

## **A EXPLORAÇÃO TÁTIL DE REPRESENTAÇÕES GEOMÉTRICAS PRODUZIDAS COM A CANETA 3D: UMA FERRAMENTA PARA O ENSINO DE ESTUDANTES CEGOS**

### **THE TACTILE EXPLORATION OF GEOMETRIC REPRESENTATIONS PRODUCED WITH THE 3D PEN: A TOOL FOR TEACHING BLIND STUDENTS**

Caroline da Silveira

Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

[carolinebs.silveira@gmail.com](mailto:carolinebs.silveira@gmail.com)

Rogério de Aguiar

Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

[rogerio.aguiar@udesc.br](mailto:rogerio.aguiar@udesc.br)

Silvia Teresinha Frizzarini

Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

[silvia.frizzarini@udesc.br](mailto:silvia.frizzarini@udesc.br)

#### **Resumo**

Este trabalho apresenta uma pesquisa que tem por objetivo investigar o uso da caneta 3D na produção de materiais em relevo visando o acesso a representações de objetos matemáticos por estudantes cegos por meio da exploração tátil. A falta de visão não afeta o desenvolvimento cognitivo de estudantes com deficiência visual, o que torna necessário a exploração de outros sentidos que possibilitem a aquisição de conhecimentos (VIGOTSKI, 2011). O uso de ferramentas e recursos que permitam a exploração tátil de representações vêm sendo explorado para a produção de materiais inclusivos em aulas de matemática (3DOODLER, 2018). A pesquisa adota uma abordagem qualitativa e exploratória, na busca de analisar as impressões compartilhadas por estudantes e profissionais da educação cegos por meio da exploração de materiais táteis produzidos com a caneta 3D e por meio de entrevistas (GIL, 2008). Verificou-se que a exploração tátil dos relevos possibilita o acesso a conteúdos, o reconhecimento de propriedades matemáticas e a formação de conceitos, trazendo benefícios no processo de ensino e aprendizagem de estudantes cegos. Assim, apresenta-se a caneta 3D como uma possível ferramenta auxiliar na produção de atividades inclusivas em aulas de matemática.

**Palavras-chave:** Caneta 3D. Cego. Deficiência visual. Educação inclusiva. Geometria. Educação matemática.

#### **Abstract**

This thesis presents a research that has as objective investigate the using of a 3D pen in the production of embossed materials to allow the access to geometric representations by blind students through tactile exploration. The lack of vision doesn't affect the cognitive development of students

with visual impairment, which makes it necessary to explore other senses that enable the acquisition of knowledge (VIGOTSKI, 2011). The use of tools and resources that allow the tactile exploration of representations has been explored for the production of inclusive materials in math classes (3DOODLER, 2018). This research has a qualitative and exploratory approach and observes, in the quest to observe impressions shared by blind students and education professionals through the exploration of tactile materials produced with the 3D pen and through surveys (GIL, 2008). The tactile exploration of the embossed representations built with the 3D pen allow the access to contents, the recognition of mathematical properties and the concepts formation, bringing benefits in the teaching-learning process of blind students. Therefore, presents the 3D pen as a possible auxiliary tool in the production of inclusive activities in math classes.

**Keywords:** 3D pen. Blind. Visual impairment. Inclusive education. Geometry. Mathematics education.

## INTRODUÇÃO

As representações geométricas têm grande importância no ensino de matemática, auxiliando os estudantes na formação e na compreensão de conceitos e possibilitando a evolução do processo de ensino e aprendizagem. Para que o acesso a conceitos e a representações de objetos geométricos ocorra, é necessário que se investigue a existência de recursos e que se testem ferramentas com potencial para uso na construção de materiais e na adaptação de atividades.

Estudantes cegos são impossibilitados de acessar as representações geométricas presentes no ensino de matemática por meio da visão. Para que o estudante cego compreenda objetos matemáticos, que são acessíveis somente por meio de representações, se faz necessário a formação de conceitos por meio da exploração por outros sentidos. A utilização do tato, por exemplo, permite ao estudante cego a exploração de propriedades matemáticas de objetos por meio da manipulação de representações concretas.

Ao ensinar estudantes cegos, é recomendável que os professores reflitam e discutam sobre as possibilidades de trabalho que envolvem a exploração tátil de representações. Os professores podem se defrontar com algumas dificuldades ao planejar aulas sobre uma perspectiva inclusiva quanto a deficiência visual, devido a falta de conhecimento sobre a deficiência e sobre as necessidades do estudante, devido a dificuldades de acesso a materiais adaptados ou a falta de tempo para produzi-los.

Uma sugestão de ferramenta que pode ser utilizada como recurso educacional é a caneta 3D. Com ela, é possível produzir traços em relevo em polímero plástico, à mão livre, sobre diversas superfícies e estes podem representar desenhos e formas que podem ser tateadas de imediato. A caneta 3D é uma tecnologia inovadora, que vem sendo utilizada

em diversas áreas e tem se mostrado promissora no ensino. Acredita-se que a caneta 3D poderá ser um facilitador na produção de atividades envolvendo geometria e outros objetos matemáticos em sala de aula, tornando as representações geométricas acessíveis aos estudantes cegos.

Assim, este trabalho apresenta uma pesquisa que tem por objetivo investigar o uso da caneta 3D na produção de materiais em relevo visando o acesso a representações de objetos matemáticos por estudantes cegos por meio da exploração tátil. Durante a pesquisa foram realizadas experimentações e entrevistas com estudantes cegos e com profissionais da educação, nas quais se deu a manipulação de representações concretas produzidas com a caneta 3D visando observar a qualidade e o processo de exploração tátil dos materiais.

