


Criando Tecnologias Assistivas para o Ensino de Óptica Geométrica: uma prática a partir das habilidades do Pensamento Computacional e *Design Thinking*

Creating Assistive Technologies for Teaching Geometric Optics: a practice based on the skills of Computational Thinking and Design Thinking

Creando Tecnologías Asistivas para la Enseñanza de Óptica Geométrica: una práctica a partir de las habilidades del Pensamiento Computacional y Design Thinking

Fabricio de Oliveira Farias 
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Manaus – AM, Brasil.
fabricio.farias@ifam.edu.br

José Anglada Rivera 
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Manaus – AM, Brasil.
jose.anglada@ifam.edu.br

Recebido em 02 de agosto de 2025
Aprovado em 22 de abril de 2026
Publicado em 29 de abril de 2026

RESUMO

O presente artigo versa sobre a aplicação das habilidades do pensamento computacional no desenvolvimento de recursos didáticos adaptados que possibilitem o aprendizado de Física para estudantes cegos. A experiência ocorreu no espaço IF *Maker* do IFAM - (CMC) tendo como objetivo desenvolver recursos adaptados (Tecnologias Assistivas) voltados para o ensino de óptica geométrica, um recurso didático tátil que deve ser utilizado por professores para auxiliar alunos cegos no entendimento de fenômenos que ocorrem com a luz, estimulando e permitindo a sua participação, além de contribuir com o pensamento crítico e a inclusão. Em termos metodológicos, a pesquisa utilizou uma abordagem qualitativa com natureza básica, tendo como objetivos de pesquisa a do tipo descritiva com procedimentos de pesquisa bibliográfica. Para nos guiar nesta prática, em termos de aprendizagem, adotamos uma metodologia ativa, colaborativa e inovadora *Design Thinking* (DT) em três etapas (Imersão, Ideação e Prototipação), a prática foi desenvolvida inicialmente no programa Auto laser e posteriormente na máquina CNC e nos possibilitou uma aprendizagem conceitual sobre o pensamento computacional e o desenvolvimento de habilidades básicas, como (algoritmos, abstração, decomposição, reconhecimento de padrões, iteração, depuração e generalização). Durante a prática, foi possível identificar e registrar as habilidades do pensamento computacional a fim de promover uma conscientização sobre o nosso processo de aprendizagem e contribuir para reflexões sobre

a inserção de Tecnologias Assistivas no ensino de Física, promovendo a quebra de barreiras de modo a garantir que todos tenham acesso à educação com equidade, respeitando a diversidade e as necessidades de cada indivíduo.

Palavras-chave: Pensamento computacional; Tecnologias Assistivas; Óptica Geométrica.

ABSTRACT

This article discusses the application of computational thinking skills in the development of adapted educational resources that enable the learning of Physics for blind students. The experience took place in the IF Maker space of IFAM - (CMC), aiming to develop adapted resources (Assistive Technologies) focused on the teaching of geometric optics, a tactile educational resource that should be used by teachers to assist blind students in understanding phenomena that occur with light, stimulating and allowing their participation, as well as contributing to critical thinking and inclusion. Methodologically, the research utilized a qualitative approach with a basic nature, having descriptive research objectives and bibliographic research procedures. To guide us in this practice, in terms of learning, we adopted an active, collaborative, and innovative methodology of *Design Thinking (DT)* in three stages (Immersion, Ideation, and Prototyping). The practice was initially developed in the Auto laser program and later in the CNC machine, allowing us to achieve conceptual learning about computational thinking and the development of basic skills such as (algorithms, abstraction, decomposition, pattern recognition, iteration, debugging, and generalization). During the practice, it was possible to identify and record the skills of computational thinking in order to promote awareness of our learning process and contribute to reflections on the incorporation of Assistive Technologies in teaching Physics, promoting the breaking of barriers to ensure that everyone has access to education equitably, respecting the diversity and needs of each individual.

Keywords: Computational thinking; Assistive Technologies; Geometric Optics.

RESUMEN

El presente artículo trata sobre la aplicación de las habilidades del pensamiento computacional en el desarrollo de recursos didácticos adaptados que posibiliten el aprendizaje de Física para estudiantes ciegos. La experiencia se llevó a cabo en el espacio IF Maker del IFAM - (CMC) con el objetivo de desarrollar recursos adaptados (Tecnologías Asistivas) dirigidos a la enseñanza de la óptica geométrica, un recurso didáctico táctil que debe ser utilizado por los profesores para ayudar a los estudiantes ciegos en la comprensión de fenómenos que ocurren con la luz, estimulando y permitiendo su participación, además de contribuir al pensamiento crítico y la inclusión. En términos metodológicos, la investigación utilizó un enfoque cualitativo de naturaleza básica, teniendo como objetivos de investigación los de tipo descriptivo con procedimientos de investigación bibliográfica. Para guiarnos en esta práctica, en términos de aprendizaje, adoptamos una metodología activa, colaborativa e innovadora de *Design Thinking (DT)* en tres etapas

(Inmersión, Ideación y Prototipado). La práctica se desarrolló inicialmente en el programa Auto láser y posteriormente en la máquina CNC, lo que nos permitió un aprendizaje conceptual sobre el pensamiento computacional y el desarrollo de habilidades básicas, como (algoritmos, abstracción, descomposición, reconocimiento de patrones, iteración, depuración y generalización). Durante la práctica, fue posible identificar y registrar las habilidades del pensamiento computacional con el fin de promover una concienciación sobre nuestro proceso de aprendizaje y contribuir a reflexiones sobre la inserción de Tecnologías Asistivas en la enseñanza de la Física, promoviendo la ruptura de barreras para garantizar que todos tengan acceso a la educación con equidad, respetando la diversidad y las necesidades de cada individuo.

Palabras clave: Pensamiento computacional; Tecnologías Asistivas; Óptica Geométrica.

Introdução

O pensamento computacional (PC) teve origem no trabalho do cientista Seymour Papert (1993) sendo amplamente reconhecido como uma competência essencial na educação moderna. Posteriormente o conceito ganhou repercussão mundial a partir do trabalho de (Wing, 2006), onde destacou que o PC pode ser entendido como uma abordagem para resolução de problemas que abrange um conjunto de habilidades cognitivas e não uma tentativa de fazê-las pensar como computadores.

Brackmann ao discorrer sobre o pensamento computacional afirma que:

Uma distinta capacidade criativa, crítica e estratégica humana de saber utilizar os fundamentos da Computação, nas mais diversas áreas do conhecimento, com a finalidade de identificar e resolver problemas, de maneira individual ou colaborativa, através de passos claros, de tal forma que uma pessoa ou uma máquina possam executá-los eficazmente. (Brackmann, 2017, p. 29).

Shute, Sun e Clarke (2017) destacam que, apesar da ampla divulgação do termo, não há consenso na literatura sobre sua definição. Assim, o pensamento computacional (PC) é compreendido como uma habilidade multifacetada, que envolve técnicas e processos cognitivos na resolução de problemas complexos. Blikstein (2008) acrescenta que o PC é também uma competência criativa, essencial para a formação de cidadãos críticos e aptos a lidar com desafios.

Na educação, o desenvolvimento do PC está previsto na BNCC (Brasil, 2018), estruturando-se em três eixos: pensamento computacional, mundo digital e cultura digital, reforçando sua relevância nos ambientes escolares.

No trabalho de Costa-Junior *et al.*, (2024) os autores descrevem os resultados de aprendizagem dos estudantes e a análise da usabilidade do ThinkCarpet, um artefato de robótica educacional interativo, desenvolvido com materiais alternativos e Arduino, voltado para apoiar o ensino do conceito de algoritmos no Ensino Fundamental.

Por sua vez, o estudo de Trevisan *et al.*, (2022) os pesquisadores analisam o uso de atividades desplugadas para desenvolver o PC em alunos do Ensino Médio, com foco nos conteúdos de padrões e regularidades, explorando os pilares básicos como decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmos

O estudo de Costa-Junior e Anglada-Rivera (2022) revela que o PC tem sido inserido em cursos de formação inicial de professores, sobretudo nas licenciaturas de Matemática e Pedagogia. As ações incluem atividades plugadas e desplugadas, focadas na resolução de problemas e no uso de ferramentas como *Scratch*, *Python* e robótica com Arduino. As experiências indicam que integrar o PC à formação docente fortalece competências digitais, metodológicas e pedagógicas. Contudo, ainda há poucos trabalhos que articulam diretamente o PC aos conteúdos específicos de cada área de conhecimento.

Algumas obras disponíveis, permitem que professores interessados possam desenvolver o PC de forma prática nos ambientes educacionais, tanto no ensino básico como no ensino superior, neste caso, Costa-Junior *et al.*, (2023), por meio de um e-book intitulado “Computação Física: Programando Sensores e Componentes com Arduino e PictoBlox”, subsidiam os professores no sentido de que eles possam desenvolver atividades de programação de sensores e atuadores, usando Arduino e o ambiente PictoBlox. A obra valoriza o aprendizado baseado em projetos e problemas, incentivando o aprender fazendo.

Este artigo relata uma experiência que integra habilidades relacionadas ao desenvolvimento de Tecnologias Assistivas para o ensino de Óptica Geométrica, fundamentada na abordagem de *Design Thinking* entendida como um processo de inovação centrado nas necessidades dos utilizadores conforme Vianna *et al.*, (2012). O tema foi escolhido devido à dependência de representações visuais no ensino dessa área, o que dificulta o acesso para estudantes cegos. Na educação inclusiva, essa limitação reforça a necessidade de materiais adaptados.

Durante a vivência, observamos habilidades do Pensamento Computacional emergindo na prática, favorecendo reflexões sobre a aprendizagem inclusiva. O uso estratégico de Tecnologias Assistivas contribui para experiências educacionais mais acessíveis, eficazes e adaptadas às necessidades e potencialidades dos estudantes.

Fundamentação teórica

A resolução de problemas é amplamente vista como uma habilidade crucial no processo educacional, essencial para a formação de indivíduos capacitados para enfrentar os desafios do século XXI. No Brasil, essa competência é fortemente incentivada pela BNCC - Brasil (2018) que orienta a estruturação dos currículos para formar estudantes capazes de enfrentar situações complexas com uma abordagem crítica, criativa e colaborativa. O foco é desenvolver habilidades que permitam aos estudantes não apenas compreender e analisar problemas, mas também propor soluções inovadoras e trabalhar em equipes, habilidades indispensáveis para a construção de uma sociedade mais justa e preparada para lidar com as mudanças e incertezas do mundo atual.

E para fortalecer as práticas pedagógicas em ambientes formais e não formais de aprendizagem com estudantes preparados para enfrentar os desafios do mundo contemporâneo, pensou-se no pensamento computacional que desenvolve habilidades centrada no ser humano e na resolução de problemas e alinha-se com as competências gerais da BNCC.

Desenvolver projetos para investigar desafios do mundo contemporâneo, construir soluções e tomar decisões éticas, democráticas e socialmente responsáveis, articulando conceitos, procedimentos e linguagens próprias da Computação preferencialmente de maneira colaborativa. (Brasil, 2022).

Considerando o exposto, na próxima seção, iremos discorrer dos aspectos históricos ligados ao PC, contribuições, levantamento de ideias quanto a sua definição com base em diversos autores e as suas respectivas habilidades desenvolvidas por meio de práticas.

Pensamento computacional

O pensamento computacional, surgiu entre as décadas de 1950 e 1960 e foi formalizado por Seymour Papert, influenciado por Piaget (1970), contudo foi em 1980 que teve consolidação na qual o foco era compreender como as escolas e os sistemas educacionais poderiam adotar e integrar a tecnologia de maneira mais profunda e eficaz.

