

## CONFECÇÃO DE PEÇAS SENSORIAIS TIPO BLOCO PARA ALFABETIZAÇÃO EM BRAILLE

VENTURA, F. C.

Fatec Jahu – Coordenadoria de Gestão da Produção Industrial  
e-mail: flavio.ventura01@fatec.sp.gov.br

*Manufacture of block type sensory parts for literacy in Braille*

Eixo Tecnológico: Desenvolvimento Educacional e Social  
Produção Cultural e Design

### Resumo

Tecnologia Assistiva (TA) refere-se a recursos e serviços que ampliam as capacidades funcionais de pessoas com deficiência (PCD), promovendo autonomia e inclusão. Este projeto discorre sobre a técnica do Sistema Braille para leitura e escrita realizada por deficientes visuais. Antes de abordar o Braille, o uso de materiais pedagógicos para pré-leitura é incentivado, desenvolvendo percepções táteis e motoras da leitura dinâmica e permitindo controle dos movimentos e domínio dos pontos táteis. Esta pesquisa tem como objetivo desenvolver peças com o alfabeto Braille por meio de impressão 3D, mais especificamente, Fused Deposition Modeling (FDM), também conhecidas como filamento para auxiliar na evolução da sensibilidade tátil de deficientes visuais (DV). A investigação foi conduzida via pesquisa tecnológica, permitindo a adaptação do sistema ao ambiente e às necessidades humanas. Foram confeccionados 5 alfabetos completos e mais de 10 conjuntos de vogais adicionais, tais como: a; e; i; o; u; á; à; é; í; ó; ú. Totalizando centenas de peças em Braille. Além disso, confeccionaram-se 2 tabuleiros para alocação destas peças com o propósito de auxiliar na formação de palavras e frases. Os protótipos encontram-se em fase de testes em uma instituição especialista na alfabetização de pessoas com deficiência visual. Por fim, a TA aborda recursos para capacitar PCD, promovendo sua inclusão. Este estudo se concentra na técnica do Sistema Braille e avalia tecnologias de prototipagem rápida para estimular a sensibilidade tátil em DV. Os resultados indicam que a impressão 3D FDM oferece melhor sensibilidade. Isso pode beneficiar educadores e alunos do Braille, bem como melhorar a inclusão e a aprendizagem de PCD na sociedade.

**Palavras-chave:** *Design inclusive, Sistema Braille, Prototipagem rápida.*

### Abstract

Assistive Technology (AT) refers to resources and services that expand the functional capabilities of people with disabilities (PCD), promoting autonomy and inclusion. This project discusses the technique of the Braille System for reading and writing performed by the visually impaired. Before approaching Braille, the use of pedagogical materials for pre-reading is encouraged, developing tactile and motor perceptions of dynamic reading and allowing control of movements and mastery of tactile points. This research aims to develop pieces with the Braille alphabet through 3D printing, more specifically, Fused Deposition Modeling (FDM), also known as filament to assist in the evolution of the tactile sensitivity of the visually impaired (VI). The investigation was conducted via technological research, allowing the adaptation of the system to the environment and human needs. 5 complete alphabets and more than 10 sets of additional vowels were made, such as: a; It is; i; O; u; The; The; It is; í; O; u. Totalling hundreds of pieces in Braille. In addition, 2 boards were made for the allocation of these pieces in order to assist in the formation of words and sentences. The prototypes are in the testing phase at an institution specializing in literacy for people with visual impairments. Finally, AT addresses resources to train PCD, promoting their inclusion. This study focuses on the Braille System technique and evaluates rapid prototyping technologies to stimulate tactile sensitivity in DV. The results indicate that FDM 3D printing offers better sensitivity. This can benefit Braille educators and students, as well as improve PWD inclusion and learning in society.

**Key-words:** *Inclusive design, Braille system, Rapid prototyping.*

## 1. Introdução

As ações governamentais podem oferecer suporte à sociedade no alcançar de seus direitos fundamentais definidos na Constituição, como é o caso dos setores da saúde e da educação. Através da Lei número 13.005/2014, que estabelece o Plano Nacional de Educação (PNE), no parágrafo 1º do inciso III do artigo 8º, é requerido que os Estados, o Distrito Federal e os Municípios assegurem o suprimento das demandas específicas da educação especial, garantindo um sistema educativo inclusivo em todas as etapas, níveis e modalidades de Ensino [1].

