

**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



## **A TOXOPLASMOSE COMO ELEMENTO MOTIVADOR PARA O ESTUDO DA ÓPTICA E O SENTIDO DA VISÃO**

Jaqueline Teresinha Krebs

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal de Santa Catarina – Centro de Ciências, Tecnologias e Saúde no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora:  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Márcia Martins Szortyka

Araranguá  
Março de 2019

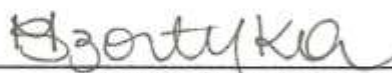
A TOXOPLASMOSE COMO ELEMENTO MOTIVADOR PARA O ESTUDO DA  
ÓPTICA E O SENTIDO DA VISÃO

Jaqueline Teresinha Krebs

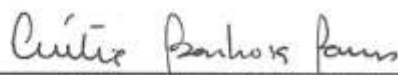
Orientador:  
Profa. Dra. Marcia Martins Szortyka

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal de Santa Catarina, Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Aprovada por:



Profa. Dra. Marcia Szortyka



Profa. Dra. Cintia Barbosa Passos



Prof. Dr. Marcelo Zannin da Rosa



Prof. Dr. Everton Fabian Jasinski

Araranguá, SC  
Março de 2019

## FICHA CATALOGRÁFICA

KREBS, JAQUELINE TERESINHA

A TOXOPLASMOSE COMO ELEMENTO MOTIVADOR PARA O  
ESTUDO DA ÓPTICA E O SENTIDO DA VISÃO / JAQUELINE  
TERESINHA KREBS ; orientadora, Márcia Martins Szortyka, 2019.  
196 p.

Dissertação (mestrado profissional) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus  
Araranguá, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Araranguá, 2019.

Inclui referências.

1. Ensino de Física. 2. Física. 3. Óptica da Visão.  
4. Interdisciplinaridade. 5. Toxoplasmose. I. Szortyka, Márcia Martins . II. Universidade  
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. III. Título.

## **AGRADECIMENTOS**

À orientadora Prof<sup>a</sup>. Doutora Márcia Martins Szortyka, pela competência e respeito com que conduziu esse processo. Agradeço também, pelas suas contribuições enriquecedoras, pela confiança transmitida e, sobretudo, paciência em todos os momentos. Igualmente agradeço à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo financiamento concedido através de bolsas, a todos os mestrandos do país.

## RESUMO

### A TOXOPLASMOSE COMO ELEMENTO MOTIVADOR PARA O ESTUDO DA ÓPTICA E O SENTIDO DA VISÃO

Jaqueline Teresinha Krebs

Orientadora:  
Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Márcia Martins Szortyka

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal de Santa Catarina - Centro de Ciências, Tecnologias e Saúde no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Este trabalho apresenta a aplicação de uma Sequência Didática e o planejamento de um *Material de Apoio ao Professor de Física para o Ensino Médio*, enfatizando a interdisciplinaridade com a disciplina de Biologia. Tem como tema central a “Óptica da visão” privilegiando conteúdos como leis da refração e lentes esféricas. O desenvolvimento da sequência didática aconteceu numa escola particular da cidade de Erechim/RS. O objetivo foi analisar a viabilidade de aplicação da metodologia, seguindo o conteúdo programático, priorizando a consolidação da interdisciplinaridade e ampliando a possibilidade de o aluno ingressar no ENEM ou em qualquer outro exame de vestibular. O aprofundamento do conteúdo em sala de aula aconteceu através de experimentos, resolução de questões de vestibulares, vídeos e trabalhos em grupo. A explicitação de aspectos presentes nessa atividade, mostra algumas possibilidades metodológicas para o desenvolvimento de uma prática pedagógica interdisciplinar. Sendo assim, a ideia central dessa pesquisa é prover o professor de um material de apoio de qualidade, e que ele consiga adaptar conforme o cenário da sua rotina escolar.

Palavras-chave: Interdisciplinaridade, Física, Óptica da Visão, Toxoplasmose.

Araranguá  
Março de 2019

## ABSTRACT

### THE TOXOPLASMOSE AS A TRIGGERING ELEMENT FOR THE STUDY OF OPTICS AND SENSE OF SIGHT

Jaqueline Teresinha Krebs

Supervisor:  
Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Márcia Martins Szortyka

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal de Santa Catarina no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

The current paper presents the appliance of a Teaching Sequence and the planning of the High School Physics Teacher Support Supply, emphasizing the interdisciplinary with the Biology field. Having as central issue the "Optical of Vision" favoring contents such as the refraction laws and the spherical lenses. The teaching sequence development took place in a private school from the city of Erechim/RS. The aim was to analyze the methodology application viability, following the syllabus contents, prioritizing the interdisciplinary consolidation and expanding the possibility of the students applying to ENEM or any other CEE (College Entrance Examination) test. The further development of the contents in the classroom occurred throughout the resolution of CEE questions, videos and group projects. The explanation of the aspects stated in this activity show some methodologic possibilities for the development of an interdisciplinary pedagogic practice. Therefore, the core idea of the research is to supply the teacher of a quality support material and that he or she be capable of adapting it according to the scenery of their teaching routine.

KeyWords: Interdisciplinary, Physics, Optical of vision. Toxoplasmosse.