O PC ganhou repercussão mundial com (Wing, 2006) quando a autora o destacou como uma habilidade fundamental para todos. Diante desse aspecto, Wing afirma que:

O pensamento computacional é um conjunto de habilidades que permite a resolução de problemas, a análise de sistemas e a compreensão de processos complexos. Ele envolve decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmos. Mais do que uma habilidade técnica, é uma maneira de pensar que pode ser aplicada em diversas áreas do conhecimento. Ao adotarmos esse pensamento, podemos transformar não apenas a educação, mas também a maneira como interagimos com o mundo ao nosso redor. (Wing, 2006, p. 33).

No que se refere às contribuições de pesquisas acadêmicas sobre a temática, buscamos artigos de revistas científicas, dissertações de mestrado e teses de doutorado que apresentam concepções sobre o PC conforme indicamos no Quadro 1:

Quadro 1 – Definição de autores sobre o PC

Definição	Autor – Ano
É saber usar o computador para ampliar capacidades cognitivas e operacionais.	Blikstein (2008)
Processos de pensamento envolvidos na formulação de problemas e as suas soluções de modo que as mesmas são representadas de uma forma que pode ser eficazmente executada por um agente.	Wing (2010)
Práticas fundamentais da Ciência da Computação, porém o termo não é de uso exclusivo da Computação e não é adequado para retratar a totalidade do campo.	(McMaster <i>et al.</i>) - 2010)
É o processo de reconhecer aspectos da computação em um mundo que nos cerca e, aplicar ferramentas e técnicas da Ciência da Computação para entender e argumentar sobre sistemas e processos naturais e artificiais.	Furber (2012)
O Pensamento Computacional é executado por pessoas e não por computadores, envolvendo o pensamento lógico, a habilidade de reconhecimento de padrões, o raciocínio por algoritmos, bem como a decomposição e abstração de problemas.	Liukas (2015)
Pensamento para organizar, representar e relacionar ideias logicamente.	Zapata-Ros (2015)
É desenvolver estratégias para entender e resolver problemas de forma a aproveitar o poder dos métodos tecnológicos para desenvolver e testar soluções.	Iste (2016)
Mesmo diante de estudos consolidados, ainda existem críticas que sugerem que não sabemos o que o pensamento computacional significa.	Kurshan (2016)
É uma abordagem para resolver problemas, sendo, portanto, uma habilidade essencial para soluções eficientes em diversas áreas do conhecimento.	Silva (2022)

Fonte: Autores

Desenvolver habilidades essenciais, como resolver problemas de forma lógica e estruturada, caracteriza o Pensamento Computacional, neste sentido (Wing, 2006) o define como prática que envolve resolução de problemas, projeção de sistemas e compreensão de comportamentos. Brackmann (2017) destaca habilidades cognitivas como decomposição, padrões, abstração e algoritmos. Já Shute, Sun e Clarke (2017) apontam o

PC como abordagem que ativa habilidades mentais como depuração, generalização, iteração e reconhecimento de padrões.

Com base nas habilidades cognitivas mencionadas pelos autores, de modo geral, elas podem ser compreendidas, conforme indicamos no Quadro 2, a seguir:

Quadro 2 – Descrições das habilidades do PC

Habilidades	Descrição
Abstração	Consiste em simplificar um problema ao isolar os elementos mais importantes e ignorar detalhes irrelevantes. Essa habilidade permite focar apenas nas informações essenciais, criando uma representação simplificada que preserva as características fundamentais do desafio.
Algoritmos	Atribui sequências ordenadas de passos ou instruções que resolvem um problema ou executam uma tarefa específica. Desenvolver algoritmos significa criar um plano estruturado que guia o processo de resolução de problemas de forma clara e eficiente, com cada etapa bem definida.
Decomposição	Consiste em dividir um problema em partes menores e manejáveis. Ao fragmentar um desafio em componentes específicos, torna-se mais fácil compreendê-lo em profundidade e propor soluções adequadas para cada parte.
Depuração	Permite identificar erros, isolá-los, corrigi-los e testá-los para garantir que tudo funcione como planejado, corrigindo falhas ou comportamentos inesperados.
Generalização	Possibilita implementar soluções corretas e eficientes para um conjunto de problemas semelhantes e mais aprofundados. Envolve a identificação de padrões e princípios que podem ser reutilizados em situações diferentes, ajudando a criar soluções mais adaptáveis e eficientes.
Iteração	Repetir uma série de passos ou instruções até que um objetivo ou condição específica seja atingido. Permite aprimorar soluções progressivamente, ajustando as etapas conforme necessário para alcançar o resultado desejado.
Reconhecimento de Padrões	Identifica semelhanças e diferenças em dados ou problemas. Esta habilidade facilita a aplicação de soluções desenvolvidas a novos contextos, simplificando o processo de resolução de problemas.

Fonte: Autores

Para o desenvolvimento das habilidades do PC, trabalhamos em uma prática que consistiu em desenvolver recursos adaptados “Tecnologias Assistivas” (TA’s) voltados para o ensino de óptica geométrica, um tipo de recurso didático tátil que pode ser utilizado por professores no sentido de permitir que alunos cegos possam ter uma compreensão conceitual sobre vários fenômenos que ocorrem com a luz e isso por sua vez, estimula a participação ativa deles, além de colaborar para a construção de conhecimentos científicos.

O objetivo do conjunto de recursos didáticos mencionados é exatamente permitir que estudantes cegos, tomando como base as explicações do fenômeno, sejam capazes de compreender como ocorre o fenômeno físico, usando a parte tátil as quais auxiliam os estudantes com deficiência visual na percepção das formas, contornos e relevos.

A seguir, com base nos fundamentos teóricos que norteiam a nossa prática, seguimos as etapas do *Design Thinking* para desenvolver os recursos de TA’s, conforme apresentamos na próxima subseção.

Design Thinking

O *Design Thinking* (DT) é oriundo da interseção entre as práticas de design e as necessidades de inovação de negócios e tecnologia, com raízes que remontam à década de 1960, quando o design passou a ser visto como um processo estruturado de solução de problemas, indo além da estética. Em vista disto, tal movimento começou a ganhar forma

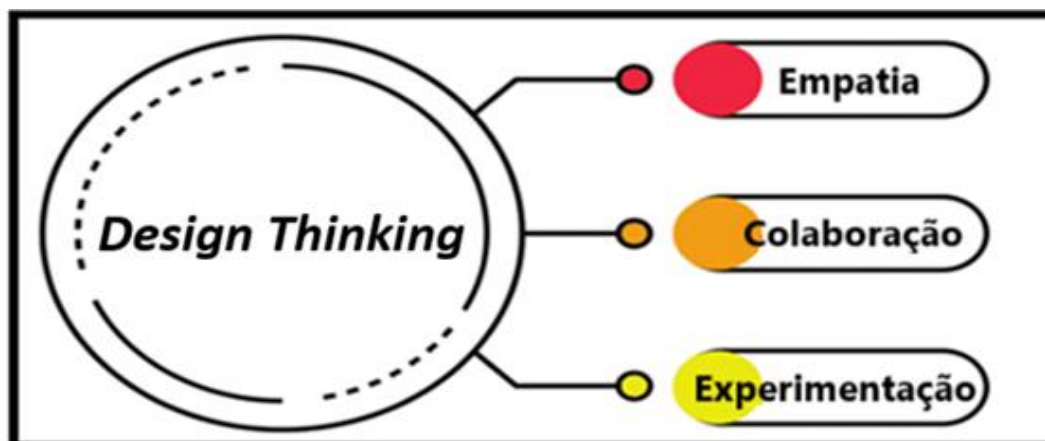
com a introdução da ideia de design centrado no usuário por Simon (1969) um dos primeiros a estruturar o pensamento de design através do seu livro *The Sciences of the Artificial*. O autor propôs que o design não era apenas uma arte, mas um conjunto de habilidades para resolver problemas complexos em qualquer área.

De acordo com Vianna *et al.*, (2012), o termo *Design Thinking* representa a maneira de pensar do *designer*, ou seja, a forma como o *designer* entende o mundo e age sobre ele, sendo a principal tarefa identificar problemas e gerar soluções, isto porque para eles um problema é tudo que prejudica ou impede o bem-estar e a experiência das pessoas, no contexto emocional, cognitivo ou estético. Capellari (2015) menciona que é necessário, fazer uso da empatia, colocando-se no lugar do outro, e buscar entender o contexto em que a pessoa está inserida, bem como identificar causas e consequências das suas dificuldades para que possamos ser mais assertivos na busca por soluções.

No estudo desenvolvido por Farias (2019), intitulado por “Design Thinking na elaboração de um Produto Educacional”, a autora ressalta que o *DT* é um processo holístico para abordar problemas em diferentes contextos com base na identificação das reais necessidades das pessoas envolvidas.

Dessa forma, fica claro que o *DT* é tido como uma metodologia ativa, colaborativa e inovadora, colocando as pessoas no centro das soluções, ou seja, em uma forma de pensar e solucionar problemas, porém considerando os elementos indicados na Figura 1.

Figura 1 – Elementos essenciais do *Design Thinking*



Descrição da imagem: Diagrama com fundo branco que contém um retângulo exterior com linhas sólidas pretas. No retângulo encontra-se uma elipse à esquerda, conectada a três linhas e à direita três elipses menores. Dentro da elipse à esquerda está escrito: *Design Thinking (DT)*, à direita, visto de cima para baixo, três elipses com círculos na extremidade esquerda e a escrita das características do *DT* centralizadas, se ligam às linhas que possuem pequenos círculos na sua ponta, porém, não se tocam. A primeira linha que contém um círculo vermelho na ponta, aproxima-se da elipse à direita que contém um círculo vermelho e a palavra empatia. A segunda linha com círculo laranja na ponta, aproxima-se da elipse à direita que contém um círculo laranja e a palavra colaboração. A terceira linha com círculo amarelo na ponta, aproxima-se da elipse à direita que contém um círculo amarelo e a palavra experimentação.

Fonte: Autores

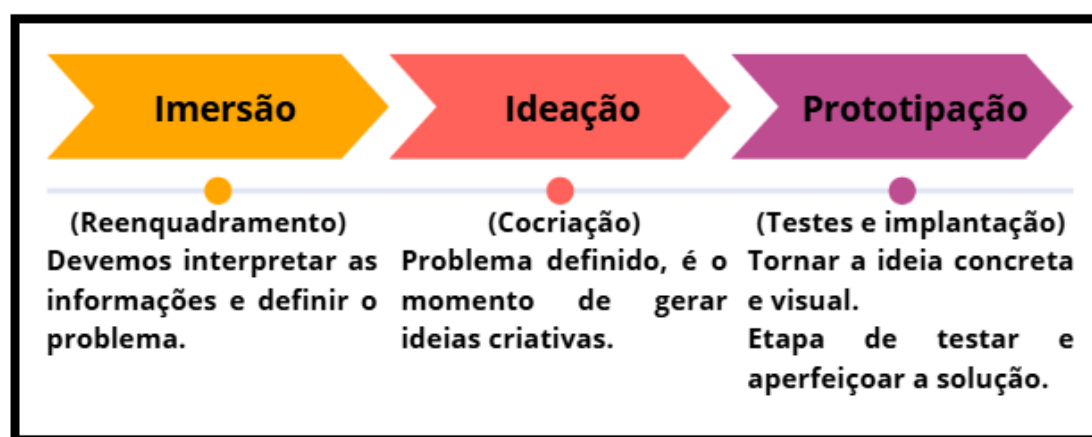
Conforme as características do *DT* enfatiza-se que ele “é centrado no ser humano”, pois começa com empatia profunda e compreensão das necessidades e das motivações das pessoas. “É otimista”, pois a confiança fundamental é que todos são capazes de criar mudanças, independentemente da magnitude do problema, do tempo disponível ou das limitações.

