



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS PARNAÍBA
CURSO LICENCIATURA EM FÍSICA**

ANDRENIA PAULINA GUILHERME LIMA DE SOUZA

**EXPERIMENTO DIDÁTICO DE BAIXO CUSTO PARA O ESTUDO DE ÓPTICA
GEOMÉTRICA E ANOMALIAS VISUAIS**

PARNAÍBA

2025

ANDRENIA PAULINA GUILHERME LIMA DE SOUZA

EXPERIMENTO DIDÁTICO DE BAIXO CUSTO PARA O ESTUDO DE ÓPTICA
GEOMÉTRICA E ANOMALIAS VISUAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como exigência parcial para obtenção do diploma
do Curso de Licenciatura em Física do Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Piauí, Campus Parnaíba.

Orientador: Prof. Dr. Gelson Luiz Clemente
Rodrigues.

PARNAÍBA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Souza, Andrenia Paulina Guilherme Lima de

S719e Experimento didático de baixo custo para o estudo de óptica
geométrica e anomalias visuais / Andrenia Paulina Guilherme Lima de
Souza. — Parnaíba, 2025.
69 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) – Instituto
Federal do Piauí, Campus Parnaíba, 2025.
Orientador: Prof. Dr. Gelson Luiz Clemente Rodrigues.

1.Física experimental. 2.Óptica geométrica. 3.Lentes de gelatina.
I.Título.

CDD – 530

Elaborado por Micheline Angélica Aragão Gouveia CRB 3/1244

ANDRENIA PAULINA GUILHERME LIMA DE SOUZA

EXPERIMENTO DIDÁTICO DE BAIXO CUSTO PARA O ESTUDO DE ÓPTICA
GEOMÉTRICA E ANOMALIAS VISUAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como exigência parcial para obtenção do diploma
do Curso de Licenciatura em Física do Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Piauí, Campus Parnaíba.

Aprovada em: 27 / 02 / 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Gelson Luiz Clemente Rodrigues (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Me. Lucas Izidio de Sousa Sampaio
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. Kleyton Janio Camelo
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

A jornada foi longa, mas a vitória é doce.
Dedico este trabalho a todos que fizeram
parte dela.

AGRADECIMENTOS

Agradecer é reconhecer que a jornada da vida, e especialmente a acadêmica, não é solitária. É valorizar cada pessoa que, de alguma forma, contribuiu para que eu chegasse até aqui. Agradecer é ter a humildade de reconhecer que ninguém cresce sozinho, e que o apoio, a união e a partilha são combustíveis essenciais para a realização de nossos sonhos.

Primeiramente, gostaria de expressar minha profunda gratidão a Deus, que me guiou em cada passo desta jornada, que se fez presente em diversos momentos e decisões da minha vida, me dando força e inspiração durante todo o processo.

Aos meus pais, Adalgisa Guilherme Lima de Souza e Josinildo Lima de Souza, às minhas irmãs, Adne Vitória e Agnes de Fátima, aos meus familiares, Veralucia Coelho de Mendonça e Andreline Coelho de Mendonça Leite, que me protegem e me impulsionam a voar alto. Em especial, à minha prima Andreline, que com sua intuição e palavras sábias, me ajudou a trilhar esta jornada acadêmica. Agradeço a vocês por me darem o apoio necessário para que eu chegasse até aqui. Vocês são a base e a razão das minhas conquistas.

À minha namorada, Fernanda Pinho dos Santos, minha companheira de vida, meu ombro amigo e minha maior fã. Você me incentivou a dar o meu melhor e acreditou em mim quando eu duvidei. Cada palavra de carinho, cada abraço apertado e cada sorriso me deram força para seguir em frente e superar os desafios. Agradeço por estar ao meu lado em todos os momentos, me apoiando, motivando e me amando. Sua presença em minha vida é um presente precioso.

Aos meus amigos e colegas de curso, pelo companheirismo, pelas risadas, pelos momentos de estudo e pelas palavras de conforto nos momentos desafiadores. Vocês tornaram essa jornada mais leve e divertida.

Ao meu orientador, Dr. Gelson Luiz Clemente Rodrigues, pela compreensão, sabedoria, orientação e apoio durante todo o processo de elaboração deste TCC. Seus ensinamentos foram fundamentais para o meu crescimento acadêmico e pessoal.

A todos os professores, pois todos direto e indiretamente contribuíram para o alcance desse trabalho. Em especial, ao professor e coordenador do curso Lucas Izídio de Souza Sampaio, professor Alexandro C.S. Nascimento, Bruno Sombra

Pires e Itamar de Sousa Júnior, que compartilharam seus conhecimentos e experiências, me inspirando a buscar sempre mais. Sou grato por cada aula e cada ensinamento.

À instituição IFPI campus Parnaíba, por me proporcionar a oportunidade de estudar, aprender e desenvolver este trabalho. Sou grata por toda a estrutura, recursos e apoio que me foram oferecidos.

E, finalmente, a mim mesmo, por ter dedicado tempo, esforço e disciplina a este trabalho. Por ter acreditado em mim mesmo e não ter desistido, mesmo diante dos desafios. Este TCC é fruto de muito trabalho e dedicação, mas também de muita colaboração e apoio. Sou grato a todos que fizeram parte desta jornada e que contribuíram para a realização deste trabalho.

“Entre os mais fortes existem os que nasceram com um dom, e aqueles que trabalham duro... E eu sou um dos que trabalhou duro!”

Rock Lee - Naruto Shippuden

RESUMO

O trabalho propõe um experimento didático de baixo custo para facilitar o estudo da óptica geométrica e das anomalias visuais, visando atender demandas educacionais ao oferecer um aparato experimental que simula o funcionamento do olho humano e permite a investigação de conceitos teóricos e suas aplicações práticas. A metodologia envolveu uma revisão bibliográfica sobre a educação brasileira e o ensino de física, seguida do desenvolvimento e teste do aparato, que utiliza materiais recicláveis, como gelatina, para a confecção de lentes capazes de demonstrar a correção de defeitos visuais, como miopia e hipermetropia. Os testes realizados avaliaram a eficácia do aparato como ferramenta didática, com foco na promoção da aprendizagem significativa, conforme os princípios de Ausubel. Os resultados indicam que o uso desse tipo de experimento pode gerar um impacto positivo no ensino de física, tornando-o mais acessível, envolvente e eficaz para os alunos.

Palavras-chave: óptica geométrica; lentes de gelatina; experimentação.

ABSTRACT

The work proposes a low-cost didactic experiment to facilitate the study of geometric optics and visual anomalies, aiming to address educational demands by providing an experimental apparatus that simulates the functioning of the human eye and allows the investigation of theoretical concepts and their practical applications. The methodology included a bibliographic review on Brazilian education and physics teaching, followed by the development and testing of the apparatus, which uses recyclable materials, such as gelatin, to create lenses capable of demonstrating the correction of visual defects, such as myopia and hyperopia. The tests conducted evaluated the effectiveness of the apparatus as a teaching tool, focusing on promoting meaningful learning, in line with Ausubel's principles. The results indicate that the use of this type of experiment can have a positive impact on physics teaching, making it more accessible, engaging, and effective for students.

Keywords: geometric optics; gelatin lenses; experimentation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Raios de luz que atingem o olho do observador.....	27
Figura 2: Tipos de feixe de luz. a) Convergente ;b) divergente e c) paralela	28
Figura 3: Meios ópticos.....	29
Figura 4: Reflexão regular ou especular.....	30
Figura 5: Reflexão irregular.....	31
Figura 6: Esquema da Lei da reflexão.....	32
Figura 7: Esquema da Lei da Refração.....	33
Figura 8: Raio com a mesma direção da normal.....	34
Figura 9: Tipos de lentes.....	35
Figura 10: Difração dos feixes de luz na lente convergente.....	36
Figura 11: Difração dos feixes de luz na lente divergente.....	36
Figura 12: Representação esquemática do olho humano.....	38
Figura 13: Representação esquemática dos cones e bastonetes de um pedaço de retina.....	39
Figura 14: Representação da miopia e sua correção por meio de lente divergente..	40
Figura 15: Representação da hipermetropia e sua correção por meio de lente convergente.....	41
Figura 16: Gelatina em pó Dr. Oetker.....	46
Figura 17: Desenho da lente biconvexa na cartolina (a), molde recortado (b).....	48
Figura 18: Desenho da lente bicôncava na cartolina (a), molde recortado (b).....	49
Figura 19: Gelatina nos formatos dos moldes.....	49
Figura 20: Módulo de diodo laser (MDL).....	50
Figura 21: Fonte de alimentação (a) com seus fios negativos e positivos expostos (b)	51
Figura 22: Ligação dos MDLs ao carregador.....	52
Figura 23: Placa de CD traçada (a) e placa de CD com os MDLs colados (b).....	52
Figura 24: Aprimoramento do layout da placa.....	53
Figura 25: Design para olho normal (a), olho com miopia (b) e olho com hipermetropia (c).....	54
Figura 26: Aparato experimental finalizado.....	55
Figura 28: Incidência de feixes de luz sobre a lente de gelatina biconvexa.....	57
Figura 29: Incidência de feixes de luz sobre a lente de gelatina bicôncava.....	58
Figura 30: Incidência de feixes de luz sobre a lente de gelatina no modelo do olho normal.....	59
Figura 31: Incidência de feixes de luz sobre a lente de gelatina no modelo do olho com miopia.....	60
Figura 32: Correção da miopia com lente divergente.....	61
Figura 33: Incidência de feixes de luz sobre a lente de gelatina no modelo do olho com hipermetropia.....	61
Figura 34: Correção da hipermetropia com lente convergente.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Materiais utilizados para a produção dos moldes e para a gelatina.....	45
Tabela 2 – Materiais utilizados para o aparato laser.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
MDL	Módulo de diodo laser
PISA	Programa Internacional de Avaliação de Estudantes
LDB	Lei de Diretrizes e Bases
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	14
2.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1	EDUCAÇÃO BRASILEIRA EM PERSPECTIVA HISTÓRICA.....	17
2.1.1	Panorama Educacional Brasileiro.....	18
2.1.2	Desafios e Perspectivas.....	19
2.2	O ENSINO DE FÍSICA NAS ESCOLAS BRASILEIRAS.....	21
2.2.1	Currículo e Metodologias.....	22
2.3	A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL.....	23
2.3.1	Fundamentos e Aplicações.....	23
2.3.2	Contribuições para o Ensino de Física.....	25
2.4	ESTUDOS DA ÓPTICA GEOMÉTRICA.....	26
2.4.1	Conceitos Básicos.....	27
2.4.2	Fenômenos da Óptica Geométrica e Leis fundamentais.....	29
2.4.3	Lentes e Instrumentos Ópticos.....	34
2.4.4	O Olho Humano e Tipos de Defeitos Visuais.....	37
3.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	42
3.1	ETAPAS DA PESQUISA.....	42
3.2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	44
3.2.1	Materiais.....	44
3.2.2	Produção dos moldes e montagem das lentes.....	46
3.2.3	Montagem dos lasers.....	50
3.2.4	Design dos olhos e montagem do aparato experimental.....	53
3.2.5	Testes do aparato experimental.....	55
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	57
4.1	ANÁLISE DA REFRAÇÃO DA GELATINA.....	57
4.1.2	Utilização das lentes de gelatina para demonstração de anomalias visuais..	58
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
	REFERÊNCIAS.....	65

1. INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo, a educação tem sido influenciada por fatores externos que impactam o ensino de Física no Brasil. No contexto atual, essas influências se manifestam na implementação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e nas discussões sobre a reforma do Ensino Médio, que têm reconfigurado as diretrizes curriculares e as metodologias de ensino (Godoi, 2018). Combinada essa realidade à crescente desigualdade social e valorização de habilidades e competências, essa realidade exige uma constante adaptação no ensino de Física. Assim, a educação não se desenvolve de forma isolada, ela se atualiza à medida que surgem novos meios de aprender e ensinar (Cunha, 2021).

A educação brasileira enfrenta desafios estruturais e pedagógicos persistentes, como a dependência excessiva de manuais didáticos, a escassez de recursos e a predominância de métodos expositivos, que dificultam a construção de uma aprendizagem ativa (Diogo; Gobara, 2007). A abordagem tradicional tem se mostrado cada vez mais ineficaz para engajar os estudantes e promover aprendizagens significativas (Salomão et al., 2023).

Há, também, em várias regiões do país, uma carência de materiais didáticos adequados, principalmente em instituições com infraestrutura precária. Muitas escolas não dispõem de laboratórios e equipamentos para a realização de atividades práticas no ensino de ciências (Silva et al., 2020). Essa falta de recursos prejudica a compreensão dos conceitos físicos e acaba desmotivando os alunos.

No ensino de óptica geométrica, esses desafios se tornam ainda mais evidentes. A falta de contextualização e de discussões sobre o processo visual limita a compreensão dos estudantes quanto à aplicação dos conceitos em situações cotidianas. Isso ocorre porque a abordagem utilizada é predominantemente geométrica e simplificada, focada em elementos bidimensionais e cálculos matemáticos, desconsiderando a complexidade da interação da luz com o sistema visual humano (Gircoreano; Pacca, 2001). Essa separação entre o ensino teórico e a prática resulta em uma aprendizagem fragmentada, pouco significativa que carece de relevância para os alunos.

A introdução do estudo das anomalias visuais, agrava essas dificuldades. Condições como a miopia, hipermetropia e astigmatismo impedem a formação de imagens nítidas na retina, levando a dificuldades visuais (Krajewski, 2023). A miopia,

por exemplo, afeta a visão de objetos distantes, pois a imagem se forma antes da retina, enquanto a hipermetropia compromete a visão de objetos próximos, uma vez que a imagem se forma atrás da retina (Cavalcante, 2024).

Em várias regiões do país, há uma carência de materiais didáticos adequados, principalmente em instituições com infraestrutura precária. Muitas escolas não dispõem de laboratórios e equipamentos para a realização de atividades práticas no ensino de ciências (Silva et al., 2020). Essa falta de recursos prejudica a compreensão dos conceitos físicos e acaba desmotivando os alunos.

Diante desse cenário, é fundamental investir em metodologias de ensino mais significativas. Este trabalho se baseia nas teorias de David Ausubel, que destaca a importância dos conhecimentos prévios dos alunos, onde, ao relacionar novas informações com conceitos já assimilados, a aprendizagem se torna mais profunda e duradoura. Esses conhecimentos prévios são chamados de subsunçores (Darroz, 2018). Portanto, esta teoria será estudada para investigar os desafios do ensino de óptica geométrica, utilizando experimentos práticos para enriquecimento do Ensino de Física.

Devido à demanda por abordagens ativas e recursos didáticos eficazes e econômicos, a pesquisa tem o objetivo de desenvolver um aparato experimental que simula o olho humano e suas disfunções visuais, utilizando materiais recicláveis, além de demonstrar a correção de defeitos da visão, como miopia e hipermetropia, por meio de lentes esféricas feitas de gelatina, garantindo a conexão entre conceitos teóricos e sua aplicação prática. Dessa forma, o intuito é enriquecer o processo de ensino-aprendizagem para a compreensão dos princípios físicos fundamentais da óptica geométrica e sua aplicação na vida cotidiana.

O desenvolvimento de um aparato experimental que utilize materiais de baixo custo e explore as anomalias da visão como ferramenta de aprendizado oferece uma solução promissora para gerar um impacto positivo que se estende além da sala de aula. O uso de materiais reciclados e acessíveis pode reduzir significativamente os custos de produção, tornando o ensino mais inclusivo para todos os alunos. Ao conectar o produto com o cotidiano dos estudantes, como no caso de lentes corretivas, reforça-se essa inclusão, o que facilita a compreensão e desperta o interesse. Assim, uma análise precisa da eficácia do projeto, poderá identificar e aprimorar pontos fortes e fracos.

Além disso, este estudo propõe um recurso didático prático, para superar as dificuldades enfrentadas por professores e alunos nessa temática. O aparato experimental visa fornecer aos professores uma ferramenta pedagógica eficaz, tornando as aulas mais dinâmicas e envolventes, enquanto oferece aos estudantes um material complementar para aprofundar seus conhecimentos sobre óptica e os defeitos da visão. Ao conectar o conhecimento teórico com aplicações práticas do cotidiano, este projeto tem o potencial de contribuir para a melhoria da qualidade do ensino de física e inspirar outros professores e alunos a desenvolverem projetos semelhantes, com o intuito de oferecer uma solução promissora e gerando um impacto positivo que se estende para além da simples memorização de fórmulas.

Por fim, para uma melhor compreensão da trajetória deste trabalho, destaca-se que a pesquisa inicia-se, após a introdução, com uma revisão de literatura da educação brasileira e o ensino de física, abordando a teoria da aprendizagem de Ausubel e suas contribuições; além de demonstrar alguns estudos e conceitos importantes da óptica geométrica. Em último, será apresentado, passo a passo, os procedimentos metodológicos para a construção do aparato experimental, a análises dos dados obtidos, com suas considerações e resultados finais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A seção de referências bibliográficas deste projeto fundamenta a discussão sobre o panorama educacional brasileiro, o ensino de física no Brasil e seus desafios, a aprendizagem significativa da teoria de Ausubel e suas contribuições, à óptica geométrica, com o comportamento da luz e as anomalias visuais. A consulta a estas referências permitirá aprofundar conhecimentos sobre os temas importantes abordados no projeto.

