



SEÇÃO DOSSIÊ TEMÁTICO

TECNOLOGIAS ASSISTIVAS E MEDIAÇÕES PEDAGÓGICAS:
CAMINHOS PARA A EDUCAÇÃO INCLUSIVA

Acessibilidade Instrumental no ensino de Desenho Técnico: desenvolvimento e validação de um compasso adaptado via manufatura aditiva

Instrumental Accessibility in Technical Drawing teaching: development and validation of an adapted compass via additive manufacturing

Marlon Pita¹

Lucas Santos Reis²

Mariane de Jesus Batista³

Nilmar de Souza⁴

RESUMO

A democratização do acesso ao ensino superior, impulsionada pela Lei Brasileira de Inclusão, impõe o desafio da permanência acadêmica, especialmente em cursos de Engenharias, Arquitetura e Design, que demandam competências gráficas complexas. O Desenho Técnico, tradicionalmente ensinado sob uma lógica visualista, configura-se como uma barreira instrumental severa para discentes com cegueira ou baixa visão devido à escassez de instrumentos adaptados que traduzam conceitos geométricos para a modalidade tátil-cinestésica. Este estudo objetivou desenvolver e prototipar um compasso acessível utilizando a manufatura aditiva como vetor de democratização da Tecnologia Assistiva. A metodologia adotou a abordagem de desenvolvimento focada no usuário, estruturando-se em ciclos iterativos de análise de contexto, design e avaliação prática. Partindo de um *benchmarking* que confirmou a inexistência de soluções comerciais e da seleção de um modelo *open source* em repositórios digitais, aplicou-se uma Matriz Morfológica para definição de requisitos, seguida de modelagem paramétrica em software CAD e impressão 3D em PLA. Os resultados dos primeiros ciclos de prototipagem revelaram limitações técnicas críticas: a resolução da impressão FDM em peças de dimensões reduzidas tornou a leitura da numeração em braille inviável devido à falta de espaço físico e definição tátil. As iterações projetuais levaram à incorporação de uma ponta

1 Graduando em Engenharia de Tecnologia Assistiva e Acessibilidade
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB
E-mail: marloncoelho@aluno.ufrb.edu.br

2 Mestrando em Educação Científica, Inclusão e Diversidade
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB
E-mail: lucasreis@ufrb.edu.br

3 Mestranda em Educação Científica, Inclusão e Diversidade
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB
E-mail: marianebatista@aluno.ufrb.edu.br

4 Professor Adjunto, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB
Doutor em Mecatrônica, Universidade Federal da Bahia
E-mail: nilmar@ufrb.edu.br



seca fixa para garantir estabilidade no manuseio monomanual e, disruptivamente, à remoção total do braille em favor de um sistema intuitivo de contagem de furos. A validação final com o usuário confirmou que a simplificação do design aumentou a eficácia, permitindo a execução autônoma de circunferências. Conclui-se que a integração entre Design Centrado no Usuário e impressão 3D viabiliza a produção descentralizada de Tecnologia Assistiva de baixo custo, superando lacunas mercadológicas. O estudo demonstra que a Acessibilidade Instrumental efetiva não depende da complexidade tecnológica, mas da adequação ergonômica às necessidades reais de percepção háptica do usuário, promovendo a equidade no aprendizado espacial.

Palavras-chave: Tecnologia Assistiva. Desenho Técnico Acessível. Design Centrado no Usuário. Impressão 3D. Inclusão no Ensino Superior.

ABSTRACT

The democratization of access to higher education, driven by the Brazilian Inclusion Law, has brought new challenges related to academic retention and participation, particularly in Engineering, Architecture, and Design programs, which require complex graphical skills. Technical Drawing, traditionally taught through a predominantly visual approach, represents a significant instrumental barrier for students who are blind or have low vision, mainly due to the scarcity of adapted tools capable of translating geometric concepts into tactile-kinesthetic representations. This study aimed to develop and prototype an accessible compass using Additive Manufacturing as a means of democratizing access to Assistive Technology. The methodology adopted a user-centered development approach, structured around iterative cycles of contextual analysis, design, and practical evaluation. Based on a benchmarking process that confirmed the lack of commercially available solutions and on the selection of an open-source model from digital repositories, a Morphological Matrix was applied to define design requirements, followed by parametric modeling in CAD software and 3D printing using PLA. The results of the initial prototyping cycles revealed critical technical limitations: the resolution of Fused Deposition Modeling (FDM) printing in small-scale components made Braille numbering impractical due to insufficient physical space and inadequate tactile definition. Subsequent design iterations led to the incorporation of a fixed needle point to ensure greater stability during one-handed use and, more significantly, to the complete removal of Braille in favor of an intuitive hole-counting system. Final user validation confirmed that simplifying the design increased its effectiveness, enabling the autonomous construction of circles. It is concluded that the integration of User-Centered Design and 3D printing enables the decentralized production of low-cost Assistive Technology, helping to address gaps in the commercial availability of adapted instruments. The study demonstrates that effective Instrumental Accessibility does not depend on technological complexity, but rather on ergonomic adequacy to the user's actual haptic perception needs, thereby promoting equity in spatial learning.

Keywords: Assistive Technology. Accessible Technical Drawing. User-Centered Design. 3D Printing. Inclusion in Higher Education.

Introdução

A construção de uma sociedade inclusiva pressupõe a superação das barreiras históricas, sociais, culturais, atitudinais, comunicacionais, tecnológicas e arquitetônicas que restringem a participação das pessoas com deficiência e comprometem seu acesso, em igualdade de condições, aos bens educacionais, culturais, sociais e tecnológicos. Nesse contexto, a Lei nº 13.146/2015, denominada Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (LBI), constitui um marco ao compreender a deficiência não como atributo individual ou condição corporal



isolada, mas como resultado da interação entre impedimentos de longo prazo e as barreiras presentes no meio social, capazes de limitar a participação plena e efetiva do indivíduo na sociedade (Brasil, 2015).

Essa concepção decorre de uma transformação histórica na compreensão da deficiência, pois, enquanto o modelo médico tradicional a interpretava como uma condição inerente ao indivíduo, concentrando as intervenções na cura, reabilitação ou adaptação da pessoa, o modelo social passou a evidenciar que a exclusão também é produzida pelas estruturas e barreiras de uma sociedade pouco preparada para acolher a diversidade humana (Delgado Garcia; ITS Brasil, 2017).

Embora o modelo social tenha representado uma importante ruptura com a concepção estritamente biomédica, a compreensão contemporânea avança para uma abordagem biopsicossocial, incorporada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) na Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF). Nessa perspectiva, deficiência e funcionalidade são compreendidas como fenômenos multidimensionais e dinâmicos, resultantes da interação entre condições de saúde, características individuais, atividades, participação e fatores ambientais que podem atuar como barreiras ou facilitadores. Assim, o modelo biopsicossocial reconhece aspectos corporais, pessoais e sociais e evidencia que a ampliação da autonomia, da funcionalidade e da participação depende tanto de intervenções direcionadas à pessoa quanto de transformação dos ambientes e das práticas sociais, perspectiva que fundamenta a LBI e reforça a necessidade de ambientes acessíveis e responsivos (Brasil, 2015; Delgado Garcia; ITS Brasil, 2017).

No cenário educacional, especialmente no ensino superior, políticas afirmativas como a Lei nº 13.409/2016 (Brasil, 2016), que ampliaram significativamente o ingresso de estudantes com deficiência nas universidades federais e democratizaram o acesso, revelam um novo desafio: a garantia de condições equitativas para a permanência e o êxito acadêmico. A presença do estudante em sala de aula não assegura a inclusão se os processos de ensino e aprendizagem juntamente com os recursos didáticos permanecerem inalterados e concebidos exclusivamente para uma lógica visualista.

