

Dossiê "Tecnologias e acessibilidade na educação presencial, a distância e remota: para ressignificar uma escola inclusiva"



Artigo

DOI: <http://dx.doi.org/10.22483/2177-5796.2025v27id5718>

PRANCHA GRAFOTÁTIL INCLUSIVA PARA O ESTUDO DAS FRAÇÕES

Inclusive grapho-tactile Board for Studying Fractions

Tablero gráfico táctil inclusivo para el estudio de fracciones

Eduardo de Sousa Veloso¹, Alexandre da Silva Ferry², Virginia Rita Pereira de Andrade Oliveira³

Resumo: A inclusão escolar visa superar a lógica segregacionista da educação tradicional, promovendo um ensino equitativo e acessível a todos os estudantes. O Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA) e a Didática Multissensorial são referenciais que podem orientar a criação de recursos didáticos acessíveis, permitindo múltiplas formas de interação e aprendizagem. Este estudo apresenta o desenvolvimento e a avaliação de uma prancha grafotátil para o ensino de frações, concebida para ampliar a acessibilidade de estudantes com deficiência visual. Trata-se de uma pesquisa aplicada, qualitativa, exploratória e descritiva, desenvolvida no âmbito de um projeto de pesquisa e extensão vinculado a um Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica. A prancha foi estruturada com peças manipuláveis em forma de setores circulares, operadores de comparação matemáticos e QR codes táteis que direcionam os estudantes a áudios instrucionais. A avaliação do recurso foi realizada por mestrandos cegos, que analisaram sua acessibilidade, usabilidade e potencial pedagógico. Os resultados indicam que o recurso favorece a aprendizagem ativa, garantindo acessibilidade tátil e auditiva e promovendo uma experiência educacional mais inclusiva. Conclui-se que o uso de recursos multissensoriais pode contribuir significativamente para o ensino de Matemática, beneficiando tanto estudantes com deficiência visual quanto aqueles sem deficiência.

Palavras-chave: educação inclusiva; recursos didáticos; desenho universal para aprendizagem.

¹ Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) | Belo Horizonte | MG | Brasil. E-mail: eduardo.veloso2@hotmail.com | Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-9237-8697>

² Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) | Belo Horizonte | MG | Brasil. E-mail: alexandreferry@cefetmg.br | Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9626-9634>

³ Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) | Belo Horizonte | MG | Brasil. E-mail: cefetvirginia@gmail.com | Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3465-7791>



Abstract: School inclusion aims to overcome the segregationist logic of traditional education, promoting equitable and accessible teaching for all students. Universal Design for Learning (UDL) and Multisensory Didactics are references that can guide the creation of accessible teaching resources, allowing multiple forms of interaction and learning. This study presents the development and evaluation of a tactile graph board for teaching fractions, designed to increase accessibility for students with visual impairments. This is an applied, qualitative, exploratory and descriptive study, developed within the scope of a research and extension project linked to a Postgraduate Program in Technological Education. The board was structured with manipulable pieces in the form of circular sectors, mathematical comparison operators and tactile QR codes that direct students to instructional audios. The resource was evaluated by blind master's students, who analyzed its accessibility, usability and pedagogical potential. The results indicate that the resource favors active learning, ensuring tactile and auditory accessibility and promoting a more inclusive educational experience. It is concluded that the use of multisensory resources can contribute significantly to the teaching of Mathematics, benefiting both visually impaired and non-visually impaired students.

Keywords: inclusive education; teaching resources; universal design for learning.

Resumen: La inclusión escolar busca superar la lógica segregacionista de la educación tradicional, promoviendo una educación equitativa y accesible para todo el alumnado. El Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) y la Didáctica Multisensorial son referentes que pueden orientar la creación de recursos didácticos accesibles, permitiendo múltiples formas de interacción y aprendizaje. Este estudio presenta el desarrollo y la evaluación de un tablero gráfico táctil para la enseñanza de fracciones, diseñado para aumentar la accesibilidad para estudiantes con discapacidad visual. Se trata de una investigación aplicada, cualitativa, exploratoria y descriptiva, desarrollada en el marco de un proyecto de investigación y extensión vinculado a un Programa de Postgrado en Educación Tecnológica. El tablero fue estructurado con piezas manipulables en forma de sectores circulares, operadores de comparación matemática y códigos QR táctiles que dirigen a los estudiantes a audios instructionales. El recurso fue evaluado por estudiantes ciegos de maestría, quienes analizaron su accesibilidad, usabilidad y potencial pedagógico. Los resultados indican que el recurso favorece el aprendizaje activo, garantizando la accesibilidad táctil y auditiva y promoviendo una experiencia educativa más inclusiva. Se concluye que el uso de recursos multisensoriales puede contribuir significativamente a la enseñanza de las Matemáticas, beneficiando tanto a estudiantes con discapacidad visual como a aquellos sin ella.

Palabras clave: educación inclusiva; recursos didácticos; diseño universal para el aprendizaje.



1 INTRODUÇÃO

A emergência de novos paradigmas nos diversos campos da atividade humana representa transformações profundas que impactam a maneira de pensar, agir e ser em determinado momento histórico. Esses paradigmas, que parecem surgir abruptamente, na verdade são construídos ao longo do tempo e se consolidam a partir de ideias inovadoras que desafiam concepções tradicionais. No âmbito educacional, a inclusão surge como um novo paradigma que questiona o modelo conservador de ensino vigente há séculos no Brasil (Mantoan, 2024).