2.1 EDUCAÇÃO BRASILEIRA EM PERSPECTIVA HISTÓRICA

A educação brasileira, reflete as dinâmicas sociais e econômicas do país. Inicialmente marcada pela influência jesuítica e voltada para a elite, a educação colonial perpetuou com desigualdades. Com a República, especialmente na Era Vargas, o sistema educacional passou por transformações, para atender às demandas da industrialização e formar uma nova classe média. A crise de 1929 e a Segunda República revelaram a necessidade de reformas mais profundas, ainda que sob um modelo centralizador (David *et al.*, 2014).

A Constituição de 1988 representou um marco, estabelecendo a educação como um direito e orientando as políticas educacionais para a construção de uma sociedade mais justa e democrática. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) de 1996, alinhada à Constituição, consolidou esse novo paradigma, garantindo a qualidade do ensino, a valorização dos profissionais da educação e o acesso equitativo à escola.

Ao longo de sua história, a educação brasileira enfrentou diversos impasses, como a desigualdade social, a falta de recursos e a baixa qualidade do ensino em muitas regiões. Houve, entretanto, avanços significativos, como a expansão da escolarização e a valorização da educação como um direito de todos. Aprender com os erros e acertos do passado é essencial para o avanço contínuo do sistema educacional. David *et al.* (2014) ainda menciona que:

Ao se discorrer sobre a história da educação brasileira objetiva-se uma maior compreensão dos porquês de aspectos positivos e ou negativos do sistema de educação hodierno sem, contudo, recorrer à pontuação dos mesmos. Visando, com isso, uma reflexão por parte dos que se interessam ou estão inseridos em processos de ensino e aprendizagem instituídos formalmente. Pois, o processo de

ensino-aprendizagem precisa ser cada vez mais valorizado, uma vez que só e somente ele poderá dar aos alunos as condições para que construam conhecimentos e não sejam apenas receptores, "repetidores", de informações que são, aos mesmos, transmitidas. (David *et al.*, 2014, p. 184).

Isso ajuda a evitar erros do passado e aproveitar as estratégias eficazes, uma vez que inovar na educação exige entender o que já foi feito.

2.1.1 Panorama Educacional Brasileiro

Atualmente, o sistema educacional brasileiro é organizado em quatro principais níveis: educação infantil, ensino fundamental, ensino médio e educação superior. A educação infantil atende crianças de 0 a 5 anos e é dividida em creches (0 a 3 anos) e pré-escolas (4 a 5 anos), conforme descrito na LDB (Lei nº 9.394/1996).

O ensino fundamental é obrigatório para crianças de 6 a 14 anos, dividido em anos iniciais (1º ao 5º) e anos finais (6º ao 9º). Essa etapa visa desenvolver competências e habilidades básicas em diversas disciplinas (Brasil, 1996). Segundo o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), o Brasil praticamente universalizou o ensino fundamental (Brasil, 2021). Mas o atendimento escolar no ingresso do ensino fundamental para o ensino médio enfrenta desafios regionais.

A carga horária mínima no Brasil é de 800 horas para todas as etapas de ensino, conforme a LDB (Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996). O ensino médio, foco desta pesquisa, destina-se idealmente a adolescentes de 15 a 17 anos e foi reformado para oferecer maior flexibilidade curricular. Porém, a Reforma do Ensino Médio introduziu os "itinerários formativos", que permitem aos estudantes escolherem áreas de interesse preparando-os melhor para o mercado de trabalho e para a educação superior (Brasil, 2017). Com a Reforma do Ensino Médio a carga horária total foi ampliada para 1.400, horas sendo exigido que as escolas ofereçam, no mínimo, 1.000 horas por ano (Brasil, 2022).

Além disso, a Reforma do Ensino Médio estabeleceu que no máximo 60% da carga horária total seria destinada ao currículo obrigatório, como Português e Matemática, o que resultou na diminuição do número de aulas de disciplinas tradicionais, incluindo Física, Química e Biologia (Brasil, 2017). Essa mudança

afetou a carga horária dessas disciplinas em diversos estados, que despencou de seis horas semanais para quatro e, em muitas escolas, não passa de uma ou duas horas por semana, com a ameaça de ser eliminada completamente caso a proposta de unificação com Química e Biologia seja concretizada (Moreira, 2015).

Desta forma, parte das aulas seriam substituídas por itinerários formativos. Nesses itinerários, que correspondem a 40% da carga horária, os alunos teriam aulas sobre temas interdisciplinares, combinando diferentes áreas do conhecimento, como ciências e história, ou matemática, geografia e sociologia. A proposta inicial era oferecer aos alunos a possibilidade de escolher a formação que mais se adequasse aos seus interesses e objetivos (Viana *et al.*, 2024).

Contudo, esta nova realidade além de comprometer o aprendizado dos alunos, que têm contato cada vez menor com a Física, soma-se a desvalorização dos professores, que enfrentam condições de trabalho precárias, com baixos salários, excesso de alunos e escolas, como também de uma formação inicial e continuada deficitária (Moreira, 2015).

A indefinição parece ser a marca do ensino médio brasileiro nos últimos anos. Sete anos após a promulgação da Lei do Ensino Médio, uma nova proposta de revisão é aprovada no Congresso, com alterações na carga horária e na obrigatoriedade de disciplinas (Brasil, 2024). A proposta, que se aplica apenas aos alunos sem formação técnica e que depende da sanção presidencial, reacende a discussão sobre a importância do ensino de Ciências da Natureza, incluindo a Física (Rodrigues; Babiéri, 2024).

Embora essas mudanças feitas pela BNCC representem um esforço significativo para melhorar o panorama educacional, sua eficácia dependerá de uma implementação eficiente e da capacidade de enfrentar as desigualdades persistentes no país.

2.1.2 Desafios e Perspectivas

O ensino no Brasil enfrenta desafios importantes que influenciam diretamente suas perspectivas futuras. A melhoria da qualidade em todas as etapas da educação, especialmente incluindo o ensino de física, é prejudicada por disparidades regionais e socioeconômicas. Embora tenham ocorrido avanços, como a expansão do acesso à educação básica e a redução do analfabetismo, a qualidade da formação docente e a infraestrutura insuficiente das escolas continuam a limitar a

eficácia do ensino de ciências, incluindo Física (Da Silva *et al.*, 2018).

Desigualdades educacionais, ligadas à renda, raça, gênero e localização geográfica, afetam diretamente o ensino de física no Brasil. A falta de professores qualificados e a ausência de laboratórios práticos intensificam essa problemática. Essas deficiências são refletidas nos baixos índices de desempenho em avaliações, como o Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA), que mostrou uma queda no desempenho dos estudantes brasileiros em ciências, evidenciando o impacto da pandemia colocando o país em uma posição desfavorável em comparação com outras nações (Brasil, 2022).

As taxas de matrícula no Ensino Médio mostram pouca variação entre 2022 e 2023. Em 2023, 91,9% dos jovens de 15 a 17 anos estavam na escola, com 75% matriculados especificamente no Ensino Médio. Contudo, as desigualdades regionais ainda são significativas. O Sudeste (81%) apresenta o maior índice de matrículas, enquanto o Norte (65,9%) tem a menor porcentagem (IBGE, 2023).

A principal preocupação no ensino de Física é a qualidade dos professores e a metodologia adotada. A falta de formação adequada, somada ao uso de metodologias expositivas desatualizadas contribuem para o desinteresse dos estudantes e os baixos índices de desempenho em física. A complexidade dos conceitos sem o suporte de recursos didáticos agravam um desafio de garantir que os estudantes desenvolvam as competências necessárias para compreender o mundo ao seu redor e participar ativamente da sociedade (Costa; Barros, 2015).

Os desafios estruturais da educação brasileira, como a falta de investimento adequado e a burocracia, impactam diretamente no ensino de Física. O investimento público em educação é essencial para assegurar o direito de educação para todos os membros da sociedade, uma vez que não há garantia de que o mercado proveja equidade no acesso às oportunidades educacionais (Brasil, 2022).

O financiamento insuficiente é uma barreira considerável, com a educação recebendo uma fatia menor do orçamento público em comparação com outros setores, o que compromete iniciativas essenciais para a melhoria da qualidade educacional. É necessário adotar políticas públicas eficazes e manter um compromisso constante com a melhoria da educação para enfrentar esses desafios de maneira eficaz.

2.2 O ENSINO DE FÍSICA NAS ESCOLAS BRASILEIRAS

O ensino de Física no Ensino Médio brasileiro, conforme definido pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é fundamental para o desenvolvimento do pensamento científico, crítico dos estudantes e da capacidade de resolver problemas. Ele abrange desde os estudos que regem o universo físico, desde o movimento dos planetas até o funcionamento dos dispositivos eletrônicos.

Apesar da sua relevância, o ensino de Física é considerado desafiador pelos estudantes, levando a dificuldades de aprendizagem. Moreira (2017), sustenta que “Além da falta e/ou despreparo dos professores, de suas más condições de trabalho, do reduzido número de aulas no Ensino Médio e da progressiva perda de identidade da Física no currículo nesse nível, o ensino da Física estimula a aprendizagem mecânica de conteúdos desatualizados.”

Em outras palavras, baseado no que o autor observa, é um ensino completamente focado para testes e em dar respostas corretas, como uma ciência acabada, mas não deveria ser assim, pois o “Ensino de Física não é uma questão de encher um cérebro de conhecimentos, mas de desenvolver esse cérebro em Física.” (Moreira, 2018).

Na óptica geométrica não é diferente. Ela é dedicada ao estudo da luz e seus comportamentos, é essencial para a compreensão da visão humana e de diversos instrumentos ópticos presentes no cotidiano e, apesar de sua relevância para a compreensão do mundo físico e para o desenvolvimento de habilidades, a óptica geométrica no ensino médio enfrenta diversos desafios que limitam o aprendizado dos alunos.

Marmentini e Costa (2022), afirmam que a abordagem tradicional de muitos professores, foca em conceitos abstratos e modelos matemáticos, negligenciando a aplicação prática. Como resultado, a óptica geométrica é frequentemente apresentada de forma superficial e acaba sendo desinteressante para eles, pois é visto apenas nos livros ou em esquemas no quadro, com ângulos e fórmulas matemáticas para serem decoradas, onde situações problemas não interagem com o contexto do aluno.

Em concordância, Moreira (2018) também destaca:

Infelizmente, o ensino de Física, de um modo geral, leva a uma integração negativa de pensamentos, sentimentos e ações, na qual os alunos não

gostam da Física e, quando possível, evitam-na, uma vez que apenas desejam passar nas provas, repetindo nelas, mecanicamente, “o que foi dado em aula”. Uma lástima! (Moreira, 2018, p. 78).

A ênfase excessiva na memorização de fórmulas sem sua aplicação prática dos conceitos, desmotiva os estudantes e prejudica a construção de um conhecimento significativo. Além de gerar desinteresse pela disciplina, essa abordagem compromete o desenvolvimento de habilidades essenciais como a resolução de problemas, o pensamento crítico e a criatividade.

Para reverter esse quadro, é fundamental adotar metodologias de ensino ativas e participativas, que incentivam a investigação e a experimentação prática, promovendo a construção do conhecimento de maneira mais significativa. Além disso, a formação continuada de professores e a atualização dos currículos são fundamentais para garantir a eficácia dessas novas práticas pedagógicas, tornando o ensino de Física mais atrativo e eficaz.

2.2.1 Currículo e Metodologias

A Lei nº 13.415/2017, que instituiu a BNCC, trouxe uma nova perspectiva para o Ensino Médio brasileiro. Ao substituir o currículo único por um modelo mais flexível, essa lei permite que as escolas ofereçam uma formação mais diversificada e alinhada às demandas do mercado de trabalho e da sociedade contemporânea (Brasil, 2018). Com isso, ficou estabelecido a organização do currículo por meio de itinerários formativos e conforme a relevância para o contexto local e a possibilidade dos sistemas de ensino (Brasil, 2018).

As aprendizagens essenciais que são definidas na BNCC do Ensino Médio estão separadas por áreas de conhecimento. Especificamente na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, abrange três disciplinas: Biologia, Física e Química. É nessa área que o aluno tem a oportunidade de ampliar e aprofundar seus conhecimentos que foram adquiridos na etapa do Ensino Fundamental, podendo utilizar a investigação, práticas e procedimentos científicos e tecnológicos como uma maneira de engajar os alunos na aprendizagem (Brasil, 2018).

A Física, presente no currículo do Ensino Médio, aborda temas que vão desde o movimento até a óptica. A BNCC, por sua vez, orienta que o ensino dessa disciplina seja focado no desenvolvimento de competências, preparando os estudantes para o mundo contemporâneo (Brasil, 2018). Ao abordar esses temas, a

Física contribui para a formação integral do estudante, estimulando o pensamento crítico e a resolução de problemas. Para formar cidadãos críticos e conscientes, é imprescindível que o ensino de Física se atualize, adotando abordagens que conectem os conteúdos à realidade dos estudantes. A BNCC reforça essa necessidade, propondo uma Física para a vida, contextualizada e relevante para a formação integral dos alunos.

Deste modo, a BNCC orienta que as escolas adotem metodologias ativas, como a resolução de problemas e o trabalho colaborativo, para promover uma aprendizagem mais significativa. Essa flexibilidade permite que os professores se adaptem às práticas pedagógicas, às necessidades dos alunos e às características de cada escola, garantindo uma educação mais relevante e eficaz.

2.3 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL

David Ausubel, um dos principais nomes da psicologia cognitivista, propôs a teoria da aprendizagem significativa, que enfatiza o papel crucial dos conhecimentos prévios na construção de novos saberes. Segundo Ausubel, a subsunção, ou seja, a integração de novas informações a conceitos já existentes, é fundamental para uma aprendizagem eficaz. Essa perspectiva, amplamente explorada na educação, será detalhada nos próximos tópicos, com destaque para sua aplicação no ensino de Física.

2.3.1 Fundamentos e Aplicações

A teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel é fundamentada em vários princípios essenciais que orientam o processo de ensino e aprendizagem. Um dos conceitos centrais, citados anteriormente, é o de subsunções, que são os conhecimentos ou noções já existentes na estrutura cognitiva do estudante. Com isso, a aprendizagem significativa ocorre quando novas informações são relacionadas a esses subsunções, funcionando como "pontos de ancoragem" para a nova informação (Darroz, 2018).

Segundo sua teoria, a aprendizagem significativa é o processo pelo qual uma nova informação se relaciona de forma substantiva e não arbitrária com a estrutura cognitiva do aprendiz. "O fato de a interação ser descrita como "não-arbitrária" indica que os novos conhecimentos devem se relacionar com outro específico que já exista na estrutura cognitiva do aluno e que seja relevante, ou seja, não qualquer ideia

existente” (Krajewski, 2023). Essa relação pode ser descrita como teoria da assimilação, que é o processo de aquisição e organização de novos conhecimentos, isto é, a nova informação é incorporada a um conceito já existente, ou pela acomodação, quando a estrutura cognitiva precisa ser modificada para receber a nova informação.

Para que a aprendizagem significativa ocorra, são necessárias duas condições: a primeira é que o material a ser aprendido seja potencialmente significativo, ou seja, que possa ser relacionado aos conhecimentos prévios do aprendiz. A segunda condição é que o aprendiz tenha disposição para relacionar o novo material de forma não arbitrária, ou seja, o estudante deve estar disposto a aprender de forma significativa, evitando a intenção de apenas memorizar ou decorar o conteúdo (Giani, 2010). Dessa forma, é preciso que tanto o material a ser aprendido quanto a atitude do aluno estejam alinhados. O material precisa ser relevante e o aluno precisa estar disposto a construir significados a partir dele.

Durante o processo de aquisição de conhecimento, a aprendizagem mecânica e a significativa representam dois pólos opostos. A primeira se baseia na memorização passiva de informações isoladas, enquanto a segunda envolve a construção ativa de significados a partir da interação entre os novos conhecimentos e a estrutura cognitiva do aprendiz (Júnior *et al*, 2023). Porém, Ausubel também acredita que as duas formas de aprendizado se complementam, pois muitas das vezes o aluno pode aprender mecanicamente e só depois ele percebe que esse aprendizado se relaciona com algum conhecimento que já foi dominado (Darroz, 2018). Essa interação promove uma aprendizagem mais duradoura e flexível.

A TAS de Ausubel provocou uma verdadeira revolução na prática docente. Ao enfatizar a importância dos conhecimentos prévios dos alunos e a construção de significados, Ausubel ofereceu aos educadores uma nova perspectiva para a transmissão do conhecimento (Júnior *et al*, 2023). Essa abordagem tem sido fundamental para otimizar a educação a distância, as aulas virtuais e até mesmo as experiências de ensino tradicionais, permitindo que os professores adaptem suas práticas às necessidades individuais de cada aluno (Monteiro Júnior; Palomino; Isotani, 2020).

