



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

CENTRO DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF

RONALDO DOS SANTOS RAMOS

**ÓPTICA NA PRÁTICA: PROMOVENDO A APRENDIZAGEM ATRAVÉS DE
EXPERIMENTOS ACESSÍVEIS NO ENSINO DE FÍSICA**

FORTALEZA

2025

RONALDO DOS SANTOS RAMOS

**ÓPTICA NA PRÁTICA: PROMOVENDO A APRENDIZAGEM ATRAVÉS DE
EXPERIMENTOS ACESSÍVEIS NO ENSINO DE FÍSICA**

Dissertação apresentada ao Curso de MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF do Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Nildo Loiola Dias.

FORTALEZA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R146Ó Ramos, Ronaldo dos Santos.

Óptica na prática: promovendo a aprendizagem através de experimentos acessíveis no ensino de Física /
Ronaldo dos Santos Ramos. – 2025.

120 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação
em Física, Fortaleza, 2025.

Orientação: Prof. Dr. Nildo Loiola Dias.

1. ensino de física. 2. óptica. 3. experimentos de baixo custo. 4. aprendizagem significativa. . 5. ensino
médio. I. Título.

CDD 530

RONALDO DOS SANTOS RAMOS

ÓPTICA NA PRÁTICA: PROMOVENDO A APRENDIZAGEM ATRAVÉS DE
EXPERIMENTOS ACESSÍVEIS NO ENSINO DE FÍSICA

Dissertação apresentada ao Curso de
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL
EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF do
Departamento de Física da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial à
obtenção do título de mestre em Ensino de
Física.

Aprovada em: 22 de setembro de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Nildo Loiola Dias (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. José Ramos Gonçalves
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Francisco Carlos Carneiro Soares
Salomão
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Dedico este trabalho aos meus pais, Raimundo Ramos do Amaral e Estela dos Santos Ramos, à minha esposa Maria Daiane Sampaio Moreira Ramos, e às minhas filhas Laura Vitória e Ana Ester, pelo amor, apoio e inspiração.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - código de financiamento 001.

Agradeço a Sociedade Brasileira de Física (SBF) e Universidade Federal do Ceará (UFC), pelo incentivo e pelas oportunidades oferecidas durante minha formação acadêmica.

Ao meu orientador, Nildo Loiola Dias, pelo conhecimento compartilhado, pela paciência e pelos valiosos conselhos.

Aos meus colegas e amigos, pelas trocas de ideias e pelo suporte nas horas difíceis.

E a todos que, de alguma forma, colaboraram para o sucesso deste estudo, meu muito obrigado.

RESUMO

O ensino de Física no Brasil, especialmente em escolas públicas, enfrenta desafios como a falta de interesse dos alunos e a dificuldade em compreender conceitos abstratos. Nesse contexto, este trabalho investiga a influência do uso de experimentos práticos e de baixo custo na aprendizagem de óptica na Escola de Ensino Médio em Tempo Integral Poeta Patativa do Assaré, da rede estadual do Ceará. O estudo inclui o desenvolvimento de uma sequência didática baseada em experimentação e sua aplicação em sala de aula. A sequência proposta consiste em cinco aulas de cem minutos cada, nas quais os alunos realizam experimentos sobre fenômenos ópticos, como reflexão, refração e formação de cores, em um sistema de rodízio de estações. O material inclui um guia para professores, com orientações detalhadas sobre os experimentos e sugestões de atividades complementares. Para avaliar a influência dos experimentos na aprendizagem, foram aplicadas atividades diagnósticas antes e depois da intervenção. Os resultados apontaram maior engajamento dos estudantes, confirmando o potencial dos experimentos de baixo custo como uma estratégia pedagógica.

Palavras-chave: ensino de física; óptica; experimentos de baixo custo; aprendizagem significativa; ensino médio.

ABSTRACT

The teaching of Physics in Brazil, especially in public schools, faces challenges such as students' lack of interest and the difficulty in understanding abstract concepts. In this context, this work investigates the influence of using practical and low-cost experiments on the learning of optics at the Full-Time High School Poeta Patativa do Assaré, part of the state education network of Ceará. The study includes the development of a didactic sequence based on experimentation and its application in the classroom. The proposed sequence consists of five classes of one hundred minutes each, in which students perform experiments on optical phenomena such as reflection, refraction, and color formation, organized in a station-rotation system. The material includes a teacher's guide with detailed instructions on the experiments and suggestions for complementary activities. To evaluate the influence of the experiments on learning, diagnostic activities were applied before and after the intervention. The results indicated a significant improvement in the understanding of optics concepts and greater student engagement, highlighting the potential of low-cost experiments as an effective teaching strategy.

Keywords: physics teaching; optics; low-cost experiments; meaningful learning; high school.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Reflexão parcial e refração parcial de um raio luminoso em dois meios.	20
Figura 2 – Espelhos Planos	23
Figura 3 – Elementos principais dos espelhos esféricos	24
Figura 4 – Raio de luz na direção do foco	24
Figura 5 – Raio de luz paralelo ao eixo principal.....	25
Figura 6 – Raio de luz na direção do centro de curvatura.....	25
Figura 7 – Raio de luz na direção do vertice.....	26
Figura 8 – Formação da imagem em um espelho convexo.....	26
Figura 9 – Imagem formada com o objeto além do centro de curvatura.	27
Figura 10 – Imagem formada com o objeto no centro de curvatura.	27
Figura 11 – Imagem formada com o objeto entre o centro e o foco.	28
Figura 12 – Situação em que o objeto está no foco.	28
Figura 13 – Imagem formada com o objeto entre o foco e o vértice.	29
Figura 14 – Objeto além do ponto antiprincipal ($d_o > 2f$): imagem real, invertida e menor	31
Figura 15 – Objeto sobre o ponto antiprincipal ($d_o = 2f$): imagem real, invertida e de mesmo tamanho.....	32
Figura 16 – Objeto entre o foco e o ponto antiprincipal ($f < d_o < 2f$): imagem real, invertida e maior.....	32
Figura 17 – Objeto sobre o foco ($d_o = f$): não se forma imagem (raios paralelos após a lente).	33
Figura 18 – Objeto entre o foco e a lente ($d_o < f$): imagem virtual, direita e maior. 34	34
Figura 19 – Esquema de formação de imagem por lente divergente: o objeto real (seta azul) e a imagem virtual, direita e menor (seta vermelha).....	35
Figura 20 – Representação esquemática da lente delgada com superfícies de raios de curvatura R_1 e R_2 , indicando os índices de refração do meio e da lente.	36
Figura 21 – Participação dos alunos nos experimentos.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Respostas agrupadas da questão 5 – Questionário inicial.....	62
Tabela 2 - Respostas agrupadas da questão 6 – Questionário inicial.....	63
Tabela 3 - Respostas agrupadas da questão 7 – Questionário inicial.....	63
Tabela 4 - Respostas agrupadas da questão 8 – Questionário inicial.....	64
Tabela 5 - Respostas agrupadas da questão 9 – Questionário inicial.....	64
Tabela 6 - Respostas agrupadas da questão 6 – Questionário final	73
Tabela 7 - Respostas agrupadas da questão 7 – Questionário final	74
Tabela 8 - Respostas agrupadas da questão 8 – Questionário final	75

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resposta da questão 1 – Questionário inicial	61
Gráfico 2 - Resposta da questão 2 – Questionário inicial	61
Gráfico 3 - Resposta da questão 3 – Questionário inicial	61
Gráfico 4 - Resposta da questão 4 – Questionário inicial	62
Gráfico 5 - Resposta da questão 10 – Questionário inicial	65
Gráfico 6 - Resposta da questão 11 – Questionário inicial	65
Gráfico 7 - Resposta da questão 12 – Questionário inicial	66
Gráfico 8 - Resposta da questão 13 – Questionário inicial	66
Gráfico 9 - Resposta da questão 14 – Questionário inicial	67
Gráfico 10 - Resposta da questão 15 – Questionário inicial	67
Gráfico 11 - Resposta da questão 16 – Questionário inicial	68
Gráfico 12 - Resposta da questão 1 – Questionário final	70
Gráfico 13 - Resposta da questão 2 – Questionário final	71
Gráfico 14 - Resposta da questão 3 – Questionário final	71
Gráfico 15 - Resposta da questão 4 – Questionário final	72
Gráfico 16 - Resposta da questão 5 – Questionário final	72

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	FUNDAMENTOS DE ÓPTICA.....	14
2.1	Natureza da Luz	14
2.2	A velocidade da luz.....	16
2.3	Os princípios da óptica geométrica	17
2.3.1	Conceitos Básicos	17
2.3.2	Propagação retilínea da Luz	18
2.4	Reflexão e Refração	19
2.4.1	Leis da Reflexão e da Refração	19
2.4.2	Reflexão Total Interna	21
2.4.3	Imagens Ópticas	21
2.4.3.1	Espelhos Planos.....	22
2.4.3.2	Espelhos Esféricos	23
2.4.3.3	lentes	30
2.5	Aplicações da Óptica	36
3	APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL	38
3.1	Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel	38
3.1.1	Princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa.....	40
3.1.1.1	Conhecimento Prévio e tipos de Aprendizagem	40
3.1.1.2	Uso de Organizadores Prévios	42
3.1.1.3	Condições de aprendizagem.....	44
3.1.1.4	Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integradora	46
3.1.2	Relevância dessa teoria para o Ensino de Física.....	48
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	50
4.1	Abordagens metodológicas e objetivos educacionais	50
4.2	Impactos observados e contribuições pedagógicas	52
4.3	Aportes complementares da literatura acadêmica	52
4.4	Considerações finais.....	53
5	METODOLOGIA	55
5.1	Elaboração do produto educacional.....	55

5.2	Aplicação do produto educacional.....	56
5.3	Pesquisa	57
6	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	60
6.1	Primeiro Questionário.....	60
6.2	Observações Durante a Aplicação do Produto Educacional.....	68
6.3	Avaliação Após a Implementação do Produto Educacional.....	70
6.4	Comparação dos Resultados	74
7	CONCLUSÃO.....	77
	REFERÊNCIAS	78
	APÊNDICE A -QUESTIONÁRIOS DE PESQUISA.....	81
	APÊNDICE B -PRODUTO EDUCACIONAL	85

1 INTRODUÇÃO

O ensino de física no Brasil, principalmente em escolas públicas, tem enfrentado vários desafios. Um desses desafios, segundo Moreira (2021), é o uso excessivo de aulas expositivas focadas na aprendizagem mecânica e na preparação para provas, sem dar a devida importância à aprendizagem significativa dos conceitos de física.

Especificamente nas aulas de óptica, muitos estudantes se deparam com obstáculos ao tentar assimilar os aspectos abstratos do assunto, como a natureza das ondas de luz e os cálculos matemáticos envolvidos na refração e reflexão da luz. Além disso, relacionar os princípios ópticos com situações do cotidiano pode ser uma tarefa desafiadora para eles. Essas dificuldades frequentemente resultam na perda do interesse dos alunos por esse assunto. Para superar esses desafios, é preciso adotar abordagens pedagógicas que incorporem experimentos práticos, demonstrações visuais e exemplos do mundo real, tornando o ensino de óptica mais envolvente e acessível aos estudantes.

A utilização de experimentos de baixo custo no ensino de física é uma prática que tem ganhado destaque nas últimas décadas. Essa abordagem proporciona uma série de benefícios notáveis ao processo de ensino-aprendizagem. Por exemplo, tais experimentos estimulam a curiosidade e a motivação dos alunos, promovem uma aprendizagem mais eficaz e desenvolvem habilidades práticas essenciais.

Por meio do uso de materiais de baixo custo, é viável realizar experimentos relacionados aos fenômenos físicos nas áreas da mecânica, óptica, eletricidade, magnetismo, hidrostática, termologia e física moderna. Esses experimentos não apenas permitem a verificação dos conceitos apresentados nas aulas teóricas, mas também contribuem para o desenvolvimento das habilidades práticas dos (Silva e Leal, 2017).

Com o intuito de melhorar o ensino de óptica, o principal objetivo deste trabalho é desenvolver, aplicar e avaliar um produto educacional composto de uma sequência didática, acompanhada por um conjunto de experimentos práticos e de baixo custo, para o ensino de óptica, visando superar os desafios enfrentados no ensino dessa disciplina, principalmente em escolas públicas.

Este produto educacional é composto por uma sequência de cinco aulas, cada uma com cem minutos de duração, o que equivale a duas aulas semanais, nas quais foram realizados um ou mais experimentos práticos. O desenvolvimento do

projeto envolveu, inicialmente, uma pesquisa bibliográfica sobre o ensino de Física, com foco em óptica, além de uma análise do uso de sequências didáticas e experimentos práticos no processo de ensino-aprendizagem. Também foram aplicados questionários para identificar os principais obstáculos enfrentados pelos alunos no estudo de óptica. No decorrer das aulas foi realizada uma avaliação do impacto dessas atividades na motivação e no desempenho dos estudantes.

O principal objetivo deste trabalho é apresentar uma sequência didática baseada em experimentos práticos de baixo custo e oferecer recomendações para sua aplicação no ensino de óptica. Busca-se, assim, propor uma abordagem mais dinâmica e acessível para o aprendizado desse conteúdo, buscando não apenas facilitar a compreensão dos alunos, mas também despertar o interesse e aumentar o engajamento deles nas aulas. A proposta é tornar o aprendizado mais significativo, ajudando os estudantes a entenderem os conceitos de forma mais concreta e a desenvolverem habilidades práticas importantes. Além disso, as recomendações visam apoiar os professores na adaptação e aplicação dessa sequência didática, levando em consideração as realidades e os desafios do ensino em escolas públicas e privadas.

2 FUNDAMENTOS DE ÓPTICA

A ótica é um ramo da física dedicado à investigação da luz e dos fenômenos a ela associados. Seu campo de estudo engloba a análise da propagação luminosa, das interações da luz com a matéria e das implicações para a visão humana e para dispositivos ópticos. No decorrer deste capítulo, serão explorados os princípios fundamentais da ótica, compreendendo tanto a natureza intrínseca da luz quanto os principais fenômenos ópticos, levando em conta a trajetória histórica desses conceitos e suas aplicações no mundo moderno.

2.1 Natureza da Luz

Desde a antiguidade, a humanidade tem buscado compreender a natureza da luz. Segundo Rooney (2013), os filósofos gregos desenvolveram a crença de que os olhos emitiam uma espécie de raio para visualizar os objetos circundantes. De acordo com a autora, essa teoria explicava que os olhos funcionavam como lanternas, irradiando feixes de luz que alcançavam os objetos, tornando-os visíveis. Euclides posteriormente adotou essa ideia, iniciando estudos ópticos por meio da geometria e estabelecendo relações entre o tamanho dos objetos e a distância, formulando a lei da reflexão com ângulos de incidência e reflexão iguais. (Rooney, 2013) e (Martins e Silva, 2015).

Rooney (2013) também afirma que durante a Idade Média, estudiosos islâmicos como Ibn al-Haytham, Qutb al-Din al-Shirazi e Kamal al-Din al-Farisi propuseram que a visão ocorria através da luz que emanava dos objetos e chegava aos olhos, contrariando a visão dos gregos e que paralelamente, o professor alemão Theodoric de Freiburg usou uma esfera de água para demonstrar que um arco-íris é gerado quando a luz solar passa pela água, envolvendo reflexão e refração. Essas contribuições foram fundamentais para o entendimento desse fenômeno natural.

Nos séculos XVI e XVII, surgiram novas discussões sobre a verdadeira natureza da luz. De um lado, o físico inglês Isaac Newton propôs que a luz se comporta como corpúsculos, viajando em linha reta até atingir os olhos e outros objetos. Essa teoria explicava bem fenômenos como a reflexão e a refração da luz, onde os corpúsculos seriam responsáveis por colidir com as superfícies e mudar de direção.

Por outro lado, o cientista holandês Christiaan Huygens defendia a teoria das ondas da luz, argumentando que a luz era composta por vibrações que se propagavam em todas as direções através de um meio chamado "éter luminífero". Essa teoria também conseguia explicar vários fenômenos ópticos, como a difração e a interferência. A rivalidade entre essas duas teorias persistiu por muitos anos, até que, no início do século XIX, a Experiência de Dupla Fenda de Thomas Young colocou em xeque a teoria de Newton. O Experimento mostrou que a luz exibia um padrão de interferência quando passava por duas fendas estreitas e só poderia ser explicado se a luz fosse tratada como uma onda, contradizendo as ideias corpusculares de Newton.

Quando Maxwell formulou as equações do campo eletromagnético, percebeu a existência de ondas eletromagnéticas que se propagavam com a mesma velocidade que a luz, isso sugeriu uma conexão entre o eletromagnetismo e a luz, fenômenos que anteriormente eram considerados separados. Nesse mesmo período, O experimento de Michelson-Morley comprovou a não existência do éter, dando a ideia de que a luz poderia se propagar pelo vácuo.

As contribuições de Max Planck, Albert Einstein e Louis de Broglie foram cruciais para a compreensão da natureza da luz e da relação entre a luz e a matéria no início do século XX. Cada um desses cientistas trouxe ideias inovadoras que desempenharam um papel fundamental na revolução da física. Planck introduziu a ideia de quantização de energia, fundamentando a teoria quântica. Einstein explicou o efeito fotoelétrico, demonstrando a dualidade partícula-onda da luz e a existência de fôtons. De Broglie sugeriu que partículas como elétrons também exibem propriedades de onda, lançando as bases para a mecânica quântica e estabelecendo um novo paradigma na física que influenciou profundamente nossa compreensão da realidade subatômica e conduziu a tecnologias quânticas.

Atualmente, a teoria predominante é que a luz mostra um comportamento dual, agindo como partícula e onda conforme o cenário. Essa ideia unificou a mecânica com o eletromagnetismo, impulsionou avanços tecnológicos e permanece com o desafio de compreender a natureza fundamental da luz e do universo.

2.2 A velocidade da luz

Historicamente, a velocidade da luz foi objeto de muitos debates e especulações. Na Grécia antiga, filósofos e pensadores tentaram compreender a natureza da luz e sua propagação. Alguns acreditavam que a velocidade da luz era infinita, enquanto outros argumentavam que era finita, embora muito alta. No entanto, os registros históricos são limitados, e muitos detalhes podem ter se perdido ao longo do tempo.

Uma das primeiras tentativas de calcular a velocidade da luz foi feita por Galileu Galilei no século XVII. Ele propôs um experimento com dois observadores posicionados a uma milha de distância um do outro, cada um com uma lanterna coberta. O primeiro observador revelaria sua lanterna e, assim que o segundo observador visse a luz da lanterna, ele também revelaria a sua. Galileu acreditava que, ao medir o tempo que levava para a luz viajar da primeira lanterna até a segunda, seria possível calcular a velocidade da luz. No entanto, esse experimento foi um fracasso, pois o tempo que a luz leva para percorrer essa distância é imperceptível, dando a impressão de que a velocidade da luz é extremamente alta ou infinita. (Einstein e Infeld, 2008)

A primeira medição bem-sucedida da velocidade da luz foi realizada pelo astrônomo dinamarquês Ole Romer em 1676. Enquanto estudava as luas de Júpiter, Romer observou variações no tempo que essas luas levavam para se mover, relacionando isso à posição da Terra em sua órbita. Ele concluiu que a luz tinha uma velocidade finita e estimou que levaria cerca de 22 minutos para atravessar a distância equivalente ao diâmetro da órbita da Terra.

O físico francês Louis Fizeau realizou a primeira medição da velocidade da luz de forma não astronômica. Ele utilizou um aparelho no qual a luz refletia em um espelho semitransparente, passava por um conjunto de lentes e refletia novamente em outro espelho localizado a 8.633 metros de distância. A luz era então focalizada nos dentes de uma roda dentada. Ajustando a frequência de rotação dessa roda, foi possível medir o tempo que a luz levava para ir ao segundo espelho e retornar, encontrando o valor de $3,13 \cdot 10^8$ m/s. Esse experimento foi aprimorado por Foucault e Michelson, substituindo a roda dentada por um espelho giratório, o que resultou em valores ainda mais precisos da velocidade da luz. (Tipler e Mosca, 2009), (Halliday e Resnick, 1987) e (Silva, 2002).

Hoje, sabe-se que a velocidade da luz é definida como a velocidade máxima que a luz, ou qualquer outra onda eletromagnética, pode atingir no vácuo, representada pela letra "c", e cujo valor é definido em 299.792.458 m/s. Esse valor é uma constante fundamental da física, especialmente porque, na Teoria da Relatividade, desenvolvida por Albert Einstein, ficou demonstrado que a velocidade da luz é a velocidade máxima possível no universo, reformulando os conceitos de espaço, tempo e gravidade.

2.3 Os princípios da óptica geométrica

2.3.1 Conceitos Básicos

A óptica ensinada tanto no ensino médio quanto na graduação, por questões didáticas, é dividida entre óptica física, onde se estuda os fenômenos relacionados à natureza ondulatória da luz, e a óptica geométrica que trata dos fenômenos ligados à natureza corpuscular e define a propagação da luz como um elemento geométrico. (Nussenzveig, 2014) e (Filho e Silva, 2016).

A luz provém de fontes luminosas, que são classificadas em primárias, responsáveis pela emissão de luz, e secundárias, que refletem a luz. Quando as dimensões dessas fontes são desprezíveis em relação àquilo que é observado, elas são categorizadas como fontes pontuais ou puntiformes; caso contrário, são consideradas fontes de luz extensas. Os raios luminosos são representados graficamente por segmentos de reta que indicam tanto a direção quanto o sentido de propagação da luz. Um conjunto destes raios é denominado feixe luminoso, o qual pode exibir um comportamento cônico (convergente ou divergente) ou paralelo. (Filho e Silva, 2016) e (Godoy *et al.*, 2020).

De acordo com Filho e Silva (2016), a óptica geométrica se baseia em três princípios: o princípio da propagação retilínea, que sustenta que em meio homogêneo e transparente, os raios de luz originados de uma fonte luminosa seguirão trajetórias em linha reta até interagirem com objetos ou serem observados; o princípio da independência, que se refere à capacidade da luz de se propagar independentemente umas das outras; e o princípio da reversibilidade, que indica que os raios de luz podem percorrer o mesmo caminho em ambas as direções.

2.3.2 Propagação retilínea da Luz

A teoria corpuscular da luz oferece uma explicação simplificada da propagação retilínea da luz. Nela, os raios de luz são representados como trajetórias seguidas pelas partículas de luz à medida que se deslocam através do espaço. Por outro lado, a teoria ondulatória da luz oferece uma compreensão mais abrangente da propagação da luz. De acordo com Tipler e Mosca (2009), a luz se propaga como uma onda eletromagnética, e esse processo é descrito pela Equação de Onda. Esta equação descreve a forma como as perturbações no campo elétrico e no campo magnético se propagam no espaço.

As equações de onda para o campo elétrico (E) e o campo magnético (B) no vácuo, segundo Tipler e Mosca (2009), são dadas por:

$$\frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} = c^2 \nabla^2 \mathbf{E} \quad (2.1)$$

$$\frac{\partial^2 \mathbf{B}}{\partial t^2} = c^2 \nabla^2 \mathbf{B} \quad (2.2)$$

As equações de ondas eletromagnéticas de Maxwell, que são parte da Teoria das Ondas Eletromagnéticas de Maxwell, foram publicadas por volta de 1865. No entanto, muito antes disso, outras teorias já eram utilizadas para explicar a propagação da luz.

O Princípio de Huygens afirma que cada ponto de uma frente de onda em um dado instante age como uma fonte de ondas secundárias. Essas ondas secundárias se propagam em todas as direções a partir desses pontos e interferem entre si para formar uma nova frente de onda. Esse processo de interferência construtiva e destrutiva resulta na propagação da onda em uma determinada direção. O Princípio de Fermat, por sua vez, estabelece que a luz segue o caminho que requer o menor tempo para se deslocar de um ponto a outro. Isso significa que a luz segue uma trajetória ótica que minimiza o tempo de propagação entre dois pontos. Esse princípio é fundamental na óptica geométrica e na explicação de fenômenos como a reflexão e a refração da luz. (Nussenzveig, 2014) e (Tipler e Mosca, 2009).

No início do século XX, ainda se acreditava na existência do "éter" que preenchia o espaço e era considerado necessário para a propagação das ondas eletromagnéticas, como a luz. A contestação experimental da existência do éter trouxe um grande desafio para a teoria ondulatória. No entanto, a Teoria da Relatividade Especial de Einstein, publicada em 1905, revolucionou nossa compreensão da física. Esta teoria postulou que as leis da física são as mesmas em todos os referenciais inerciais e que a velocidade da luz no vácuo é uma constante universal que não depende do movimento relativo entre a fonte de luz e o observador. Portanto, não era necessário postular a existência de um éter para a propagação da luz.

2.4 Reflexão e Refração

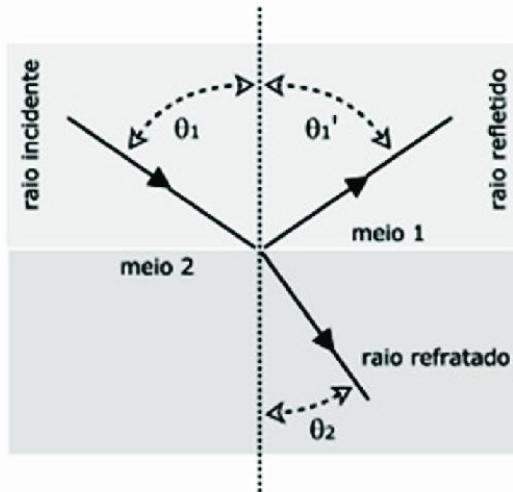
2.4.1 Leis da Reflexão e da Refração

A velocidade de propagação da luz depende do meio em que ela se propaga, e essa dependência é descrita pelo índice de refração (n) do meio, definido como a razão entre a velocidade da luz no vácuo (c) e a velocidade da luz no meio (v). Isso é expresso pela equação:

$$n = \frac{c}{v} \quad (2.3)$$

Quando um raio de luz incide na interface entre dois meios, observa-se que parte dessa luz é refletida, retornando ao meio inicial com a mesma velocidade, enquanto outra parte é refratada, penetrando no segundo meio e alterando sua velocidade e trajetória, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Reflexão parcial e refração parcial de um raio luminoso em dois meios.



Fonte: (Caetano *et al.*, 2014)

A reflexão da luz obedece a duas leis fundamentais. A primeira estabelece que o raio incidente, a reta normal — linha imaginária perpendicular à superfície no ponto de incidência — e o raio refletido estão sempre no mesmo plano.

