

Desenvolvimento de Recursos Táteis Sensoriais em Tecnologia Assistiva (TA) para estudantes surdocegos

Development of Sensory Tactile Resources in Assistive Technology (AT) for deafblind students

ANA SARA TOMÉ BORGES

Mestranda em Educação Tecnológica (PPGET- IFTM/MG)

E-mail: anasaratome03@gmail.com

ELIANE MARIA DE CARVALHO

Doutorado em Ciências - Fisiopatologia Experimental e professor (USP)

E-mail: elianemc@ufu.br

BRUNO PEREIRA GARCÊS

Doutorado em Química - Química Analítica (USP)

E-mail: brunogarcess@iftm.edu.br

DIEGO AUGUSTO COSTA ALVES

Discente em Engenharia Mecânica (Faculdade Pitágoras/Uberlândia)

E-mail: diegoaugustoz@hotmail.com

Resumo: Este trabalho aborda o desenvolvimento de modelos sensoriais pedagógicos em Tecnologia Assistiva (TA) para estudantes surdocegos. A surdocegueira é uma deficiência única que apresenta estratégias para locomoção, comunicação, orientação e mobilidade, demandando sistemas de comunicação e recursos pedagógicos especializados. O objetivo deste estudo é analisar e desenvolver modelos sensoriais táteis em TA para contribuir com o processo de letramento dos estudantes surdocegos, incorporando elementos sensoriais. Adotamos uma abordagem qualitativa, visando compreender a complexidade do problema e a interação entre variáveis. A metodologia inclui uma revisão sistemática da literatura e uma abordagem exploratória, sistemática e interpretativa para análise dos dados. Esta pesquisa dialoga com contribuições para Educação Especial, destacando-se autores como Oliveira (2023), Ciavatta (2014), Ramos (2017), Souza e Rahme (2023), Lévy (1995), Maia (2020), Bersch (2017), Maia, Araújo, Ikonomidis (2010), Araújo, Pereira e Santana Júnior (2014), Almeida (2015) e Watanabe (2017), e busca ampliar a compreensão do processo de ensino-aprendizagem para estudantes surdocegos a partir dos recursos em TA.

Palavras-chave: surdocegos; ensino-aprendizagem; estimulação sensorial tátil; inclusão.

Abstract: Abstract: This work addresses the development of pedagogical sensory models in Assistive Technology (AT) for deafblind students. Deafblindness is a unique disability that presents strategies for locomotion, communication, orientation and mobility, requiring communication systems and specialized pedagogical resources. The objective of this study is to analyze and develop tactile sensory models in AT to contribute to the literacy process of deafblind

students, incorporating sensory elements. We adopted a qualitative approach, aiming to understand the complexity of the problem and the interaction between variables. The methodology includes a systematic literature review based on the PRISMA protocol and an exploratory, systematic and interpretative approach to data analysis. This research dialogues with contributions to Special Education, highlighting authors such as Oliveira (2023) Ciavatta (2014), Ramos (2017), Souza and Rahme (2023), Lévy (1995), Maia (2020), Bersch (2017), Maia, Araújo, Ikonomidis (2010), Araújo, Pereira and Santana Júnior (2014), Almeida (2015) and Watanabe (2017), and seeks to expand the understanding of the teaching-learning process for deafblind students using AT resources.

Keywords: deafblind; teaching-learning; tactile sensory stimulation; inclusion.

1 A IMPORTÂNCIA DA TECNOLOGIA ASSISTIVA (TA) E O PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM

Neste presente artigo, abordaremos o processo de desenvolvimento de recursos de TA no processo de aprendizagem de estudantes surdocegos. Daremos ênfase ao cenário educacional voltado para abordagens pedagógicas e epistemológicas que proponham diretrizes para difusão do ensino, concepções e técnicas de aprendizagem, comunicacionais, linguísticos, sensoriais ao processo de desenvolvimento de tecnologia assistiva para estudantes surdocegos e que promovam sua formação integral. Neste estudo, serão descritos fenômenos que permeiam a Educação Profissional Tecnológica (EPT), que se baseia em uma formação inclusiva e omnilateral. O artigo busca, evidenciar o potencial e o desenvolvimento acadêmico de estudantes surdocegos.

Diante do exposto, surge a inquietação de como superar os desafios de acesso aos recursos pedagógicos em TA por estudantes surdocegos. Logo, destacamos a EPT, que engloba aspectos científicos, tecnológicos, físicos, culturais, sociais, linguísticos e técnicos, visando à formação integral e completa das pessoas na sociedade. A educação profissional tecnológica de cunho marxista valoriza a educação integral. Os autores Saviani (2007) e Ramos (2017) contribuem para a discussão da formação holística e integral. Essa linha de pesquisa se concentra sobre um eixo voltado para destacar seus desdobramentos e impactos, voltados para a completa formação, omnilateral das pessoas na sociedade.