Essa disparidade torna-se evidente em componentes curriculares de natureza gráfica, como o Desenho Técnico, comuns às Engenharias, Arquitetura e Design. Na matriz curricular dos cursos da área STEM⁵, a Expressão Gráfica não se configura apenas como uma disciplina instrumental, mas como a linguagem gráfica universal com aplicação na indústria e na construção civil, por meio do Desenho Técnico. A partir dele, ideias abstratas ganham forma,

⁵ Campo interdisciplinar que une *Science* (Ciência), *Technology* (Tecnologia), *Engineering* (Engenharia) e *Mathematics* (Matemática).



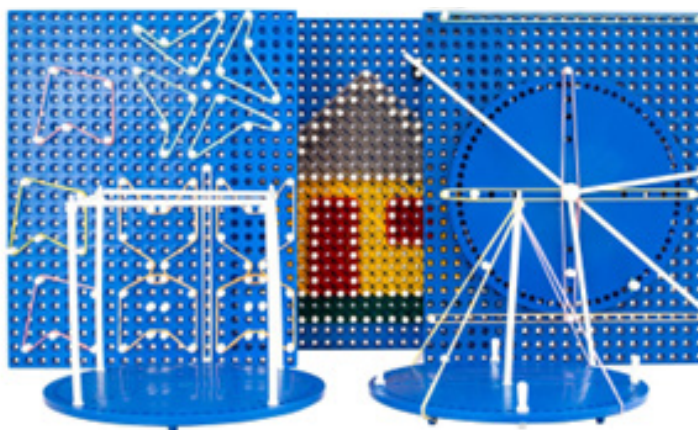
dimensões e especificações técnicas rigorosas, permitindo a comunicação precisa entre o projetista e a execução. O domínio deste componente exige do discente o desenvolvimento de uma percepção espacial, capacidade de abstração e o entendimento de normas padronizadas, como as da ABNT, para representar objetos tridimensionais em superfícies bidimensionais.

Contudo, a metodologia tradicional de ensino desta disciplina é alicerçada quase que exclusivamente na percepção visual. O aprendizado depende da interpretação de linhas, hachuras, vistas e cortes que, embora padronizados, pressupõem a visão como único canal de entrada de informação. Essa característica cria um paradoxo na educação inclusiva, na qual a mesma ferramenta que viabiliza a materialização de projetos para engenheiros videntes pode se tornar uma barreira para aqueles com perda visual, caso não haja mediação dos recursos de tecnologia assistiva para o apoio no processo formativo.

Considerando os aspectos da pessoa com perda visual, percebe-se uma evolução quanto ao seu conceito, visto que se inicia de um paradigma estritamente médico, pautado apenas na mensuração da acuidade e campo visual, para uma abordagem multidimensional que considera a funcionalidade do sujeito. Embora o arcabouço legal brasileiro, notadamente o Decreto nº 5.296 (Brasil, 2004), utilize critérios quantitativos para diferenciar a cegueira (acuidade igual ou menor que 0,05) da baixa visão (entre 0,3 e 0,05), é fundamental incorporar o conceito de "visão funcional". Segundo Bruno (2009), a avaliação da deficiência não deve se limitar à integridade anatômica do olho, mas focar na eficiência visual, ou seja, na capacidade do indivíduo de utilizar seu resíduo visual para planejar e executar tarefas cotidianas e escolares. Além disso, a legislação recente avançou ao reconhecer, por meio da Lei nº 14.126 (Brasil, 2021), a visão monocular como deficiência sensorial para todos os efeitos legais, admitindo que a perda da estereopsia (visão de profundidade) e a restrição de campo periférico constituem barreiras significativas.

Em consonância com essa perspectiva, no contexto escolar, o estudante com deficiência visual precisa compreender conceitos geométricos complexos, como tangência, concordância e projeção ortogonal, por meio da tradução da informação visual para a modalidade tátil-cinestésica. O objetivo dessa técnica não é apenas oferecer uma imagem em relevo, mas garantir que o estudante compreenda a lógica matemática por trás das formas por meio do toque e do movimento. Para viabilizar essa tradução, é indispensável o uso de ferramentas básicas como o Multiplano (Figura 1), que permite ao estudante montar e sentir o relevo instantaneamente, além de materiais maleáveis como barbantes, colas em relevo e massinhas de modelar, que possibilitam a criação de curvas reposicionáveis e texturas diferenciadas.

Figura 1. Exemplos do uso do Multiplano



Fonte: Multiplano (2026).

Descrição da imagem: Sistema modular de placas perfuradas demonstrando construções geométricas bidimensionais com fios coloridos (à esquerda e ao centro) e montagens espaciais tridimensionais com hastes e bases circulares (à esquerda e à direita).

A compreensão da formação da imagem mental exige considerar as particularidades dos processos cognitivos associados às diferentes modalidades sensoriais, uma vez que a percepção visual e a exploração tátil mobilizam formas distintas de apreensão e representação das informações. Guimarães (2021) demonstra que, enquanto a visão oferece uma percepção distal, global e simultânea do objeto, o tato exige uma exploração sequencial, analítica e fragmentada. Nesse processo, para a construção da imagem mental espacial, o estudante cego ou com baixa visão necessita realizar o que Klatzky e Lederman (1993 *apud* Vigata, 2016) definem como “procedimentos exploratórios”: tocar parte por parte, memorizar a posição de cada elemento e, com maior demanda cognitiva, integrar essas informações sucessivas para compreender o objeto.

Conforme alerta Vygotsky (1997) sobre o risco do “verbalismo”, a dependência exclusiva da descrição verbal de terceiros priva o discente da autonomia indispensável para a construção real do seu próprio conhecimento espacial, limitando, conseqüentemente, o seu pleno desenvolvimento acadêmico e profissional. Sem instrumentos pedagógicos e recursos de tecnologia assistiva adequados que viabilizem essa exploração ativa e tátil, o estudante é colocado em uma posição de passividade.

Nas disciplinas de Expressão Gráfica, a ausência de instrumentos adaptados, como compassos, esquadros e transferidores táteis, constitui uma barreira instrumental que limita a participação e a autonomia de estudantes cegos. Essa questão relaciona-se à acessibilidade instrumental, definida por Sasaki (2009) como a superação de barreiras presentes nos instrumentos, ferramentas, utensílios e equipamentos utilizados nos contextos de estudo, trabalho e lazer. Essa lacuna no mercado leva o estudante cego a depender de descrições verbais ou



de materiais pré-fabricados pelo professor, impedindo o desenvolvimento da autonomia na construção gráfica.

A escassez comercial desses produtos justifica-se, muitas vezes, pela lógica de mercado que compreende este público como um nicho pequeno e pouco lucrativo. Diante disso, a Tecnologia Assistiva (TA) encontra na manufatura aditiva (impressão 3D) um vetor de democratização e personalização. A impressão 3D permite a prototipagem rápida e a fabricação de dispositivos sob medida com baixo custo e adaptabilidade às necessidades do usuário. Diferente da produção em massa, a manufatura aditiva possibilita um design iterativo, em que o usuário participa ativamente do desenvolvimento e aprimoramento do produto, garantindo que a solução não seja apenas funcional, mas utilizável.

A Tecnologia Assistiva abrange qualquer produto, instrumento, estratégia, método ou serviço que promova a funcionalidade e autonomia de pessoas com deficiência. Conforme definem Sartoretto e Bersch (2017), a TA deve ser compreendida não apenas como o recurso físico, mas como um arsenal de recursos e serviços que contribuem para proporcionar ou ampliar habilidades funcionais de pessoas com deficiência e, consequentemente, promover vida independente e inclusão.

Contudo, a materialização desse conceito ainda enfrenta barreiras mercadológicas e socioeconômicas no contexto brasileiro, uma vez que parte dos recursos de TA, sobretudo aqueles de alta tecnologia, apresenta custos elevados e dependência de produtos importados, circunstâncias que podem restringir o acesso a esses dispositivos (Bastos *et al.*, 2023; Alonso *et al.*, 2026). Diante dessas limitações, a fabricação digital e a manufatura aditiva apresentam-se como alternativas capazes de favorecer modelos de produção distribuída, nos quais os processos de fabricação podem ocorrer em menor escala e mais próximos dos locais de utilização dos produtos, contribuindo para maior flexibilidade produtiva e possibilidade de personalização (Perez; Santos, 2018).

