

ENSINO DE ÓPTICA GEOMÉTRICA ATRAVÉS DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO À LUZ DA NEUROCIÊNCIA EDUCACIONAL

Teaching Geometrical Optics Through a Teaching Sequence in the Light of Educational Neuroscience.

Elainy Bezerra Vieira [elainyvieira68@gmail.com]

Universidade Federal do Vale do São Francisco-(UNIVASF) - JUAZEIRO-BA, 48902-300

Maria Beatriz Leal Cosmo [beatrizlealcosmo7@gmail.com]

Secretaria de Educação de Serrita Pernambuco- SERRITA-PE, 56140-000

Maria Derlandia de Araújo Januário [derlandia.januario@urca.br]

Universidade Regional do Cariri-(URCA) -CRATO-CE, 63105-010

Francisco Augusto Silva Nobre [augusto.nobre@urca.br]

Universidade Regional do Cariri-(URCA) -CRATO-CE, 63105-010

Recebido: 18/12/25

Aceito: 11/05/26

Resumo

Este trabalho investiga o ensino de Óptica Geométrica utilizando uma Sequência de Ensino fundamentada nos princípios da Neurociência Educacional. O estudo foi conduzido com alunos do 3º ano do ensino médio de uma escola pública de Cedro-PE. A Neurociência Educacional integra conhecimentos sobre o funcionamento do cérebro com práticas pedagógicas para melhorar a aprendizagem. Este trabalho adota a Sequência de Ensino intitulada "Exploração em Quatro Etapas" (EQE), que se baseia em quatro fases: Apresentação do Conteúdo, Demonstração Experimental, Explicação do Conteúdo e Produção de Atividades pelos Estudantes. A metodologia é qualitativa, focando nas percepções dos estudantes aos conteúdos estudados. A intervenção pedagógica incluiu as quebras de rotina com declamações de versos do cordel intitulado "Óptica em Versos" para engajar os estudantes a voltar sua atenção para a aula. Utilizamos ainda os demais princípios da neuroeducação, como explorar a emoção, a curiosidade, os sentidos humanos e a neuroarquitetura. Observamos uma maior compreensão dos conceitos de óptica geométrica e indícios de aprendizagem dos estudantes, evidenciando a eficácia da Sequência de Ensino com abordagem neuroeducacional na promoção do ensino de Física.

Palavras-chave: Ensino de Física, Neurociência Educacional, Óptica Geométrica, Sequência de Ensino.

Abstract

This work investigates the teaching of Geometric Optics using a Teaching Sequence based on the principles of Educational Neuroscience. The study was conducted with third-year high school students from a public school in Cedro, Pernambuco, Brazil. Educational Neuroscience integrates knowledge about how the brain functions with pedagogical practices to enhance learning. This study adopts the Teaching Sequence entitled "Four-Step Exploration" (FSE), which is based on four phases: Content Presentation, Experimental Demonstration, Content Explanation, and Student

Activity Production. The methodology is qualitative, focusing on students' perceptions of the content studied. The pedagogical intervention included routine-breaking moments through the recitation of verses from the cordel poem titled "Optics in Verses" to engage students and redirect their attention to the lesson. We also applied other principles of neuroeducation, such as stimulating emotion, curiosity, the human senses, and neuroarchitecture. We observed a greater understanding of geometric optics concepts and signs of student learning, highlighting the effectiveness of the Teaching Sequence with a neuroeducational approach in promoting Physics education.

Keywords: Physics Teaching, Educational Neuroscience, Geometric Optics, Teaching Sequence.

1. Introdução

O ensino de Física no Brasil enfrenta um desafio significativo: a desconexão entre teoria e prática. Essa lacuna, onde fórmulas e conceitos abstratos parecem distantes do cotidiano dos alunos, frequentemente resulta em desinteresse, aprendizado superficial e baixo desempenho. Soma-se a isso a pressão por um ensino rápido, que limita a exploração aprofundada de conceitos complexos por parte dos professores (Kochan, 2022).

Diante desse cenário, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) surge como um norte, reconhecendo a importância do ensino de Ciências para o desenvolvimento do pensamento crítico e a formação de cidadãos conscientes e ativos. A BNCC propõe uma abordagem investigativa, que estimule a curiosidade, a observação, a experimentação e a análise crítica. Além disso, enfatiza a interdisciplinaridade, sugerindo que a Física seja integrada a outras áreas, como Matemática e outras Ciências, para que os alunos compreendam suas interconexões e aplicações no dia a dia (Brasil, 2018).

Nesse contexto, a experimentação se destaca como uma ferramenta poderosa, pois fomenta o desenvolvimento de habilidades críticas e analíticas, permitindo que os alunos formulem hipóteses, observem fenômenos e analisem dados. Essas habilidades são cruciais, preparando os estudantes para enfrentar desafios em diversas áreas do conhecimento, promovendo a resolução de problemas e o pensamento crítico, características indispensáveis para qualquer área profissional (Monteiro & Gaspar, 2005). Complementando a experimentação, os jogos (Yamazaki, 2014) surgem como um recurso valioso, introduzindo uma abordagem lúdica que cria um ambiente de aprendizado mais prazeroso e estimulante.

Para tornar o ensino ainda mais acessível e prazeroso, ferramentas como a literatura de cordel (Januário, 2023) podem ser incorporadas. Com sua forte ligação com a cultura popular nordestina, o cordel oferece uma maneira criativa de explicar fenômenos físicos, utilizando narrativas rimadas que simplificam e cativam. Essa abordagem não só aproxima os alunos de sua cultura, mas também facilita a compreensão ao apresentar os conceitos de forma concreta e contextualizada.

Todas essas estratégias estão intrinsecamente alinhadas com os pressupostos da Neurociência Educacional, um campo que vem ganhando destaque em pesquisas voltadas ao ensino de Física (Januário, 2019; Brockington, 2021; Costa, 2024; Goes, 2023). Estudos como os de Mora (2017) e Cosenza e Guerra (2011) ressaltam a importância das emoções no processo de aprendizado. Emoções positivas, como a curiosidade, podem melhorar a retenção de informações e aumentar o engajamento, enquanto emoções negativas, como ansiedade e medo, podem prejudicar a concentração e a assimilação do conteúdo. Assim, construir um ambiente de sala de aula que

envolva atividades que despertem emoções positivas, como experimentos, jogos, cordéis e desenhos, possibilita um ensino de Física mais dinâmico.

A Neurociência Educacional é um campo emergente que integra conhecimentos sobre o funcionamento do cérebro com práticas educacionais, visando aprimorar a formação de professores e a aprendizagem dos alunos (Bartoszeck, 2006). Segundo Mora (2017), a aprendizagem é um processo complexo que envolve a interação entre fatores biológicos, psicológicos e sociais. Ele enfatiza que o cérebro humano é altamente plástico, com a capacidade de se adaptar e se remodelar com base nas experiências vividas. Essa plasticidade é especialmente importante durante a infância e a adolescência, quando o cérebro está em desenvolvimento acelerado.

Nesse sentido, estudos em Neurociência demonstram que a poesia, e em especial o cordel, tem a capacidade de ativar diversas áreas do cérebro, incluindo aquelas responsáveis pela linguagem, emoção e lembrança (Zenán, 2013; Eduarda, 2021). A melodia e o ritmo característicos do cordel podem intensificar essas ativações, promovendo uma conexão mais profunda com as histórias e sentimentos retratados. Além disso, a prática do cordel, tanto na escrita quanto na performance, atua como uma forma de estimulação cognitiva, desenvolvendo e aprimorando a memória, a criatividade e a habilidade linguística por meio dessa prática cultural.

Com base nessas premissas, muitos autores (Carvalho, 2010; DaSilva, 2022; Rosat, 2010) concluem que a Neurociência Educacional será uma realidade inevitável na formação de professores, representando um desafio para a comunidade acadêmica. Mora (2017) destaca a necessidade de educadores e instituições de ensino se comprometerem a atualizar suas práticas e conhecimentos, criando um ambiente propício para a aplicação dessas novas abordagens.

Para contribuir com essa evolução, nosso trabalho consiste no desenvolvimento e aplicação de uma Sequência de Ensino intitulada Exploração em Quatro Etapas (EQE), juntamente com o folheto de cordel científico “A Óptica em Versos”. Ambos os recursos estão atrelados à quebra de rotina defendida por Mora (2017) e são embasados nos princípios da Neurociência Educacional. Nosso objetivo geral é investigar as evidências de aprendizagem no ensino de óptica geométrica em uma disciplina de Ensino Médio de uma escola pública de Cedro-PE, por meio da Sequência de Ensino à luz da Neurociência Educacional.

A Sequência de Ensino EQE é acessível e de livre aplicação em diversas áreas das Ciências em geral. Sua estrutura é composta por quatro etapas principais, cada uma com um propósito específico que, em conjunto, promove uma experiência educacional mais completa e dinâmica.

Nos próximos capítulos, detalharemos o desenvolvimento deste trabalho, incluindo uma Revisão Teórica, Metodologia, Intervenção Pedagógica e a Análise dos Resultados, Considerações Finais e as Referências.

2. Neurociência Educacional

O ensino de Física enfrenta uma série de desafios que vão além da complexidade dos conceitos abordados. Entre os obstáculos mais enfatizados, destacam-se a falta de interesse dos alunos e a dificuldade em relacionar a teoria à prática. Entendemos que é neste momento que surge a necessidade de conhecer como funciona o cérebro, para, a partir desse conhecimento, ter maior possibilidade de enriquecer o processo de ensino-aprendizagem.

Nesse contexto, surge a Neurociência Educacional, a qual é um campo de estudo que une os conhecimentos da neurociência, psicologia cognitiva e educação, com o objetivo de entender como o cérebro humano aprende e aplicar esse conhecimento para melhorar o processo educacional (Mora, 2017). Ela parte do princípio de que o aprendizado envolve processos cerebrais

complexos, como memória, atenção, percepção, linguagem e emoções. Em sua fala sobre o estudo das neurociências no campo educacional, Arcanjo (2020) diz:

As descobertas das neurociências podem contribuir para melhorar o resultado educacional bem como para estabelecer revisões sobre pesquisa básica e aplicada em educação, relatórios de projetos, reformulação de práticas docentes e da construção de políticas educacionais. A neurociência é para a educação o que a biologia é para a medicina e a física é para a arquitetura. A bioquímica não é suficiente para curar um paciente, assim como a física não é suficiente para construir uma ponte. Não é possível realizar um excelente trabalho, nem na medicina nem na arquitetura, contrariando as leis da física ou da biologia. Na verdade, elas irão informá-lo (Arcanjo, 2020, p.132).

Assim, utilizamos a Neurociência Educacional para fundamentar uma Sequência de Ensino destinada a uma intervenção pedagógica no ensino de Óptica Geométrica. Para este fim, recorreremos aos teóricos, como Francisco Mora (2017), que enfatiza a emoção como fator principal da aprendizagem, e dialogamos com Cosenza e Guerra (2011), que reforçam a capacidade do cérebro de se reorganizar e readaptar às mudanças. Esta abordagem explora as intersecções entre a neurociência educacional, as abordagens inovadoras de ensino e a disciplina da Física, especialmente no estudo da óptica.

A Neurociência Educacional, ao demonstrar como o cérebro aprende, orienta a construção de metodologias pedagógicas que levam em consideração o funcionamento cerebral, a emoção e a atenção dos alunos. Assim, é importante que os professores criem ambientes estimulantes, dinâmicos e emocionalmente positivos, utilizando estratégias como a neuroarquitetura, quebras de rotina, e engajamento emocional para potencializar a aprendizagem e o desenvolvimento cognitivo dos alunos.