Segundo os estudos de Saviani (2007), com base nos fundamentos ontológicos e históricos, há importantes reflexões a partir do contexto trabalho-educação. O ser humano possui capacidade de produzir e de transformar, a partir do trabalho, seus próprios meios de existência humana; nesse sentido, as ações de trabalho-educação estabelecem uma relação de conhecimento em sua totalidade, para isso o desenvolvimento acadêmico dos alunos é fundamental para seu percurso formativo.

Visando à formação integral das pessoas surdocegas, salientam-se o processo de ensino-aprendizagem e os recursos a serem empregados nessa trajetória. Com essa investigação, buscamos respostas que possam nos auxiliar na tentativa de mitigar as dificuldades causadas pela falta desses recursos em TA nos diferentes contextos da Educação, em diferentes áreas do conhecimento, para atender necessidades específicas, incluindo modelos pedagógicos acessíveis aos estudantes surdocegos. Considerando-se e reconhecendo-se a existência de diferentes formas de comunicação utilizadas por

peessoas surdocegas, destacam-se estratégias que envolvem características e fenômenos comunicacionais que envolvem inclusive abordagens pedagógicas voltadas à Educação Especial a partir de modelos em TA. As interações incluem surdocegos congênitos ou adquiridos, surdocegos plus e deficiência múltipla sensorial (WATANABE, 2017).

Souza e Rahme (2023) e Bersch (2017) destacam a importância da atuação dos profissionais que atuam diretamente com estudantes surdocegos, envolvendo o desenvolvimento educacional dos estudantes, estratégias de comunicação, tal como de recursos de TA.

A partir dessas indicações, este estudo, que se encontra em desenvolvimento, visa pesquisar como tem se dado a atuação das(os) profissionais da educação junto às crianças surdocegas matriculadas em escolas de Educação Infantil e de Ensino Fundamental do estado de Minas Gerais (pública e privada), por meio das seguintes problematizações: Como os(as) profissionais da educação têm atuado junto às crianças surdocegas matriculadas em escolas de Educação Infantil e de Ensino Fundamental do estado de Minas Gerais? Quais estratégias de comunicação têm sido empregadas para a sua educação? Como essas crianças têm sido identificadas nas escolas? Quais recursos de tecnologia assistiva são utilizados pelos(as) profissionais para atuar com as crianças surdocegas? (SOUZA; RAHME, 2023, p. 4).

O processo de alfabetização, período em que o aluno começa a se apropriar dos conceitos de ensino-aprendizagem, é relevante para o desenvolvimento de habilidades específicas e individuais. A adoção de ferramentas pedagógicas apropriadas – nessa perspectiva discorreremos sobre modelos táteis em TA de produto técnico-tecnológico – é essencial para ampliar e fortalecer o desenvolvimento do aluno.

Os saberes estão relacionados ao ato de falar, ouvir, tatear, desenhar, ler, escrever, contar, raciocinar, interpretar, criar e inventar. Segundo Oliveira (2023, p. 5), no processo de letramento de crianças surdocegas,

[...] a noção de letramento ultrapassa as noções convencionais de prática de leitura e escrita, incluindo diferentes modos de alfabetizar, pois temos que considerar não somente os recursos ou os materiais disponíveis para a alfabetização, mas também a acessibilidade.

Além disso, as primeiras experiências sensoriais das crianças surdocegas – aqui podemos discorrer sobre um campo fértil de possibilidade que envolve e permeia as conexões de aprendizagem a partir das descobertas e elementos táteis, sensações e experiências, o reconhecimento das letras, das formas, das tramas e das texturas; a formação das primeiras palavras e frases, a familiaridade com números, a sequência numérica, o sistema decimal, juntamente com a linguagem sinalizada/oral e/ou escrita,

as distintas formas e estratégias de comunicação – são fundamentais para o seu desenvolvimento. Essas habilidades devem ser consideradas no cotidiano escolar dos estudantes surdocegos.

Outro fator que podemos discorrer é sobre características de pessoas com paralisia cerebral, que limita movimentos que o indivíduo deveria realizar com facilidade. Devido a isso, para que essas pessoas possam tornar-se mais independentes ao realizar atividades diárias básicas, o desenvolvimento de recursos voltados a TA precisa ser adaptado para suas particularidades. Porém, devido à baixa capacidade de customização, os métodos tradicionais de fabricação não favorecem estudos relacionados a estas demandas.

Por outro lado, a impressão 3D fabrica peças distintas entre si com custos aceitáveis. Essa tecnologia é mais eficaz quando atua em conjunto com ferramentas computacionais como softwares de Desenho e de Engenharia Assistida por Computador (CAD) e (CAE). Como resultado, tem-se expressiva melhoria na qualidade de vida dos alunos com deficiência, aumentando, mantendo ou melhorando em busca de potencializar capacidades funcionais e autonomia, além da obtenção de parâmetros de projeto adequados, variáveis estas necessárias para a fabricação de componentes por meio da Manufatura Aditiva (MA), também conhecida como prototipagem rápida ou impressão 3D.