Nesse contexto, a articulação entre a modelagem paramétrica em sistemas CAD (*Computer-Aided Design*), realizada por meio de softwares de modelagem como o Fusion 360, e a fabricação aditiva por extrusão de material, a exemplo da tecnologia FDM (*Fused Deposition Modeling*), constituem uma abordagem capaz de favorecer o desenvolvimento e a prototipagem de soluções tecnológicas em pequenos lotes ou unidades individualizadas, com flexibilidade geométrica e menores custos associados à produção de ferramental específico (Volpato, 2017; Rodrigues *et al.*, 2017; Giordano; Zancul; Rodrigues, 2016).

No campo da TA, essas características assumem particular relevância, pois possibilitam o desenvolvimento de dispositivos personalizados e passíveis de ajustes sucessivos às características anatômicas, funcionais e ergonômicas dos usuários, ao mesmo tempo que



apresentam potencial para redução do tempo e dos custos de fabricação quando comparados a determinados processos convencionais (Santos; Brendler, 2024; Franco; Gonçalves, 2025).

A crescente disseminação das tecnologias de fabricação digital tem contribuído para a descentralização dos processos de desenvolvimento de produtos, possibilitando que atividades anteriormente concentradas em estruturas industriais sejam realizadas em laboratórios universitários, Fab Labs, *makerspaces* e outros ambientes de fabricação pessoal e colaborativa. Nesse cenário, a ampliação do acesso a equipamentos de fabricação digital e a difusão de soluções de código aberto favorecem modelos de produção, nos quais diferentes agentes podem participar do desenvolvimento, da adaptação e da fabricação de produtos em escala local (Da Costa Junior; Santos; Tenorio, 2022; Scheeren, 2021). Entre os materiais empregados na tecnologia de modelagem por deposição fundida, destaca-se o ácido polilático (PLA), polímero biodegradável amplamente utilizado na impressão 3D em razão de características relacionadas à sua processabilidade, aplicabilidade na fabricação de protótipos e dispositivos funcionais (Pereira *et al.*, 2021).

A natureza digital do processo de projeto permite, ainda, que alterações identificadas durante as etapas de avaliação sejam incorporadas diretamente ao modelo tridimensional, possibilitando a fabricação de novas versões sem a necessidade de produção de ferramental específico. Além da descentralização física da fabricação, o caráter digital dos modelos tridimensionais amplia as possibilidades de circulação e compartilhamento dos projetos. Repositórios digitais e plataformas de compartilhamento de arquivos, como o *Thingiverse* e o *MakerWorld*, permitem que modelos sejam disponibilizados, reproduzidos e, quando suas respectivas licenças o autorizam, modificados por comunidades situadas em diferentes localidades. Essa dinâmica fortalece práticas associadas à fabricação e produção colaborativa, uma vez que soluções desenvolvidas localmente podem ser adaptadas e aperfeiçoadas em outros contextos, ampliando o potencial de disseminação de recursos de tecnologia assistiva (Scheeren, 2021; Da Costa Junior; Santos; Tenorio, 2022).

Diante do exposto, este artigo apresenta o desenvolvimento e a prototipagem de um compasso adaptado para um estudante com deficiência visual. O projeto, vinculado à Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), utilizou modelagem computacional e impressão 3D em PLA para criar um dispositivo que dispensa a leitura visual de escalas, substituindo-a por gabaritos táteis. A pesquisa se justifica com base na Lei Brasileira de Inclusão (Brasil, 2015), a qual reforça que a educação inclusiva deve prover “adaptações razoáveis” e recursos de tecnologias assistivas que ampliem as habilidades funcionais dos estudantes. Portanto, o desenvolvimento de um compasso adaptado não é apenas uma inovação técnica, mas uma resposta direta à exigência legal e social de promover equidade no acesso aos instrumentos de aprendizado, mitigando a evasão escolar decorrente da falta de infraestrutura pedagógica adequada.



2 Processo metodológico

A metodologia adotada neste estudo fundamentou-se na abordagem do *Design Thinking*, caracterizada pela compreensão das necessidades dos usuários, pela geração colaborativa de ideias e pela experimentação de soluções por meio de processos iterativos de prototipagem e avaliação. Essa abordagem favorece a construção de soluções orientadas à experiência humana, uma vez que incorpora, desde as etapas iniciais do desenvolvimento, a observação do contexto, a identificação de necessidades e a participação dos sujeitos envolvidos no problema investigado (Vianna *et al.*, 2012).

O *Design Thinking* estrutura-se em cinco etapas voltadas à compreensão do problema e ao desenvolvimento de soluções centradas nas necessidades dos usuários. Inicialmente, realiza-se a etapa de imersão, destinada à compreensão do contexto, das experiências e das demandas dos sujeitos envolvidos. Em seguida, ocorre a definição do problema, na qual as informações coletadas são sistematizadas para delimitar os principais desafios e requisitos do projeto. A etapa subsequente, de ideação, corresponde à geração e à análise de possíveis soluções, considerando critérios de funcionalidade, viabilidade e adequação ao usuário. Posteriormente, na prototipação, as ideias selecionadas são materializadas em modelos passíveis de experimentação e avaliação. Por fim, o período de testes possibilita verificar o desempenho da solução, identificar limitações e realizar os ajustes necessários, podendo o processo retornar a etapas anteriores até que se alcance uma configuração mais adequada ao objetivo proposto (Vianna *et al.*, 2012).

Na primeira etapa, correspondente à “Imersão”, foram realizados ciclos de observação e interação com o usuário, com o propósito de compreender de maneira mais aprofundada suas necessidades, dificuldades e estratégias preferenciais de utilização. Esse processo possibilitou identificar aspectos funcionais relevantes e estabelecer requisitos preliminares para orientar o desenvolvimento do recurso de Tecnologia Assistiva. Paralelamente, realizou-se um levantamento de soluções disponíveis no mercado (*benchmarking*), abrangendo estabelecimentos especializados na comercialização de produtos destinados a pessoas com deficiência visual, entre os quais foram consultadas as lojas Ampla Visão, Civiam, Mobi Brinck e Loja Inclusiva Digital.

A pesquisa concentrou-se em instrumentos utilizados em atividades geométricas, especialmente réguas, esquadros, transferidores e compassos adaptados. Embora tenham sido identificados diferentes recursos acessíveis destinados ao ensino e à realização de construções geométricas, não foi localizado, durante o período da prospecção, um modelo de compasso adaptado que atendesse às necessidades identificadas junto ao usuário. Esse resultado evidenciou uma lacuna entre a demanda observada e as soluções encontradas no levantamento realizado.



Diante da ausência de uma solução comercial, a investigação foi ampliada para repositórios digitais de modelos destinados à fabricação por impressão 3D. Nessa etapa, realizou-se uma consulta na plataforma *Thingiverse*, repositório aberto de compartilhamento de arquivos tridimensionais, empregando-se o descritor “compass” como termo de busca. O levantamento teve como finalidade identificar modelos previamente desenvolvidos que pudessem fornecer referências conceituais, funcionais ou construtivas para o processo de ideação e para o posterior desenvolvimento de um compasso adaptado às necessidades do estudante.

Na segunda etapa, ocorreu a “Definição do Problema” com base nas informações coletadas na etapa de imersão, em que se procedeu à organização e interpretação dos dados para uma definição do problema. Este momento permitiu delimitar o escopo do projeto, focando na decomposição funcional do compasso (fixação, traçado e ajuste de raio) e estabelecendo requisitos técnicos de segurança e feedback tátil, essenciais para a autonomia do usuário com cegueira.

Com o terceiro estágio, correspondente à “Ideação”, buscou-se ampliar o conjunto de possibilidades de solução para o problema previamente delimitado. Para estruturar esse processo, utilizou-se a Matriz Morfológica, ferramenta que permitiu organizar e combinar sistematicamente os principais parâmetros funcionais do compasso com diferentes alternativas construtivas. Esse procedimento favoreceu a geração e a análise de distintas configurações de projeto, orientadas pelos requisitos funcionais e de acessibilidade identificados nas etapas anteriores.