O vasto campo de conhecimento proporcionado pela neurociência oferece alguns princípios comentados também por Mora (2017) e Cosenza e Guerra (2011), que podem ser utilizados para aprimorar a aprendizagem. Esses princípios não só ajudam a dar sentido a algumas práticas pedagógicas já estabelecidas, como também inspiram novas abordagens educacionais. Pesquisas conduzidas em ambientes escolares têm explorado estratégias pedagógicas que respeitam o funcionamento do cérebro (Amaral, 2020; Januário, 2019, 2023; Costa, 2024; Santos, 2023). A seguir, apresentaremos esses princípios.

2.1 Neuroplasticidade

A neuroplasticidade é um dos conceitos mais fascinantes e revolucionários da neurociência. Refere-se à capacidade do cérebro de se reorganizar, tanto estrutural quanto funcionalmente, em resposta a novas experiências, aprendizado e até mesmo lesões. Esta habilidade permite que o cérebro forme novas conexões neurais e modifique as existentes, garantindo uma adaptabilidade contínua ao longo da vida.

A aplicação dos princípios da neuroplasticidade na educação, conforme explorado por Cosenza e Guerra (2011), pode revolucionar as práticas pedagógicas. Ao criar ambientes e atividades de aprendizagem ricos e diversificados como:

- Incorporar atividades que envolvam diversos sentidos, como usar imagens, sons, manipulação de objetos e movimentos para ensinar conceitos abstratos.
- Propor problemas reais e desafiadores para os alunos resolverem em grupo, incentivando a colaboração, o pensamento crítico e a aplicação prática do conhecimento, integrar

atividades físicas que promovam a aprendizagem ativa, como jogos educativos e dramatizações.

- Criar salas de aula com ambientes visuais e físicos estimulantes que incentivem a curiosidade e o engajamento dos alunos, atividades que envolvem a participação ativa dos alunos, como discussões em grupo, debates e projetos colaborativos, podem fortalecer as conexões neurais.

Esse tipo de aprendizado não só engaja os alunos, mas também promove a formação de redes neurais mais robustas e interconectadas que estimulam múltiplas áreas do cérebro e envolvem os alunos emocionalmente, promovendo uma aprendizagem mais profunda e duradoura.

2.2 Memória

A memória é essencial para o processo educacional, pois é através dela que as informações são codificadas, armazenadas e posteriormente recuperadas. Ela pode ser dividida em várias categorias, sendo as mais relevantes para a educação a memória de curto prazo (ou de trabalho) e a memória de longo prazo. A memória de curto prazo é limitada tanto em capacidade quanto em duração, servindo como um espaço temporário onde a informação é manipulada e processada. Para que o aprendizado seja eficaz, as informações precisam ser transferidas da memória de curto prazo para a memória de longo prazo, onde podem ser armazenadas e recuperadas posteriormente (Mora, 2017).

Ao relacionar a "aquisição" com o "aprendizado", Izquierdo (2002) reforça que somente aquilo que foi efetivamente aprendido se torna passível de ser "gravado" na memória. Esse ponto é relevante porque sugere que o processo de aprendizagem é fundamental para a formação de memórias duradouras. O processo de "evocação", ou recordação, por sua vez, destaca a dependência entre o que conseguimos lembrar e o que fomos capazes de aprender e armazenar anteriormente. Sem a base de conhecimento previamente adquirida, a evocação de informações torna-se impossível ou limitada. Essa definição é crucial no contexto educacional, especialmente em áreas como a neurociência educacional, onde se busca entender como o processo de aprendizado pode ser otimizado

No processo de aprendizagem, as memórias mais sólidas e duradouras são aquelas que foram devidamente consolidadas e armazenadas de maneira permanente. Por isso, é fundamental que os alunos tenham a oportunidade de revisar e refletir sobre o que aprenderam, conectando os novos conteúdos à sua realidade e permitindo uma recuperação periódica dessas informações, isto é, que o aluno tenha tempo para refletir profundamente sobre esses conhecimentos, em vez de ser sobrecarregado por uma quantidade excessiva de novos dados sem dar conta de consolidar o que já aprendeu. Essa abordagem exige uma mudança de paradigma tanto para professores quanto para alunos. É preciso compreender que o processo de aprendizagem não se resume à rapidez com que se chega a conclusões, mas ao entendimento do percurso que levou até elas, valorizando a reflexão sobre as estratégias utilizadas ao longo do caminho (Costa, 2023).

2.3 Atenção

A atenção, segundo a Neuroeducação, é um processo cognitivo fundamental para o aprendizado, envolvendo a capacidade de selecionar, focar e sustentar recursos mentais para lidar com informações relevantes e ignorar estímulos irrelevantes. Ela é considerada uma das funções

executivas¹ do cérebro, essencial para a organização e regulação do comportamento humano, especialmente no contexto educacional (Costa, 2023).

De acordo com Mora (2017), a atenção não é uma habilidade única, mas sim um conjunto de processos que operam de maneira dinâmica e podem ser modulados por fatores internos, como motivação e emoção, e externos, como o ambiente de aprendizagem, ele também destaca que a atenção é influenciada por diversos fatores neurobiológicos, sendo particularmente ligada ao funcionamento do córtex pré-frontal, que é responsável pela tomada de decisões, planejamento e controle das emoções. Além disso, ele afirma que a educação deve considerar as capacidades cognitivas do aluno, reconhecendo que a atenção pode ser treinada e aprimorada por meio da prática e de estímulos adequados.

A Neuroeducação, nesse contexto, propõe abordagens que favoreçam o desenvolvimento dessa habilidade, utilizando estratégias que envolvem tanto a aprendizagem ativa quanto a criação de um ambiente que favoreça a concentração.

Ainda segundo Mora (2017), este ressalta um princípio importante relacionado ao tempo que um adulto consegue manter a atenção sustentada, é de cerca de 15 a 20 minutos, e esse tempo pode ser ainda menor em crianças. Nesse sentido, aulas curtas e focadas, com variações de atividades que alternam momentos de concentração e relaxamento, são mais estimulantes e prazerosas. Cosenza e Guerra (2011) observam que a atenção também está ligada ao nível de estimulação cerebral. Ambientes saturados de estímulos podem prejudicar a concentração, enquanto ambientes que promovem o foco e também pausas estratégicas ajudam a manter a eficiência cognitiva. Aulas longas e monótonas tendem a gerar dispersão mental, enquanto aulas curtas e diversificadas aumentam a retenção da informação. Para lidar com essa questão, Mora sugere a importância de quebrar a rotina, oferecendo estímulos variados para manter o cérebro engajado e ativo no processo de aprendizagem. Uma rotina muito rígida pode levar à automação de tarefas e, eventualmente, à estagnação do aprendizado. Quando o cérebro enfrenta novos desafios, ele é forçado a criar novas conexões neuronais, fortalecendo as redes sinápticas.

Mora (2017) menciona o conceito de "novidade" como um gatilho para a atenção e, consequentemente, para a aprendizagem. Novas experiências ou formas de apresentar o conteúdo podem despertar o interesse do aluno e aumentar sua capacidade de concentração. O processo de introduzir variações na forma de ensinar, seja por meio de diferentes abordagens pedagógicas, novos materiais ou desafios cognitivos, estimula a neuroplasticidade e facilita o aprendizado profundo.

2.4 Emoções

As emoções desempenham um papel fundamental no processo de aprendizagem, e diversas pesquisas em Neurociência Educacional têm demonstrado como a interação entre emoção e cognição influencia significativamente a aquisição e retenção do conhecimento. Segundo Mora (2017), as emoções estão diretamente conectadas ao processo de aprendizado, uma vez que o cérebro humano é uma rede que integra tanto as áreas cognitivas quanto as emocionais. Quando estamos emocionalmente envolvidos com o conteúdo que estamos aprendendo, as informações tornam-se mais acessíveis e consolidadas na memória, o que facilita o processo de aprendizagem.

¹ As funções executivas do cérebro são um conjunto de habilidades cognitivas de alto nível que nos permitem planejar, tomar decisões, resolver problemas, controlar impulsos e comportamentos, e alcançar objetivos complexos. Essas funções são fundamentais para o comportamento adaptativo e são mediadas principalmente pelo córtex pré-frontal.

Mora defende que o aprendizado não ocorre apenas em áreas isoladas do cérebro, mas em um contexto que envolve a interação de diferentes sistemas cerebrais, onde as emoções desempenham um papel catalisador nesse processo de integração. Por outro lado, Cosenza e Guerra (2011) complementam essa visão ao afirmar que as emoções não são apenas reações passivas, mas um componente ativo no desenvolvimento cognitivo. Eles sugerem que o ambiente emocional positivo pode criar uma “disposição cognitiva” favorável à aprendizagem, pois estados emocionais como a curiosidade e o prazer estimulam a produção de neurotransmissores² como a dopamina³, que facilitam a atenção e a motivação dos alunos. Em contrapartida, emoções negativas, como o medo e a ansiedade, podem inibir essas capacidades, prejudicando a concentração e o processamento de novas informações. Sobre as emoções negativas e positivas, Brandão e Caliato (2019) salienta:

É fundamental que o professor considere os sentimentos que impulsionam a aprendizagem positiva ou negativamente e ser capaz de perceber e entender as alegrias, tristezas, raivas, medos de seus alunos e principalmente ajudá-los a lidar adequadamente e de forma competente com as emoções (Brandão e Caliato, 2019, p. 543).

Para promover o crescimento emocional dos alunos, é fundamental implementar estratégias que fomentem conexões emocionais com as matérias a serem aprendidas. Essas estratégias devem envolver experiências educacionais que incentivem conexões relevantes com os conteúdos, por meio de formas cooperativas, sérias, responsáveis e criativas. Outra estratégia importante consiste em gerir intencionalmente o clima emocional e social da sala de aula, aspecto essencial para um melhor ensino e aprendizagem.

Um ambiente social equilibrado, seguro e agradável é indispensável para que intuições e emoções se expressem, criando uma atmosfera pedagógica de confiança que contribui para a construção de competências sociais e emocionais significativas. A emoção, portanto, deve ser entendida como um componente essencial e não subordinado à cognição, sendo crítica para a aprendizagem relevante e significativa na vida dos estudantes. (Fonseca, 2016). Assim, em nossa sequência de ensino, exploramos pedagogicamente os princípios apresentados acima.

2.5 Limites da Neurociência Educacional em sala de aula

Embora os princípios da Neurociência Educacional ofereçam um arcabouço promissor para o ensino de Física, é fundamental adotar uma perspectiva crítica e cautelosa, evitando o que Brockington (2021) denomina de "neuroentusiasmo". Em sua análise aprofundada sobre o campo, Brockington (2021, p. 2) destaca a existência de um "reducionismo sedutor" que tenta explicar fenômenos educacionais complexos apenas por meio de imagens do cérebro. O autor cita críticas legítimas, como a possibilidade de a Neurociência apenas criar "novos nomes para processos já descritos há tempos pela Psicologia ou Educação" (Thomas, 2019 *apud* Brockington, 2021). Isso significa que, em muitos casos, a Neurociência confirma, com imagens, o que a Psicologia Cognitiva já sabia há décadas, sem necessariamente avançar na prática pedagógica.

Outro limite crucial é a dificuldade de transposição dos achados neurocientíficos para a sala de aula. As pesquisas são majoritariamente realizadas em ambientes altamente controlados e artificiais (como dentro de um equipamento de ressonância magnética), com amostras pequenas e

² Neurotransmissores são substâncias químicas que transmitem sinais entre neurônios ou entre neurônios e outros tipos de células. Eles são essenciais para a comunicação no sistema nervoso, permitindo que as células nervosas se comuniquem de maneira rápida e eficiente.