A complexidade associada à criação, à fabricação, ao desenvolvimento e à oferta de dispositivos ou elementos para atender recursos pedagógicos para leitura, escrita, como forma de aprendizado e peculiaridades individuais, é significativa, demandando considerável tempo e recursos para o seu desenvolvimento e produção. Ao ser empregada a impressão 3D em conjunto com a prática clínica, essa abordagem possibilita a rápida, econômica e local elaboração de TA, altamente personalizada (HOFMANN *et al.*, 2016; SANDY *et al.*, 2016).

Nesse contexto, a pesquisa visa promover a inclusão das pessoas com deficiência por meio do desenvolvimento de novos modelos em TA, contribuindo para os processos formativos, o acesso ao trabalho, estudo e lazer para, conseqüentemente, melhorar a qualidade de vida.

Pessoas com deficiência em situação de vulnerabilidade social enfrentam desafios no acesso a TA devido a diversos motivos, como o alto custo dos produtos, a necessidade de personalização e à demanda por uma rápida disponibilidade dessa tecnologia. Assim, a problemática central da pesquisa concentrou-se na necessidade de criar uma metodologia para a produção de produtos assistivos que atendam a essas necessidades, visando à fabricação de um produto personalizado, de baixo custo, de concepção rápida e com o apoio de uma equipe multiprofissional, envolvendo pesquisadores e professores da educação especial, engenheiros, fisioterapeutas, especialistas em TA. Nesse sentido, a MA – impressão 3D, com o uso de softwares livres, surge como uma ferramenta viável para solucionar de maneira rápida e eficaz esse problema.

A MA demonstra ser uma ferramenta útil para a personalização, redução de custos e entrega rápida de produtos assistivos. A colaboração de uma equipe multiprofissional juntamente com o envolvimento do usuário, família e escola, pode contribuir de forma singular, permitindo uma troca de conhecimentos para futuros

estudos nesse campo. O objetivo do estudo foi produzir materiais de auxílio para atividades educacionais e/ou profissionais, assim como recursos inclusivos para a educação, utilizando a MA para desenvolvimento de recursos pedagógicos para estudantes surdocegos em TA, com o intuito de proporcionar melhores condições de vida para pessoas com deficiência.

Nesse contexto, Volpato *et al.* (2007) destacam que, no Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP), a Fabricação Digital e a Prototipagem Rápida, ou Manufatura Aditiva, contribuem para identificar as necessidades do usuário. No que se refere ao desenvolvimento de TA para pessoas com deficiência, por meio da impressão 3D, é uma ferramenta útil, permitindo desenvolver e fabricar produtos que atendam demandas específicas em um tempo relativamente curto e com baixo custo.

De modo geral, percebe-se que a TA produzida nesta pesquisa está alinhada com os objetivos delineados por Bersh (2018), proporcionando às pessoas com deficiência maior autonomia e independência, contribuindo de forma significativa para o desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem, tal como cognitivo, estímulo às funções sensoriais, aprimorando as fase da visão da criança, desde a educação infantil até a fase adulta, melhorando a qualidade de vida e promovendo inclusão social e educacional. Essas estratégias buscam fortalecer as habilidades e competências da aprendizagem dos componentes do currículo escolar, tal como a comunicação e mobilidade em busca do potencial humano.

2 OS MODELOS TÁTEIS SENSORIAIS PARA ESTUDANTES SURDOCEGOS

Neste estudo, observa-se a complexidade da situação ao investigar a falta de recursos pedagógicos desenvolvidos em TA para pessoas surdocegas. Diante da ausência desses recursos no mercado nacional, observamos o alto custo associado à importação de materiais disponíveis, o que inviabiliza o acesso das pessoas com deficiência. Segundo Oliveira (2023, p. 4), o processo de alfabetização permeia o caminho desde as interações, à linguagem:

[...] vai-se do geral para o mais simples, partindo de interações com o meio social para promover as percepções de mundo, até se chegar ao mais complexo. E, no individual, colocando-se em prática as percepções captadas, processadas e transformadas em conhecimentos.

Com o intuito de transpor barreiras contemporâneas, buscamos com este estudo compartilhar como é o processo de desenvolvimento de novos elementos incorporados aos recursos de TA para Educação. Esta pesquisa emerge das inquietações e descobertas decorrentes da ausência de novos modelos em TA voltados para Educação Especial. Será possível a partir dessa investigação, explorar as dificuldades e a falta de recursos pedagógicos sensoriais táteis para estudantes surdocegas em TA. Almejamos compartilhar algumas práticas de desenvolvimento de TA com a proposta de enriquecer a qualidade tátil e materiais que envolvem os processos formativos, juntamente com

outras pesquisas e ações nesse campo para, assim, contemplar um público ainda mais amplo de estudantes surdocegos.

O conceito de TA, proposto com base no Comitê de Ajudas Técnicas, envolve estudos e proposições de políticas públicas da Secretaria Especial dos Direitos Humanos da Presidência da República (SEDH/PR).

Tecnologia Assistiva é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação, de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (BRASIL, 2007, p. 3).