Ao adotarem a metodologia da aprendizagem significativa, os professores podem criar um ambiente de aprendizagem mais colaborativo e enriquecedor,

caracterizado por trocas mais profundas e significativas entre professor e aluno, o que, por sua vez, contribui para uma melhor retenção do conhecimento (Júnior *et al.*, 2023).

2.3.2 Contribuições para o Ensino de Física

A teoria da aprendizagem significativa constitui um marco fundamental na compreensão dos processos de ensino e aprendizagem e é amplamente utilizada para corroborar práticas pedagógicas atuais, especialmente no ensino de Física, uma disciplina que exige a construção de um alicerce conceitual complexo.

A teoria de aprendizagem significativa de Ausubel fornece uma estrutura muito necessária para experiências de ensino e aprendizagem ponderadas. Seus insights foram essenciais na criação de um ambiente de compreensão e aplicação em espaços de aprendizagem educacional. (Costa Júnior, *et. al.*, 2023, p. 52).

O ensino de Física deve preparar o aluno para ser um agente ativo na transformação do mundo. Para isso, o conhecimento científico precisa ser significativo, conectando-se com a realidade do aluno. A TAS de Ausubel oferece uma base sólida para essa abordagem, permitindo que os estudantes transponham o aprendizado para o dia a dia (Darroz; Rosa; Ghiggi, 2015).

À medida que os educadores adotam essa poderosa metodologia de ensino, eles podem planejar suas aulas e atividades de forma mais eficaz, considerando os conhecimentos prévios dos alunos e promovendo a construção de significados. Ao considerar os conhecimentos prévios dos alunos, o professor de Física pode estabelecer conexões entre os conceitos físicos e as experiências cotidianas dos estudantes, tornando a aprendizagem mais significativa e duradoura.

Diante disso, a aprendizagem significativa pode contribuir para que o ensino de Física seja mais construtivo, incentivando a curiosidade natural dos alunos, sendo estimulada e alimentada através de experimentos. A ciência, quando ensinada de forma prática, permite que os alunos conectem os conceitos teóricos à realidade. Experimentos didáticos são exemplos de ferramentas poderosas para tornar o ensino mais significativo, pois permitem que os estudantes investiguem, façam perguntas e construam seu próprio conhecimento, tornando-os verdadeiros protagonistas do processo de aprendizagem (Moraes; Júnior, 2015).

Portanto, a aprendizagem significativa oferece uma abordagem mais eficaz para o ensino de Física, pois ela coloca o aluno no centro do processo de aprendizagem, promovendo a construção de um conhecimento mais profundo e duradouro. Ao adotar essa perspectiva, os professores podem transformar suas aulas em experiências mais motivadoras para os estudantes.

2.4 ESTUDOS DA ÓPTICA GEOMÉTRICA

A Óptica Geométrica é um ramo da Física que se dedica ao estudo da luz e seus fenômenos, fundamenta-se em alguns conceitos chave que permitem a compreensão da propagação e interação da luz com a matéria como, por exemplo, a reflexão e a refração. Ela utiliza a geometria para descrever a propagação da luz em diversos meios e sistemas ópticos. No entanto, para uma compreensão mais aprofundada, é fundamental explorar a natureza da luz e a evolução histórica das ideias a respeito desse fenômeno.

A luz, por séculos, intrigou filósofos e cientistas. Diversas teorias foram propostas para explicar sua natureza. A teoria corpuscular de Newton, que considerava a luz composta por pequenas partículas, e a teoria ondulatória de Huygens, que a descrevia como uma onda, foram as principais teorias até o século XIX (Gil; Catarino, 2020). Thomas Young, em 1801, realizou um experimento que provava o comportamento ondulatório da luz. Esse fato foi reforçado por Maxwell, em 1862, com sua teoria eletromagnética, onde previu teoricamente que a luz era composta por campos elétricos e magnéticos, ou seja, demonstrando que a luz é uma onda eletromagnética (Bonjorno *et al.*, 2013).

Essa teoria, comprovada experimentalmente por Hertz, revolucionou a compreensão da natureza da luz (Bonjorno *et al.*, 2013). Apesar da teoria eletromagnética ser a mais aceita atualmente, a óptica geométrica continua sendo um ponto de partida fundamental para o estudo da luz. Ao descrever a propagação da luz em linha reta e utilizando raios luminosos para explicar fenômenos como a formação de imagens em lentes e espelhos, a óptica geométrica oferece uma introdução acessível e intuitiva ao tema.

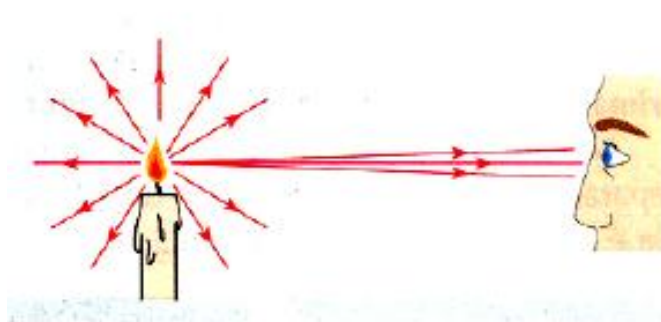
2.4.1 Conceitos Básicos

A luz, radiação eletromagnética capaz de estimular a visão humana, propaga-se no vácuo a uma velocidade constante de aproximadamente 300 mil km/s e abrange um espectro de frequências, sendo a luz visível apenas uma parcela. Frequências inferiores à luz visível correspondem ao infravermelho, enquanto as superiores, ao ultravioleta. Nessa abordagem, certos fenômenos luminosos podem ser estudados sem que se conheça previamente a natureza da luz. (Rocha, 2019)

Para visualizar e analisar a propagação da luz de forma mais concreta, a óptica geométrica utiliza o conceito de raios luminosos. Estes são segmentos de retas que indicam a direção e o sentido de propagação da luz a partir de uma fonte luminosa (Ramalho; Nicolau; Toledo, 2010).

Assim, para representar graficamente a propagação da luz, pode-se utilizar um exemplo muito simples. Considerando a luz emitida por uma vela, como na Figura (1), é possível identificar que a luz se propaga em todas as direções, chegando aos olhos do observador, que a identifica.

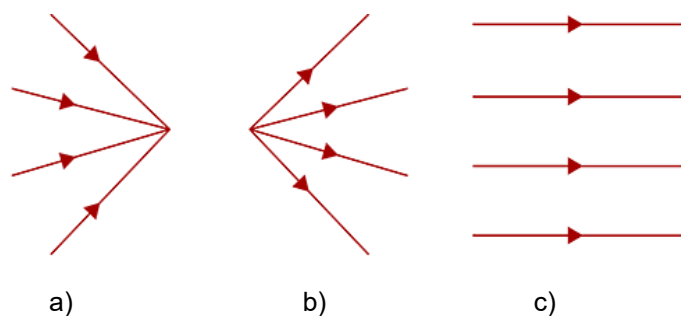
Figura 1: Raios de luz que atingem o olho do observador.



Fonte: Adaptado de (Ramalho; Nicolau; Toledo, 2010).

Os raios de luz da vela são representados, portanto, como a trajetória da luz desde a fonte até o seu destino, que pode ser um observador ou um objeto iluminado. Dessa forma, um conjunto de raios de luz são denominados de feixes de luz, que podem ser classificados como paralelos, cônica divergente ou convergente, como demonstrado na Figura (2).

Figura 2: Tipos de feixe de luz. a) Convergente ;b) divergente e c) paralela .



Fonte: Adaptado de (De Paiva, 2014).

Na prática, em um ambiente sem partículas materiais, a luz se propaga sem ser percebida visualmente, tornando os feixes luminosos invisíveis ao olho humano. A percepção da luz ocorre quando ela interage com a matéria, como ao iluminar um objeto. Desta forma, corpos capazes de emitir luz são denominados fontes luminosas, classificadas em primárias (produzem sua própria luz) e secundárias (refletem a luz de outras fontes) (Maia, 2018). Portanto, para visualizar um feixe de luz, é necessário que ele interaja com partículas suspensas no ar, tornando-o visível. Consequentemente, a propagação da luz requer um meio, seja ele o vácuo ou um meio material.

Os raios de luz se propagam em diferentes meios e, dependendo do tipo de material, permitem a passagem de luz mais facilmente que outros, ou seja, os materiais podem ser classificados quanto à capacidade deles em deixar que a luz passe ou não. Existem três meios de propagação: transparente, translúcidos e opacos. Mas, antes, é importante ressaltar que é crucial diferenciar meios homogêneos e isotrópicos (Bonjorno *et al.*, 2013).

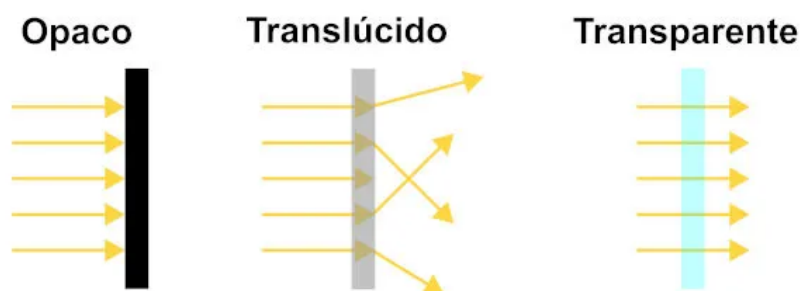
Em um meio homogêneo, as propriedades físicas são uniformes em todos os pontos. Já em um meio isotrópico, as propriedades não variam com a direção. A luz, ao se propagar em linha reta, pode sofrer reflexão (em superfícies) ou refração (ao mudar de meio). Além disso, a luz pode ser absorvida, cessando sua propagação (Pravaler, 2024).

Nessa perspectiva, um meio de propagação é dito como transparente quando permite a passagem da luz de forma clara, como, por exemplo, o ar e o vidro. Já os meios translúcidos, como o papel vegetal e o vidro fosco, permitem a passagem de parte da luz, formando uma imagem difusa, isto é, não permite uma visualização

nítida. Os meios opacos, como a madeira, impedem completamente a luz de propagar através do objeto, como demonstrado na Figura 3.

Deste modo, pelo fato da luz se propagar em diferentes meios, oferece um vasto conjunto de informações que, ao serem compreendidas e aplicadas, possibilitam a criação de instrumentos capazes de ampliar significativamente a capacidade visual e prever os fenômenos ópticos (Ramalho; Nicolau; Toledo, 2010).

Figura 3: Meios ópticos.



Fonte: HELERBROCK, Rafael. "Reflexão da luz"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/reflexao-luz.htm>.

A óptica geométrica também se baseia em alguns princípios fundamentais, como o princípio da propagação retilínea, que afirma que a luz se propaga em linha reta em meios homogêneos e isotrópicos. O princípio da independência dos raios luminosos que estabelece que os raios de luz que se cruzam não interferem. E o princípio da reversibilidade dos raios luminosos que afirma que o caminho percorrido pela luz ao ir de um ponto a outro é o mesmo que ela percorreria no sentido inverso (Bonjorno *et al.*, 2013).

Com base nesses princípios, é possível analisar fenômenos luminosos, como a reflexão e a refração. Esses dois fenômenos são de extrema importância para explicar uma série de aplicações práticas, como por exemplo, o funcionamento de lentes e instrumentos ópticos.

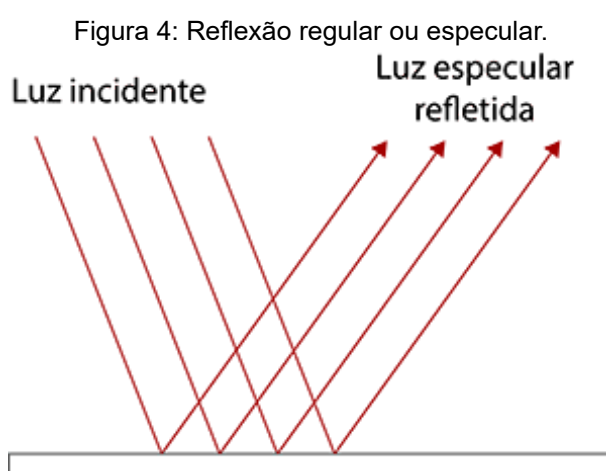
2.4.2 Fenômenos da Óptica Geométrica e Leis fundamentais

Quando a luz encontra diferentes materiais, ocorrem fenômenos ópticos, que são eventos observáveis. A reflexão (regular e difusa), a refração e a absorção são exemplos comuns estudados pela Física e serão apresentados a seguir.

A reflexão acontece quando a luz incide em uma superfície e retorna ao meio

de origem. Porém, parte da luz é absorvida pelo material, enquanto outra parte é refletida, possibilitando a visão. Ou seja, a visão dos objetos se dá justamente pela incidência da luz sobre eles. Entretanto, dependendo da superfície de incidência de luz, a reflexão pode ser classificada de duas maneiras: regular e irregular (Teixeira, 2024).

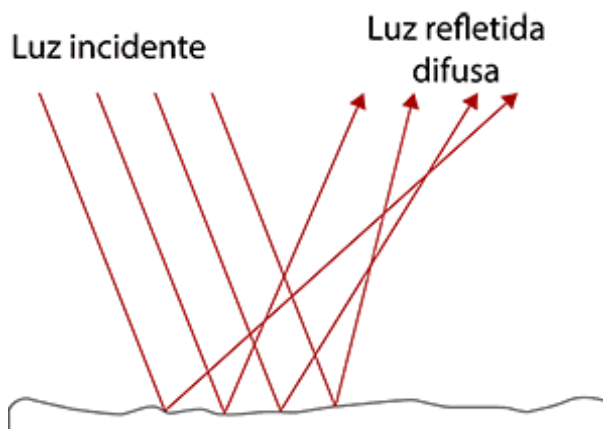
Na reflexão regular, os raios de luz são refletidos de forma ordenada, contidos no mesmo plano e mantendo o mesmo ângulo em relação à superfície. É o que acontece com superfícies planas e polidas como demonstrado na Figura 4. O resultado dessa interação é a formação clara de imagens.



Fonte: Adaptado de (De Paiva, 2014).

Por outro lado, na reflexão difusa, os raios são dispersos em diversos planos e ângulos, impedindo a formação de imagens nítidas (Helerbrock, 2024). Esse tipo de reflexão ocorre em superfícies irregulares, como o papel ou uma parede pintada, demonstrado na Figura 5. A diferenciação entre esses dois tipos de reflexão é fundamental para compreender, por exemplo, a formação de imagens em espelhos até a percepção da cor dos objetos.

Figura 5: Reflexão irregular.



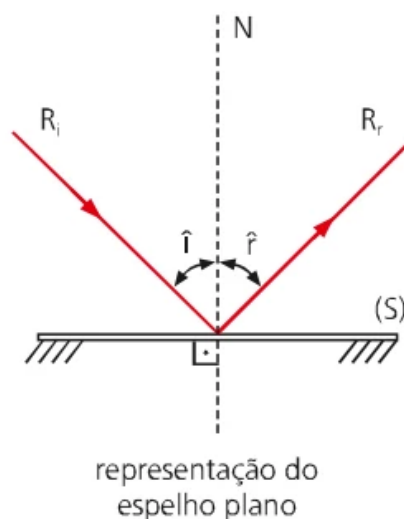
Fonte: Adaptado de (De Paiva, 2014).

A refração, por sua vez, ocorre quando a luz atravessa a interface entre dois meios transparentes ou translúcidos com diferentes índices de refração. Quando a luz penetra em meios refringentes, ou seja, capazes de refratar a luz, provoca uma alteração na velocidade de propagação da luz, resultando em um desvio em sua trajetória (Maia, 2018).

O ângulo de incidência da luz influencia o ângulo de refração, e o índice de refração de cada meio determina a magnitude desse desvio. Desta forma, o índice de refração mede a razão entre a velocidade da luz no vácuo e a velocidade da luz em outros meios. A partir disso, é possível analisar os fenômenos que regem a óptica geométrica, como a reflexão e refração, por meio de leis fundamentais. Essas leis são chamadas de lei da reflexão e lei de Snell.

A lei da reflexão, fundamenta-se em duas leis principais, onde a primeira lei aponta que raio incidente, o raio refletido e a reta normal são coplanares. Ou seja, estão situados no mesmo plano; a segunda aponta que ângulo refletido é igual ao ângulo de incidência (Bonjorno *et al.*, 2013). De forma análoga, a Figura 6 representa essas duas leis.

Figura 6: Esquema da Lei da reflexão.



Fonte: SANTANA, Guilherme. Reflexão da Luz. Todo Estudo. Disponível em:
<https://www.todoestudo.com.br/fisica/reflexao-da-luz>.