Este artigo baseia-se na monografia intitulada “A caneta 3D na sala de aula inclusiva: possibilidades para o ensino de matemática a estudantes com deficiência visual”,<sup>1</sup> apresentada pela primeira autora como trabalho de graduação em 2021, no curso de Licenciatura em Matemática da Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc).

## REFERENCIAL TEÓRICO

### Ensino de estudantes cegos e a exploração tátil

A cegueira é classificada como a perda total da visão, de forma congênita ou adquirida. Pessoas que possuem cegueira apresentam desde a ausência total da visão até a perda da projeção de luz (BRASIL, 2006). No Brasil, a legislação garante que pessoas com cegueira exerçam seus direitos e tenham acesso à educação. A lei nº 13.146, nomeada Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência, destina-se “a assegurar e a promover, em condições de igualdade, o exercício dos direitos e das liberdades fundamentais por pessoa com deficiência, visando à sua inclusão social e cidadania” (BRASIL, 2015).

Ao discorrer sobre as interações das pessoas com deficiência na sociedade, Vigotski aponta que, historicamente, os signos e ferramentas foram estruturados sem considerar suas necessidades, pois as formas de comportamento humanas foram adaptadas às pessoas sem deficiência. A cultura foi estruturada baseando-se em um estereótipo de “pessoa normal”,

---

<sup>1</sup> SILVEIRA, Caroline da. **A caneta 3D na sala de aula inclusiva: possibilidades para o ensino de matemática a estudantes com deficiência visual.** Joinville/SC. 2021. Trabalho de graduação - (Licenciatura em Matemática) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville/SC, 2021.

o que refletiu em diversas barreiras que trazem limitações às pessoas com deficiência (VIGOTSKI, 2011).

Vigotski (2011) considera que a educação deve ser pensada levando-se em conta as diferenças no desenvolvimento da criança com deficiência e da criança sem deficiência e que a educação deve oferecer um sistema de signos e símbolos culturais auxiliando na adaptação às necessidades dos alunos com deficiência.

Autores como Vigotski (2011) e Campos, Sá e Silva (2007) abordam o desenvolvimento e a aprendizagem de crianças cegas apontando que a falta de visão não interfere em suas capacidades intelectual e cognitiva. No processo de aprendizagem desses estudantes, para realizar atividades com a exploração tátil de materiais, os estudantes cegos podem ter um desempenho mais lento, pois devem manipular as formas com cuidado para perceber todos os detalhes e propriedades presentes.

As limitações visuais ocasionam a necessidade de exploração de outros sentidos e, deste modo, o desenvolvimento tátil do estudante deve ser estimulado pelos professores. O uso da exploração tátil no ensino de matemática se faz necessária para que o estudante cego tenha acesso a representações de objetos matemáticos.

A construção de linhas e figuras planas como triângulos, quadriláteros e polígonos em relevo, se de fácil exploração tátil, são importantes para o ensino de geometria (BRASIL, 2006). Também, é possível explorar o ensino de funções, do sistema cartesiano, de ângulos, área, perímetro e outros conceitos por meio de materiais adaptados em relevo.

### **Recursos educacionais e a caneta 3D**

Não há um único material que possa ser utilizado para ensinar todos os conteúdos de matemática e, na perspectiva da educação inclusiva, um material não atenderá às necessidades educacionais de todos os estudantes, pois cada um apresenta singularidades e necessidades específicas. O professor de matemática deve conhecer as particularidades de seu estudante, utilizar bons recursos educacionais e planejar estratégias pedagógicas que contribuam para o aprendizado e para a compreensão dos conceitos matemáticos.

Entre os recursos didáticos comumente usados no ensino de geometria a estudantes cegos têm-se os desenhos em braille, o Multiplano, o geoplano, o uso de materiais concretos feitos com diversas técnicas como com impressoras 3D ou adaptados artesanalmente, entre outros.

Ao pesquisar as limitações encontradas na produção de materiais táteis por professores, a empresa 3Doodler verificou que os docentes têm pouco tempo disponível em sua prática profissional para planejar e construir materiais, lidando ainda com a falta de conhecimento sobre o processo de aprendizagem de estudantes cegos, com a falta de parceria e colaboração para discutir e compartilhar ideias e com a impossibilidade de acompanhar a aprendizagem dos estudantes mais de perto (3DOODLER, 2018).

Assim, a exploração de ferramentas que apresentem novas possibilidades de trabalho aos professores e possam reduzir as dificuldades encontradas no processo de adaptação de conteúdos a estudantes cegos se faz necessária.

A caneta 3D (Figura 1) é uma ferramenta que pode ser definida como uma impressora 3D portátil, uma ferramenta compacta que permite a modelagem de desenhos por meio da ejeção de polímero plástico a alta temperatura.

**Figura 1:** Caneta 3D e filamento



**Fonte:** Multilaser (2022)

A caneta 3D possui um sistema interno de aquecimento e para funcionar deve ser conectada a uma tomada. Ao ligá-la, o sistema interno da caneta alcança altas temperaturas e deve-se inserir em uma de suas extremidades um filamento de polímero plástico, que será aquecido, derretido e expelido pelo bico extrusor. Após ser expelido, o plástico rapidamente resfria e a forma desenhada endurece e se conserva, podendo ser manipulada sem risco de queimaduras na pele.