No quarto estágio, denominado “Prototipagem”, com as soluções definidas por meio da Matriz Morfológica, foi idealizada uma representação física inicial do produto, possibilitando observar de forma concreta sua forma, suas dimensões e seu funcionamento. Para isso, o modelo foi desenvolvido em ambiente CAD, utilizando o software *Autodesk Fusion 360*, e posteriormente fabricado por meio de manufatura aditiva, com impressão 3D em filamento de PLA. Essa etapa permitiu avaliar preliminarmente aspectos relacionados à geometria, ao encaixe dos componentes e ao funcionamento do compasso, além de possibilitar a identificação de ajustes necessários antes da etapa de validação com o usuário.

Na etapa final, denominada “Testes”, o protótipo foi avaliado em situação de uso pelo estudante participante da pesquisa, que era o único aluno com cegueira matriculado no componente curricular Desenho Técnico durante o período de aplicação do compasso adaptado. Em razão dessa condição e da disponibilidade do participante, a validação foi realizada com um único usuário, aspecto que deve ser considerado como uma limitação do estudo. Além disso, não foram identificados outros modelos de compassos acessíveis disponíveis no mercado que permitissem a realização de testes comparativos. A avaliação teve como obje-



tivo verificar se a solução desenvolvida atendia às necessidades relacionadas à usabilidade, à funcionalidade e à eficiência durante a execução das atividades propostas.

Assim, pode-se compreender que a interação do estudante com o protótipo permitiu identificar aspectos que necessitavam de aperfeiçoamento, conduzindo a modificações no projeto. Entre os ajustes realizados, destacou-se a substituição das marcações em braille por um sistema tátil baseado na contagem de furos, considerado mais adequado à forma de utilização observada durante os testes. Esse processo evidenciou o caráter iterativo do *Design Thinking*, no qual as avaliações realizadas ao longo do desenvolvimento orientam sucessivos refinamentos da solução. Dessa maneira, o percurso metodológico não se restringiu à fabricação do dispositivo, mas incorporou a participação do usuário no processo de desenvolvimento, aproximando-se de uma perspectiva de co-design, na qual experiências, percepções e necessidades do indivíduo contribuíram diretamente para as decisões projetuais.

3 Resultados e discussões

Em resposta à metodologia apresentada, iniciou-se na etapa de imersão com os ciclos de observação e interação com o usuário que permitiram identificar necessidades diretamente relacionadas ao manuseio do compasso em atividades geométricas, especialmente no que se refere à orientação tátil, à estabilidade do instrumento durante o uso e à definição do raio de forma autônoma. Verificou-se que a ausência de referências visuais exigia a adoção de mecanismos capazes de fornecer informações perceptíveis pelo tato, de modo a favorecer a compreensão do posicionamento e do funcionamento do instrumento.

A análise da forma de interação do estudante com o compasso em sala de aula evidenciou uma solução simples, intuitiva e compatível com suas estratégias habituais de exploração tátil. A partir dessas observações, foram definidos como requisitos preliminares do projeto: i) a segurança durante o manuseio; ii) a estabilidade do ponto de apoio; iii) a facilidade de ajuste do raio; e iv) a presença de elementos táteis que auxiliassem o usuário a reconhecer e a controlar as configurações do compasso sem depender de auxílio visual.

Esses requisitos orientaram as etapas subsequentes, uma vez que viabilizaram transformar as necessidades observadas em requisitos do produto. Dessa forma, a participação do usuário mostrou-se determinante para direcionar as decisões projetuais, contribuindo para que o recurso de TA fosse concebido a partir das condições reais de uso e das particularidades identificadas durante a interação com o instrumento.

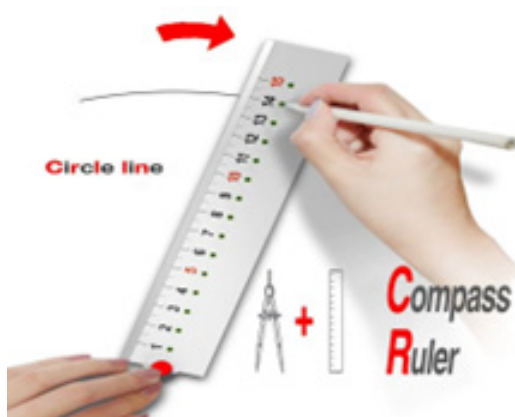
A partir dos requisitos estabelecidos, buscou-se identificar um modelo de compasso adaptado no *Thingiverse*, repositório digital de arquivos tridimensionais gratuitos. Considerando que a maior parte dos itens disponíveis na plataforma é identificada por termos

em inglês, optou-se, inicialmente, pela utilização do descritor “*compass*” durante a busca. A busca retornou mais de 10.000 resultados; contudo, observou-se baixa especificidade em relação ao objeto investigado, uma vez que, entre os resultados apresentados na primeira página, apenas 3 das 20 respostas possuíam relação direta com a temática da pesquisa.

Diante da elevada quantidade de ocorrências não pertinentes, optou-se pelo refinamento da estratégia de busca mediante a associação do descritor inicial a outros termos capazes de aumentar a proporção de resultados relevantes por página. A análise dos primeiros resultados indicou que os modelos mais próximos da proposta investigada associavam os termos “*compass*” e “*ruler*”. Assim, essa combinação passou a ser utilizada nas etapas subsequentes da prospecção no repositório digital.

Entre os modelos identificados durante a prospecção, selecionou-se como principal referência conceitual o compasso do tipo régua (*Ruler+Compass*) (FP-Creator, 2016). A escolha considerou, inicialmente, a compatibilidade do modelo com os recursos disponíveis no laboratório, sendo descartadas as alternativas que exigiam insumos ou equipamentos indisponíveis. Além desse critério, foram avaliados o grau de dificuldade de montagem e utilização, o tempo necessário para impressão e a possibilidade de realização de adaptações. A partir da aplicação desses critérios, o compasso do tipo régua apresentou-se como a alternativa mais adequada para o desenvolvimento do recurso proposto. Assim, o modelo serviu como ponto de partida para o desenvolvimento de uma solução própria, posteriormente modificada de acordo com os requisitos de segurança, ergonomia e acessibilidade identificados junto ao usuário.

Figura 2. Modelo do *Ruler + Compass*



Fonte: FP-Creator (2016) Thingiverse (2025) disponível em <https://www.thingiverse.com/thing:1277403>.

Descrição: No centro da imagem, uma régua branca está posicionada na diagonal. Ela possui graduação numérica visível de 1 a 15. Na extremidade inferior (o “zero”), há um botão de pivô vermelho. Ao longo da régua, acima de cada número de centímetro, existe um pequeno orifício marcado com um ponto verde. Duas mãos de pele clara interagem com o objeto. No canto inferior esquerdo, a mão esquerda pressiona o botão vermelho, fixando o eixo da régua no papel. No canto superior direito, a mão direita segura uma caneta branca, cuja ponta está inserida no orifício correspondente ao número 14. A mão direita movimenta a régua, traçando uma linha curva preta no topo. Uma seta vermelha curvada acima da régua indica o movimento de rotação no sentido horário.



Após a definição do modelo utilizado como referência para o desenvolvimento do compasso adaptado, aplicou-se uma matriz morfológica com o objetivo de selecionar os parâmetros necessários à configuração do novo recurso. A matriz foi elaborada a partir dos requisitos identificados para o compasso adaptado, considerando as necessidades do usuário, bem como os materiais e recursos disponíveis no LABMAKER da UFRB. Sua composição também contemplou características observadas nos modelos analisados ao longo do processo de estudo, conforme apresentado na Tabela 1. As células em amarelo da imagem representam as opções aceitas para o desenvolvimento do compasso.