A Segunda Lei da Reflexão, que segundo Rooney (2013), foi formulada por Euclides no século III a.C., afirma que o ângulo de incidência (θ_1) é igual ao ângulo de reflexão (θ'_1) quando uma onda luminosa atinge uma superfície refletora, conforme a Equação 2.4. Ambos os ângulos são medidos em relação à reta normal, o que facilita a análise dos fenômenos ópticos ao fornecer uma referência precisa para a medição.

$$\theta_1 = \theta'_1 \quad (2.4)$$

Dependendo do tipo de superfície a reflexão pode ser especular que ocorre em superfícies lisas e reflete a luz em uma única direção específica, como exemplo, um espelho refletindo uma imagem nítida, ou difusa, que ocorre em superfícies irregulares, refletindo a luz em direções aleatórias, como uma parede texturizada refletindo a luz solar.

A Lei da Refração, também obedece duas leis a primeira é idêntica a primeira lei da reflexão, onde o raio incidente, a reta normal e o raio refratado estão sempre no mesmo plano. Já a segunda é conhecida como Lei de Snell-Descartes, proposta por Pierre de Fermat em 1662 e posteriormente desenvolvida por René Descartes, descreve como a luz se comporta ao passar de um meio (meio 1) para outro (meio 2),

relacionando os ângulos de incidência (θ_1) e refração (θ_2) com os índices de refração dos meios (n_1 e n_2) pela equação 2.5.

$$n_1 \cdot \sin(\theta_1) = n_2 \cdot \sin(\theta_2) \quad (2.5)$$

2.4.2 Reflexão Total Interna

Quando a luz passa de um meio com um índice de refração maior para um meio com um índice de refração menor, existe um ângulo de incidência limite, o qual ocorre a chamada "reflexão total interna". Esse ângulo limite é conhecido como "ângulo crítico" (θ_c)

O ângulo crítico é o ângulo de incidência no qual o ângulo de refração se tornaria 90 graus, ou seja, a luz se refrataria tangencialmente à superfície de separação entre os dois meios. Para calcular esse ângulo critico usa-se a expressão 2.6.

$$\sin(\theta_c) = \frac{n_{\text{meio menor índice}}}{n_{\text{meio maior índice}}} \quad (2.6)$$

Quando o ângulo de incidência é maior ou igual ao ângulo crítico, a luz não se refrata para o meio de menor índice de refração; em vez disso, ocorre a reflexão total interna, e toda a luz é refletida de volta para o meio de maior índice de refração.

2.4.3 Imagens Ópticas

A formação de imagens em espelhos e lentes obedece aos princípios da óptica geométrica e depende da interação da luz com esses dispositivos. Uma imagem pode ser caracterizada como real quando é formada pela convergência ou cruzamento de raios de luz. Por outro lado, uma imagem é considerada virtual quando é formada pelo prolongamento desses raios de luz, após divergirem de um ponto localizado onde a luz não chega fisicamente.

Essa definição de real e virtual é amplamente utilizada para compreender o comportamento da luz ao passar por espelhos e lentes, e já era usada pelo físico e matemático grego Euclides, cerca de 300 a.C, mas foi discutida e elaborada por cientistas posteriores, como Alhazen (também conhecido como Ibn al-Haytham) no

século X, e por estudiosos europeus durante a Renascença, como Johannes Kepler e René Descartes. (Rooney, 2013).

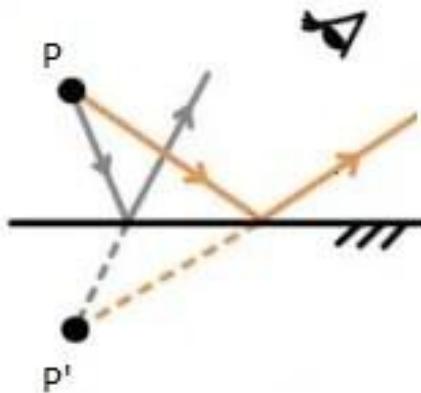
A formação da imagem por um espelho ou lente é governada por princípios físicos fundamentais. Uma imagem é considerada direta quando não há inversão vertical em relação ao objeto, enquanto uma imagem invertida ocorre quando essa inversão acontece. Em geral, a imagem de um objeto real pode ser classificada como real e invertida, ou virtual e direita. Quando há inversão horizontal, em que o lado esquerdo se torna direito e vice-versa, a imagem é chamada de reversa ou enantiomórfica, destacando a alteração na disposição lateral dos elementos da imagem em relação ao objeto original.

2.4.3.1 *Espelhos Planos*

Os espelhos planos são elementos ópticos simples que obedecem ao princípio de Fermat (Nussenzveig, 2014). A reflexão que ocorre nesses é especular, ou seja, a luz refletida segue um padrão regular, obedecendo às leis da reflexão.

Para formar a imagem, a luz que provém de um objeto localizado no ponto P da Figura 2 é refletida no espelho e direcionada ao observador. Os raios refletidos são direcionados como se parecessem divergir de um ponto P' da mesma figura, localizado atrás desse espelho. A imagem formada por um espelho plano tem sempre o mesmo tamanho do objeto e está localizada em um ponto equidistante do espelho em relação ao objeto. É virtual, pois é produzida a partir do prolongamento dos raios refletidos, e reversa.

Figura 2 – Espelhos Planos



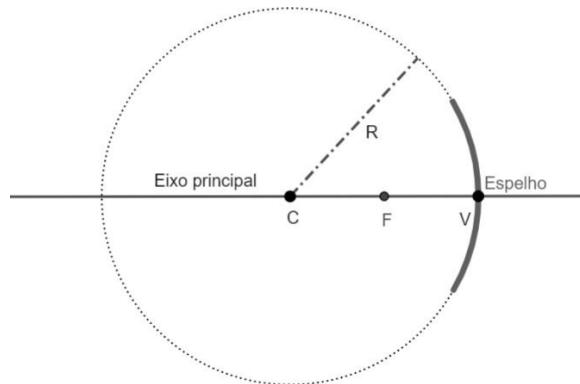
Fonte: o autor

2.4.3.2 *Espelhos Esféricos*

Os espelhos esféricos são superfícies polidas na forma de calotas esféricas, onde ocorre reflexão especular. O lado interno dessas calotas é chamado de côncavo, e o lado externo é chamado de convexo. Nos espelhos côncavos, quando raios de luz incidem paralelamente ao eixo principal, os raios refletidos convergem para um ponto focal chamado de foco real, porque os raios realmente se encontram nele. Nos espelhos convexos, os raios refletidos parecem divergir de um ponto focal virtual localizado atrás do espelho.

Os elementos principais são o centro de curvatura (C), o foco (F) e o vértice (V), mostrados na figura 3 . A distância focal, entre o V e F, é igual à metade do raio de curvatura do espelho, distância entre V e C.

Figura 3 – Elementos principais dos espelhos esféricos

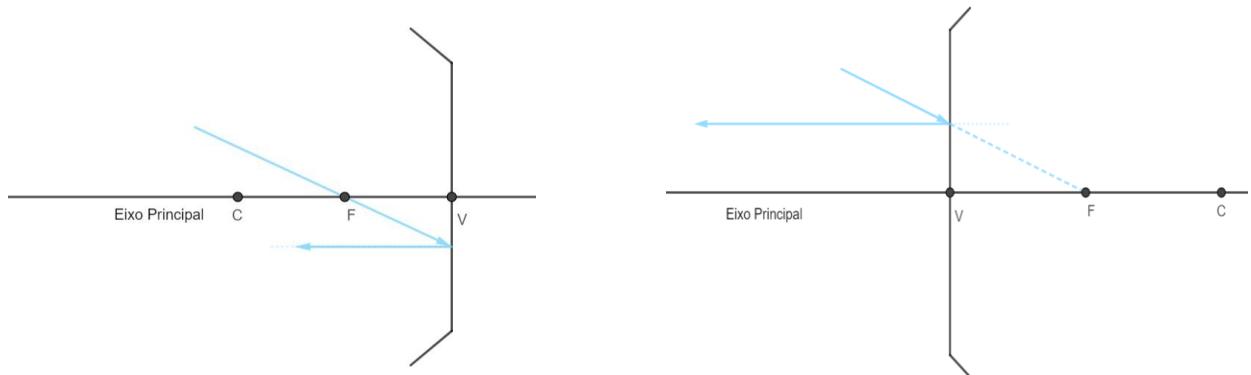


Fonte: o autor

A imagem formada por esses espelhos é encontrada onde ocorre a interseção dos chamados raios notáveis, que têm a seguinte configuração tanto para o espelho côncavo quanto para os espelhos convexos:

- Quando um raio de luz incide na direção do foco, ele é refletido paralelamente ao eixo principal, como mostra a Figura 4;

Figura 4 – Raio de luz na direção do foco



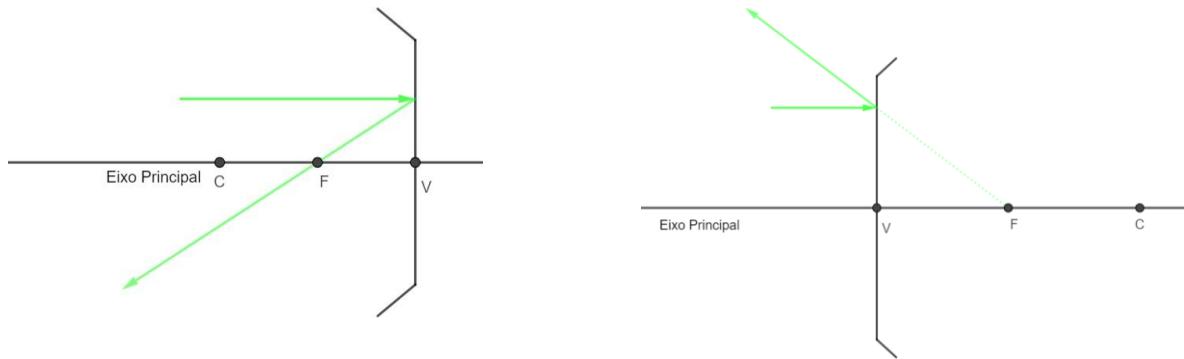
(a) Raio de luz incidindo na direção do foco em um espelho côncavo

(b) Raio de luz incidindo na direção do foco em um espelho convexo

Fonte: o autor

- Quando um raio incide paralelamente ao eixo principal, ele é refletido na direção do foco, como mostra a Figura 5;

Figura 5 – Raio de luz paralelo ao eixo principal



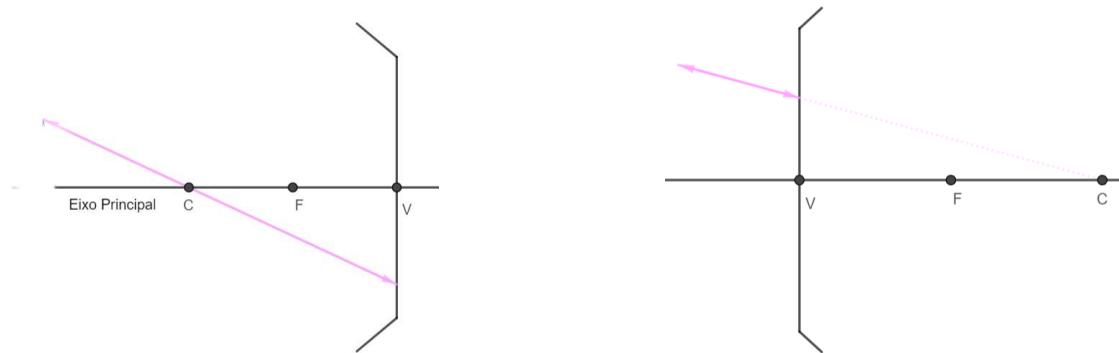
(a) Raio de luz incidindo paralelamente ao eixo principal em um espelho côncavo

(b) Raio de luz incidindo paralelamente ao eixo principal em um espelho convexo

Fonte: o autor

- Quando um raio incide na direção do centro de curvatura, ele é refletido sobre si mesmo, como mostra a Figura 6;

Figura 6 – Raio de luz na direção do centro de curvatura



(a) Raio de luz incidindo na direção do centro de curvatura, em um espelho convexo

(b) Raio de luz incidindo na direção do centro de curvatura, em um espelho convexo

Fonte: o autor

- Quando um raio incide na direção do vértice, ele é refletido com o mesmo ângulo em relação ao eixo principal, como mostra a Figura 7.

Figura 7 – Raio de luz na direção do vertice



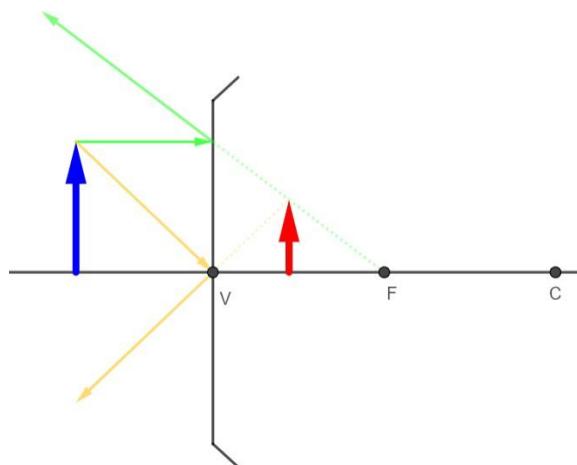
(a) Raio de luz incidindo na direção do vértice de um espelho côncavo

(b) Raio de luz incidindo na direção do vértice de um espelho convexo

Fonte: o autor

As características das imagens formadas pelos espelhos esféricos dependem da posição do objeto em relação ao espelho. A imagem de um objeto real gerada por um espelho convexo é sempre virtual, direita e de tamanho menor, como mostrado na Figura 8, onde a seta azul representa o objeto e a seta vermelha representa a imagem.

Figura 8 – Formação da imagem em um espelho convexo.

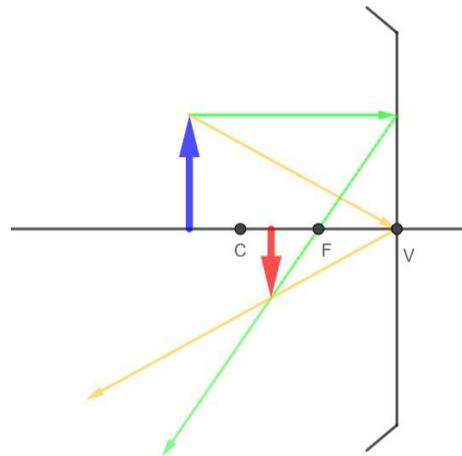


Fonte: o autor

Já nos espelhos côncavos, a imagem formada depende da posição do objeto:

1. Quando o objeto é colocado além do centro de curvatura, a imagem é real, invertida e menor do que o objeto, como mostrado na Figura 9.

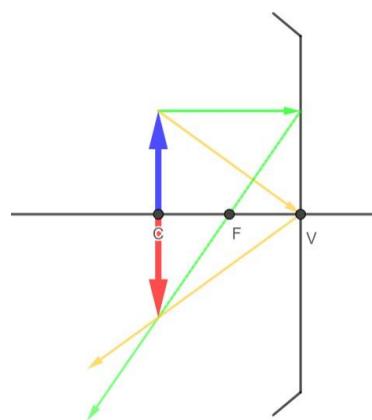
Figura 9 – Imagem formada com o objeto além do centro de curvatura.



Fonte: o autor

2. Quando o objeto é colocado no centro de curvatura, a imagem é real, invertida e do mesmo tamanho do objeto, como mostrado na Figura 10.

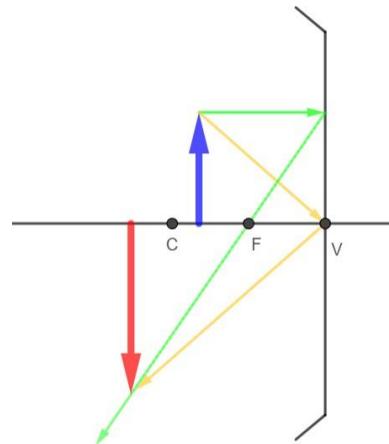
Figura 10 – Imagem formada com o objeto no centro de curvatura.



Fonte: o autor

3. Quando o objeto é colocado entre o centro e o foco, a imagem é real, invertida e maior do que o objeto, como mostrado na Figura 11.

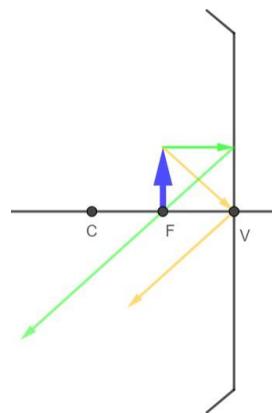
Figura 11 – Imagem formada com o objeto entre o centro e o foco.



Fonte: o autor

4. Quando o objeto é colocado no foco, ocorre uma imagem imprópria, pois os raios refletidos não se encontram, ou seja, não se forma uma imagem nítida, como mostrado na Figura 12.

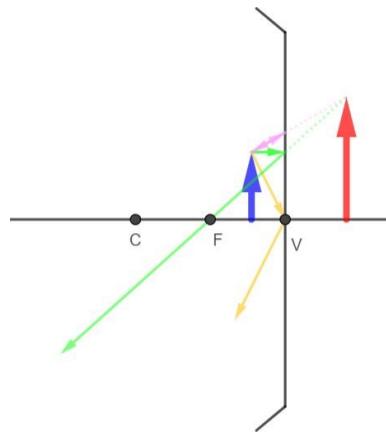
Figura 12 – Situação em que o objeto está no foco.



Fonte: o autor

5. Quando o objeto é colocado entre o foco e o vértice, a imagem é virtual, direita e maior do que o objeto, como mostrado na Figura 13.

Figura 13 – Imagem formada com o objeto entre o foco e o vértice.



Fonte: o autor

A equação 2.7 é conhecida como equação de Gauss e descreve a relação entre a distância focal de um espelho esférico (f), a distância do objeto (d_o) e a distância da imagem (d_i).

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} \quad (2.7)$$

Essa equação é usada para calcular a posição da imagem formada por espelhos esféricos ou por lentes delgadas.

A equação 2.8 relaciona o aumento produzido pelo espelho com as posições da imagem e do objeto. Ela é definida como a razão entre a altura da imagem (h_i) e a altura do objeto (h_o), e também pode ser expressa pela razão entre as distâncias da imagem (d_i) e do objeto (d_o) em relação ao espelho:

$$A = \frac{h_i}{h_o} = \frac{d_i}{d_o} \quad (2.8)$$

Os espelhos esféricos são utilizados em diversas aplicações. Por exemplo, os espelhos retrovisores de automóveis e os espelhos de segurança em lojas são convexos, pois ampliam o campo visual, permitindo que os motoristas vejam uma área maior ao redor de seus veículos e que os funcionários das lojas tenham uma visão mais abrangente da área de vendas para fins de segurança. Por outro lado, os espelhos côncavos são usados por dentistas para obter uma visão ampliada da cavidade oral

de seus pacientes, por maquiadores para se concentrar em detalhes de maquiagem e em telescópios para aumentar o tamanho das imagens astronômicas, permitindo a observação de objetos distantes com maior detalhamento.

2.4.3.3 *lentes*

De acordo com Godoy *et al.* (2020), as lentes são dispositivos ópticos transparentes com superfícies curvas que são usadas para focar ou desviar a luz. Elas são componentes essenciais em muitos dispositivos ópticos, como óculos, microscópios, telescópios, câmeras, lupas e instrumentos médicos. As lentes são feitas de materiais transparentes, como vidro ou plástico, e podem ter diversas formas e propriedades ópticas.

Existem dois tipos principais de lentes. As lentes convergentes têm um corpo mais espesso no centro e as bordas mais finas. Elas convergem os raios de luz que passam por elas para um ponto focal real ou virtual e são usadas para formar imagens reais e são comuns em sistemas ópticos que precisam ampliar ou focar a luz, como em binóculos, câmeras e telescópios. As lentes divergentes têm um corpo mais fino no centro e mais espesso nas bordas. Elas divergem os raios de luz que passam por elas e criam uma imagem virtual que parece vir de um ponto de fuga e são frequentemente usadas para corrigir defeitos visuais, como miopia (dificuldade em enxergar objetos distantes). (Sampaio, 1985)

A formação de imagens por lentes varia conforme o tipo de lente – convergente ou divergente – e a posição relativa do objeto em relação a ela. Conforme Filho e Silva (2016), as lentes convergentes possuem a capacidade de focalizar os raios de luz em um ponto chamado foco, enquanto as lentes divergentes fazem os raios de luz se afastarem como se partissem desse ponto. No caso de objetos reais, existem seis situações principais que definem as características da imagem formada por essas lentes: uma para lentes divergentes e cinco para lentes convergentes.

Para compreender esses casos, é importante conhecer alguns conceitos fundamentais da óptica geométrica: o centro óptico, o foco e os pontos antiprincipais.

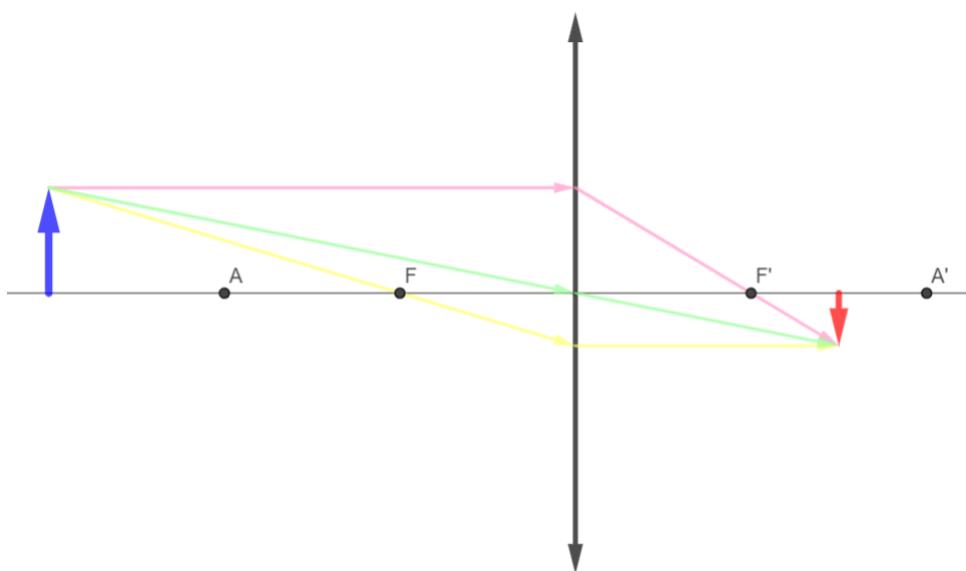
O centro óptico é o ponto central da lente pelo qual os raios de luz passam sem sofrer desvio. Já o foco é o ponto onde raios paralelos ao eixo principal da lente convergente se encontram após a refração. Cada lente possui dois focos simétricos,

localizados em lados opostos da lente.

Os pontos antiprincipais correspondem a posições específicas ao longo do eixo principal, situadas a uma distância dupla do foco em relação ao centro óptico. Esses pontos são importantes porque determinam regiões chave para a formação das imagens, influenciando seu tamanho, orientação e natureza (real ou virtual). As Figuras 14 a 18 ilustram cinco casos de formação de imagem por lentes convergentes, considerando diferentes posições de um objeto real em relação ao centro óptico, foco e pontos antiprincipais. Em cada figura, a seta azul indica o objeto, enquanto a seta vermelha representa a imagem formada pela lente.

- Quando o objeto é posicionado antes do ponto antiprincipal, a lente forma uma imagem real, invertida e menor que o objeto.

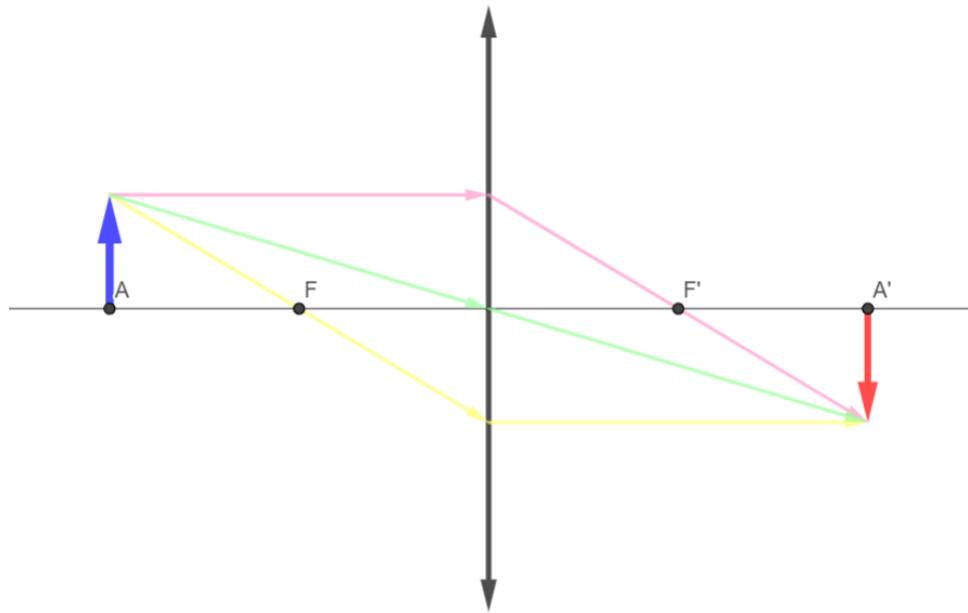
Figura 14 – Objeto além do ponto antiprincipal ($d_o > 2f$): imagem real, invertida e menor.



Fonte: O autor.

- Quando o objeto é posicionado sobre o ponto antiprincipal, a lente forma uma imagem real, invertida e igual ao objeto.

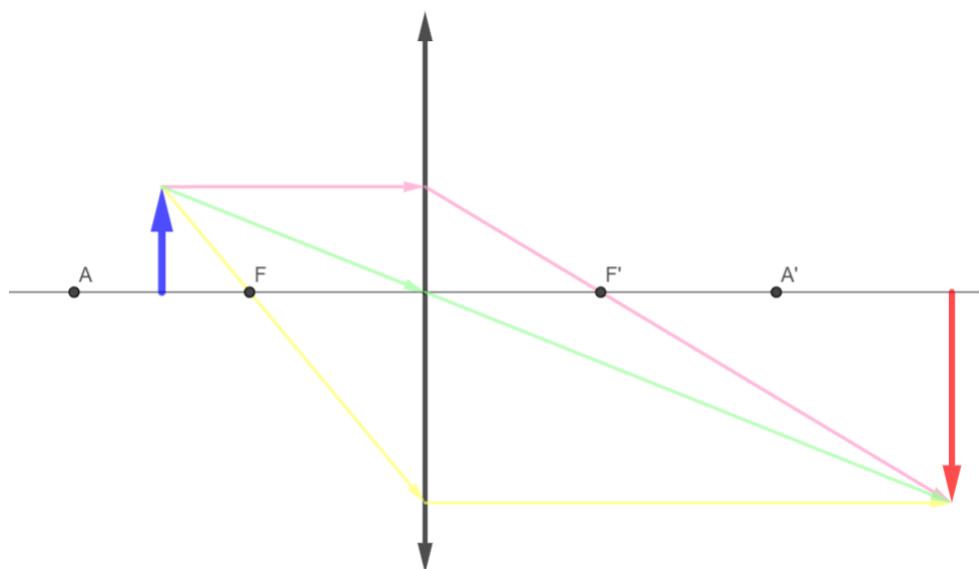
Figura 15 – Objeto sobre o ponto antiprincipal ($d_o = 2f$): imagem real, invertida e de mesmo tamanho.