O documento legal de número 13.146, datado do dia 06 de julho de 2015, reconhecido como a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência, estabeleceu a Tecnologia Assistiva (TA) como: elementos diversos, como produtos, meios, métodos, abordagens, serviços, ferramentas e táticas, que visem a estimular a capacidade funcional daqueles que possuem deficiência ou limitação de mobilidade [2].

A Tecnologia Assistiva (TA) é um conceito para descrever a variedade de ferramentas e serviços que têm o propósito de expandir as capacidades práticas de indivíduos que possuem limitações físicas [3].

A inclusão social deve ser discutida em diversos ambientes, entre eles, destaca-se o ambiente escolar. Existe um recurso destinado a indivíduos com deficiência visual que viabiliza a leitura e escrita, denominado Sistema Braille, criado na França por Louis Braille por volta de 1825. Atualmente, esse método é universalmente empregado por pessoas cegas para leitura e escrita. O Sistema Braille emprega seis pontos em relevo organizados em duas colunas, sendo que a combinação desses pontos é capaz de formar 63 símbolos distintos. Essa abordagem é utilizada em diversos campos, como literatura, matemática, música, informática e ciências. No Brasil, o Sistema Braille foi oficialmente estabelecido como método de escrita e leitura para pessoas cegas através da Lei número 4.169, datada de 4 de dezembro de 1962 [4].

Este estudo aborda o âmbito da iniciação à leitura no contexto do Sistema Braille, uma vez que se concentra na criação de materiais pré-leitura e de ensino desse sistema através da Tecnologia Assistiva (TA) e da fabricação por meio da prototipagem rápida (PR), ou seja, impressão 3D. A TA tem como propósito superar as limitações sensoriais, motoras ou cognitivas que possam restringir ou dificultar o processo de aprendizado dos estudantes com deficiência. Esse enfoque pode contribuir significativamente para uma melhor qualidade de vida e aprimoramento educacional, especialmente para os alunos com deficiência visual [5].

A técnica da impressão 3D viabiliza a criação de dispositivos específicos de acordo com as demandas individuais de cada projeto, o que a torna uma tecnologia aplicável no desenvolvimento de TA. No processo de impressão em 3D, um software de desenho assistido por computador (CAD) converte um modelo virtual em um arquivo, normalmente no formato STL. Posteriormente, outro software de fabricação assistida por computador (CAM) fatia esse modelo em camadas e gera as coordenadas necessárias para a impressão.

Dentre os processos de impressão 3D mais empregados, destaca-se o *Fused Deposition Modeling* (FDM), que se baseia na deposição e fusão de termoplásticos por meio de altas temperaturas, sendo depositada uma camada sobre a outra até a formação do objeto desejado. Entre os materiais frequentemente utilizados nesse processo encontram-se o acrilonitrila butadieno estireno (ABS) e o ácido polilático (PLA) [6].

O ácido polilático (PLA) é um material que se degrada naturalmente e pode ser empregado na criação de novos filamentos para a impressão 3D. Além disso, é considerado o termoplástico mais simples de utilizar e apresenta uma relação custo/benefício vantajosa [7]. O período

necessário para fabricar um protótipo por meio da prototipagem rápida não é exatamente breve. No entanto, essa abordagem ainda se mantém como a alternativa mais eficiente em termos de tempo e custo (incluindo os gastos com material) em comparação com outros métodos tradicionais de fabricação [8].

A Fatec Jahu possui uma impressora FDM que está disponível no seu espaço de laboratório Maker. O desenvolvimento do projeto conta com a orientação técnica de uma pedagoga especializada em educação para pessoas com deficiência visual, além da colaboração de uma terapeuta ocupacional. Duas organizações participam do projeto: tanto a Associação Mulheres Unimed (AMU) quanto a Associação e Movimento de Assistência ao Indivíduo Deficiente (AMAI).