A inclusão escolar desafia a lógica segregacionista da educação tradicional e propõe uma abordagem mais abrangente e equitativa. No entanto, essa mudança paradigmática, também mencionada por Ferry (2024), enfrenta resistências, pois exige a reformulação de estruturas e práticas educacionais arraigadas. A escola moderna ainda está presa a um pensamento mecanicista e reducionista, que classifica os estudantes de acordo com padrões arbitrários de normalidade e capacidade de aprendizagem. A divisão entre ensino regular e especial perpetua um sistema excluente, que precisa ser superado para garantir uma educação verdadeiramente democrática (Mantoan, 2024).

A inclusão escolar não se limita aos estudantes com deficiência, mas abrange todos os estudantes, garantindo que a diversidade seja reconhecida e valorizada. Para que essa transformação ocorra, é necessário repensar os currículos escolares, promovendo uma integração entre diferentes saberes e abandonando a visão fragmentada do conhecimento (Mantoan, 2024).

O ensino de frações, por exemplo, é amplamente baseado em representações pictóricas e materiais manipuláveis que favorecem a compreensão conceitual por meio da visualização de relações proporcionais. Para estudantes cegos, essa abordagem precisa ser adaptada para garantir a acessibilidade e a equidade no processo de aprendizagem. Nesse contexto, é premente o desenvolvimento de recursos didáticos acessíveis que favoreçam a compreensão das frações por meio de estratégias táteis e auditivas, alinhadas aos princípios do Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA) e da Didática Multissensorial.

De acordo com Lanuti (2015), a Matemática, historicamente vista como uma disciplina destinada apenas àqueles que dominam cálculos complexos, expressões algébricas e raciocínio lógico, deve ser acessível a todos os estudantes quando se pensa em um ensino de qualidade, independentemente das características de cada sujeito, de maneira a valorizar e considerar as diferenças.

A educação inclusiva tem como princípio garantir que todos os estudantes, independentemente de suas condições físicas, sensoriais ou intelectuais, tenham acesso à aprendizagem de forma plena e eficaz. Para Lanuti (2015), o ensino de Matemática deve ser inclusivo, mas apresenta desafios específicos devido à natureza abstrata de muitos de seus conceitos, o que exige um nível de raciocínio lógico e visualização espacial. Para superar essas barreiras, é fundamental que sejam adotadas



estratégias pedagógicas que tornem o conteúdo acessível e inclusivo para todos os estudantes, especialmente aqueles com deficiências.

Entre os recursos didáticos acessíveis e inclusivos que têm sido desenvolvidos em nosso projeto para promover a inclusão de estudantes com deficiência visual, destacam-se as pranchas grafotáteis. Esse tipo de recurso é composto por peças manipuláveis de sobreposição e encaixe de modo a promover e ampliar a experiência tátil dos estudantes. Trabalhos anteriores já abordaram o potencial dessas pranchas para o ensino de conteúdos científicos diversos (Ferry, 2024; Ferry; Farias, 2024; Ferry, 2023). No presente estudo, foca-se no uso dessa tecnologia para o ensino de frações, com base nos princípios do DUA e da Didática Multissensorial.

Diante desse cenário, este estudo busca responder à seguinte questão de pesquisa: quais elementos do DUA e da Didática Multissensorial poderiam orientar a produção criativa de um recurso didático acessível e inclusivo para o ensino de frações a estudantes com deficiência visual? Para isso, investiga-se a concepção, desenvolvimento e validação de um recurso didático acessível no âmbito de um projeto de pesquisa integrada a um conjunto de ações de extensão voltado à inclusão de estudantes com deficiência visual, considerando a experiência e percepção de usuários cegos.

Trata-se de uma pesquisa aplicada, com abordagem qualitativa, classificada como exploratória e descritiva. O estudo contempla a apresentação do recurso didático, sua fundamentação teórica e os resultados da avaliação realizada por duas pessoas cegas, que forneceram *feedback* sobre a usabilidade e a eficácia do material na aprendizagem de frações. Os resultados desta pesquisa podem contribuir para o aprimoramento de práticas pedagógicas inclusivas e para a ampliação do repertório de recursos acessíveis para o ensino de Matemática.

Esta pesquisa pode contribuir para o campo da Educação Inclusiva ao apresentar um recurso didático inclusivo que pode possibilitar a equidade no ensino de Matemática. De acordo com a Lei Brasileira de Inclusão (Lei nº 13.146) (Brasil, 2015) e as Diretrizes da Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva (Brasil, 2008), é fundamental garantir o acesso dos estudantes com deficiência a recursos didáticos inclusivos, promovendo sua plena participação e aprendizagem.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Os referenciais teóricos adotados neste estudo, o DUA e a Didática Multissensorial, oferecem diretrizes fundamentais para o desenvolvimento de recursos didáticos acessíveis e inclusivos. O DUA propõe a criação de materiais pedagógicos flexíveis que possibilitem múltiplas formas de representação, ação e expressão, contemplando diferentes estilos de aprendizagem e promovendo a equidade educacional. Já a Didática Multissensorial enfatiza a importância da integração de diferentes canais perceptivos – visão, audição e tato – para facilitar a construção do conhecimento, tornando o ensino mais dinâmico e acessível a estudantes com



deficiência visual. No contexto das pranchas grafotáteis, esses referenciais orientam as decisões metodológicas e pedagógicas, assegurando que os recursos didáticos não apenas atendam a critérios de acessibilidade, mas também favoreçam uma aprendizagem significativa e participativa.

2.1 O Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA) e o impacto na aprendizagem dos estudantes com deficiência

O DUA é definido no artigo 3º da Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (LBI) Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015, da seguinte maneira: "desenho universal: concepção de produtos, ambientes, programas e serviços a serem usados por todas as pessoas, sem necessidade de adaptação ou de projeto específico, incluindo os recursos de tecnologia assistiva" (Brasil, 2015).