Fonte: O autor.

- Quando o objeto é posicionado entre o ponto antiprincipal e o foco da lente, a imagem formada é real, invertida e maior que o objeto.

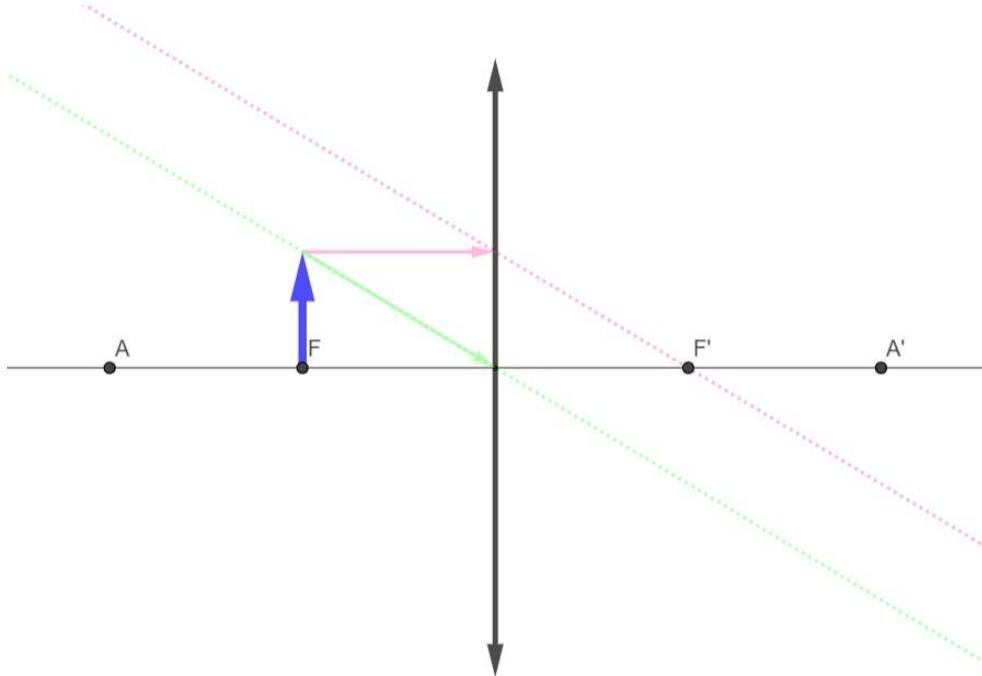
Figura 16 – Objeto entre o foco e o ponto antiprincipal ($f < d_o < 2f$): imagem real, invertida e maior.



Fonte: O autor.

- Quando o objeto é posicionado sobre o foco da lente, não é formada uma imagem, pois os raios refratados são paralelos e nunca se cruzam para formar uma imagem do objeto.

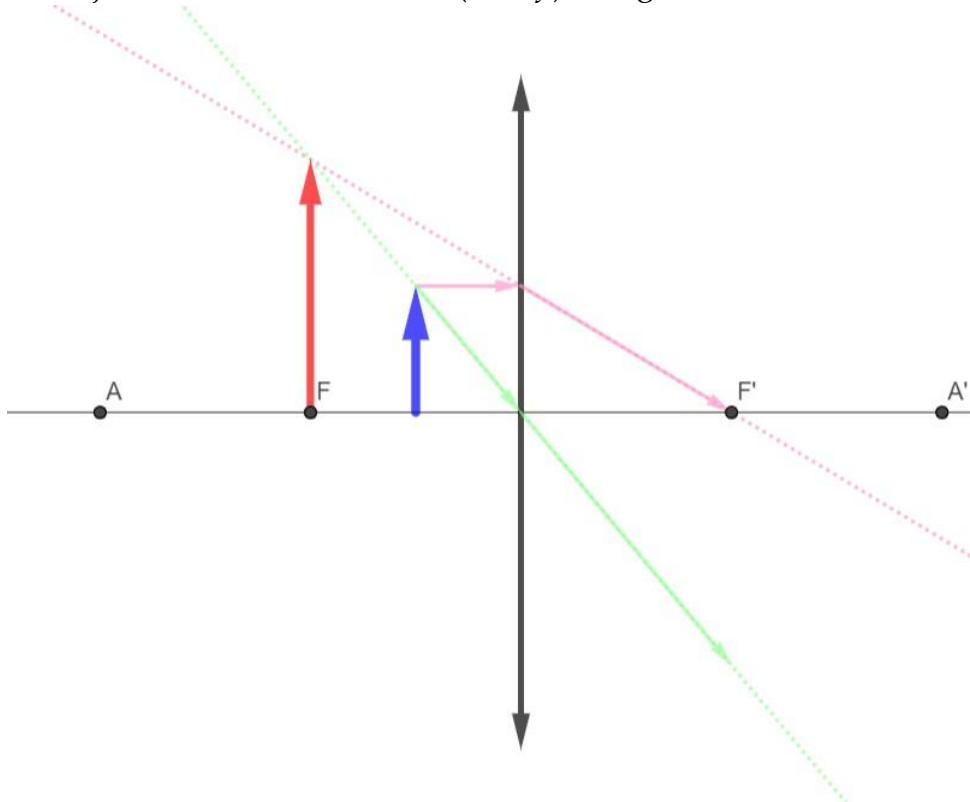
Figura 17 – Objeto sobre o foco ($d_o = f$): não se forma imagem (raios paralelos após a lente).



Fonte: O autor.

- Quando o objeto é posicionado entre o foco e o centro óptico da lente, sua imagem é virtual, direita e maior que o objeto.

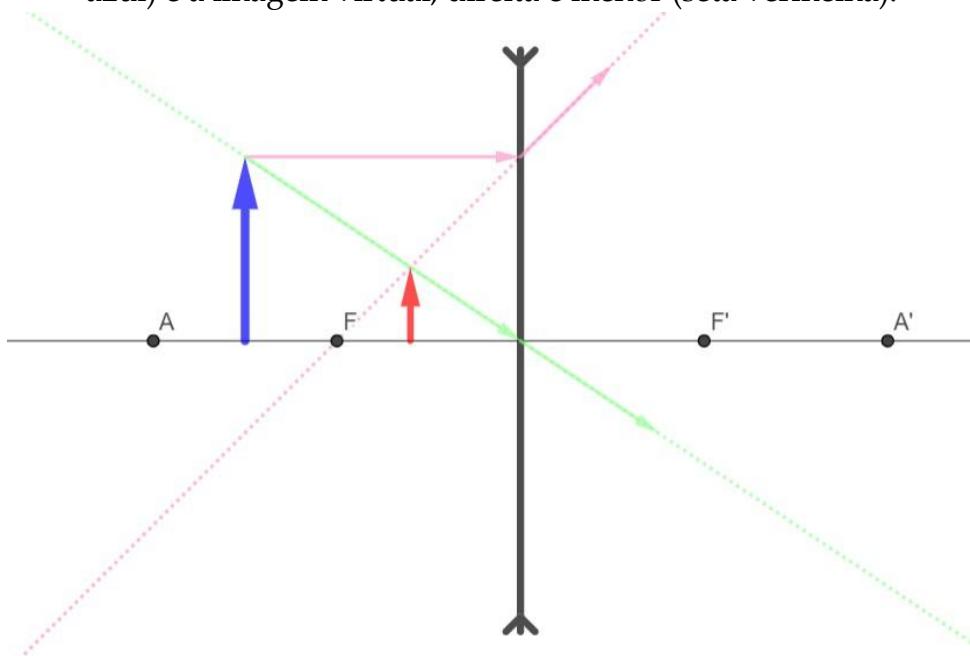
Figura 18 – Objeto entre o foco e a lente ($d_o < f$): imagem virtual, direita e maior.



Fonte: O autor.

As lentes divergentes produzem um único tipo de imagem, independentemente da posição do objeto real em relação à lente: a imagem formada é sempre virtual, direita e menor que o objeto (Filho e Silva, 2016) (ver Figura 19). Isso ocorre porque os raios refratados por uma lente divergente divergem, parecendo originar-se de um ponto virtual situado do mesmo lado do objeto.

Figura 19 – Esquema de formação de imagem por lente divergente: o objeto real (seta azul) e a imagem virtual, direita e menor (seta vermelha).



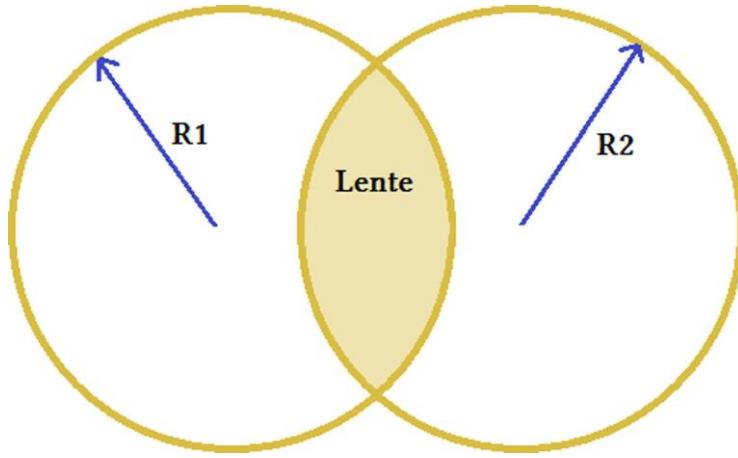
Fonte: O autor.

A equação de Gauss (Equação 2.7), que relaciona a posição da imagem, a posição do objeto e a distância focal, juntamente com a equação do aumento linear (Equação 2.8), são aplicáveis tanto para espelhos esféricos quanto para lentes delgadas. A distância focal f de uma lente pode ser calculada por meio da seguinte expressão, conhecida como equação dos fabricantes de lentes:

$$\frac{1}{f} = \frac{n_{\text{lente}} - 1}{n_{\text{meio}}} \cdot \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \quad (2.9)$$

Segundo Gonçalves *et al.* (2020), essa equação relaciona a distância focal da lente com os raios de curvatura de suas superfícies R_1 e R_2 – conforme ilustrado na Figura 20 – bem como com os índices de refração da lente n_{lente} e do meio que a envolve n_{meio} .

Figura 20 – Representação esquemática da lente delgada com superfícies de raios de curvatura R_1 e R_2 , indicando os índices de refração do meio e da lente.



Fonte: (Gonçalves *et al.*, 2020).

A compreensão das características de formação de imagens por lentes convergentes e divergentes é fundamental para diversas aplicações práticas em óptica, como em instrumentos de precisão, lentes corretivas, câmeras fotográficas e equipamentos científicos. Enquanto as lentes convergentes possibilitam a formação de imagens reais ou virtuais, dependendo da posição do objeto, as lentes divergentes produzem imagens sempre virtuais, direitas e reduzidas. A equação dos fabricantes de lentes, que relaciona propriedades físicas da lente como os raios de curvatura e índices de refração, é essencial para o projeto e fabricação de lentes com especificações precisas.

Dessa forma, o estudo aprofundado dessas propriedades permite o desenvolvimento e o aperfeiçoamento de sistemas ópticos cada vez mais eficientes e adequados às necessidades tecnológicas e científicas atuais.

2.5 Aplicações da Óptica

No cotidiano, os exemplos mais evidentes da aplicação da óptica estão no uso de espelhos planos e de lentes para a correção de problemas de visão. Também se destacam os espelhos retrovisores e de segurança, que utilizam superfícies convexas para ampliar o campo visual. Já os espelhos côncavos são empregados em instrumentos como telescópios, permitindo a observação de objetos celestes distantes com maior nitidez (Hecht, 2003), e em espelhos de aumento, amplamente usados por dentistas e profissionais da estética.

Na área da saúde, a óptica é fundamental para o funcionamento de equipamentos de diagnóstico e tratamento. Microscópios, endoscópios, oftalmoscópios e lasers cirúrgicos são apenas alguns exemplos de instrumentos ópticos empregados na medicina. O uso do laser, em especial, revolucionou procedimentos oftalmológicos, como as cirurgias de correção de miopia, hipermetropia e astigmatismo, por meio da remodelação da córnea (Santos e Oliveira, 2011).

Na indústria, a óptica é aplicada em sistemas de leitura de códigos de barras, controle de qualidade com sensores ópticos, cortes de precisão com laser, além de ser essencial na fabricação de componentes eletrônicos e dispositivos optoeletrônicos, como LEDs e fibras ópticas. Estas últimas são utilizadas em larga escala nas telecomunicações, permitindo a transmissão de dados com alta velocidade e baixa perda de sinal, constituindo a espinha dorsal da internet e de redes de comunicação modernas (Boyer e Ahlborn, 1998).

A óptica também está presente na fotografia e no cinema, através do design de lentes para câmeras e projetores, e no desenvolvimento de tecnologias de realidade virtual e aumentada, que fazem uso de princípios ópticos para criar experiências imersivas. Em sistemas de segurança e vigilância, câmeras térmicas e sensores infravermelhos utilizam a radiação fora do espectro visível para detectar presença e movimento (Nussenzveig, 2014).

No ensino, a óptica desempenha um papel pedagógico importante por permitir a realização de experimentos acessíveis e visuais, facilitando a compreensão dos conceitos físicos. O uso de experimentos práticos com espelhos, lentes, prismas e lasers de baixo custo permite aos alunos observar e explorar fenômenos como reflexão, refração, dispersão da luz, interferência e polarização, tornando o aprendizado mais significativo e concreto (Moreira, 2011).

Dessa forma, a óptica demonstra sua importância não apenas como um campo fundamental da física, mas também como uma área com profundo impacto na vida moderna. Seu domínio contribui para avanços tecnológicos, melhora na qualidade de vida e expansão do conhecimento científico, sendo essencial tanto para a formação acadêmica quanto para o desenvolvimento da sociedade.

3 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL

Os Experimentos de baixo custo são ferramentas importantes para o ensino de física, principalmente em escolas que possuem recursos limitados, pois além de despertar a curiosidade dos alunos, eles aproximam o conhecimento teórico apresentado na sala de aula com experiencias do cotidiano, tornado o processo de aprendizagem mais dinâmico e incentivam a participação dos estudantes, além de ajudar-los a entender conceitos complexos de maneira prática.

O uso desses experimentos pode se tornar mais eficiente quando combinados com uma sequência didática bem estruturada e cuidadosamente planejada, que leve em consideração as dificuldades dos estudantes, tanto em termos de conteúdo quanto de habilidades cognitivas. Essa abordagem personalizada não apenas favorece o desenvolvimento gradual do conhecimento, mas também permite que o professor ajuste o ritmo e a complexidade das atividades conforme as necessidades de cada grupo de alunos. Ao alinhar os experimentos com uma sequência didática adaptada, os estudantes têm mais oportunidades de compreender conceitos de forma profunda e significativa, pois a aprendizagem se torna mais contextualizada e relacionada às suas experiências prévias. Além disso, a sequência didática bem elaborada contribui para a organização do processo de ensino, promovendo a construção de um entendimento sólido e duradouro, ao invés de um aprendizado superficial ou fragmentado. Isso facilita o desenvolvimento de competências mais complexas e permite que os alunos consolidem os conhecimentos adquiridos de forma mais eficiente.

A teoria de aprendizagem que defende o uso dessas atividades experimentais em sala de aula é a aprendizagem significativa de Ausubel, pois propõe que o novo conhecimento deve ser ligado de alguma forma ao que o aluno já sabe. (Ausubel, 1968). Nesse caso, os experimentos práticos são utilizados para facilitar essa conexão, permitindo assimilação de conceitos mais complexos e abstração como os que são entrados no estudo da óptica.

3.1 Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel

A teoria da aprendizagem significativa, proposta por David Ausubel no final da década de 1960, tem sido amplamente explorada por diversos pesquisadores

ao longo dos anos. Ela defende que os novos conhecimentos devem ser relacionados de maneira não arbitrária e substancial a estrutura cognitiva do aprendiz (Ausubel??, 2003, ??).

Essa teoria representa um marco importante para a psicologia educacional e principalmente na compreensão de como ocorre o processo de aprendizagem. Pois, contrariando as teorias tradicionais, que tratam o conhecimento como um mero acúmulo de informações isoladas, a teoria de Ausubel coloca o aprendiz como parte fundamental do processo de aprendizagem e destaca que a aprendizagem só ocorre de forma eficaz quando o novo conhecimento se conecta de maneira significativa com o conhecimento pré-existente do aprendiz.

Para Ausubel, o conhecimento prévio é um ponto de partida essencial para a aprendizagem significativa. No entanto, a simples presença desse conhecimento não é suficiente, pois, para que a aprendizagem seja de fato significativa, é necessário tanto um mecanismo que facilite esse processo quanto a apresentação de conteúdos que possam ser percebidos como relevantes pelo aluno. Para isso, é fundamental que o material de estudo possa se relacionar de maneira lógica, coerente e não arbitrária com uma estrutura cognitiva apropriada – ou seja, que possua significado lógico – e que o aluno tenha em sua estrutura cognitiva ideias que sirvam de base para associar o novo conhecimento. Essa interação entre os novos conceitos e as ideias já existentes na mente do aluno gera significados autênticos, também conhecidos como significados psicológicos. Como a estrutura cognitiva de cada indivíduo é única, os novos significados formados acabam sendo exclusivos para cada aluno.(Ausubel, 2003).

Na aplicação dessa teoria no ensino de Física, experimentos de baixo custo são estratégias essenciais, pois ajudam o aluno a conectar o que já sabe com novos conceitos. Por exemplo, ao estudar a refração da luz, os alunos devem ter uma noção prévia sobre o comportamento da luz. A partir desse conhecimento, um experimento simples com um copo de vidro, água e um lápis pode ilustrar como a luz se desvia ao passar de um meio para outro. Ao observar a distorção do lápis, os alunos podem perceber que a luz muda de direção ao passar de um meio (ar) para outro (água), associando esse fenômeno à refração, facilitando a compreensão do conceito de maneira concreta e significativa.

3.1.1 Princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa

3.1.1.1 Conhecimento Prévio e tipos de Aprendizagem

De acordo com Ausubel (1968), a mente humana organiza os conceitos de forma hierárquica, onde as informações mais gerais e amplas (conceitos principais) servem como fundamento para os detalhes mais específicos. Isso significa que, à medida que um indivíduo adquire novos conhecimentos, esses conceitos se relacionam e se organizam de maneira progressiva, formando uma rede de informações. Ou seja, o novo conhecimento se integra de forma coerente e lógica à estrutura cognitiva pré-existente do aprendiz. Caso essa conexão não ocorra, o conhecimento será facilmente esquecido ou retido de forma superficial.

Quando Ausubel fala em conhecimento pré-existente, não se refere apenas a informações que o aluno possui, mas à sua estrutura cognitiva, descrita por Moreira (2006) como o conjunto de conceitos, ideias, proposições, habilidades e a forma como isso está organizado e inter-relacionado na mente do indivíduo, que pode servir de âncora para um novo conhecimento ou para mudança de significado de um conceito já existente, chamado de subsunçor. No contexto do ensino de física, para o aluno aprender sobre movimento uniforme, é necessário que ele tenha conhecimento de movimento, velocidade e tempo e seja capaz de resolver operações básicas de matemática, como multiplicação, divisão e equações de primeira grau. Entretanto, a ausência desses subsunçores não impede que o aluno aprenda, mas exige que o professor utilize estratégias que facilitem a criação de âncoras para a aprendizagem desse novo conceito.

Para moreira

A aprendizagem significativa caracteriza-se, pois, por uma interação, não uma simples associação, entre aspectos específicos e relevantes da estrutura cognitiva e as novas informações, pelos quais estas adquirem significados e são integradas à estrutura cognitiva de maneira não literal e não arbitrária, contribuindo para a diferenciação, elaboração e estabilidade dos subsunçores preexistentes e consequentemente, da própria estrutura cognitiva (...) Em contraposição com aprendizagem significativa, Ausubel define aprendizagem mecânica como sendo aquela em que uma nova informação é aprendida praticamente sem interagir com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva e sem ligar a conceitos subsunçores específicos. (Moreira, 2006)

Falando especificamente sobre ensino de física, na aprendizagem mecânica, o aluno simplesmente decora as formulas e conceitos físicos que serão necessários para a realização de uma prova, sem ter entendido seu significados e muito menos encontrado uma aplicação para sua vida cotidiana. Já na aprendizagem significativa, o aluno busca compreender profundamente os significados por trás desses conceitos, fazendo conexões entre o conteúdo aprendido e o seu próprio conhecimento prévio, estabelecendo uma compreensão mais ampla e integrada dos fenômenos físicos.

Segundo Moreira (2017), Ausubel não trata as aprendizagens mecânica e significativa como sendo opostas e sim complementares, pois reconhece que a memorização, principalmente, nas etapas iniciais de aprendizagem, pode servir como base para a construção de um conhecimento mais significativo. Isso quer dizer que quando não houver um conhecimento prévio sobre um determinado assunto, a aprendizagem mecânica se faz necessária.

Para Ausubel (2003), a aprendizagem pode ser do tipo representacional, conceitual ou proposicional. Na aprendizagem representacional, aluno o aprende a ligar palavras ou símbolos a ideias ou objetos concretos. Em física, isso ocorre quando ele passa a representar grandezas física por uma letra, como F para força e v para velocidade e aprende o significado desses conceitos.

A aprendizagem conceitual se dá por construção ou assimilação de conceitos. Segundo próprio Ausubel (2003), a construção de conceitos é um processo, bastante frequente em crianças, no qual elas formam conceitos através de experiências diretas e suposições comprovadas. Por exemplo, ao manusear lentes côncavas e convexas, os estudantes estabelecem o conceito de foco e imagem real/virtual, por meio de observação direta e experimentação, experimentando diversas fontes de luz. À medida que o aluno cresce e seu vocabulário se expande, ele começa a assimilar novos conceitos combinando-os com o que já sabe.

A aprendizagem significativa de proposições envolve a compreensão de declarações compostas, como exemplo, ao entender que a luz branca pode ser separada em cores pelo prisma, o aluno deve relacioná-la com seus conhecimentos prévios sobre luz, cores e dispersão. Isso cria um entendimento mais profundo sobre como a luz interage com materiais, em vez de apenas memorizar que a luz pode ser separada por um prisma.

De acordo com Ausubel (2003), existem diferentes tipos de aprendizagem proposicional:

1. Subsunção: Quando uma nova proposição se integra com uma ideia já existente. Por exemplo, ao aprender sobre as leis da refração de Snell, um aluno pode relacionar esse conceito com a ideia anterior sobre como a luz viaja através de diferentes meios.
2. Subordinante: Quando o novo conhecimento se relaciona com um conceito mais amplo ou mais profundo. Um exemplo seria aprender como a óptica geométrica (reflexão e refração) se aplica ao estudo mais avançado da óptica quântica.
3. Combinatória: Quando o novo conteúdo se conecta de várias formas com diferentes conceitos. Por exemplo, ao estudar a interferência da luz, um aluno pode combinar seu conhecimento sobre ondas e a teoria da luz para entender como dois feixes de luz podem interagir.

Os elementos facilitadores de aprendizagem, segundo Farias (2022), são os subsunções, que representam tanto os conhecimentos prévios do aprendiz quanto os materiais e estratégias do docente que auxiliam na organização do novo conhecimento, e os organizadores prévios, os quais atuam como pontes de conexão entre o que o aluno já sabe e o que precisa aprender. Dessa forma, tanto os subsunções quanto os organizadores prévios desempenham papéis essenciais no processo de ensino-aprendizagem, promovendo a integração de novos conteúdos ao conhecimento já existente e favorecendo a retenção e compreensão significativa por parte do aprendiz.

3.1.1.2 Uso de Organizadores Prévios

Os organizadores prévios, segundo Ausubel (2003), são ferramentas pedagógicas que conectam o conhecimento prévio do aprendiz aos novos materiais de aprendizagem, facilitando a aquisição de conhecimento de forma significativa. Eles desempenham um papel mediador, relacionando-se tanto com o conteúdo específico da tarefa de aprendizagem quanto com ideias mais gerais já presentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Essa mediação é essencial quando o conhecimento prévio existente é muito geral e insuficientemente relevante para servir como base estável para os novos conceitos.

De acordo com a teoria de Ausubel, existem dois tipos principais de or-

ganizadores. Os expositivos introduzem conceitos gerais e abstratos para preparar o aprendiz para novos conteúdos, enquanto os comparativos destacam semelhanças e diferenças entre o conhecimento prévio e o material novo, ajudando o aprendiz a discriminar e compreender mais claramente as novas ideias. Segundo Moreira (2017), os organizadores expositivos têm a função de promover a integração de subsunções relevantes que se aproximam do material a ser aprendido, servindo como base inicial para que o aprendiz compreenda e assimile os novos conceitos. Já os organizadores comparativos facilitam a discriminação e a assimilação das novas informações, destacando semelhanças e diferenças entre as ideias novas e as já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, permitindo que o aprendiz construa relações significativas entre elas.

Um exemplo prático da aplicação de organizadores prévios em sala de aula pode ser observado no ensino do conceito de refração da luz. Antes de introduzir formalmente o tema, o professor pode utilizar uma analogia simples, como a mudança na velocidade de um corredor ao passar de uma pista de asfalto para um terreno arenoso. Essa comparação permite que o aluno compreenda que, assim como o tipo de terreno influencia a velocidade do corredor, o meio influencia a velocidade da luz.

Um diretor desses organizadores prévios, segundo Ausubel (2003), é fornecer uma base sólida para que os estudantes assimilem novas informações, evitando a confusão e o sentimento de estar "perdido" durante o processo de aprendizagem, pois eles ajudam a organizar o conhecimento do aprendiz, tornando-o mais claro e estruturado.

Farias (2022) explica que os organizadores prévios criam uma espécie de moldura mental que facilita a relação entre os conteúdos novos e os já conhecidos, permitindo que os alunos compreendam os temas de maneira mais integrada e menos fragmentada. Isso é especialmente útil para temas mais difíceis ou abstratos, onde uma base sólida faz toda a diferença.

Além de organizar as ideias, os organizadores prévios têm o poder de despertar maior interesse nos alunos. Como destaca Moreira (2017), ao aliviar a sensação de sobrecarga e dificuldade, eles tornam o processo de aprendizagem mais envolvente e prazeroso. Quando os alunos percebem que conseguem relacionar o que já sabem com o que estão aprendendo, ficam mais confiantes e motivados a explorar

os conteúdos.