É possível modelar formas aproximando a ponta da caneta 3D a uma superfície qualquer para depositar o material. Folhas sulfite apresentam boa aderência ao polímero derretido. Pode-se controlar a extrusão do polímero plástico utilizando botões para seleção de velocidade, com velocidades mais baixas é possível fazer traços precisos.

Os filamentos de polímero plástico utilizados na caneta podem ser do tipo PLA ou ABS, podem apresentar diversas cores e tem a espessura de 1,75 milímetros. O polímero

PLA é o material mais utilizado na impressão 3D e se destaca por ser biodegradável, enquanto o polímero ABS é derivado do petróleo e tem odor forte. Atualmente no Brasil, o preço de uma caneta 3D varia de 100 a 250 reais e a ferramenta e os filamentos podem ser encontrados em lojas ou distribuidoras de produtos para impressão 3D.

O primeiro modelo de caneta 3D começou a ser comercializado em 2014 e a partir daí esta ferramenta passou a ser usada com diversas finalidades e nas mais diversas áreas, como no design, na arquitetura e em trabalhos artísticos.

Ao produzir um modelo de caneta 3D, os fabricantes da marca 3Doodler adaptaram-a com marcações em braille para facilitar a manipulação por pessoas com deficiência visual, pensando que os materiais poderiam ser tateados por elas (3DOODLER, 2018). Ainda assim, poucos foram os trabalhos encontrados sobre o uso da ferramenta com cegos.

No ensino, os trabalhos de Fleta (2016), Büyükekşi, Çolakoğlu e Yavuz (2020), Bernard e Mendez (2020), Nunes e Moreira (2018), Ng, Shi e Ting (2020), Ng (2020), apresentam possibilidades para a utilização da caneta 3D em sala de aula, em disciplinas como Biologia, Química, História e Matemática (para estudo de funções e sólidos geométricos).

Durante a pesquisa, a caneta 3D é apresentada como uma ferramenta auxiliar para o ensino de cegos, pois sua potencialidade se mostra na facilidade de produção de relevos táteis no momento em que o conteúdo está sendo ministrado, podendo flexibilizar o ensino de determinados conteúdos cujas representações são comumente produzidas com antecedência e levadas para a sala de aula pelo professor.

## **METODOLOGIA**

A pesquisa adota uma abordagem qualitativa e exploratória, na busca de observar e interpretar opiniões sobre uma ferramenta inovadora — a caneta 3D — em um contexto pouco explorado — a partir de experimentações e da manipulação de representações por pessoas cegas no estudo de matemática (GIL, 2008).

As aplicações da pesquisa se dividiram em três etapas: Na primeira etapa buscou-se apresentar a caneta 3D a pessoas cegas e observar e receber opiniões sobre o processo de exploração tátil dos objetos matemáticos produzidos com a ferramenta. Na segunda etapa buscou-se coletar opiniões sobre os materiais junto a profissionais da área de

adaptação de materiais para estudantes com deficiência visual. Na terceira etapa, buscou-se introduzir a ferramenta no ambiente educacional visando planejar estratégias para testar seu uso em sala de aula no ensino regular.

Na primeira etapa foram realizadas duas visitas à Associação Joinvilense para Integração dos Deficientes Visuais (Ajidevi) em Joinville/SC, na qual participaram um aluno cego estudante do Ensino Médio e dois professores da instituição. Na segunda etapa os participantes da pesquisa foram dois profissionais da educação, ambos cegos, especializados na produção de materiais para alunos com deficiência visual, integrantes da Fundação Catarinense de Educação Especial (FCEE) em São José/SC. Na terceira etapa realizou-se a aplicação em uma escola municipal de Joinville/SC, na qual participaram um aluno cego estudante do Ensino Fundamental, seu responsável e o professor de matemática da instituição.

Em todas as etapas a coleta de dados se deu pela observação dos encontros realizados e pela aplicação de entrevistas com os participantes. Os instrumentos utilizados para apoiar e registrar a coleta de dados foram roteiros de entrevista, diários de campo, captura de fotografias e gravação de áudio.

As entrevistas semiestruturadas com perguntas abertas foram realizadas oralmente, o que permitiu que as conversas fossem direcionadas aos temas desejados visando obter dados significativos e relevantes (GIL, 2008). Buscou-se coletar as opiniões dos profissionais da educação e dos estudantes quanto à ferramenta e aos materiais produzidos com ela.

Os diários de campo foram compostos por anotações dos pesquisadores, feitas no momento da experimentação ou a posteriori, nos quais foram descritas as impressões e reações observadas nas aplicações. O registro dos encontros se deu ainda pela gravação de áudio e por fotografias e, posteriormente, os dados coletados foram transcritos.

## **EXPERIMENTAÇÕES E COLETA DE DADOS**

### **Primeira etapa: experimentações com um estudante cego do Ensino Médio**

A primeira etapa de experimentações teve início em 2018, com o objetivo de apresentar a caneta 3D a pessoas cegas e receber opiniões sobre o processo de exploração tátil dos objetos matemáticos produzidos com a caneta 3D. Foram realizadas duas visitas à Associação Joinvilense para Integração dos Deficientes Visuais (Ajidevi), instituição de



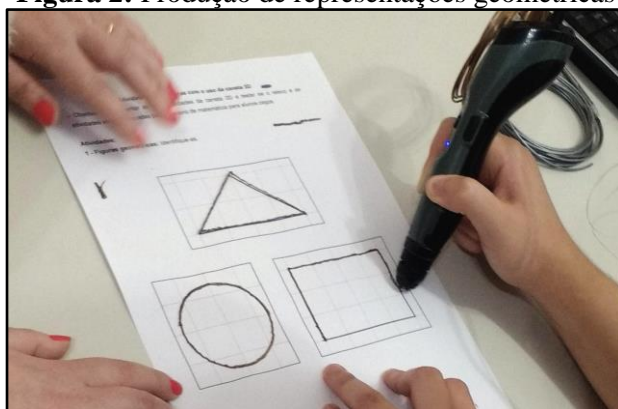
assistência social que atende pessoas de todas as idades que possuem cegueira e baixa visão na região de Joinville/SC.