“É colaborativo”, pois reconhece que os desafios podem ser melhor enfrentados por meio do trabalho em equipe, no qual diferentes perspectivas e experiências contribuem para a construção de soluções mais abrangentes. O *DT* apresenta vantagens por considerar as múltiplas visões e a criatividade dos participantes para reforçar a sua própria criatividade. E por fim, “é experimental”, pois permite a liberdade de errar e aprender com os erros, recebe feedbacks de outras pessoas e depois repensar as suas ideias.

O *DT* traz grandes benefícios para a educação, uma vez que promove a troca de informações, incentiva a escuta ativa, a criatividade e o envolvimento na resolução de problemas. Além disso, exige respeito para todas as ideias apresentadas, permite o uso do pensamento visual e o desenvolvimento da empatia, contribuindo para todo o processo educacional, desde o planejamento até a avaliação do produto.

Neste estudo, visando fundamentar as fases ou etapas do *DT*, optamos por utilizar a proposta de Vianna *et al.*, (2012), na qual os autores destacam que esta abordagem possui três fases ou etapas como indicamos na Figura 2.

Figura 2 – Etapas do *Design Thinking*



Descrição da imagem: Diagrama com fundo branco que contém um retângulo exterior com linhas sólidas pretas. No seu interior na parte de cima, três setas em sequência que apontam para à direita, demonstram as etapas do *Design Thinking* (*DT*). A primeira seta, em laranja, tem o título, Imersão. A segunda seta, em rosa, tem o título, ideação e a terceira seta, em violeta, tem o título, Prototipação. No centro do retângulo, uma linha cinza com pontos nas mesmas cores das setas: laranja, rosa e violeta. Abaixo do ponto laranja a escrita: reenquadramento e o texto, devemos interpretar as informações e definir o problema. Abaixo do ponto rosa a escrita: Cocriação e o texto, problema definido, é o momento de gerar ideias criativas. Abaixo do ponto violeta a escrita: testes e implantação e o texto, tornar a ideia concreta e visual. Etapa de testar e aperfeiçoar a solução.

Fonte: Autores

Na etapa de “Imersão” os participantes se envolvem no sentido de entender profundamente o problema sob diferentes perspectivas e as necessidades das pessoas envolvidas. Você passa o tempo observando, conversando com os usuários e coletando informações sobre o que eles realmente precisam, suas dificuldades e desejos. É o momento de empatia, para ver o mundo sob a ótica dos outros.

Após entender o problema, na etapa seguinte “Ideação” resgatamos as informações obtidas na fase de Imersão de modo que possamos gerar muitas ideias diferentes que colaborem para a solução do problema proposto. Nesta etapa não há limite para a criatividade ao passo que os participantes possam gerar o maior número possível de

soluções sem se preocuparem em ser perfeitos, pois o objetivo é pensar fora da caixa e explorar várias possibilidades.

Na etapa de “Prototipação” as ideias ganham formas em planos de ações ou protótipos, de modo que é possível cria-se modelos simples e rápidos (protótipos) para testar as soluções propostas e isso pode ser feito com materiais simples, como palito de churrasco, peças de silicone, cola, tinta e madeira, com a possibilidade de ver se a ideia funciona na prática com os testes. Nesta etapa o importante é aprender rapidamente com os erros, melhorar, avaliar a solução de modo que o artefato criado possa servir como referência para a construção do produto final.

Entendemos que as fases ou etapas do *DT* ajudam a criar soluções inovadoras e práticas, testadas e ajustadas com base nas necessidades reais de pessoas cegas. O uso dessa metodologia é importante uma vez que coloca as necessidades humanas no centro do processo de criação. Ao focar na empatia, ele permite que os pesquisadores e desenvolvedores educacionais entendam as reais dificuldades, desejos e contextos dos usuários cegos, que muitas vezes são invisibilizados em processos tradicionais de desenvolvimento.

Tecnologia Assistiva e o Ensino de Física

A utilização de recursos de Tecnologia Assistiva no Ensino de Física é uma ação docente cada vez mais relevante quando pensamos em promover a inclusão de estudantes com deficiência e assim garantir que tenham acesso a uma aprendizagem significativa e de qualidade. Esses recursos, que englobam ferramentas, adaptações tecnológicas e artefatos, permitem a participação ativa de alunos e contribuem para a construção de um ambiente educacional mais equitativo, mas afinal o que são Tecnologias Assistivas?

Conforme as referências na literatura, sobre a definição de TA's, Skliar destaca que:

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 *apud* Skliar, 2012, p. 68).

O autor destaca que essa tecnologia tem a finalidade de assistir, ajudar e auxiliar, sendo que evolui de modo rápido e dinâmico, possibilitando novas maneiras de integração e comunicação entre cegos e videntes.

Nesse contexto vale mencionar que esse tipo de recurso é fundamental para a remoção ou quebra de barreiras ao aprendizado. Conforme a BNCC a inclusão de estudantes com deficiência é um direito adquirido por meio da Lei nº 13.146 - Brasil (2015), na qual as práticas educativas devem garantir equidade e acessibilidade. Dessa forma, a utilização de recursos assistivos possibilita que os alunos com deficiência possam interagir com os conceitos abstratos e experimentos de física, os quais geralmente envolvem observação visual e manipulação de instrumentos.

No Ensino de Física, as TA's, como materiais táteis, audiodescrições, *software* de simulação adaptado e equipamentos acessíveis, estes podem perfeitamente transformar como os alunos compreendem os fenômenos naturais de acordo com pesquisas já realizadas.

Dentre as pesquisas voltadas ao uso de Tecnologias Assistivas (TA's) no Ensino de Física, destacam-se autores como Santos e Brandão (2020), que abordaram a temática

Tecnologias Assistivas no Ensino de Física para Alunos com Deficiência Visual. Os autores apontam que modelos tridimensionais e descrições em braille favorecem a compreensão de conteúdos como óptica, mecânica e eletromagnetismo. Essa abordagem prática e concreta respeita as especificidades dos estudantes e contribui para o desenvolvimento do raciocínio científico.

No estudo de Silva e Souza (2021), verificou-se que a utilização de TA's promove maior engajamento dos alunos, por meio de interações alternativas e participação ativa em atividades experimentais. A inclusão de dispositivos adaptados e aplicativos de simulação acessível favoreceu a aprendizagem colaborativa e ativa, valorizando a diversidade no ambiente escolar.

Bisol e Valentini (2021) ressaltam a importância da autonomia estudantil, mostrando que recursos como audiodescrição, softwares de leitura de tela e simuladores adaptados possibilitam o acesso independente ao conteúdo científico, fortalecendo a autoestima e a qualidade da aprendizagem. Nesse contexto, Barbosa e Almeida (2021) investigaram a relação entre inclusão e inovação pedagógica no Ensino de Física. Segundo os autores, professores que utilizam TA's tornam-se mais preparados para lidar com a diversidade, promovendo um ensino mais democrático, flexível e equitativo.

Buscando desenvolver as habilidades do PC adotando o *DT* como percurso metodológico, a próxima seção apresenta a metodologia do estudo e outros aspectos associados.

Metodologia

Esse estudo teve uma abordagem qualitativa, com natureza de pesquisa básica, descritiva. Em termos de procedimentos para nossa prática, nos concentramos em pesquisas bibliográficas, assim focamos na análise de artigos, dissertações, guias, teses, livros e materiais disponíveis que abordavam o tema proposto no que diz respeito ao uso do PC no processo de elaboração de estratégias pedagógicas.

Gil (1999) resalta que o objetivo principal da pesquisa descritiva é fazer a descrição das características de determinada população ou fenômeno. Por outro lado,

A pesquisa qualitativa ou naturalística, envolve a obtenção de dados descritivos, obtidos no contato direto do pesquisador com a situação estudada, enfatiza mais o processo do que o produto e se preocupa em retratar a perspectiva dos participantes. (Lüdke; André, 2014, p. 14).

Com o intuito de promover uma discussão embasada na vivência do desenvolvimento das habilidades do PC para responder ao problema deste estudo: Como desenvolver artefatos didáticos adaptados (Tecnologias Assistivas) de modo a permitir que estudantes cegos possam aprender física? A vivência conceitual e prática do PC a partir do desenvolvimento de TA's, teve como local de aplicação o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM) - Campus Manaus Centro, com a participação de pesquisadores vinculados ao do Programa de Pós - Graduação (PPGET-IFAM).

A respectiva prática nos permitiu vivenciar o espaço do problema e da solução, praticar o PC, mobilizar conhecimentos envolvendo o uso do software e equipamentos em um espaço formal IF *Maker*, além é claro de ocupar outros espaços não formais de aprendizagem para a consolidação de etapas da prática.

Com base no percurso metodológico adotado, explorar as etapas do *Design Thinking* (*DT*) de acordo com Vianna *et al.*, (2012), significa estar diante de abordagem permite uma experiência de aprendizagem centrada no aluno ativo, de modo colaborativo e inovador,

onde o pensamento computacional é desenvolvido através da resolução de problemas práticos e relevantes.

A prática realizada nos permitiu vivenciar o espaço do problema e da solução, praticar o pensamento computacional, mobilizar conhecimentos envolvendo o tratamento com materiais de baixo custo, bem como o uso do software Auto laser e da máquina CNC no laboratório IF *Maker*. O desenvolvimento de recursos de TA's foi posto em prática com adoção do *DT*, conforme detalhado na próxima subseção.

A vivência na aprendizagem

Com base nas etapas metodológicas que foram vivenciadas em nossa prática, a seguir vamos descrever as suas características e aspectos importantes.

Na imersão (Reenquadramento): empatia e definição do problema

Nesta etapa, buscou-se identificar ideias viáveis, factíveis e desejáveis, considerando o contexto, as experiências das partes interessadas e a relevância da ideia escolhida, com foco na compreensão do espaço do problema. Foi um momento de exploração para entender o problema e os seus aspectos conceituais e técnicos sob diferentes perspectivas. Realizou-se uma revisão na literatura sobre pensamento computacional e resolução de problemas, analisando a viabilidade de desenvolver recursos de TA's, com base nos conhecimentos prévios do grupo e no mapeamento de conhecimentos necessários. Por fim, definiu-se o escopo do problema, sintetizando conceitos e elaborando um plano de ação.

Na ideação: geração de ideias criativas

Nesta etapa, o grupo revisitou os informes coletados na Imersão para gerar diversas ideias criativas. Esse momento incluiu sessões de *brainstorming* e cocriação, nas quais as ideias foram capturadas. Foi essencial definir o problema e propor soluções, o que levou à elaboração de uma planilha com os materiais e acessórios necessários para a prática. Ainda na fase de Ideação, foram criados desenhos manuais para o conjunto de TA's, seguidos pela modelagem dos objetos numa plataforma online gratuita. Como resultado, foi realizado um estudo de viabilidade que serviu de base para a etapa de prototipagem.

Na prototipagem: construção, testes, ajustes, avaliação e implantação

Para consolidar o planejamento elaborado para a terceira etapa, denominada Prototipação, foi feita uma divisão em duas fases: prototipagem e teste. Inicialmente, a equipe desenvolveu recursos de TA's alternativas (A) onde foram utilizados os seguintes materiais simples e de baixo custo [Pedaços de MDF (15cm x 25cm) com 2 cm de espessura, Papel A4 (90g), Cola instantânea, Palito de Churrasco, Base de silicone e Tinta preta para madeira], seguindo rigorosamente o planejamento. Posteriormente no desenvolvimento dos recursos de TA's alternativas (B), utilizamos [Folhas de MDF de baixa espessura (6 mm) e Álcool isopropílico]. Todos esses materiais foram analisados no sentido de contemplar aspectos como acessibilidade tátil, representação dos fenômenos físicos e adequação à comunicação em Braille.