Outro ponto importante é que essas ferramentas ajudam a enfrentar os desafios de aprender conceitos complexos. Novak (2010) ressalta que os organizadores prévios ajudam os alunos a enxergar conexões mais claras entre diferentes ideias, o que não só melhora a retenção das informações, mas também fortalece a capacidade de aplicar o conhecimento em diferentes contextos.

Em síntese, os organizadores prévios atuam como verdadeiras pontes cognitivas, conectando o que os alunos já sabem ao que precisam aprender. Ao facilitar a compreensão e tornar o processo de aprendizagem mais acessível e motivador, eles promovem a construção de um conhecimento mais profundo e significativo. Essa abordagem não apenas simplifica o aprendizado, mas também garante que os novos conceitos sejam integrados de maneira coerente, criando uma base sólida e duradoura para futuras aprendizagens e aplicações na vida prática.

3.1.1.3 Condições de aprendizagem

Para que a aprendizagem seja, de fato, significativa, de acordo com a teoria de Ausubel, são necessárias duas condições. A primeira é que o material ou conteúdo a ser ensinado seja potencialmente significativo, e a segunda é a predisposição do aluno para aprender (Moreira, 2017).

Com relação à primeira condição, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) afirma que um material é potencialmente significativo quando estabelece um diálogo apropriado e relevante com os conhecimentos prévios do estudante. Ela também destaca que não existem aulas, estratégias ou livros intrinsecamente significativos, pois quem dá significado ao material é o próprio aluno (Brasil, 2024).

MOREIRA (2012) também ressalta que quem dá significado ao material é o aprendiz, pois é ele quem interpreta os materiais de aprendizagem de acordo com sua própria perspectiva, e essa interpretação pode ser diferente do que é esperado na disciplina. O autor ainda afirma que o ensino tem como objetivo ajudar o aluno a compreender os significados corretos, mas isso geralmente exige diálogo e ajustes, o que pode levar tempo.

Portanto, o material potencialmente significativo, de acordo com a teoria de Ausubel, é crucial para o sucesso da aprendizagem. Para que o aluno estabeleça

uma conexão com o conteúdo estudado, este deve se relacionar de maneira relevante e apropriada aos seus conhecimentos prévios. Isso implica que o conteúdo não deve ser apenas um conjunto de informações desconexas, mas sim estruturado de forma a fazer sentido na realidade do estudante, possibilitando que ele o associe às suas próprias experiências.

Além disso, a natureza desse material deve permitir flexibilidade, ou seja, ele deve ser capaz de ser interpretado e adaptado de diferentes formas, conforme as necessidades e o nível de compreensão de cada aluno. Dessa forma, o papel do professor é garantir que o material de aprendizagem seja verdadeiramente acessível e significativo, em que o estudante não apenas absorve informações, mas constrói significados próprios.

Sobre a segunda condição, Moreira (2017) afirma que o aluno está disposto a aprender quando possui subsunções adequados em sua estrutura cognitiva, ou seja, ele é capaz de relacionar o novo material ao seu conhecimento prévio de forma significativa. Isso ocorre porque, de acordo com Ausubel (2003), a aprendizagem significativa depende da capacidade do aluno de integrar novos conhecimentos à sua base de conhecimentos existente. O conceito de subsunção refere-se a um conceito ou princípio pré-existente que serve como base para a assimilação de novos aprendizados. Quando essa base é bem estruturada e organizada, ela facilita a construção de novos significados e a retenção desses novos conhecimentos.

Além disso, Ausubel (2003) destaca que, para que essa integração aconteça de maneira eficaz, o aluno deve possuir uma estrutura cognitiva que seja estável e clara. Caso contrário, o processo de aprendizagem pode ser comprometido, já que uma estrutura cognitiva desorganizada pode dificultar a compreensão e a retenção do novo conteúdo. Dessa forma, a organização do conhecimento prévio é essencial para o sucesso da aprendizagem significativa, sendo necessário que o ensino favoreça essa integração de maneira adequada.

Ausubel (2003) também afirma que a capacidade do aluno de transformar ideias que podem ser significativas depende, em parte, do seu nível geral de desenvolvimento intelectual, que tende a aumentar com a idade e a experiência, incluindo a aprendizagem escolar. Essa prontidão para o desenvolvimento é diferente da prontidão para matérias específicas, pois está relacionada à organização de ideias bem

estruturadas na memória, que são fundamentais para compreender e trabalhar com novas informações dentro de uma área específica.

Assim, a prontidão cognitiva não diz respeito ao conhecimento atual do aluno em uma determinada área, mas ao nível de maturidade intelectual necessário para realizar a tarefa de aprendizagem de maneira eficaz, com um esforço adequado e uma boa probabilidade de sucesso. Esse desenvolvimento só ocorre quando o aluno recebe estímulos intelectuais apropriados, proporcionados pelo ambiente, como a escola ou a família.

3.1.1.4 Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integradora

O princípio da Diferenciação Progressiva sugere que, ao ensinar uma disciplina, deve-se começar com as ideias mais gerais e inclusivas, para, gradualmente, ir aprofundando em detalhes mais específicos e diferenciados. Essa abordagem está alinhada com a maneira como os seres humanos processam e organizam o conhecimento. Inicialmente, as pessoas conseguem aprender e compreender as partes diferenciadas de um todo mais inclusivo que já foi apresentado a elas, antes de conseguirem entender o todo a partir das partes. Em outras palavras, é mais fácil para os alunos absorverem os detalhes de um tópico que já possuem uma visão geral, do que entender um tópico complexo apenas com a apresentação de seus detalhes isolados. (Ausubel, 2003)

O autor argumenta que a aprendizagem e a retenção de novos conceitos são mais eficazes quando as novas informações podem ser ancoradas em ideias pré-existentes na estrutura cognitiva do aluno. Essas ideias prévias funcionam como “subsunções” que ajudam na organização e compreensão do novo material. Contudo, na prática, muitos manuais de ensino falham ao segregar o conteúdo em tópicos ou capítulos de forma arbitrária, sem considerar a hierarquia de generalidade e inclusão dos conceitos. Isso leva à memorização mecanicista, em vez de promover uma aprendizagem significativa.

Quando os professores organizam a matéria de forma a seguir o princípio da diferenciação progressiva, ou seja, apresentam as ideias de forma geral e depois avançam para os detalhes, eles ajudam os alunos a estabelecerem conexões entre o novo conhecimento e as ideias pré-existentes, o que facilita a retenção e compreensão. No entanto, essa abordagem é raramente seguida em muitos materiais didáticos, o que

resulta em dificuldades para os alunos, pois eles são forçados a aprender detalhes de uma matéria sem ter uma base sólida de conceitos gerais para ancorá-los.

O princípio de Reconciliação Integradora complementa o da diferenciação progressiva, focando na importância de integrar as novas informações com as ideias previamente aprendidas, evitando a compartimentação ou segregação das ideias. Ausubel critica a prática comum de dividir o conhecimento em tópicos isolados, sem explorar as relações entre os conceitos. Isso pode levar à confusão cognitiva, pois os alunos não conseguem entender as conexões entre os diferentes tópicos, o que prejudica a compreensão global do conteúdo. (Ausubel, 2003)

O autor ainda explica que a reconciliação integradora busca promover uma compreensão mais profunda, destacando as semelhanças e diferenças entre as ideias. Esse princípio propõe que, ao apresentar novos conceitos, os professores devem facilitar a comparação entre as ideias novas e as já existentes na estrutura cognitiva dos alunos. Ao fazer isso, os alunos podem integrar o novo conteúdo de forma mais eficaz, conectando-o às suas ideias já estabelecidas, o que melhora a retenção a longo prazo.

Ausubel destaca que, se as ideias não forem apresentadas de forma clara e integrada, o aluno pode perceber as novas informações como contraditórias ou desconexas com o que já conhece, o que pode resultar em confusão ou esquecimento. Portanto, é essencial que o material de ensino seja organizado de maneira que as novas ideias sejam comparadas com as existentes, permitindo que os alunos percebam as relações entre elas e integrem o novo conteúdo de forma coerente.

Um dos recursos mais eficazes para implementar a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora é o uso de organizadores. Esses são recursos que ajudam os alunos a conectar o novo conteúdo ao que já sabem, criando uma base de subsunção para o aprendizado. Os organizadores podem ser comparações, resumos ou explicações que destacam as semelhanças e diferenças entre conceitos novos e antigos. Eles ajudam os alunos a desenvolver uma compreensão clara e estável do material, facilitando a aprendizagem e a retenção. (Ausubel, 2003)

A aplicação prática desses princípios tem implicações significativas para o ensino. Para promover uma aprendizagem significativa, é crucial que os professores organizem o conteúdo de maneira hierárquica, começando pelas ideias mais gerais e avançando para as mais específicas. Além disso, os conteúdos devem ser apresen-

tados de forma integrada, destacando as relações entre os diferentes tópicos, para que os alunos possam conectar as novas informações às suas estruturas cognitivas preexistentes.

Ausubel também destaca que a falta de uma organização adequada do conteúdo leva à memorização superficial e ao esquecimento rápido, especialmente em disciplinas como a matemática e as ciências, onde o ensino muitas vezes se baseia na memorização de fórmulas e procedimentos. Para evitar isso, é essencial que o ensino seja estruturado de forma a respeitar a hierarquia e as relações lógicas entre os conceitos.

Em resumo, os princípios de Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integradora propostos por Ausubel são fundamentais para a organização eficaz do ensino e a promoção de uma aprendizagem significativa. Ao seguir esses princípios, os professores podem ajudar os alunos a integrar novas informações de maneira mais eficaz, conectando-as ao que já sabem e promovendo uma compreensão mais profunda e duradoura. Além disso, o uso de organizadores ideários pode ser uma ferramenta poderosa para facilitar essa integração, melhorando a retenção e a aplicação do conhecimento a longo prazo.

3.1.2 *Relevância dessa teoria para o Ensino de Física*

A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel é de grande ajuda para o ensino de física. Ela propõe métodos que tornam a aprendizagem mais fácil e aprofundada. A física é uma disciplina desafiadora para os alunos, que frequentemente se sentem sobrecarregados com números e conceitos difíceis de entender.

A proposta de Ausubel auxilia na construção de conhecimentos sólidos e coerentes, permitindo que os alunos compreendam os conteúdos de forma eficaz. Os princípios dessa teoria podem ser aplicados ao ensino da física. Por exemplo, antes de aprender sobre as leis do movimento de Newton, os alunos precisam entender conceitos básicos como velocidade, aceleração e força.

Ausubel também sugere que a aprendizagem é mais eficaz quando o conteúdo é organizado em uma hierarquia, começando com os conceitos mais simples e progredindo para os mais complexos. Essa estrutura ajuda os alunos a consolidar o que aprenderam antes de avançar para o próximo nível. Em vez de forçar os alunos a

memorizar fórmulas ou conceitos isolados, é mais eficaz relacionar o novo conteúdo ao que eles já sabem. Por exemplo, ao ensinar sobre força ou movimento, pode-se usar exemplos cotidianos, como carregar um carrinho de compras ou andar de bicicleta, para ilustrar como esses conceitos se aplicam ao seu dia a dia. Isso torna o aprendizado mais significativo e facilita a compreensão dos tópicos principais.

Ausubel também sugere o uso de ferramentas como pré-organizadores, diagramas ou simulações para ajudar os alunos a se prepararem para novos conteúdos. Nas aulas de física, por exemplo, pode-se usar diagramas para explicar a relação entre diferentes formas de energia (energia cinética, energia potencial, energia térmica) e, em seguida, aprofundar-se nos detalhes de cada uma dessas formas de energia. Esses organizadores ajudam os alunos a estruturar o que vão estudar e tornam o processo de aprendizagem mais tranquilo e fácil de entender.

A teoria de Ausubel propõe que, para que a aprendizagem seja verdadeiramente bem-sucedida, os novos conhecimentos devem ser integrados logicamente às estruturas cognitivas existentes. Na física, isso significa que, ao introduzir conceitos mais avançados, como dinâmica ou termodinâmica, os alunos devem primeiro aprender conceitos mais simples, como energia e as forças que mantêm tudo unido, de uma maneira coerente. Caso contrário, os problemas surgem quando os alunos não compreendem realmente os conceitos por trás das fórmulas.

Ausubel defendia que o foco deveria estar na aprendizagem significativa, em que os alunos não apenas memorizam, mas compreendem o porquê e o como das fórmulas e leis físicas. Por exemplo, em vez de ensinar a fórmula da força ($F = m \times a$) de forma isolada, podemos explicar o que ela significa e como descreve as interações no mundo físico, conectando os conceitos a situações reais, como bater em algo.

A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel pode transformar a maneira como a física é ensinada nas escolas. Ao organizar a informação de forma progressiva, adicionando novos conteúdos ao que os alunos já sabem e utilizando exemplos do cotidiano e experiências práticas, é possível tornar a física acessível e interessante. O objetivo não é que os alunos memorizem fórmulas e conceitos, mas que compreendam verdadeiramente como a física funciona no mundo ao seu redor, o que torna o aprendizado mais profundo e consistente.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Atualmente, o repositório do MNPEF conta com 1.112 dissertações disponíveis para consulta pública. Um levantamento realizado para esta pesquisa revelou que, dentre essas, apenas 32 dissertações abordam diretamente o ensino de Óptica, o que representa aproximadamente 2,88% do total. Este dado evidencia uma sub-representação do tema, considerando sua importância curricular e sua presença em avaliações externas como o Exame Nacional do Ensino Médio (Enem).

As dissertações que tratam da Óptica se concentram majoritariamente em três abordagens: (1) o uso de experimentos de baixo custo, (2) a aplicação de simuladores e recursos digitais, e (3) a ênfase em estratégias de aprendizagem ativa, como a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) e o Ensino por Investigação. Em geral, os autores buscam alternativas viáveis para superar a falta de laboratórios e de equipamentos sofisticados, criando sequências didáticas que aproximem os conceitos físicos da vivência dos alunos.

O presente trabalho realizou um levantamento e análise de cinco dissertações defendidas no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), selecionadas por abordarem diretamente o ensino de Óptica. A seleção considerou diferentes instituições, contextos escolares e estratégias metodológicas, com o objetivo de identificar as principais abordagens adotadas, os produtos educacionais desenvolvidos e os impactos dessas propostas na aprendizagem dos estudantes.

4.1 Abordagens metodológicas e objetivos educacionais

As dissertações analisadas revelam uma preocupação comum em tornar o ensino de Óptica mais acessível e significativo, especialmente em contextos escolares marcados por limitações estruturais. Em geral, os trabalhos buscam superar a distância entre o conteúdo teórico e a realidade vivida pelos alunos, adotando metodologias ativas, experimentação e, em alguns casos, estratégias de inclusão.

No trabalho de Michels (2022), destaca-se a construção de uma sequência didática voltada ao ensino de lentes, com foco na associação entre óptica geométrica, funcionamento da visão humana e correção de distúrbios visuais como miopia e hipermetropia. A autora propôs atividades práticas com materiais recicláveis e recursos

visuais, promovendo o envolvimento dos estudantes na construção do conhecimento a partir de experimentação concreta. A abordagem integra elementos da teoria da aprendizagem significativa (Ausubel, 2003), ao propor conexões entre o conteúdo escolar e experiências próximas do cotidiano dos alunos.

Por sua vez, Júnior (2018) desenvolveu uma sequência investigativa aplicada em 13 encontros com alunos do Ensino Médio Técnico. O foco foi a abordagem de conceitos de óptica geométrica a partir da formulação de hipóteses, observações experimentais e análise de fenômenos cotidianos. A metodologia de investigação científica promoveu a participação ativa dos estudantes e contribuiu para a evolução de suas concepções, especialmente no que se refere aos fenômenos de reflexão e refração.

A dissertação de Amposta (2019) também recorreu a atividades experimentais como eixo central da proposta pedagógica. Nesse caso, foram desenvolvidos e aplicados experimentos de baixo custo que abordam conceitos básicos como reflexão, refração e formação de imagens. O autor destaca a importância de adaptar a prática experimental à realidade das escolas públicas, sem abrir mão do rigor conceitual. O produto educacional desenvolvido mostrou-se eficaz na promoção da compreensão dos conceitos trabalhados, evidenciando que a experimentação pode ser viável mesmo em contextos com infraestrutura precária.

Entre os trabalhos analisados, dois se destacam por ampliar o escopo da discussão para além dos conteúdos tradicionais da óptica geométrica. A dissertação de Menezes (2024) trata do ensino de Óptica em contextos inclusivos, considerando alunos com deficiência visual. A proposta metodológica incluiu a utilização de recursos multissensoriais, como modelos táteis, simulações sonoras e audiodescrição. A autora observou que essas ferramentas não apenas facilitaram o acesso dos alunos com deficiência visual, como também beneficiaram a turma como um todo, promovendo maior engajamento e participação.

Já a pesquisa de Matos (2025) propôs uma abordagem diferenciada ao discutir a natureza dual da luz por meio da realização de um júri simulado. A proposta promoveu o debate entre os modelos da luz (ondulatório e corpuscular), levando os alunos a compreenderem não apenas os aspectos conceituais, mas também as implicações epistemológicas do conhecimento científico. A atividade permitiu a articulação entre o conteúdo de Óptica e a Natureza da Ciência (NoC), incentivando o

pensamento crítico, a argumentação científica e a compreensão do caráter dinâmico e histórico da ciência.

4.2 Impactos observados e contribuições pedagógicas

A análise das cinco dissertações revelou resultados positivos quanto à aprendizagem dos estudantes e ao envolvimento com os conteúdos de Óptica. Em todos os casos, observou-se que a adoção de metodologias ativas, contextualizadas e baseadas em práticas experimentais gerou um aumento na participação discente, na motivação para aprender e na superação de concepções alternativas.

No caso da sequência didática proposta por Michels (2022), os estudantes demonstraram maior compreensão dos conceitos de lentes e correções ópticas, além de desenvolverem habilidades de argumentação oral e representação gráfica. Em Júnior (2018), os registros escritos e orais dos alunos evidenciaram avanços no uso da linguagem científica e no entendimento de conceitos-chave. A proposta de Amposta (2019), por sua vez, contribuiu para consolidar o uso da experimentação como ferramenta pedagógica viável e eficaz, mesmo diante de limitações materiais.

A dissertação de Menezes (2024) é particularmente relevante por apontar caminhos para um ensino verdadeiramente inclusivo, ao integrar alunos com deficiência visual por meio de estratégias adaptadas que respeitam e valorizam a diversidade na sala de aula. Já a proposta de Matos (2025) demonstrou que atividades interdisciplinares e lúdicas, como o júri simulado, são capazes de mobilizar saberes complexos e promover uma compreensão mais ampla da ciência e seus modelos explicativos.

4.3 Aportes complementares da literatura acadêmica

Além das dissertações analisadas, a literatura especializada nacional também oferece importantes contribuições para o ensino de Óptica. Diversos artigos publicados na Revista Brasileira de Ensino de Física(RBEF), na Revista Física na Escola (RFE) e em outras revistas da área destacam propostas inovadoras e metodologias de baixo custo que dialogam com os desafios enfrentados nas escolas públicas.

Oliveira e Souza (2011), por exemplo, apresentam experimentos simples de refração e reflexão utilizando materiais recicláveis. Já Barros e Silva (2014) propõem

a construção de dispositivos artesanais para o estudo da reflexão da luz, tornando o conteúdo mais acessível.

No campo das tecnologias digitais, Barbosa e Lima (2015) discutem o uso do software PhET como ferramenta didática eficaz, enquanto Silva e Oliveira (2019) demonstram como objetos digitais de aprendizagem, quando integrados a roteiros investigativos, contribuem para a compreensão conceitual de tópicos como refração e dispersão da luz.

A interdisciplinaridade também se destaca como uma estratégia promissora. Alves e Monteiro (2017) articulam Física, Biologia e História da Ciência em uma proposta didática sobre a natureza da luz, enquanto Costa e Ribeiro (2013) exploram relações entre arte e Óptica para discutir cores, luz e percepção visual.

No que diz respeito à inclusão, o trabalho de Martins e Souza (2020) propõe adaptações para alunos com deficiência visual, utilizando recursos táteis e sonoros. Essa proposta reforça a ideia de que práticas acessíveis podem beneficiar não apenas estudantes com deficiência, mas toda a turma, ao ampliar as formas de interação com os conceitos físicos.

Esses estudos reforçam e ampliam os achados obtidos com as dissertações do MNPEF, ao demonstrar que o ensino de Óptica pode ser inovador, acessível e pedagógica e epistemologicamente relevante mesmo em contextos de limitações estruturais.

4.4 Considerações finais

O levantamento e análise das dissertações sobre Óptica no MNPEF permitiram identificar diferentes estratégias e caminhos metodológicos que, embora diversos, compartilham o compromisso com uma prática docente mais reflexiva, inclusiva e significativa. O ensino de Óptica, frequentemente associado à abstração e à dificuldade conceitual, mostrou-se altamente receptivo ao uso de abordagens práticas, investigativas e contextualizadas.

A escassez de dissertações sobre o tema, em comparação com outras áreas da Física, evidencia a necessidade de ampliar o debate e incentivar a produção acadêmica voltada para o ensino de Óptica. As contribuições analisadas demonstram que, mesmo em contextos desafiadores, é possível desenvolver propostas criativas e eficazes, capazes

de transformar a maneira como os estudantes se relacionam com a ciência e com o mundo que os cerca.

5 METODOLOGIA

5.1 Elaboração do produto educacional

O ensino de Física, principalmente em escolas públicas, enfrenta desafios como a falta de laboratórios disponíveis, a dificuldade dos alunos em relacionar os conceitos teóricos com aplicações práticas e a baixa concentração no aprendizado dessa disciplina.

Diante desse cenário, desenvolveu-se um produto educacional com o objetivo de facilitar a aprendizagem dos conceitos de óptica no Ensino Médio, especialmente em escolas públicas brasileiras. Esse produto é composto por uma sequência didática que utiliza experimentos de baixo custo, buscando reduzir a falta de interesse dos alunos e a desconexão entre o conteúdo teórico e sua aplicação prática.

A teoria de aprendizagem que fundamenta esse produto é a aprendizagem significativa, proposta por David Ausubel, que enfatiza a importância da relação entre os novos conhecimentos e os conceitos previamente adquiridos pelos alunos. Nesse contexto, os experimentos desempenham o papel de conectar os conhecimentos prévios com os novos conceitos, por meio da observação e análise.

A sequência didática desenvolvida comprehende cinco aulas de cem minutos cada, nas quais os alunos participam de atividades práticas relacionadas aos fenômenos ópticos. O produto educacional, apresentado no Anexo B, inclui um guia para o professor, contendo os planos de aula e orientações detalhadas para a realização dos experimentos.

As aulas são organizadas da seguinte forma:

- A primeira aula aborda os conceitos iniciais, incluindo a natureza da luz, as fontes luminosas, os meios de propagação da luz, os princípios de propagação luminosa, além de características como a formação de sombras, eclipses e as fases da Lua;
- Na segunda aula, são explorados os principais fenômenos ópticos, como reflexão, refração, difração, dispersão, polarização e espalhamento, além da percepção das cores;
- A terceira aula aprofunda o estudo da reflexão da luz e a formação de imagens em espelhos planos;

- Na quarta aula, o foco é a formação de imagens em espelhos esféricos;
- A última aula detalha o processo de refração da luz e o funcionamento das lentes delgadas.

A escolha dos experimentos para compor esse produto educacional foi baseada em critérios como acessibilidade dos materiais, facilidade de realização e relevância para o ensino dos conceitos fundamentais de óptica. O objetivo é promover a participação ativa dos alunos, de modo que desenvolvam a capacidade de observar, analisar e formular hipóteses.

Assim, o produto educacional proposto busca contribuir de forma efetiva para o ensino de óptica no Ensino Médio, tornando-o mais atrativo, acessível e significativo para os alunos. Ao integrar experimentos de baixo custo com os fundamentos da aprendizagem significativa, espera-se promover um ambiente de ensino mais dinâmico e contextualizado, capaz de despertar o interesse dos estudantes e favorecer a construção do conhecimento. Como destaca Ausubel (2003), “o fator mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe”; por isso, a proposta valoriza os conhecimentos prévios dos alunos, promovendo conexões que tornam o aprendizado mais relevante. Dessa forma, além de superar parte das limitações estruturais enfrentadas pelas escolas públicas, a iniciativa visa fortalecer o protagonismo estudantil e estimular uma compreensão mais profunda dos conceitos físicos.

5.2 Aplicação do produto educacional

O produto educacional foi aplicado na Escola de Ensino Médio em Tempo Integral Poeta Patativa do Assaré, pertencente à rede pública estadual do Ceará, localizada na cidade de Fortaleza. A instituição adota o modelo de ensino integral, que oferece aos estudantes uma carga horária de 35 aulas semanais, distribuídas em sete aulas por dia. Dentre essas, os alunos têm duas aulas semanais de Física, o que representa um tempo relativamente reduzido para o aprofundamento dos conteúdos da disciplina, especialmente considerando sua complexidade e a necessidade de atividades práticas.

A escola conta com quatro laboratórios de Ciências, destinados às disciplinas de Física, Química, Biologia e Matemática. Além disso, dispõe de dois laboratórios de Informática, uma biblioteca, uma sala de vídeo e outros equipamentos básicos de

apoio ao processo de ensino-aprendizagem. No entanto, os laboratórios de Ciências apresentam limitações significativas quanto à qualidade e à quantidade dos equipamentos disponíveis. Os experimentos realizados nesses espaços são, em sua maioria, custeados total ou parcialmente pelos próprios professores que os propõem, o que dificulta a frequência de sua utilização e compromete o desenvolvimento do processo de aprendizagem experimental.

Durante a aplicação do produto educacional, as aulas foram realizadas no laboratório de Física da escola, utilizando-se o método expositivo com o apoio de apresentações em slides. As atividades experimentais ocorreram de duas formas distintas: na primeira e nas duas últimas aulas, os experimentos foram conduzidos pelo professor devido à falta de materiais suficientes para que todos os grupos pudessem realizá-los de forma independente. Nas aulas intermediárias, os alunos puderam executar os experimentos em grupos, seguindo roteiros entregues no início das aulas.

A avaliação dos alunos foi realizada de forma contínua e qualitativa, considerando a participação nas atividades, o interesse demonstrado e a qualidade das argumentações durante as discussões em sala. Para complementar essa observação, aplicaram-se questionários diagnósticos no início e ao final da sequência didática, com o objetivo de comparar o nível de compreensão dos conteúdos trabalhados.

A proposta foi desenvolvida ao longo de cinco semanas, entre maio e junho de 2024, em quatro turmas de terceiros anos do Ensino Médio, cada uma com cerca de 30 alunos e frequência média de 70 %.

