e ambientes utilizáveis por todos, sem a necessidade de adaptação posterior.

A utilização de impressão 3D como meio de produção está ancorada na lógica da cultura *maker*, que, segundo Dougherty (2012, p. 12, tradução nossa), “promove uma mentalidade de participação ativa, criatividade e aprendizagem por meio da prática, em contraste com o consumo passivo”. No contexto educacional, a fabricação digital potencializa a inclusão ao permitir a customização e a produção descentralizada de recursos específicos, promovendo soluções que atendem às necessidades dos usuários (Smith et al., 2015). Este é o caso do *Braille Blocks*, cuja disponibilização dos arquivos abertos permite a livre reprodução, uso e eventuais adaptações, contribuindo para a disseminação de práticas inclusivas sustentáveis.

Do ponto de vista da usabilidade, a estrutura do manual prioriza clareza textual, organização visual e uso de imagens ilustrativas, conforme orienta a ABNT NBR ISO/IEC 82079-1:2023, favorecendo a compreensão por usuários com diferentes níveis de letramento técnico e tecnológico. A adoção de uma licença aberta (CC BY-NC-SA 4.0) também reforça o compromisso com o acesso amplo e não comercial, alinhando-se às diretrizes de Bersch (2013) sobre a importância da disseminação de recursos assistivos para fins educacionais.

Esta primeira versão do manual foi desenvolvida considerando critérios de acessibilidade informacional, contando com uma versão física impressa, uma versão digital em PDF (compatível com leitores de tela) e um vídeo, que apresenta todas as etapas do processo, acompanhado de audiodescrição. Essa multiplicidade de formatos amplia significativamente as possibilidades de acesso, garantindo que a documentação seja funcional tanto no formato impresso quanto nos ambientes digitais e audiovisuais, em consonância com os princípios do Desenho Universal.

A experiência prática revelou ainda que o detalhamento técnico contribui não apenas para a montagem correta do recurso, mas também para a formação de professores e técnicos, ampliando as possibilidades de apropriação da tecnologia no ambiente escolar. Segundo Góes, Costa e Góes (2023), a inclusão exige não apenas recursos adequados, mas também práticas formativas que considerem a diversidade do público escolar.

Embora validado internamente, reconhece-se que a ausência de testagem formal com usuários finais limita, neste momento, a compreensão da efetividade do material em condições reais de uso. Futuras etapas devem incluir oficinas e experimentações com estudantes, educadores e técnicos para aprimorar a adequação comunicacional e funcional da documentação.

6. CONCLUSÕES

Este artigo teve como propósito democratizar o acesso ao *Braille Blocks*, um recurso de tecnologia assistiva, por meio da elaboração de um manual aberto, acessível e tecnicamente fundamentado. Considera-se que o objetivo foi atendido, resultando na produção de uma documentação que sistematiza cada etapa da reprodução do recurso, com linguagem clara, visual didático e formatos diversos, que garantem acessibilidade e reprodutibilidade.

Mais do que instruções técnicas, o manual representa uma estratégia concreta de compartilhamento de saberes, permitindo que diferentes sujeitos – com ou sem experiência técnica – se apropriem da proposta e a adaptem aos seus contextos. Trata-se de um esforço que não apenas amplia o alcance do *Braille Blocks*, mas também reforça uma ética de inclusão baseada no acesso livre à informação e à tecnologia.

A incorporação de diferentes formatos – versão impressa, PDF acessível e vídeo com audiodescrição – evidencia o compromisso com uma acessibilidade plena, que considera diferentes modos de percepção e uso. Essa multiplicidade fortalece o papel do manual como ferramenta de formação e disseminação de práticas pedagógicas inclusivas.

Contudo, esta entrega representa uma etapa dentro de um processo contínuo. Embora o material tenha sido validado internamente, não passou ainda por testagem com usuários finais. As próximas fases envolverão oficinas de validação, visando aperfeiçoar o material com base em experiências concretas e diversos perfis de usuários.

Como contribuição, o trabalho reafirma que tecnologias assistivas não devem ser privilégio de poucos, mas patrimônio comum acessível. Ao documentar e compartilhar o processo de reprodução do *Braille Blocks*, abre-se espaço para que mais sujeitos se envolvam na criação, adaptação e disseminação de recursos inclusivos, fortalecendo redes de colaboração e práticas educativas que reconhecem e valorizam a diversidade.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos*. Rio de Janeiro, 2015.

BERSCH, R. *Tecnologia Assistiva: Recursos e serviços*. 3. ed. Porto Alegre: Moradas, 2017.

BERSCH, R. A importância da Tecnologia Assistiva na educação e na vida da pessoa com deficiência. *Revista Benjamin Constant*, Rio de Janeiro, n. 42, p. 5-12, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. *Tecnologia Assistiva: Área de atuação e produtos*. Brasília: MEC/SEESP, 2009.

CARLETTO, R. C.; CAMBIAGHI, S. R. *Desenho Universal: Caminhos da acessibilidade no Brasil*. São Paulo: Annablume, 2007.

DOUGHERTY, D. The Maker Movement. *Innovations: Technology, Governance, Globalization*, v. 7, n. 3, p. 11-14, 2012.

GÓES, A. R. T.; COSTA, F. C.; GÓES, A. P. R. Desenho Universal para Aprendizagem e estudantes com deficiência visual: caminhos inclusivos para a educação básica. In: JEREMIAS, R. C. M. et al. (Org.). *Desenho Universal para Aprendizagem: diferentes perspectivas e práticas educativas*. Curitiba: CRV, 2023. p. 2991-3010.

JEREMIAS, R. C. M.; GÓES, A. R. T.; HARACEMIV, S. M. C. Desenho Universal para Aprendizagem como base para práticas pedagógicas inclusivas. In: JEREMIAS, R. C. M. et al. (Org.). *Desenho Universal para Aprendizagem: diferentes perspectivas e práticas educativas*. Curitiba: CRV, 2021. p. 3001-3017.

MANTOAN, M. T. E. *Educação Inclusiva: em construção*. São Paulo: Memnon, 2006.

SMITH, P. J. et al. 3D Printing in assistive technology: prototyping and development of devices for individuals with disabilities. *Technology and Disability*, v. 27, n. 3, p. 95-104, 2015.

THE CENTER FOR UNIVERSAL DESIGN. *The principles of Universal Design*. Raleigh: North Carolina State University, 1997.

ZULIANI, M. F.; BERGHAUSER, R. L. S. Jogos e atividades pedagógicas adaptadas para estudantes com deficiência visual: uma experiência no ensino fundamental. *Revista Benjamin Constant*, Rio de Janeiro, n. 48, p. 27-33, 2017.L