³ Dopamina é uma substância química essencial para o funcionamento do cérebro, influenciando desde a sensação de prazer até o controle motor e a função cognitiva.

tarefas muito específicas, o que difere enormemente do ambiente caótico, ruidoso e imprevisível de uma escola pública brasileira, como a do nosso estudo. Brockington (2021, p. 3) é enfático ao afirmar que "qualquer pesquisador que travesse um contato minimamente aprofundado com estas pesquisas pode perceber a complexidade de transpô-las diretamente para a sala de aula".

Por fim, Brockington (2021) adverte para o risco da "indústria da neuroeducação", que vende falsas promessas e soluções milagrosas, desde pílulas a métodos infalíveis de ensino. Diante disso, neste trabalho, não buscamos uma aplicação direta e ingênua da Neurociência, mas sim uma inspiração em seus princípios gerais (atenção, emoção, quebra de rotina) para estruturar nossa Sequência de Ensino (EQE), sem jamais perder de vista a complexidade social, cultural e econômica que envolve a aprendizagem de Óptica em uma escola de Cedro-PE. Sabemos que a Neurociência não responde a todas as perguntas, mas acreditamos que pode ser uma aliada para pensarmos o ensino de maneira mais fundamentada.

3. Metodologia

A presente investigação fundamenta-se na análise qualitativa, estruturada sob o delineamento de um relato de experiência de intervenção pedagógica. Segundo Creswell (2010), a pesquisa qualitativa permite que a experiência deixe de ser apenas um registro de eventos e se torne um objeto de estudo, no qual as falas e produções dos alunos são tratadas à luz de um referencial teórico, permitindo compreender os significados que indivíduos ou grupos atribuem a um fenômeno social ou educacional. Neste sentido, Bogdan e Biklen (1994) trazem a distinção entre o relato de experiência e a pesquisa qualitativa como a transição da descrição para a interpretação sistemática: enquanto o relato provê a narrativa da práxis docente em seu ambiente natural, como registro da realidade vivida, a abordagem qualitativa confere o rigor científico a esse processo. Conforme aponta Minayo (2004), o relato fornece o cenário e as interações, enquanto a análise qualitativa busca desvelar os significados e processos de aprendizagem ocultos na subjetividade dos estudantes.

A intervenção deste trabalho ocorreu em uma escola da rede estadual da cidade de Cedro-PE, em uma turma do 3º ano do Ensino Médio, na disciplina de itinerário formativo, composta por 38 estudantes com idades entre 16 e 18 anos. Conforme menciona a BNCC, os itinerários formativos representam um conjunto de disciplinas e atividades que visam aprofundar e diversificar a formação dos estudantes do Ensino Médio, permitindo-lhes explorar áreas de interesse específicas e desenvolver competências alinhadas ao seu projeto de vida. No caso específico deste estudo, o itinerário abordado foi "Óptica e Radiação", disciplina que busca proporcionar aos alunos um entendimento abrangente dos fenômenos relacionados à luz e à radiação, suas aplicações tecnológicas e suas implicações no cotidiano.

A Sequência de Ensino proposta, denominada Exploração em Quatro Etapas (EQE), foi estruturada em quatro etapas distintas para o ensino de Óptica Geométrica, totalizando 8 aulas de 50 minutos. Como estratégia de mediação, integraram-se "quebras de rotina" fundamentadas em Mora (2017), utilizando o folheto de cordel (produto educacional) intitulado "Óptica em Versos". A declamação de estrofes de cordel funciona como uma ferramenta pedagógica lúdica, visando revitalizar a atenção e promover o engajamento dos estudantes.

Utilizou-se como instrumento de coleta de dados a observação direta participante com registros em diário de campo, que, conforme orientam Bogdan e Biklen (1994), contemplam tanto as descrições dos eventos quanto as reflexões teóricas da pesquisadora ao longo das intervenções. Adicionalmente, realizou-se a análise das produções escritas e visuais dos estudantes, bem como a

transcrição de falas espontâneas. A seleção desses registros obedeceu ao critério de representatividade temática (Minayo, 2004), priorizando falas e produções que ilustrassem os diferentes níveis de compreensão conceitual e os processos de construção do conhecimento da turma. Dada a natureza dinâmica das interações em sala de aula, a análise focou na profundidade dos significados emergentes e nas reações, emoções, expressões observadas durante a intervenção.

A sequência EQE será aplicada em 4 dos 5 encontros durante a aplicação da intervenção em sala de aula.

Abaixo, apresentaremos os detalhes da aplicação da sequência.

Etapa 1- Apresentação do Conteúdo

Nesta etapa inicial, apresentou-se o conteúdo abordado na aula, buscando compreender as percepções e os conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema. Essa interação ocorreu de forma oral, por meio de um debate conduzido pelo professor, com perguntas direcionadas aos estudantes. Ao final da etapa, realizou-se uma síntese dos principais pontos discutidos, enfatizando os conceitos-chave e sua relevância para o aprendizado da disciplina.

O debate constituiu uma ferramenta importante para a compreensão dos conteúdos e para a construção coletiva do conhecimento, permitindo que os estudantes assumissem um papel ativo no processo de aprendizagem e promovendo a troca de ideias entre os colegas. Nesse sentido, Francisco Mora (2017) enfatiza a importância dos estímulos emocionais e cognitivos no processo de aprendizagem, argumentando que o aprendizado não ocorre apenas pela repetição de informações, mas também pela conexão emocional estabelecida entre o estudante e o conteúdo. Assim, os debates favoreceram uma atmosfera de interação e envolvimento emocional, despertando interesse e motivação nos estudantes.

Essa etapa também esteve alinhada aos princípios da Neurociência Educacional, que ressaltam a importância da ativação dos conhecimentos prévios antes da apresentação de novos conteúdos. De acordo com Costa (2023), ao estabelecer conexões com aquilo que os estudantes já conheciam, ativam-se redes neurais relevantes, criando uma base sólida para a construção de novas informações e favorecendo a aprendizagem.

Etapa 2- Demonstração Experimental

Nesta etapa, apresentou-se um experimento relacionado ao tema abordado em cada encontro antes da explicação teórica do conteúdo. A introdução da experimentação no início da aula possibilitou captar imediatamente a atenção dos estudantes, uma vez que a experiência tangível e interativa despertou sua curiosidade natural e favoreceu o envolvimento ativo no processo de aprendizagem. Segundo Moraes (2015) e Benfica (2020), metodologias interativas contribuem significativamente para a criação de um ambiente mais propício ao aprendizado, estimulando o interesse e a participação dos alunos.

Além disso, a demonstração experimental proporcionou uma forma concreta de ilustrar os conceitos teóricos discutidos ao longo da aula. Conforme Silva (2016), a utilização de experimentos facilita a compreensão dos conteúdos ao permitir que os estudantes observem, na prática, os fenômenos estudados. Dessa forma, os alunos puderam visualizar diretamente as relações entre teoria e prática, favorecendo a compreensão e a internalização dos conhecimentos.

Outro aspecto relevante foi o incentivo à exploração e ao teste de hipóteses pelos próprios estudantes. Ao observarem os resultados de suas ações, os alunos participaram de maneira mais ativa do processo educativo, desenvolvendo habilidades relacionadas ao pensamento crítico e à autonomia na aprendizagem.

Sob a perspectiva da Neurociência Educacional, a forma como o conteúdo é apresentado impacta diretamente o processamento cerebral dos estudantes. Nesse contexto, o uso de exemplos concretos e da abordagem experimental proporcionou estímulos visuais, auditivos e táteis relevantes para os processos de aprendizagem e memória, ativando diferentes áreas do cérebro e favorecendo a retenção do conteúdo.

Etapa 3- Explicação do Conteúdo

Nesta etapa, realizou-se a explanação do conteúdo por meio de uma abordagem tradicional, conduzida pelo professor. A atuação docente desempenhou papel fundamental no processo educacional, contribuindo para a transmissão do conhecimento e para o desenvolvimento intelectual dos estudantes.

Observou-se que uma explicação eficaz ultrapassou a simples transmissão de informações, envolvendo estratégias capazes de tornar os conceitos mais acessíveis, relevantes e envolventes. Entre essas estratégias, destacou-se a contextualização do conteúdo com situações do cotidiano dos estudantes. Segundo Boldrini (2019), relacionar os conceitos científicos às experiências vivenciadas pelos alunos favorece a construção de conexões mais intuitivas e significativas com o conteúdo estudado.

Durante a explanação, foram incorporadas quebras de rotina sempre que necessário, com o objetivo de retomar a atenção dos estudantes e evitar a monotonia das aulas. De acordo com Francisco Mora (2017), a repetição constante de atividades pode reduzir o interesse e a atenção dos alunos, enquanto a introdução de estratégias diferenciadas contribui para revitalizar o ambiente de aprendizagem. Nesse sentido, foram utilizadas atividades como declamações de versos de cordel, debates e jogos educacionais.

Conforme Mora (2017), a quebra de rotina possui potencial para despertar o interesse e a curiosidade dos estudantes, mantendo-os mais engajados e receptivos ao aprendizado. Além disso, essa estratégia favorece a estimulação de diferentes áreas cerebrais, contribuindo para a plasticidade neuronal e para a retenção do conhecimento.

Para a realização dessas intervenções, utilizou-se a declamação de estrofes do folheto de cordel elaborado como Produto Educacional, o qual abordava conceitos relacionados aos fenômenos estudados nos encontros. Essas intervenções ocorreram nos momentos em que se percebeu diminuição da atenção e do envolvimento dos estudantes durante a aula. A utilização dessa estratégia contribuiu para tornar o ambiente mais dinâmico, estimulante e participativo.

A Neurociência Educacional também destaca a importância da criação de ambientes positivos de aprendizagem. Segundo Costa (2023), atividades inovadoras estimulam a liberação de neurotransmissores relacionados à motivação e ao prazer, como a dopamina, favorecendo o interesse e a retenção do conhecimento.

Etapas 4 - Produção de Atividades por Parte dos Estudantes

Nesta etapa, os estudantes aplicaram os conhecimentos construídos ao longo das aulas por meio do desenvolvimento de atividades escritas, desenhos, pesquisas, mapas mentais e outras propostas pedagógicas. Essas atividades buscaram estimular os sentidos e as emoções dos alunos, possibilitando diferentes formas de expressão dos conhecimentos adquiridos.

Ao realizarem essas atividades, os estudantes fortaleceram habilidades cognitivas relacionadas à aprendizagem, à motivação e à consolidação das conexões neurais necessárias para a aquisição e retenção do conhecimento. Conforme Costa (2023), práticas que envolvem participação ativa favorecem o fortalecimento dos processos cognitivos e contribuem para uma aprendizagem mais significativa.

Além disso, Francisco Mora (2017) destaca a relevância da aprendizagem ativa, na qual os estudantes “colocam a mão na massa” para desenvolver habilidades e conhecimentos de forma prática e contextualizada. Segundo o autor, essa abordagem favorece o protagonismo estudantil, promovendo maior autonomia e engajamento nas atividades escolares.

As etapas descritas foram desenvolvidas ao longo de quatro encontros da intervenção pedagógica, totalizando oito aulas. No quinto encontro, com duração de duas aulas, realizou-se a atividade de encerramento utilizando uma abordagem diferenciada. Nesse momento, os estudantes assumiram o papel de protagonistas e escolheram livremente um conceito físico relacionado ao conteúdo trabalhado para apresentá-lo por meio de experimentos, cordéis, músicas, histórias em quadrinhos ou outras formas de expressão capazes de sintetizar os conceitos estudados em óptica geométrica.