Participaram da experimentação um estudante e dois professores da instituição. O estudante possui cegueira congênita e cursava o terceiro ano do ensino médio em uma escola estadual de Joinville/SC. Um dos professores possui cegueira congênita e lecionava informática e o outro possui baixa visão e lecionava música na Ajidevi.

Na primeira visita, os pesquisadores apresentaram a ferramenta e explicaram seu funcionamento. Também apresentaram folhas sulfite com esboços à tinta de alguns objetos matemáticos, como formas geométricas — quadrado, triângulo, círculo e pentágono — e gráficos de funções de primeiro e segundo grau sobre um eixo cartesiano — reta e parábola destacadas sobre uma malha quadriculada.

A caneta 3D pode ser manipulada com facilidade por pessoas cegas para a construção de desenhos no plano, mas considerando o contexto das experimentações, os pesquisadores ficaram responsáveis por construir as representações geométricas para introduzir conceitos que poderiam ser desconhecidos pelos participantes. Usando a ferramenta, os pesquisadores reproduziram as formas em relevo e os participantes puderam explorá-las tatilmente (Figura 2). Após as explicações, os participantes também manipularam a ferramenta e tentaram reproduzir as formas.

**Figura 2:** Produção de representações geométricas



**Fonte:** Elaborada pelos autores (2019)

Passando os dedos sobre os relevos produzidos, os participantes tentaram identificar as propriedades e desenhos das formas geométricas relacionando-as a seus conhecimentos prévios sobre o assunto. Os participantes demonstraram agilidade e facilidade para reconhecer as formas com o uso do tato. Quanto às funções, os participantes



relataram que os relevos eram de fácil identificação, mas que não recordavam os significados dos objetos matemáticos. Com a mediação e explicação dos pesquisadores eles conseguiram relacionar os conceitos matemáticos às representações.

Após manipular a ferramenta os participantes avaliaram que foi possível perceber e distinguir com facilidade o relevo dos desenhos e também avaliaram que a temperatura e a textura do material se mostraram agradáveis ao tato e não machucaram a pele. Eles não conheciam a caneta 3D e consideraram que a ferramenta é apropriada para ser utilizada como recurso educacional, podendo ser útil ao professor em sala de aula para trabalhar com o acesso a representações por todos os estudantes.

O professor de música apontou a importância de verificar se os alunos possuem os conhecimentos de base necessários para compreender conteúdos mais avançados, pois um conhecimento sólido é essencial para adquirir novos conceitos. O professor atentou ao fato de que devido às dificuldades no atendimento aos alunos, muitos cegos possuem atraso na aquisição de conhecimentos: “o conteúdo matemático de funções e geometria a nível [de ensino] médio é zero para os estudantes cegos na escola”.

Nessa experimentação foi verificada a necessidade de abordar os conceitos básicos de geometria antes de introduzir conteúdos avançados como as funções, verificando os conhecimentos prévios dos alunos para que as potencialidades que o uso da ferramenta apresenta sejam exploradas ao máximo.

Como durante a aplicação observou-se que o estudante teve dificuldades em reconhecer os gráficos das funções, verificou-se sua disponibilidade para participar novamente da pesquisa. O estudante relatou não ter contato anterior com os assuntos e que estes não foram apresentados a ele na escola.

Os pesquisadores decidiram realizar uma segunda visita, tendo como participante apenas o aluno, para trabalhar com profundidade alguns conceitos matemáticos. Os pesquisadores criaram atividades que abordaram apenas conceitos base para o ensino de funções, como ponto, reta, curva, segmento de reta, semirreta, ângulos e plano cartesiano. Para auxiliar nas atividades foram utilizados régua, esquadros e transferidores adaptados com marcações em braille.

As primeiras atividades abordaram a identificação de retas, semirretas e segmentos de reta. Os pesquisadores explicaram as definições e as diferenças entre cada objeto matemático e caracterizaram suas representações geométricas. As representações foram

produzidas com a caneta 3D e o estudante bateu cada elemento com a mediação dos pesquisadores. Por não conhecer os objetos e suas representações e não ter formado antecipadamente representações auxiliares, se fez necessário que a mediação ocorresse, para que além de guiar as mãos do aluno também se explicasse o que estava sendo bateado. O estudante conseguiu identificar as retas e segmentos, mas teve dificuldades em compreender a representação de semirretas de mesma origem.

Na atividade seguinte, explorou-se as semirretas de mesma origem para chegar à definição de ângulo. Foram construídos arcos entre as semirretas para identificar o ângulo que seria explorado. O estudante bateu as construções e conseguiu identificar os ângulos, mas relatou algumas melhorias a serem feitas no material, indicando que os arcos estavam muito pequenos e isso gerava dificuldades para diferenciá-los das linhas, entre outras sugestões.