Percebe-se uma variedade de ferramentas, técnicas e estratégias em TA, capazes de reproduzir elementos abstratos ou imateriais destinados às pessoas surdocegas e com deficiência múltipla. Dada essa possibilidade, os métodos incluem elementos textuais que representam e expressam as superfícies, tornando-se capazes de elucidar, por exemplo, conteúdos e adequação curriculares. Nesse sentido, para Bersch e Tonolli (2006, p. 1),

Tecnologia Assistiva - TA é um termo ainda novo, utilizado para identificar todo o arsenal de recursos e serviços que contribuem para proporcionar ou ampliar habilidades funcionais de pessoas com deficiência e consequentemente promover vida independente e inclusão.

A Lei Brasileira de Inclusão, Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015 (BRASIL, 2015), no seu Art. 74, discorre: “É garantido à pessoa com deficiência acesso a produtos, recursos, estratégias, práticas, processos, métodos e serviços de TA tecnologia assistiva que maximizem sua autonomia, mobilidade pessoal e qualidade de vida”. Segundo a legislação vigente:

Art. 1º É instituída a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência), destinada 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).

As TAs são uma gama de ferramentas interligadas que podem contribuir para diversas áreas do conhecimento. Segundo Kärnä-Lin *et al.* (2007), essas tecnologias contribuem para que os indivíduos possam integrar uma dimensão de novos aspectos, como ouvir, ver, comunicar, relacionar, interagir, experienciar, sentir, mover-se, viver, trabalhar, estudar ou brincar e socializar-se.

3 MÉTODOS E DESENVOLVIMENTO DE MODELOS TÁTEIS SENSORIAIS TRIDIMENSIONAIS EM TECNOLOGIA ASSISTIVA (TA)

Diante dos desafios contemporâneos relacionados à falta de modelos táteis sensoriais em TA, este estudo compartilha o processo de desenvolvimento desses modelos, visando auxiliar no aprendizado escolar e na resolução de problemas. Com o desenvolvimento dos recursos pedagógicos, o intuito é contribuir para o processo de ensino-aprendizagem, produção do conhecimento e as potencialidades dos estudantes surdocegos. Os modelos em TA representam uma alternativa importante para contribuir com os profissionais da Educação, para que os estudantes possam desenvolver habilidades de percepção sensorial, estimulando novas experiências e sentidos.

Inicialmente, nosso objetivo foi desenvolver uma casa com impressão 3D para auxiliar no aprendizado das crianças em seus primeiros anos. As relações elementares da geometria desempenham a compreensão de espaço para as crianças. A compreensão desses elementos promove o desenvolvimento cognitivo, permitindo que elas identifiquem formas, tamanhos, cores e texturas por meio da exploração tátil. Podemos destacar a importância dos métodos de comunicação, os recursos táteis e as possibilidades de interação das crianças surdocegas:

Os recursos de comunicação usados pelas crianças surdocegas são vários (sistemas alfabéticos: dactilológico, letras maiúsculas, tablitas, braile, máquina de escrever em tinta ou em braile e sistemas não-alfabéticos: LIBRAS, LIBRAS adaptada, leitura labial, Tadoma, movimentos corporais, sinais no corpo, símbolos, sistemas suplementares de comunicação como levantar a cabeça, Bliss, PCS e COMPIC, desenho e outros), mas em todos o tato constitui a via mais promissora no estabelecimento das interações com o ambiente (NASCIMENTO, 2006, p. 22-23).

Para concretizar esse modelo tátil em TA, nossa primeira fase foi estudar, investigar e analisar os modelos existentes. A partir dessa investigação, iniciamos o protótipo moldado, visando compreender as habilidades específicas que seriam aprimoradas com o uso da TA. A TA, segundo Bersch e Tonolli (2006), oferece uma variedade de recursos e serviços para ampliar as funcionalidades de pessoas com deficiência, promovendo sua autonomia.

Nesse sentido, com intuito de iniciar o desenvolvimento de um novo modelo em TA, buscamos o desenvolvimento por meio da MA. Por esse motivo, o conjunto de modelos desenvolvidos em TA pelo CINTESP.Br/UFU buscou analisar diversos contextos; para isso, foram desenvolvidos novos Modelos Sensoriais Assistivos MSA em TA, visando à potencialização da aprendizagem e à ampliação de material didático. Segundo Lück (1994, p. 59),

A interdisciplinaridade, no campo da Ciência, corresponde à necessidade de superar a visão fragmentadora de produção do conhecimento, como também de articular e produzir coerência entre os múltiplos fragmentos que estão postos no acervo de conhecimentos da humanidade. Trata-se de um esforço no sentido de promover a elaboração de síntese que desenvolva a contínua recomposição da unidade entre as múltiplas representações da realidade.

Esse novo método de desenvolvimento produz objetos tridimensionais, camada por camada, utilizando uma variedade de materiais, como plásticos, metais, cerâmicas e até mesmo materiais biológicos. Inicialmente destinada à rápida criação de protótipos, essa abordagem evoluiu para a produção de peças funcionais em diversos setores, devido à sua crescente acessibilidade e aplicabilidade.