Após o sucesso nas etapas anteriores, o grupo avançou para a modelagem das peças, usando um software específico (Auto laser), seguida do corte dos materiais com o uso de uma máquina (CNC). É importante destacar que visando disponibilizar o conjunto de

Tecnologias Assistivas para o ensino de Óptica Geométrica, foi necessário o uso do conjunto de materiais: [Folhas de MDF de baixa espessura (6 mm), Álcool isopropílico, Papel A4 (90g) e Cola instantânea]. Durante a prototipação, foram realizados testes das funcionalidades, e eventuais erros identificados foram analisados e corrigidos em um processo contínuo de ajustes e melhorias.

Fazer uso do *DT* como metodologia para guiar a prática ligada ao desenvolvimento de recursos de TA's, estimulou a criatividade, a colaboração e a inovação, permitindo que o grupo pudesse prototipar e testar as ideias de forma iterativa. A nossa intenção era que a versão final do conjunto de recursos de TA's, contemplasse a característica dos fenômenos físicos envolvidos usando a parte tátil, de modo a atender as expectativas dos alunos cegos e promover o seu engajamento.

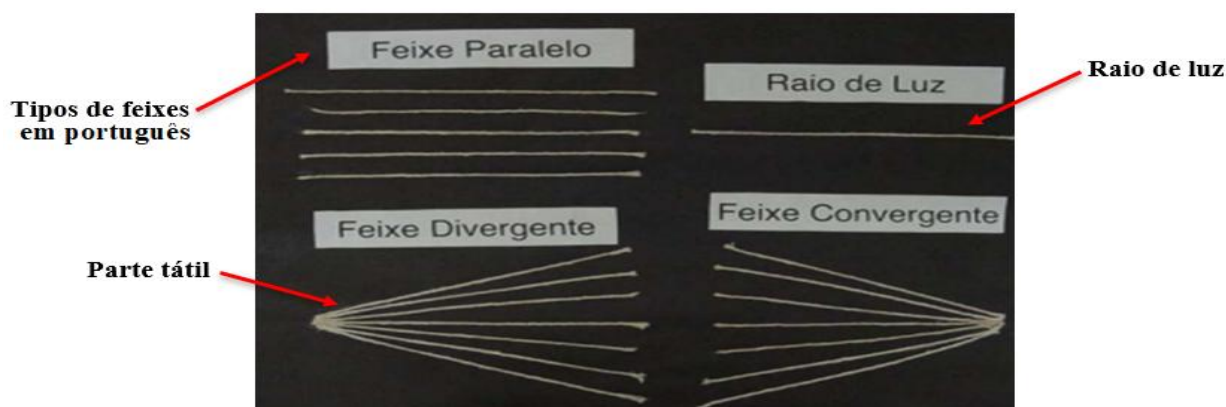
Resultados e Discussões

No sentido de verificar a eficiência na solução do problema apresentado e as estratégias envolvidas para a aquisição do objetivo, usamos as habilidades do PC para chegarmos ao resultado esperado, ou seja, nos recursos de TA's, voltados para o ensino de óptica geométrica. Em nosso ponto de vista a prática de desenvolvimentos desses recursos, proporcionou uma experiência imersiva, corroborando para o desenvolvimento das habilidades do PC.

Na primeira etapa do *DT* (Imersão) exploramos o espaço do problema, o que nos possibilitou compreender o problema a ser investigado sob diferentes perspectivas. Nesse momento, coube ao grupo levantar soluções já empregadas na literatura, por meio de uma pesquisa Desk, de modo que essas soluções pudessem colaborar com o problema do nosso interesse. Assim, buscamos exemplos de TA's voltadas para o ensino de óptica geométrica, sendo um dos exemplos analisados, mostrado através da Figura 3.

O nosso objetivo era analisar a estrutura das TA's, ver detalhes e contexto de utilização, esse processo foi importante, pois permitiu que o grupo colocasse em prática a habilidade "abstração" uma vez que focamos nos elementos essenciais e relevantes do nosso problema através de exemplos similares. Por outro lado, praticou-se ainda a habilidade "reconhecimento de padrões", onde identificamos soluções já empregadas de modo que estas soluções pudessem colaborar com o problema do nosso interesse.

Figura 3 – Raios paralelos, convergentes e divergentes



Descrição da imagem: A imagem mostra, um retângulo de fundo preto feito em papel cartão, dentro dele temos a digitação dos termos em papel branco e a representação individual de um raio de luz e os tipos de feixes, construídos com a utilização de barbantes. Visto de cima para baixo e da esquerda para direita, temos

a representação do Feixe Paralelo, indicado por cinco pedaços de barbantes retos, que mostram os raios de luz se propagando a partir da fonte de luz da esquerda para a direita de forma paralela. Ao lado, temos a representação do Raio de luz, indicado por um pedaço de barbante, reto que mostra a luz se propagando da esquerda para a direita. Abaixo, temos o Feixe Divergente, constituído de sete pedaços de barbantes, retos, representando os raios de luz, que partem da fonte de luz e se propagam da esquerda para a direita, em diferentes direções divergindo entre si. Ao lado, temos o Feixe Convergente, formado por sete pedaços de barbantes retos, que partem da fonte de luz, e se propagam da esquerda para a direita em diferentes direções de modo a convergir num ponto comum. Na parte externa do retângulo e fora do papel cartão, temos anotações em preto e setas vermelhas. No lado esquerdo do retângulo, visto de cima para baixo, a primeira seta aponta para o nome dos feixes de luz, a segunda seta, aponta a parte tátil o qual indica o ponto de onde saem as linhas do Feixe Divergente. No lado direito do retângulo, a seta aponta para a representação do raio de luz.

Fonte: Camargo (2008).

Analisando o exemplo de TA's da Figura 3, quanto as características gerais, elementos constituintes e funcionalidade, é importante destacar que um recurso voltado para um aluno cego estudar eventos com a luz, este deve necessariamente apresentar detalhes específicos, neste caso permitir o uso da parte tátil, onde no exemplo citado, destaca-se o alto-relevo.

Por outro lado, não se identifica no conjunto exemplificado uma fonte de luz e ainda o que seria de fato um feixe de luz, ou seja, dois elementos importantes, pois neste caso o aluno seria capaz de interagir com o recurso e entender o que é um raio de luz (elemento presente no recurso) e em seguida poder explorar um feixe de luz que por sua vez subsidiaria, esse estudante na compreensão dos tipos de feixe de luz.

Outro detalhe importante e que deve sempre existir em recursos de TA's é qualquer acessório nela inserido que sirva de orientação para o aluno e ainda as descrições em Braille, isto porque o cego não consegue ler em português, portanto esses elementos importantes e necessários no processo de compreensão do estudo, contudo no exemplo analisado, isso não se faz presente.

Esta etapa de imersão foi importante também no sentido de que nos permitiu, após a análise de outros projetos, refletir sobre a viabilidade quanto ao desenvolvimento de recursos de TA's do nosso interesse, e isso requisitou os conhecimentos prévios de cada membro do grupo, além do mapeamento dos conhecimentos a serem adquiridos no próprio desenvolvimento da prática. Portanto, a etapa culminou com a definição do escopo do problema, sendo realizada uma síntese conceitual e um plano de ação.

Na segunda etapa do *DT* (Ideação) em vista da formulação de um problema, a elaboração de estratégias e a procura por soluções eficazes pelo grupo para resolver o problema, entendemos que esses elementos deixaram bem claro o processo a qual estávamos vivenciando no caso o PC. O grupo resgatou os elementos da etapa anterior (Imersão) com os seus membros dialogando entre si e com outros profissionais que exploram o espaço onde estávamos no momento desta etapa, no caso o *IF Maker*, convém destacar que as ideias foram geradas de forma colaborativa, onde realizamos uma seção de *brainstorming* bem como uma seção de cocriação, gerando uma chuva de ideias que foram capturadas.

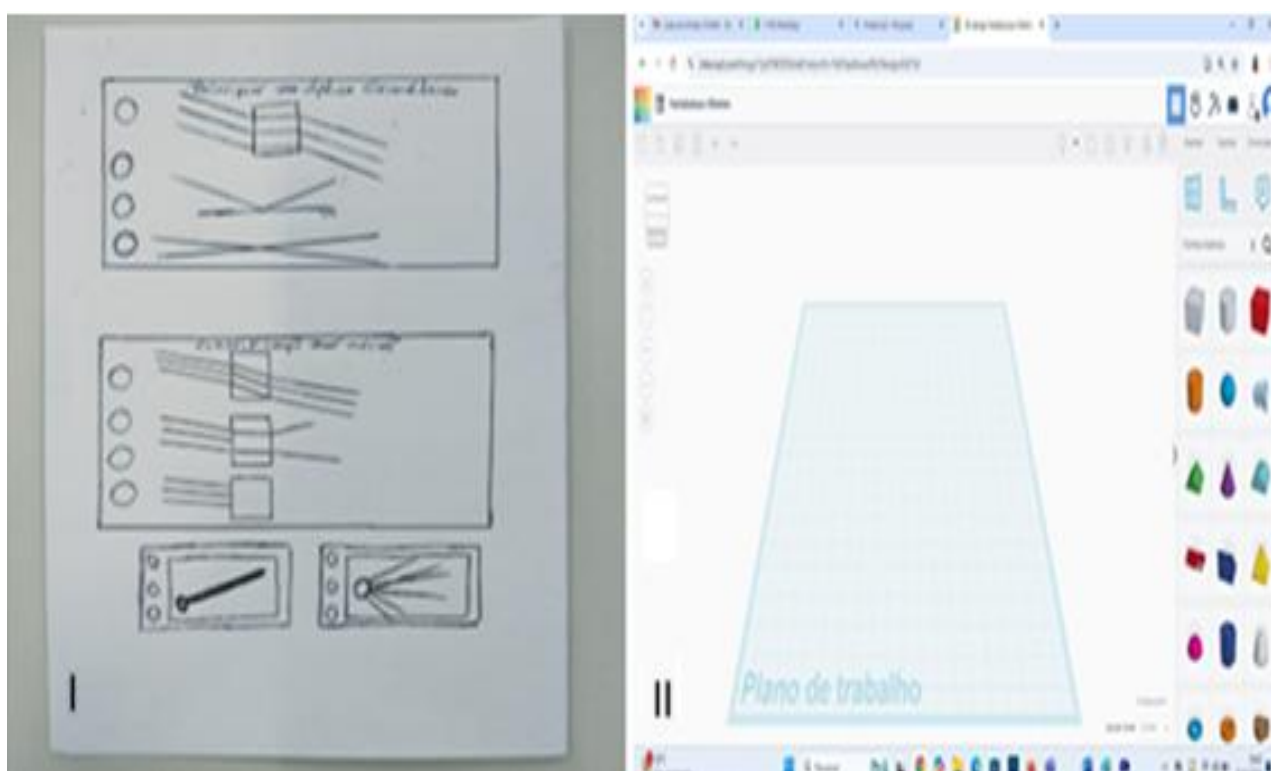
Isso permitiu seguirmos por um processo contínuo na busca de encaminhamentos para o espaço do problema e conseqüentemente da solução, portanto durante esse momento, constantemente colocamos em prática a habilidade "iteração".

Ainda na etapa de (Ideação), sistematizamos uma série de tarefas de forma colaborativa, pois definimos a ideia e o problema, sendo que elaboramos um itinerário com as partes do processo de ideação. Assim, colocando em prática a habilidade "abstração",

foi possível identificar e selecionar os conhecimentos prévios e necessários em vista da solução do problema do nosso interesse, neste caso, foi necessário o grupo dispor de domínios básicos sobre um programa de modelagem.