O Quadro 1 apresenta, de forma detalhada, os encontros desenvolvidos durante a intervenção pedagógica.

Quadro 1 - Cronograma dos Encontros

ENCONTROS	DURAÇÃO	ATIVIDADES	CONTEÚDO	DATA
1º	2 Aulas	Aplicação da Sequência EQE Experimento das fontes de luz Cordel (Quebra de Rotina) Nuvem de palavras	Conceitos básicos da Óptica: Fontes de luz e Representação Geométrica dos Raios Luminosos	15/05/24
2º	2 Aulas	Aplicação da Sequência EQE Experimento dos meios ópticos Cordel (Quebra de Rotina) Pesquisa em Grupo	Meios Ópticos	22/05/24
3º	2 Aulas	Aplicação da Sequência EQE Experimentos: Holograma, multiplicador de dinheiro e seta que inverte. Cordel (Quebra de Rotina) Proposta de Desenhos	Reflexão, Refração e Absorção da Luz	29/05/24

4º	2 Aulas	Aplicação da Sequência Experimento: Disco de Newton Cordel (Quebra de Rotina) Tabuleiro humano-Luz e cores	Dispersão da luz	05/05/24
5º	2 Aulas	Construção de HQs, Cordéis, Experimentos, dentre outras ferramentas sobre os fenômenos da Óptica Geométrica.	Óptica geométrica	12/05/24

Fonte: Autores, 2024.

A sequência de ensino EQE aliada ao cordel "Óptica em Versos", será analisada para verificar sua eficácia em despertar o interesse dos estudantes e facilitar a aprendizagem. A observação direta em sala de aula permitirá identificar o comportamento dos estudantes durante as atividades propostas pela sequência EQE. Serão observados aspectos como participação, engajamento, colaboração entre alunos e respostas às atividades.

O folheto de cordel "Óptica em Versos", (Figura 1), é escrito em versos marcados pela oralidade, rimas e sua linguagem coloquial, sobre óptica.

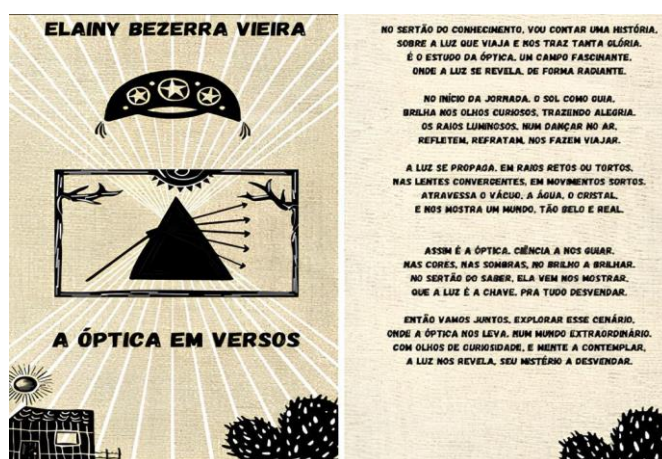


Figura 1 - Primeiras Estrofes do Folheto de Cordel

Fonte: Autores

Os versos do cordel utilizam metáforas e exemplos ilustrativos para tornar os conceitos científicos mais acessíveis e memoráveis. As características únicas da poesia do cordel proporcionam uma experiência sensorial e emocional que vai além da simples exposição de informações, estimulando a imaginação e a criatividade dos estudantes.

A seguir, apresentaremos o relato de experiência da intervenção pedagógica e análise de resultados.

4. INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A intervenção pedagógica aqui descrita foi conduzida com base na Sequência de Ensino EQE, a qual buscou criar experiências que despertassem o interesse genuíno dos estudantes, favorecendo a construção ativa do conhecimento.

Ao longo do processo, considerou-se observar não apenas os aspectos cognitivos da aprendizagem, mas também os elementos afetivos e ambientais que interferem diretamente no engajamento dos estudantes. Nesse sentido, a arquitetura da sala de aula apresenta alguns desafios, como questões de climatização e ruídos externos. É um espaço que não colabora para o aprendizado, quando se pensa em neuroarquitetura, um conceito defendido por Mora (2017)

A análise dos resultados baseou-se nas observações realizadas durante os momentos de aula, nas falas espontâneas dos alunos e nas respostas registradas em atividades reflexivas durante a intervenção pedagógica. Devido ao volume extenso de respostas, perguntas e falas dos estudantes, não foi possível incluir todas as interações. Foram selecionadas as respostas e falas consideradas mais relevantes para a análise dos resultados. Essas escolhas visam destacar o entendimento dos estudantes em relação ao conteúdo abordado, evidenciando como eles compreenderam e interpretaram os conceitos ensinados.

Sigamos para a descrição dos encontros.

4.1 Primeiro Encontro

Inicialmente, houve a apresentação e explicação da intervenção e dos encontros que seriam realizados ao longo de 5 semanas. Foi realizada a explanação dos conceitos iniciais da neurociência e da importância do estudo dessa área, atrelada à aprendizagem. A explanação inicial dos conceitos da neurociência e sua importância na aprendizagem serve para contextualizar e motivar os alunos. Quando os alunos compreendem o "porquê" por trás do que estão aprendendo, isso pode ativar áreas do cérebro relacionadas à motivação e à atenção, como o córtex pré-frontal.

Nesse momento, houve a indagação das perguntas que nortearam o início do debate, e percebeu-se que eles possuíam alguns conhecimentos bem elaborados. Quando se comentou sobre a óptica geométrica, eles souberam diferenciá-la da óptica física e, mencionaram que ela é pautada no estudo da luz.

Podemos observar isso, em algumas das respostas dos estudantes:

Pergunta 1: Qual é a diferença entre a óptica geométrica e a óptica física?

“Eu sempre confundo, mas parece que a óptica geométrica é sobre como a luz viaja em linha reta, e a óptica física envolve a luz como uma onda, mas não sei explicar direito, acho que é isso”.

“Óptica geométrica é mais simples, só usa linhas retas pra mostrar como a luz se comporta. A óptica física é quando a gente precisa usar fórmulas mais complicadas, acho”.

As respostas dos estudantes indicam um certo entendimento inicial, mas também refletem algumas confusões conceituais. Na primeira resposta acima, o aluno faz uma distinção entre a óptica geométrica (luz viaja em linha reta) e a óptica física (luz como onda), mas a explicação está um pouco vaga, o que sugere que ele não tem uma compreensão totalmente clara dos dois conceitos, especialmente sobre a óptica física.

A resposta seguinte faz uma distinção mais simples, associando a óptica geométrica a uma abordagem mais direta e sem a necessidade de fórmulas complicadas, o que é parcialmente verdadeiro. Mas o uso da expressão "fórmulas complicadas" sugere uma concepção errada de que a óptica física é apenas sobre matemática complexa.

Pergunta 2: Como funciona a ocorrência da visão?

“Quando a gente vê, é porque a luz entra nos olhos e a gente enxerga as coisas.

Deve ser mais ou menos isso”.

“A visão acontece porque a luz entra no olho e forma uma imagem na retina, que é tipo uma tela. Aí o cérebro interpreta essa imagem”.

As falas dos estudantes refletem uma ideia básica, mas imprecisa, sobre como ocorre a visão. A primeira resposta é superficial, afirmando que a luz entra nos olhos e a pessoa enxerga as coisas, mas sem mencionar a importância da retina, que é fundamental no processo de formação da imagem. A segunda resposta mostra um entendimento mais preciso por parte desse aluno, mencionando a retina e o processo de interpretação visual pelo cérebro, o que está mais alinhado com a explicação científica.

Pergunta 3: Como é o comportamento da luz?

“Eu acho que a luz sempre vai em linha reta”.

“Depende muito do material que ela passa”.

“A gente vê ela como uma linha reta”.

As falas dos estudantes sobre o comportamento da luz, são bastante simplificadas e não capturam a complexidade do fenômeno. Em geral, os estudantes têm uma compreensão inicial, mas superficial, e é necessário um aprofundamento maior para que possam diferenciar com clareza os conceitos e fenômenos envolvidos na óptica e na visão. A ênfase deve ser em esclarecer os conceitos centrais e expandir a compreensão dos fenômenos de maneira mais precisa.

O debate ajuda a consolidar o conhecimento, pois os alunos precisam acessar memórias anteriores e integrar novas informações, o que envolve várias regiões cerebrais. Além disso, as respostas dos estudantes refletem suas compreensões iniciais e as confusões conceituais. A neurociência nos ensina que o feedback imediato é crucial para o aprendizado. Ao corrigir e esclarecer conceitos imediatamente após as respostas dos alunos, você está ajudando a fortalecer as conexões sinápticas corretas e enfraquecer as erradas. Isso é vital para a consolidação da memória de longo prazo (Mora, 2017).

Após o debate, a Etapa 2 da Sequência de Ensino foi iniciada. Foram utilizados uma lâmpada, uma vela, um laser e uma lupa para demonstração. Todas as luzes da sala foram desligadas, e a lâmpada de led, a vela e o laser foram acesos. Nesse momento, os estudantes foram questionados sobre a propagação da luz nesses casos e sobre como ela possibilita a visão. Os estudantes começaram a especular sobre como ocorre a visão, dizendo que o fato de haver luz é o que possibilita enxergar, e que os olhos devem ter suas funcionalidades normais. No entanto, não souberam explicar o processo pelo qual a luz chega aos olhos, permitindo ver as imagens. Quanto aos objetos do experimento, não identificaram as diferenças no comportamento da luz da lâmpada, da vela, do laser e da lupa. Este momento da atividade promove a neuroplasticidade ao engajar os alunos em uma aprendizagem sensorialmente rica e emocionalmente envolvente.

No quadro da sala de aula, foram coladas algumas imagens em forma de mapa mental para iniciar a Etapa 3, com a explicação do conteúdo referente ao estudo da óptica geométrica. Explicando a ocorrência da visão seguindo os princípios ópticos, fontes de luz e raios e feixes luminosos. Durante esse momento, os alunos fizeram algumas perguntas, como: *“Quer dizer que a mesma luz que entra nos nossos olhos não é a mesma que sai?”*; *“Não enxergamos as cores como elas são?”*; *“Quando temos miopia, qual função do olho não funciona corretamente?”*; *“A lua é iluminada pelo*

criassem ganchos mentais para a recuperação futura da informação, favorecendo a neuroplasticidade e, conseqüentemente, o aprendizado.

4.2 Segundo Encontro

Neste encontro, a metodologia focou em explorar os meios ópticos. Inicialmente, foi realizada uma revisão dos conceitos abordados na aula anterior e, em seguida, uma sondagem sobre os conhecimentos dos estudantes a respeito dos meios ópticos, fazendo uso das perguntas norteadoras como previsto na Etapa 1 da Sequência de Ensino. Seguem abaixo algumas respostas dos alunos, durante o debate.

Pergunta 1 - O que vocês entendem por meio transparente, translúcido e opaco?

“Um meio transparente deixa a luz passar completamente, como o vidro, mas o translúcido eu não sei dizer, deve desviar a luz, e o opaco não deixa a luz passar, não sei ao certo, mas pelo que lembro é isso”;

“Um meio translúcido deixa passar parte da luz, como um vidro fosco.”

Temos a primeira resposta, a qual mostra um entendimento básico e correto dos conceitos. O estudante identifica corretamente que meios transparentes, como o vidro, permitem a passagem completa da luz. No entanto, há uma incerteza sobre o meio translúcido e opaco. A segunda está correta e demonstra uma compreensão clara do conceito de meios translúcidos, exemplificando o vidro fosco. A precisão na descrição mostra que o aluno compreende bem a diferença entre os tipos de meios ópticos.