O DUA foi desenvolvido por pesquisadores do *Center for Applied Special Technology* (CAST) e baseia-se na criação de materiais e metodologias de ensino flexíveis, capazes de atender à diversidade dos estudantes sem a necessidade de adaptações individuais e constitui uma abordagem para a promoção da educação inclusiva, permitindo que todos os estudantes, com ou sem deficiência, tenham acesso equitativo ao conhecimento (Goes; Costa, 2022).

De acordo com o guia CAST (2008) o DUA refere-se a um processo de criação de currículos que, desde o início, são projetados de forma intencional e sistemática para atender às diferenças individuais dos estudantes. Isso significa que os objetivos, métodos, materiais e avaliações são pensados para serem acessíveis e flexíveis, de forma a contemplar as diversas necessidades dos estudantes, sem a necessidade de adaptações posteriores. Ao adotar esse modelo desde o início, muitas dificuldades associadas às adaptações curriculares feitas após a criação do currículo podem ser reduzidas ou eliminadas, o que resulta em um ambiente de aprendizagem mais inclusivo e eficaz para todos os estudantes. Assim, o DUA busca criar um currículo que seja inclusivo desde sua concepção, promovendo uma experiência educacional mais equitativa.

Além de beneficiar a todos, o DUA pode ser essencial para a inclusão e o sucesso de estudantes com deficiência, pois oferece diversas formas de apresentar as informações e possibilita que os estudantes demonstrem seus conhecimentos por diferentes meios (Bock; Gesser; Nuernberg, 2018).

Segundo Soler (1999), os materiais utilizados em sala de aula são majoritariamente textuais, porém, o texto sozinho muitas vezes não é suficiente para representar diversos conceitos ou explicar a maioria dos processos de forma eficaz. Recursos como ilustrações, simulações, vídeos, áudios, gráficos interativos e imagens tornam esses conceitos e processos mais acessíveis e compreensíveis para todos os estudantes.

A principal premissa do DUA é a eliminação de barreiras pedagógicas, promovendo um ambiente de aprendizagem acessível a todos. Diferente de



abordagens tradicionais, que frequentemente requerem materiais específicos para determinados grupos de estudantes, o DUA propõe a criação de recursos universais, permitindo que cada aluno interaja com o conteúdo de maneira adaptada às suas necessidades. Isso fortalece a inclusão, pois estudantes com deficiência participam ativamente do ambiente escolar junto a seus colegas, favorecendo a socialização e o desenvolvimento de uma sociedade mais equitativa (Goes; Costa, 2022).

Para garantir essa acessibilidade, o DUA se baseia em três princípios fundamentais: engajamento, representação, e ação e expressão. O princípio do engajamento busca estimular o interesse dos alunos por meio de estratégias que consideram suas diferenças individuais, promovendo a autonomia e a motivação para o aprendizado. Já o princípio da representação enfatiza a necessidade de apresentar o conteúdo de múltiplas formas, utilizando diferentes linguagens, simbolismos e meios sensoriais para atender à diversidade cognitiva. Por fim, o princípio da ação e expressão permite que os alunos demonstrem seu conhecimento de maneiras variadas, considerando suas habilidades motoras e cognitivas (Goes; Costa, 2022).

A adoção do DUA nas instituições de ensino pode contribuir para a inclusão educacional, pois permite que professores planejem suas aulas de maneira abrangente, sem excluir nenhum estudante. Dessa forma, a prática docente se torna mais dinâmica e eficiente, de forma que todos os discentes tenham condições de aprendizado equitativas. Além disso, ao incorporar os princípios do DUA, a escola deixa de ser um espaço de exclusão e passa a ser um ambiente que respeita e valoriza a diversidade (Goes; Costa, 2022).

O DUA propõe que os materiais educativos sejam acessíveis a todos os alunos, independentemente de suas habilidades. Essa abordagem valoriza a diversidade e incentiva a criação de recursos que ofereçam múltiplas formas de representação, ação e expressão, e engajamento (CAST, 2008). No caso das pranchas grafotáteis, o uso de texturas, relevos, QR codes para direcionamento para áudios, e contrastes táteis possibilita que estudantes com deficiência visual tenham acesso ao conteúdo matemático por meio da percepção tátil.

Além disso, o DUA pode contribuir para garantir que a construção dos recursos seja pensada de forma inclusiva desde o início, evitando adaptações posteriores que podem ser menos eficazes ou excludentes, conforme orientado em Ferry (2023).

Portanto, o DUA se mostra um caminho para a consolidação da educação inclusiva. Ao garantir acessibilidade, equidade e participação de todos os alunos, essa abordagem não apenas pode melhorar a qualidade do ensino, mas também pode fortalecer a construção de uma sociedade mais justa e igualitária (Goes; Costa, 2022).

2.2 Didática Multissensorial e a Aprendizagem de Alunos com Deficiência

A Didática Multissensorial é uma abordagem pedagógica que explora diferentes canais perceptivos—visão, audição e tato—para otimizar o processo de aprendizagem. Ao reconhecer que os alunos possuem estilos e necessidades de aprendizagem



variados, essa metodologia propõe a diversificação das formas de ensino, tornando o conteúdo mais acessível e significativo (Soler, 1999).