Tabela 1. Matriz Morfológica do Compasso

Parâmetro	Opções disponíveis					
Material	Alumínio	Madeira	Acrílico	PLA	PET	ABS
Indicação das medidas	Braille	Som	Variação de Textura			
Comprimento	Variável	30 cm	20 cm	17 cm	15cm	
Extremidade de marcação (mina)	Furos	Abertura angulada	Trilho para marcação			
Durabilidade	Flexível	Rígido				
Ajuste de Abertura	Manual	Sem abertura				
Fixação da Ponta Seca	Fixa	Alfinete removível				

Fonte: autores.

A inclusão dos elementos na matriz esteve relacionada às soluções identificadas nos produtos investigados através da pesquisa no *Thingiverse*. No que se refere aos materiais, foram encontrados modelos que utilizavam alumínio, acrílico ou madeira como estrutura de apoio, enquanto outros eram produzidos diretamente por impressão 3D, empregando materiais como PLA, PET e ABS. O material selecionado para a fabricação dos protótipos foi o ácido polilático (PLA), considerando sua disponibilidade no Laboratório Maker da UFRB e sua compatibilidade com a impressora 3D *Crealty* CR-10 utilizada durante o processo de manufatura aditiva. Para além de sua disponibilidade, o insumo utilizado incorpora ao material produzido propriedades mecânicas que melhoram sua durabilidade.

Para a identificação dos diferentes raios da circunferência, identificaram-se possibilidades com som, braille e variação de textura, e a incorporação do Sistema Braille ao corpo do compasso foi selecionada com o propósito de fornecer ao usuário uma referência tátil para reconhecimento das medidas e também por ser o seu método de leitura. O braille é um sistema de leitura e escrita baseado em combinações de pontos em relevo, é utilizado por pessoas

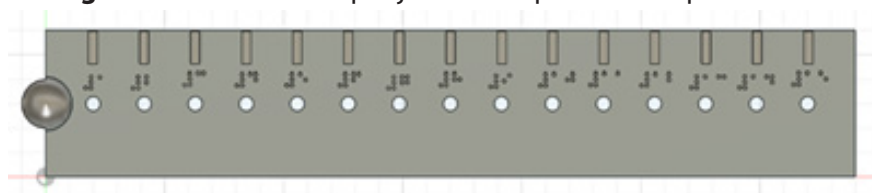
cegas para representar letras, números, sinais de pontuação e diferentes símbolos, constituindo importante recurso de acesso à informação escrita. No Brasil, sua utilização é normatizada pela Grafia Braille para a Língua Portuguesa, documento elaborado no âmbito do Ministério da Educação e da Comissão Brasileira do Braille, que estabelece diretrizes para sua representação e aplicação (Brasil, 2018).

O modelo inicial apresentou dimensões de 17 cm de comprimento por 3 cm de largura, contendo, na extremidade de marcação (mina), 15 furos dispostos longitudinalmente e espaçados em intervalos de 1 cm para facilitar o ajuste de abertura de raio. Os furos são destinados à inserção da ponta do lápis ou da lapiseira e, conseqüentemente, à determinação do raio da circunferência. Foram incorporadas, ainda, marcações táteis e a representação numérica em braille correspondente às diferentes posições de ajuste.

Uma modificação relevante foi introduzida em relação ao modelo de referência *Ruler+Compass*. Na solução encontrada no repositório, a fixação do centro da circunferência dependia da introdução de um alfinete ou tacha em um orifício localizado na extremidade do instrumento, exercendo função equivalente à denominada ponta seca de um compasso convencional. Considerando a intenção de reduzir o número de componentes necessários para a utilização do recurso e de favorecer maior autonomia ao usuário com cegueira, optou-se, inicialmente, pela incorporação da própria ponta seca à estrutura do produto.

Para essa finalidade, foi modelado um cone como ponta seca do compasso para funcionar como ponto de apoio e eixo de rotação. A proposta consistia em permitir que o usuário mantivesse essa região pressionada contra o papel com um dos dedos enquanto, com a outra mão, movimentava o lápis inserido no furo correspondente ao raio desejado, realizando o movimento circular. Essa solução buscava possibilitar que o instrumento fosse utilizado sem a necessidade de transportar componentes adicionais, restringindo seu funcionamento ao compasso e ao instrumento de escrita. A configuração resultante dessa alteração pode ser observada na Figura 3.

Figura 3. Modelo do projeto incorporando a ponta seca



Fonte: autoral.

Descrição: Captura de tela de um software de modelagem 3D, mostrando a peça renderizada em perspectiva superior plana sobre um fundo de grade milimetrada suave. O objeto é uma barra retangular de cor cinza fosca. Há uma protuberância esférica e brilhante, destacando-se do corpo plano da régua, que está em uma das extremidades do objeto, próxima ao primeiro furo. Ao longo da peça, alinham-se 15 furos circulares brancos (vazados). Acima de cada furo, notam-se pequenos pontos em relevo, representando a numeração em braille. Alinhados com os furos e o braille, existem entalhes retangulares verticais na borda superior da peça, servindo como marcadores táteis adicionais.

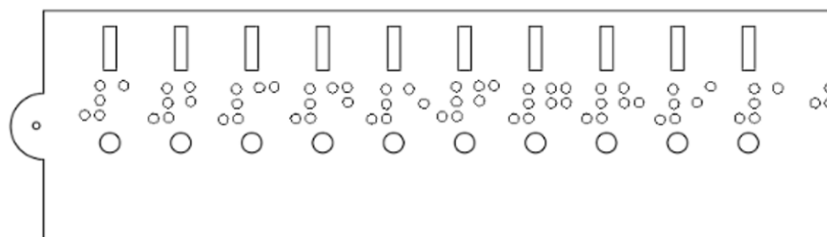
A etapa de prototipagem ocorreu de forma iterativa, envolvendo modelagem e a fabricação do compasso adaptado. A primeira versão foi modelada no *Autodesk Fusion 360*, considerando os requisitos funcionais e as limitações dimensionais da impressora 3D. O protótipo foi fabricado em PLA, por manufatura aditiva, utilizando uma impressora *Crealty CR-10*, com tempo de impressão de aproximadamente 2 horas e 3 minutos.

O primeiro protótipo foi submetido à avaliação do usuário e pesquisador com cegueira da UFRB. Durante a interação com o dispositivo, foram identificadas limitações que comprometeram sua utilização relacionadas à qualidade da impressão e à identificação das marcações numéricas em braille. O espaço disponível para a representação adequada das celas braille mostrou-se insuficiente, dificultando a discriminação tátil dos números pelo usuário. Esse resultado demonstrou que a simples transposição de informações numéricas para o sistema não garantia, por si só, a acessibilidade do instrumento, uma vez que a eficiência da leitura dependia também das dimensões, do espaçamento e da qualidade dos relevos produzidos.

A avaliação do primeiro protótipo também conduziu à revisão da ponta seca. A solução inicialmente concebida, com uma ponta integrada à própria estrutura do compasso, foi substituída por uma abertura localizada na extremidade esquerda, destinada à introdução de um alfinete ou pino independente. Embora essa alteração retomasse parcialmente o princípio observado no modelo de referência, ela ofereceu uma solução mais simples para garantir um ponto de rotação estável durante o traçado.

Diante das dificuldades relacionadas à leitura do braille, uma segunda versão foi desenvolvida com o propósito de ampliar a área disponível para as marcações. Para isso, o comprimento do instrumento foi reduzido e o número de posições de ajuste passou de 15 para 10 furos, resultando em uma peça com dimensões aproximadas de 12 cm × 3,5 cm, conforme apresentado na Figura 4. O aumento da largura teve como finalidade proporcionar maior superfície para acomodação das celas braille e melhorar sua percepção tátil, enquanto a redução do número de furos buscou evitar a concentração excessiva de informações em uma área limitada.

Figura 4. Compasso adaptado com tamanho reduzido



Fonte: autoral.