O objetivo geral desta pesquisa é desenvolver modelos CAD 3D para exploração tátil e confeccionar desenhos técnicos para disponibilizá-los à sociedade, posteriormente, confeccionar protótipos, ou seja, modelos tridimensionais táteis utilizando a impressora 3D.

## **2. Materiais e métodos**

### 2.1. Materiais

Nesta seção devem ser discriminados todos os materiais empregados como objeto do estudo.

Para a realização deste estudo foram utilizados os seguintes materiais:

- Software CAD Inventor da Autodesk;
- Impressora 3D (FDM) da marca Longer, modelo Lk4;
- Software Fatiador Cura;
- 0,5 kg de Ácido polilático (PLA);
- Máquina de corte à laser 100w;
- Aproximadamente 1 m<sup>2</sup> de placas de Medium Density Fiberboard (MDF) com espessuras de 6mm e de 3mm;
- Primer para plástico na cor cinza;
- Tinta para plástico na cor branca.

### 2.2. Metodologia

Essa iniciativa foi conduzida através de um estudo no campo da Pesquisa Tecnológica. Esse tipo de pesquisa concentra-se no conhecimento direcionado, que estipula um padrão ou método de execução para atingir um objetivo específico. Trata-se de um sistema personalizado para se encaixar em uma situação específica com o propósito de alcançar um objetivo humano, um objeto ou dispositivo que possui atributos desejados, criado e fabricado de acordo com um plano e um projeto [9].

A população da amostra foi composta por alunos da Associação Mulheres Unimed (AMU) sediada na Associação e Movimento de Assistência ao Indivíduo Deficiente (AMAI) de Jaú - SP, sendo alunos deficientes visuais (cegos e baixa visão), inicialmente, participaram da pesquisa 8 pessoas com deficiência visual total, com idades entre 19 e 50 anos. Primeiramente, foi apresentado um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Até o momento, 3 alunas do curso de Gestão da Produção Industrial da Fatec Jahu participaram da pesquisa,

Para avaliar a eficácia das peças tridimensionais destinadas ao ensino do Sistema Braille foi aplicado um protocolo com base em princípios de design universal, acessibilidade e aprendizado tátil:

Passos do Protocolo:

1. Definição de critérios: foram estabelecidos critérios para avaliar as peças tridimensionais, tais como: precisão na representação dos caracteres Braille; conforto ao toque; legibilidade tátil e facilidade de uso.

2. Seleção de participantes: foram selecionadas pessoas com deficiência visual que estivessem familiarizadas com o Sistema Braille e tivessem diferentes níveis de habilidade. Isso ajudou a obter *feedback* abrangente.

3. Apresentação das peças tridimensionais: apresentaram-se as peças tridimensionais aos participantes, garantindo que tivessem acesso adequado à iluminação e ao espaço para explorá-las de maneira confortável.

4. Exploração tátil: foi solicitado aos participantes que explorassem as peças tridimensionais e discorressem verbalmente sobre a clareza das representações Braille, a facilidade de identificação dos caracteres, a textura do material e a ergonomia das peças.

5. Avaliação da legibilidade: os participantes identificaram os caracteres Braille nas peças tridimensionais e avaliaram sua legibilidade tátil. Registrou-se a precisão de suas identificações.

6. *Feedback* sobre usabilidade: foi solicitado aos participantes que avaliassem quão intuitivas e fáceis de usar as peças são no contexto do aprendizado do Sistema Braille. Eles tiveram que considerar a forma como as peças estavam organizadas, rotuladas e apresentadas.

7. Registro de comentários: os participantes foram encorajados a fornecer comentários detalhados sobre suas experiências. Eles podiam destacar pontos fortes, áreas que precisam de melhoria e sugestões para aprimorar as peças tridimensionais.

8. Análise de dados: analisaram-se os dados coletados, identificando padrões e tendências nas respostas dos participantes. Isso ajudou a determinar o sucesso das peças tridimensionais em atender às necessidades dos aprendizes do Sistema Braille.

9. Iteração e melhoria: com base nos *feedbacks* recebidos, realizaram-se melhorias nas peças tridimensionais, quando necessário. Os comentários dos participantes foram levados em consideração para aprimorar a clareza, a usabilidade e a acessibilidade das peças.