No ensino tradicional, a ênfase recai sobre os estímulos visuais e auditivos, enquanto o tato frequentemente recebe pouca atenção. No entanto, para alunos com deficiência visual, o tato desempenha um papel relevante na construção do conhecimento. Estudos como os de Feronato (2002) indicam que estudantes cegos apresentam melhor desempenho na aprendizagem quando têm acesso a materiais táteis estruturados. No ensino de conceitos matemáticos, como frações, pranchas táteis podem proporcionar uma experiência interativa e manipulável, permitindo a construção mental dos conceitos de forma mais concreta e intuitiva.

A integração da Didática Multissensorial com os princípios do DUA favorece uma abordagem pedagógica mais equitativa, garantindo que todos os estudantes, independentemente de suas condições sensoriais, possam acessar o conhecimento de maneira significativa. Essa estratégia reconhece a diversidade dos processos cognitivos e propõe práticas didáticas que utilizam múltiplos sentidos para potencializar a aprendizagem, promovendo uma maior inclusão educacional (Soler, 1999).

De acordo com Soler (1999), a Didática Multissensorial baseia-se na combinação simultânea de estímulos visuais, auditivos e táteis, ampliando as possibilidades de interação do aluno com o conteúdo e favorecendo tanto a compreensão quanto a retenção do conhecimento. Essa abordagem não beneficia apenas estudantes com deficiência sensorial, mas também aprimora o ensino para todos, ao contemplar diferentes estilos de aprendizagem.

Nesse contexto, recursos didáticos multissensoriais, como as pranchas grafotáteis, desempenham um papel essencial na promoção da inclusão escolar. Esses recursos possibilitam que a aquisição do conhecimento científico vá além da dependência exclusiva da visão, permitindo que os alunos explorem e compreendam conceitos por meio da integração de diferentes sentidos. Dessa forma, a aprendizagem se torna mais dinâmica, acessível e alinhada às necessidades individuais de cada estudante (Soler, 1999).

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa, de natureza aplicada, apresenta uma abordagem qualitativa e, quanto aos objetivos, classifica-se como exploratória e descritiva. O estudo foi realizado no âmbito de um projeto de pesquisa e extensão voltado à inclusão de estudantes com deficiência visual e desenvolvido em um laboratório *maker* de uma instituição da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica. A concepção e avaliação da prancha grafotátil foram fundamentadas nos princípios do DUA e da Didática Multissensorial, buscando garantir acessibilidade e equidade no ensino de Matemática.

3.1 Desenvolvimento da prancha grafotátil

A concepção da prancha grafotátil para o ensino de frações seguiu um planejamento estruturado, envolvendo três etapas principais: (i) concepção e revisão da literatura, (ii) modelagem digital e organização das camadas e (iii) produção e acabamento do material.

3.2 Concepção e revisão da literatura

Inicialmente, foi realizada uma revisão da literatura sobre o uso de recursos tátteis na educação inclusiva e o papel da tecnologia assistiva no ensino de conceitos matemáticos. Essa investigação permitiu fundamentar a produção da prancha com base nos princípios do DUA e da Didática Multissensorial, garantindo que sua estrutura fosse acessível a estudantes com e sem deficiência visual.

Com base nessa fundamentação teórica, foi elaborado o *design* pedagógico da prancha, considerando a melhor organização dos elementos visuais e tátteis. As decisões de *design* priorizaram a clareza tátil, a coerência na distribuição das peças e a diferenciação por textura e altura, permitindo que os estudantes compreendam conceitos fracionários por meio da manipulação.

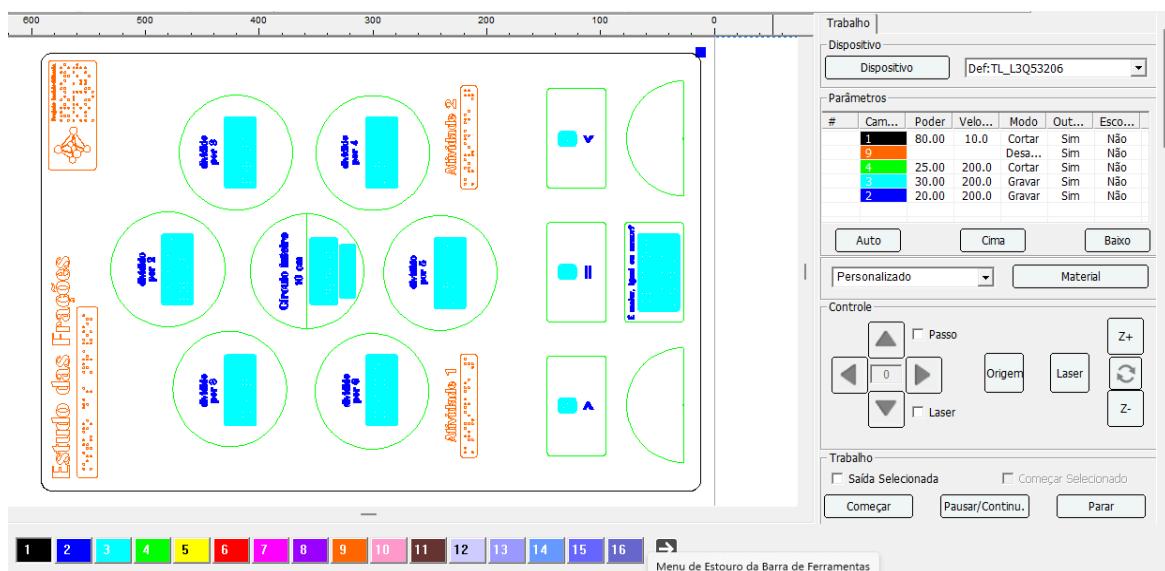
3.3 Modelagem digital e organização das camadas