Nos concentramos na criação dos modelos, sendo inicialmente feitos de modo manual os desenhos de cada peça do conjunto de TA's (Princípios da Óptica, Classificação dos meios, Raio de luz, e Tipos de feixes de luz. Na Figura 4 parte (I) indicamos a imagem de algumas peças. Em seguida, para ter um entendimento melhor das peças, e considerando as ideias iniciais, optamos por utilizar uma plataforma online livre de modelagem para objetos, denominada Tinkercad item (II) na Figura 4.

Figura 4 – Esboços manuais das peças e plataforma Tinkercad utilizada para otimizar os desenhos



Descrição da imagem: Na parte I à esquerda, temos uma fotografia dos desenhos iniciais, feitos numa folha de papel com fundo branco, sendo visto de cima para baixo e dentro de retângulos. No interior de todos os retângulos, temos no lado esquerdo a representação de orientação para leitura tátil com círculos. Dentro do primeiro retângulo, temos os desenhos dos princípios da óptica geométrica (propagação retilínea da luz, reversibilidade da luz e independência dos raios de luz). Abaixo, um segundo retângulo que contém a representação dos meios interagindo com a luz (meio transparente, meio translúcido e meio opaco). Em seguida, temos um retângulo menor com a representação de um raio de luz e bem ao seu lado, outro retângulo, com a representação de um feixe de luz. Na parte II à direita temos um print da indicação da área de trabalho da plataforma Tinkercad, plataforma livre de modelagem de objetos utilizada para modelagem de objetos a serem utilizados na etapa de ideação.

Fonte: Autores

Em relação à previsão dos materiais a serem utilizados para a consolidação dos recursos de TA's alternativas (A), foi necessário o grupo realizar pesquisas e em vista de outros projetos relacionados dentro do grande quebra-cabeças de soluções já consolidadas e que pusessem auxiliar na resolução do problema atual, neste caso, isso evidenciou a utilização da “reconhecimento de padrões”, onde optamos pelos respectivos materiais

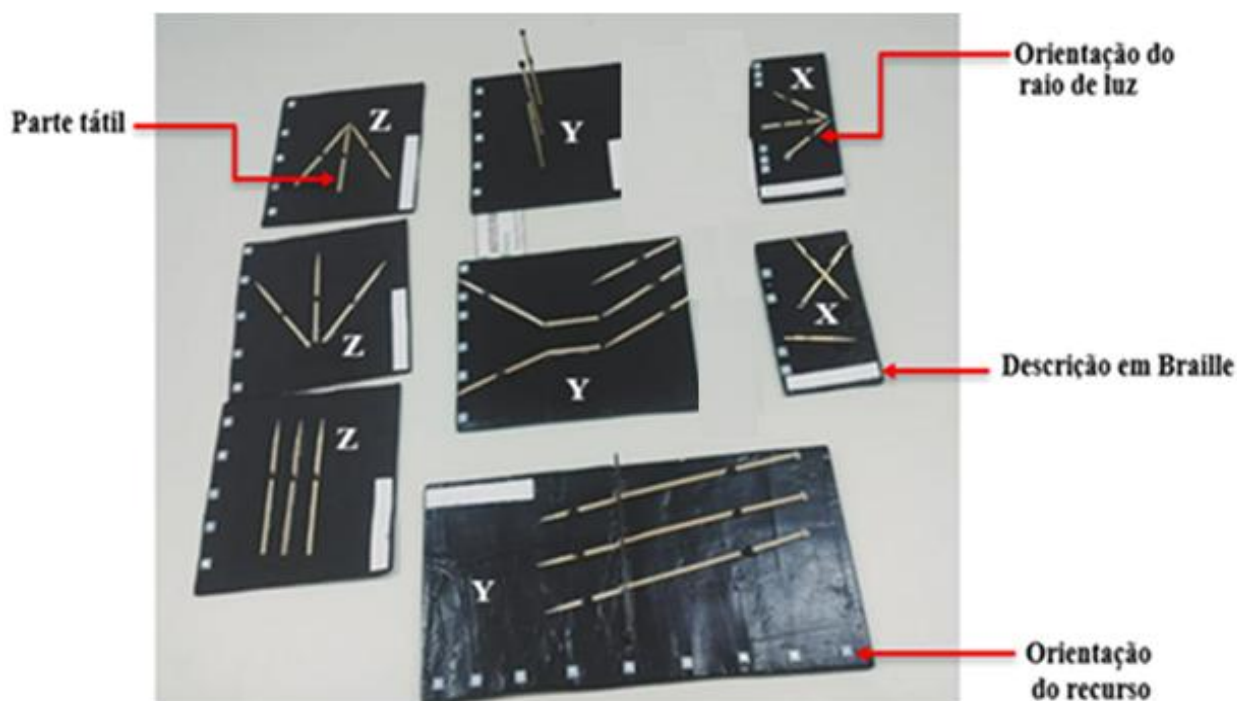
alternativos: [Pedaços de MDF (15cm x 25cm) com 2 cm de espessura, Papel A4 (90g), Cola instantânea, Palito de Churrasco; Base de silicone e Tinta preta para madeira].

Esse processo destacou a importância de considerar especificidades, durabilidade e preços, pois esses fatores impactam nos custos globais. Quanto à segurança as TA's em MDF são geralmente seguras, desde que sejam tomados cuidados como evitar contato com água, eliminar pontas cortantes após ajustes, garantir um acabamento adequado e inserir os acessórios corretamente, especialmente por conta da interação tátil dos alunos. Seguindo essas recomendações, o uso de MDF se mostra seguro e viável, contribuindo para subsidiar a etapa de prototipagem.

A terceira fase do DT (prototipação), agora ocupando o espaço da solução, foi dividida em duas partes (prototipagem e teste). Já que tínhamos a disposição a ideia e o problema definido, partimos para a elaboração de um conjunto de instruções ou sequência de passos, habilidade a qual denominamos “algoritmo”, isto por que visávamos desenvolver o conjunto de TA's alternativas (A), neste caso o grupo trabalhou primeiramente na criação dos recursos com os materiais simples e de baixo custo já indicados. Nesta fase, considerou-se também os desenhos prévios criados de modo a atender o planejamento.

Essa etapa foi desenvolvida num ambiente não formal de aprendizagem, contudo após o processo de construção, montagem e ajustes dos materiais produzidos (Figura 5) analisamos a sua estrutura, a identificação de pontos importantes na parte tátil durante manuseio, inserção de comunicação em Braille e testes de leitura e por fim se todas as partes do material descreviam os fenômenos físicos a contento, neste caso realizamos testes com discentes cegos no próprio Centro de Atendimento às Pessoas com Necessidades Educacionais Especiais (CAPNE).

Figura 5 – Princípios da Óptica (x), Classificação dos Meios (y) e Tipos de feixes de luz (z) após montagem



Descrição da imagem: Fotografia colorida com fundo branco que apresenta oito placas em MDF pintadas com tinta preta as quais foram utilizadas na etapa da prototipação. As placas possuem acessibilidade tátil para pessoas com deficiência visual. Descrição em braille, em branco, alto-relevo com palitos de churrasco. Orientação para leitura tátil em pequenos quadrados brancos. Interpretadas da esquerda para direita e em

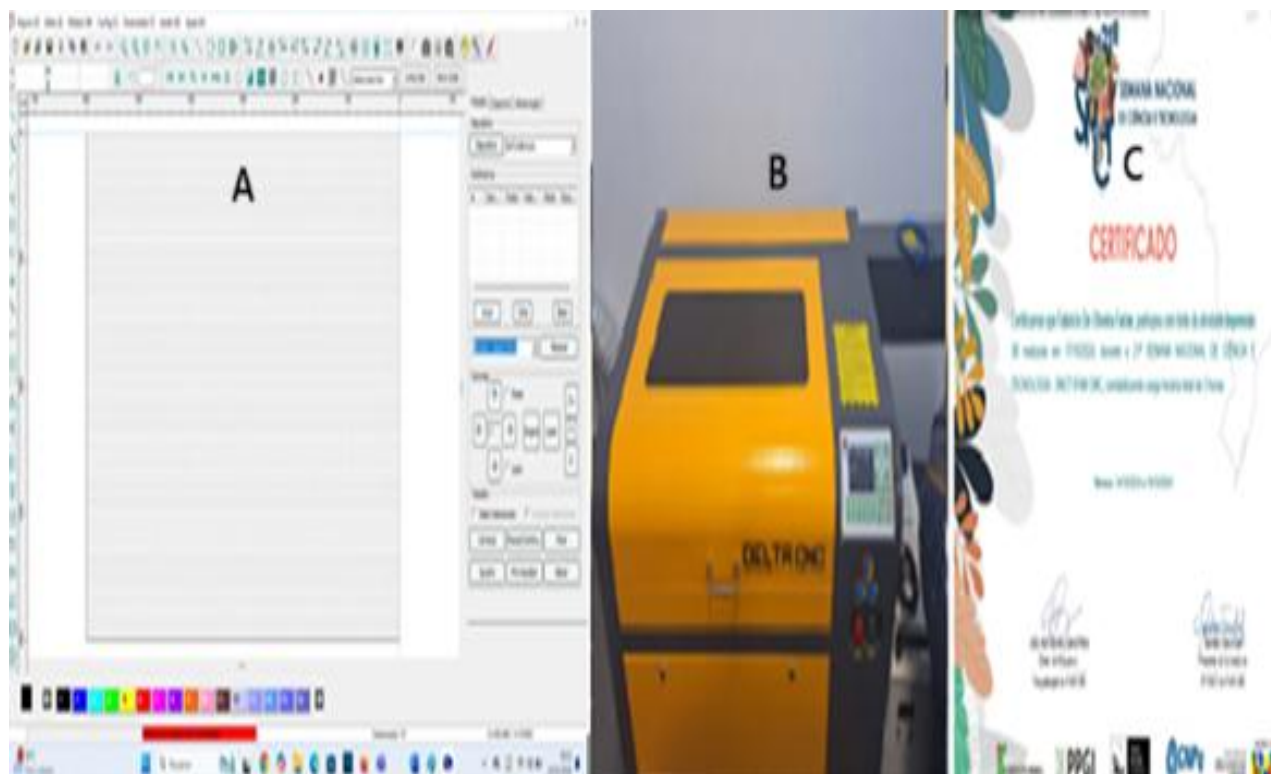
coluna, na primeira coluna da fotografia, temos as peças referentes aos feixes de luz, indicados pela letra z: A primeira placa, analisada de baixo para cima, mostra um feixe de luz convergente. A segunda placa, indica um feixe divergente e a terceira placa, um feixe de luz paralelo. Na coluna do meio da fotografia, temos a representação dos meios com a indicação da letra y, neste caso a primeira placa representa a luz diante de um meio opaco, a segunda placa representa o comportamento da luz num meio translúcido e a terceira placa representa a luz num meio transparente. Na coluna da direita da fotografia com duas placas e com a indicação da letra x, temos na primeira placa, a representação do princípio da reversibilidade da luz, abaixo temos a placa que mostra o princípio da propagação retilínea e da independência da luz. Na parte externa da fotografia, temos anotações em preto e setas vermelhas. No lado esquerdo da fotografia, vista de cima para baixo, a primeira seta aponta a parte tátil da placa. No lado direito da fotografia, a primeira seta aponta a orientação do raio de luz, a segunda aponta a descrição em Braille na placa e a terceira a orientação do recurso quando a leitura tátil.

Fonte: Autores

Após o sucesso com o conjunto de TA's alternativas (A), iniciamos a modelagem do conjunto (B), em formato de miniatura, exigindo o uso da máquina de corte a laser. Para isso, foi necessário dominar o software "Auto Laser" e entender o funcionamento da máquina CNC.