No livro “A Mão Vidente”, a autora Helen Keller abordou a compreensão e a formação de ideias que permeiam o mundo das sensações, com ênfase no sentido do tato:

“[...] o mundo no qual vivemos é formado de ideias que nascem das impressões”. E individualiza a sua reflexão: “O meu mundo é feito de sensações táteis, desprovidas de cores e de sons. Mas ainda que sem som e sem cor, a vida existe e se agita nisso. Todo objeto em minha mente está associado à ideia de qualidade tátil que, com suas numerosas combinações, me proporciona um sentido de poder, de beleza ou de contrastes: pois com minhas mãos eu posso compreender tanto o cômico quanto o belo na aparência exterior das coisas” (KELLER *apud* MONTEIRO, 1982, p. 74).

Em sua obra “A Mão Vidente”, Helen Keller explora a notável sensibilidade tátil da mão humana:

“[...] a sensibilidade dos dedos: “A mão humana, feita para agarrar e para o tato, tem 200 terminações nervosas por centímetro quadrado”... “As pontas dos dedos são mais sensíveis que qualquer parte do corpo, exceto os lábios, a língua e a ponta do nariz, e são duas vezes mais sensíveis que qualquer outra parte da mão.” Conti-nuando, temos esta informação: “Os dois quilos e três quartos de pele do corpo - delgada como a massa de empadinhas (sua espessura média é de um milímetro e um quarto) - são um manto de terminações nervosas; nenhuma outra percepção do mundo exterior é tão íntima quanto às informações da pele, sobre o calor, suavidade, frio ou dor. As sensações de tato são mais complexas que as da visão

ou da audição porquanto, na maioria, são misturas de vários estímulos” (KELLER *apud* MONTEIRO, 1982, p. 72).

Nossa abordagem se baseia em um ensino tátil, visando contribuir para os saberes e práticas pedagógica e o acesso a informações que proporcionem novas experiências em diversos contextos aos estudantes surdocegos.

Com o desenho para um protótipo teste, nosso segundo passo foi elaborar o design da casa tridimensional, com foco no desenvolvimento de habilidades da coordenação motora fina e grossa, com tramas de texturas e com possibilidade de encaixe e desencaixe. Após o desenho da casa, o terceiro passo foi a inserção de elementos sensoriais em alto e baixo relevo e, para isso, a estratégia, baseia-se nas formas geométricas a partir do desenho permitindo a montagem e o encaixe da casa.

O nosso quarto passo foi a analisar a impressão do protótipo teste em MA para a base da casa, permitindo que os estudantes montem e avaliem o desfecho da estrutura no baixo relevo entre as peças geométricas. A inclusão de tramas textuais é de grande relevância, já que busca estimular a percepção tátil dos sentidos das crianças surdocegas, tal como cores e formas, utilizando representações gráficas a partir do desenho. O objetivo é estimular os sentidos sensoriais e contribuir para despertar a exploração tátil, com a possibilidade dos recursos em TA, entrelaçar o processo de letramento das crianças surdocegas.

Nosso quinto passo incluiu a criação de uma base de encaixe com a proposta de um recurso para desenvolver estimular os sentidos remanescentes, por isso à importância de uma legenda de texturas com representações táteis de quatro formas distintas e uma legenda de cores. Posterior à legenda sensorial, nosso sexto passo foi uma base tátil ao lado da casa – com elementos táteis, baixo relevo entre ambas, que consiste em um “mapa tátil” em miniatura das formas geométricas utilizadas na montagem base das peças da casa.

Com a proposta da base tátil sensorial, os estudantes são despertados a embarcar nos conteúdos de aprendizagem, inclusive do sistema Braille, da representação de conteúdos abstratos, imateriais, que permeia a aprendizagem nos anos iniciais dos alunos surdocegos. Como estratégia, a forma geométrica com a palavra escrita em Braille, para contribuir com o processo de ensino-aprendizado, busca ampliar o sistema Braille, que permeará os primeiros momentos de aprendizagem em Braille, para os alunos surdocegos que iniciam no Sistema Braille – esse processo envolve a exploração tátil. No início do processo de desenvolvimento do procedimento, utilizamos molde para realizar pequenos testes, do desenho para auxiliar na projeção e dimensão para trabalhar o tamanho, a textura e as formas, para isso outro recurso que pode ser utilizado é o polímero de modelagem – e assim analisar o início de cada etapa para o desenvolvimento do desenho em 3D.

Figura 1: Casa tridimensional, recursos com percepção tátil em TA



Fonte: os autores, 2023.