Os raios R_i e R_r representam respectivamente os feixes luminosos incidentes e refletidos pela superfície do espelho. Os ângulos i e r são inclinações dos raios incidente e refletido em relação à reta normal ao plano do espelho. Desta forma, o raio incidente (R_i), o raio refletido (R_r) e a reta normal (N) estão situados no mesmo plano, conhecido como plano de incidência. E os ângulos i e r ambos são congruentes, ou seja, possuem a mesma medida entre eles.

O fenômeno da refração, já mencionado anteriormente, ocorre a princípio porque a velocidade da luz varia com a mudança de meio, de forma que o índice de refração é uma grandeza adimensional, isto é, uma grandeza que não tem unidade de medida, calculada pela razão entre a velocidade da luz no vácuo e a velocidade da luz naquele meio, conforme definido na equação (1):

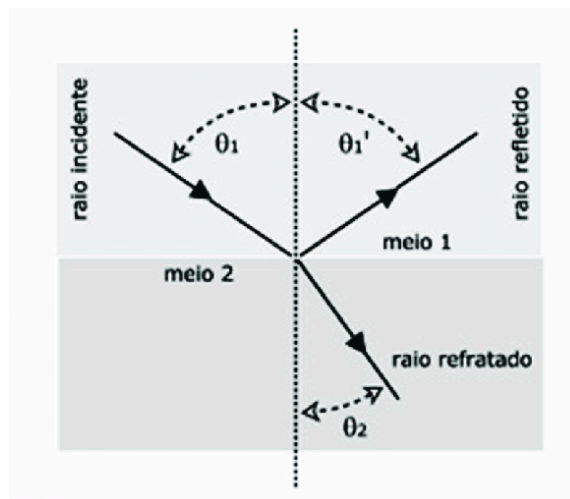
$$n = \frac{c}{v} \quad (1)$$

Quanto maior o índice de refração de um meio, menor a velocidade da luz nele. Ou seja, meios com maior índice de refração são mais refringentes. Como o vácuo é o meio onde a luz se propaga mais rápido, o índice de refração de qualquer outro meio é sempre maior ou igual a 1. Como consequência direta dessa definição o índice de refração será uma função do comprimento de onda – $n(\lambda)$ – que irá ocasionar o fenômeno da dispersão, que pode ser visualizado, por exemplo, através

do arco-íris no qual a luz do Sol é decomposta nas cores que a compõem depois de atravessar gotículas de água (Marques; Mello, 2011).

Deste modo, há duas leis que determinam a refração da luz. A primeira lei afirma que tanto o raio incidente, refletido e refratado como, também, a normal, devem estar sobre o mesmo plano, como mostra a Figura 7.

Figura 7: Esquema da Lei da Refração.



Fonte: CAETANO, Daniel *et al.*. Práticas de Óptica e Introdução à Física Moderna: Coleta e Análise de Dados Experimentais, 2014.

O raio que penetra no segundo meio é denominado raio refratado, e o ângulo que ele forma com a normal à superfície é o ângulo de refração (θ_2). Ao passar de um meio menos refringente para um mais refringente (como do ar para o vidro), a luz se refrata em direção à normal, ou seja, $\theta_2 < \theta_1$. No caso contrário, ao passar de um meio mais refringente para um menos refringente, a luz se afasta da normal (Caetano *et al.*, 2014).

Além do mais, a refração está sempre acompanhada da reflexão. Embora a refração seja geralmente observada, existe um ângulo de incidência limite a partir do qual toda a luz incidente é refletida, não ocorrendo transmissão. Quando existe a situação limite, o raio refratado se afasta consideravelmente da reta normal, sendo refratado com um ângulo de 90° . Esse fenômeno é conhecido como reflexão total (Xavier, 2020).

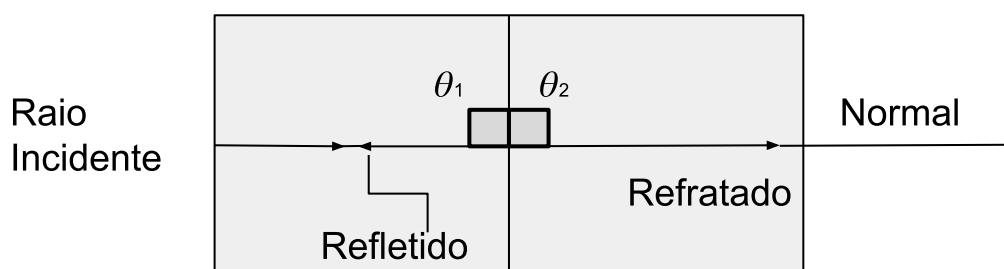
A segunda lei da refração, chamada de lei de Snell-Descartes, aponta que, para a luz monocromática e um dado par de matéria, 1 e 2, separados pela interface, a razão entre o seno dos ângulos, θ_1 e θ_2 , onde esses ângulos são

medidos a partir da normal da superfície, é igual ao inverso da razão entre os dois índices de refração (Xavier, 2020). Essa razão pode ser matematicamente demonstrada na seguinte equação:

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (2)$$

Além disso, o raio refratado não sofre desvio quando o ângulo de incidência é igual a zero, como mostra a Figura 8. Ou seja, quando o raio de incidência é perpendicular à superfície (Young; Freedman, 2009).

Figura 8: Raio com a mesma direção da normal.



Fonte: Autoria própria.

Portanto, pela lei de Snell, tem-se que o raio transmitido é perpendicular a interface e $\theta_1 = \theta_2$, o ângulo refletido volta pelo mesmo caminho do raio incidente. Dessa maneira, o raio não sofre desvio independente dos materiais.

Nessa abordagem, a óptica geométrica, com seus conceitos e princípios fundamentais, oferece uma ferramenta poderosa para analisar uma vasta gama de fenômenos luminosos. Ao compreender a natureza da luz e os diferentes modelos teóricos propostos ao longo da história, é possível apreciar a importância da óptica geométrica e suas diversas aplicações no cotidiano.

2.4.3 Lentes e Instrumentos Ópticos

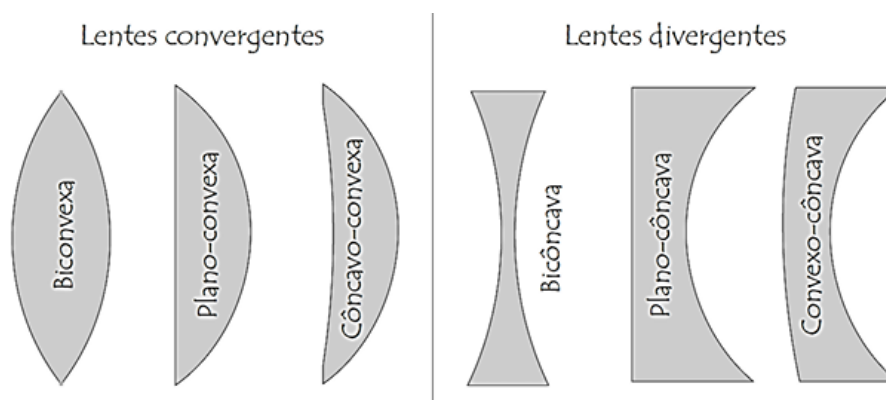
No desenvolvimento do entendimento da natureza da luz surgem os instrumentos ópticos. Instrumentos ópticos são dispositivos construídos a partir de componentes ópticos que processam a luz, permitindo a visualização ampliada e detalhada de objetos. Alguns instrumentos que são mais utilizados envolvem apenas um componente, como uma lente esférica (a lupa) ou podem envolver vários componentes (prismas, espelhos e lentes). Alguns instrumentos são voltados para o

processamento, projeção ou armazenamento de imagens, como máquinas fotográficas e projetores de filmes (Bonjorno *et al.*, 2013).

Outros instrumentos, como óculos, se incorporaram ao dia a dia das pessoas, pois tendem a corrigir defeitos visuais. Mas também existem os instrumentos que são voltados para a pesquisa científica e, nesse caso, o interesse é por instrumentos que ampliam a imagem do que está próximo ou auxiliam a enxergar com mais detalhes o que está distante. Neste caso são, por exemplo, os microscópios, lunetas e telescópio (Bonjorno *et al.*, 2013). Estes instrumentos são essenciais em diversas áreas, desde a astronomia até a medicina. Sejam eles simples como óculos ou complexos como telescópios, todos se baseiam nos princípios da óptica geométrica.

As lentes esféricas, que será o instrumento principal a ser utilizado neste trabalho, são objetos transparentes que tem o intuito de refratar a luz, limitado por duas superfícies, das quais pelo menos uma é curva (Gaspar, 2016). Elas podem ser classificadas de acordo com sua espessura e como os raios são manipulados (Maia, 2018). Em relação a espessura da lente, as bordas podem ser finas (delgadas) ou espessas e suas faces podem ser côncavas, convexas ou planas (Bonjorno *et al.*, 2013). Há seis tipos de lentes que correspondem a essas condições, cujo seus perfis transversais estão ilustrados na Figura 9.

Figura 9: Tipos de lentes.



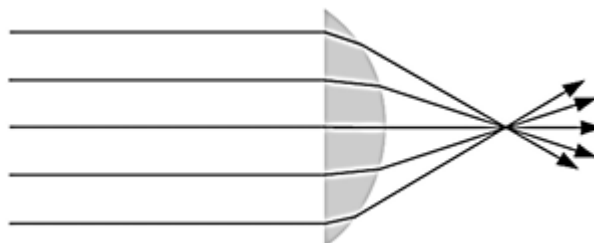
Fonte: Nogueira, 2015, p.49 apud Maia, 2018, p. 106 .

Desta forma, ao denominar uma lente, é necessário observar primeiro a face de maior raio de curvatura. Se a espessura da borda é menor do que a espessura da parte central, então elas são lentes delgadas, mas se a espessura for maior na borda do que no centro, então elas são lentes espessas. No ponto de vista do comportamento óptico da luz, as lentes podem ser classificadas, também, em dois

tipos: convergentes e divergentes (Bonjorno *et al.*, 2013).

Dessa maneira, as lentes delgadas são convergentes e direcionam os feixes de luz paralelos incidentes para um único ponto, como na figura 10. Elas tem sufixo que terminam com a palavra convexa, portanto podem ser biconvexa, plano-convexa e côncavo-convexa (Gaspar, 2016).

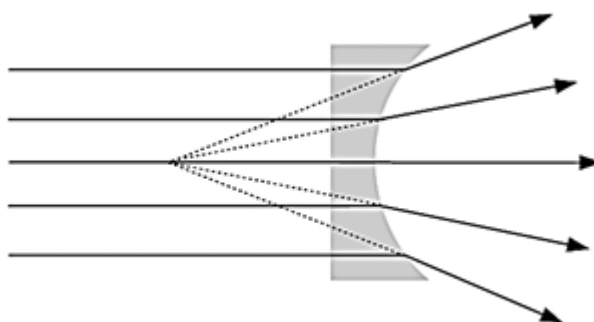
Figura 10: Difração dos feixes de luz na lente convergente.



Fonte: Nogueira, 2015, p.48 apud Maia, 2018, p. 106.

Já as lentes espessas são divergentes e provocam a divergência dos feixes de luz ao emergir da lente, como se estivesse partindo de um mesmo ponto, como a figura 11. Elas tem sufixo que terminam com a palavra côncava, com isso podem ser bicôncava, plano-côncava e convexo-côncava (Gaspar, 2016).

Figura 11: Difração dos feixes de luz na lente divergente.



Fonte: Nogueira, 2015, p.48 apud Maia, 2018, p. 106.

Uma observação a se destacar é que, o comportamento óptico dos raios de luz depende do meio em que está inserida. Se o meio exterior for mais refringente que a lentes, por exemplo, uma bolha de ar dentro de um bloco de vidro, o comportamento será invertido, ou seja, as lentes delgadas serão divergentes e as espessas serão convergentes.

No entanto, para que as imagens formadas pelas lentes sejam nítidas e sem deformações, devem obedecer às condições de nitidez de Gauss, onde a espessura da lente precisa ser desprezível em relação ao raios de curvatura das faces e os raios de luz não devem ser muito inclinados, ou seja, ela devem incidir nas lentes próximo ao eixo principal (Bonjorno *et al.*, 2013).

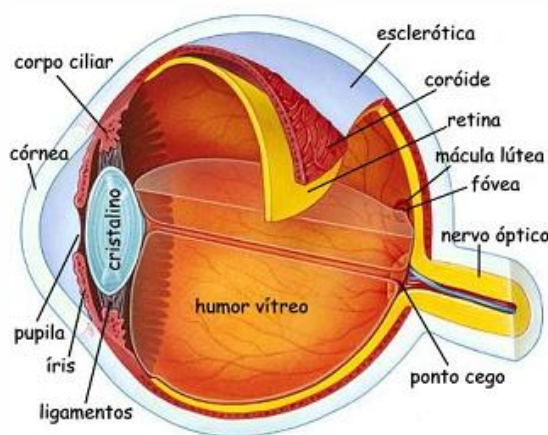
2.4.4 O Olho Humano e Tipos de Defeitos Visuais

Assim como os instrumentos ópticos, o olho humano também é um sistema óptico complexo. No entanto, diferentemente das lentes e espelhos artificiais, o olho humano pode apresentar defeitos que comprometem a formação de imagens nítidas na retina. Os principais defeitos visuais que serão baseados no produto educacional deste trabalho são a miopia e a hipermetropia, mas existem defeitos como astigmatismo, presbiopia, estrabismo, entre outros. Cada um desses defeitos possui características específicas e pode ser corrigido com o uso de lentes adequadas.

O olho é responsável pela visão e seu funcionamento se baseia em fenômenos ligados à óptica e eletricidade, e a visão humana é formada a partir de estruturas as quais compõem o globo ocular, que envolve estruturas como a córnea, a pupila, o cristalino e a retina. O globo ocular é preenchido por líquidos que ajudam a manter sua forma e a nutrir as estruturas internas.

O humor aquoso preenche a câmara anterior, nutrindo a córnea e a lente, além de regular a pressão interna do olho. Já o humor vítreo preenche a câmara posterior, que fica entre o cristalino e a retina, serve para dar preenchimento no olho, atribuindo-lhe uma forma (Bonjorno *et al.*, 2013). A esclera, a parte branca do olho, oferece proteção e sustentação. A córnea, transparente e curva, concentra a luz na retina (Garrity, 2022). Todas essas características podem ser observadas na figura 12:

Figura 12: Representação esquemática do olho humano.

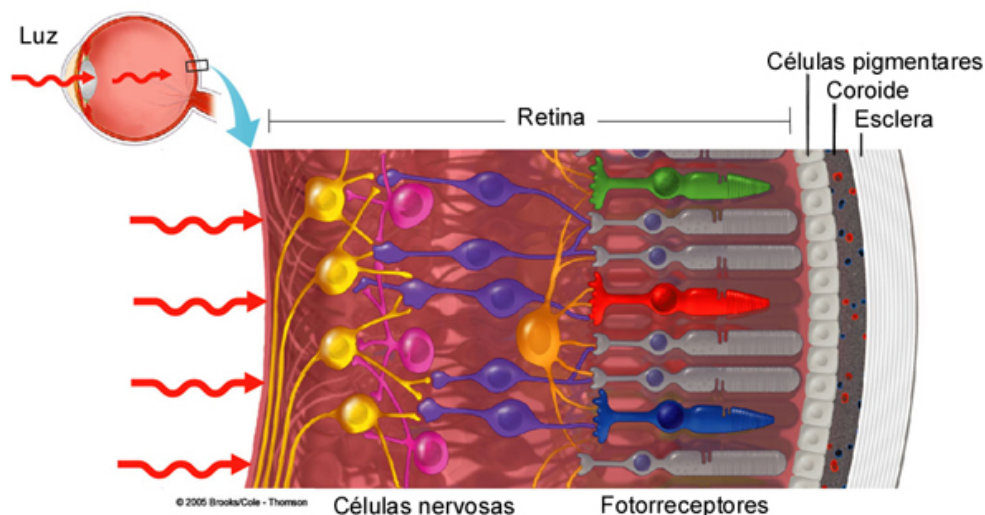


Fonte: Adaptado de (Bonjorno *et al.*, 2013).

A retina, por sua vez, é a camada mais interna e contém os fotorreceptores responsáveis pela captação da luz, ou seja, eles convertem a luz em sinais elétricos que o cérebro pode interpretar. Existem dois tipos principais de fotorreceptores: os cones e os bastonetes.

Os cones são responsáveis pela visão em cores e pela acuidade visual, permitindo a percepção de detalhes finos. Já os bastonetes são mais sensíveis à luz, sendo essenciais para a visão em ambientes com baixa luminosidade, como representado na figura 13 (Garrity, 2022). Ao serem estimulados pela luz, os fotorreceptores desencadeiam uma série de reações químicas que geram impulsos elétricos, os quais são transmitidos ao cérebro através do nervo óptico (Garrity, 2022).

Figura 13: Representação esquemática dos cones e bastonetes de um pedaço de retina.