Esses conhecimentos foram adquiridos por meio de um curso de capacitação de 4 horas no espaço IF Maker, onde aprofundamos o uso do programa e a operação da máquina. Essa formação foi essencial para nossa prática e, posteriormente, compartilhada com estudantes e professores durante a Semana Nacional de Ciência e Tecnologia no IFAM-CMC em 2024 como indicado na Figura 6.

Figura 6 – Software Auto laser (a), Máquina de corte a laser CNC (b) e Registro de curso para capacitação (c)



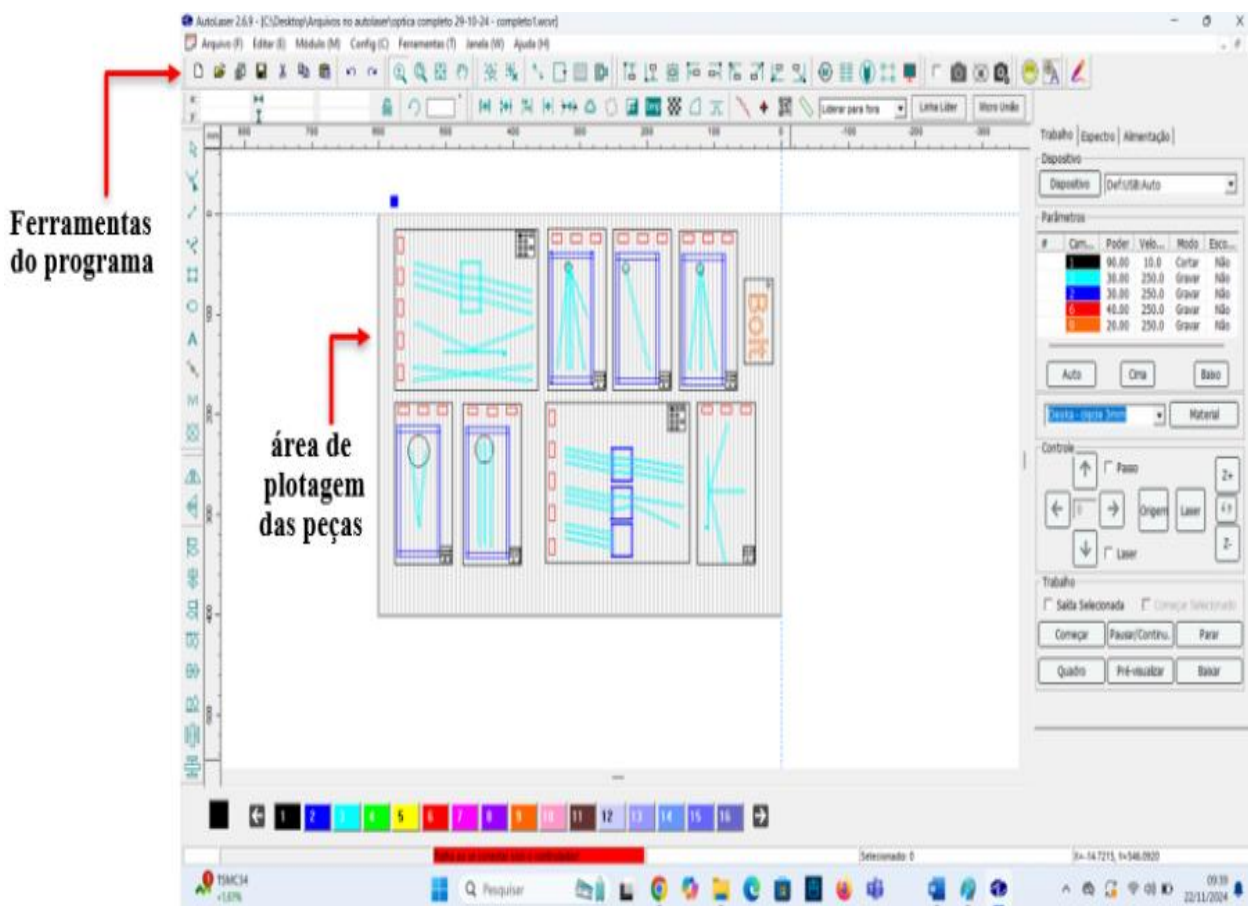
Descrição da imagem: Temos um quadro retangular composto por três partes A, B e C, sendo visto da esquerda para direita. A parte A do quadro, indica a área de trabalho do software auto laser e as suas ferramentas disponíveis para exploração na modelagem das peças. A parte B do quadro, mostra a máquina de corte a laser na cor amarela com bordas cinzas, equipamento utilizado no corte das peças. Por fim a parte

C do quadro, apresenta o certificado obtido pelos participantes no curso de capacitação de modelagem e corte em impressora a laser com duração de 8 horas.

Fonte: Autores

Com a obtenção dos domínios necessários para utilização dos equipamentos do nosso interesse, exploramos a estrutura do ambiente formal de aprendizagem do IFAM (CMC), neste caso o espaço do próprio IF *Maker*. Iniciamos pela modelagem das 8 peças que compõem o conjunto de TA's alternativas (B), em forma de miniaturas, no programa Auto Laser, no entanto, este processo de modelagem, exigiu muito esforço, pois implementamos medidas em cada uma das peças e os respectivos comandos a serem utilizados no caso cortes e gravações e esse processo quando consolidado, está indicado na Figura 7.

Figura 7 – Vista da área de modelagem das peças do conjunto de Tecnologias Assistivas alternativas (B) no Software Auto laser



Descrição da imagem: Área de trabalho do Software Auto laser, a área mostra o conjunto das peças de Tecnologias Assistivas (TA) alternativas, sendo plotadas para que posteriormente, possam ser cortadas na máquina CNC. Na parte superior à direita do software, indicado por uma seta vermelha, a escrita ferramentas do programa, recursos os quais os participantes podem utilizar na otimização da plotagem das peças. Na área de modelagem do software, a escrita, área de plotagem das peças, que permite identificar o processo final das peças após a plotagem, indicada por uma seta vermelha. Da direita para a esquerda, de cima para baixo temos a peça que representa os princípios da óptica geométrica, em seguida, o feixe de luz, posteriormente o raio de luz e por fim o feixe divergente. Abaixo temos a peça que representa o feixe convergente em seguida o feixe paralelo, posteriormente a peça com a representação do meio e pôr fim a peça que mostra a reflexão da luz.

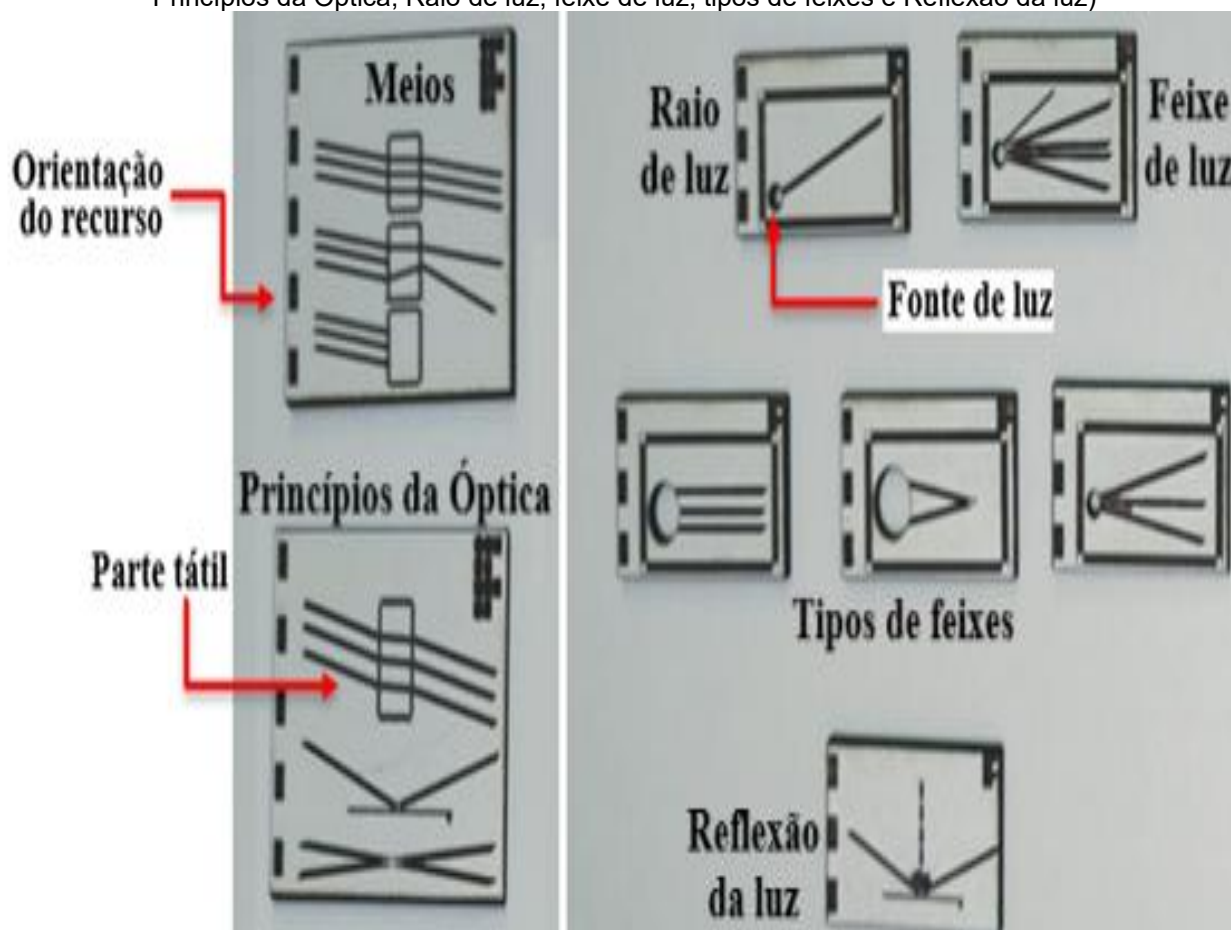
Fonte: Autores

Durante o processo de modelagem das Tecnologias Assistivas (TA's) alternativas (B), destacaram-se várias habilidades do pensamento computacional. A “abstração” esteve presente ao focarmos nos elementos essenciais da modelagem, ignorando aspectos irrelevantes. Diante de erros recorrentes, aplicamos a “depuração” para identificar e corrigir falhas, seguindo sequências de passos, o que evidencia o uso de “algoritmos”. Essa abordagem também foi necessária ao configurar a máquina CNC para cortes e gravações, exigindo ajustes precisos de potência do laser e velocidade de translação.

Esses ajustes foram realizados de forma progressiva e repetitiva, caracterizando a aplicação da “iteração”. A produção das peças em MDF (6 mm) seguiu fielmente as instruções da modelagem digital, com o uso de álcool isopropílico. A operação da CNC envolveu comandos específicos, conexão ao Auto Laser e estimativas de tempo, reforçando o uso de “algoritmos”. Por fim, ao enfrentar desafios práticos, aplicamos a “decomposição”, dividindo problemas complexos em partes gerenciáveis.

Ao identificar erros, utilizamos a habilidade “depuração”, isolando falhas e promovendo testes corretivos. Após ajustes e limpeza, as peças foram analisadas por um profissional cego no CAPNE, o qual validou a sua funcionalidade tátil e descrição física.