Pergunta 2- Como vocês acham que a luz se comporta ao passar por diferentes materiais?

“Ela passa diferente pelos materiais, vai depender de cada um”;

“Ela passa por um material, e pode ser espalhada”.

A primeira resposta, embora vaga, é correta. Ela reconhece que o comportamento da luz varia de acordo com o material, o que é fundamental para entender a óptica. Mas falta mais conhecimento dos fenômenos. A segunda mostra que o estudante está fazendo uso de observações cotidianas, mas não sabe ao certo como é o comportamento da luz em vários materiais, necessitando de conhecimentos mais profundos.

Pergunta 3- Vocês conhecem alguma tecnologia que utilize os princípios dos meios ópticos? Podem dar exemplos?

“Fibras ópticas usadas na internet”;

“microscópio, lentes”;

“Óculos e espelhos”.

Todos os exemplos apontados pelos estudantes, mostram que eles conseguem associar as aplicações da óptica geométrica no cotidiano. A sondagem de conhecimentos dos estudantes permite identificar o estado atual de entendimento deles, auxiliando nos ajustes do ensino às suas necessidades, o que é crucial para a aprendizagem eficaz.

O experimento sobre os meios materiais, que faz parte da Etapa 2 da sequência, envolveu três copos preenchidos com água e suco, para demonstrar como a luz se comporta ao passar por meios transparentes, translúcidos e opacos. Foi demonstrado para os alunos e eles fizeram algumas observações. Na primeira taça, contendo água pura, todos os alunos conseguiram ler claramente a palavra "Transparente". Isso se deve ao fato de que a luz, ao passar através da água, um meio transparente, não sofreu dispersão significativa. Na segunda taça, com água misturada com suco pouco concentrado, a maioria dos alunos relatou que a palavra "Vidro" estava um pouco distorcida, mas ainda era legível. Eles conseguiram identificar a palavra corretamente, demonstrando que o meio, embora levemente turvo, ainda permitia a passagem de luz suficiente para a leitura. Na terceira taça, contendo água com suco muito concentrado, os alunos tiveram dificuldade em discernir a palavra escrita. Nesse momento, houve uma intervenção, e a palavra "Física" foi apresentada aos alunos, permitindo-lhes concluir que em um meio opaco a luz não consegue atravessar adequadamente.

Durante a demonstração, um dos estudantes solicitou que a luz de um laser fosse apontada nas taças, conforme ilustrado na **Figura 3**, que mostrava os três líquidos. A solicitação foi atendida, e a turma observou, de forma prática, o comportamento da luz em diferentes meios. A curiosidade do aluno que pediu para usar o laser, demonstra a aplicação do princípio neurocientífico de que a curiosidade é um poderoso motor de aprendizagem. Quando os alunos estão curiosos, facilita a aprendizagem e a memorização. Prosseguindo com a aula, houve uma reflexão sobre a importância dos conceitos de transparência, translucidez e opacidade na compreensão dos fenômenos ópticos.



Figura 3 - Demonstração do Experimento dos meios ópticos

Fonte: Autores.

A explicação teórica que faz parte da Etapa 3, utilizou slides com imagens, e vídeos para trabalhar com os estudantes de forma mais profunda, como a luz se comporta quando passa por determinados materiais. Essa metodologia permite que os estímulos visuais e auditivos dos estudantes sejam trabalhados, para facilitar a retenção dos conceitos. Porém, durante essa explanação, foram necessários realizar a quebra de rotina, e utilizamos a declamação de mais estrofes do cordel, pois o nível de atenção na aula começou a diminuir.

Ao declamar, os alunos começaram a gritar em cada finalização das estrofes, mostrando grande empolgação. Ao término, pediram mais um verso, porém retomamos ao conteúdo programado para este encontro.

Ao longo da explicação do conteúdo, surgiram algumas dúvidas dos estudantes:

"A senhora disse que a luz não consegue passar por meios opacos, então o que acontece com essa luz?";
"Então quando eu não enxergo direito, é porque estou vendo através de um meio translúcido?";
"Os óculos de sol são considerados opacos ou translúcidos?".

A primeira pergunta sugere que o estudante está buscando compreender o comportamento da luz ao interagir com materiais opacos. Ela reflete a curiosidade sobre o que ocorre com a luz que não pode atravessar certos materiais. Na segunda, o aluno tenta conectar a teoria com sua própria experiência visual. Ele questiona se a dificuldade em enxergar está relacionada ao fato de estar olhando através de um material translúcido, que permite parcialmente a passagem de luz. Essa dúvida demonstra que o aluno está tentando aplicar o conceito de "translucidez" à sua experiência prática, o que é fundamental para a aprendizagem, conforme os princípios da neurociência educacional. A última pergunta colocada acima, está relacionada à aplicação do conceito aprendido a um objeto do cotidiano. O estudante tenta categorizar o objeto óculos, de forma mais específica, ampliando seu entendimento sobre os meios através dos quais a luz pode ser filtrada. Isso também reflete a capacidade de transferência de aprendizagem, que é uma habilidade importante no processo educacional e no desenvolvimento de redes neurais.

Com a finalização da explicação, os estudantes foram reunidos em grupos, e a atividade proposta na Etapa 4 da sequência, envolveu uma pesquisa sobre tecnologias ópticas e dispositivos, em que eles teriam que colocar essas informações em formato de texto ou mapa mental. Segue abaixo um dos trabalhos, na **Figura 4** :

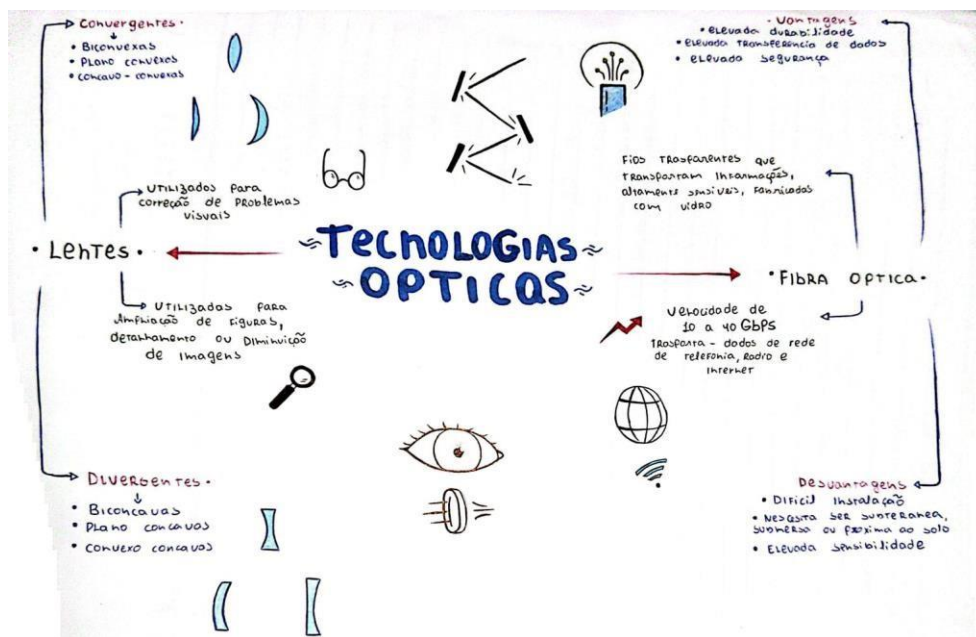


Figura 4 - Fotos dos trabalhos produzidos em grupo

Fonte: Autores.

A proposta da atividade, ao reunir os estudantes em grupos para realizar uma pesquisa sobre tecnologias ópticas e dispositivos, estimulou o aprendizado coletivo e favoreceu a construção do conhecimento. A atividade ofereceu uma oportunidade valiosa para o desenvolvimento de habilidades cognitivas como memória e atenção. Nos mapas mentais bem elaborados construídos por eles, os estudantes puderam explorar a relação entre as lentes, a fibra ótica e outras aplicações das tecnologias ópticas. A criação desses mapas envolve um processamento cognitivo de alto nível, que ativa diferentes áreas do cérebro, como as responsáveis pela visão, memória e linguagem.

Ao falarem sobre lentes, fibra ótica e outras aplicações, os estudantes também foram desafiados a compreender a aplicabilidade dos conceitos em contextos do cotidiano, o que pode gerar uma conexão emocional com o conteúdo, promovendo uma aprendizagem mais profunda e duradoura. A neurociência educacional aponta que o envolvimento emocional com o conteúdo

facilita a retenção de informações e torna o aprendizado mais significativo, o que parece ter ocorrido na dinâmica dessa atividade (Mora, 2017).

O segundo encontro foi bem-sucedido em revisar e aprofundar os conceitos sobre meios ópticos. A metodologia variada, incluindo perguntas norteadoras, experimentos práticos, uso de recursos audiovisuais e versos de cordel, contribuiu para um aprendizado dinâmico e envolvente. A participação ativa dos alunos, suas reflexões e perguntas demonstram um bom entendimento dos conceitos abordados e um interesse genuíno pelo tema. As atividades em grupo reforçaram a aprendizagem colaborativa e a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos.

4.3 Terceiro Encontro

No terceiro encontro, a turma já estava familiarizada com a Sequência de Ensino e já sabia as etapas da aula. O conteúdo desenvolvido foi apresentado, e ao longo do debate, os estudantes foram introduzindo vários conhecimentos do cotidiano deles. Não necessitou nem utilizar todas as perguntas que norteariam o debate, pois quando foi mencionado que na aula seriam trabalhados os fenômenos de reflexão, refração e absorção da luz, os próprios estudantes já começaram a falar o que sabiam sobre esses fenômenos, em destaque, alguns comentários dos estudantes:

“A reflexão acontece quando nos vemos nos espelhos todos os dias”; “Professora, eu já vi uma postagem no INSTAGRAM que dizia que a gente nunca vê imagens reais, tudo é sempre uma reflexão”; “A refração é aquela que deixa a gente pensar que as pessoas ficam pequenas nas piscinas, é tipo uma ilusão óptica”.

O primeiro comentário acima, mostra que o aluno compreendeu o conceito básico de reflexão de luz. Ao se ver no espelho, ele entende que a luz reflete a imagem de volta aos olhos, permitindo que ele se veja. Este é um entendimento correto e mostra que o aluno consegue relacionar o conceito de reflexão com um exemplo cotidiano. O segundo comentário demonstra que o aluno está refletindo sobre a natureza da percepção visual. Ele está questionando o que é uma "imagem real" e reconhecendo que o que vemos é resultado da reflexão da luz em objetos. Isso indica uma boa compreensão de que a nossa visão depende da luz refletida pelos objetos, embora o termo "imagem real" possa necessitar de uma clarificação adicional para distinguir entre imagens reais e virtuais no contexto da óptica.

O último comentário, evidencia que o aluno tem uma noção básica de refração, reconhecendo que a mudança de meio (do ar para a água) causa uma alteração na percepção visual. Ele relacionou corretamente o fenômeno de refração com a distorção de imagens, embora possa precisar de mais detalhes para entender como a refração altera a trajetória da luz e a aparência dos objetos submersos.

Ao longo do debate, os alunos foram falando sobre fenômenos que enxergavam no dia a dia e fazendo perguntas também, questionando sobre os vidros dos carros e das lojas, demonstrando que não sabiam ao certo o que acontecia com a luz nos fenômenos de reflexão, refração e absorção. Este engajamento inicial é um reflexo da ativação de redes neurais responsáveis pela memória de longo prazo e pela integração de novas informações a partir de experiências prévias, conforme destaca a neurociência educacional.