Em sequência foram apresentados ao aluno os ângulos retos, agudos e obtusos, a unidade de medida das aberturas (o grau) e esquadros. O estudante bateu os instrumentos para se familiarizar com eles, comparou as representações e explorou cada ângulo. O transferidor foi apresentado ao estudante e sobrepondo-o sobre as aberturas dos ângulos, ele pôde contar os graus e calcular suas medidas. Ele demonstrou compreender os conceitos apresentados e conseguiu realizar as atividades com resultados satisfatórios.

Para finalizar, os pesquisadores desenharam com a caneta 3D um eixo cartesiano no centro de uma folha contendo uma malha quadriculada, marcando alguns pontos espalhados pelo plano. Após se familiarizar com a atividade, o estudante tentou localizar as coordenadas dos pontos e teve facilidade em identificá-las, relatando compreender o plano cartesiano.

Durante toda a visita o estudante demonstrou interesse pelas atividades, apresentou suas dúvidas e compreendeu bem os conteúdos. Na entrevista realizada durante o encontro, ele compartilhou sua opinião sobre a ferramenta e os materiais produzidos:

Com certeza a caneta 3D ajuda na compreensão dos conceitos, o estudante teria acesso aos gráficos e às fórmulas [...] Acredito que a caneta 3D vai ser uma ótima opção pros estudantes do ensino médio que assim como eu ficam perdidos nos assuntos. Se um dia for utilizada em sala de aula, se o professor aprender a usar e tiver força de vontade, vai dar certo sim.

Além da aplicação de entrevista com os participantes, as impressões e percepções sobre a experimentação foram registradas pelos pesquisadores no diário de campo.

## Segunda etapa: opinião de profissionais especializados

Em 2019 foi realizada a segunda etapa das experimentações, com o objetivo de coletar opiniões de profissionais da área de adaptação de materiais para estudantes com deficiência visual. Foi realizada uma visita ao Centro de Apoio Pedagógico e Atendimento às Pessoas com Deficiência Visual (CAP), na Fundação Catarinense de Educação Especial (FCEE), em São José/SC. O CAP atua ofertando, entre diversos serviços, a produção e adaptação de materiais didáticos para alunos do ensino básico.

A produção de materiais tem como foco a adaptação de livros didáticos de diversas matérias para estudantes da rede regular, através da transcrição e impressão de textos em Braille e da representação multimídia de conteúdos (materiais concretos, ampliação de caracteres, alteração de contraste, leitura por sintetizador de voz, etc.). Os materiais concretos que envolvem representações matemáticas como gráficos e formas geométricas, são impressos em pontos em relevo através de softwares e de impressora Braille ou são criados artesanalmente com materiais diversos. Assim, o estudante cego recebe uma reprodução adaptada do livro didático utilizado por seu professor.

A visita foi realizada tendo como objetivo ouvir a opinião dos profissionais e verificar se a caneta 3D e o material produzido por ela poderiam ser utilizados em salas de aula no ensino regular. Inicialmente, a caneta e a proposta da pesquisa foram apresentadas a dois profissionais cegos que trabalham com a adaptação de livros didáticos. Para manipulação tátil do material foram construídas sobre folha sulfite algumas formas geométricas, retas, curvas, segmentos, semirretas e semirretas de mesma origem (Figura 3).

**Figura 3:** Exploração tátil de representações geométricas



**Fonte:** Elaborada pelos autores (2019)

Também foram apresentadas representações de ângulo, suas classificações e medidas. Com o objetivo de análise do material, não de aquisição de conhecimentos, os participantes exploraram as formas em relevo identificando suas características com base na mediação e descrição dos pesquisadores, além de considerar seus contatos e conhecimentos prévios com as formas e assuntos. Para medir a abertura dos ângulos, os participantes manipularam esquadros e transferidores e tiveram êxito no processo, sobrepondo os instrumentos sobre os relevos e tateando as graduações marcadas nas réguas.

Ao analisar as representações, os profissionais compartilharam diversas sugestões. Foi apontada a necessidade de produzir os objetos com um tamanho padrão para não confundir a percepção tátil do estudante. Também recomendou-se a produção de objetos grandes, pois quanto maior são as representações mais nítidas parecem ao tato do estudante e isso favorece o processo de identificação. Nos comentários dos profissionais pôde-se observar a importância de conhecer as singularidades do estudante com o qual se está trabalhando, para adaptar as atividades conforme suas necessidades.

Os profissionais destacaram a importância de montar atividades considerando todos os elementos matemáticos envolvidos, passando aos cegos os mesmos conceitos que são apresentados aos videntes, pois os conceitos matemáticos precisam ser ensinados e aprendidos sem prejuízos devido às limitações visuais dos estudantes.

Após a realização das atividades os participantes manusearam a caneta 3D, desenharam seus nomes e tatearam-os. Eles não conheciam a ferramenta e compartilharam suas impressões:

Eu achei maravilhoso pra fazer um trabalho pontual que você precisa dentro de uma sala de aula. [...] Pode ser uma ferramenta pro professor mas quem mais vai ganhar com isso é o próprio estudante com deficiência visual. O professor vai ter uma ferramenta à mão, uma ferramenta que ele pode ter na sala de aula. (Profissional A)

Foi uma boa novidade. [...] Eu sei que se colocar essa ferramenta em sala ela vai ser funcional para o professor. Não só nas exatas, eu penso em geografia, ciências, onde ele possa reproduzir um desenho [...] O desenho fica claro, limpo, de fácil identificação. Acho que vai ser muito bom pro aprendizado do estudante porque ela é funcional, tanto na questão tátil dela, [...] por ser de plástico o material torna o tato acessível para o deficiente visual, independente do tempo de deficiência dele, pode servir para um tato mais aguçado e para um tato menos, então eu acho que ela vai contribuir muito na aprendizagem das crianças do ensino regular. (Profissional B)

Segundo os profissionais, a maioria dos conteúdos podem ser adaptados de forma funcional, mas nem sempre o preparo do material é rápido e prático. Um dos diferenciais da caneta 3D é que ela traz estas características, que poderão ser vantajosas no momento da aplicação em sala de aula. Eles também afirmaram que o relevo produzido pela caneta 3D não é desagradável ao tato, nem oferece perigo ao usuário devido ao aquecimento.