A prancha foi desenvolvida digitalmente no AutoLaser 3.1.9, um *software* de modelagem vetorial compatível com máquinas de corte e gravação a laser. O projeto foi estruturado em três camadas principais, cada uma desempenhando uma função específica na experiência tátil do usuário:

- Camada 1 – Base estrutural e inscrições em braille: a primeira camada constitui a estrutura base da prancha, contendo as inscrições fixas em braille e grafia ampliada. Essas inscrições foram planejadas com profundidade e espaçamento adequados para garantir legibilidade tátil eficiente.
- Camada 2 – Cortes para encaixe das peças e QR Codes tátteis: a segunda camada contém os cortes das formas geométricas divididas em frações, projetadas para encaixe sobre a base. Além disso, dois QR Codes tátteis e escaneáveis foram inseridos com instruções de atividades a serem desenvolvidas pelos estudantes com as peças, promovendo a integração de dois canais sensoriais – o auditivo e o tátil.
- Camada 3 – Peças removíveis para manipulação das frações: a terceira camada é composta por peças destacáveis, representando diferentes frações. Essas peças foram projetadas com espessuras variadas para oferecer uma distinção tátil clara entre as frações. Além disso, foram adicionadas inscrições em relevo para reforçar a identificação tátil e facilitar a aprendizagem.

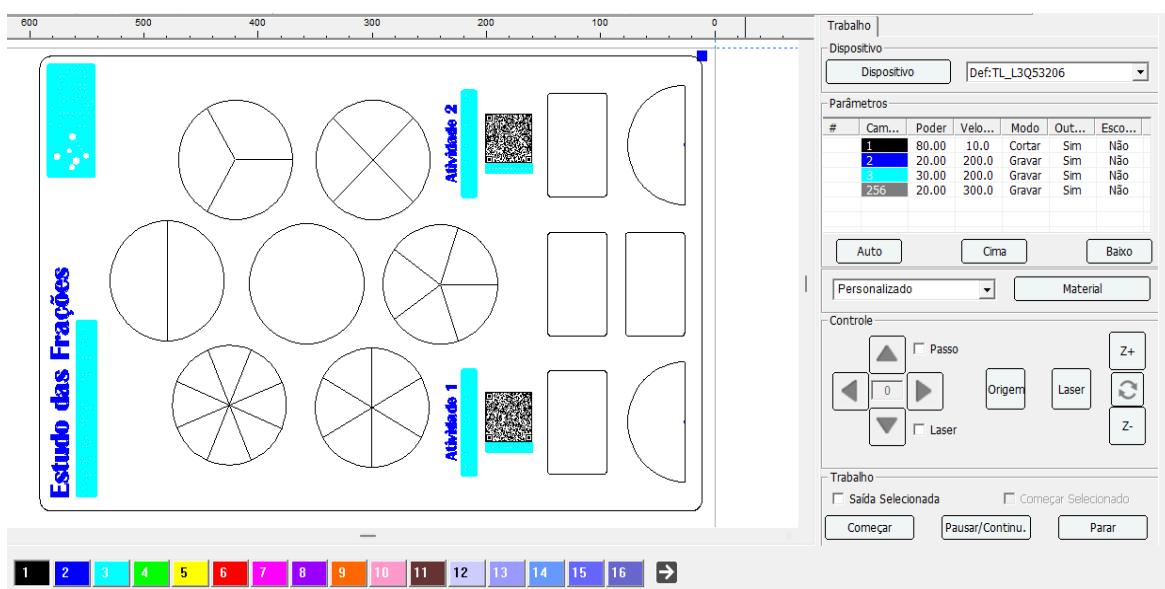
As imagens geradas no AutoLaser, apresentadas nas Figuras 1, 2 e 3 mostram a organização desses elementos no ambiente digital antes da fabricação, permitindo ajustes para otimizar a usabilidade e acessibilidade do recurso. Essas imagens também apresentam os parâmetros de corte e de gravação a laser – a potência e a velocidade.

Figura 1 - Desenho da camada 1 para corte e gravação da prancha grafotátil para o Estudo das Frações



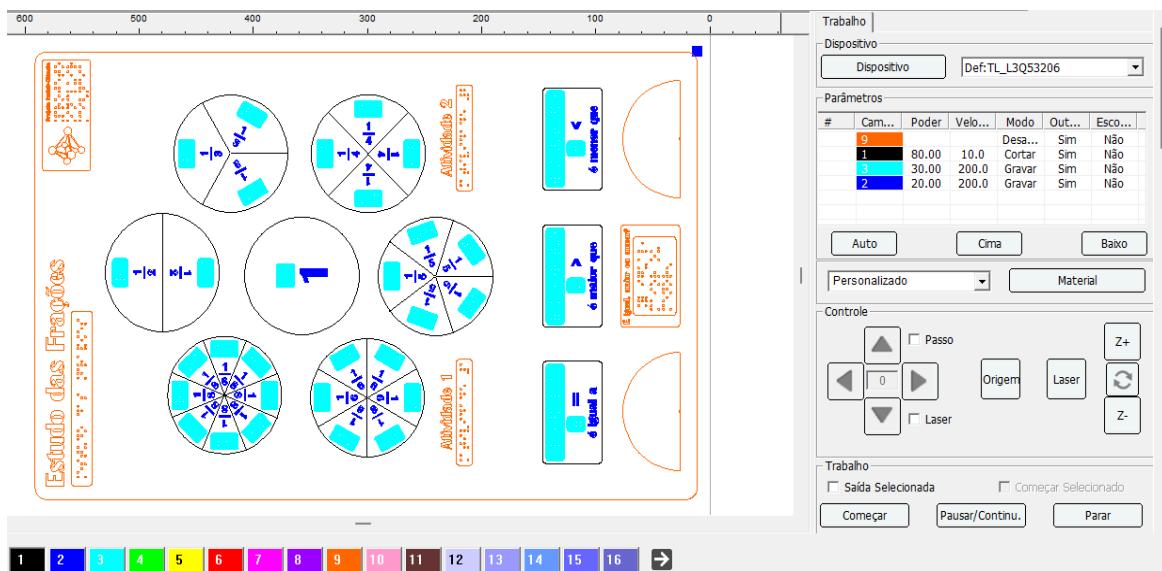
Fonte: Elaboração própria.