Para dar continuidade à aula, a Etapa 2 da demonstração experimental foi iniciada com três experimentos. O primeiro foi o holograma. Quando os estudantes ficaram empolgados e pediram para colocar outras imagens, já foram perguntando e levantando hipóteses sobre como era o funcionamento do experimento. O segundo experimento foi o multiplicador de dinheiro, fazendo uso de dois espelhos e uma moeda. De acordo com o fato de que a angulação dos espelhos diminuía, as imagens se multiplicavam, e eles ficavam a todo momento falando a quantidade de imagens que estavam vendo. O terceiro e último experimento foi o experimento da seta que

inverte, com alguns já comentando que haviam visto tal experimento em vídeos outras vezes, mas não sabiam o processo que possibilitava esse fenômeno.

Na Etapa 2, a demonstração experimental foi uma experiência positiva, envolvendo os alunos de maneira visual e prática. A utilização de experimentos como o holograma, o multiplicador de dinheiro e a seta que inverteu incentivou a curiosidade e a formulação de hipóteses, engajando os sistemas neurais associados à curiosidade e ao aprendizado ativo. As experiências práticas proporcionam estímulos sensoriais múltiplos, essenciais para a consolidação do aprendizado e a retenção de informações, como sugere a neurociência.

Partindo para a Etapa 3, a qual envolvia a explicação do conteúdo, fazendo uso dos conhecimentos da neuroeducação, a qual salienta a importância do estímulo visual para a ativação cerebral, utilizaram-se slides com imagens e explicações do conteúdo, assim como exemplos dos fenômenos de reflexão, refração e absorção da luz no cotidiano desses alunos. Como nos encontros anteriores, eles paravam ao longo da aula e faziam alguns questionamentos, demonstrando interesse no assunto, assim como a curiosidade. Algumas das perguntas em destaque, foram:

"Por que a luz muda de direção quando passa de um meio para outro meio?";

"Mas o que pode determinar se a luz sofrerá reflexão ou refração quando atingir algum material?";

"Professora, no caso se a luz é absorvida por um material, ela desaparece, ou ela se espalha?".

A primeira pergunta mostra que o aluno tentou entender o conceito de refração. Ele compreendeu que há uma mudança de direção, mas queria saber o motivo físico por trás disso, o que é fundamental para entender a refração da luz. Na segunda pergunta, o aluno demonstrou um bom entendimento e interesse nas condições que influenciam os fenômenos de reflexão e refração, como o ângulo de incidência e o índice de refração dos materiais. A última, embora possa parecer coerente, revela uma falta de compreensão sobre a conservação de energia.

Como a explicação referente aos fenômenos de reflexão, refração e absorção da luz demandou um pouco mais de tempo para a explicação, percebeu-se que os alunos já estavam se acomodando. Começaram umas conversas paralelas. Nesse momento, foi utilizada a quebra de rotina, com a declamação de versos de cordel. Abaixo seguem duas estrofes:

Na água do rio, o bastão a se inclinar,
A luz que se curva, sem nada obstruir o olhar.
Na lente dos óculos, a visão a melhorar,
Na óptica, a refração nos faz sonhar.

A absorção é o fenômeno que nos faz perceber, Quando a
luz é capturada, sem se fazer valer.
Nos objetos coloridos, ela vem nos envolver,
Na óptica, sua presença é de se reconhecer.

Ao ouvir os versos rimados e ritmados, os alunos se animaram instantaneamente. Reagiram com entusiasmo, gritando e elogiando a criatividade da abordagem. A declamação poética capturou a atenção da turma novamente. Começou-se a discussão sobre a absorção da luz pelas roupas escuras e claras, e eles começaram a comentar sobre a experiência deles no dia a dia, quando saem de casa com roupas pretas e brancas. Assim, encerrou-se a finalização da explicação e iniciou-se a etapa 4.

Na Etapa 4, que envolveu a atividade por parte dos alunos, foi proposto que eles demonstrassem, através de desenhos, o entendimento deles frente ao conteúdo abordado nesse encontro. Ao desenhar, os alunos precisam processar ativamente a informação, o que pode levar a uma compreensão mais profunda. Esse processamento ativo envolve a integração de conhecimento, a reflexão e a criação, todos componentes essenciais para a aprendizagem eficaz. Atividades como essas, que envolvem criatividade, podem aumentar o engajamento emocional dos alunos. Quando os alunos estão emocionalmente engajados, a liberação de neurotransmissores como a dopamina pode reforçar a memória e a retenção de informações (Mora, 2017).

As **Figuras 5 e 6**, trazem alguns dos desenhos produzidos pelos estudantes:



Figura 5 - Desenho do Estudante
Fonte: Autores.

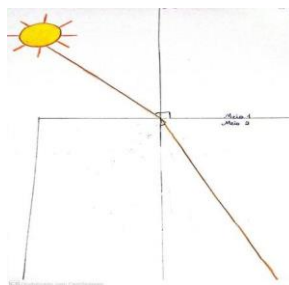


Figura 6 - Desenho do Estudante **Fonte:**
Fonte: Autores.

Os desenhos realizados pelos estudantes sobre o conteúdo de reflexão, refração e absorção da luz foram uma demonstração criativa e esclarecedora do entendimento que cada um possui sobre os fenômenos ópticos estudados. Na **Figura 5**, o estudante focou em um exemplo clássico de refração, desenhando um lápis inserido em um copo com água. Esse desenho enfatiza o efeito de mudança de direção que a luz sofre ao passar do ar para a água, criando a ilusão de que o lápis está quebrado ou dobrado. Este desenho ajuda a visualizar como a velocidade da luz varia em diferentes meios, um conceito fundamental da refração.

A **Figura 6**, ilustrou a passagem da luz através de dois meios distintos. Em seu desenho, ele mostrou um raio de luz atravessando a interface entre os dois meios, destacando a mudança de ângulo que ocorre devido à diferença na densidade dos materiais. Esse desenho é essencial para compreender como a luz se comporta ao passar de um meio menos denso para um mais denso, ou vice-versa.

As diversas estratégias empregadas no terceiro encontro, desde debates e experimentos práticos até explicações visuais e atividades criativas, contribuíram para um aprendizado satisfatório, evidenciado pelo entusiasmo e compreensão dos alunos.

4.4 Quarto Encontro

O quarto encontro foi o último encontro fazendo uso da Sequência de Ensino. A aula teve início com a primeira etapa, dedicada à apresentação do conteúdo sobre o fenômeno da dispersão da luz. Como os estudantes já estavam familiarizados com a dinâmica da metodologia, demonstraram entusiasmo e curiosidade, interagindo entre si com alegria e expectativa em relação ao desenvolvimento da aula. Foi perceptível um aumento significativo na participação dos alunos, inclusive daqueles que, nos encontros anteriores, haviam se mostrado mais tímidos. Durante esse momento da apresentação do conteúdo, que aconteceu através de um debate com os estudantes, a pergunta norteadora se referiu ao conhecimento destes sobre o fenômeno de dispersão. Algumas falas e perguntas dos alunos ao longo do debate destacam-se abaixo:

"a dispersão seria o que cria o arco-íris. As gotas de chuva são como pequenos prismas, que faz a dispersão dos raios do sol nas cores do arco-íris".

Aqui, o estudante reconhece que o arco-íris é criado pela dispersão da luz através das gotas de chuva, que atuam como prismas naturais. Essa compreensão é um bom ponto de partida para discussões mais aprofundadas sobre a natureza da luz e a formação de arco-íris.

"Então qual seria a diferença da dispersão para refração?".

Essa pergunta revela uma confusão comum, e uma dúvida bastante pertinente do estudante. A refração é a mudança na direção de propagação da luz ao passar de um meio para outro devido à mudança de velocidade. A dispersão, por outro lado, é a separação da luz branca em suas cores constituintes devido à dependência do índice de refração com o comprimento de onda da luz. Esclarecer essa diferença é crucial para a compreensão correta dos fenômenos ópticos.

No geral, essas perguntas e falas dos estudantes refletem um bom nível de engajamento e curiosidade. A neurociência educacional sugere que a curiosidade é um motor poderoso para a aprendizagem. Ao provocar perguntas e investigações, o debate possibilita curiosidades, permitindo aos alunos explorarem e entenderem os princípios científicos por trás dos fenômenos. É essencial aproveitar essas questões debatidas para aprofundar a explicação dos conceitos de dispersão, utilizando exemplos práticos e experimentos que possam mostrar na prática como esse fenômeno ocorre.

Com isso, deu-se início a demonstração do experimento “Disco de Newton”, que faz parte da etapa 2 da sequência de ensino. Esse experimento fez uso de um ventilador e de um disco contendo as cores do espectro visível. O disco foi acoplado ao ventilador, que, ao rotacionar, tem como objetivo mostrar a composição da luz branca, como mostra a **Figura 7**.



Figura 7 - Experimento Disco de Newton

Fonte: Autora.

A demonstração do experimento do Disco de Newton para trabalhar a dispersão da luz gerou uma série de reações e falas dos estudantes que refletem o impacto positivo dessa abordagem no processo de ensino e aprendizagem. Inicialmente, houve um misto de curiosidade e surpresa. Ao verem o disco girando e observarem as cores se fundirem para formar a luz branca, os estudantes expressaram comentários como: *"Nossa, que legal"*; *"Então é assim que as cores do arco-íris se formam? Incrível!"*; *"Parece uma ilusão óptica"*; *"Mas se perceber, não fica tão branco assim, porque hein?"*.

Essas falas revelam um entendimento inicial do fenômeno da dispersão da luz e mostram como a demonstração prática ajudou a ver os fenômenos físicos na prática, instigando um aumento

na motivação e no interesse dos alunos em aprender mais sobre o tema. A utilização do experimento do Disco de Newton na Etapa 2, fez uso dos princípios da Neurociência Educacional de várias maneiras, como a utilização de estímulos visuais e cinestésicos (o disco girando) que ativa diferentes áreas do cérebro, promovendo uma aprendizagem mais holística e eficiente, e a surpresa e o interesse despertados pelo experimento que atuam no sistema de recompensa do cérebro, liberando dopamina, o que aumenta a motivação e a atenção dos estudantes.

Após o uso do experimento, iniciou-se a explicação mais profunda do fenômeno, que faz parte da Etapa 3. Encerrada a explicação, os alunos tiveram o momento de atividade para consolidação dos conceitos aprendidos, seguindo a Etapa 4 da Sequência de Ensino. A atividade proposta aconteceu em um campo de futebol society, ao lado da escola, visto que a escola não possuía quadra e seria necessário utilizar um ambiente maior. Os alunos foram direcionados ao *society*, onde foram divididos em 5 grupos, onde cada grupo era representado por uma determinada cor. A proposta da atividade foi um jogo de tabuleiro chamado “Jogo de luz e cores”. É um jogo que trabalha com perguntas e respostas sobre os conceitos relacionados à dispersão da luz. No *Society* estava o tabuleiro, que foi construído fazendo uso de nylon, onde foram feitas divisórias que funcionaram como as casas do tabuleiro.

Em cada casa, havia um papel constando se aquela casa tinha uma charada ou uma surpresa. A peça do tabuleiro seria um integrante de cada grupo; os demais iam lançando o dado e respondendo às perguntas que eram realizadas. O time vencedor seria aquele que chegasse primeiro na linha de “Chegada”. Com as equipes formadas, o jogo foi iniciado, os estudantes lançavam o dado, e o número que caísse, seria a quantidade de casas que seriam avançadas pelo integrante do grupo, na casa que ele parasse, ele iria ou responder a “Charada”, ou ser submetido a uma “Surpresa”, mas elas variavam em ter que voltar ou avançar as casas, ter a oportunidade de jogar o dado de novo, dentre outras opções.