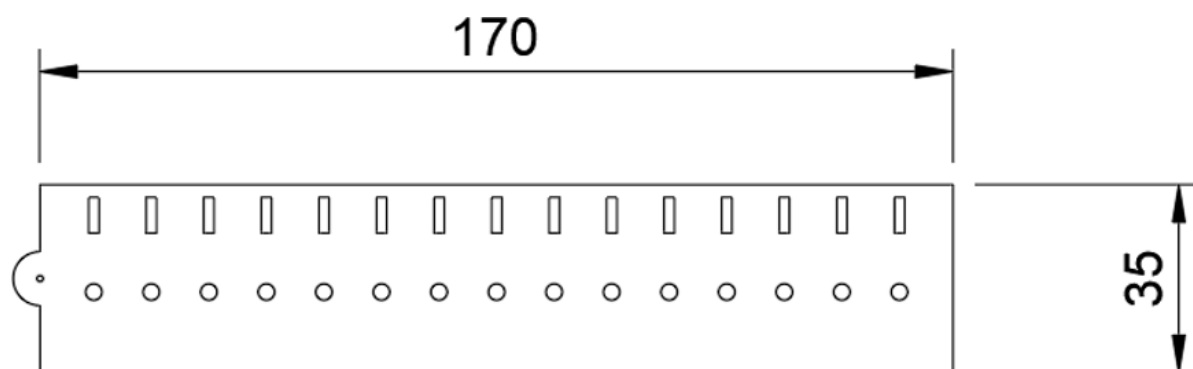
Descrição: A imagem é um desenho técnico em 2D com a vista superior de uma versão alternativa e mais curta do compasso adaptado. A cota superior indica 120 milímetros. A cota lateral direita indica 35 milímetros. A peça apresenta uma linha horizontal com 10 furos circulares para inserção de caneta.

Abaixo de cada furo circular, existem os pontos correspondentes à numeração em braille. Na borda inferior da régua, alinhados com os furos e o braille, existem retângulos verticais para identificação tátil.

Após a fabricação dessa nova configuração, o protótipo foi novamente submetido à avaliação do usuário. Contudo, mesmo com as alterações dimensionais, permaneceram dificuldades na identificação dos números em braille. Verificou-se, portanto, que o problema não estava relacionado apenas à quantidade de posições disponíveis, mas também às limitações espaciais inerentes à própria geometria do instrumento e às dimensões necessárias para que as celas braille fossem reconhecidas adequadamente pelo tato. O resultado da segunda avaliação levou à reconsideração da estratégia de identificação das medidas.

A partir desse retorno, optou-se pela retirada da numeração em braille e pela retomada da configuração com maior quantidade de posições de raio. O modelo voltou a apresentar aproximadamente 17 cm de comprimento e 3,5 cm de largura, recuperando a distribuição de até 15 posições ao longo da estrutura. Em substituição à representação numérica em braille, foram mantidos elementos táteis mais simples, constituídos por pequenas marcações e furos organizados longitudinalmente, conforme ilustrado na Figura 5. Dessa forma, buscou-se privilegiar um sistema de identificação baseado na localização e na contagem tátil das posições, evitando a necessidade de reconhecimento de caracteres braille em uma área dimensionalmente restrita.

Figura 5. Modelo do compasso adaptado sem a escrita em braille



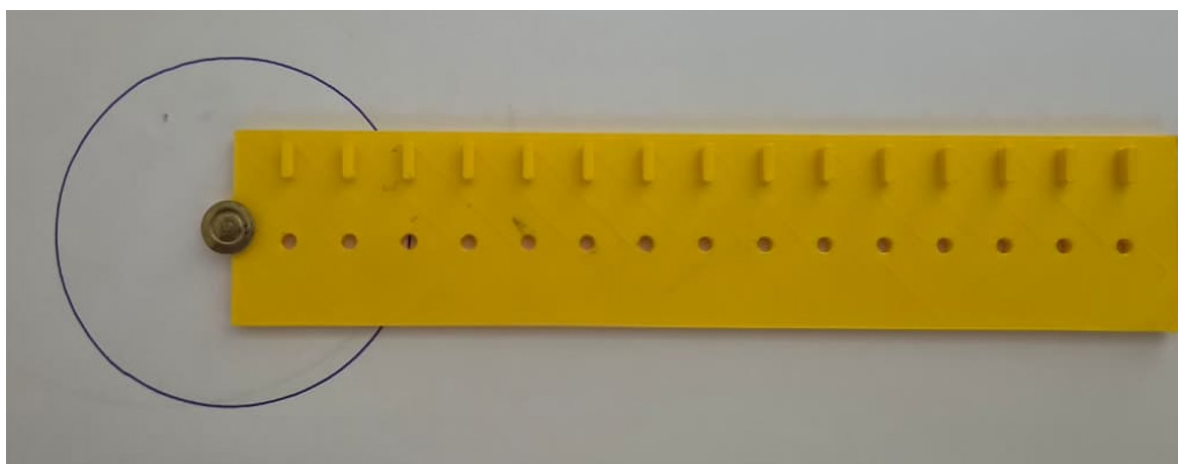
Fonte: autoral.

Descrição: A imagem apresenta um desenho técnico em 2D, representando uma peça retangular alongada disposta horizontalmente. As dimensões da peça são indicadas por linhas de cota externas: 170 milímetros na parte superior e 35 milímetros de altura na lateral direita. No interior do retângulo, existe um padrão de perfurações organizado em duas fileiras paralelas. A fileira superior é composta por uma sequência de 14 pequenas fendas retangulares dispostas verticalmente. Logo abaixo, a segunda fileira contém 13 pequenos orifícios circulares alinhados. Na extremidade esquerda da peça, projeta-se para fora uma pequena aba semicircular que contém um furo central.

A configuração resultante foi novamente produzida por impressão 3D, dando origem ao protótipo apresentado na Figura 6. A peça fabricada manteve formato predominantemente retangular e plano, com duas sequências de elementos táteis ao longo de sua extensão: uma destinada à orientação e à localização das posições e outra constituída pelos orifícios utilizados para a inserção do instrumento de escrita. Na extremidade esquerda, permaneceu a aba semicircular com abertura central destinada à instalação do ponto de fixação e rotação do compasso.

Os resultados obtidos durante essa etapa demonstraram que a prototipagem não se limitou à materialização de uma solução previamente definida, mas constituiu um processo de refinamento do projeto, no qual cada versão física revelou aspectos funcionais e de acessibilidade que não haviam sido identificados durante a modelagem digital, principalmente em relação à percepção tátil das marcações e ao mecanismo de fixação do instrumento. Assim, o desenvolvimento evoluiu de uma primeira configuração com 15 furos e numeração em braille, passou por uma versão reduzida com 10 posições, criada para ampliar o espaço destinado às celas braille, e culminou em uma configuração que eliminou a representação numérica convencional em favor de um sistema tátil mais simples.