Figura 8 – TA's alternativas (B) em miniaturas que representam (Classificação dos meios, Princípios da Óptica, Raio de luz, feixe de luz, tipos de feixes e Reflexão da luz)



Descrição da imagem: Dois retângulos com fundo branco que contém um total de oito placas de MDF em miniatura construídas. No retângulo à esquerda, visto de cima para baixo, temos duas placas, a primeira placa indica o comportamento da luz nos meios e no canto superior direito a letra F, símbolo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM), a segunda placa mostra os princípios da óptica geométrica. No retângulo à direita, visto de cima para baixo temos seis placas e todas com a letra F no canto superior direito. As duas primeiras, mostram o raio de luz e o feixe de luz, abaixo, abaixo temos três placas

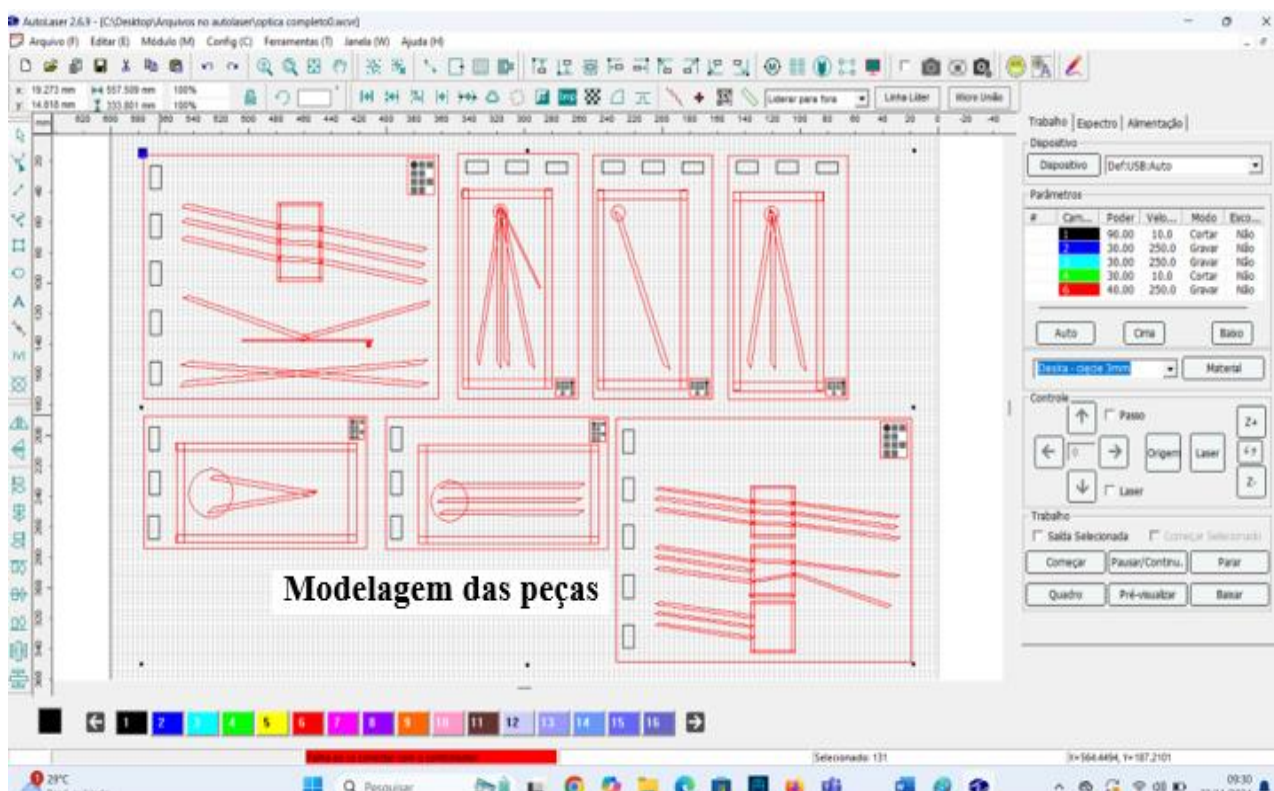
que demonstram os tipos de feixes e em seguida temos a placa que representa a reflexão da luz. Na parte externa do retângulo à esquerda, temos anotações em preto e setas vermelhas que vistas de cima para baixo, a primeira seta aponta para a parte de orientação para leitura tátil com barras verticais da primeira placa. A segunda seta, aponta a parte do fenômeno onde será feita a leitura tátil nas regiões com alto-relevo na segunda placa. Na parte interna do retângulo à direita, temos uma anotação em preto e uma seta vermelha que aponta para a fonte de luz da placa que representa um raio de luz se propagando.

Fonte: Autores

Finalizadas todas as etapas prévias do planejamento, partimos para o momento de consolidação do artefato a qual propomos em nossa prática, conjunto de Tecnologias Assistivas para o ensino de Óptica Geométrica, para tanto foi necessário o uso dos seguintes materiais [Folhas de MDF de baixa espessura (6 mm), Álcool isopropílico, Papel A4 (90g) e Cola instantânea].

Iniciamos o processo com a criação do conjunto de TA's composto por 8 peças com medidas e detalhes individuais, através do *Software Auto Laser*. Destacamos que este processo foi bem mais rápido uma vez já estávamos familiarizados com o programa e neste caso a modelagem das peças foi se consolidando de modo satisfatório. Agora, em respeito aos cortes e gravações que são definidos em termos de parâmetros, o grupo já tinha adquirido o ajuste ideal para ser usado na máquina CNC. Portanto, concluímos esta etapa do processo com a modelagem do conjunto TA's, conforme representamos na Figura 9.

Figura 9 - Visão da área de modelagem das peças no *Software Auto laser*



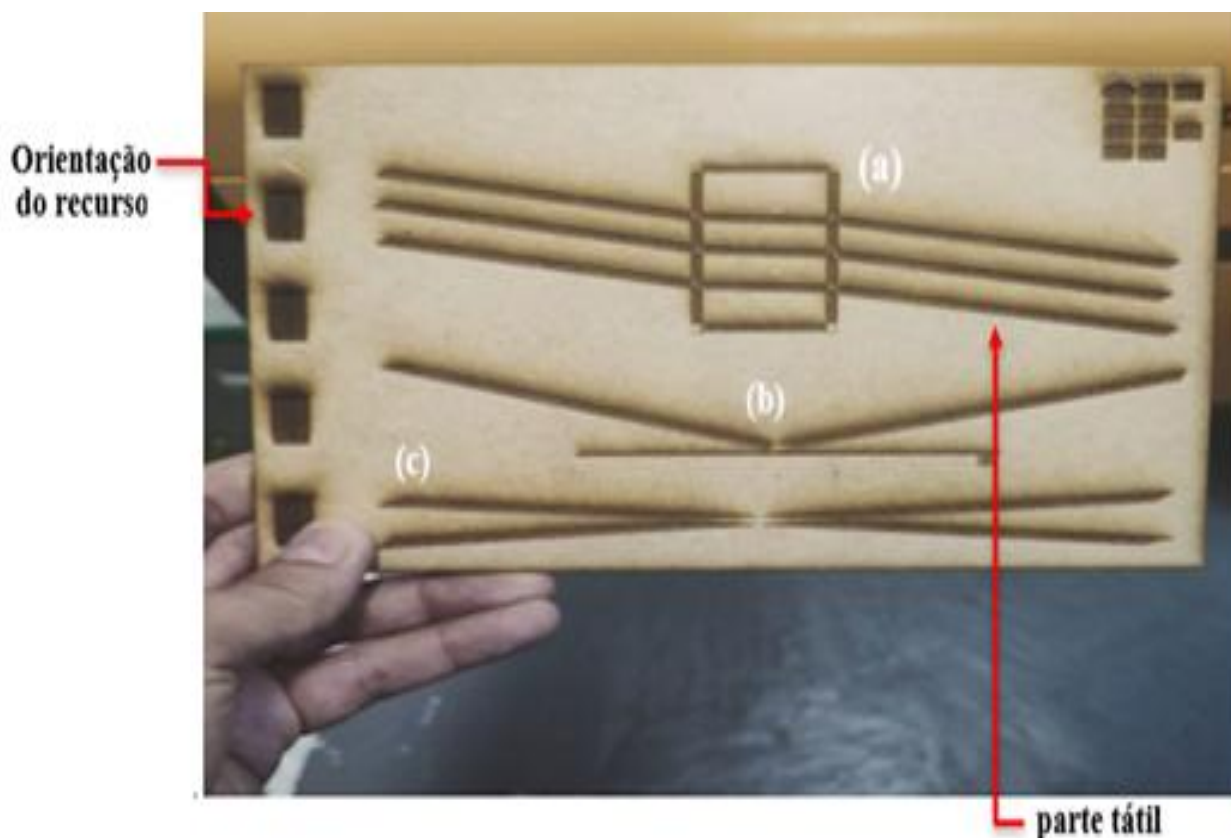
Descrição da imagem. Área de modelagem das oito peças de Tecnologias Assistivas (TA) no Software Auto laser. Na área de design do software, temos a representação das peças e a escrita modelagem das peças. Na área de modelagem temos as peças em processo final de construção da plotagem. Da direita para a esquerda e de cima para baixo temos as peças que representa os princípios da óptica, em seguida, o feixe de luz, posteriormente o raio de luz e por fim o feixe divergente. Abaixo temos a peça que representa o feixe convergente e em seguida o feixe paralelo, posteriormente a peça com a representação do meio e pôr fim a peça que mostra a reflexão da luz.

Fonte: Autores

Com a modelagem finalizada e utilizando a máquina CNC, iniciamos a sua programação para realizar os cortes e gravações das peças. Antes do processo, inspecionamos cuidadosamente os ajustes anteriores da máquina, delimitamos a área de corte na folha de MDF e estimamos o tempo necessário para a execução. Esses cuidados foram fundamentais para garantir precisão e evitar falhas durante o procedimento automatizado.

O processo seguiu um conjunto de instruções e etapas lógicas, caracterizando a aplicação da habilidade conhecida como "algoritmo". Todas as fases de corte e gravação ocorreram conforme o planejado, sem intercorrências. No entanto, o tempo total para a conclusão dessa etapa foi de 2 horas, 43 minutos e 23 segundos. A Figura 10 ilustra uma das peças resultantes, já finalizada após o corte e gravação.

Figura 10 – Peças em MDF caracterizando os fenômenos: (a) Princípio da propagação retilínea, (b) Princípio da reversibilidade e (c) Princípio da Independência



Descrição da imagem: Fotografia colorida com fundo escuro que apresenta um Recurso de Tecnologia Assistiva (TA), feita com MDF sendo segurada por uma mão. No interior do recurso, temos três representações, indicadas pelas letras (a), (b) e (c), vistas de cima para baixo. A escrita (a) mostra o Princípio da propagação retilínea da luz. Mais abaixo temos a escrita (b) que indica o Princípio da reversibilidade da luz e em seguida a escrita (c) que indica o Princípio da Independência dos raios de luz, todos em alto-relevo. No lado superior e direito da fotografia temos a letra F, logo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM). No lado esquerdo e externo da fotografia, temos a escrita, orientação do recurso, indicada pela seta vermelha que aponta para barras verticais tidas como a orientação para leitura tátil. Na parte inferior e à direita da fotografia, a escrita, parte tátil que aponta com a seta vermelha para o alto-relevo presente na placa.

Fonte: Autores

Com as TA's prontas após o uso da CNC, analisamos cada peça quanto a possíveis falhas, sem identificar problemas. Em seguida, limpamos as peças, planejamos os registros em Braille e aplicamos a habilidade “abstração”, focando no essencial. No CAPNE/IFAM-CMC, com apoio técnico, aprendemos sobre a escrita em Braille e equipamentos para treinar.

Durante os treinos, surgiram problemas, resolvidos com “decomposição”, dividindo-os em partes. Cometíamos erros na escrita, o que exigiu a “depuração”: identificar, isolar, analisar e corrigir. Finalizadas todas as placas em Braille, realizamos a fixação do material no conjunto de TA's (Figura 11).