5.3 Pesquisa

A presente pesquisa foi guiada pelas seguintes questões norteadoras:

1. Como a utilização de experimentos de baixo custo pode contribuir para a aprendizagem dos conceitos de óptica no Ensino Médio?
2. De que forma a abordagem prática influencia o interesse e o engajamento dos alunos nas aulas de Física?
3. Os estudantes conseguem estabelecer relações entre os conceitos teóricos e os fenômenos observados nos experimentos?

Essas questões partem da constatação de que a aprendizagem em Física ainda enfrenta diversos desafios no contexto brasileiro, especialmente em escolas pú-

blicas. Segundo dados do *Sistema de Avaliação da Educação Básica* (SAEB), em 2021, mais de 70% dos estudantes do 3º ano do Ensino Médio apresentaram desempenho abaixo do nível básico em Ciências da Natureza, o que evidencia a dificuldade generalizada na compreensão dos conceitos da área (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), 2022).

A partir dessas questões e do cenário apresentado, foram formuladas as seguintes hipóteses de investigação:

1. A inserção de experimentos de baixo custo no ensino de Física contribui para uma aprendizagem mais significativa dos conceitos de óptica, ao permitir a observação direta dos fenômenos abordados;
2. A realização de atividades práticas desperta maior interesse nos alunos, promovendo maior engajamento e participação nas aulas;
3. A utilização de abordagens experimentais favorece a articulação entre teoria e prática, facilitando a compreensão e a retenção dos conteúdos ensinados.

A presente investigação caracteriza-se como uma pesquisa de abordagem qualitativa, com elementos quantitativos, de natureza intervencionista e aplicada, voltada à resolução de um problema concreto no campo educacional: a dificuldade de aprendizagem dos conceitos de óptica no Ensino Médio, especialmente em escolas públicas.

A abordagem metodológica escolhida foi a pesquisa-ação, uma modalidade de pesquisa que busca articular a produção de conhecimento com a intervenção prática em uma realidade específica. Segundo Thiolent (2011), a pesquisa-ação é uma estratégia investigativa que se propõe a diagnosticar e transformar determinada situação por meio da colaboração entre o pesquisador e os participantes envolvidos no processo. Nessa perspectiva, a pesquisa não é apenas um instrumento de análise, mas também de ação transformadora.

No contexto deste trabalho, o pesquisador esteve diretamente envolvido na elaboração, aplicação e acompanhamento de uma sequência didática baseada em experimentos de baixo custo voltados ao ensino de óptica. Esse envolvimento direto permitiu não apenas a coleta de dados relevantes sobre o processo de ensino-aprendizagem, mas também a realização de ajustes contínuos com base nas observações realizadas em sala de aula.

A coleta de dados foi realizada por meio de dois questionários aplicados em momentos distintos: o primeiro, antes da implementação do produto educacional, investigou as dificuldades enfrentadas pelos estudantes e seus conhecimentos prévios sobre óptica; o segundo, aplicado após a intervenção, buscou avaliar a percepção dos alunos quanto à aplicação dos experimentos e sua contribuição para o processo de aprendizagem. Os resultados desta pesquisa serão discutidos no próximo capítulo.

6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta e discute os resultados obtidos a partir da aplicação do produto educacional desenvolvido. A análise foi conduzida com base nos dados coletados por meio de observações em sala de aula e da aplicação de questionários aos estudantes. A exposição dos resultados está organizada conforme os seguintes tópicos:

1. Análise das respostas do primeiro questionário, aplicado antes da implementação do produto educacional;
2. Relato do comportamento dos estudantes durante a execução das atividades propostas;
3. Análise das respostas do questionário aplicado após a utilização do produto educacional.

6.1 Primeiro Questionário

O primeiro questionário contou com 16 perguntas, das quais sete abordaram dificuldades no estudo da Física e as demais investigaram conhecimentos prévios sobre óptica. Foram obtidas 83 respostas. A análise revelou uma diversidade de dificuldades, destacando-se a compreensão dos conceitos teóricos e a aplicação prática dos conteúdos.

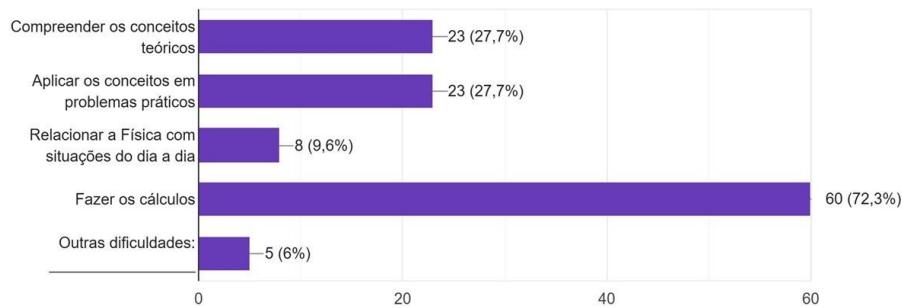
Na questão 1 – “Qual a maior dificuldade que você enfrenta no estudo de Física?” – os estudantes podiam marcar múltiplas respostas. Os dados mostraram que 72,3% apontaram como principal dificuldade a realização de cálculos matemáticos, seguida por compreender conceitos teóricos (27,7%), aplicar conceitos em problemas práticos (27,7%) (ver Gráfico 1). Essa predominância evidencia a importância de estratégias didáticas integradas entre matemática e física.

Na questão 2 – “Você acha que a falta de experimentos práticos em sala dificulta o aprendizado de Física?” – 84,3% afirmaram que sim, demonstrando forte demanda por práticas pedagógicas mais investigativas (Gráfico 2).

A questão 3 – “Quais conteúdos da Física você considera mais difíceis?” – indicou Eletromagnetismo (60,2%), Termodinâmica (55,4%), Mecânica (51,8%) e Óptica (45,8%) como os temas mais desafiadores (Gráfico 3). O destaque da óptica justifica atenção especial devido ao seu potencial para experimentos de baixo custo.

Gráfico 1 – Resposta da questão 1 – Questionário inicial

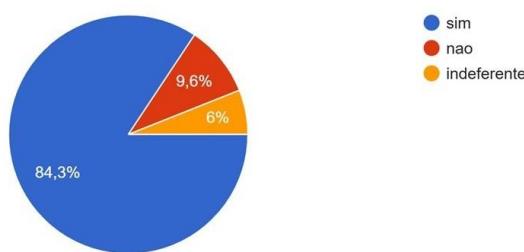
Quais são as principais dificuldades que você enfrenta ao estudar Física?
83 respostas



Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 2 – Resposta da questão 2 – Questionário inicial

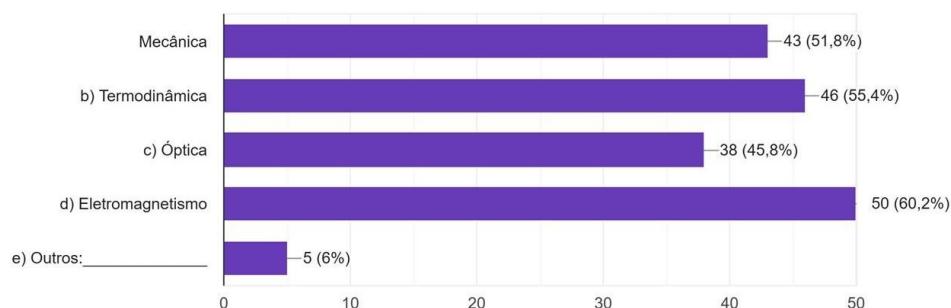
Você acha que a falta de experimentos práticos em sala de aula dificulta o aprendizado de Física?
83 respostas



Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 3 – Resposta da questão 3 – Questionário inicial

Quais são os temas de Física que você considera mais difíceis? (Marque todas as opções que se aplicam)
83 respostas

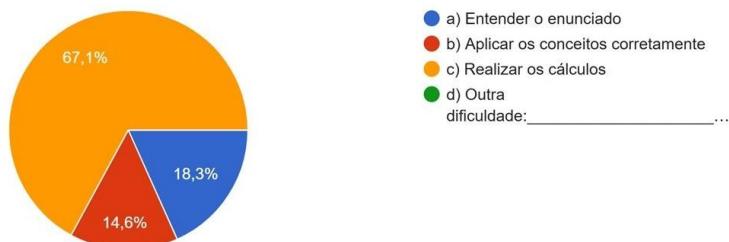


Fonte: Elaborado pelo autor

Na **questão 4**, referente à principal dificuldade enfrentada ao resolver exercícios de Física, 67,1% dos estudantes apontaram os cálculos como o maior obstáculo, seguidos por 18,3% que relataram dificuldades na interpretação dos enunciados e 14,6% na aplicação dos conceitos (Gráfico 4). Esses dados evidenciam a importância de se investir no desenvolvimento da capacidade de interpretação de problemas e na contextualização dos conteúdos trabalhados.

Gráfico 4 – Resposta da questão 4 – Questionário inicial

Qual é a sua maior dificuldade ao resolver exercícios de Física?
82 respostas



Fonte: Elaborado pelo autor

A **questão 5** – "Como você acha que poderia melhorar seu aprendizado em Física?" – tinha como objetivo obter sugestões para melhorar as aulas. As respostas foram categorizadas e apresentadas na Tabela 1. A análise das respostas revela que a maior parte dos estudantes (28 respostas) acredita que aulas práticas e experimentos são fundamentais para melhorar o aprendizado em Física. Isso reforça a importância de metodologias ativas e investigativas no processo de ensino-aprendizagem. Em seguida, 20 estudantes destacaram a necessidade de maior esforço individual, como estudar mais e ter mais foco. Outras categorias expressivas foram a demanda por explicações mais acessíveis, mais exercícios e atividades práticas, além do uso de recursos diferentes, como vídeos, filmes e metodologias alternativas e reforço em matemática.

Tabela 1 – Respostas agrupadas da questão 5 – Questionário inicial

Categoria	Quantidade	Exemplos de Respostas
Estudo individual / esforço pessoal	20	Estudar mais, estudar em casa, ter mais foco, se dedicar
Aulas práticas / experimentos	28	Aulas práticas, mais experimentos, fazer mais prática
Explicações mais simples / acessíveis	9	Explicações mais fáceis, explicar com calma, linguagem clara
Mais exercícios e atividades	8	Fazer exercícios, resolver mais atividades, menos leitura
Uso de recursos diferentes	7	Vídeos, filmes, abordagens diferentes, formas intuitivas
Compreensão dos cálculos	7	Aprender os cálculos, entender fórmulas, explicação de cálculos
Desinteresse ou incerteza	4	Não sei, falta de interesse, incerteza

Fonte: Elaborado pelo autor

Na questão 6 – “Você acha que o uso de recursos tecnológicos facilita o aprendizado?” – houve forte tendência positiva, conforme mostra a Tabela 2. Entre as respostas mais representativas, encontram-se expressões como “ajuda a entender mais o conteúdo”, “a prática é a melhor”, “facilita muito o aprendizado” e “aula mais leve”. Essas observações revelam que muitos estudantes associam a presença de recursos tecnológicos a um maior engajamento com a disciplina e à melhoria na assimilação dos conceitos teóricos.

Tabela 2 – Respostas agrupadas da questão 6 – Questionário inicial

Resposta agrupada	Quantidade
Sim (respostas afirmativas claras: “sim”, “com certeza”, “sim!”)	64
Sim, com justificativas (tecnologia ajuda, prática, compreensão, etc.)	12
Não / Não sei / Dúvidas	5
Parcialmente / Depende / Nem sempre	2

Fonte: Elaborado pelo autor

A questão 7 – “Você acha que os experimentos ajudam na aprendizagem?” – obteve respostas positivas de 80% dos estudantes, conforme demonstrado na Tabela 3, confirmando a eficácia da metodologia experimental.

Tabela 3 – Respostas agrupadas da questão 7 – Questionário inicial

Resposta agrupada	Quantidade
Sim / Ajudam / Facilitam a compreensão	65
Depende / Às vezes ajudam / Parcialmente / Pode ajudar	9
Não / Criam dificuldades / Tanto faz / Não fazemos práticas	6
Não sabe / Não respondeu claramente	3

Fonte: Elaborado pelo autor

A questão 8, – “O que você entende por Óptica?” – teve como objetivo identificar o nível de familiaridade dos estudantes com os conceitos fundamentais desse ramo da Física. As respostas revelaram que, embora uma parcela dos alunos demonstre uma compreensão aceitável sobre o tema, reconhecendo a óptica como a área da ciência que estuda a luz e seus fenômenos, uma parte significativa evidenciou desconhecimento ou apresentou concepções vagas e superficiais. Muitos estudantes se limitaram a associações genéricas, como “luz” ou “visão”, enquanto uma proporção

ainda maior afirmou não saber ou nunca ter estudado o conteúdo, o que indica fragilidades na construção de conhecimentos prévios sobre o assunto (Tabela 4).

Tabela 4 – Respostas agrupadas da questão 8 – Questionário inicial

Categoría	Exemplo de resposta	Frequência estimada
Compreensão científica adequada	“A física que estuda a luz”, “Estudo da luz e seus fenômenos”	25–30%
Compreensão parcial ou superficial	“Luz”, “Ver”, “Questões luminosas”, “Cores”	20–25%
Concepções alternativas ou confusas	“Ilusão”, “Ótica e tais”, “Manipulação da visão”	10–15%
Desconhecimento declarado	“Nada”, “Não sei”, “Não faço ideia”	35–40%

Fonte: Elaborado pelo autor

A questão 9, – “Quais são os principais fenômenos ópticos que você conhece?” – revelou que menos da metade dos estudantes conseguiu citar corretamente fenômenos ópticos, como reflexão e refração. Uma parte dos respondentes apresentou respostas vagas ou genéricas, enquanto a maioria declarou não conhecer nenhum fenômeno (ver Tabela 5). Esses dados evidenciam a baixa familiaridade dos alunos com os conceitos fundamentais de óptica e reforçam a necessidade de abordagens mais práticas, visuais e contextualizadas no ensino desse conteúdo.

Tabela 5 – Respostas agrupadas da questão 9 – Questionário inicial

Categoría	Exemplo de resposta	Frequência estimada
Fenômenos corretamente identificados	Reflexão, refração, eclipse, arco-íris, difração, interferência, miragem	35–40%
Respostas vagas ou superficiais	Luz, visão, espelhos, sol e estrelas	15–20%
Desconhecimento declarado	Nenhum, não sei, não conheço, não estudo esse conteúdo	40–45%

Fonte: Elaborado pelo autor

As questões de múltipla escolha permitiram avaliar a compreensão dos alunos sobre conceitos específicos. Os resultados foram os seguintes:

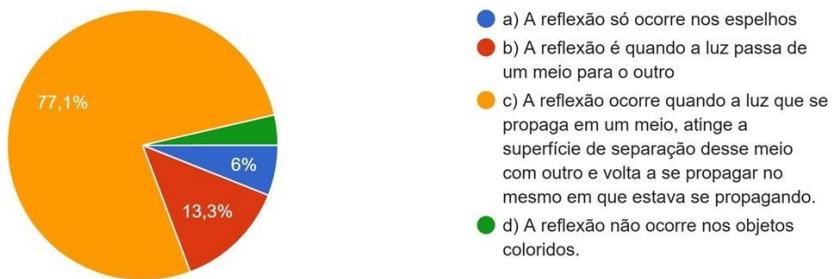
Na questão 10, – “Marque a alternativa verdadeira sobre a reflexão da luz” – teve um alto índice de acerto: conforme apresentado no Gráfico 5, 77,1% dos estudantes selecionaram corretamente a alternativa que define a reflexão como

o fenômeno em que a luz incide sobre uma superfície e retorna ao meio de origem. As principais dificuldades observadas nas demais respostas envolveram a associação equivocada da reflexão apenas a espelhos e a confusão com o fenômeno da refração.

Gráfico 5 – Resposta da questão 10 – Questionário inicial

Marque a alternativa verdadeira sobre reflexão da luz:

83 respostas



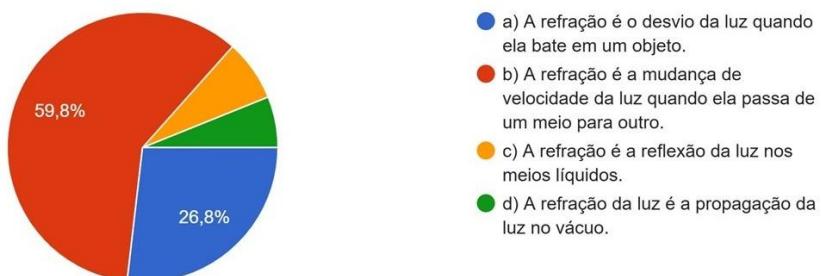
Fonte: Elaborado pelo autor

A questão 11, – “Marque a alternativa verdadeira sobre a refração da luz” – revelou que apenas 59,8% dos estudantes identificaram corretamente a refração como a mudança na velocidade da luz ao passar de um meio para outro (Gráfico 6). As demais respostas demonstraram confusões conceituais, especialmente entre refração e reflexão, além de associações equivocadas com o fenômeno da absorção da luz.

Gráfico 6 – Resposta da questão 11 – Questionário inicial

Marque a alternativa verdadeira sobre a refração da luz:

82 respostas



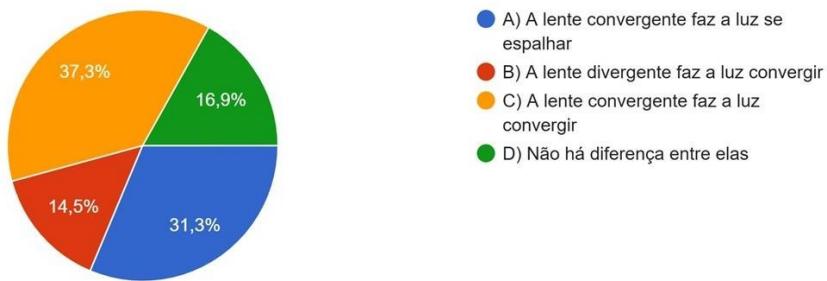
Fonte: Elaborado pelo autor

Na questão 12 – “Qual é a diferença entre uma lente convergente e uma lente divergente?” – apenas 37,3% identificaram corretamente que a lente convergente faz a luz convergir. Muitos alunos inverteram os efeitos das lentes ou afirmaram que não há diferença entre elas (Ver Gráfico 7).

Gráfico 7 – Resposta da questão 12 – Questionário inicial

Qual é a diferença entre uma lente convergente e uma lente divergente?

83 respostas



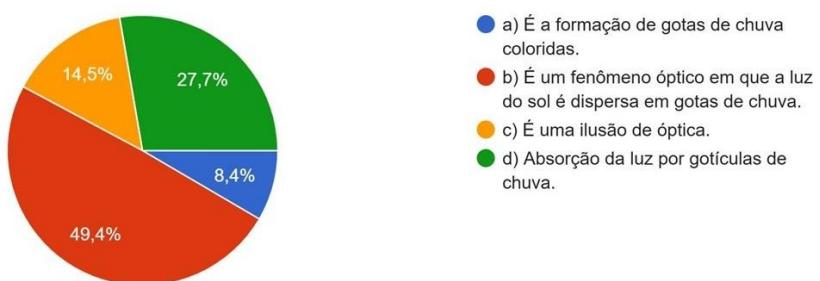
Fonte: Elaborado pelo autor

A **questão 13** – “Como você explicaria a formação de um arco-íris?” – foi corretamente respondida por 49,4% dos estudantes, que apontaram a dispersão da luz solar nas gotas de chuva como a causa do fenômeno (Gráfico 8). No entanto, 50,6 apresentaram concepções alternativas, como absorção de luz, ilusão óptica ou gotas coloridas.

Gráfico 8 – Resposta da questão 13 – Questionário inicial

Como você explicaria a formação de um arco-íris?

83 respostas



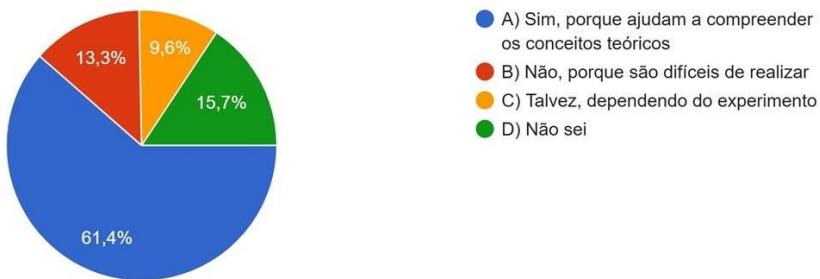
Fonte: Elaborado pelo autor

Na **questão 14**, "Você acha que os experimentos práticos são importantes para o estudo da óptica?", a maioria (61,4%) reconheceu que os experimentos são importantes para a compreensão da óptica, enquanto 23% demonstraram insegurança ou rejeição à prática, alegando dificuldade de execução ou indecisão quanto à sua relevância (Ver Gráfico 9).

Na **questão 15**, "Como você acha que a óptica está presente em sua vida diária?", as respostas (Ver Gráfico 10 dividiram-se entre "tecnologias como câmeras e óculos"(36,6%) e "atividades ao ar livre"(37,8%), revelando alguma consciência sobre

Gráfico 9 – Resposta da questão 14 – Questionário inicial

Você acha que os experimentos práticos são importantes para o estudo da óptica?
83 respostas



Fonte: Elaborado pelo autor

a presença da óptica na vida cotidiana. No entanto, 13,4% afirmaram não perceber sua presença, o que indica uma desconexão entre o conteúdo escolar e a realidade dos alunos.

Gráfico 10 – Resposta da questão 15 – Questionário inicial

Como você acha que a óptica está presente em sua vida diária?
82 respostas



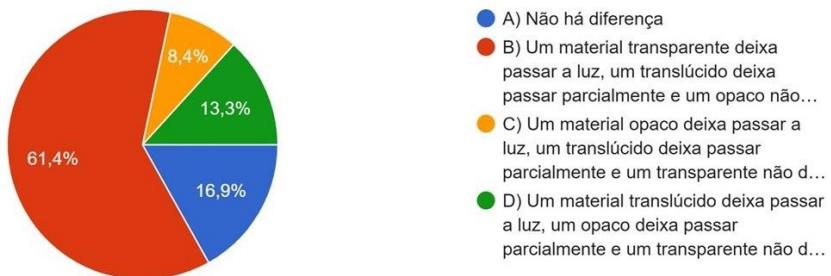
Fonte: Elaborado pelo autor

Na questão 16, "Qual é a diferença entre um material transparente, translúcido e opaco?", embora 61,4% tenham acertado a diferença entre esses materiais, cerca de 38,6% ainda apresentaram dificuldade, confundindo os conceitos ou respondendo que não há diferença entre eles (ver Gráfico 11).

Os dados evidenciam lacunas significativas na compreensão dos conceitos básicos de óptica por parte dos estudantes. A dificuldade em diferenciar fenômenos como reflexão e refração, bem como a baixa familiaridade com fenômenos do cotidiano relacionados à óptica, revelam a necessidade de uma abordagem pedagógica mais concreta e contextualizada.

Gráfico 11 – Resposta da questão 16 – Questionário inicial

Qual é a diferença entre um material transparente, translúcido e opaco?
83 respostas



Fonte: Elaborado pelo autor

6.2 Observações Durante a Aplicação do Produto Educacional

Durante a aplicação do produto educacional, observou-se a participação ativa dos alunos. Na primeira aula, que tratou especificamente da propagação da luz, o experimento da câmara escura já era familiar para alguns estudantes, uma vez que parte deles havia construído um modelo semelhante anteriormente, em um trabalho sobre a história da fotografia. Esse conhecimento prévio facilitou a compreensão do funcionamento do dispositivo e promoveu maior engajamento na atividade.

Já o experimento sobre eclipses, por outro lado, era inédito para a maioria dos alunos. A simulação do alinhamento entre Sol, Terra e Lua, com o auxílio de esferas e uma fonte de luz, gerou bastante interesse e curiosidade. Muitos estudantes demonstraram surpresa ao compreender, de forma visual, a diferença entre eclipse solar e eclipse lunar, bem como as condições necessárias para que esses fenômenos ocorram. A representação concreta favoreceu o entendimento de conceitos que, até então, eram apenas abstratos para a maioria.

Nas segunda e terceira aulas, os alunos puderam realizar os experimentos por conta própria, o que gerou maior envolvimento e entusiasmo por parte da turma. Notou-se, nesses encontros, um aumento significativo na empolgação dos estudantes, que demonstraram interesse genuíno em manipular os materiais e observar os fenômenos ópticos diretamente. Muitos alunos apresentaram resistência à leitura atenta das instruções, o que exigiu que o professor interviesse frequentemente para explicar os procedimentos de forma verbal. Essa necessidade de mediação constante revelou a importância de se trabalhar, paralelamente, a habilidade de interpretação de textos

instrucionais, essencial para a autonomia nas atividades práticas.

Nas duas últimas aulas, os experimentos que utilizaram o banco óptico de baixo custo possibilitaram a observação da formação de imagens reais e virtuais por meio de lentes e espelhos esféricos, permitindo aos alunos visualizar com mais clareza conceitos que frequentemente geram dificuldades quando abordados apenas de forma teórica.

Figura 21 – Participação dos alunos nos experimentos.



Fonte: o autor

Nessas aulas, percebeu-se uma maior dificuldade por parte dos alunos em compreender os experimentos, especialmente no que diz respeito à distinção entre imagem real e imagem virtual, bem como à interpretação da formação de imagens projetadas. Essa dificuldade exigiu que as demonstrações fossem realizadas em grupos menores, de forma a possibilitar maior atenção individualizada e facilitar o acompanhamento dos procedimentos experimentais. Nessa aplicação, a turma foi

dividida em apenas dois grupos, para não comprometer o tempo de aula.

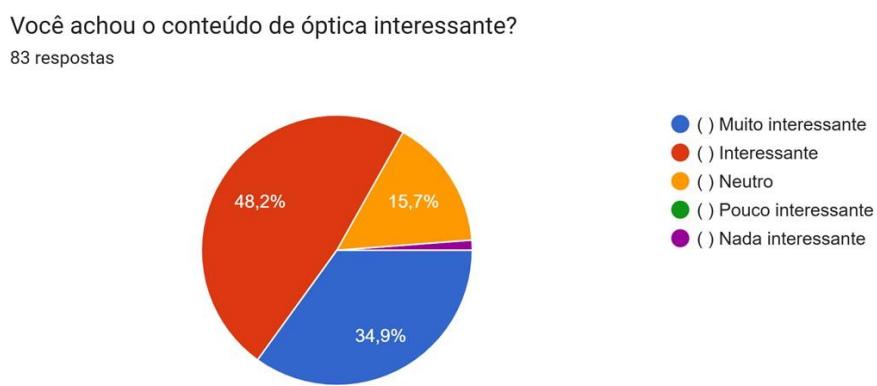
6.3 Avaliação Após a Implementação do Produto Educacional

Após a implementação da sequência didática sobre óptica, um segundo questionário foi aplicado com o objetivo de avaliar a percepção dos alunos quanto à relevância do conteúdo, à eficácia dos experimentos no processo de aprendizagem, à facilidade de realização das atividades práticas e às suas preferências metodológicas. Ao todo, 83 estudantes responderam ao questionário, que continha questões objetivas e abertas.