Em relação às descrições textuais presentes nos enunciados e orientações das atividades, os profissionais apontaram que é importante torná-las acessíveis ao estudante, para que ele possa consultá-las quando quiser, mesmo sem a mediação do professor. Este ponto trouxe à discussão a necessidade da utilização de outros materiais junto à caneta 3D, para disponibilizar ao estudante e ao professor instrumentos de qualidade que possam oferecer o suporte necessário em sala de aula. As impressões compartilhadas pelos profissionais trouxeram grandes contribuições para a pesquisa.

### **Terceira etapa: experimentações com um estudante cego do Ensino Fundamental**

Na terceira etapa das experimentações da pesquisa, iniciada em 2020, visou-se apresentar a pesquisa em uma escola do ensino regular. Foi realizada uma visita a uma Escola de Educação Básica de Joinville/SC, na qual os pesquisadores realizaram o primeiro contato com um estudante cego que cursava o ensino fundamental, com a participação de seu responsável e do professor de matemática.

A visita teve por objetivo apresentar a pesquisa e realizar um contato inicial com os sujeitos. A entrevista visou conhecer o ambiente escolar e a trajetória educacional do aluno e o ponto de vista dos participantes sobre o processo de ensino e aprendizagem do estudante cego.

O estudante possui cegueira congênita e tinha 13 anos, estudava na escola a três anos e cursava o 8º ano do ensino fundamental. Ao ser questionado se gostava de aprender matemática, relatou que achava muitos conteúdos interessantes, principalmente as operações, mas encontrava dificuldades para acessá-los e compreendê-los. As perguntas realizadas na entrevista exploraram as vivências pessoais do aluno na rede de ensino pública e a dinâmica de ensino dentro do ambiente escolar.

Também foram investigadas as impressões dos participantes sobre a caneta 3D e os materiais em relevo. Os participantes não conheciam a caneta 3D. Durante a entrevista, o professor de matemática foi convidado a manipulá-la e tentou produzir formas

geométricas, retas e segmentos. Ele desenhou um quadrado, que o estudante tateou e identificou com facilidade.

O estudante também manipulou a caneta 3D para desenhar alguns traços (Figura 4). Explorando sua estrutura, seus botões e a extrusão do filamento pelo bico, com facilidade o aluno dominou seu uso e passou a desenhar formas com a caneta. Conforme o polímero plástico era depositado sobre a superfície, o aluno ia tateando sua produção para observar os resultados.

**Figura 4:** Estudante utilizando a caneta 3D



**Fonte:** Elaborada pelos autores (2019)

Ao analisarem a caneta 3D, os participantes relataram que foi fácil manuseá-la e identificar o relevo dos materiais, que se mostraram seguros e não prejudiciais ao tato. O estudante avaliou que o material pode ajudar no acesso as representações dos conceitos matemáticos e o professor observou que a caneta pode ter muitas utilidades no ensino de geometria. O responsável pelo estudante comentou que a caneta substitui o trabalho árduo da montagem dos materiais adaptados e tem potencial para ser usada em várias disciplinas.

Com o desejo de utilizar a caneta em sala de aula — em uma aula de matemática — para observar a dinâmica deste contexto, foi agendada uma nova visita na escola. Esperava-se que, em conjunto com o professor de matemática, fossem planejadas e produzidas atividades com a caneta 3D conforme o conteúdo abordado nas aulas. Infelizmente não foi possível realizar esta segunda visita à escola, pois logo após esta visita as aulas foram suspensas devido a pandemia de Coronavírus.

Durante o ano de 2020, a secretaria de educação adotou estratégias para atender aos estudantes de forma remota e as aulas presenciais não retornaram. A pesquisa foi finalizada nesse mesmo ano, no contexto da pandemia, após ter seu cronograma de atividades

interrompido e ter sido necessário adequar o tratamento dos dados ajustando-os apenas à análise do que fora previamente coletado.

## **ANÁLISE DE DADOS E DISCUSSÃO**

Para a análise de dados foram utilizados os registros de áudio transcritos — oriundos da gravação das experimentações e das entrevistas — e os registros das impressões dos pesquisadores no diário de campo.

No tratamento dos dados adotou-se uma abordagem qualitativa, na qual as falas dos participantes foram tratadas de forma a destacar trechos significativos para reflexão, sendo classificadas em categorias temáticas. A partir delas buscou-se explorar o objetivo da pesquisa, compreendendo as possibilidades que a caneta 3D trouxe ao processo de ensino e aprendizagem dos alunos cegos e as impressões sobre os materiais concretos.

Ainda que os participantes da pesquisa representem um pequeno grupo de indivíduos e desempenhem diferentes funções no sistema educacional, é possível observar similaridades em seus discursos, eles transparecem desafios reais enfrentados na educação de estudantes com cegueira em Santa Catarina.