Fonte: Lenscope. Cones e bastonetes: o que são, funções e diferenças. Blog Lenscope, 2023. Disponível em: <https://lenscope.com.br/blog/cones-e-bastonetes-olhos>.

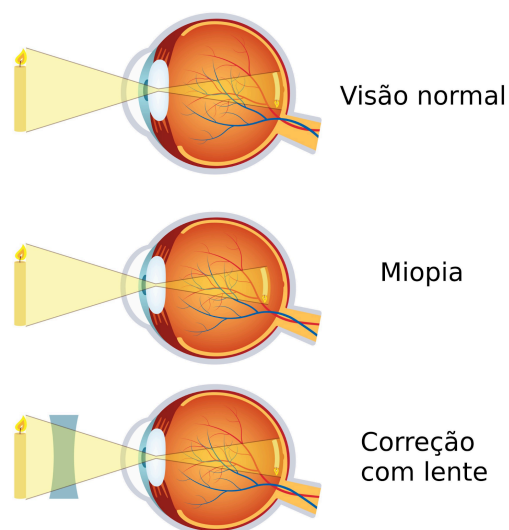
Dessa forma, em seu funcionamento, o olho humano pode ser comparado como uma câmera, utilizando a córnea e o cristalino como lentes para formar uma imagem real e invertida sobre a retina. O humor aquoso, um fluido transparente, atua como meio de propagação da luz entre essas lentes.

Em um olho emétrepe (visão normal), a imagem é formada exatamente sobre a retina, proporcionando uma visão nítida (Vechia, 2023). No entanto, apesar da sofisticação desse sistema, existem diversos fatores que podem interferir no funcionamento adequado dos fotorreceptores e das demais estruturas oculares, resultando em anomalias visuais.

As anomalias visuais são condições que comprometem a formação de imagens nítidas na retina, podendo ser causadas por erros de refração, doenças oculares ou alterações no sistema nervoso. As mais comuns incluem a miopia, a hipermetropia e o astigmatismo, que são caracterizadas por problemas na focalização da imagem na retina (Vechia, 2023).

A miopia, conhecida como vista curta, ocorre quando o globo ocular é alongado, fazendo com que a imagem se forme antes da retina, mesmo com o cristalino relaxado, como demonstrado na figura 14. Para corrigir esse problema, utiliza-se uma lente divergente, que afasta o ponto focal e permite que a imagem seja projetada corretamente sobre a retina (Vechia, 2023).

Figura 14: Representação da miopia e sua correção por meio de lente divergente.

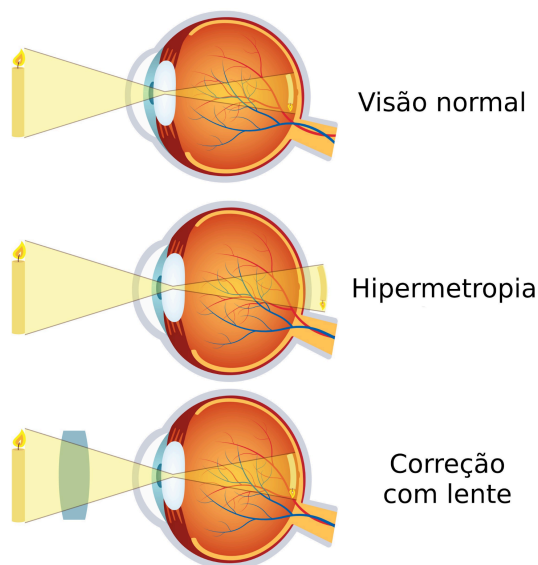


Fonte: Fernandes, Thais Marina. Anomalias da visão. Infoescola. Disponível em:
<https://www.infoescola.com/optica/anomalias-da-visao/>.

No caso da hipermetropia ocorre quando o globo ocular é mais curto que o normal, fazendo com que a imagem se forme atrás da retina, especialmente ao observar objetos próximos. Essa condição é corrigida com o uso de lentes convergentes, que aumentam a convergência dos raios de luz antes deles entrarem no olho, como demonstrado na figura 15.

Ao desviar os raios de luz para dentro, a lente convergente compensa o encurtamento do globo ocular, permitindo que a imagem seja focada corretamente sobre a retina (Vechia, 2023).

Figura 15: Representação da hipermetropia e sua correção por meio de lente convergente.



Fonte: Fernandes, Thais Marina. Anomalias da visão. Infoescola. Disponível em:
<https://www.infoescola.com/optica/anomalias-da-visao/>.

Em suma, o olho humano é um órgão complexo e fascinante, responsável pela interação com o mundo visual. Como foi abordado, diversos fatores podem comprometer essa função, dando origem a uma variedade de defeitos visuais.

A miopia e a hipermetropia são apenas alguns exemplos dessas condições, que podem ser corrigidas com o uso de lentes adequadas ou através de procedimentos cirúrgicos. Compreender a anatomia e o funcionamento do olho humano é fundamental para poder entender as diversas condições que podem afetar a visão.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho adotou uma metodologia baseada em pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental, com o objetivo de propor um aparato didático de baixo custo para o estudo de óptica geométrica e anomalias visuais de forma significativa.

A revisão bibliográfica realizada neste estudo, com foco na teoria de aprendizagem significativa e desenvolvimento de materiais didáticos de baixo custo, evidenciou a importância do uso de materiais manipulativos para o ensino de conceitos científicos, como a óptica geométrica. Essa constatação norteou a criação de um aparato experimental que visa promover a aprendizagem ativa, através da experimentação e da construção do conhecimento.

É notável que a experimentação permite aos estudantes não somente ver ou ouvir sobre os conceitos físicos, mas também pôr em prática, consolidando princípios e despertando a curiosidade (Duarte, 2024). Ao explorar um experimento que simula o olho humano e seus defeitos da visão, utilizando materiais de baixo custo, este trabalho busca atender às demandas identificadas na revisão bibliográfica e oferecer uma ferramenta prática para professores e alunos nos estudos sobre óptica.

Desta forma, a metodologia foi dividida em etapas sequenciais, que incluem revisão teórica, projeto e construção do aparato, testes práticos e análise dos resultados, conforme descrito a seguir.

3.1 ETAPAS DA PESQUISA

A primeira etapa constituiu em uma revisão bibliográfica aprofundada sobre conceitos de óptica geométrica, como reflexão, refração, formação de imagens e funcionamento das lentes e da visão, além das principais anomalias visuais (miopia e hipermetropia) e suas correções.

Com isso, essa parte da pesquisa foi embasada em artigos, dissertações, relatórios e bancos de dados da internet, como repositórios institucionais e o *Google Scholar*, além de obras clássicas da física óptica, como os livros: (Ramalho; Nicolau; Toledo, 2010), (Bonjorno *et al.*, 2013), (Young; Freedman, 2009), entre outros. Paralelamente, como já mencionado, foi estudada a TAS de Ausubel que enfatiza a importância de conectar novos conhecimentos a conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Essa abordagem será fundamental para garantir que o

experimento desenvolvido facilite a compreensão dos fenômenos ópticos de forma contextualizada e significativa.

Em seguida, foi realizada a etapa de projeto e construção do aparato experimental. Com base nos requisitos definidos na revisão bibliográfica e na metodologia de desenvolvimento de materiais didáticos proposta por Borges (2002), utilizada como uma das referências, por ter foco na simplicidade e na eficácia pedagógica. Dessa forma, o experimento foi desenvolvido para ser de baixo custo, utilizando materiais acessíveis, como LEDs e lentes de gelatinas.

Basicamente, o aparato experimental, composto por lentes esféricas confeccionadas com gelatina incolor, foi submetido a uma análise de sua funcionalidade. A escolha da gelatina como material para a construção das lentes justifica-se por sua acessibilidade, baixo custo e potencial lúdico, como sugerido no trabalho de Gonçalves (2020).

A confecção das lentes foi baseada no trabalho de Trindade (2022), onde foi utilizado a gelatina como estratégia no estudo de refração da luz. Baseado, também, no trabalho proposto por Ferreira (2023), foi desenvolvido um desenho esquemático do sistema ocular que é formado pela parte frontal do olho, pela córnea e o cristalino, visando compreender a formação da imagem do olho humano normal, com defeito e como corrigir os problemas de visão.

Após a construção do protótipo foram realizados testes práticos para validar a funcionalidade e a precisão do aparato. Esses testes incluíram a simulação de fenômenos de óptica geométrica e a demonstração de anomalias visuais, com a posterior correção utilizando lentes adequadas. Assim, para validação desta metodologia experimental, foi seguido princípios descritos por Gil (2008), que enfatiza a importância de testes controlados e replicáveis para garantir a confiabilidade dos resultados.

Por fim, a última etapa será de análise dos resultados, realizada com base nos dados coletados durante os testes práticos. Foi avaliado a eficácia do aparato como ferramenta didática, considerando sua capacidade de demonstrar os fenômenos estudados de forma clara e precisa.

Ou seja, foi analisada a adequação do experimento aos princípios da aprendizagem significativa, verificando se ele facilita a conexão entre conceitos teóricos e sua aplicação prática, pois a ideia é que este experimento possa ser

aplicado em sala de aula (ou laboratório), para que os professores possam trabalhar com o mesmo método desta pesquisa e queiram gerar um diferencial nas suas aulas de física, além de facilitar a aprendizagem para o aluno.

Desta forma, a análise seguiu uma abordagem mista, combinando dados quantitativos (como medidas de precisão) e qualitativos (como facilidade de uso e clareza do experimento).

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta seção é dedicada a apresentar as informações sobre cada material utilizado para a construção da experimentação, assim como suas características. Também são apresentados os procedimentos utilizados para a obtenção de dados. Os passos seguintes descrevem, detalhadamente, como foram produzidas as lentes de gelatina biconvexa e bicôncava, assim como o aparato laser.

3.2.1 Materiais

A elaboração do experimento leva em consideração a necessidade de otimizar os recursos, buscando a melhor relação custo-benefício, uma vez que será financiado com recursos próprios. Para garantir a viabilidade financeira, foi realizada uma pesquisa de preços em diferentes fornecedores, como lojas de materiais escolares, papelarias e plataformas de comércio eletrônico, a fim de identificar os materiais mais adequados e economicamente viáveis, pois leva-se em consideração a disponibilidade de materiais na região e outros fatores pertinentes. A flexibilidade é fundamental para garantir o sucesso do projeto, sem comprometer a qualidade das atividades.

Os materiais utilizados para a construção do experimento estão descritos em duas tabelas. A tabela 1 é dedicada aos materiais utilizados na produção dos moldes (gabaritos) das lentes e da gelatina. A tabela 2 apresenta os materiais utilizados na montagem do laser. Nas tabelas, as informações serão apresentadas da seguinte forma: o nome do material; em seguida, a caracterização (como dimensões ou informações necessárias); e, no final, a quantidade de itens.

Tabela 1 – Materiais utilizados para a produção dos moldes e para a gelatina

Item	Características	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Folha de cartolina	500 mm X 700 mm	1	2,00	2,00
Papelão (reutilizável)	-	1	-	-
Tesoura	-	1	-	-
Objeto cortante (faca ou estilete)	-	1	-	-
Régua milimetrada	300 mm	1	-	-
Compasso	-	1	-	-
Lápis grafite	-	1	-	-
Gelatina em pó	incolor sem sabor	1	10,90	10,90
Recipiente para água	-	1	-	-
TOTAL				12,90

Fonte: Autoria própria.

Tabela 2 – Materiais utilizados para o aparato laser

Item	Características	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Caneta hidrográfica	azul	1	-	-

Carregador de celular	5 volts	1	-	-
Placa de CD ou acrílico	125mm X 100	1	-	-
Módulo de diodo laser vermelho	5 volts, 650nm	5	5,00	25,00
Fita isolante	-	1	-	-
Cola instantânea	Tek bond	1	-	-
TOTAL				25,00

Fonte: Autoria própria.

3.2.2 Produção dos moldes e montagem das lentes

Primeiramente, é necessário começar com o preparo da gelatina. Foi escolhida a gelatina em pó sem sabor da marca Dr. Oetker, apresentada na Figura 16, por ser a mais barata encontrada no mercado. A gelatina incolor, um produto à base de colágeno amplamente disponível no mercado, foi preparada conforme as instruções do fabricante e moldada em um recipiente liso e plano para obter lentes com diferentes curvaturas.

Figura 16: Gelatina em pó Dr. Oetker



Fonte: Autoria própria.

O produto possui um peso líquido total de 24 gramas, divididos em dois envelopes de 12 gramas cada. A diluição da gelatina foi seguindo as instruções do fabricante, informadas no verso do envelope, descritas da seguinte forma: “Umedeça a Gelatina em Pó Dr. Oetker em 5 colheres (sopa) de água fria. Misture bem e dissolva em fogo baixo ou leve ao micro-ondas por aproximadamente 15 segundos. Não deixe ferver para não perder a capacidade de gelificação. Utilize na receita de sua preferência. O conteúdo deste envelope (12g) é suficiente para 0,5 litros de líquido”.

No caso, para o preparo da gelatina neste trabalho, foram utilizados dois envelopes. Portanto, foram diluídos com 10 colheres (sopa) e levados ao micro-ondas por 15 segundos, até ficar com uma consistência homogênea. Outra alternativa, caso não seja possível utilizar o micro-ondas, é aquecê-la em banho-maria, mexendo com a colher até a gelatina dissolver completamente.

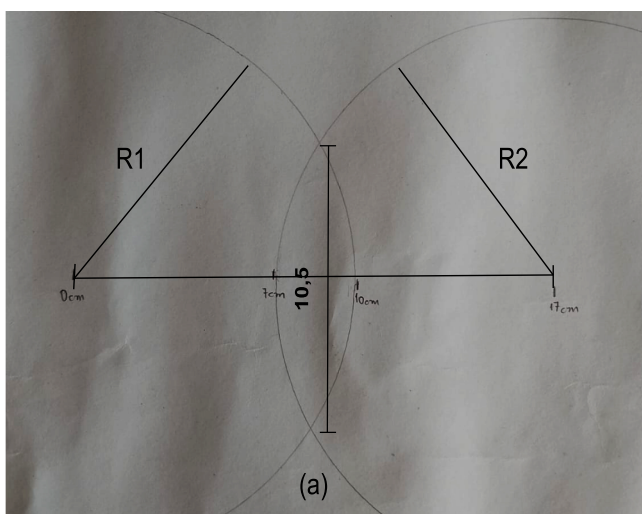
Com a gelatina dissolvida, foi despejada em um recipiente e adicionou-se meio litro de água quente (sem estar em fervura); mexeu-se a mistura por, aproximadamente, 2 minutos. Posteriormente, adicionou-se mais meio litro de água fria e misturou-se por mais 2 minutos. Em seguida, a mistura foi adicionada em um recipiente retangular e colocada na geladeira por 6 horas. A quantidade de horas pode ser a mais ou a menos, dependendo da geladeira ou *freezer* a ser utilizada. O importante é verificar a cada 1 hora a consistência da gelatina, se ela estiver com uma consistência mais sólida, então está pronta para ser usada.

O segundo passo são os gabaritos para a lente de gelatina. A utilização de moldes de cartolina, como demonstrado na Figura 17, permitirá a criação de lentes esféricas com diversos raios de curvatura, possibilitando a simulação de diferentes tipos de defeitos visuais. O primeiro molde feito é para lente biconvexa. No total foram dois moldes de lente biconvexa e uma bicôncava.

Na cartolina, com o apoio da régua milimetrada e do lápis grafite, foi desenhada uma linha de 17cm e uma marcação nos 10 cm. Com o compasso, ponta fixa no início da linha, ou seja, na marcação de 0 cm, e a outra ponta (grafite) na marcação de 10cm, um círculo foi traçado; dessa forma, obteve-se um círculo com raio de 10cm. Utilizando o compasso com a mesma abertura e colocando a ponta fixa desta vez no final da linha, 17cm, foi feita outra circunferência com 10cm de raio, na qual se tem a interseção superior e inferior distantes cerca de 10,5cm.

Assim, obtém-se o desenho do modelo da lente biconvexa, em que os dois raios $R1$ e $R2$ são de 10cm, centro dos raios distante por 17cm, altura da lente de, aproximadamente, 10,5cm e largura aproximada de 3cm. A Figura 17 (a) demonstra o desenho feito na cartolina, e a Figura 17 (b) apresenta o modelo após ser recortado com a tesoura.