Os estudantes se empolgaram bastante. Eles torciam quando o integrante de suas equipes avançavam, se reuniam em equipe para decidir as respostas que iam dar as charadas, comemoravam quando a equipe adversária tinha que voltar alguma casa, responderam algumas charadas certas, avançavam as casas, erravam as charadas, tinham que voltar, por muitas vezes quando os integrantes avançavam e percebíamos que ia ter um ganhador, chegava em uma casa de surpresa, e tinha que voltar algumas casas, até que tivemos o primeiro ganhador, continuamos o jogo e tivemos o segundo e assim sucessivamente. Veja o registro da atividade na **Figura 8**.

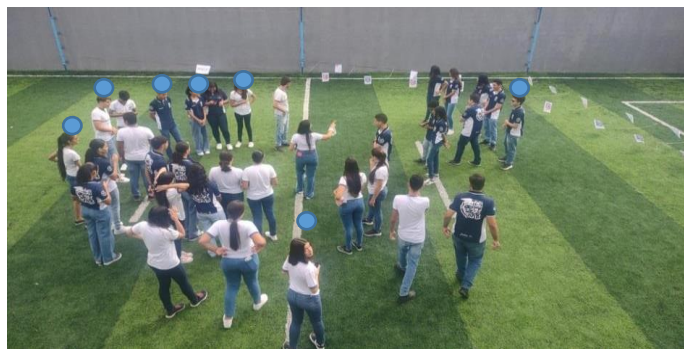


Figura 8 - Momento do Jogo em Equipe: Explicação das regras

Fonte: Autores

Todos os estudantes se divertiram com o jogo, assim como comentaram sobre a proposta do espaço. Ter saído da sala de aula pra eles foi uma ótima ideia. Esse momento reflete um ponto importante sobre a neuroarquitetura e o impacto do ambiente no aprendizado. A neuroarquitetura investiga como os espaços físicos influenciam a mente e o comportamento das pessoas, e no contexto da educação, isso pode ser um fator determinante para o engajamento e a concentração

dos alunos. Quando os estudantes saem da sala de aula tradicional e experimentam um ambiente diferente, eles têm a oportunidade de sair da rotina e de se conectar com o conteúdo de maneira mais ativa e prática. O novo espaço pode contribuir para a melhoria da concentração e do interesse, promovendo uma experiência mais imersiva e motivadora. Esse tipo de mudança na organização física e no ambiente de ensino pode ajudar a reduzir a rigidez do espaço escolar tradicional e possibilitar um engajamento maior, o que fica claro pela resposta positiva dos alunos ao se sentirem mais estimulados e envolvidos com a atividade (Mora, 2017).

Ao final do jogo, todos foram lanche, e durante o lanche uma estudante fez o seguinte questionamento:

“Professora, e não vai ter nenhum verso de cordel hoje?”.

A fala da estudante reflete um envolvimento com a proposta do cordel, mostrando como a atividade se tornou um elemento importante e eficaz no aprendizado e na rotina da turma. O fato de ela questionar sobre a ausência do cordel naquele momento demonstra que a atividade foi bem absorvida e gerou expectativa.

Logo abaixo, estão algumas charadas realizadas ao longo do jogo, as quais contêm as perguntas principais para sondar o entendimento deles frente ao conteúdo explicado, assim como as respostas que os estudantes em equipe deram frente às charadas:

Charada 1- Quem sou eu? Represento a superposição de todas as cores do espectro.

Resposta da Equipe: “A luz branca.”.

O entendimento frente a resposta dada pela equipe, está correto. A luz branca é, de fato, a superposição de todas as cores do espectro visível. Esse entendimento mostra que os estudantes compreenderam o conceito de que a luz branca é composta por múltiplas cores que, quando combinadas, resultam em luz branca.

Charada 2- Quem sou eu? Sou um fenômeno formado pela dispersão da luz solar em gotículas de água na atmosfera projetando um espectro de cores.

Resposta da Equipe: “É o Arco-Íris”.

A resposta correta da equipe, indica que os estudantes conseguem identificar o fenômeno natural a partir das pistas fornecidas. A precisão da resposta também sugere que os estudantes possuem uma compreensão clara dos princípios da dispersão da luz e de como eles se manifestam em fenômenos cotidianos. Isso é um indicativo positivo do processo de ensino-aprendizagem, mostrando que os métodos utilizados estão sendo eficazes em promover a compreensão dos conteúdos.

Charada 3- Quem sou eu? Na luz violeta sou menor e no vermelho sou maior.

Resposta da Equipe: “A luz”.

A resposta "a luz" da equipe, é genérica e não captura o foco da charada, que é a variação específica do comprimento de onda. A confusão entre "luz" e "comprimento de onda" indica uma compreensão superficial do conceito. Os estudantes sabem que a luz tem diferentes propriedades, mas podem não estar familiarizados com a terminologia específica ou com a importância do comprimento de onda na caracterização das cores. Esse tipo de confusão pode ser comum quando os conceitos são relativamente novos para os estudantes.

O quarto encontro da intervenção, o último encontro aplicando a Sequência de Ensino, EQE, evidencia um processo de ensino e aprendizagem alinhado aos princípios da Neurociência Educacional e mostrou-se um ponto forte para o engajamento e aprendizado dos alunos. A primeira etapa da aula, que consistiu na apresentação do conteúdo sobre dispersão da luz, foi fundamental

para instigar a curiosidade e o debate. A Neurociência Educacional destaca a importância da curiosidade no processo de aprendizagem, e esse momento foi evidenciado pelas perguntas e interações dos alunos, que demonstraram um nível elevado de interesse.

As questões abordadas pelos alunos, como as diferenças entre dispersão e refração, e as dúvidas sobre a natureza do fenômeno da dispersão, indicam que eles estavam não apenas absorvendo o conteúdo, mas também refletindo criticamente sobre o que estava sendo discutido. Essas questões foram oportunidades para consolidar e explicar conceitos, o que contribui para a construção de uma compreensão sólida e profunda, essencial para o aprendizado duradouro.

A mudança de ambiente, com a retirada dos estudantes da sala de aula, foi uma estratégia pedagógica que teve impacto positivo no processo de ensino-aprendizagem. A Neurociência Educacional sustenta que a mudança de ambiente promove uma ruptura com a rotina, contribuindo para a neuroarquitetura do aprendizado, como evidenciado pela maior concentração e participação dos alunos. A neuroarquitetura, que se refere ao impacto do espaço físico no comportamento e cognição, foi um fator importante nesse processo. A sala de aula, apesar de climatizada, apresenta uma organização e estética que não favorecem um aprendizado dinâmico, como apontado na descrição anterior.

Ao sair da sala de aula, os alunos foram expostos a um novo cenário, com diferentes estímulos que quebraram a monotonia do ambiente habitual. Essa mudança de contexto ativou diferentes redes neurais, promovendo um estado mental mais receptivo e estimulando a interação e colaboração entre os estudantes. A neurociência indica que um ambiente novo pode estimular a curiosidade e a motivação, fatores que favorecem a aprendizagem ativa. Os alunos demonstraram mais engajamento nas atividades propostas, o que é um indicativo de que a mudança de ambiente foi eficaz para criar um espaço mais propício ao aprendizado.

A explicação mais aprofundada do conteúdo seguiu de maneira clara e objetiva, sem exigir que a rotina fosse quebrada de forma drástica. Os alunos mantiveram-se engajados durante a explicação, o que reflete a eficácia do método de ensino, que levou em conta o tempo de atenção dos estudantes e favoreceu a compreensão dos conceitos sem sobrecarregá-los. Esse momento foi importante para consolidar os conhecimentos e para garantir que todos os alunos estivessem acompanhando o desenvolvimento da aprendizagem.

A etapa final, com o jogo de tabuleiro "Jogo de Luz e Cores", realizada no *Society*, foi um excelente exemplo de como atividades lúdicas podem ser integradas ao ensino para reforçar conceitos e promover a interação social entre os estudantes. Essa abordagem envolveu tanto o aprendizado cognitivo quanto o social, já que os alunos tiveram que colaborar em grupos, compartilhar ideias e resolver desafios baseados no conteúdo aprendido. Além disso, a interação entre os alunos durante o jogo, como evidenciado nas reações de empolgação e nas discussões em equipe, mostra como a atividade foi positiva e promoveu um ambiente colaborativo de aprendizagem.

4.5 Quinto Encontro

O quinto encontro da intervenção se diferenciou dos anteriores, pois não foi estruturado pela sequência EQE. Em vez disso, a proposta foi que os estudantes apresentassem de forma livre algum recurso que tivesse relação com o conteúdo de óptica geométrica que haviam estudado ao longo das aulas anteriores. A ideia era que os alunos se sentissem à vontade para escolher a forma de apresentação que mais os interessasse, com liberdade para usar recursos como experimentos, jogos, cordéis ou qualquer outra ideia criativa.

A atividade foi realizada em grupos, incentivando a colaboração entre os estudantes, e a maioria dos grupos escolheu apresentar experimentos. Esses experimentos estavam diretamente relacionados aos princípios de óptica geométrica. A **Figura 9** mostra um desses experimentos.



Figura 9 - Experimento Dispersão da luz

Fonte: Autores

Alguns grupos repetiram experimentos, mas de formas diferentes, a equipe responsável pelo experimento da **Figura 9**, que também se trata da dispersão da luz, optou pelo uso de um laser e um CD. Nesse experimento, a turma conseguiu ver de forma mais nítida a dispersão da luz.

Além dos experimentos, um dos estudantes se destacou ao apresentar e declamar estrofes de um cordel criado por ele, que abordava de maneira poética o tema da óptica geométrica, combinando elementos culturais com conceitos científicos.

Segue abaixo o cordel:

Um raio de luz sertanejo

*Nas veredas do meu
sertão, Quero da óptica
falar. Para animar seu
coração, Sua mente
encantar. E para pôr
emoção, Onde o
conhecimento brotar.*

*Na luz que ilumina flores,
Nas cores que enxergo,
A ciência brilha hoje,
A ela sempre venero, Por
me fazer enxergar,
Enquanto há muita gente
cego.*

*Se você não
entendeu, Faço
favor de explicar. Só
quem sai de uma
caverna, Pode a luz
enxergar. Quem não
tem conhecimento,
Acha melhor não
buscar. Mas para
quem ele não faz
falta, Apenas a
sombra restará.*

A produção do estudante, ao criar um cordel tão belíssimo, não só demonstra uma compreensão profunda do tema, mas também aplica sua sensibilidade artística para transmitir esse conhecimento de maneira acessível e cativante.

Esse momento foi extremamente rico para os alunos, pois não só puderam explorar diferentes formas de expressão, como também reforçou a ideia de que a ciência pode ser

abordada de maneiras diversas e criativas. Em relação à neurociência educacional, o encontro incorporou princípios importantes para o engajamento e a aprendizagem. A liberdade de escolha para as apresentações ajudou a aumentar a motivação dos estudantes, pois permitiu que eles se conectassem com o conteúdo de uma forma mais pessoal e envolvente.

Além disso, o trabalho em grupo promoveu a interação social e a troca de ideias, estimulando as redes neuronais associadas ao pensamento colaborativo e à aprendizagem ativa. A variedade de recursos utilizados pelos grupos também contribuiu para uma maior ativação de diferentes áreas do cérebro, favorecendo o aprendizado multimodal, que é um dos princípios destacados pela neurociência educacional.