Figura 6. Impressão 3D do compasso adaptado



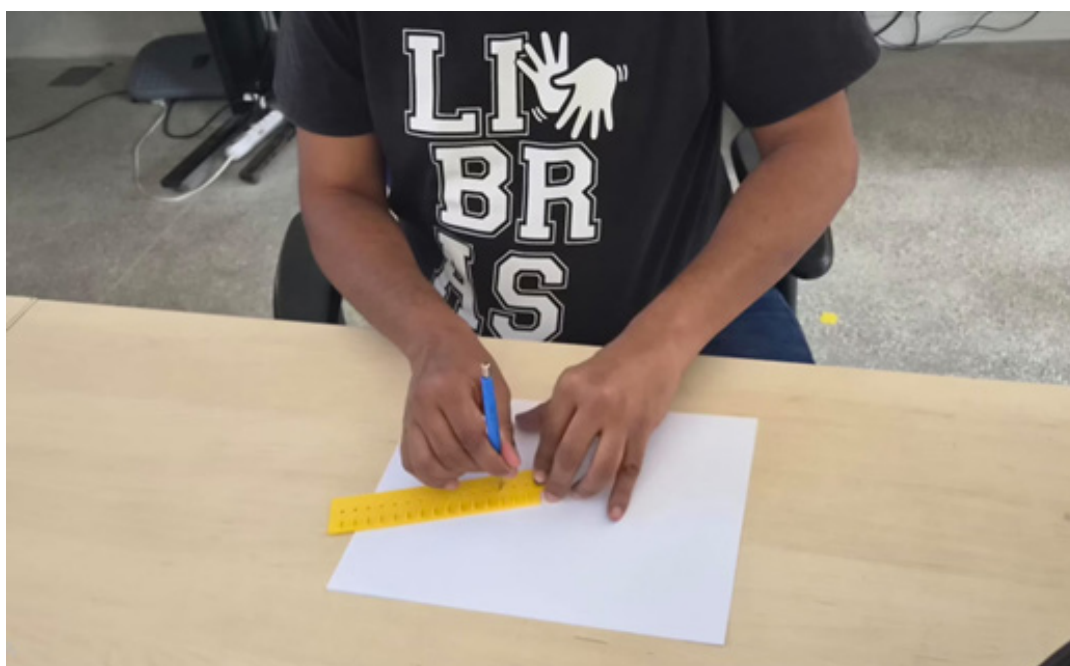
Fonte: autoral.

Descrição: A imagem apresenta uma régua retangular em plástico amarelo, posicionada de forma horizontal sobre uma superfície branca. A extremidade esquerda do instrumento encontra-se fixa à folha através de um pino metálico dourado, que serve como ponto central para um círculo desenhado à caneta com tinta azul. Ao longo de toda a extensão da régua, destaca-se uma fila vertical de orifícios circulares centralizados, acompanhada por uma sequência de saliências táteis dispostas na parte superior dos orifícios.

Na etapa final de avaliação, foi realizado um breve treinamento com o estudante, com o objetivo de apresentar a lógica de funcionamento do compasso e familiarizá-lo com o sistema de identificação tátil adotado na versão final do protótipo, conforme apresentado na Figura 7. Após essa orientação inicial, o usuário realizou atividades de traçado de circunferências, demonstrando capacidade para compreender o funcionamento do instrumento, identificar as posições correspondentes aos diferentes raios e executar a tarefa com maior autonomia.

A avaliação dessa versão apresentou resultados satisfatórios, indicando que a simplificação dos elementos de identificação contribuiu para tornar o recurso mais funcional e compreensível durante o uso. A retirada da numeração em braille não comprometeu a utilização do instrumento; em seu lugar, a organização sequencial dos furos e das referências táteis possibilitou ao estudante determinar as medidas por meio da localização e da contagem das posições, estratégia que se mostrou compatível com suas formas de interação e percepção.

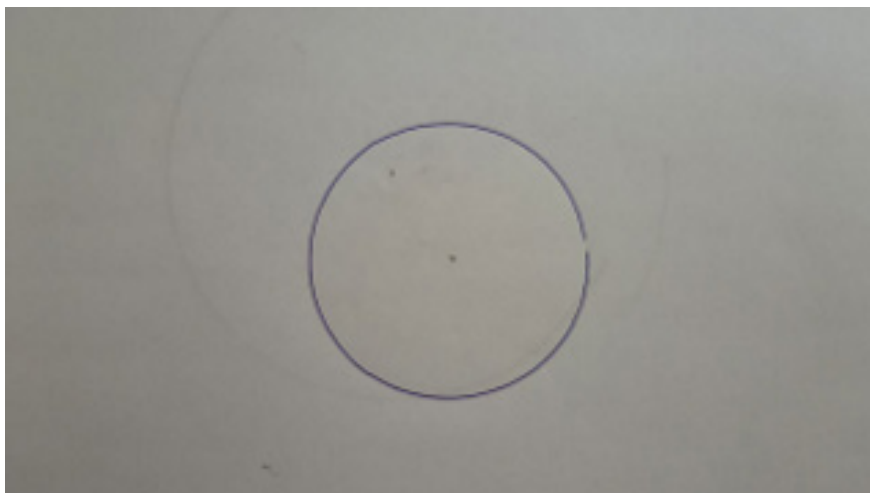
Figura 7. Usuário utilizando o compasso adaptado



Fonte: autoral.

Descrição: A imagem mostra uma pessoa sentada diante de uma mesa de madeira clara, enquadrada do peito para baixo. Ela veste uma camiseta preta de mangas curtas com a palavra “LIBRAS” estampada no peito em grandes letras brancas estilizadas e calça azul-escura. Sobre a mesa, há uma folha de papel branca na qual a pessoa trabalha: com a mão direita, ela segura um lápis azul posicionado na vertical, enquanto apoia a mão esquerda sobre a folha para estabilizá-la ao lado de uma pequena régua adaptada de plástico amarelo com saliências táteis.

Figura 8. Circunferência produzida pelo usuário com o compasso adaptado



Fonte: autoral.

Descrição: A imagem mostra uma circunferência traçada com caneta de tinta azul no centro de uma folha de papel branca. No ponto central exato da forma geométrica, observa-se um pequeno furo no papel, marca característica deixada pela fixação de um pino ou compasso. Ao redor da circunferência azul, é possível notar traços de lápis bastante suaves no fundo claro, esboçando o contorno de um arco maior, além de pequenas marcas e imperfeições discretas na superfície da folha.

Os resultados indicam que o emprego de soluções tecnologicamente mais complexas ou de elementos convencionalmente associados à acessibilidade não garante, por si só, melhor adequação às necessidades do usuário. No caso desenvolvido, as avaliações sucessivas dos protótipos mostraram que uma solução construtivamente mais simples apresentou maior correspondência com as demandas identificadas durante o uso.

Nesse processo, a participação do usuário foi fundamental, uma vez que as modificações realizadas decorreram das dificuldades observadas ao longo das avaliações. Esse procedimento reforça o caráter iterativo da metodologia adotada, na qual os testes não foram tratados apenas como etapa posterior à fabricação, mas como parte integrante do desenvolvimento, fornecendo subsídios para o aprimoramento da modelagem e para novas decisões projetuais.

A impressão 3D mostrou-se especialmente pertinente nesse contexto, ao permitir a fabricação sucessiva de diferentes versões do produto e a realização de modificações geométricas sem a necessidade de moldes ou ferramentas específicas. Desse modo, o refinamento progressivo da solução possibilitou alcançar um recurso funcional para o contexto do desenho técnico, permitindo a realização de circunferências por um estudante com cegueira e evidenciando a importância da participação do usuário na definição das características funcionais e de acessibilidade de produtos de Tecnologia Assistiva.



Considerações finais

O presente estudo consolidou o desenvolvimento de um dispositivo de tecnologia assistiva capaz de atenuar as barreiras instrumentais no ensino de desenho técnico para pessoas com deficiência visual a partir da constatação de uma lacuna mercadológica: a inexistência de compassos adaptados. Adicionalmente, demonstrou que a integração entre a manufatura aditiva e o *Desing Thinking* constitui uma resposta viável e eficaz para a promoção da acessibilidade no ensino superior.

A principal contribuição científica deste trabalho reside na validação do processo metodológico iterativo. A aplicação dos ciclos de design, permitiu refutar a hipótese inicial de que a numeração em braille seria a solução ideal para a escala do compasso. Os testes com o usuário revelaram que, em objetos de dimensões reduzidas impressos em 3D, a resolução tátil do braille é comprometida, gerando a necessidade de uma impressora 3D de maior precisão e aumentando custo de produção. A substituição por um sistema de contagem de furos e a incorporação da ponta seca fixa demonstraram que a simplicidade funcional e a percepção tátil devem prevalecer sobre convenções teóricas que não se sustentam na prática.

Sob a ótica das dimensões de acessibilidade de Sasaki (2009), conclui-se que o Compasso Adaptado atua simultaneamente nas frentes de soluções em acessibilidade instrumental e pedagógica. Isso corrobora o cumprimento da Lei Brasileira de Inclusão (Brasil, 2015), com as adaptações razoáveis necessárias para a equidade acadêmica sendo providas. Do ponto de vista técnico, a utilização da impressão 3D em PLA comprovou a viabilidade da produção descentralizada e a possibilidade de personalização rápida confirmando a manufatura aditiva como uma ferramenta democratizante, capaz de suprir demandas não atendidas pela indústria tradicional.