Figura 2 - Desenho da camada 2 para corte e gravação da prancha grafotátil para o Estudo das Frações



Fonte: Elaboração própria.

Figura 3 - Desenho da camada 3 para corte e gravação da prancha grafotátil para o Estudo das Frações



Fonte: Elaboração própria.

3.4 Produção e acabamento do material

A fabricação da prancha foi realizada por meio de corte e gravação a laser em MDF (*Medium Density Fiberboard*), um material escolhido por sua durabilidade, resistência e boa resposta ao laser.

Os parâmetros de corte e gravação foram ajustados para garantir uma diferenciação clara entre as texturas e evitar desgastes precoces nas inscrições em braille. O resultado é um recurso didático acessível e interativo, que possibilita a manipulação física dos conceitos de fração e promove uma experiência de aprendizagem inclusiva.

3.5 Avaliação da Prancha

A avaliação da prancha grafotátil foi conduzida com a participação de duas pessoas cegas, ambos mestrandos do Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica da instituição da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (RFPCT) em que este estudo foi desenvolvido. Os participantes são convededores do Sistema Braille e desenvolvem pesquisas sobre práticas educativas e tecnologias educacionais voltadas à inclusão de pessoas cegas em atividades de Ciência e Tecnologia, o que os qualifica para analisar criticamente o recurso.

O processo avaliativo seguiu uma abordagem qualitativa e exploratória, estruturada em três etapas principais:



3.5.1 Análise da acessibilidade tátil e da legibilidade do braille

Os avaliadores examinaram a disposição dos elementos táteis da prancha, verificando a clareza das inscrições em braille e a distinção entre as diferentes camadas e peças manipuláveis. Testou-se a profundidade e o espaçamento das marcações para garantir uma leitura eficiente e confortável para usuários cegos.

3.5.2 Testagem da usabilidade e manipulação das peças

Os participantes interagiram com a prancha, manipulando as peças removíveis e explorando as frações representadas no material. Observou-se se havia dificuldades ou limitações no encaixe das peças, no reconhecimento tátil das formas geométricas e na correspondência entre os elementos fixos e móveis.

3.5.3 Avaliação da aplicabilidade pedagógica

Os avaliadores forneceram *feedback* sobre a eficácia da prancha como recurso didático, avaliando sua adequação para o ensino de frações no contexto da educação inclusiva. Também analisaram a utilidade dos QR Codes táteis, verificando se as descrições auditivas complementavam e enriqueciam a experiência de aprendizagem.

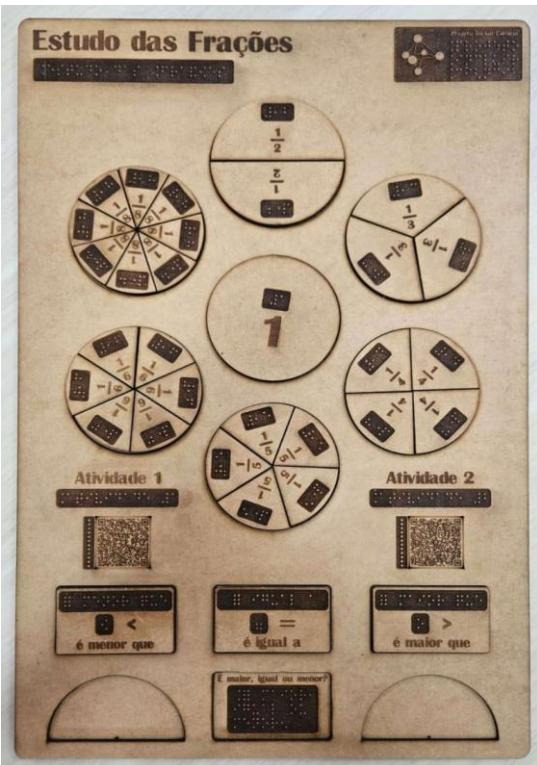
Os dados foram coletados por meio de observação direta e registros de impressões verbais dos participantes, permitindo a identificação de possíveis aprimoramentos no *design* e na funcionalidade do recurso.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A prancha grafotátil desenvolvida neste estudo foi projetada para oferecer um ambiente de aprendizagem acessível e inclusivo para o ensino de frações. O protótipo físico do recurso produzido é apresentado na Figura 4. Seu design foi modelado no software AutoLaser, e a fabricação ocorreu por meio de corte e gravação a laser em MDF, garantindo resistência e durabilidade ao material.



Figura 4 – Prancha Grafotátil com peças manipuláveis de sobreposição e encaixe para o Estudo das Frações



Fonte: Elaboração própria.