Ao dar espaço para as apresentações criativas, como o cordel, os alunos puderam integrar conhecimento científico com aspectos emocionais e culturais, o que é fundamental para fortalecer a memorização e a compreensão profunda dos conceitos, alinhando-se aos princípios da neurociência que indicam que o aprendizado é mais eficaz quando as emoções e o contexto social estão envolvidos. Além disso, ao apresentar os experimentos e outras produções, os alunos ativaram a memória de trabalho e a memória de longo prazo, reforçando o conteúdo de forma prática e engajadora.

Com a finalização das apresentações, os estudantes foram parabenizados pelas apresentações, e motivados a persistirem com a força de vontade na busca do conhecimento, assim como foi dado um espaço para que eles pudessem falar o que acharam da metodologia das aulas, dar sugestões, fazer perguntas e críticas. Abaixo, enfatizamos alguns dos comentários dos estudantes:

“... o que eu gostei mais, foi dos experimentos, porque a gente consegue ver na prática o que a senhora trabalhava na aula”.

“Eu consegui entender algumas coisas do dia a dia, que nem imaginava que a luz fazia parte”.

“... a minha sugestão seria de sempre uma hora ou outra a gente sair mais de sala de aula, como a gente saiu pra participar daquele jogo, deviam fazer isso com mais frequência”.

“Professora, a senhora sempre dá aula assim? Seguindo um cronograma?”.

“A atividade que eu mais gostei, foi de colocar o que aprendi em forma de desenho, eu gosto de desenhar, e é difícil ter alguma atividade assim”.

“Uma sugestão professora, é trazer questões que abordem o conteúdo também, tipo questão do Enem”.

Os comentários dos estudantes refletem uma interação positiva com a metodologia adotada e sugerem que as atividades práticas e fora da sala de aula foram especialmente positivas no processo de aprendizagem. Um aluno destacou a importância dos experimentos, indicando que a aprendizagem prática ajuda a consolidar o que é ensinado teoricamente. Isso sugere que os alunos se sentem mais motivados e compreendem melhor o conteúdo quando ele é aplicado de maneira concreta. Outro aluno revelou uma percepção de aplicação do conhecimento no cotidiano, o que é um sinal positivo de que os alunos estão conseguindo conectar o conteúdo abordado na aula com situações do seu dia a dia. Esse tipo de aprendizado significativo é essencial para a retenção do conteúdo. A sugestão de sair mais da sala de aula, aponta para uma necessidade de dinamismo nas aulas e para o valor das atividades extracurriculares ou práticas. Esse comentário sugere que experiências fora do ambiente convencional de ensino podem enriquecer ainda mais o aprendizado, incentivando os alunos a participarem mais ativamente.

A questão do cronograma foi levantada e indica que a aluna teve uma percepção da Sequência de Ensino, na qual ela seguia etapas em todas as aulas. Pela fala da estudante, ela não tinha visto ainda aulas seguirem um cronograma de etapas. Era tão notório que, ao finalizar uma etapa, eles já sabiam qual seria a outra. Isso sugere que, para esses estudantes, ter uma visão clara do planejamento das aulas pode gerar mais segurança no processo educativo.

O comentário sobre a atividade de desenhar, revela como a possibilidade de expressão criativa dentro do aprendizado pode ser um diferencial, além de destacar a importância de variar os tipos de atividades para atingir diferentes estilos de aprendizagem. Por fim, a sugestão sobre questões do ENEM reflete uma preocupação com a aplicabilidade do conteúdo no contexto de avaliações externas e o desejo de se preparar de forma mais eficaz para esses exames, sinalizando que os alunos estão atentos aos desafios futuros e querem se sentir mais preparados para enfrentar tais provas. Assim como já possibilita ao longo da Sequência de Ensino EQE, fazer uso de questões de vestibulares na etapa 4, aderindo a sugestão proposta pelo estudante em aplicações futuras.

Dessa forma, em conformidade com todo o processo da Sequência de Ensino EQE, embasada nos princípios da Neurociência Educacional, pode-se concluir que a metodologia aplicada e a abordagem do tema revelaram-se adequadas ao contexto educacional, reafirmando a importância da Neurociência Educacional como aliada no processo de ensino-aprendizagem. A combinação de momentos de exploração e reflexão, aliados à aplicação de práticas que envolvem o aspecto emocional e cognitivo dos alunos, contribuiu substancialmente para a compreensão e o engajamento dos estudantes.

5. Considerações Finais

A Sequência de Ensino EQE (Exploração em Quatro Etapas), fundamentada nos princípios da Neurociência Educacional, mostrou-se promissora no contexto do ensino de Física, especialmente na Óptica Geométrica, conforme aplicada neste estudo com alunos do 3º ano do Ensino Médio de uma escola pública de Cedro-PE. Essa abordagem, propondo um método dinâmico que integra práticas experimentais, atividades interativas e quebras de rotina como a declamação de cordel, se mostrou como uma boa alternativa didática para estimular o aprendizado e a curiosidade dos alunos, indo além do método tradicional de ensino. Isto é, os elementos da neurociência educacional, como a valorização da emoção, atenção, memória e curiosidade, proporcionaram um ambiente de aprendizagem mais envolvente.

Foi possível perceber também que a incorporação de práticas como a quebra de rotina e o uso de recursos multimodais (imagens, vídeos, cordéis) contribuiu para a retenção e a compreensão dos conteúdos pelos alunos participantes, culminando em indícios de aprendizagem mais profunda. A sequência EQE também demonstrou ser uma ferramenta flexível, com potencial para ser aplicada em outras áreas das ciências, embora novas pesquisas sejam necessárias para confirmar essa adaptabilidade em diferentes contextos.

No geral, a intervenção pedagógica realizada apontou melhorias expressivas no desempenho dos alunos da turma investigada, tanto na compreensão dos conceitos de Óptica Geométrica quanto na capacidade de aplicar esses conhecimentos em situações cotidianas. As atividades experimentais, em particular, mostraram-se fundamentais para indícios de assimilação de conceitos abstratos, tornando-os mais acessíveis e relevantes para os estudantes.

Diante do exposto, os resultados obtidos neste estudo reforçam a importância de continuar investindo em metodologias que considerem as descobertas da neurociência, ao

mesmo tempo em que se reconhece a necessidade de novas investigações em diferentes realidades escolares para que os achados possam ser consolidados. Espera-se que este trabalho inspire futuras pesquisas e práticas educativas que integrem a neurociência educacional, contribuindo para o aprimoramento contínuo do ensino de Física e outras disciplinas.

Referências

- Amaral, A. L. N., & Guerra, L. B. (2020). Neurociência e educação: olhando para o futuro da aprendizagem. SESI/DN.
- Arcanjo, C. F., Silva, E. O., & Santos Ferreira, S. (2020). Neurociência e educação: nova percepção de ensino-aprendizagem. In *Psicologia em foco: temas contemporâneos* (pp. 130–143). Editora Científica Digital.
- Bartoszeck, A. B. (2006). Neurociência na educação. *Revista Eletrônica Faculdades Integradas Espírita*, 1, 1–6.
- Benfica, K. F. G., & Prates, K. H. G. (2020). As contribuições do uso de experimentos no ensino-aprendizado da física. *Brazilian Journal of Development*, 6(6), 33686–33703.
- BOGDAN, R., & BIKLEN, S. (1994). *Investigação qualitativa em educação: Uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto Editora.
- Boldrini, D., Barbosa, L. T., & Boldrini, T. (2019). A importância do ensino contextualizado no processo de aprendizagem. *Mundo Acadêmico*, 8.
- Brandão, A. S., & Caliato, S. G. (2019). Contribuciones de neuroeducación a la práctica pedagógica. *Revista Exitus*, 9(3), 521–547.
- Brasil. (2018). Base Nacional Comum Curricular. Ministério da Educação.
- Brockington, G. (2021). Neurociência e ensino de Física: limites e possibilidades em um campo inexplorado. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 43, e20200430.
- Carvalho, F. A. H. (2010). Neurociências e educação: uma articulação necessária na formação docente. *Trabalho, Educação e Saúde*, 8, 537–550.
- Cosenza, R., & Guerra, L. B. (2011). Neurociência e educação: como o cérebro aprende. Artmed.
- Costa, R. L. S. (2023). Neurociência e aprendizagens. *Revista Brasileira de Educação*, 28, e280010.
- Costa, S. T. P. (2024). Contribuições das neurociências para o ensino de Física [Trabalho de conclusão de curso]. Instituição não identificada.
- Creswell, J. W. (2010). *Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto* (M. Lopes, Trad.; 3ª ed.). Porto Alegre, RS: Artmed.
- Da Silva Rabelo, J. (2022). A neurociência na pesquisa e na formação de professores: uma revisão sistemática. *Revista Cocar*, 17(35).
- Eduarda Isabel Hübbe Pacheco et al. (2021). Poesia e cérebro: interfaces para o desenvolvimento da empatia. In *Anais do XIII Encontro Catarinense de Saúde Mental*. Galoá.

<https://proceedings.science/ecsm2021/trabalhos/poesia-e-cerebro-interfaces-para-o-desenvolvimento-da-empatia>

Fonseca, V. (2016). Importância das emoções na aprendizagem: uma abordagem neuropsicopedagógica. *Revista Psicopedagogia*, 33(102), 365–384.

Goes, K. S. (2023). Física e neurociência: uma proposta de oficina interdisciplinar no Ensino Médio [Dissertação]. Instituição não identificada.

Izquierdo, I. (2002). Memória. *Artmed*.

Januário, M. D. A., & Nobre, F. A. S. (2019). Estudando a relatividade restrita com folhetos de cordel científicos em formato de história em quadrinhos, através de uma sequência de ensino à luz da neurociência educacional. *Textos de Apoio ao Professor de Física*, 30(1).

Januário, M. D. A., & Nobre, F. A. S. (2023). Estudando a relatividade restrita com folhetos de cordel científicos em formato de história em quadrinhos, através de uma sequência de ensino à luz da neurociência educacional. *Revista Dynamis*, 29(1), 50–18.

Kochan, K. A. (2022). Dificuldades de aprendizagem em Física [Trabalho de conclusão de curso]. Instituição não identificada.

Minayo, M. C. S. (2014). O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde (14. ed.). Hucitec.

Monteiro, I. C. C., & Gaspar, A. (2005). Atividades experimentais de demonstração em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vigotski. *Investigações em Ensino de Ciências*, 10(2).

Mora, F. (2017). Neuroeducación: solo se puede aprender aquello que se ama. Alianza Editorial.

Moraes, J. U. P., & Junior, R. S. S. (2015). Experimentos didáticos no ensino de física com foco na aprendizagem significativa. *Latin-American Journal of Physics Education*, 9(2), 2504-1.

Rosat, R. M. et al. (2010). Emergência da neuroeducação: a hora e a vez da neurociência para agregar valor à pesquisa educacional. *Ciências & Cognição*, 15(1), 199–210.

Santos, M. D. L. et al. (2023). Contribuições da neurociência para a prática pedagógica de professores do ensino fundamental [Dissertação]. Instituição não identificada.

Silva, V. G. (2016). A importância da experimentação no ensino de química e ciências [Trabalho de conclusão de curso]. Instituição não identificada.

Yamazaki, S. C., & Yamazaki, R. M. O. (2014). Jogos para o ensino de física, química e biologia: elaboração e utilização espontânea ou método teoricamente fundamentado? *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, 7(1). <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/viewFile/1310/1225>

Zeman, A., Milton, F., Smith, A., & Rylance, R. (2013). By heart: An fMRI study of brain activation by poetry and prose. *Journal of Consciousness Studies*, 20(9–10), 132–158.