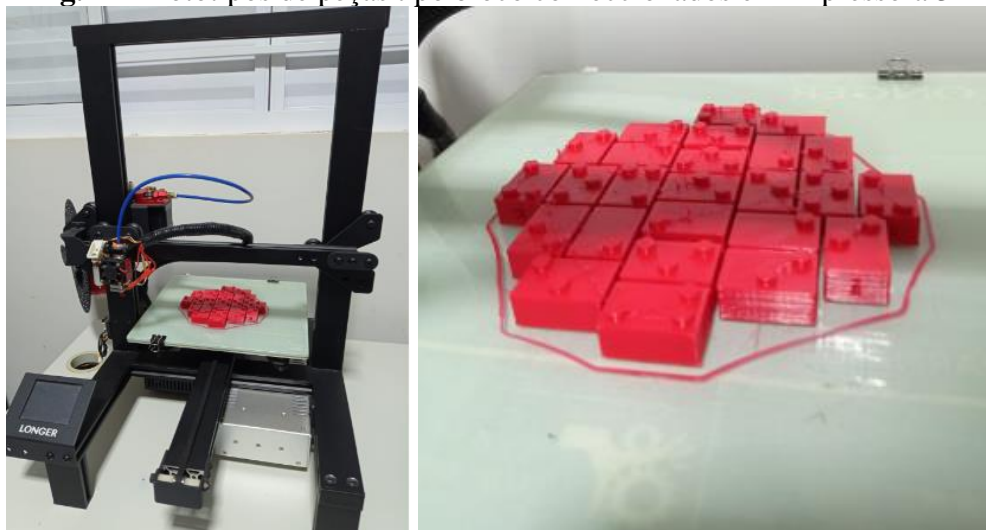
10. Validação adicional: pretende-se repetir o processo de avaliação com um novo grupo de participantes após fazer as melhorias nas peças tridimensionais. Isso ajudará a validar as mudanças feitas e a garantir que as peças estejam atendendo às necessidades dos usuários.

### 3. Resultados e Discussão

No projeto RJJ de 2022 o presente pesquisador comparou duas tecnologias de impressão 3D, o propósito da pesquisa foi conhecer o recurso mais indicado para a confecção de peças para auxiliar no desenvolvimento tátil de deficientes visuais, mais especificamente para o ensino do Sistema Braille. As duas tecnologias foram: *Fused Deposition Modeling* (FDM), tradução, modelagem por deposição e fusão, utilizando como material o PLA, filamento termoplástico de ácido polilático, e a outra tecnologia foi por meio de *Liquid Cristal Display* (LCD), tradução, tela de cristal líquido, utilizando como material a resina epóxi.

As peças confeccionadas na impressora FDM apresentaram melhores resultados, sendo assim, foram confeccionadas centenas de peças tipo bloco, essas peças formam alfabetos do Sistema Braille, mais precisamente, 5 alfabetos e 10 jogos de vogais adicionais, tais como: a; e; i; o; u; á; é; í; ó; ú; ã, ã, entre outras acentuações (Figura 1).

**Fig. 1** – Protótipos de peças tipo bloco confeccionados em impressora 3D



Fonte: Elaboração própria

As peças foram confeccionadas na cor vermelha por meio de recomendação da pedagoga especialista deficientes visuais. Além da prototipagem dos alfabetos, confeccionou-se uma maleta para acondicionamento e transporte das peças, também foi elaborado um tabuleiro para acondicionamento das peças, este dispositivo poderá ser utilizado para a formação de palavras e frases. A Figura 2 demonstra o conjunto formado pela maleta e tabuleiro.



Fig. 2 – Maleta e tabuleiro



Fonte: Elaboração própria

Notou-se a necessidade de contraste entre os pontos do Sistema Braille e a base das peças, pois alguns deficientes visuais têm resíduo visual, sendo assim, foi realizado um estudo de cores contrastantes com a cor vermelha, Segundo a pedagoga, as cores mais indicadas foram a cor preta e cor branca, a Figura 3 ilustra as peças pintadas, o experimento foi realizado com a própria pedagoga,

Fig. 3 – Contraste de cores: vermelha e branca / vermelha e preta



Fonte: Elaboração própria.