Em aulas expositivas tradicionais, os estudantes cegos têm acesso aos conteúdos por meio da fala do professor, usando a audição e o diálogo para tentar compreender o que é ensinado. Consoante com as pesquisas de 3Doodler (2018), os relatos mostraram que em muitos casos os professores não sabem como tornar os conteúdos acessíveis e os alunos não compreendem o que é apresentado, conforme relatado por um dos participantes:

Hoje o conteúdo matemático de funções e geometria a nível [de ensino] médio é zero para os alunos cegos na escola. O professor não sabe o que fazer e o aluno também não. Precisa-se de um trabalho teórico de método, pois o método é tão importante quanto a ferramenta, sem ele o professor não vai saber qual caminho usar. (Professor A)

A exploração do acesso a conteúdos pelo tato é uma dinâmica que possibilita que o estudante desenvolva seus conhecimentos de outra forma, por meio da manipulação de materiais concretos, utilizando de outros sentidos para a aprendizagem, conforme apontado por Vigotski (2011).

Durante as experimentações, os participantes compartilharam diversas orientações para o aperfeiçoamento dos materiais desenvolvidos e foi possível notar a importância de se utilizar materiais manipuláveis seguros e de disponibilizar instrumentos de apoio



necessários ao realizar atividades. Considerando as experiências relatadas pelos participantes, organizou-se uma lista de orientações (Figura 5) a serem seguidas ao produzir atividades com a caneta 3D:

**Figura 5:** Orientações para a produção de atividades

- O professor deve considerar as singularidades do estudante para adaptar as atividades conforme sua necessidade: ajustar a textura e a espessura dos traços, o contraste entre o filamento e o papel, etc.;
- Os conteúdos devem ser ensinados sem prejuízos devido às limitações visuais do estudante;
- O professor deve formar os conceitos junto ao estudante e unir a teoria ao uso do material concreto;
- Deve-se descrever as atividades e identificar os objetos de modo que o estudante possa compreendê-los quando precisar;
- Deve-se posicionar a folha de atividades no padrão de leitura escolhido e deve-se recomendar ao estudante que não a gire;
- Deve-se produzir os objetos em tamanhos grandes: retas longas, setas e arcos grandes e abertos, etc.;
- Deve-se produzir objetos do mesmo tipo com tamanho padrão: setas, formas geométricas, etc.;
- Deve-se apresentar as unidades de medida dos objetos através de marcações táteis: indicar as medidas dos lados das formas geométricas, indicar as unidades dos eixos cartesianos, etc.;
- Deve-se atentar para o tipo de texturização utilizada: não é recomendado o uso de texturas muito delicadas ou agressivas ao tato: cera de vela, cera de giz, lixas, etc.

**Fonte:** Adaptado de SILVEIRA (2021)

Quanto a suas impressões sobre a caneta 3D, foi possível verificar que ela é uma ferramenta prática e segura que produz relevos de fácil identificação através do tato e permite o acesso as representações matemáticas concretas. As impressões compartilhadas pelos participantes mostraram que ela é inovadora no ambiente educacional, pois traz autonomia para a construção de formas e desenhos, é acessível e seu uso é intuitivo.

A criação e uso imediato do material produzido por ela desponta como um de seus diferenciais frente a outros recursos já implementados na escola, seu uso possibilita flexibilizações na abordagem de diversos conteúdos. Em geometria, é possível pensar em empregar seu uso para construções de uma grande gama de elementos planos:

Para ter as noções básicas de geometria o material é sensacional. Ele [o professor] pode mostrar pro estudante a figura que ele tá reproduzindo no quadro em questão de meio minuto, então o ganho do estudante é sensacional. (Profissional A)

Apesar de não ter sido possível utilizar a caneta 3D em sala de aula, os resultados mostraram que são grandes as possibilidades de êxito nesta etapa. O uso da caneta 3D possibilita que os professores criem atividades para exploração tátil mesmo sem ter conhecimentos avançados em Braille, permitindo a flexibilização destas durante a aula, no decorrer das explicações. Os objetos podem ser produzidos com facilidade e manipulados

de imediato, fazendo com que o professor possa flexibilizar seu planejamento sem ter que adaptar os materiais em outro momento:

O material é válido. Essa caneta substitui a parte trabalhosa [da adaptação de materiais], porque tudo dá para fazer, mas dá muito trabalho. [...] Se depender da criatividade dos professores, a caneta 3D pode ser usada não só em matemática, mas em todas as disciplinas. (Responsável pelo aluno)

Os estudantes videntes também poderão se beneficiar dos objetos matemáticos produzidos, utilizando-os para identificar e estudar suas propriedades. Além disso, o uso do mesmo material por estudantes cegos e videntes pode proporcionar momentos de interação entre eles, que favorecem e promovem a inclusão em sala de aula.

## CONCLUSÕES

Os resultados da pesquisa permitem verificar que a utilização de representações geométricas produzidas com a caneta 3D em aulas de matemática possibilita que estudantes cegos acessem conceitos através da exploração tátil.

Os objetos produzidos com a caneta são de fácil exploração tátil, apresentando um relevo adequado, se mostrando seguros ao estudante e possibilitando o reconhecimento de suas propriedades matemáticas. Espera-se que, futuramente, a caneta 3D seja inserida em sala de aula e traga benefícios para os professores e para os estudantes, ajudando a garantir o acesso aos conteúdos e a oferta de um ensino de qualidade. O uso desta ferramenta em salas de aula do ensino regular poderá possibilitar a flexibilização das atividades durante a aplicação destas, conforme as demandas da aula, resultando em ganho de tempo para o professor no preparo das atividades.