Figura 17: Desenho da lente biconvexa na cartolina (a), molde recortado (b)



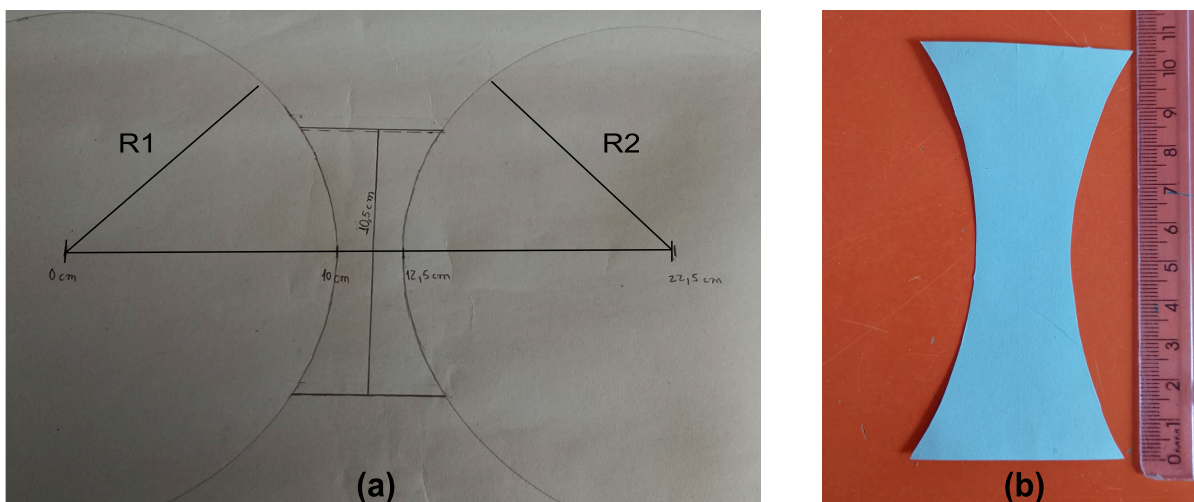
Fonte: Autoria própria.

O segundo molde feito é para lente bicôncava. Para o desenho da lente, uma reta de 22,5 cm foi feita na cartolina. Com o auxílio da régua milimetrada e do lápis grafite, uma marcação nos 10 cm também foi feita. Utilizando o compasso, com sua ponta fixa colocada no começo do traço, no 0cm e a outra ponta (grafite) colocada na marcação de 10cm, um círculo foi desenhado com raio $R1$ de 10 cm.

O mesmo processo foi realizado só que, dessa vez, com a ponta fixa no final do traço de 22,5 cm; ainda com o compasso na mesma abertura, foi gerado a outra circunferência de raio $R2$ de 10 cm.

Duas retas paralelas foram traçadas a 5,25cm, tanto acima quanto abaixo do traço, completando, dessa forma, o desenho do molde da lente bicôncava com altura de, aproximadamente, 10,5 cm, largura central de cerca de 2,5 cm e distância entre os centros de raio de 22,5 cm. A Figura 18 (a) demonstra o desenho feito na cartolina, e a Figura 18 (b) apresenta o modelo após ser recortado com a tesoura.

Figura 18: Desenho da lente bicôncava na cartolina (a), molde recortado (b)

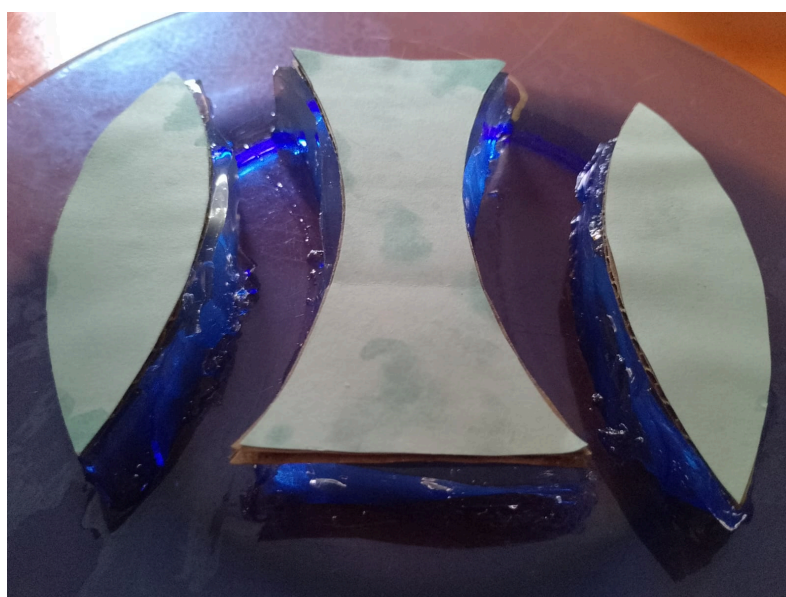


Fonte: Autoria própria.

Basicamente, os moldes foram feitos dessa forma para que todas as lentes de gelatina tivessem a mesma altura, 10,5 cm e praticamente com os mesmos raios, 10 cm. Agora, com os moldes prontos e a gelatina curada, pode-se iniciar a confecção das lentes.

Após desenharmos, a gelatina foi dividida em 3 partes, uma parte para cada molde; a divisão é realizada com uma ferramenta cortante, que pode ser uma faca, estilete etc. Em seguida, a gelatina foi cortada no formato do molde, obtendo-se cada uma das lentes, conforme a Figura 19.

Figura 19: Gelatina nos formatos dos moldes



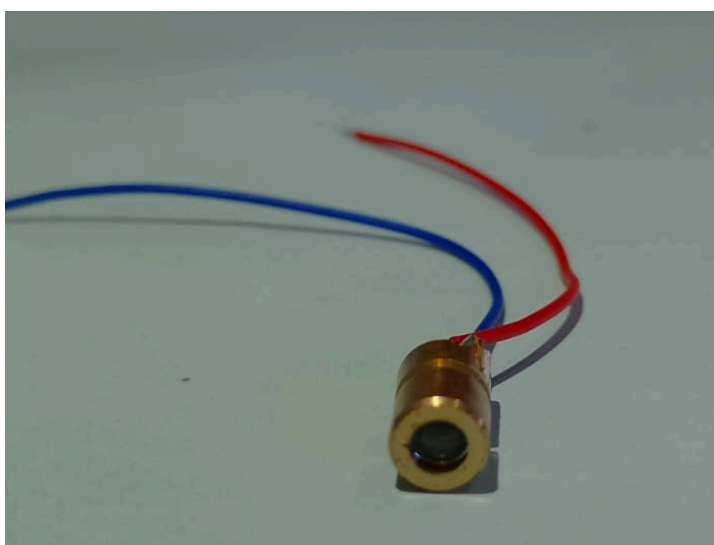
Fonte: Autoria própria.

3.2.3 Montagem dos lasers

Para realizar os experimentos e obter um resultado visualmente comparável aos descritos nas explicações esquemáticas dos livros didáticos, é preciso de alguma forma ver os feixes de luz. Assim, é necessário uma fonte de luz com feixes bem definidos, paralelos e que possam ser vistos a olho nu ao entrar na lente e ao emergir da lente.

Para a produção de feixes de luz paralelos, foi adquirido um kit com 5 módulos de diodo laser (MDL), mas para o experimento foram utilizados apenas 4. Os módulos consistem de um diodo laser e uma lente de colimação montados em um invólucro de metal, como pode ser observado na Figura 20. O MDL pode ser facilmente encontrado, a baixo custo, em lojas ou sites de compra na internet, pois são comumente utilizados em ponteiros laser. O diodo laser utilizado é de 5 volts e produz um feixe colimado com 5 mW (10^{-3} watts) de potência em 650 nm (10^{-9} metros).

Figura 20: Módulo de diodo laser (MDL)

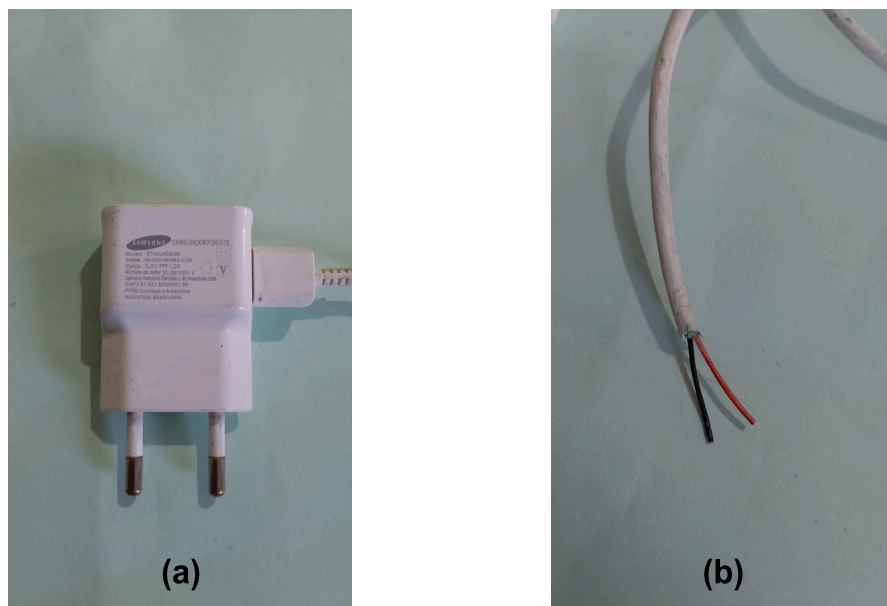


Fonte: Autoria própria.

Depois de obter os MDLs, é necessário uma fonte de alimentação para que feixes de luz possam ser visualizados. No caso, foi utilizado um carregador de celular de 5 volts da marca Samsung, modelo ETA-0U83BWB, alimentação de 100-240V, frequência de 50-60Hz, corrente de 0,15A, com saída de 5,0V, e 1,0A. Com a ponta “macho” cortada (a ponta que conecta com o celular), foi obtido dois outros fios que são justamente o fio positivo (vermelho) e o negativo (preto). A fonte

utilizada e o fios expostos podem ser visualizados na Figura 21 (a) e (b):

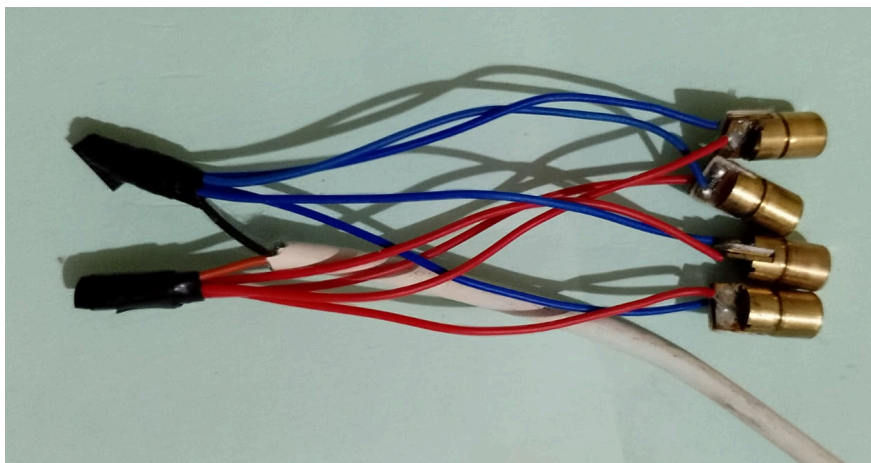
Figura 21: Fonte de alimentação (a) com seus fios negativos e positivos expostos (b)



Fonte: Autoria própria.

Para conectar o MDL à fonte, basta retirar a ponta macho do cabo (descrito anteriormente), descascar o fio e ligá-lo ao MDL, também, descascado. A ligação dos MDLs é bem simples, pois é necessário apenas ligar o fio vermelho (polo positivo) do MDL ao fio vermelho (polo positivo) do carregador, e o fio azul (polo negativo) do MDL ao fio preto (polo positivo) do carregador.

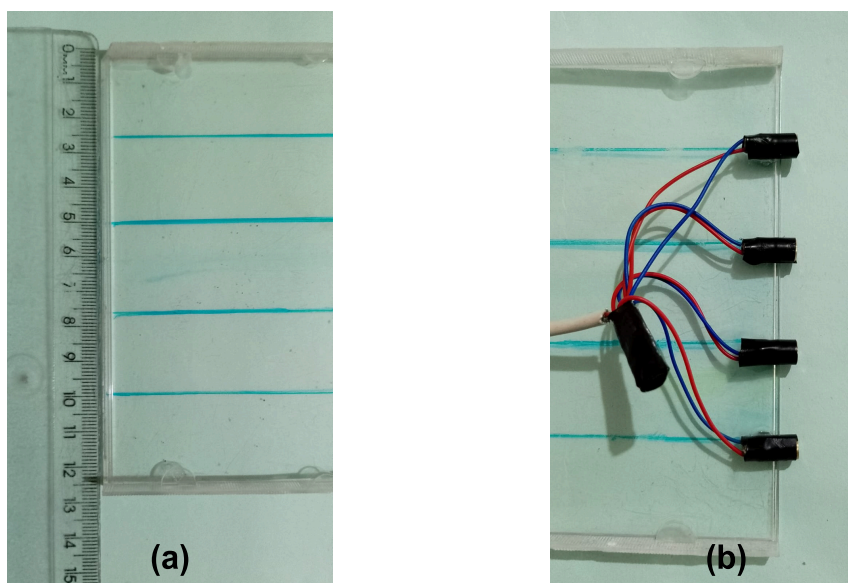
Nesta parte da montagem, a ligação foi feita apenas com fita isolante, mas, se necessário, pode ser utilizada solda para melhorar a fixação dos fios, mas não é extremamente obrigatória. A quantidade de MDL conectado também depende da necessidade do experimento. Neste aparato, foram utilizados apenas quatro, como demonstrado na Figura 22.

Figura 22: Ligação dos MDLs ao carregador

Fonte: Autoria própria

Para que os feixes de laser ficassem em paralelo, foi utilizado uma placa de CD de 12,5x12,5 cm com espessura de 1 cm, aproximadamente, para servir como base. Os módulos foram colados na base, um de cada vez, tomando o cuidado para que os seus feixes de luz fiquem paralelos entre si. Para isso, com auxílio da régua milimetrada e da caneta hidrográfica azul, foi traçada uma reta cerca de 2,5 cm de distância da parte lateral da placa e traçada mais outras três retas a 2,5 cm de distância uma da outra, como pode ser visto na Figura 23 (a).

Assim, sobre cada uma das retas desenhadas da placa, foram colados os MDLs utilizando cola instantânea Tekbond 793, obtendo-se os 4 feixes de laser igualmente espaçados e paralelos, como mostrados na Figura 23 (b).

Figura 23: Placa de CD traçada (a) e placa de CD com os MDLs colados (b)

Fonte: Autoria própria

Visando aprimorar a apresentação visual do aparato experimental e a organização dos feixes de luz, procedeu-se a uma otimização no *layout* da placa. Para tal, utilizou-se uma pequena caixa de celular, estrategicamente posicionada, com o intuito de ocultar a fiação e expor apenas as extremidades dos lasers. Desta forma, a Figura 24 demonstra o resultado da referida alteração, evidenciando a melhoria estética e a clareza na visualização dos feixes de luz, mas isso fica a cargo se preferir a alteração, não sendo extremamente necessária.

Figura 24: Aprimoramento do *layout* da placa



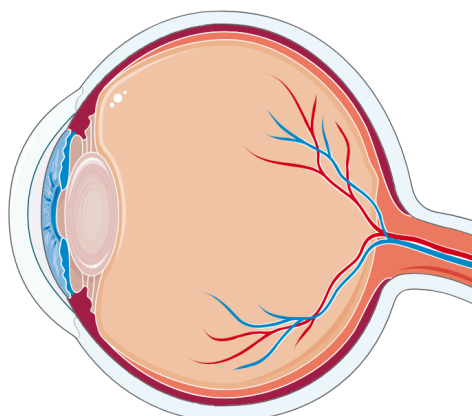
Fonte: Autoria própria

3.2.4 Design dos olhos e montagem do aparato experimental

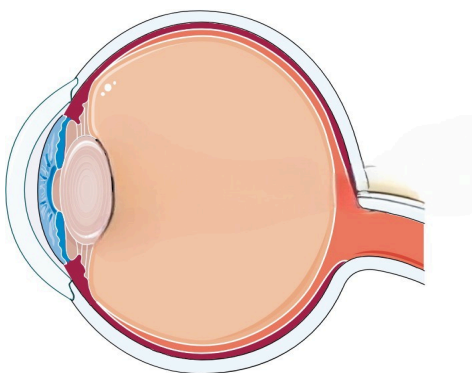
A elaboração dos modelos oculares iniciou-se com a concepção dos desenhos no aplicativo de edição online, utilizando-se templates predefinidos para os formatos oculares desejados, baseados em pesquisas realizadas em livros e na internet. Após a conclusão da etapa de design, os modelos foram impressos em papel A4, recortados e colados em papelão, visando conferir maior rigidez estrutural. O papelão, por sua vez, foi cuidadosamente moldado nos formatos de cada modelo ocular.