Figura 11 – Realização das descrições em Braille no CAPNE



Descrição da imagem: O quadro retangular, contém duas fotografias coloridas com fundo claro. No lado esquerdo do quadro, temos a fotografia na qual uma pessoa utiliza a máquina Perkins para digitar em Braille a identificação de cada placa que foi construída. A fotografia à direita do quadro, mostra a colocação da etiqueta de identificação em Braille na placa usando a ponta dos dedos de um dos pesquisadores. Fora do quadro e no lado esquerdo, temos a escrita, máquina para escrita em Braille com seta que aponta para a máquina Perkins na figura. No lado direito do quadro, temos a escrita, registro da peça em Braille e a seta que aponta para a colocação da identificação no recurso na figura.

Fonte: Autores

Com o material finalizado (Figura 12), o grupo analisou cada peça focando na sua estrutura, observando a identificação de pontos importantes na parte tátil, durante o manuseio e execução dos testes de leitura das descrições em Braille.

Figura 12 – Conjunto de Tecnologias Assistivas para estudo de tópicos da Óptica Geométrica



Descrição da imagem: Fotografia colorida com fundo branco que apresenta oito placas em MDF prontas e dispostas em três colunas, tendo cada placa a identificação em português com escrita na parte inferior na cor

branca. Sendo observadas da esquerda para direita e de cima para baixo, à esquerda da fotografia, na primeira coluna, temos duas placas, sendo a primeira os princípios da óptica geométrica e a segunda a classificação dos meios. Na coluna do meio, na parte central da figura, três placas, sendo a primeira o raio de luz, a segunda o feixe de luz e por fim a terceira a reflexão da luz. Na coluna do lado direito da fotografia, três placas, sendo a primeira a indicação do feixe paralelo, a segunda mostra o feixe convergente e a terceira o feixe divergente. Fora da imagem no lado esquerdo, temos a escrita orientação do recurso com uma seta vermelha que aponta para barras verticais que orientam na leitura tátil do recurso. À direita da fotografia na parte central, a escrita descrição em Braille com uma seta vermelha que aponta para a etiqueta que contém a identificação da placa em Braille. Na parte inferior da fotografia a escrita fonte de luz parte tátil que aponta com uma seta vermelha para a região da placa em alto-relevo que representa a fonte de luz.

Fonte: Autores

A análise do problema e da solução nos permitiu refletir sobre o desenvolvimento das habilidades do PC, com ênfase na abstração e na generalização, ao isolar elementos essenciais e criar soluções reutilizáveis. Ao priorizar a reflexão antes, durante e após a ação, foi possível acompanhar o próprio processo criativo e o desenvolvimento das habilidades do PC, reconhecendo que a aprendizagem ocorre de forma individual, mesmo em trabalhos colaborativos.

É importante destacar que o material desenvolvido, foi submetido a uma avaliação preliminar, realizada por um profissional com deficiência visual que atua como pedagogo no CAPNE o qual buscou verificar a clareza das representações táteis e a possibilidade de compreensão dos fenômenos apresentados. Essa apreciação permitiu identificar se os elementos táteis e as formas propostas, possibilitam a interpretação dos conceitos por uma pessoa cega, considerando aspectos como percepção de contornos, a identificação de relevos, a leitura em Braille e a organização espacial dos recursos.

Embora essa análise tenha contribuído positivamente no que tange a acessibilidade do material, o recurso ainda não foi aplicado em contexto de sala de aula com estudantes, portanto, a implementação pedagógica e a avaliação da sua eficácia no processo de ensino e aprendizagem constituem elementos que podem ser explorados em trabalhos futuros, possibilitando investigar de forma aprofundada o potencial do recurso no desenvolvimento de práticas pedagógicas inclusivas de Óptica Geométrica.

Considerações finais

O Desenvolvimento de Tecnologias Assistivas para o ensino de Óptica Geométrica, utilizando o *Design Thinking*, proporcionou uma experiência enriquecedora no aprimoramento de habilidades de Pensamento Computacional. As etapas do processo metodológico, aplicadas de forma sistemática, criativa e colaborativa, permitiram que a solução final fosse alcançada por meio de um trabalho em grupo, com o compartilhamento de conhecimentos e o fortalecimento de conexões entre diferentes profissionais. Isso resultou em práticas pedagógicas inovadoras, integrando criatividade, tecnologia e relevância para a vida real dos aprendizes.

A conexão entre o Pensamento Computacional e resolução de problemas, demonstrou como essa abordagem contribui para o desenvolvimento cognitivo dos estudantes (Wing, 2006). Os resultados evidenciam que integrar o Pensamento Computacional no ensino, não só enriquece o processo educacional, mas prepara os alunos para atuarem diante de problemas complexos de maneira estruturada e criativa. Metodologias como o *DT*, oferecem uma estrutura colaborativa que potencializa a

aprendizagem, conectando teoria ao cotidiano e promovendo competências como criatividade, colaboração e raciocínio crítico.

Realizar esta prática, possibilitou criarmos um recurso didático inovador, denominado **Conjunto de Tecnologias Assistivas**, voltado para o estudo da Óptica Geométrica. Este recurso, pode ser estrategicamente utilizado por meio da exploração do tema, através da implementação de metodologias ativas e criativas, que não apenas transformam as práticas pedagógicas, mas atuam como um poderoso catalisador, no sentido de subsidiar a inclusão educacional.

Entendemos que promover aprendizagens acessíveis e equitativas, rompemos barreiras e garantimos que todos os estudantes tenham oportunidades para participar, compreender, e se engajar de forma plena no processo de ensino e aprendizagem.

Referências

BARBOSA, Junior.; ALMEIDA, Tatiana. Inclusão e inovação pedagógica no ensino de física: a importância da tecnologia assistiva para uma educação democrática. **Revista Brasileira de Educação**, v. 26, p. 1-18, 2021.

BISOL, Cláudia Alquatil.; VALENTINI, Carla Beatriz. Tecnologia assistiva e inclusão escolar: mediação e autonomia em questão. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 16, n. esp.4, p. 3020–3033, 2021. DOI: 10.21723/riaee.v16iesp.4.16065.

BLIKSTEIN, Paulo. Fabricação digital e “making” na educação: uma revisão da literatura. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE LEARNING SCIENCES*, 8., 2008, Utrecht. **Anais [...] International perspectives in the learning sciences: Creating a learning world**. Utrecht: International Society of the Learning Sciences, p. 1–10, 2008.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, MEC, 2018.

BRASIL. Parecer No. 02/2022 - CNE/CEB/2022 – **Normas sobre Computação na Educação Básica – Complemento à Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC, 2022.

BRASIL. **Lei n.º 13.146, de 6 de julho de 2015**. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 7 jul. 2015. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm. Acesso em: 20/10/2024.

BRACKMANN, Christian Puhlmann. **Desenvolvimento do pensamento computacional através de atividades desplugadas na Educação Básica**. 2017. 226 f. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Centro de Estudos Interdisciplinares em Novas Tecnologias da Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, p. 29, 2017.

CAMARGO, Eder Pires. **Como ensinar óptica para alunos cegos e com baixa visão - Física na Escola**, 2008.

CAPELLARI, Márcia Rodrigues dos Santos. **Um estudo de caso do uso de Design Thinking para geração e prototipação de ideias no ensino superior**. In: Proceedings of 12th CONTECSI. São Paulo: FEA-USP, 2015. 5355-5365.

COSTA-JUNIOR, Almir de Oliveira; et al. Developing Computational Thinking in Middle School with an Educational Robotics Resource. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, v. 110, p. 49, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10846-024-02082-7>. Acesso em: 20 fev. 2025.

COSTA-JUNIOR, Almir de Oliveira; ANGLADA-RIVERA, José. O pensamento computacional como objeto de estudo na Formação Inicial de professores em pesquisas de doutorado: uma Revisão Sistemática. *Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica*, [S.l.], v. 2, n. 22, p. 1-23, e13692, Dez. 2022. ISSN 2447-1801. Acesso em: 13 abr. 2025.

COSTA-JUNIOR, Almir de Oliveira; et al. **Computação Física: Programando sensores e componentes com Arduino e PictoBlox**. 1. ed. Manaus - AM: Ed. dos autores, 2023. 91 p. v. 1. ISBN 978-65-00-84720-8. *E-book* (91 p.).

FARIAS, Marcella Sarah Filgueiras de. **Design Thinking na elaboração de um produto educacional: roteiro de aprendizagem – estruturação e orientações**. 156 f, 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino Tecnológico) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Centro. Disponível em: http://repositorio.ifam.edu.br/jspui/?locale=pt_BR. Acesso em: 13 mar. 2025.

FURBER, Stephen Byram. **Shut down or restart? - The way forward for computing in UK schools**. London, England: The Royal Society, 2012.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

ISTE – **Sociedade Internacional para a Tecnologia na Educação. Padrões para Estudantes: Aprendiz Empoderado**. 2016. Disponível em: <https://www.iste.org/standards/iste-standards-for-students>. Acesso em: 29 dez. 2024.

KURSHAN, Barbara. **Thawing from a Long Winter in Computer Science Education**. *Forbes*, p. 2, 2016.

LIUKAS, Linda. **Hello Ruby: adventures in coding**. Feiwei & Friends, 2015.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli Eliza Dalmazo. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 2. Ed. Rio de Janeiro: E.P.U., 2014.

MCMMASTER, Kirby; RAGUE, Brian; ANDERSON, Nicole. Integrating mathematical Thinking, Abstract Thinking, and Computational Thinking. **40th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference**, out. 2010. Acesso em: 21/09/2024.

PAPERT Seymour **The Children's Machine: Rethinking School in the Age of the Computer**. New York: Basic Books, 1993.

PIAGET, Jean. **A Psicologia da Criança**. Rio de Janeiro: Bertrand, 1970.

SIMON Herbert Alexander. **The Sciences of the Artificial**. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1969.

SANTOS, Priscila Valdênia dos; BRANDÃO, Gisllayne Cristina de Araújo. Tecnologias Assistivas no ensino de física para alunos com deficiência visual. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 26, e20046, p. 1-15, 2020.

SILVA, Mauricio José Vianna; et al. **Design Thinking: inovação em negócios**. Rio de Janeiro: MJV Press, 2012.

SILVA, Tatiane Santos; SOUZA, Myrna Friederichs Landim de. Tecnologias Assistivas no ensino de ciências a discentes com deficiência visual. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n.3, 2021. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/issue/view/91>. Acesso em: 13 mai. 2025.

SKLIAR, Carlos (Org.) **Educação & Exclusão: Abordagens Socioantropológicas em Educação Especial**. 7. ed. Porto Alegre-RS: Mediação, 2012.

SHUTE Valerie Jean; SUN, Chen; CLARKE, Jodi Asbell. Demystifying computational thinking. **Educational research review**, v. 22, p. 142-158, 2017.

TREVISAN André Luis; et al. Pensamento computacional no novo Ensino Médio: atividades desplugadas envolvendo padrões e regularidades. **Em Teia: Revista de Educação Matemática e Tecnológica Ibero-Americana**, v. 13, n. 3, p. 1–18, 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/emteia/article/view/254685>. Acesso em: 11 abr. 2025.

WING, Jeannette Marie. Computational thinking. **Communications of the ACM**, v. 49, n. 3, p. 33-35, 2006.

WING, Jeannette Marie. **Computational Thinking: What and Why?**, 17. out. 2010. Disponível em: <<http://www.cs.cmu.edu/~CompThink/resources/TheLinkWing.pdf>>. Acesso em: 17/09/2024.

ZAPATA-ROS, Juan Domingo. **O papel das tecnologias digitais na educação: uma revisão crítica da pesquisa**. 2015.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution- NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)