Quanto ao uso do sistema Braille, composto por 64 símbolos em relevo, a estratégia é ampliar dez vezes o tamanho normal (convencional) para contribuir com o processo de aprendizagem da leitura tátil. O desenvolvimento desses modelos sensoriais táteis em TA busca, de forma lúdica e acessível, o aprendizado das formas geométricas, trabalhando as cores, o encaixe e o desencaixe e estimula a identificação sensorial por meio do tato. Cada forma geométrica está representada em uma base acessível. As peças de encaixe da casa estão conectadas com as tramas textuais em relevo e com a base que representa as formas geométricas. Após a realização de todos esses passos, buscamos avaliar cada elemento em questão, considerando todos os detalhes do desenho para o protótipo em TA, como o tamanho, as formas, as tramas textuais, o encaixe das peças, o alto e baixo relevo, a inexistência de pontas de cada peça, os testes da aplicação do sistema Braille, como também o material desenvolvido com filamento PLA (Polímero termoplástico), um recurso sustentável e não tóxico, uma vez que é um termoplástico biodegradável proveniente de fontes renováveis, por esse motivo é um recurso em TA, totalmente seguro para realizar atividades pedagógicas. Para alcançar esse propósito no desenvolvimento dos modelos sensoriais em TA, avalia-se a sensibilidade e percepção tátil por meio da usabilidade dos modelos como uma ferramenta didática para Educação, como um método aumentativo sensorial e alternativo para fortalecer os processos de ensino-aprendizagem.

4 MANUFATURA ADITIVA OU IMPRESSÃO 3D

Uma das áreas que busca simplificar a implementação da TA é a Manufatura Aditiva. Essa tecnologia oferece grande flexibilidade e rapidez, permitindo a criação de produtos altamente personalizados e otimizados em termos de utilização de matérias-primas em curto tempo. Entre os processos de impressão em MA disponíveis, o mais

amplamente utilizado atualmente é a deposição de filamento fundido (FFF, Fused Filament Fabrication) devido ao seu baixo custo, simplicidade e velocidade de produção. Normalmente, esse sistema opera sobre uma plataforma de construção constituída de um mecanismo elevador, que se desloca para baixo na direção do eixo Z ao término de cada camada, numa distância equivalente à espessura de uma camada. Há também a possibilidade de o cabeçote extrusor se deslocar para cima, enquanto a plataforma permanece estacionária. O processo é repetido a cada camada de material depositado, até que a peça seja construída.

O processo de FDM envolve a extrusão de camadas sucessivas de material polimérico fundido, em que cada camada depositada representa uma seção transversal específica do objeto tridimensional (3D). Para criar essas camadas, ou fatias, do objeto 3D, utiliza-se um software fatiador. Esse software se baseia em um modelo 3D virtual criado em softwares CAD (Desenho Auxiliado por Computador), o qual é dividido em camadas com espessuras determinadas pelo usuário para subseqüente impressão ou deposição, resultando na criação do objeto 3D físico.

No Brasil, os primeiros resultados da TA foram registrados em 2001 com o desenvolvimento e construção de uma prótese de braço (SILVA; MAIA, 2014). A personalização dos produtos de TA por meio da impressão 3D simplifica o processo de adaptação individual, diminuindo a probabilidade de um produto ser abandonado devido à falta de adequação ao indivíduo. Estatísticas indicam que aproximadamente 35% das TA adquiridas acabam não sendo utilizadas, um resultado atribuído à negligência das características do usuário durante a fase de desenvolvimento e à baixa eficiência da TA, além das alterações nas necessidades dos usuários, como o crescimento em crianças, conforme destacado por Sandy *et al.* (2016).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido à carência significativa de recursos em TA, iniciamos esta pesquisa em busca de desenvolver modelos táteis capazes de fornecer, a partir de uma práxis (CIAVATTA, 2005), qualidade de ensino aos estudantes surdocegos, visando aos saberes e às práticas pedagógicas e assim colaborar com os profissionais da Educação Especial na adequação de conteúdos dos componentes curriculares com novos modelos em TA com o propósito de contribuir com estudantes com deficiência nas Salas de Recursos Multifuncionais - Atendimento Educacional Especializado (AEE). Outro fator determinante foi elevar a qualidade tátil sensorial de novos modelos desenvolvidos em TA a partir da MA e contemplar estes elementos aos estudantes surdocegos e deficiência múltipla sensorial.

A partir desta pesquisa, surge uma reflexão sobre possibilidades de analisar e integrar novos elementos na interface com futuros modelos em TA. A partir desta análise em TA, o intuito é apresentar uma abordagem que possa contribuir para adequação do currículo, auxiliando inclusive os professores. Foi possível observar novas possibilidades de recursos em TA em que, muitas vezes, os modelos são amplamente subestimados no mercado e se distanciam consideravelmente do ambiente escolar devido ao seu alto custo. Para mitigar essa lacuna, buscamos o desenvolvimento de elementos em PLA de baixo custo com a proposta de serem utilizados desde a educação

infantil ao ensino médio –para isso, a relevância de tramas tridimensionais em alto e baixo relevo. A inserção dessas técnicas abre novas perspectivas para contribuir com o desenvolvimento das habilidades dos estudantes surdocegos.