Adicionalmente, recomenda-se a fixação da imagem ao papelão por meio de fita adesiva, em detrimento do uso de cola, a fim de preservar a integridade do papel. Também é sugerido que, após a colagem da imagem com o papelão, seja envelopado com plástico filme, prevenindo danos ao experimento decorrentes do contato com a gelatina. O design completo para cada modelo ocular pode ser observado na Figura 25 (a), (b) e (c):

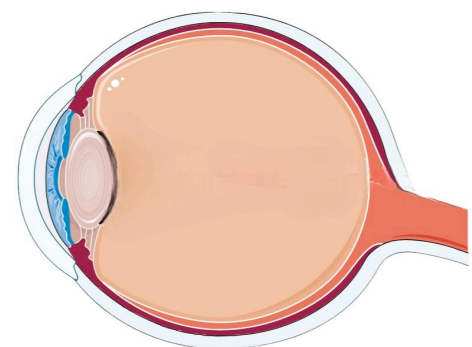
Figura 25: Design para olho normal (a), olho com miopia (b) e olho com hipermetropia (c)



(a)



(b)

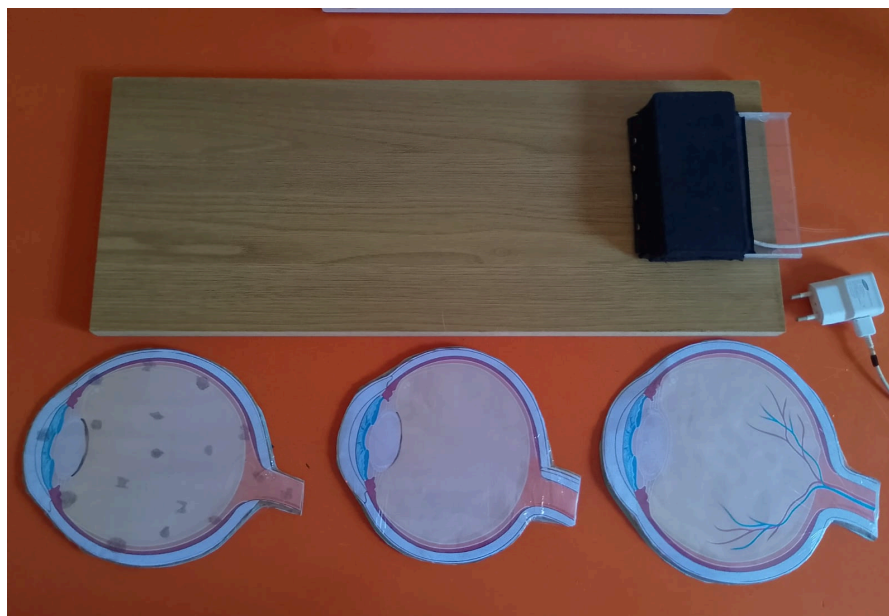


(c)

Fonte: Autoria própria

Para a montagem do aparato experimental, utilizou-se uma tábua de madeira de dimensões 55 x 22 cm como base de suporte para os lasers e os modelos oculares. A tábua foi posicionada de forma a garantir a estabilidade do sistema e a precisão das medições. A Figura 26 ilustra o aparato experimental completo, evidenciando a disposição dos modelos oculares e dos lasers.

Figura 26: Aparato experimental finalizado



Fonte: Autoria própria

3.2.5 Testes do aparato experimental

O experimento foi conduzido com o objetivo de analisar a eficácia do aparato didático de baixo custo para o estudo de óptica geométrica e anomalias visuais. Para isso, foram utilizadas lentes confeccionadas a partir de gelatina, que serviram como meio óptico para a refração da luz. Além disso, o aparato contou com feixes de luz laser, uma base de madeira para suporte e estruturas de papelão que simulam o formato dos olhos.

Na primeira tentativa, a gelatina utilizada para a fabricação das lentes não apresentou a consistência adequada, o que comprometeu a qualidade óptica necessária para o experimento. Como resultado, a refração da luz não pôde ser observada de forma satisfatória. Diante disso, o teste foi interrompido, e a gelatina foi preparada novamente, com ajustes em sua consistência.

Na segunda tentativa, a gelatina apresentou uma consistência mais adequada, permitindo a confecção das lentes com as propriedades ópticas desejadas. Todas as medidas do aparato foram realizadas com precisão métrica, a fim de evitar erros sistemáticos. Os feixes de luz laser, que estavam em boas condições, permitiram a visualização clara da trajetória da luz através das lentes de gelatina, demonstrando os fenômenos de refração conforme o esperado.

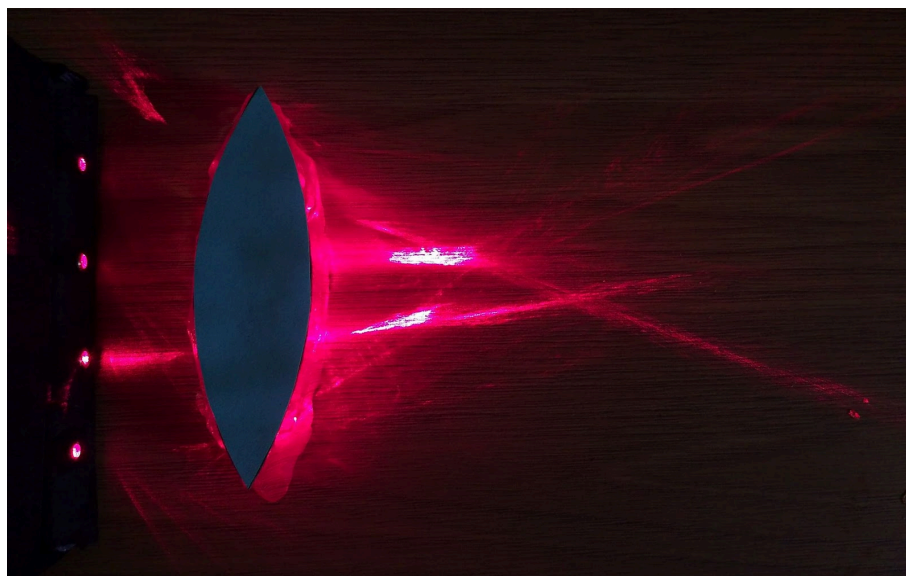
Na montagem do aparato, foi utilizado um suporte de madeira, que serviu como base para fixação dos lasers e das estruturas de papelão que simulam o formato dos olhos. O enquadramento da madeira foi testado e ajustado para garantir a estabilidade do experimento. No entanto, durante a montagem das estruturas de papelão, optou-se inicialmente pelo uso de cola em vez de fita adesiva, o que resultou em uma aparência visual menos refinada. Apesar disso, essa escolha não comprometeu o funcionamento do experimento, pois a trajetória da luz e os fenômenos ópticos puderam ser observados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ANÁLISE DA REFRAÇÃO DA GELATINA

De acordo com os procedimentos descritos, foram realizadas as análises das lentes utilizando gelatina no formato biconvexa e bicôncava. A primeira lente analisada foi a biconvexa, onde foi posta sobre a base de madeira. Em seguida, foi incidido o laser sobre a gelatina e, neste momento, foi observado uma aproximação dos feixes a um determinado ponto. Ou seja, os feixes convergem a um ponto que é chamado de distância focal. Esse fenômeno pode ser observado na Figura 28:

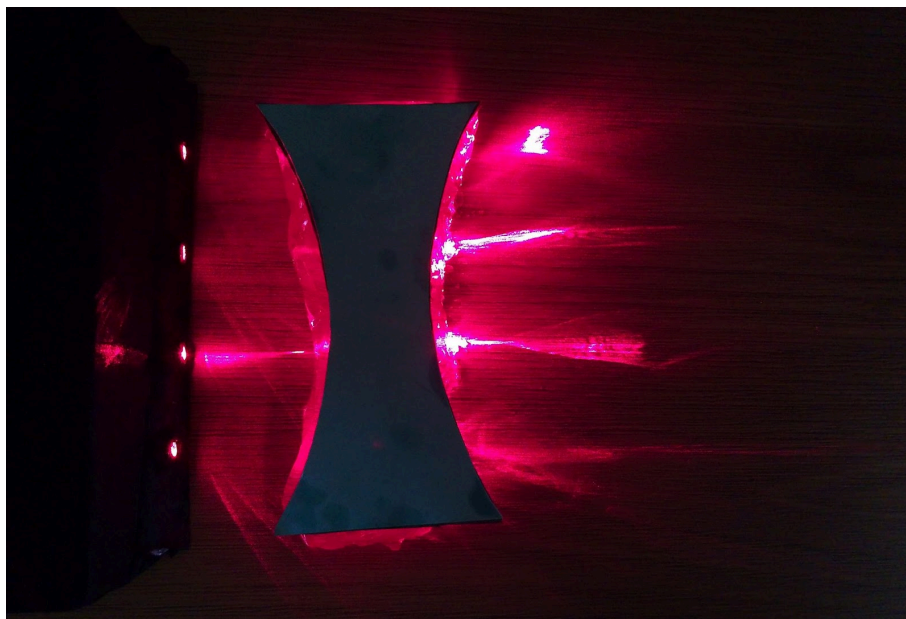
Figura 28: Incidência de feixes de luz sobre a lente de gelatina biconvexa



Fonte: Autoria própria

O mesmo procedimento foi realizado para a lente bicôncava, porém, a diferença é que foi observado um afastamento dos feixes a partir de determinado ponto. Ou seja, os feixes divergem a partir do ponto focal, que no caso são os lasers. Esse fenômeno pode ser observado na Figura 29:

Figura 29: Incidência de feixes de luz sobre a lente de gelatina bicôncava



Fonte: Autoria própria

Um aspecto relevante a ser destacado refere-se à não homogeneidade da gelatina, que, aliada a obstáculos como bolhas de água no trajeto do feixe de laser, ocasionou um leve desvio na trajetória da luz. Ademais, imperfeições geradas durante o processo de corte da lente, em vez de produzirem uma superfície regular, resultaram em um elevado grau de rugosidade, o que provocou a difusão dos raios luminosos.

Contudo, os resultados obtidos no experimento demonstraram que as lentes de gelatina, tanto biconvexa quanto bicôncava, comportaram-se de acordo com os princípios da óptica geométrica. A lente biconvexa convergiu os feixes de luz para um ponto focal definido, enquanto a lente bicôncava provocou a divergência dos feixes. Esses resultados confirmam que, apesar de serem feitas de um material de baixo custo, as lentes de gelatina são capazes de reproduzir fenômenos ópticos de forma satisfatória, validando sua utilização como ferramenta didática.

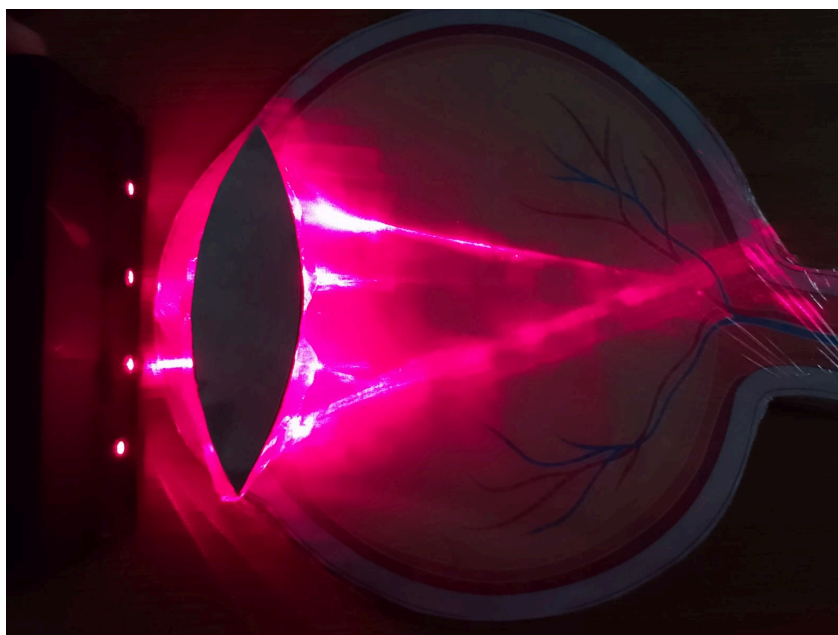
4.1.2 Utilização das lentes de gelatina para demonstração de anomalias visuais

Essas lentes, confeccionadas a partir de gelatina, reproduzem propriedades ópticas semelhantes às das lentes tradicionais, como a convergência e divergência de feixes de luz, além de possibilitarem a simulação de condições como miopia e

hipermetropia. Este tópico explora o potencial das lentes de gelatina para ilustrar anomalias visuais, destacando sua viabilidade como recurso educacional e sua contribuição para o entendimento prático da óptica geométrica.

Para isso, inicialmente, a lente foi testada em um modelo do olho normal, com o objetivo de verificar o ponto de convergência da luz. O olho normal, confeccionado em papelão, foi posicionado sobre a base de madeira, que serviu como suporte para o aparato experimental. Em seguida, os feixes de laser foram ligados e direcionados para o olho, passando através da lente de gelatina biconvexa, que foi cuidadosamente colocada na posição correspondente ao cristalino, como pode ser visualizado na Figura 30:

Figura 30: Incidência de feixes de luz sobre a lente de gelatina no modelo do olho normal

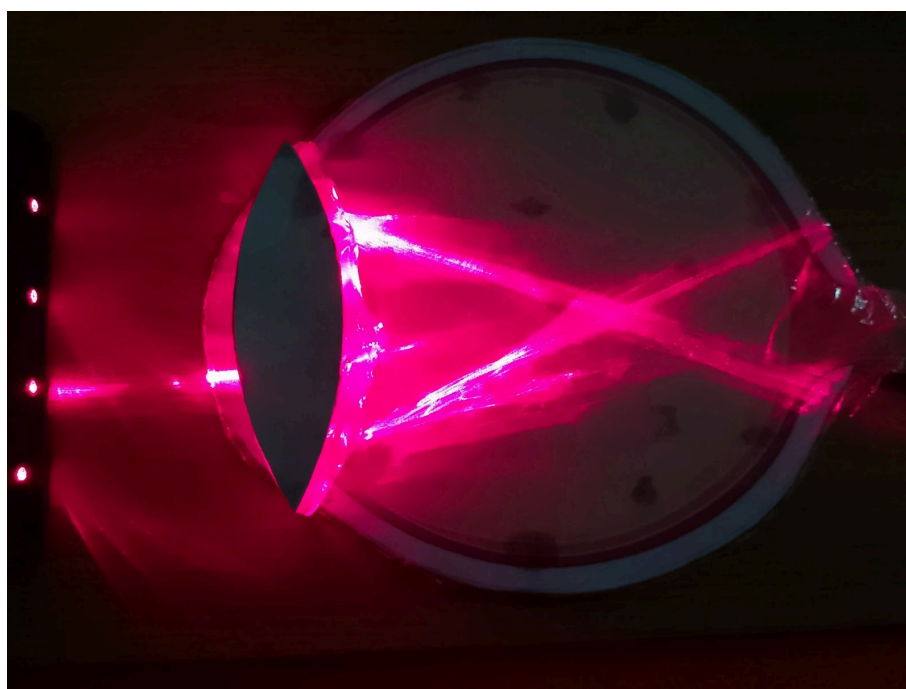


Fonte: Autoria própria

A trajetória da luz foi observada, e verificou-se que os feixes convergiram exatamente sobre a retina, conforme previsto pela teoria óptica. Esse resultado comprovou um dos objetivos do trabalho, demonstrando a eficácia do aparato na simulação de um olho normal e na visualização dos fenômenos ópticos envolvidos.

Em seguida, foram realizados testes em modelos de olhos com anomalias visuais, como miopia e hipermetropia. Para simular a miopia, o olho foi ajustado de modo que a distância entre a lente e a retina fosse maior, representando o alongamento do globo ocular. A lente de gelatina biconvexa foi novamente utilizada, e os feixes de laser foram direcionados ao olho, como pode ser visualizado na Figura 31.

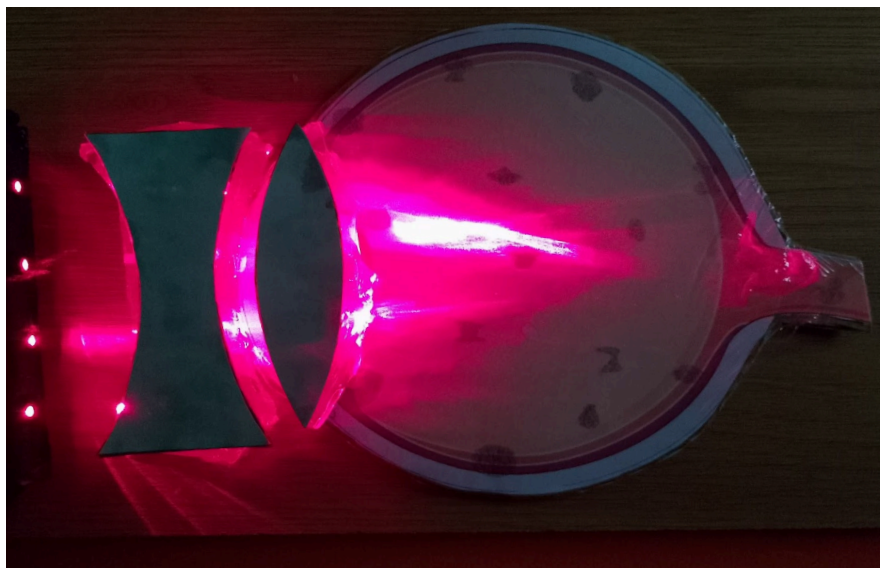
Figura 31: Incidência de feixes de luz sobre a lente de gelatina no modelo do olho com miopia



Fonte: Autoria própria

Observou-se que a luz convergiu antes da retina, resultando em uma imagem desfocada no plano retinal, o que condiz com a teoria óptica que descreve a miopia. Para corrigir essa anomalia, uma lente divergente (bicôncava) de gelatina foi adicionada ao sistema. Com a lente corretiva em posição, os feixes de luz foram redirecionados, e a convergência ocorreu exatamente sobre a retina, demonstrando a eficácia da correção. Esse fenômeno pode ser visualizado na Figura 32.