Para trabalhos futuros, pretende-se a ampliação da amostragem de testes visto que ainda não houve mais estudantes com cegueira nas turmas de Desenho Técnico, aplicando-se instrumentos quantitativos de satisfação, como o QUEST 2.0, com um grupo diversificado de usuários (cegos e baixa visão). Sugere-se também a disponibilização dos arquivos digitais em repositórios digitais, fomentando a replicação da tecnologia em outras instituições de ensino. Por fim, este estudo reitera que a verdadeira inovação em Tecnologia Assistiva não ocorre apenas no laboratório, mas na escuta ativa e na construção conjunta com o usuário final.



Referências

- ALONSO, Carolina Maria do Carmo *et al.* Tecnologia assistiva na Lei Brasileira de Inclusão e nas políticas de saúde e educação no Brasil: uma revisão textual à luz dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. *Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional*, [São Carlos, SP], v. 34, e4130, 2026. DOI: 10.1590/2526-8910.cto.418641301.
- BASTOS, Paula Alessandra Lima Santos *et al.* *Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional*, [São Carlos, SP], v. 31, e3401, 2023. DOI: 10.1590/2526-8910.ctoAO260434011.
- BRASIL. Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004. Regulamenta as Leis nº 10.048, de 8 de novembro de 2000, que dá prioridade de atendimento às pessoas que especifica, e 10.098, de 19 de dezembro de 2000, que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, seção 1, ano 141, n. 232, p. 5-10, 3 dez. 2004.
- 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*: seção 1, Brasília, DF, ano 152, n. 127, p. 2-11, 7 jul. 2015.
- BRASIL. Lei nº 13.409, de 28 de dezembro de 2016. Altera a Lei nº 12.711, de 29 de agosto de 2012, para dispor sobre a reserva de vagas para pessoas com deficiência nos cursos técnicos de nível médio e superior das instituições federais de ensino. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, seção 1, ano 153, n. 250, p. 3, 29 dez. 2016.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. *Grafia Braille para a Língua Portuguesa*. 3. ed. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2018.
- BRASIL. Lei nº 14.126, de 22 de março de 2021. Classifica a visão monocular como deficiência sensorial, do tipo visual. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, ano 159, n. 55, p. 3, 23 mar. 2021.
- BRUNO, Marilda Moraes Garcia. *Avaliação educacional de alunos com baixa visão e múltipla deficiência na educação infantil*. Dourados, MS: Editora da UFGD, 2009.
- DA COSTA JUNIOR, Jairo; SANTOS, Aguinaldo; TENORIO, Rosangela. Fabricação pessoal orientada à economia circular e produção distribuída: estudo exploratório. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN, 14., 2022, Rio de Janeiro. *Anais [...]*. São Paulo: Blucher, 2022. [v. 10, n. 5, p. 7701-7715]. DOI: 10.5151/ped2022-6219462.
- DELGADO GARCIA, Jesus Carlos; ITS BRASIL — Instituto de Tecnologia Social (org.). *Livro Branco da Tecnologia Assistiva no Brasil*. São Paulo: ITS Brasil, 2017. ITS BRASIL p. ISBN 978-85-64537-28-6.



FRANCO, Taynara Araújo; GONÇALVES, Pedro Henrique. Tecnologias assistivas aplicadas através de modelagem tridimensional. *Plural Design*, [Joinville, SC], v. 8, n. 1, p. 75-83, 2025. DOI: 10.21726/pl.v8i1.2862.

FP-CREATOR. Ruler+Compass. In: THINGIVERSE. [S. l.], Jan 18, 2016. Disponível em: <https://www.thingiverse.com/thing:1277403>. Acesso em: 21 mai. 2025.

GIORDANO, Caio Mezzeti; ZANCUL, Eduardo de Senzi; RODRIGUES, Vinícius Picanço. Análise dos custos da produção por manufatura aditiva em comparação a métodos convencionais. *Revista Produção Online*, Florianópolis, v. 16, n. 2, p. 499-523, abr./jun. 2016. DOI: 10.14488/1676-1901.v16i2.1963.

GUIMARÃES, Márcio James Soares. Processo de leitura e interpretação visotátil de livros ilustrados. *REIN - Revista Educação Inclusiva*, Campina Grande, PB, v. 6, n. 1, p. 26-42, 23 dez. 2021. Disponível em: <https://revista.uepb.edu.br/REIN/en/article/view/584/938>. Acesso em: 15 set. 2026.

MULTIPLANO: Multiplano e Tecassistiva, a mais nova parceria que veio para mudar a forma de ensinar e aprender Matemática. In: TECASSISTIVA: Tecnologia & Acessibilidade. São Paulo, [2026]. Disponível em: <https://www.tecassistiva.com.br/produtos/multiplano/>. Acesso em: 15 set. 2026.

PEREIRA, Lauriane et al. Towards an understanding of benefits and challenges in the use of Design Thinking in Requirements Engineering. In: ACM/SIGAPP SYMPOSIUM ON APPLIED COMPUTING, 36., 2021. *Proceedings* [...]. New York: ACM, 2021. p. 1338-1345. DOI: 10.1145/3412841.3442008.

PEREZ, Iana Uliana; SANTOS, Aguinaldo dos. Uso da fabricação digital para o Design de Superfície em produtos de moda. *ModaPalavra e-periódico*, [Florianópolis], v. 11, n. 21, p. 56-78, jan./jun. 2018. DOI: 10.5965/1982615x11212018056.

RODRIGUES, Vinícius Picanço et al. Manufatura aditiva: estado da arte e framework de aplicações. *Revista Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, Bauru, SP, v. 12, n. 3, p. 1-34, jul./set. 2017. DOI: 10.15675/gepros.v12i3.1657.

SANTOS, Bárbara Tatiele; BRENDLER, Clariana Fischer. Análise da eficiência de técnicas de fabricação de órteses por impressão 3D: uma revisão sistemática. *Plural Design*, [Joinville, SC], v. 7, n. 2, p. 68-79, 2024. DOI: 10.21726/pl.v7i2.2571.

SCHEEREN, Rodrigo. *Fabricação digital na América do Sul: laboratórios, estratégias, processos e artefatos para o design, a arquitetura e a construção*. 2021. 297 f. Tese (Doutorado em Teoria e História da Arquitetura e do Urbanismo) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2021. DOI: 10.11606/T.102.2021.tde-05042022-173034.



SARTORETTO, Mara Lúcia; BERSCH, Rita. Tecnologia assistiva. [S. l.]: Assistiva — Tecnologia e Educação, 2017. Disponível em: <https://www.assistiva.com.br/tassistiva.html>. Acesso em: 21 mai. 2025.

SASSAKI, Romeu Kazumi. Inclusão: acessibilidade no lazer, trabalho e educação. *Revista Nacional de Reabilitação (Reação)*, São Paulo, ano 12, p. 10-16, mar./abr. 2009.

VIANNA, Maurício *et al.* *Design thinking: inovação em negócios*. Rio de Janeiro: MJV Press, 2012.

VOLPATO, Neri (org.). *Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D*. São Paulo: Blucher, 2017.

VIGATA, Helena Santiago. *A experiência artística das pessoas com deficiência visual em museus, teatros e cinemas: uma análise pragmaticista*. 2016. 313 f. Tese (Doutorado em Comunicação) – Faculdade de Comunicação, Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/20397/1/2016_HelenaSantiagoVigata.pdf. Acesso em: 15 set. 2026.

VYGOTSKY, SLev Semiónovic. *Obras Escogidas: V: Fundamentos de defectología*. Madrid: Visor, 1997.

Recebido em: 6.2.2026

Revisado em: 30.7.2026

Aprovado em: 22.9.2026