Uma limitação observada no uso da caneta 3D é a durabilidade do material produzido. O filamento de polímero plástico utilizado produz materiais de espessura fina, que são frágeis e devem ser manipulados com cuidado, pois podem quebrar caso se aplique um pouco de força sobre eles. Isso dificulta que o professor re-use as folhas onde constrói as representações, assim pode ser necessário reproduzir os materiais a cada aula em que se abordar o mesmo assunto. Nas atividades produzidas durante as experimentações, a maioria dos materiais mantiveram-se intactos e as representações foram conservadas, poucos objetos quebraram-se ao serem manuseados.

Para futuros trabalhos com a caneta 3D, sugere-se que a ferramenta seja explorada como um recurso educacional na adaptação de materiais em outras disciplinas. Espera-se

que este trabalho contribua para o aprofundamento dos estudos sobre o uso da caneta 3D e os benefícios do acesso tátil a representações no processo de ensino e aprendizagem de estudantes cegos.

## REFERÊNCIAS

3DOODLER. Tactile Tech for Inclusive Teaching. **3D Pen Blog**, 16 mar. 2018. Disponível em: <https://bit.ly/3prDEbH>. Acesso em: 10 nov. 2020.

BERNARD, Pawek; MENDEZ, James D. Drawing in 3D: Using 3D printer pens to draw chemical models. **Biochemistry and Molecular Biology Education**, v. 48, 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3egy0pJ>. Acesso em: 07 mar. 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. **Saberes e práticas da inclusão: desenvolvendo competências para o atendimento às necessidades educacionais especiais de estudantes cegos e de estudantes com baixa visão**. 2 ed. Brasília/DF: MEC, Secretaria de Educação Especial, 2006. Disponível em: <https://bit.ly/3lyEuAV>. Acesso em: 12 nov. 2020.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 13.146, de 06 de julho de 2015**. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Brasília/DF: Presidência da República, 2015. Disponível em: <https://bit.ly/38oANtk>. Acesso em: 9 mar. 2021.

BÜYÜKEKŞİ, C.; ÇOLAKOĞLU, Ö. M; YAVUZ, S. Effects of 3D applications in organic chemistry lessons on students' spatial ability. **Online Science Education Journal**, v. 5, 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3ehK2yV>. Acesso em: 07 mar. 2021.

CAMPOS, Izilda Maria de; SÁ, Elizabet Dias de; SILVA, Myriam Beatriz Campolina. **Atendimento Educacional Especializado em Deficiência Visual**. Brasília/DF: MEC, Secretaria de Educação Especial, 2007. p. 35. Disponível em: <https://bit.ly/3f31tlf>. Acesso em: 12 nov. 2020.

FLETA, Víctor Edo. **Aplicaciones didácticas del bolígrafo 3D**. jun. 2016. Dissertação (Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas) - Universidad de Jaén, Jabalcuz/ES, 2016. Disponível em: <https://bit.ly/36w9awB>. Acesso em: 12 nov. 2020.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed. São Paulo/SP: Atlas, 2008.

MULTILASER. Caneta 3D com 2 Filamentos e 9 Níveis de Velocidade Multi - GA158. *In: Multilaser, Caneta 3D e Filamento*, 2022. Disponível em: <https://bit.ly/3Htem8y>. Acesso em: 10 dez. 2022.

NG, Oi-Lam. How 'tall' is the triangle? Constructionist learning of shape and space with 3D Pens. **International Journal of Mathematical Education in Science and Technology**, 2020. Disponível em: <https://bit.ly/2PEpMgI>. Acesso em: 09 mar. 2021.

NG, Oi-Lam.; SHI, Lian.; TING, Fridolin. Exploring differences in primary students' geometry learning outcomes in two technology-enhanced environments: dynamic

geometry and 3D printing. **International Journal of STEM Education**, v. 7, 2020. Disponível em: <https://bit.ly/38j0g77>. Acesso em: 07 mar. 2021.

NUNES, Andrieli de Fátima Paz; MOREIRA, Tânia Maria. **A educação empreendedora aliada a tecnologia em um projeto social**. 2018. Artigo de Conclusão de Curso (Especialização Em Tecnologias da Informação e da Comunicação Aplicadas à Educação) - Universidade Federal de Santa Maria, Agudo/RS, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/2OepfSe>. Acesso em: 07 mar. 2021.

SILVEIRA, Caroline da. **A caneta 3D na sala de aula inclusiva**: possibilidades para o ensino de matemática a estudantes com deficiência visual. 2021. Trabalho de graduação - (Licenciatura em Matemática) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville/SC, 2021. Disponível em: <https://bit.ly/3iSjXGp>. Acesso em: 01 dez. 2022.

TU, Yung-Hsiang; WU, Chih-Fu; WU, Hsiang Ping; YEH, I-Ting. 3D Pen Tactile Pictures Generated by Individuals with Visual Impairments. **Journal of Visual Impairment and Blindness**, v. 114, 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3nnRsSy>. Acesso em: 11 nov. 2020.

VIGOTSKI, Lev S. A defectologia e o estudo do desenvolvimento e da educação da criança anormal. **Educação e Pesquisa** [online]. v. 37, n. 4, p. 863-869, 2011. DOI <https://doi.org/10.1590/S1517-97022011000400012>. Disponível em: <https://bit.ly/3kvHSyh>. Acesso em: 13 set. 2021.

**Submetido em 15 de dezembro de 2022.**  
**Aprovado em 21 de março de 2023.**