A pedagoga considerou a cor branca como sendo a mais indicada, portanto, os pontos em alto relevo foram pintados na cor branca, como demonstra a Figura 4.

**Fig. 4** – Pontos em alto relevo do alfabeto Braille pintadas na cor Branca



Fonte: Elaboração própria

O alfabeto Braille confeccionado por meio de impressão 3D poderá ser utilizado como material educacional, a adaptação de conteúdo para Braille é essencial para garantir que as pessoas com deficiência visual tenham acesso à educação e à cultura. Os alfabetos estão em fase de testes, posteriormnte, os resultados serão publicados.

#### 4. Considerações finais

Um dos desafios do ensino e aprendizado do Sistema Braille é a compreensão e familiaridade com os símbolos Braille. É aqui que a tecnologia moderna, como a impressão 3D e os modelos CAD 3D, entram em cena. O desenvolvimento de modelos CAD 3D específicos para o ensino do Sistema Braille é um passo notável em direção à facilitação desse processo. Esses modelos tridimensionais tipo bloco contendo o alfabeto Braille podem ser recursos valiosos para educadores, alunos e todos aqueles que desejam aprender ou ensinar Braille.

A impressão 3D permite a criação de modelos palpáveis e visualmente representativos dos caracteres Braille, tornando o aprendizado mais tátil e envolvente. Além disso, esses protótipos em fase de testes práticos têm o potencial de aprimorar ainda mais o ensino do Braille, tornando-o mais acessível e eficaz.

Em resumo, o Sistema Braille é um marco essencial na história da inclusão e acessibilidade para pessoas com deficiência visual. Sua criação permitiu o acesso à educação, à literatura e à comunicação, capacitando essas pessoas a conquistar independência e integração na sociedade. A aplicação de tecnologias modernas, como a impressão 3D e modelos CAD 3D para o ensino do Braille, demonstra um compromisso contínuo com o avanço desse sistema e com a promoção da igualdade de oportunidades para todos.

## Referências

- [1] BRASIL. **Lei no 13.005**, de 25/06/2014. Plano Nacional de Educação – PNE. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2014/lei-13005-25-junho-2014-778970-publicacaooriginal-144468-pl.html> Acesso em 02 ago. 2021.
- [2] BRASIL. **Lei nº 13.146**, de 06/07/2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da pessoa com Deficiência). 2015f. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2015/Lei/L13146.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13146.htm)> Acesso em: 02 ago. 2021.  
(BRASIL, 2015)
- [3] SARTORETTO, M. L.; BERSCH, R. **Introdução à tecnologia assistiva. Assistiva: tecnologia e educação**. 2017 Disponível em: <<http://www.assistiva.com.br/tassistiva.html>>. Acesso em: 03 ago. 2021.  
Sartoretto e Bersch (2017, p. 1)
- [4] LEMOS, E. R.; CERQUEIRA, J. B. **O Sistema Braille no Brasil**. Benjamin Constant, 8 mar. 2017. Disponível em <http://revista.ibc.gov.br/index.php/BC/article/view/353>. Acesso em: 03 ago. 2021.
- [5] BERSCH, R.; TONOLLI, J. C. **Introdução ao Conceito de Tecnologia Assistiva e Modelos de Abordagem da Deficiência**, 2015. Disponível em: <http://www.bengalalegal.com/tecnologiaassistiva>. Acesso em: 03 ago. 2021.
- [6] CANGIOLIERI, O. J. et al. Método de decisão dos processos de prototipagem rápida na concepção de novos produtos. **Gestão de Produção**, São Carlos, v. 22, n. 2, p. 345-355, 2015.
- [7] CHUA, C.K; LEONG, K.F.; LIM, C.S. **Rapid Prototyping: Principles and Applications**. World Scientific, London, 2010.
- [8] WILTGEN, F.; ALCALDE, E. **Prototipagem rápida aditiva aplicada em dispositivos funcionais de auxílio humano**. 10º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, São Carlos-SP, 2019.
- [9] CUPANI, A. (2006). The peculiarity of technological knowledge . **Scientiae Studia**, 4(3), 353-371. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1678-31662006000300002> Acesso em: 05 ago. 2021.