Os dados coletados por meio do questionário aplicado aos estudantes indicam uma recepção positiva à abordagem adotada com o uso de experimentos no ensino de óptica.

Em relação à primeira pergunta – “*Você achou o conteúdo de óptica interessante?*” – os resultados revelam que 83,1% dos estudantes consideraram o tema como “interessante” ou “muito interessante”, enquanto apenas 1,2% indicaram desinteresse. Esse dado, representado no Gráfico 12, demonstra que o tema, aliado à abordagem adotada, despertou a atenção dos alunos.

Gráfico 12 – Resposta da questão 1 – Questionário final



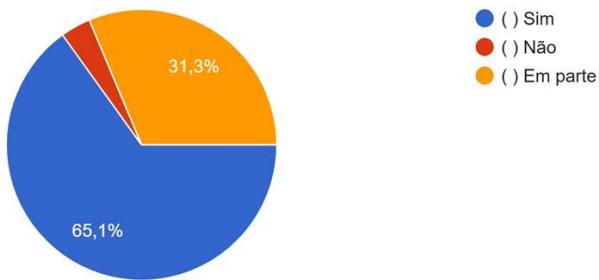
Fonte: Elaborado pelo autor

A segunda pergunta – “*Você achou que os experimentos ajudaram a entender os conceitos de óptica?*” – foi fundamental para avaliar a eficácia da metodologia. Segundo o Gráfico 13, 65,1% afirmaram que os experimentos ajudaram significativamente na compreensão dos conceitos, enquanto 31,3% disseram que ajudaram em parte. Apenas 3,6% dos estudantes responderam que os experimentos não contribuíram, o que reforça

o potencial das práticas experimentais para promover uma aprendizagem mais eficaz.

Gráfico 13 – Resposta da questão 2 – Questionário final

Você achou que os experimentos ajudaram a entender os conceitos de óptica?
83 respostas

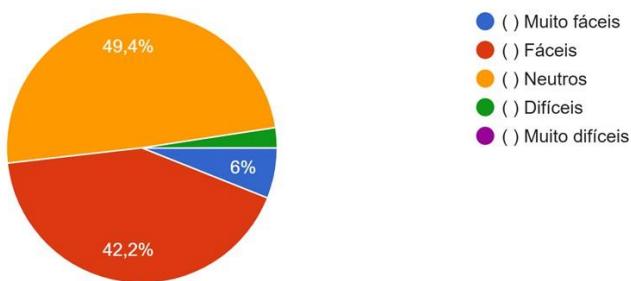


Fonte: Elaborado pelo autor

No que se refere à facilidade de execução dos experimentos, a terceira pergunta – “Os experimentos eram fáceis de realizar?” – apontou que 49,4% dos estudantes os classificaram como “fáceis” e 6% como “muito fáceis”. Como mostra o Gráfico 14, 42,2% se mostraram neutros e apenas 2,4% acharam os experimentos difíceis. Nenhum estudante os considerou “muito difíceis”, o que indica que a proposta foi viável dentro das condições escolares.

Gráfico 14 – Resposta da questão 3 – Questionário final

Os experimentos eram fáceis de realizar?
83 respostas

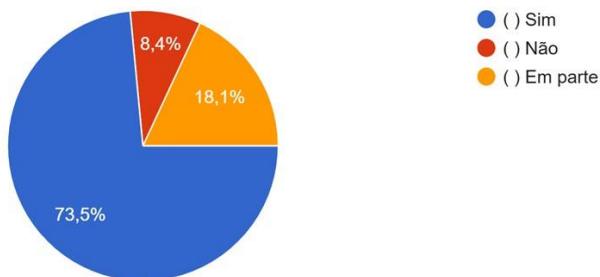


Fonte: Elaborado pelo autor

A quarta pergunta – “Os experimentos tornaram as aulas de óptica mais interessantes para você?” – visou compreender o impacto da abordagem na motivação dos alunos. De acordo com o Gráfico 15, 73,5% afirmaram que as aulas se tornaram mais interessantes, 18,1% disseram que os experimentos contribuíram em parte, e apenas 8,4% não perceberam diferença. Esses dados reforçam a importância da experimentação para o engajamento discente.

Gráfico 15 – Resposta da questão 4 – Questionário final

Os experimentos tornaram as aulas de óptica mais interessantes para você?
83 respostas

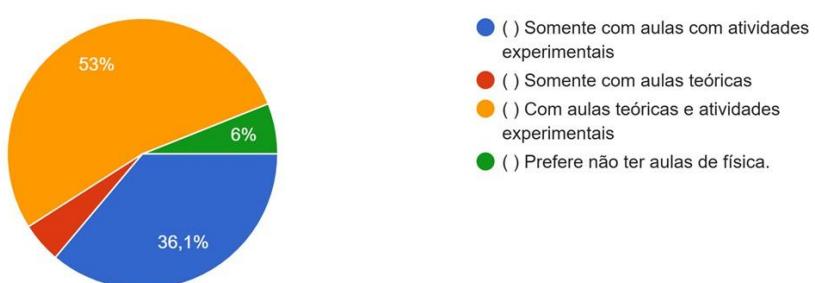


Fonte: Elaborado pelo autor

A quinta pergunta – “*Como você prefere as aulas de Física?*” – revelou preferências metodológicas. Conforme o Gráfico 16, 53% dos estudantes optaram por aulas que combinem teoria e prática, 36,1% preferem apenas atividades experimentais, e apenas 4,8% indicaram preferência por aulas exclusivamente teóricas. Um pequeno grupo (6%) afirmou que preferia não ter aulas de Física, o que reforça a necessidade de práticas mais dinâmicas e motivadoras.

Gráfico 16 – Resposta da questão 5 – Questionário final

Como você prefere as aulas de Física?
83 respostas



Fonte: Elaborado pelo autor

As questões abertas do questionário também forneceram insights relevantes. Na sexta pergunta – “*De qual experimento você mais gostou?*” – As respostas mostraram maior interesse pela refração da luz e uso de lentes, seguidos pelos experimentos com espelhos, luz colorida e laser (ver Tabela 6). Menções menores foram feitas à dispersão da luz, câmera escura e imagens reais ou virtuais. Respostas genéricas indicam satisfação ampla com a sequência didática.

Na sétima pergunta – “*De qual experimento você menos gostou?*” – as res-

Tabela 6 – Respostas agrupadas da questão 6 – Questionário final

Grupo / Tema	Respostas Agrupadas	Quantidade
Refração da luz / Lentes	refração, refração da luz, refração de luz, refração da luz em lentes esféricas, refração no copo com água, lentes sobre madeira, da lente, lentes esféricas, o da luz na lente transparente, experimento do copo com água, refração da luz em lentes esféricas	20
Espelhos (planos e esféricos)	espelhos, espelhos esféricos, associação de espelhos, reflexão em espelho, reflexão da luz, do espelho, dos espelhos, do papel com os espelhos, espelho plano, do espelho com laser	18
Luz colorida / Lâmpadas / Cores de luz	luz colorida, luz colorida, lâmpada colorida, lâmpadas coloridas, cores de luz	10
Dispersão da luz	dispersão da luz com CD	2
Laser / Experimentos com laser	o primeiro experimento com laser, o segundo, do laser, do lazer, com o espelho e laser	5
Imagem real / virtual / projeção	imagem real e virtual, da imagem real projetada na madeira	2
Câmera escura	câmera escura	3
Outros / Respostas genéricas	todos, todos os últimos, quase todos, aula 2, óptica, eclipse e sombras, das lentes	9

Fonte: Elaborado pelo autor

postas revelam que a maioria dos alunos não rejeitou nenhum experimento, indicando satisfação geral (Ver Tabela 7). As poucas preferências negativas concentraram-se em experimentos com lentes e lupa, seguidos por espelhos e laser, possivelmente por dificuldades ou falta de clareza. Câmera escura, refração, luz colorida, microscópios e outros temas receberam poucas rejeições. Esses resultados sugerem que, embora a maioria dos experimentos tenha sido bem aceita, algumas atividades podem ser aprimoradas para aumentar o interesse e a compreensão.

Curiosamente, os experimentos relacionados à refração da luz e ao uso de lentes foram tanto os mais apreciados quanto os mais rejeitados pelos alunos. Esse contraste sugere que, embora esses experimentos despertem grande interesse, eles também podem apresentar dificuldades ou aspectos que geram resistência para alguns estudantes. Essa dualidade indica a necessidade de atenção especial no planejamento e na condução dessas atividades para maximizar o engajamento e a compreensão.

Na oitava e última pergunta aberta – “*Que experimentos de óptica gostaria que também fossem apresentados nas aulas?*” – os estudantes sugeriram uma variedade de atividades, como experimentos com prismas, arco-íris caseiro, testes de visão (in-

Tabela 7 – Respostas agrupadas da questão 7 – Questionário final

Grupo / Tema	Respostas Agrupadas	Quantidade
Nenhum / Gostei de todos	nenhum, gostei de todos, não teve, nao teve, nao tem	18
Espelhos	do espelho, espelhos esféricos, associação de espelhos	7
Lentes / Lupa / Lentes esféricas	lentes, da lente, da lentes, lupa, da lupinha, da lupa, lentes esféricas	11
Laser	do laser, laser, refração do laser	8
Câmera escura	câmera escura, camera escura, câmera esura	6
Refração da luz (geral)	refração da luz e da lupa, refração da luz na água, refração da luz no copo, refração da luz no copo de água, da refração da luz, refração da luz	9
Luz colorida / Luzes coloridas	luz colorida, das luzes coloridas	3
Difração	difração	1
Microscópio	microscópios, do microscópio, do microscopio	3
Experimentos com água / copo com água	experimento da água, copo com água	4
Experimento do CD	experimento do CD	2
Reflexão da luz / Lei da reflexão	reflexão da luz, lei de reflexão, leida refexão	6
Outros / Diversos	da régua, aula 5	2

Fonte: Elaborado pelo autor

cluindo daltonismo e astigmatismo), ilusões de óptica e hologramas. O interesse por experimentos envolvendo cores e luz evidencia a valorização da visualidade como elemento facilitador da aprendizagem. Além disso, os alunos demonstraram preferência por temas como refração, comportamento da luz e experimentos com espelhos. Cabe destacar que muitos responderam “não sei”, indicando desconhecimento sobre as opções experimentais disponíveis. Algumas respostas também sugerem curiosidade por experiências mais criativas e diversificadas, o que indica potencial para ampliar e diversificar as atividades em sala, aumentando o engajamento dos estudantes. Esses dados estão organizados e detalhados na Tabela 8.

6.4 Comparação dos Resultados

Comparando os resultados dos dois questionários aplicados, observa-se uma mudança significativa na percepção dos alunos em relação ao estudo da óptica. No questionário inicial, 45,8% dos estudantes consideravam o conteúdo difícil, eviden-

Tabela 8 – Respostas agrupadas da questão 8 – Questionário final

Grupo / Tema	Respostas Agrupadas (exemplos)	Quantidade
Resposta geral / “Todos” / “Qualquer um”	todos, todos possíveis, qualquer um, qualquer outro, mais experimentos, mostrar todos	16
“Não sei” / “Não conheço” / “Não faço ideia”	não sei, nao sei, não conheço, nao conheço, nao faço ideia	28
Refração / Absorção	refração, refração da luz, refração e absorção, refração de absorção, REFRAÇÃO, refração'	10
Luz / Comportamento da luz	luz, como a luz se comporta, COMO A LUZ SE COMPORTA EM VARIAS SITUAÇÃO	8
Cores / Experimentos com cores	que envolva cor, cores, experimento com cores, experimentos que envolva cores, algo que envolva cores, ilusão de óptica	12
Espelhos / Associação de espelhos	experimentos com espelhos, associação de espelhos, mais experimentos com espelhos	5
Daltonismo / Astigmatismo / Testes de visão	alguns sobre daltonismo, astigmatismo, teste de visão, teste de visao, de astigmatismo	6
Laser	o laser	1
Holograma	holograma	1
Câmera escura / Óptica prática	câmera escura, banco óptico	2
Experimentos variados / curiosos	faça dinheiro, cartões furados, aquarela, fábrica de arco-íris, lentes d'água, ímãs de balões, moeda no copo com água, arco-íris caseiro, ilusão de óptica	9

Fonte: Elaborado pelo autor

ciando uma certa dificuldade em compreender conceitos abstratos e em relacioná-los com situações práticas do dia a dia (ver Gráfico 3). Já no questionário final, após a implementação da sequência didática com experimentos de baixo custo, 83% dos alunos passaram a considerar o conteúdo interessante ou muito interessante, demonstrando não apenas uma maior motivação para aprender, mas também uma percepção mais positiva em relação à disciplina e à sua aplicabilidade (ver Gráfico 12).

O que se manteve praticamente constante foi a opinião dos alunos sobre a importância do uso dos experimentos para auxiliar na compreensão dos conceitos de óptica, como indicam os Gráficos 9 e 13. Entretanto, é relevante destacar que, além de contribuir para o entendimento conceitual, a utilização desses recursos práticos tornou as aulas mais envolventes e atrativas, promovendo um ambiente de aprendizado mais dinâmico e interativo, conforme mostra o Gráfico 15. Esse resultado sugere que a

aprendizagem não se limita à memorização de conceitos teóricos, mas é significativamente fortalecida quando os estudantes podem observar e manipular os fenômenos estudados.

Em síntese, os dados obtidos indicam que a utilização de experimentos de baixo custo no ensino de óptica foi eficaz tanto para aumentar o interesse quanto para estimular o engajamento dos alunos. A abordagem adotada possibilitou que os conceitos teóricos fossem aproximados da realidade observável, facilitando a compreensão e a assimilação dos conteúdos de maneira concreta e significativa. Além disso, a participação ativa dos estudantes durante os experimentos contribuiu para o desenvolvimento de habilidades de observação, análise e raciocínio crítico, fundamentais no aprendizado da Física. Esses resultados reforçam a importância das metodologias ativas, especialmente em contextos educacionais caracterizados por recursos limitados, como é o caso das escolas públicas brasileiras, evidenciando que práticas pedagógicas bem planejadas podem superar obstáculos estruturais e promover uma aprendizagem mais efetiva e motivadora.

7 CONCLUSÃO

A análise comparativa dos resultados obtidos nos questionários aplicado antes e após a implementação da sequência didática experimental evidencia importantes avanços no processo de aprendizagem dos estudantes em relação ao conteúdo de óptica.

No primeiro questionário, que teve como foco identificar as principais dificuldades enfrentadas pelos alunos no estudo da Física, especialmente em óptica, foi possível observar uma significativa prevalência de respostas indicando problemas na compreensão conceitual e na aplicação prática dos conteúdos. Além disso, os conhecimentos prévios demonstraram-se fragmentados e, em muitos casos, insuficientes para o desenvolvimento adequado das habilidades requeridas para o domínio do tema.

Após a intervenção pedagógica, conforme indicado pelos dados do segundo questionário, houve uma mudança significativa na percepção dos alunos. A maioria manifestou interesse pelo conteúdo (83,1% classificaram como interessante ou muito interessante), o que representa uma melhora substancial em relação à postura inicialmente mais passiva ou desmotivada evidenciada no questionário prévio. Ademais, 65,1% afirmaram que os experimentos ajudaram a compreender os conceitos, enquanto apenas uma minoria reconheceu dificuldades na realização das atividades.

Outro ponto relevante refere-se à preferência metodológica: enquanto no início do processo havia uma inclinação para aulas predominantemente teóricas ou uma falta de interesse geral, ao final da sequência, mais de 89% dos alunos preferiam aulas que integrassem teoria e prática, evidenciando o impacto positivo da abordagem experimental no engajamento discente.

Esses resultados indicam que o uso de experimentos de baixo custo no ensino de óptica contribuiu não apenas para superar as dificuldades iniciais apontadas, mas também para transformar a atitude dos estudantes em relação à disciplina de Física. A prática experimental demonstrou-se um elemento facilitador para a construção do conhecimento e para o estímulo ao interesse científico.

Portanto, a comparação entre os dois momentos de avaliação confirma a eficácia do produto educacional desenvolvido, reforçando a necessidade de metodologias ativas e contextualizadas no ensino de ciências, especialmente em ambientes escolares com limitações estruturais.

REFERÊNCIAS

- ALVES, J. L.; MONTEIRO, R. **Ensino de óptica com enfoque na interdisciplinaridade e na história da ciência.** Revista de Ensino de Ciências e Matemática, v. 8, n. 3, p. 12-24, 2017.
- AMPOSTA, A. **Atividades experimentais no ensino de óptica.** 2019. Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFMT_06f4e0b453b347028fbda1b93cc2dbbc. Acesso em: 20 mar. 2025.
- AUSUBEL, D. P. **Educational psychology: A cognitive view.** Holt, Rinehart and Winston, 1968.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva.** Lisboa: Plátano Editora, 2003.
- BARBOSA, C. R.; LIMA, S. M. **Uso de simulações computacionais no ensino de Óptica: uma proposta com o software phet.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, n. 1, p. 1503, 2015.
- BARROS, R.; SILVA, H. **Reflexão da luz em espelhos planos: uma proposta de experimento artesanal.** Revista Física na Escola, v. 15, n. 2, p. 1-4, 2014.
- BOYER, C. B.; AHLBORN, U. C. **A história da física moderna: de Galileu a Newton.** São Paulo: Edgard Blücher, 1998.
- BRASIL, M. da E. **Aprendizagem significativa: breve discussão acerca do conceito.** 2024. Acesso em: 4 dez. 2024. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/implementacao/praticas/caderno-de-praticas/aprofundamentos/191-aprendizagem-significativa-breve-discussao-acerca-do-conceito>.
- CAETANO, D.; BOSSA, G.; ABREGO, J.; OLIVEIRA, A. B.; OLIVEIRA, V. Martins de; ANTONIASSI, R. **Práticas de Óptica e Introdução à Física Moderna: Coleta e Análise de Dados Experimentais.** [S. l.: s. n.], 2014. ISBN 9788579835360.
- COSTA, A. F.; RIBEIRO, L. M. **Óptica e arte: uma proposta interdisciplinar para o ensino de física.** Revista Ciência & Ensino, v. 2, n. 1, p. 30-40, 2013.
- EINSTEIN, A.; INFELD, L. **A evolução da física.** [S. l.]: Jorge Zahar, 2008. Tradução de Giasone Rebuá.
- FARIAS, G. B. d. **Contributos da aprendizagem significativa de david ausubel para o desenvolvimento da competência em informação.** Perspectivas em Ciência da Informação, Escola de Ciência da Informação da UFMG, v. 27, n. 2, p. 58-76, Apr 2022. ISSN 1413-9936. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1981-5344/39999>. Acesso em: 10 dez. 2024.
- FILHO, B. B.; SILVA, C. X. **Física aula por aula: termologia, óptica, ondulatória, 2º ano.** [S. l.]: São Paulo, SP: FTD, 3v, 2016.
- GODOY, L. P. de; AGNOLO, R. M. D.; MELO, W. C. **Multiversos: Ciências da Natureza: Origens.** [S. l.]: Editora FTD, 2020.

GONÇALVES, M. H.; ARAUJO, L. E. E. d.; RODRIGUES, V. **Lentes de gelatina.** Revista Brasileira de Ensino de Física, Sociedade Brasileira de Física, v. 42, p. e20190095, 2020. ISSN 1806-1117. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2019-0095>. Acesso em 02 fev. 2024.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Física 4.** 4. ed. [S. l.]: Editora LTC, 1987.

HECHT, E. **Óptica.** 4. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2003.

Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). **Resultados SAEB 2021.** 2022. <https://www.gov.br/inep/pt-br/assuntos/avaliacao-e-exames-educacionais/saeb/resultados>. Acesso em: 04 jun. 2025.

JÚNIOR, C. F. F. **Sequência investigativa no ensino e na aprendizagem de óptica geométrica.** 2018. Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Disponível em: <https://repositorio.furg.br/handle/1/8571>. Acesso em: 08 jun. 2025

MARTINS, R. d. A.; SILVA, C. C. **As pesquisas de newton sobre a luz: Uma visão histórica.** Revista Brasileira de Ensino de Física, SciELO Brasil, v. 37, p. 4202-1, 2015.

MARTINS, V. G.; SOUZA, P. A. **Ensino de óptica para estudantes com deficiência visual: estratégias acessíveis e inclusivas.** Revista Brasileira de Educação em Ciências e Educação Matemática, v. 4, n. 1, p. 91–107, 2020.

MATOS, J. B. **Júri Simulado sobre a Natureza da Luz e discussão sobre Natureza da Ciência.** 2025. Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/XXXXXX>. Acesso em: 10 jun. 2025

MENEZES, Y. R. **Metodologias aplicadas ao ensino de óptica para os alunos com ou sem deficiência visual.** 2024. Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal do Ceará (UFC). Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/35844>. Acesso em: 04 jun. 2025

MICHELS, L. **Resgate do ensino de Física por meio de proposta de sequência didática com uso de experimentação para abordagem da óptica geométrica no estudo de lentes.** 2022. Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/231230>. Acesso em: 10 jun. 2025

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula.** Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

MOREIRA, M. A. **Teoria da aprendizagem significativa.** São Paulo: Centauro, 2011.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal aprendizagem significativa?** aula inaugural do programa de pós-graduação em ensino de ciências naturais, instituto de física, universidade federal do mato grosso, cuiabá, mt, 23 de abril de 2010. Qurriculum, La Laguna, Espanha, 2012.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem.** 2. ed. São Paulo: E.P. U., 2017.

MOREIRA, M. A. **Desafios no ensino da física.** Revista Brasileira de Ensino de Física, Sociedade Brasileira de Física, v. 43, p. e20200451, 2021. ISSN 1806-1117. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0451>. Acesso em: 20 jun. 2025

NOVAK, J. D. **Aprender, Criar e Utilizar o Conhecimento: Mapas Conceituais como Ferramentas Facilitadoras para Escolas e Empresas.** [S. l.]: Editora Penso, 2010.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica: Ótica, relatividade, física quântica (vol. 4).** [S. l.]: Editora Blucher, 2014.

OLIVEIRA, M. d. F.; SOUZA, A. L. **Experimentos de óptica geométrica com materiais de baixo custo.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 3, p. 1-8, 2011.

ROONEY, A. **A História da Física: da Filosofia ao Enigma da Matéria Negra.** 1. ed. [S. l.]: M Books, 2013.

SAMPAIO, C. S; CALÇADA, J. L. **Física Clássica: Óptica e ondas.** [S. l.]: Atual Editura, 1985.

SANTOS, L. R. dos; OLIVEIRA, M. do C. de. **Lasers em oftalmologia: fundamentos e aplicações.** Revista Brasileira de Oftalmologia, v. 70, n. 2, p. 93-98, 2011.

SILVA, J. C. X.; LEAL, C. E. d. S. **Proposta de laboratório de física de baixo custo para escolas da rede pública de ensino médio.** Revista Brasileira de Ensino de Física, Sociedade Brasileira de Física, v. 39, n. 1, 2017. ISSN 1806-1117. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0167>. Acesso em: 10 jun. 2024

SILVA, J. L.; OLIVEIRA, C. P. **O uso de objetos digitais de aprendizagem no ensino de refração e dispersão da luz.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 36, n. 1, p. 54-73, 2019.

SILVA, R. M. M. d. **Experiências históricas para a determinação da velocidade da luz.** Universidade do Porto. Reitoria, 2002.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação.** 18. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros. Vol. 2: eletricidade e magnetismo, óptica .** [S. l.]: Grupo Gen-LTC, 2009.

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIOS DE PESQUISA

Questionario 1

1. Quais são as principais dificuldades que você enfrenta ao estudar Física? (Marque todas que se aplicam)
 - Compreender os conceitos teóricos
 - Aplicar os conceitos em problemas práticos
 - Relacionar a Física com situações do dia a dia
 - Fazer os cálculos
 - Outras dificuldades: _____
2. Você acha que a falta de experimentos práticos em sala de aula dificulta o aprendizado de Física?
 - Sim
 - Não
 - Indiferente
3. Quais são os temas de Física que você considera mais difíceis? (Marque todas que se aplicam)
 - Mecânica
 - Termodinâmica
 - Óptica
 - Eletromagnetismo
 - Outros: _____
4. Qual é a sua maior dificuldade ao resolver exercícios de Física?
 - Entender o enunciado
 - Aplicar os conceitos corretamente
 - Realizar os cálculos
 - Outra dificuldade: _____
5. Como você acha que poderia melhorar seu aprendizado em Física?

6. Você acha que o uso de recursos tecnológicos (tais como: laboratórios equipados, softwares de simulação, etc.) facilitam o aprendizado de Física?

7. Os experimentos práticos realizados em aula ajudam na compreensão dos conteúdos ou criam mais dificuldades?
8. O que você entende por óptica?
9. Quais são os principais fenômenos ópticos que você conhece?
10. Marque a alternativa verdadeira sobre reflexão da luz:
- a) A reflexão só ocorre nos espelhos
 - b) A reflexão é quando a luz passa de um meio para o outro
 - c) A reflexão ocorre quando a luz que se propaga em um meio, atinge a superfície de separação desse meio com outro e volta a se propagar no mesmo em que estava se propagando.
 - d) A reflexão não ocorre nos objetos coloridos.
11. Marque a alternativa verdadeira sobre a refração da luz:
- a) A refração é o desvio da luz quando ela bate em um objeto.
 - b) A refração é a mudança de velocidade da luz quando ela passa de um meio para outro.
 - c) A refração é a reflexão da luz nos meios líquidos.
 - d) A refração da luz é a propagação da luz no vácuo.
12. Qual é a diferença entre uma lente convergente e uma lente divergente?
- a) A lente convergente faz a luz se espalhar
 - b) A lente divergente faz a luz convergir
 - c) A lente convergente faz a luz convergir
 - d) Não há diferença entre elas
13. Como você explicaria a formação de um arco-íris?