4.1 Descrição da prancha grafotátil

A prancha é composta por informações apresentadas simultaneamente em grafia ampliada e braille em alto relevo, promovendo acessibilidade para estudantes com e sem deficiência visual. Na parte superior esquerda, encontra-se o título “Estudo das Frações”, enquanto a parte superior direita apresenta uma área destinada à identificação institucional.

O layout foi estruturado para favorecer a exploração tátil e a manipulação das peças. No centro, há sete conjuntos de setores circulares (fatias de pizza), representando frações unitárias. Esses conjuntos são organizados da seguinte maneira: a) círculo inteiro (representando a unidade); b) setores circulares (representando um meio); c) setores circulares (representando um terço); d) setores circulares (representando um quarto); e) setores circulares (representando um quinto); f) setores circulares (representando um sexto); g) setores circulares (representando um oitavo).

Na parte inferior da prancha, há uma seção dedicada à comparação de frações. Essa área contém três peças manipuláveis retangulares, cada uma associada a um operador matemático: "<" (é menor que); "=" (é igual a); ">" (é maior que).

Os espaços destinados ao encaixe dessas peças incluem a inscrição “É maior, igual ou menor?”, orientando o estudante sobre a atividade a ser realizada. Para complementar a experiência, a prancha inclui QR Codes táteis, que direcionam os



estudantes a áudios instrucionais. Os áudios das atividades propõem desafios relacionados à comparação de frações, como no seguinte enunciado:

- Atividade 1: Escolha duas diferentes frações e as coloque dentro dos dois semicírculos abaixo. Em seguida, informe se uma é maior, igual ou menor do que a outra.
- Atividade 2: Agora compare outros conjuntos de peças, por exemplo: dois sextos é maior, igual ou menor do que três oitavos?

4.2 Avaliação do Recurso e Reflexões Metodológicas

A testagem da prancha grafotátil com os dois mestrandos cegos do Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica da instituição permitiu validar sua funcionalidade e acessibilidade. A avaliação foi conduzida com base em três aspectos principais:

4.2.1 Acessibilidade tátil e legibilidade do braille

Os avaliadores destacaram a qualidade da gravação tátil e a boa diferenciação entre as camadas e peças manipuláveis, facilitando a interpretação pelo tato. A profundidade e espaçamento do braille foram considerados adequados para garantir a leitura eficiente.

4.2.2 Experiência de manipulação e usabilidade

O encaixe das peças foi avaliado como preciso, permitindo a organização das frações de forma intuitiva. A distinção entre os setores circulares foi considerada satisfatória, mas recomendou-se texturas adicionais para aprimorar a identificação das frações sem necessidade de leitura braille.

4.2.3 Potencial pedagógico e alinhamento com o DUA e a Didática Multissensorial

Os participantes ressaltaram que a prancha atende aos princípios do DUA ao combinar elementos visuais, táteis e auditivos na representação dos conceitos matemáticos. A possibilidade de exploração ativa e manipulação das peças favorece a aprendizagem de maneira alinhada à Didática Multissensorial, ampliando o acesso ao conteúdo matemático.

Os QR Codes táteis foram considerados uma ferramenta complementar eficiente, oferecendo uma modalidade auditiva de instrução que enriquece a experiência de aprendizado.

Os resultados da avaliação indicam que a prancha grafotátil representa um recurso didático acessível e eficaz, capaz de proporcionar uma experiência de aprendizagem inclusiva no ensino de frações.



4.3 Diálogo com a Questão de Pesquisa

Os resultados deste estudo reforçam que os princípios do DUA e da Didática Multissensorial podem orientar a produção criativa de recursos didáticos acessíveis para estudantes cegos. O uso de elementos manipuláveis, diferentes formas de representação da informação e recursos auditivos complementares contribuem para tornar o ensino de frações mais inclusivo.

A partir da experiência relatada pelos avaliadores, fica evidente que a incorporação de múltiplos canais sensoriais no ensino de Matemática pode favorecer a participação de estudantes com deficiência visual em sala de aula. Contudo, algumas melhorias podem ser exploradas em futuras versões, como variação de texturas para diferenciar as frações sem depender exclusivamente do braille.

A análise dos resultados evidencia que a abordagem adotada no desenvolvimento da prancha grafotátil garante acessibilidade e amplia a compreensão dos conceitos matemáticos, promovendo uma aprendizagem ativa e significativa para estudantes cegos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inclusão escolar busca romper com a lógica segregacionista e garantir que todos os estudantes tenham acesso equitativo ao conhecimento, independentemente de suas características individuais. Para isso, o DUA propõe o uso de materiais e estratégias pedagógicas flexíveis, permitindo que diferentes perfis de estudantes sejam contemplados desde a concepção dos recursos educacionais. Da mesma forma, a Didática Multissensorial contribui para a inclusão ao enfatizar a importância da aprendizagem por meio da integração de múltiplos canais sensoriais, como visão, audição e tato.

Neste estudo, foi apresentada a prancha grafotátil para o ensino de frações, um recurso acessível e inclusivo desenvolvido no âmbito de um projeto de pesquisa e extensão vinculado a um Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica de uma instituição da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica. A prancha foi estruturada com peças manipuláveis, operações matemáticas representadas em braille e grafia ampliada e QR codes táteis com direcionamento para áudios instrucionais, promovendo múltiplas formas de interação e aprendizado.

Os referenciais teóricos do DUA e da Didática Multissensorial fundamentaram as escolhas metodológicas adotadas no desenvolvimento do recurso. O DUA reforça a importância de estratégias pedagógicas acessíveis que contemplem diferentes formas de percepção e expressão do conhecimento, enquanto a Didática Multissensorial justifica o uso de materiais táteis e auditivos para favorecer a aprendizagem de estudantes com deficiência visual.