A MA, inicialmente projetada para a rápida criação de protótipos, é uma abordagem que progrediu e que envolve a produção de peças funcionais em uma ampla gama de produtos, resultando em um aumento na aplicação dessa tecnologia tanto na indústria quanto na academia. Um dos principais fatores para esse crescimento é a maior acessibilidade dos equipamentos.

Nesse sentido, uma nova proposta busca o desenvolvimento de recurso didático em TA, com novos elementos para auxiliar no processo de desenvolvimento do Plano de Desenvolvimento Individual (PDI), focando no potencial dos alunos, nas habilidades de comunicação alternativa e ampliada, como símbolos, tramas textuais, imagens, formas geométricas. Deve-se ainda a comunicação aumentativa, entendimento de linguagens adaptadas, em busca de exercitar a curiosidade intelectual, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade. Além disso, é necessário estimular a exploração sensorial e o desenvolvimento de atividades contribuindo para aprendizagem dos alunos.

Segundo Almeida (2015, p. 124), “Nota-se a importância do uso de tecnologia assistiva também mediada pelos profissionais para que o surdocego tenha o melhor acesso às informações de acordo com suas particulares necessidades”. Nesse sentido, buscamos com os novos modelos em TA não só elevar a estimulação sensorial tátil e a percepção sensorial, mas também promover o desenvolvimento de competências dos conteúdos, a percepção e a coordenação motora fina e grossa, por meio da exploração de formas tridimensionais, geometria tátil do Sistema Braille, como a importância da Língua Brasileira de Sinais – Libras, inclusive a inserção de tramais e do Sistema Braille. O objetivo dessas experiências é utilizar modelos em TA para estimular a aprendizagem por meio de representações imagéticas acessíveis pelo toque, estimulando, a partir dos sentidos, novas experiências, melhor compreensão dos acontecimentos do ambiente.

A partir deste estudo, fortalecemos ainda mais as possibilidades de desenvolver outros modelos para contribuir com os processos formativos de estudantes surdocegos, incluindo a ludicidade e a interatividade na aprendizagem, que combinam acessibilidade tátil e experiência sensorial numa perspectiva integral. Assim, colaboramos com o fortalecimento dos processos formativos com ênfase na Educação Profissional Tecnológica (EPT), expandindo nosso repertório e repensando novas possibilidades para a educação especial, auxiliando os profissionais da Educação nas suas atividades, enriquecendo os saberes e práticas relacionadas aos diversos campos do conhecimento, da autonomia, do protagonismo e potencial humano dos estudantes surdocegos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, W. G. **O guia-intérprete e a inclusão da pessoa com surdocegueira**. 2015. 188 f. Tese (Doutorado em Educação), Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015. Disponível em: <http://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/17566>.

ARAÚJO, H. F. de; PEREIRA, R. C.; SANTANA JÚNIOR, C. A. **Comunicação hepática: complementando a Informação “Jogos da Copa do Mundo” através do toque.** 2014. Disponível em: <https://www.congressotils.com.br/anais/2014/2936.pdf>.

BERSCH, R. **Introdução à Tecnologia Assistiva.** Porto Alegre: Assistiva/Tecnologia da Educação, 2017.

BERSCH, R.; TONOLLI, J. C. Introdução ao conceito de Tecnologia Assistiva e modelos de abordagem da deficiência. **Bengala Legal**, v. 25, 2006.

BUJ-CORRAL, I.; TEJO-OTERO, A.; FENOLLOSA-ARTÉS, F. **Desenvolvimento de tecnologias AM para metais no setor de implantes médicos.** Metais (Basel), 2020.

BRASIL. **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: Diário Oficial da União, 2015. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13146.htm.

BRASIL. Ministério da Educação. **Decreto nº 6.571, de 17 de setembro de 2008.** Dispõe sobre o atendimento educacional especializado, regulamenta o parágrafo único do art. 60 da Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996, e acrescenta dispositivo ao Decreto no 6.253, de 13 de novembro de 2007. Brasília: Diário Oficial da União, 2008. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6571.htm.

BRASIL. Secretaria Especial dos Direitos Humanos. Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência. **Ata VII Reunião do Comitê de Ajudas Técnicas – CAT (CORDE / SEDH / PR).** 2007. Disponível em: https://www.assistiva.com.br/Ata_VII_Reuni%C3%A3o_do_Comite_de_Ajudas_T%C3%A9cnicas.pdf.

BRASIL. **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: Diário Oficial da União, 2015. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13146.htm.

BRASIL. CINTESP.BR. **Centro Brasileiro de Referência em Inovações Tecnológicas para Esportes Paralímpicos.** Portfólio 2023. Brasília: CINTESP.br, 2023a. Disponível em: <https://cintespbr.org/wp-content/uploads/2023/08/Portfolio-CintespBr-2023.pdf>.

CIAVATTA, M. A formação integrada: a escola e o trabalho como lugares de memória e de identidade. In: FRIGOTTO, G.; CIAVATTA, M.; RAMOS, M. (orgs.). **Ensino Médio integrado: concepções e contradições.** São Paulo: Cortez, 2005.