- a) É a formação de gotas de chuva coloridas.
 - b) É um fenômeno óptico em que a luz do sol é dispersa em gotas de chuva.
 - c) É uma ilusão de óptica.
 - d) Absorção da luz por gotículas de chuva.
14. Você acha que os experimentos práticos são importantes para o estudo da óptica?
- a) Sim, porque ajudam a compreender os conceitos teóricos
 - b) Não, porque são difíceis de realizar
 - c) Talvez, dependendo do experimento
 - d) Não sei
15. Como você acha que a óptica está presente em sua vida diária?
- a) Não está presente
 - b) Está presente em tecnologias como câmeras e óculos
 - c) Está presente apenas em laboratórios e lojas de óculos
 - d) Está presente em todas as atividades ao ar livre
16. Qual é a diferença entre um material transparente, translúcido e opaco?
- a) Não há diferença
 - b) Um material transparente deixa passar a luz, um translúcido deixa passar parcialmente e um opaco não deixa passar
 - c) Um material opaco deixa passar a luz, um translúcido deixa passar parcialmente e um transparente não deixa passar
 - d) Um material translúcido deixa passar a luz, um opaco deixa passar parcialmente e um transparente não deixa passar

Questionário 2

1. Você achou o conteúdo de óptica interessante?

- () Muito interessante
- () Interessante
- () Neutro
- () Pouco interessante
- () Nada interessante

2. Você achou que os experimentos ajudaram a entender os conceitos de óptica?

- () Sim

- () Não
- () Em parte

3. Os experimentos eram fáceis de realizar?

- () Muito fáceis
- () Fáceis
- () Neutros
- () Difíceis
- () Muito difíceis

4. Os experimentos tornaram as aulas de óptica mais interessantes para você?

- () Sim
- () Não
- () Em parte

5. Como você prefere as aulas de Física?

- () Somente com aulas com atividades experimentais
- () Somente com aulas teóricas
- () Com aulas teóricas e atividades experimentais
- () Prefere não ter aulas de Física

6. De qual experimento você mais gostou?

7. De qual experimento você menos gostou?

8. Que experimentos de óptica gostaria que também fossem apresentados nas aulas?

APÊNDICE B - PRODUTO EDUCACIONAL



MNPEF

Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

RONALDO DOS SANTOS RAMOS

NILDO LOIOLA DIAS

**PRODUTO EDUCACIONAL - SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM
EXPERIMENTO DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DE ÓPTICA**

Fortaleza/CE

2025

Apresentação

Caro professor

A óptica, ramo da física que estuda a luz e seus fenômenos, como reflexão, refração, difração e interferência, além da formação de imagens por lentes e espelhos, representa um desafio no ensino médio. O pouco tempo dedicado à disciplina, a complexidade dos conceitos e a abstração matemática tornam seu ensino ainda mais difícil.

Este produto educacional consiste em uma sequência didática com cinco aulas de cem minutos cada, contendo experimentos práticos e acessíveis para facilitar a compreensão da óptica e tornar as aulas de física mais envolventes. O número de aulas pode ser ajustado conforme a necessidade de cada escola. O material inclui um guia para o professor com instruções detalhadas para a realização dos experimentos, sugestões de atividades complementares e uma avaliação para verificar o aprendizado dos alunos. O objetivo é proporcionar uma experiência prática e significativa, auxiliando os alunos a superar os desafios do ensino de óptica no ensino médio.

Um diferencial importante deste produto educacional é sua ênfase em experimentos práticos de baixo custo. Esses experimentos são especialmente projetados para ilustrar os conceitos de óptica de forma tangível e envolvente, superando a abstração muitas vezes encontrada nesse campo da física. Ao tornar os experimentos acessíveis e fáceis de serem realizados, o produto proporciona uma aprendizagem mais significativa e memorável para os alunos, além de facilitar o trabalho dos professores, que podem utilizar essas atividades para enriquecer suas aulas de forma prática e eficaz.

Espera-se que essa abordagem ajude a superar os desafios enfrentados no ensino de óptica, contribuindo para uma educação mais eficaz e significativa.

Ronaldo dos Santos Ramos

Sumário

1	INTRODUÇÃO	1
2	PLANOS DE AULA E ROTEIROS DE EXPERIMENTOS	2
2.1	AULA 1 – Conceitos básicos da Óptica e propagação retilínea da luz	2
2.1.1	Plano de aula.....	2
2.1.2	Roteiro do Experimento 1 - Câmara escura.....	3
2.1.3	Roteiro do experimento 2 – Eclipses solar e lunar	5
2.2	AULA 2 - Fenômenos ópticos	7
2.2.1	Plano de aula.....	7
2.2.2	Roteiro do Experimento 1 - Reflexão da luz.....	8
2.2.3	Roteiro do Experimento 2 - Refração da luz	9
2.2.4	Roteiro do Experimento 3 - Arco-íris caseiro	11
2.2.5	Roteiro do Experimento 4 - Identificando as cores	12
2.3	AULA 3 - Reflexão da luz e Espelhos Planos.....	15
2.3.1	Plano de aula.....	15
2.3.2	Roteiro do Experimento 1 - Demonstração da reflexão da luz.....	16
2.3.3	Roteiro do Experimento 2 - Espelho mágico.....	17
2.3.4	Roteiro do Experimento 3 - Associação de espelhos	19
2.4	AULA 4 - Espelhos esféricos.....	20
2.4.1	Plano de aula.....	21
2.4.2	Roteiro do Experimento – Banco óptico de baixo custo com espelhos esféricos	22
2.5	AULA 5 - Refração da luz e lentes	25
2.5.1	Plano de aula.....	25
2.5.2	Roteiro do Experimento - Banco óptico de baixo custo com lentes.....	26
3	ORIENTAÇÕES PARA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	28
	REFERÊNCIAS	30

1 Introdução

A Física é uma ciência que busca desvendar os fenômenos da natureza e explicá-los racionalmente. Para isso, requer um pensamento abstrato e, muitas vezes, contraintuitivo. Compreendê-la exige um bom domínio da matemática, bem como habilidades de raciocínio lógico e abstrato. Infelizmente, essas competências ainda são pouco desenvolvidas entre os alunos do ensino médio.

O ensino de Física no Brasil, especialmente em escolas públicas, enfrenta desafios significativos, como a falta de interesse dos estudantes e a desconexão entre os conteúdos abordados e a realidade vivida por eles. De acordo com Moreira (2021), muitos alunos aprendem Física de maneira superficial, memorizando fórmulas e definições apenas para reproduzi-las em provas, esquecendo-as logo em seguida.

Este produto educacional consiste em um guia para a aplicação de uma sequência didática com experimentos de baixo custo voltados ao ensino de óptica. Está estruturado em dois capítulos: o primeiro apresenta os planos de aula, os roteiros dos experimentos e orientações para sua aplicação; o segundo descreve o processo de desenvolvimento e a testagem do produto.

A sequência didática proposta visa tornar o ensino de óptica mais acessível e significativo para os alunos, por meio de experimentos práticos realizados com materiais de baixo custo, facilmente encontrados em laboratórios escolares ou adquiridos no comércio local. Essa abordagem prática e investigativa tem como objetivo estimular a curiosidade dos estudantes, incentivando-os a explorar e compreender os fenômenos ópticos de forma concreta e participativa.

Espera-se que este guia contribua para a melhoria do ensino de Física, em especial da óptica, proporcionando uma experiência de aprendizagem mais motivadora e significativa. A utilização de experimentos acessíveis viabiliza sua aplicação em escolas com poucos recursos, ampliando o acesso dos alunos a uma educação científica de qualidade.

2 Planos de aula e roteiros de experimentos

Neste capítulo, serão apresentados os planos de aula e os roteiros dos experimentos, que devem ser realizados durante o tempo de aula. Todos os experimentos são fáceis de construir e utilizam apenas materiais de baixo custo, facilmente encontrados em supermercados, papelarias ou lojas de construção. Alguns desses experimentos são demonstrativos e devem ser realizados pelo professor durante a explanação do conteúdo, enquanto outros devem ser conduzidos pelos próprios estudantes.

Para otimizar o tempo em sala de aula, é sugerido que o professor elabore uma apresentação de slides com os principais conceitos a serem estudados e compartilhar essa apresentação com os estudante, evitando assim a necessidade de escrever no quadro. Dessa forma, os alunos podem acompanhar a explicação e registrar, em seu caderno, apenas, as informações mais importantes.

2.1 AULA 1 – Conceitos básicos da Óptica e propagação retilínea da luz

Nessa primeira aula, o professor deve começar apresentando conceitos fundamentais, a diferença entre fonte primária e secundária e meios de propagação da luz (transparente, translúcidos e opacos). Em seguida, ele deve explorar a natureza dual da luz e focar na propagação retilínea da luz. Durante a explicação de como a luz se move em linha reta e como isso afeta a formação de sombras e a visualização de objetos, os dois experimentos devem ser realizados simultaneamente. Assim, enquanto o professor estiver abordando a propagação retilínea da luz, deve realizar o experimento da câmara escura para demonstrar a formação de imagens, e o experimento do eclipse para ilustrar os efeitos das sombras.

2.1.1 Plano de aula

Objetivo da Aula:

Introduzir os conceitos fundamentais da óptica e compreender a propagação retilínea da luz.

Recursos Necessários:

- Quadro ou apresentação de slides
- Pincel para quadro e apagador

- Projetor

Desenvolvimento da aula:

1. Iniciar a aula apresentando os conceitos fundamentais como luz, feixe de luz, fontes de luz primárias e secundárias.
2. Mostrar a diferença entre os meios ópticos (transparentes, translúcidos e opacos), nesse momento, é importante que o professor tenha em mãõ objetos que sirvam de exemplo, como vidro ou plástico transparente, plástico translúcido (tampa da lata de leite em pó) e pedaço de cartolina.
3. Explicar como a luz se propaga em linha reta e como isso afeta a formação de sombras, utilizando os experimentos da câmara escura e do eclipse.
4. Após a realização dos experimentos, discutir com os alunos sobre o que eles observaram.
5. Encerrar a aula reforçando os conceitos aprendidos, destacando a importância da propagação retilínea da luz e dos experimentos realizados para entendermos melhor o comportamento da luz no nosso dia a dia.

Avaliação:

Durante a aula, o professor deve observar a participação dos alunos nas discussões e elaborar uma atividade que englobe os conceitos e experimentos abordados.

2.1.2 Roteiro do Experimento 1 - Câmara escura

Objetivo

Demonstrar como uma imagem é formada por meio da passagem da luz através de um pequeno orifício em uma câmara escura. Na Figura 1 apresentamos a câmara escura utilizada durante a aula.

Materiais

- Uma lata de alumínio vazia;
- Cartolina preta;
- Fita adesiva;
- Um prego;
- Papel vegetal;

- Uma fonte de luz (lâmpada ou lanterna).

Figura 1 – Câmara escura.



Fonte: O autor.

Procedimento

1. Faça um pequeno furo no centro do fundo da lata utilizando um prego. Esse será o ponto de entrada da luz;
2. Cubra a parte interna da lata com cartolina preta para evitar reflexões da luz no alumínio (outra opção seria pintar com esmalte sintético de cor preto fosco);
3. Fixe o papel vegetal na extremidade oposta ao furo, utilizando fita adesiva. Essa será a superfície onde a imagem será projetada;
4. Utilize uma folha de cartolina para formar um tubo longo, ajustando o diâmetro para que fique igual ao da lata. Em seguida, prenda a lata com firmeza em uma das extremidades do tubo, utilizando fita adesiva.
5. Para utilizar, aponte a extremidade com o furo para um objeto iluminado e observe a imagem invertida se formar sobre o papel vegetal.

Análise e conclusão

Esse experimento pode ser preparado previamente pelo professor e utilizado durante a explicação sobre a propagação retilínea da luz e a formação de sombras. Ele permite uma visualização concreta de conceitos fundamentais da óptica e mostra o princípio básico de funcionamento das câmeras fotográficas. Por sua simplicidade e baixo custo, é ideal para tornar o aprendizado mais dinâmico, visual e acessível aos alunos.

2.1.3 Roteiro do experimento 2 – Eclipses solar e lunar

Figura 2 – Kit de demonstração de eclipses.



Fonte: O autor.

Objetivo

Demonstrar como ocorrem os eclipses solar e lunar utilizando bolas de isopor para representar a Terra e a Lua, e uma fonte de luz para representar o Sol.

Materiais

- Uma bola de isopor grande (Terra);
- Uma bola de isopor média (Lua);
- Uma fonte de luz (representando o Sol), como um projetor ou lanterna;
- Palitos de churrasco (opcional, para suporte da Terra e da Lua);
- Blocos de madeira (opcional, para base de apoio).

Procedimento

1. Preparação das bolas de isopor:

- Marque uma bola como “Terra” e outra como “Lua”;
- Use palitos para fixar a “Lua” à “Terra”, permitindo simular sua órbita.

2. Montagem do sistema Terra-Lua-Sol:

- Posicione a “Terra” sobre uma superfície plana;
- Fixe a “Lua” a uma distância proporcional à sua órbita;
- Direcione a fonte de luz para o sistema montado.

3. Demonstração dos eclipses:

- Movimente a “Lua” ao redor da “Terra”, observando sua passagem pelas regiões de sombra;
- Quando a “Lua” estiver entre a “Terra” e o “Sol”, ocorre o eclipse solar (Figura 3a);
- Quando a “Lua” estiver atrás da “Terra”, ocorre o eclipse lunar (Figura 3b).

Figura 3 – Demonstração dos eclipses solar e lunar.



(a) Eclipse solar



(b) Eclipse lunar

Fonte: Autor.

4. Explicação do fenômeno:

- Discuta com os alunos como a posição relativa entre Sol, Terra e Lua dá origem aos eclipses;
- Explique que o eclipse solar ocorre quando a Lua bloqueia a luz solar, projetando sua sombra sobre a Terra, e o eclipse lunar ocorre quando a Terra bloqueia a luz do Sol, projetando sua sombra sobre a Lua.

Análise e conclusão

Durante o experimento, o professor pode explorar a diferença entre eclipses totais e parciais, bem como os fatores que influenciam sua ocorrência e visibilidade. Além disso, pode contextualizar a importância histórica dos eclipses, mostrando como esses fenômenos contribuíram para o desenvolvimento da astronomia e para a validação de modelos do sistema solar.

2.2 AULA 2 - Fenômenos ópticos

Nessa aula, o professor deve concentrar-se na apresentação dos principais fenômenos ópticos, como reflexão, refração, dispersão da luz, formação de imagens e cores, destacando suas causas, efeitos e aplicações. Os experimentos serão realizados pelos próprios estudantes, que irão rotacionar em estações para realizar cada experimento de forma sequencial. Recomenda-se que a turma seja dividida em quatro grupos, permitindo que cada grupo passe por todas as estações, o que proporcionará uma experiência prática abrangente e facilitará a compreensão dos fenômenos ópticos.

2.2.1 Plano de aula

Objetivo da Aula:

Compreender os princípios básicos dos fenômenos ópticos, como reflexão, refração, dispersão da luz e formação de imagens, e sua aplicação em diversos contextos.

Recursos Necessários:

- Quadro ou apresentação de slides
- Pincel para quadro e apagador
- Projetor (se for utilizar apresentação de slides)

Desenvolvimento da aula:

1. Explicar o que são fenômenos ópticos e sua importância na vida cotidiana e em diversas áreas da ciência.
2. Mostrar a definição dos principais fenômenos (refração, reflexão, difração, espalhamento e dispersão).
3. Discutir aplicações práticas dos fenômenos ópticos, como microscópios, telescópios, óculos, entre outros.
4. Dividir a turma em quatro grupos e realizar os experimentos em um sistema rotação por estações.
5. Promover uma discussão sobre a importância dos fenômenos ópticos na sociedade e nas diferentes áreas do conhecimento.

Avaliação:

A avaliação deve levar em conta a participação dos alunos durante a aula, a compreensão dos conceitos apresentados através de perguntas e respostas e a reação deles durante a realização dos experimentos.

2.2.2 Roteiro do Experimento 1 - Reflexão da luz

Objetivo:

Demonstrar como a luz se comporta ao incidir em uma superfície refletora, como um espelho plano, e compreender os princípios básicos desse fenômeno óptico.

Materiais:

- Um espelho plano
- Objetos diversos (caneta, régua, bola, etc.)

Procedimento:

1. Posicione o espelho plano verticalmente sobre uma superfície horizontal e plana.
2. Coloque os objetos à frente do espelho, de modo que a luz da lanterna incida sobre eles e seja refletida no espelho.
3. Observe a imagem refletida no espelho e analise como a posição dos objetos influencia na reflexão.

Figura 4 – Reflexão da luz em um espelho plano.



Fonte: O autor.

Análise e Conclusão:

Durante e após o experimento, os alunos devem descrever o que observaram e discutir as diferenças entre reflexão regular e reflexão difusa. Eles devem perceber que a reflexão regular ocorre em superfícies polidas, como o espelho plano, onde os raios refletem em uma direção única, formando imagens nítidas. Já a reflexão difusa ocorre em superfícies rugosas, fazendo com que a luz se espalhe em várias direções, impedindo a formação de imagens claras.

2.2.3 Roteiro do Experimento 2 - Refração da luz

Objetivo:

Demonstrar como a luz muda de direção ao passar de um meio para outro, como do ar para a água, compreendendo os princípios básicos da refração.

Materiais:

- Um recipiente transparente (copo de vidro)
- Água
- Um lápis ou caneta

Figura 5 – Refração da luz ao passar do ar para a água.



Fonte: O autor

Procedimento:

1. Encha o recipiente com água.
2. Coloque o lápis dentro do copo com água, inclinando-o levemente.

Análise e Conclusão:

Os alunos devem observar a aparente mudança de direção da luz ao passar do ar para a água. Essa mudança ocorre devido à diferença de velocidade da luz nos dois meios, fenômeno conhecido como refração. A atividade também permite discutir como os objetos parecem "quebrados" ou "tortos" ao serem observados parcialmente submersos.

2.2.4 Roteiro do Experimento 3 - Arco-íris caseiro

Objetivo:

Simular a formação de um arco-íris e compreender os princípios da dispersão da luz e da formação de cores a partir da luz branca.

Materiais:

- Um prisma (ou um CD como alternativa)
- Uma folha branca
- Uma fonte de luz (lanterna)

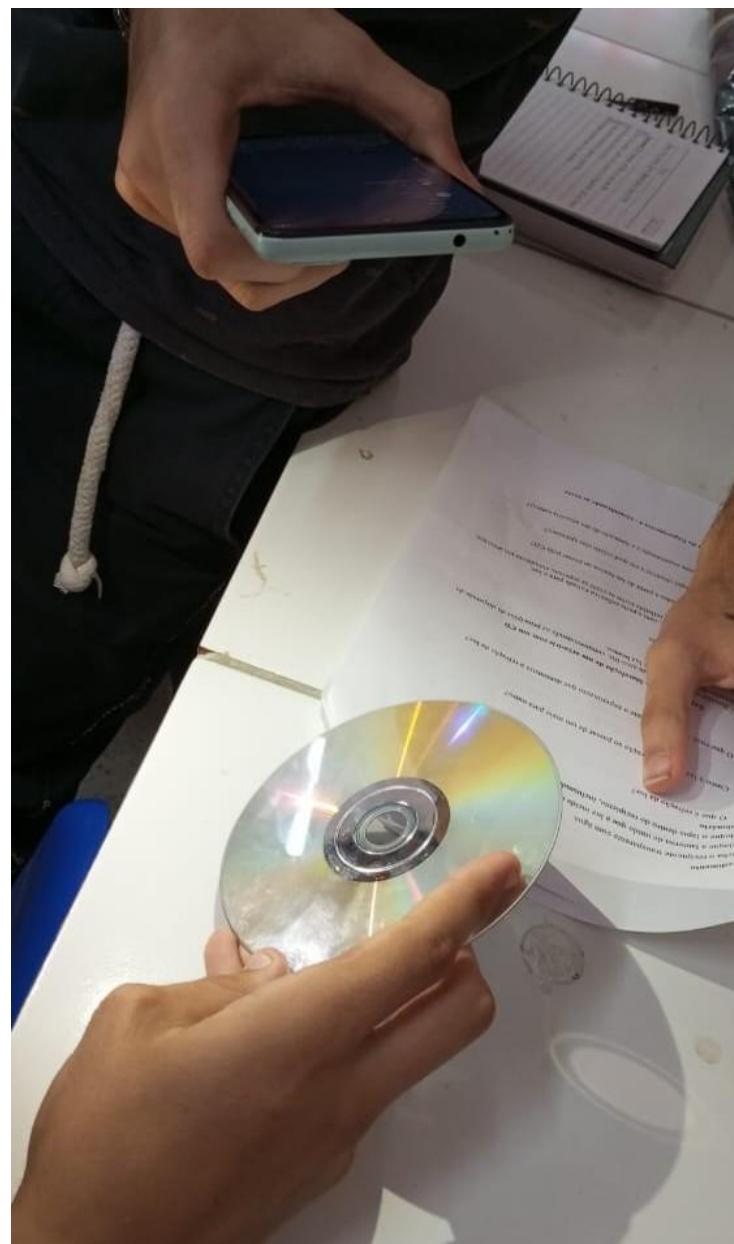
Procedimento:

1. Posicione a folha branca em uma superfície plana e escura.
2. Direcione a luz da lanterna para atravessar o prisma (ou incidir sobre o CD), de forma que a luz seja projetada na folha (ou na parede).
3. Ajuste a posição do prisma/CD e da lanterna até que o espectro de cores se forme claramente na folha.

Análise e Conclusão:

Os estudantes devem perceber que, ao atravessar o prisma ou refletir no CD, a luz branca é decomposta em várias cores. Isso acontece devido à dispersão da luz, um fenômeno em que cada cor da luz branca sofre refração com intensidades diferentes. A atividade ajuda os alunos a compreenderem como o arco-íris natural é formado pela dispersão da luz solar nas gotas de chuva.

Figura 6 – Simulação de arco-íris com prisma ou CD.



Fonte: O autor

2.2.5 Roteiro do Experimento 4 - Identificando as cores

Objetivo

Demonstrar como as cores vermelho, verde e azul podem ser combinadas em diferentes intensidades para criar uma variedade de cores.

Materiais

- Lâmpadas coloridas nas cores azul, verde e vermelha;
- Soquetes para lâmpadas;

- Fios paralelos;
- Base de madeira;
- Interruptor elétrico de três seções;
- Objetos coloridos (neste experimento foram utilizadas bolas, mas também podem ser usadas tampas de garrafas ou impressões coloridas);
- Caixa de papelão.

Procedimento

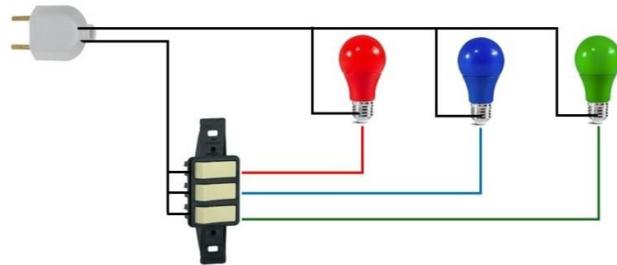
1. Monte o circuito com as lâmpadas coloridas conectadas ao interruptor de três seções sobre a base de madeira. Coloque os objetos e as lâmpadas dentro da caixa de papelão, deixando os interruptores do lado de fora. Feche completamente a caixa, deixando apenas um pequeno orifício para que os estudantes possam observar o interior;

Figura 7 – Montagem do experimento.



Fonte: O autor

Figura 8 – Esquema de ligação elétrica das lâmpadas.

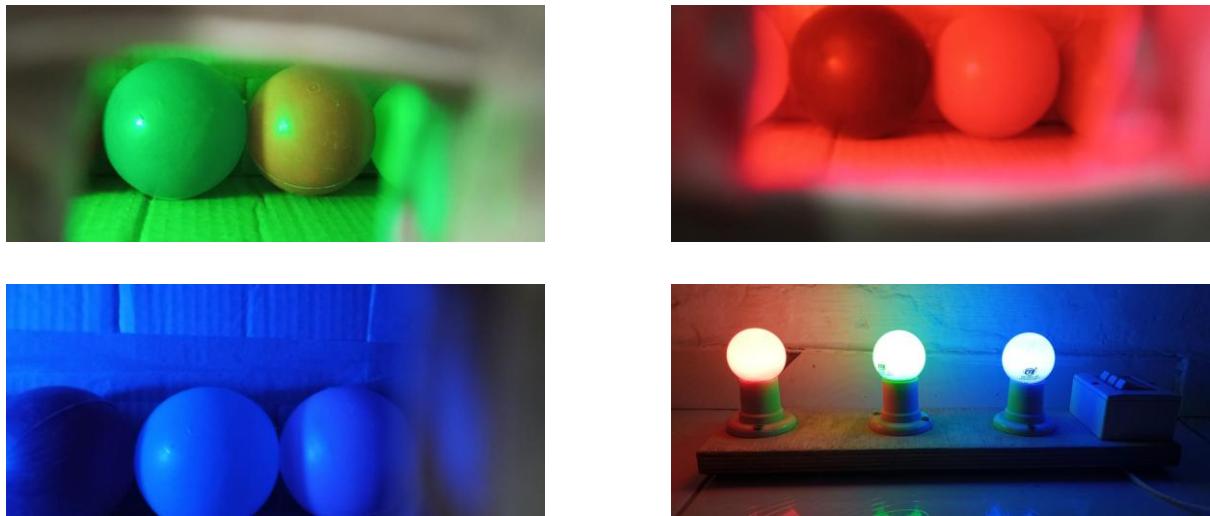


Fonte: O autor

2. Acenda uma lâmpada por vez e peça para os alunos identificarem as cores percebidas nos objetos iluminados;

3. Repita o procedimento anterior acendendo duas lâmpadas simultaneamente, variando as combinações. Em seguida, acenda as três cores ao mesmo tempo;
4. Coloque objetos na frente das luzes e oriente os alunos a observarem as cores das sombras projetadas.

Figura 9 – Observações com luzes coloridas.



Fonte: O autor

Figura 10 – Realizando o Experimento



Fonte: O autor

Análise e conclusão

Durante esse experimento, os alunos devem observar que as cores percebidas nos objetos dependem da luz que os ilumina. A combinação das luzes vermelha, verde e azul permite a formação de diferentes cores, inclusive o branco, quando todas estão acesas simultaneamente. Também é importante destacar a diferença entre a mistura aditiva de luz (RGB) e a mistura subtrativa de pigmentos (como em tintas). O experimento permite ainda explorar como diferentes combinações de luz afetam as sombras, revelando múltiplas tonalidades.

Observação: Se o ambiente puder ser totalmente escurecido, a caixa de papelão pode ser dispensada.

2.3 AULA 3 - Reflexão da luz e Espelhos Planos

Nessa aula, o professor deve começar relembrando o conceito básico de reflexão e destacar a diferença entre reflexão regular (espelhada) e reflexão difusa (dispersa). Em seguida, apresentar as leis da reflexão e abordar a formação de imagens em espelhos planos.

Os experimentos devem ser realizados pelos alunos em grupos de quatro ou cinco integrantes. Se a turma for grande, o professor pode preparar vários kits do mesmo experimento para que todos participem ativamente.