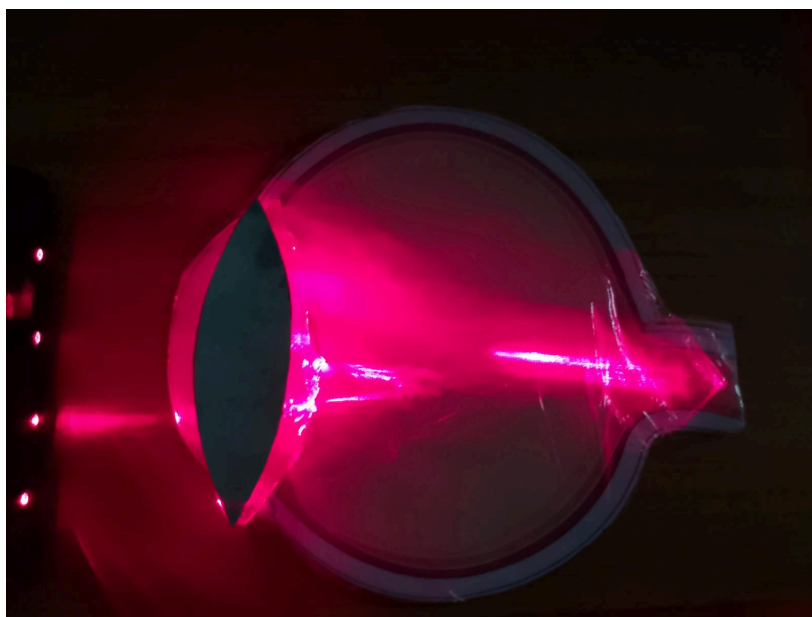
Figura 32: Correção da miopia com lente divergente



Fonte: Autoria própria

No caso da hipermetropia, o olho foi ajustado para simular um encurtamento do globo ocular, reduzindo a distância entre a lente e a retina. A lente de gelatina biconvexa foi utilizada novamente, e os feixes de laser foram direcionados ao olho. Observou-se que a luz convergiu após a retina, simulando o defeito visual característico da hipermetropia, como na Figura 33.

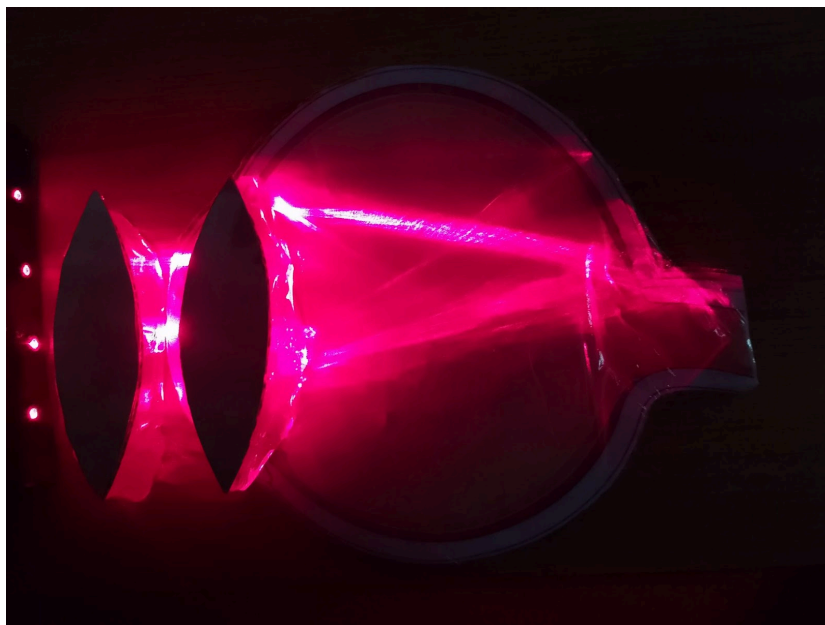
Figura 33: Incidência de feixes de luz sobre a lente de gelatina no modelo do olho com hipermetropia



Fonte: Autoria própria

Para corrigir essa condição, outra lente convergente (biconvexa) de gelatina foi adicionada ao sistema. Com a lente corretiva em posição, os feixes de luz foram ajustados, e a imagem foi focalizada corretamente na retina, como na Figura 34.

Figura 34: Correção da hipermetropia com lente convergente



Fonte: Autoria própria

Cada etapa do experimento foi realizada com atenção e cuidado, para garantir a precisão dos resultados. A trajetória da luz foi cuidadosamente observada e registrada, permitindo a análise detalhada dos fenômenos ópticos envolvidos. Esses testes não apenas ilustraram as anomalias visuais de forma prática, mas também demonstraram a eficácia das lentes de gelatina na correção desses defeitos, validando o uso do aparato como ferramenta didática para o ensino de óptica geométrica.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho demonstrou a viabilidade da utilização de materiais de baixo custo, como gelatina e outros materiais, para a construção de um aparato experimental destinado ao estudo de óptica geométrica e anomalias visuais.

Por meio da confecção de lentes de gelatina biconvexa e bicôncava, foi possível simular e corrigir defeitos visuais como miopia e hipermetropia, comprovando que os fenômenos ópticos observados estão em consonância com as teorias descritas na literatura. A convergência e divergência dos feixes de luz, bem como a correção das anomalias, foram visualizadas de forma clara e didática, reforçando o potencial do experimento como ferramenta educacional.

Além disso, o trabalho destacou a importância de práticas experimentais acessíveis para o ensino de física, especialmente em contextos onde os recursos tradicionais são limitados. A simplicidade da montagem e a utilização de materiais cotidianos tornam o experimento replicável em diferentes ambientes educacionais, promovendo a popularização da ciência e o engajamento dos estudantes.

No entanto, algumas limitações foram identificadas durante a execução do experimento. A sensibilidade da gelatina às condições ambientais, como temperatura e umidade, pode afetar a consistência e a qualidade óptica das lentes. Além disso, a precisão na montagem das estruturas de papelão e no posicionamento das lentes mostrou-se crucial para a obtenção de resultados confiáveis, o que pode representar um desafio em situações com recursos limitados.

Para futuros estudos, sugere-se a exploração de materiais alternativos, como resinas transparentes ou acrílicos, que possam oferecer maior durabilidade e precisão. Como propostas de seguimento, recomenda-se a aplicação do experimento em salas de aula, acompanhada de uma avaliação de seu impacto no aprendizado dos estudantes.

Além disso, seria interessante investigar a utilização de outras configurações ópticas, como lentes cilíndricas, para a simulação de astigmatismo, ou a combinação de múltiplas lentes para o estudo de sistemas ópticos mais complexos. Por fim, a integração de tecnologias digitais, como softwares de simulação e análise de trajetórias de luz, poderia enriquecer o experimento, proporcionando uma abordagem mais abrangente e interdisciplinar.

Em síntese, este trabalho não apenas validou o uso de materiais de baixo custo para o ensino de óptica geométrica, mas também abriu caminho para novas investigações e aplicações práticas, contribuindo para o desenvolvimento de metodologias inovadoras no ensino de física.

REFERÊNCIAS

BONJORNO, José Roberto et al. **Física 2: termologia, óptica e ondulatória**. 2ª ed. - São Paulo: FTD, 2013.

BRASIL. Constituição de 1988. Constituição da República Federativa do Brasil. In: **Diário Oficial da União**, 1988. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/consti/1988/constituicao-1988-5-outubro-1988-322142-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 03/08/2024.

BRASIL. Diretoria de Estatísticas Educacionais (DEED). INEP. **Panorama da educação : destaques do Education at a Glance 2022** [recurso eletrônico]. – Brasília, DF: Inep, 2022. Disponível em: https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/estatisticas_e_indicadores/panorama_da_educacao_2022.pdf. Acesso em: 03/08/2024.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). **Notas sobre o Brasil no Pisa 2022**. Brasília, DF: INEP, 2023

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Censo da Educação Básica 2020: notas estatísticas**. Brasília, DF: INEP, 2021.

BRASIL. **LDB - Lei nº 9394/96, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília: MEC, 1996.

BRASIL. Lei nº 13.415, de 16 de fevereiro de 2017. Altera as Leis nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional; e institui a Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 de fevereiro de 2017b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13415.htm. Acesso em: 09/09/2024.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/#medio>. Acesso em: 09/09/2024.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 13.415, de 16 de fevereiro de 2017**. Brasília, DF, 2017a. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/Lei/L13415.htm. Acesso em: 03/08/2024.

CAETANO, Daniel et al. **Práticas de Óptica e Introdução à Física Moderna: Coleta e Análise de Dados Experimentais**, 2014.

COSTA, Luciano Gonçalves; BARROS, Marcelo Alves. O ensino de Física no Brasil: problemas e desafios. **Matemática, Química, Física**, 2015.

CUNHA, Emerson Gonçalves; SANTOS, Josué Leite dos. Pedagogia e Pedagogos: uma análise curricular sobre a formação. **Ensino em Perspectivas**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 1–14, 2021. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/ensinoemperspectivas/article/view/5016>. Acesso em: 09/09/2024.

DA SILVA, Patrick Oliveira et al. OS DESAFIOS NO ENSINO E APRENDIZAGEM DA FÍSICA NO ENSINO MÉDIO: Imagem: StockPhotos. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, v. 9, n. 2, p. 829-834, 2018.

DARROZ, Luiz Marcelo. Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. **Revista Espaço Pedagógico**, v. 25, n. 2, p. 576-580, 2018.

DARROZ, Luiz Marcelo; ROSA, CW da; GHIGGI, Caroline Maria. Método tradicional x aprendizagem significativa: investigação na ação dos professores de física. **Aprendizagem Significativa em Revista**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 70-85, 2015.

DAVID, Ellen Adriana et al. Aspectos da evolução da educação brasileira. **Revista Uniaraguaia**, v. 5, n. 5, p. 184-200, 2014.

DE PAIVA, Rodrigo. Reflexão da luz. **Revista de Ciência Elementar**, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. V. 2, n. 1, 2014.

DIOGO, Rodrigo Claudino; GOBARA, Shirley Takeco. Sociedade, educação e ensino de física no Brasil: do Brasil Colônia ao fim da Era Vargas. **Simpósio Nacional de Ensino de Física**, v. 17, 2007.

FERREIRA, Fernando *et al.*. Uma proposta interdisciplinar acerca da formação da imagem no olho humano. **Scientia cum Industria**. Programa de Pós-Graduação em

Ensino de Ciências e Matemática Universidade de Caxias do Sul, p.5, 2023.

FREIRE, Gabriel Gonçalves; ROCHA, Zenaide de Fatima Dante Correia; GUERRINI, Daniel. Produtos educacionais do Mestrado Profissional em Ensino da UTFPR – Londrina: estudo preliminar das contribuições. **Revista Polyphonía**, Goiânia, v. 28, n. 2, 2018.. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/sv/article/view/52761>. Acesso em: 15/09/ 2024.

FREITAS, Rony. Produtos educacionais na área de ensino da capes: o que há além da forma?. **Educação Profissional e Tecnológica em Revista**, v. 5, n. 2, p. 5-20, 2021.

GARRITY, James. Estrutura e função dos olhos. **Manual MSD: versão saúde para a família**. Mayo Clinic College of Medicine and Science, 2022. Disponível em: <https://www.msmanuals.com/pt-br/casa/distúrbios-oftalmológicos/biologia-dos-olhos/estrutura-e-função-dos-olhos>. Acesso em 23/09/2024.

GIANI, Kellen. A experimentação no ensino de ciências: possibilidades e limites na busca de uma aprendizagem significativa. 190 f. **Dissertação (mestrado)** - Universidade de Brasília, 2010. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/9052>. Acesso em: 10/09/2024.

GIL, Francisco; CATARINO, Lúcia. Visões da Luz. **Imprensa da Universidade de Coimbra**. Coimbra University Press, 2020.

GIRCOREANO, José Paulo; PACCA, Jesuína L.A. O ensino da óptica na perspectiva de compreender a luz e a visão. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 18, n. 1, p. 26-40, 2001.

GODOI, Guilherme Henrique de. O Ensino de Física na perspectiva da Base Nacional Comum Curricular. **Monografia (especialização em Ensino de Ciências e Matemática)** - Morrinhos, GO: IF Goiano, 43 p., 2018.

GONÇALVES, Maria Helena; ARAUJO, Luis E. E. de; RODRIGUES, Varlei. Lentes de gelatina. Pesquisa em Ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, p.5, 2020.

HELERBROCK, Rafael. "Reflexão da luz"; **Brasil Escola**. Disponível em:

<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/reflexao-luz.htm>. Acesso em: 13/09/2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD)**, 2023.

JÚNIOR, João Fernando Costa et al. Um olhar pedagógico sobre a Aprendizagem Significativa de David Ausubel. **Rebena-Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem**, v. 5, p. 51-68, 2023. Disponível em:

<https://rebena.emnuvens.com.br/revista/article/view/70>. Acesso em: 10/09/2024.

KRAJEWSKI, Larissa Lima. Confeção e uso de aplicativo educacional no ensino de lentes esféricas. **Dissertação (Mestrado em Ensino de Física)** - Fundação Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, 157 p., 2023. Disponível em: <https://ri.unir.br/jspui/handle/123456789/5068>. Acesso em: 09/09/2024.

MAIA, Phablo Henrique Duarte. **A enigmática luz: história, conceitos e ideias - uma luz sobre a luz**. 2018. 122 f. TCC (Graduação) - Curso de Física, Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, 2018.

MARMENTINI, Alcides Antônio; COSTA, Ricardo de Sousa. Método para o ensino significativo de óptica por analogia à pedagogia histórico-crítica. **Scientia Naturalis**, v. 4, n. 1, 2022.

MARQUES, Gil da Costa; MELLO, Luiz Adolfo de. **Óptica-curso de extensão** - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2011. Disponível em: <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/11378/2/OpticaCursoExtensao.pdf>. Acesso em: 15/09/2024.

MONTEIRO JUNIOR, Adalberto José.; PALOMINO, Paula Toledo; ISOTANI, Seiji. O uso de metodologias ativas no ensino a distância e os ambientes virtuais de aprendizagem – um estudo de caso. **Anais Dos Trabalhos de Conclusão de Curso**. Pós-Graduação em Computação Aplicada à Educação Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, p. 1-21, 2020.

MORAES, José Uibson Pereira; JUNIOR, Romualdo S. Silva. Experimentos didáticos no ensino de física com foco na aprendizagem significativa. **Lat. Am. J. Phys. Educ.** Vol, v. 9, n. 2, p. 2504-1, 2015.

MOREIRA, Marco Antônio. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos avançados**, v. 32, n. 94, p. 73-80, 2018.

PRAVALER. **Luz: fontes, propagação e principais fenômenos ópticos**, 2024.

Disponível em:

<https://www.pravaler.com.br/blog/dicas-de-estudo/luz-fontes-propagacao-e-principais-fenomenos-opticos>. Acesso em: 18/07/2024.

RAMALHO, Francisco Júnior; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. **Os fundamentos da física 2 [livro do professor]: termologia, óptica, ondas**. Vol. 2 - 9ª Ed.. São Paulo: Moderna, 2010.

ROCHA, Sidney. Conceitos básicos da óptica geométrica. **Introdução à óptica Geométrica, Física**. [S.l.], 2019. Disponível em:

<https://www.ccrei.com.br/web3gestor/arquivos/237/%20INTRODU%C3%87%C3%83O%20A%20OPTICA%20GEOMETRICA-2019.pdf>. Acesso em: 12/09/2024.

SALOMÃO, Francisco Carlos Carneiro et al. Metodologias ativas para ensino de óptica geométrica. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 4, p. 853-865, 2023.

SILVA, José Nonailton Alves et al. A experimentação como ferramenta motivacional no ensino de física. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 102473-102485, 2020.

TEIXEIRA, Mariane Mendes. "O que é reflexão da luz?". **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-reflexao-luz.htm>. Acesso em: 13/09/2024.

XAVIER, Anita da Conceição Duarte. Introdução a Óptica: uso da tecnologia contribuindo para o ensino de Física. 2020. **Dissertação (Mestrado em Ensino de Física)** – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2020.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física IV - Óptica e Física Moderna**. Vol. 4 - 12ª Ed. São Paulo: Editora Addison Wesley, 2009.