CIAVATTA, M. Ensino integrado, a politécnica e a educação omnilateral: por que lutamos?. **Revista Trabalho & Educação**, Belo Horizonte, v. 23, n. 1, p. 187-205, 2014. Disponível em: <https://seer.ufmg.br/index.php/trabedu/article/view/7693/5935>.

HOFMANN, M. *et al.* Clinical and maker perspectives on the design of assistive technology with rapid prototyping technologies. *In: PROCEEDINGS OF THE 18TH INTERNATIONAL ACM SIGACCESS CONFERENCE ON COMPUTERS AND ACCESSIBILITY*, 18., 2016, [S. l.]. **Proceedings [...]**. [S. l.]: ACM Digital Library, 2016. p. 251-256. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/2982142.2982181>.

MAIA, S. R. Aprendizagens e letramento: estudo de caso com uma criança com surdocegueira congênita. *In: SEMINÁRIO NACIONAL DE EDUCAÇÃO ESPECIAL*, 6., SEMINÁRIO CAPIXABA DE EDUCAÇÃO INCLUSIVA, 17., Vitória, 2020. **Anais [...]**. Vitória, 2020. (Comunicação Oral - Eixo 6). Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/snee/article/view/34474>.

KÄRNÄ-LIN, E. *et al.* Technology in Finnish Special Education: toward inclusion and harmonized school days. **Informatics in Education**, Vilnius, Lithuania. v. 6, n. 1, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.15388/infedu.2007.07>.

LÉVY, P. **As árvores de conhecimentos**. Tradução de Mônica M. Seincman. São Paulo: Editora Escuta, 1995.

LÉVY, P. **Cibercultura**. 34. ed. São Paulo: Editora 34, 1999.

LÜCK, H. **Pedagogia interdisciplinar: fundamentos teórico-metodológicos**. 8. ed. Petrópolis: Vozes, 1994.

MAIA, S. R.; ARAÓZ, S. M. M.; IKONOMIDIS, V. M. **Surdocegueira e deficiência múltipla sensorial: sugestões de recursos acessíveis e estratégias de ensino**. São Paulo: Grupo Brasil, 2010.

MONTEIRO, I. **Helen Keller: pensamento, criatividade e ação**. Campo Grande: Alvorada, 1982.

NASCIMENTO, F. A. A. C. **Educação infantil; saberes e práticas da inclusão: dificuldades de comunicação e sinalização: surdocegueira/múltipla deficiência sensorial**. 4. ed. Brasília: MEC, Secretaria de Educação Especial, 2006.

OLIVEIRA, J. D. Ensino e aprendizagem de alunos com surdocegueira: relato de experiência. *In: ANAIS DO 10º CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO ESPECIAL*, 10., 2023, São Carlos. **Anais eletrônicos [...]**. Campinas, Galoá, 2023. Disponível em: <https://proceedings.science/cbee/cbee-2023/trabalhos/ensino-e-aprendizagem-de-alunos-com-surdocegueira-relato-de-experiencia?lang=pt-br>.

RAMOS, M. N. Concepção do ensino médio integrado. *In: ENCONTRO INTERCAMPI DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL-EIEP*, 1., 2017, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: CEFET, 2017. Disponível em: <https://tecnicadmiwj.files.wordpress.com/2008/09/texto-concepcao-do-ensino-medio-integrado-marise-ramos1.pdf>.

SANDY, M. W. *et al.* **Uncovering challenges and opportunities for 3D printing assistive technology with physical therapists**. 2016. Disponível em: https://www.academia.edu/28003014/Uncovering_Challenges_and_Opportunities_for_3D_Printing_Assistive_Technology_with_Physical_Therapists.

SAVIANI, D. A função docente e a produção do conhecimento. **Revista Educação e Filosofia**, Uberlândia, v. 11, n. 21-22, p.127-140, 1997. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/EducacaoFilosofia/article/view/889>.

SAVIANI, D. **História das idéias pedagógicas no Brasil**. Campinas: Autores associados, 2007. (Coleção Memória).

SOUZA, L. G. D. C; RAHME, M. M. F. Surdocegueira e educação: o que indica o perfil das(os) profissionais da educação?. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO ESPECIAL*, 10., 2023, São Carlos. **Anais eletrônicos [...]**. Campinas, Galoá, 2023. Disponível em: <https://proceedings.science/cbee/cbee-2023/trabalhos/surdocegueira-e-educacao-o-que-indica-o-perfil-dasos-profissionais-da-educacao?lang=pt-br>.

VOLPATO, N. *et al.* **Prototipagem rápida: tecnologias e aplicações**. São Paulo: Editora Blucher, 2007.

WATANABE, D. R. **O estado da arte da produção científica na área da surdocegueira no Brasil de 1999 a 2015**. 2017. 262 p. Dissertação (Mestrado em Educação Especial), Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-13062017-112304/publico/DALVA_ROSA_WATANABE_rev.pdf.