2.3.1 Plano de aula

Objetivo da Aula:

Compreender os princípios da reflexão da luz em espelhos planos, incluindo a formação de imagens e as leis da reflexão.

Recursos Necessários:

- Quadro ou apresentação de slides
- Pincel para quadro e apagador
- Projetor (se for utilizar apresentação de slides)

Desenvolvimento da aula:

1. Revisar o conceito de reflexão da luz e sua importância.
2. Apresentar as leis da reflexão e discutir sua aplicação em espelhos planos.
3. Demonstrar como as imagens são formadas em espelhos planos, destacando as características das imagens (virtual, direita e do mesmo tamanho que o objeto).

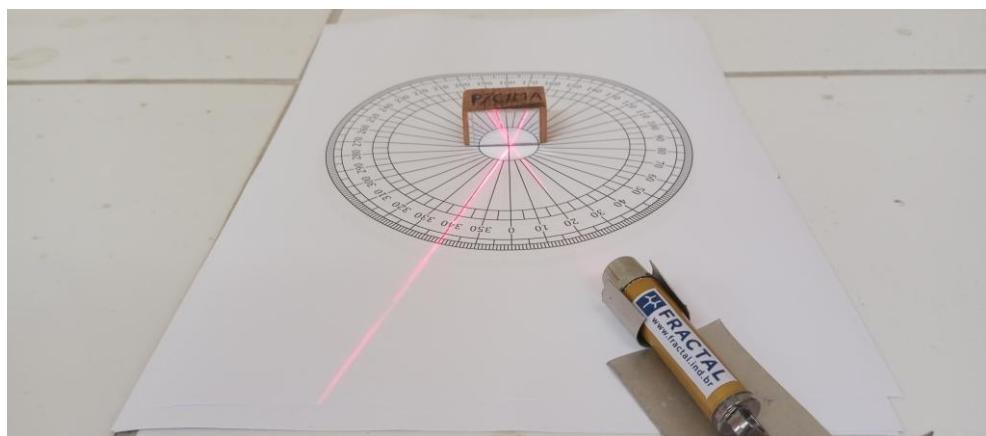
4. Realizar os experimentos.
5. No fim, recapitular os conceitos aprendidos e destacar a importância da reflexão da luz em nossa vida diária.

Avaliação:

A avaliação considerará a participação ativa dos alunos, a compreensão dos conceitos apresentados, a execução correta dos experimentos e a habilidade de aplicar esses conceitos em situações práticas.

2.3.2 Roteiro do Experimento 1 - Demonstração da reflexão da luz

Figura 11 – Kit para demonstrar as leis da reflexão.



Fonte: O autor

Objetivo

Demonstrar as leis da reflexão.

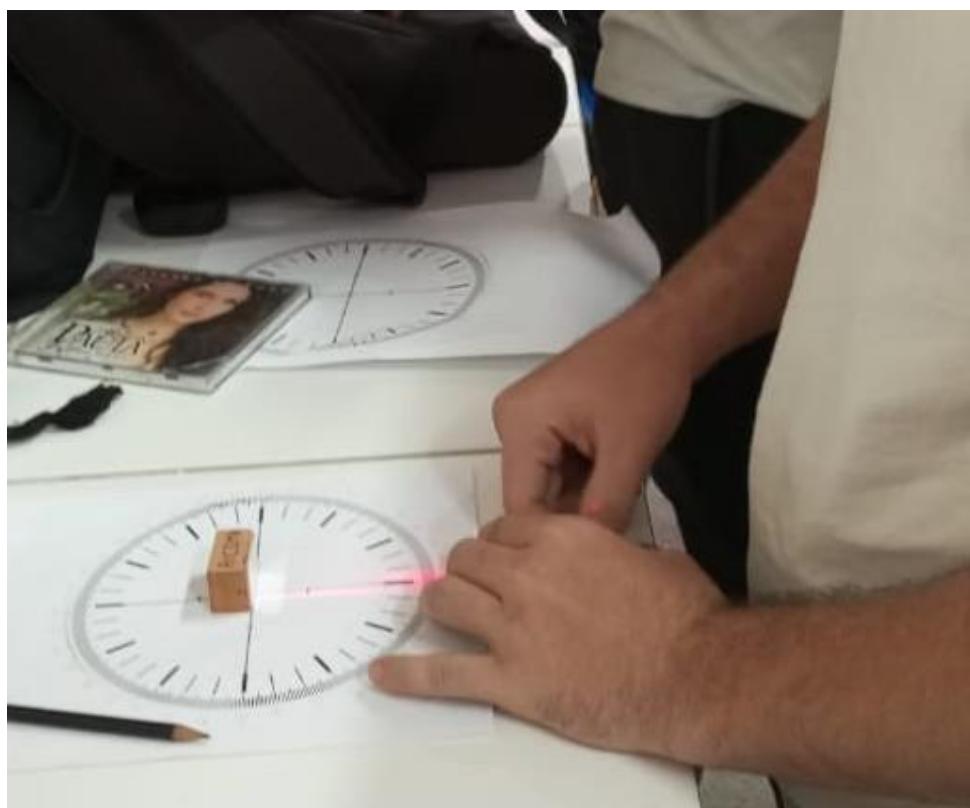
Materiais

- Espelho plano
- Transferidor de papel
- Fonte de luz (laser)
- Papel
- Caneta

Procedimento

1. Fixar o espelho plano em posição vertical, de modo que fique em pé sobre uma superfície plana e sobre o transferidor.
2. Posicionar a fonte de luz de modo que incida um feixe de luz em direção ao espelho, formando um ângulo de incidência específico com a superfície do espelho.
3. Medir o ângulo de incidência e reflexão em relação a normal (linha perpendicular à superfície do espelho) usando o transferidor.
4. Refazer as medições para vários ângulos de reflexão e comparar os resultados.

Figura 12 – Alunos realizando o experimento sobre a reflexão da luz.



Fonte: O autor

Analise e conclusão

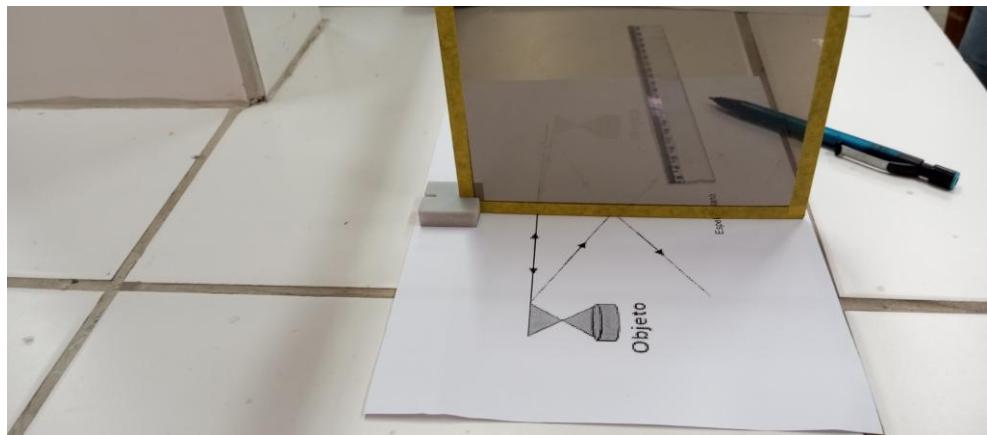
Durante esse experimento, os estudantes devem observar que os ângulos de incidência e reflexão são iguais e que isso está de acordo com a Lei da Reflexão.

2.3.3 Roteiro do Experimento 2 - Espelho mágico

Objetivo

Demonstrar o princípio da reflexão da luz em um espelho plano semitransparente e observar as propriedades dos raios refletidos.

Figura 13 – kit para mostrar a formação de imagem em espelhos planos.



Fonte: Autor

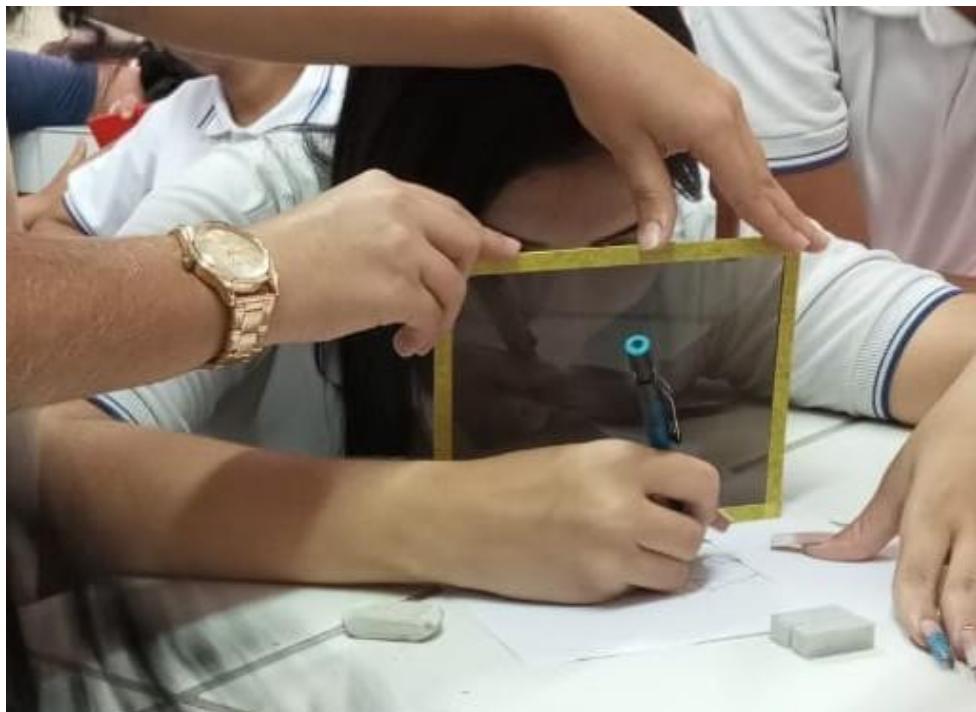
Materiais

- espelho magico (espelho semitransparente ou vidro com fumê)
- folha de papel contendo o desenho da figura
- lápis ou caneta
- régua

Procedimento

1. Coloque o espelho na posição vertical, sobre a folha, no local indicado.
2. Peça para um dos alunos reproduzir o desenho na parte branca da folha e marcar alguns pontos de referência.
3. Solicite que os alunos comparem a distância entre esses pontos de referência no desenho original e o espelho, e também a distância entre os pontos de referência no desenho feito pelo estudante e o espelho.
4. Discuta com os alunos os resultados obtidos.

Figura 14 – Alunos observando a imagem formada no espelho mágico.



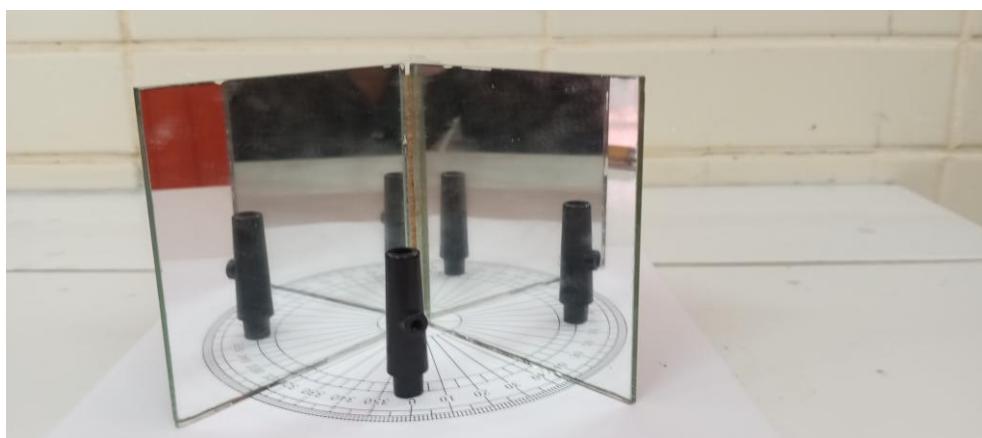
Fonte: O autor

Analise e conclusão

Após o experimento, é importante discutir com os alunos por que a distância entre os pontos de referência não muda quando o desenho é refletido no espelho e reforçar a ideia de que a luz refletida segue o princípio da reflexão, ou seja, o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão.

2.3.4 Roteiro do Experimento 3 - Associação de espelhos

Figura 15 – kit de associação de espelhos. fonte: Autor



objetivo

Demonstrar como a associação de espelhos pode criar reflexões múltiplas e um efeito de "infinito".

materiais

- Dois espelhos planos
- Suporte para os espelhos (opcional)
- Objeto para ser refletido (por exemplo, um apontador ou uma borracha)
- transferidor de papel

Procedimento

1. Coloque os dois espelhos planos sobre o transferidor de papel, em uma superfície plana, formando um ângulo entre eles.
2. Posicione um objeto entre os espelhos e observe a quantidade de imagens formadas.
3. Altere o ângulo entre os espelhos e analise a relação entre o número de imagens formadas e o ângulo entre os espelhos.
4. Coloque os dois espelhos paralelos, um de frente para o outro, com o objeto entre eles, e avalie a quantidade de imagens refletidas.
5. Promova uma discussão com os alunos sobre os resultados obtidos.

Analise e conclusão

Durante o experimento, os alunos podem observar como a associação dos espelhos cria múltiplas reflexões do objeto. Além disso, podem conversar sobre como esse efeito é utilizado em brinquedos, decoração e até mesmo em arte. Essa experiência prática pode ser uma forma divertida e visualmente impactante de compreender os princípios da reflexão da luz e a formação de imagens em espelhos planos.

2.4 AULA 4 - Espelhos esféricos

Nessa aula, o professor abordará a reflexão da luz nos espelhos côncavos e convexos, discutirá com os alunos sobre os focos principais, raios notáveis e a formação de imagens, levando em consideração a posição do objeto em relação ao espelho. Serão analisadas as características das imagens, como tamanho, orientação e natureza. Além disso, serão incluídas aplicações práticas dos espelhos esféricos em diversos dispositivos.

O experimento dessa aula terá um caráter demonstrativo e interativo, pois os alunos poderão observar diretamente a formação das imagens nos espelhos esféricos enquanto participam da montagem e realização do experimento. Isso permitirá que eles explorem as características das imagens formadas, promovendo uma maior compreensão dos fenômenos ópticos envolvidos.

2.4.1 Plano de aula

Objetivo da Aula:

Compreender os conceitos básicos de espelhos esféricos e suas aplicações.

Recursos Necessários:

- Quadro ou apresentação de slides
- Caneta para quadro e apagador
- Projetor (se for utilizar apresentação de slides)
- espelhos esféricos

Desenvolvimento da aula:

1. Introduzir a aula explicando o que é espelho esférico e os tipos de espelhos (côncavo e convexo).
2. Explicar como acontece a formação de imagens e suas características (real ou virtual, direita ou invertida, maior, menor ou igual ao objeto)
3. Demostrar a formação de imagem utilizando um banco óptico de baixo custo
4. Mostrar exemplos e aplicações dos espelhos esféricos.

Avaliação:

A avaliação será fundamentada na participação ativa dos alunos, na compreensão dos conceitos expostos, na execução adequada dos experimentos e na habilidade de aplicar esses conceitos em cenários práticos.

2.4.2 Roteiro do Experimento – Banco óptico de baixo custo com espelhos esféricos

Figura 16 – Banco óptico com espelhos esféricos.



Fonte: O autor

Objetivo

Construir e utilizar um banco óptico simples para observar a formação de imagens em espelhos esféricos.

Materiais

- Lâmpada de LED;
- Caixa de madeira ($10\text{ cm} \times 10\text{ cm} \times 20\text{ cm}$);
- Espelho côncavo;
- Espelho convexo;
- Anteparo para formação de imagens (placa de MDF);
- Suportes para os espelhos e o anteparo;
- Régua ou fita métrica;
- Figura impressa (como uma seta ou personagem) para ser colada na saída de luz da caixa.

Procedimento

1. Fixe o espelho côncavo em um suporte de maneira estável.

2. Ligue a fonte de luz (caixa com LED) e posicione-a em frente ao espelho, além do seu centro de curvatura.
3. Na saída de luz da caixa, cole uma imagem impressa (Figura 18) que servirá como objeto para a formação da imagem refletida.
4. Observe a imagem formada pelo espelho: identifique se é real ou virtual, direita ou invertida.
5. Desloque a fonte de luz para diferentes posições em relação ao espelho e observe como a imagem se comporta. Utilize o anteparo (placa de MDF) para verificar se a imagem pode ser projetada.
6. Meça a distância entre o objeto e o espelho (p), e entre a imagem e o espelho (p'). Em seguida, calcule a distância focal (f) utilizando a equação dos espelhos esféricos:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

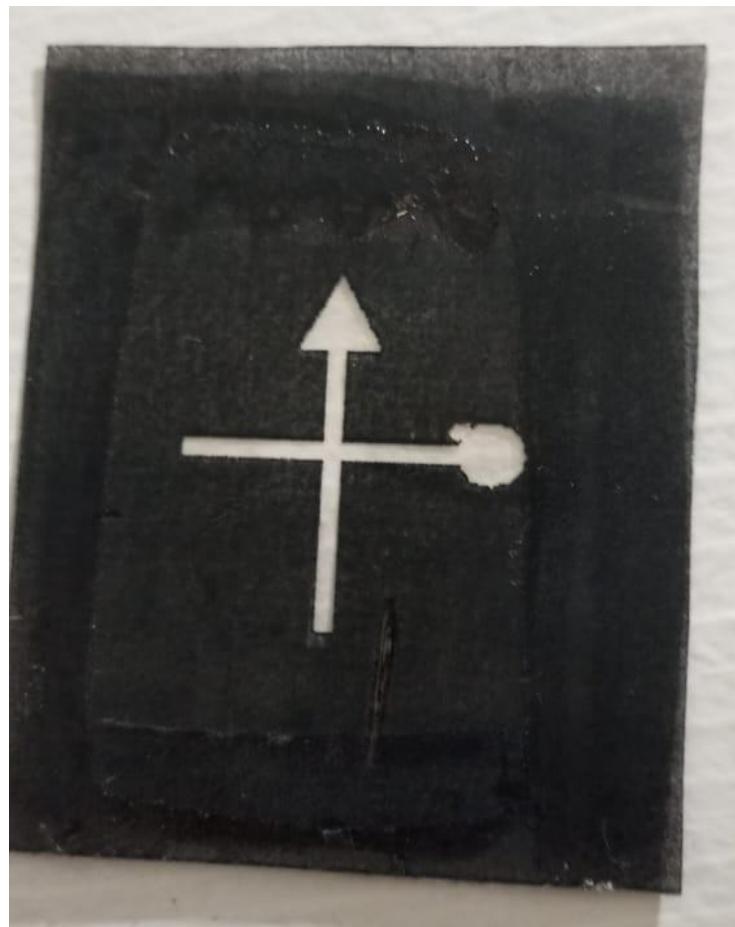
7. Repita o procedimento anterior utilizando o espelho convexo e registre as diferenças observadas.

Figura 17 – Banco óptico com espelhos esféricos: (a) espelho côncavo e (b) espelho convexo.



Fonte: O autor

Figura 18 – Imagem colada na saída de luz da caixa, utilizada como objeto.



Fonte: O autor

Análise e conclusão

Durante a realização do experimento, os alunos podem perceber como a posição do objeto em relação ao espelho esférico influencia significativamente a forma da imagem formada. Dependendo da distância, a imagem pode ser real (quando pode ser projetada em um anteparo) ou virtual (quando não pode ser projetada), além de aparecer direita ou invertida.

Ao calcular a distância focal do espelho com base nas medições, os alunos conseguem compreender a relação entre as variáveis envolvidas na equação dos espelhos esféricos. Isso contribui para a compreensão do funcionamento de dispositivos como telescópios, lanternas e espelhos retrovisores.

Ao final do experimento, é recomendada uma discussão com a turma comparando os diferentes tipos de espelhos: planos, côncavos e convexos. A atividade pode destacar as mudanças nas características das imagens formadas (tamanho, orientação e natureza) e incentivar os alunos a relacionar os conceitos com aplicações do cotidiano, como espelhos de banheiro, retrovisores de veículos, utensílios de maquiagem e equipamentos ópticos.

2.5 AULA 5 - Refração da luz e lentes

Nessa aula, o professor abordará a refração da luz em lentes, discutirá com os alunos sobre os principais tipos de lentes (convergente e divergente), os focos principais, raios notáveis e a formação de imagens, considerando a posição do objeto em relação à lente e suas características, como tamanho, orientação e natureza. Além disso, serão incluídas aplicações práticas das lentes em diversos dispositivos, como óculos, lupas e câmeras fotográficas. O experimento dessa aula será semelhante ao da aula anterior, substituindo os espelhos por lentes.

2.5.1 Plano de aula

Objetivo da Aula:

Compreender os princípios da refração da luz e o funcionamento das lentes, identificando suas aplicações práticas.

Recursos Necessários:

- Quadro ou apresentação de slides
- Caneta para quadro e apagador
- Projetor (se for utilizar apresentação de slides)

Desenvolvimento da aula:

1. Introdução à refração da luz: explicação dos conceitos básicos, como velocidade da luz, índice de refração e leis da refração.
2. Demonstração prática da refração: utilização de um recipiente com água e uma colher como exemplo para visualizar a refração da luz.
3. Tipos de lentes: apresentação das lentes convergentes e divergentes, explicando suas características e diferenças.
4. Formação de imagens com lentes: explicação de como as lentes formam imagens reais e virtuais, e como essas imagens são afetadas pela posição do objeto.
5. Aplicações práticas: exemplos de dispositivos ópticos que utilizam a refração da luz e lentes, como óculos, lupas e microscópios.

Avaliação:

A avaliação será feita através da participação dos alunos durante a explicação dos conceitos, da observação da compreensão dos alunos durante a demonstração prática da refração da luz, da resolução de problemas relacionados à formação de imagens com lentes e da discussão sobre as aplicações práticas das lentes e da refração da luz.

2.5.2 Roteiro do Experimento - Banco óptico de baixo custo com lentes

Figura 19 – Banco óptico com lentes.



Fonte: O autor.

objetivo

Observar e compreender os princípios básicos do funcionamento das lentes convergentes e divergentes.

materiais

- Lâmpada de led
- Caixa de madeira de (10cm X 10cm X 20cm)
- Lente convergente
- Lente divergente
- Anteparo para formação de imagens (placa de MDF)
- Suporte para os espelho e anteparo
- Régua ou fita métrica

Procedimento

1. Posicione a fonte de luz em um dos extremos da mesa.

2. Coloque a lente convergente no meio da mesa, alinhada com a fonte de luz.
3. Coloque o objeto (a seta, por exemplo) entre a fonte de luz e a lente, em uma posição onde a luz seja focalizada pela lente.
4. Observe a formação da imagem da seta projetada no anteparo.
5. Repita o procedimento com a lente divergente, observando como a imagem se forma e se comporta em relação à posição da lente.

Análise e conclusão

Durante o experimento, deve-se observar as diferenças fundamentais entre as lentes convergentes e divergentes. Com a lente convergente, nota-se que a imagem formada foi real, invertida e reduzida, demonstrando a capacidade da lente de convergir os raios de luz em um ponto focal. Já com a lente divergente, a imagem formada foi virtual, direita e menor que o objeto, evidenciando a dispersão dos raios de luz. Ao variar a posição do objeto em relação à lente, foi possível perceber como isso influencia a formação da imagem, especialmente sua nitidez e posição. Esses resultados proporcionaram uma compreensão mais profunda sobre o comportamento das lentes e como elas são aplicadas em dispositivos ópticos do dia a dia.

3 Orientações para aplicação do Produto Educacional

Os experimentos propostos neste guia podem ser facilmente adaptados à realidade de qualquer escola, considerando as condições específicas de cada instituição, as necessidades dos alunos e, principalmente, o tempo disponível para as aulas de Física. A flexibilidade dos materiais e a simplicidade das atividades permitem ajustes que atendem a diferentes contextos e recursos disponíveis.

A confecção dos kits experimentais e dos demais materiais necessários para as aulas pode ser realizada durante as horas destinadas ao planejamento do professor, caso a escola ofereça esse tempo, o que facilita a integração das atividades práticas à rotina docente. No caso do banco óptico, por exemplo, a construção da caixa que acomoda a lâmpada geralmente exige o corte e o encaixe de peças de madeira, trabalho que pode ser feito com a ajuda de um marceneiro. No entanto, professores que possuam habilidades manuais e acesso a ferramentas como serra tico-tico, furadeira, chave Phillips, lixas e esquadros podem confeccionar a estrutura por conta própria, utilizando madeira compensada ou MDF. Como alternativa mais acessível, especialmente em escolas com poucos recursos, a caixa pode ser construída com papelão reforçado, utilizando estilete, régua metálica, cola quente ou fita adesiva resistente, desde que seja montada de forma segura e estável para garantir o bom funcionamento do experimento.

Os materiais utilizados nos experimentos são de fácil acesso. A maioria pode ser encontrada em papelarias (como papel, canetas, lápis, fita adesiva, bolas de isopor e réguas) e em lojas de materiais eletrônicos (como lâmpadas, lasers, soquetes e fios). Além disso, alguns itens podem ser reutilizados, como caixas de papelão e latas de refrigerante, enquanto outros podem ser adquiridos em sites de compras online, como Shopee ou Mercado Livre (kits de lentes e espelhos para o banco óptico, espelhos semitransparentes).

Essa abordagem prática e investigativa contribui para uma melhor compreensão dos conceitos estudados, além de promover o engajamento dos alunos. De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), esse tipo de metodologia deve favorecer a participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem, permitindo que eles apliquem procedimentos, práticas e processos essenciais à construção do conhecimento científico (BRASIL, 2018).

A teoria da aprendizagem significativa, proposta por David Ausubel, reforça a importância dessa abordagem investigativa. Segundo Ausubel (2003), a aprendizagem é mais eficaz quando novos conhecimentos são relacionados aos saberes prévios dos alunos.

No contexto dos experimentos, os estudantes não apenas realizam atividades práticas, mas também conectam essas experiências a conceitos de Física que já conhecem, tornando o aprendizado mais significativo e duradouro. Essa forma de ensino favorece a organização cognitiva e proporciona uma compreensão mais sólida e aprofundada do conteúdo.

Referências

AUSUBEL, D. P. *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva*. Lisboa: Plátano Editora, 2003. ISBN 972-707-364-6.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, 2018. Acesso em: 3 set. 2024. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>>.

MOREIRA, M. A. **Desafios no ensino da física**. *Revista Brasileira de Ensino de Física, Sociedade Brasileira de Física*, v. 43, p. e20200451, 2021. ISSN 1806-1117. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0451>>. Acesso em: 3 set. 2024.