A testagem da prancha grafotátil com os mestrandos cegos do Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica da instituição evidenciou que o recurso

atende a critérios de acessibilidade, usabilidade e potencial pedagógico. Os participantes destacaram a clareza da diferenciação tátil das peças, a eficácia das inscrições em braille e o potencial interativo das atividades propostas. Além disso, a possibilidade de explorar conceitos matemáticos por meio da manipulação favoreceu a compreensão ativa das frações, alinhando-se aos princípios do DUA e da Didática Multissensorial.

Este estudo demonstrou que o uso de recursos didáticos táteis e multissensoriais pode ampliar o acesso ao conhecimento, promovendo um ensino mais equitativo para estudantes com e sem deficiência visual. Ao integrar diferentes formas de representação da informação, esses recursos não apenas garantem acessibilidade, mas também enriquecem o processo educativo ao oferecer novas possibilidades de interação e exploração do conteúdo matemático.

Como perspectivas futuras, sugere-se a realização de estudos ampliados com um maior número de participantes, incluindo professores e estudantes da Educação Básica, a fim de avaliar o impacto do recurso em diferentes contextos educacionais. Além disso, futuras versões da prancha grafotátil podem incorporar texturas adicionais para facilitar ainda mais a identificação tátil das frações e aprimorar a experiência de aprendizagem dos usuários.

REFERÊNCIAS

BOCK, G. L. K.; GESSER, M.; NUERNBERG, A. H. Desenho universal para a aprendizagem: a produção científica no período de 2011 a 2016. **Revista Brasileira de Educação Especial**, Corumbá, MS, v. 24, n. 1, p. 143-160, jan. 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbee/a/ntsFQKh3yqVMvJCPyWfQd4y/>. Acesso em: 22 mar. 2025.

BRASIL. Presidência da República. **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). Brasília: Presidência da República, 2015. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm. Acesso em: 22 mar. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. **Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva**. Brasília: MEC/SEESP, 2008.

CAST - Center for Applied Special Technology. **Guía para el diseño universal del aprendizaje (DUA) - versión 1.0**. Wakefield, MA: Universal design for learning guidelines version 1.0, 2008.



FERRY, A. da S. Cultura maker e educação inclusiva: produção e validação de uma prancha grafotátil sobre destilação simples para o ensino de química a estudantes cegos. **Cadernos de Estágio**, Natal, v. 5, n. 4, p. 42-56, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/cadernosestagio/article/view/35687>. Acesso em: 22 mar. 2025.

FERRY, A. da S. Projeto incluir-ciência: ações de extensão para inclusão de pessoas com deficiência visual. **UFF & Sociedade**, Niterói, v. 4, n. 4, p. 1-15, 2024. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/uffsociedade/article/view/62744>. Acesso em: 22 mar. 2025.

FERRY, A. da S.; FARIAS, V. C. Confecção de um recurso didático para o ensino da grafia química braille a estudantes com deficiência visual. **Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica**, Natal, v. 1, n. 24, p. 1-20, 2024. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/RBEPT/article/view/14897>. Acesso em: 22 mar. 2025.

FERRONATO, R. **A construção de instrumento de inclusão no ensino de matemática**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFSC_31aac910927837d429010bcdd680e33e. Acesso em: 22 mar. 2025.

GÓES, A. R. T.; COSTA, P. K. A. da. Do desenho universal ao desenho universal para aprendizagem. In: GÓES, A. R. T.; COSTA, P. K. A. da (org.). **Desenho universal e desenho universal para aprendizagem: fundamentos, práticas e propostas para educação inclusiva**. São Carlos: Pedro & João Editores, 2022. p. 25-33. v. 1. Disponível em: <https://pedrojeaoeditores.com.br/wp-content/uploads/2022/05/DESENHO-UNIVERSAL-E-DESENHO-UNIVERSAL-PARA-APRENDIZAGEM.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2025.

LANUTI, J. E. de O. E. **Educação matemática e inclusão escolar**: a construção de estratégias para uma aprendizagem significativa. 2015. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/ebce0051-7555-4a12-86e1-7028f7dda6ae>. Acesso em: 22 mar. 2025.

MANTOAN, M. T. E. Inclusão escolar: uma escolha fatal. In: DUTRA, C. P. (org.). **Educação em pauta 2024**: desafios da educação especial na perspectiva inclusiva no Brasil. Brasília: Organização de Estados Ibero-Americanos para a Educação, a Ciência e a Cultura, 2024. p. 49-68. Disponível em: <https://oei.int/wp-content/uploads/2025/02/educacao-em-pauta-1.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2025.



SOLER, M. A. **Didáctica multisensorial de las ciencias**: un nuevo método para alumnos ciegos, deficientes visuales y también sin problemas de visión. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, 1999.

Contribuição dos autores

Eduardo de Sousa Veloso – Coordenador do projeto, participação ativa no desenvolvimento da prancha grafotátil, na análise dos dados e revisão da escrita final.

Alexandre da Silva Ferry – Coleta de dados, análise dos dados e escrita do texto.

Virginia Rita Pereira de Andrade Oliveira – Coleta de dados, análise dos dados e escrita do texto.

Declaração de conflito de interesse

Os autores declaram que não há conflito de interesse com o artigo "Prancha Grafotátil inclusiva para o estudo das frações".

Disponibilidade de Dados

Os conteúdos subjacentes ao texto da pesquisa estão disponíveis no artigo.

Revisão Gramatical por:

Jociele de Abreu da Silva

E-mail: jocielesilva0@gmail.com