Araranguá  
Março 2019

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 A INTERDISCIPLINARIDADE NO CENÁRIO DAS ÁREAS DO CONHECIMENTO....	3
3 VIGOTSKY NA PEDAGOGIA CONTEMPORÂNEA.....	6
4 O ENSINO DA ÓPTICA A FIM DE FACILITAR A COMPREENSÃO DA TOXOPLASMOSE OCULAR.....	9
5 FUNDAMENTOS PARA O ESTUDO DA ÓPTICA GEOMÉTRICA .....	13
5.1 A natureza da luz .....	13
5.2 Ondas, frentes de onda e raios .....	15
5.3 Reflexão e refração .....	17
5.4 Reflexão interna total .....	19
5.5 Lentes refratoras esféricas .....	20
5.5.1 A equação da lente.....	21
5.6 O olho humano .....	23
5.7 Ametropias da visão .....	24
6. A TOXOPLASMOSE .....	28
6.1 Ciclo biológico .....	28
6.2 A transmissão .....	30
6.3 Os grupos de risco .....	31
6.4 Os sintomas .....	31
6.5 O diagnóstico .....	32
6.6 O tratamento .....	32
6.7 As complicações .....	33
6.8 Como evitar .....	37
6.9 O caso de Erechim .....	37

7 METODOLOGIA .....	40
7.1 Aula 01 .....	42
7.2 Aula 02 .....	44
7.3 Aula 03 .....	466
7.4 Aula 04 .....	48
7.5 Aula 05 .....	49
7.6 Aula 06 .....	51
7.7 Aula 07 .....	52
7.8 Aula 08 .....	55
7.9 Aula 09 .....	57
7.10 Aula 10 .....	58
7.11 Aula 11, 12 e 13 .....	59
7.12 Relatório de pesquisa .....	60
7.13 Seminário .....	61
7.14 Atividades práticas realizadas pelos alunos .....	62
7.15 Relatório do experimento .....	70
8 RESULTADOS .....	71
9 REFERÊNCIAS .....	75
Apêndice A     MATERIAL DE APOIO AO PROFESSOR DE FÍSICA.....	01
Apêndice B     BLOCO DE QUESTÕES.....	89



## 1 INTRODUÇÃO

Esta dissertação descreve uma proposta de Sequência Didática de ensino no nível de (2º) segundo ano do Ensino Médio, aplicada para 25 alunos numa escola particular do município de Erechim/RS, no segundo semestre de 2017. A escola atende alunos da educação infantil e do ensino médio em turno integral, manhã e tarde, além do técnico em enfermagem no período noturno.

De acordo com a ementa do segundo ano, os temas trabalhados primeiramente são refração da luz e o estudo das lentes, a unidade é encerrada com o estudo do olho humano e de doenças oculares. As atividades foram desenvolvidas através de etapas encadeadas, com o objetivo de ajudar o aluno a dominar melhor a compreensão do assunto *Óptica da Visão* propiciando assim, o aprofundamento necessário para a base interdisciplinar do tema. A ênfase é na disciplina de Física, que exerce o papel central e promove a justaposição da disciplina de Biologia.

A busca de informações em outras áreas do conhecimento enriquece a aula e desperta o interesse do aluno, que percebe nas disciplinas desprovidas de relação aparente entre elas, um novo contexto. Objetiva-se dessa forma, promover futuros momentos interdisciplinares como uma forma de relacionar, articular e integrar os conhecimentos disciplinares no processo de ensino e de aprendizagem, proporcionando uma Educação Científica na qual o educando adquira competências para interpretar a complexidade do mundo atual.

A apresentação da sequência didática para os alunos visa expor, de forma detalhada, as tarefas de expressão oral e de verificação da aprendizagem que serão realizadas. A importância desse início está na definição das atividades que serão executadas e as formas de avaliação. Posteriormente as aulas foram desenvolvidas em 26 períodos com duração de 50 minutos cada um.

A aplicação desta proposta pode se colocar como uma alternativa, com potencial de proporcionar a superação da excessiva especialização dos conteúdos, buscando as percepções e entendimento dos alunos sobre a natureza geral de uma questão, abrindo espaço para a interpretação e tornando mais eficiente o processo de aprendizagem (LAVAQUI; BATISTA, 2007).

Como produto final, a produção de um material de apoio ao professor pretende compor uma proposta estimulante, evitando grandes memorizações, que seja prático e conciso facilitando a aplicação das aulas e sustentando as ações do professor.

## 2 A INTERDISCIPLINARIDADE NO CENÁRIO DAS ÁREAS DO CONHECIMENTO

O ensino convive com a organização curricular fragmentada e desarticulada. Isso é percebido na preocupação do professor em estabelecer conexão entre a teoria e a prática, além de tentativas de adequação de seu trabalho à realidade social e cultural.

Nesse sentido, promover o conhecimento curricular contextualizado pela realidade local, social e individual da escola e do seu alunado, é uma das ações propostas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

A Base Nacional Comum Curricular é um documento de referência que orienta o que deve ser ensinado, através de um currículo comum a todos os estudantes da Educação Básica, além disso estabelece quais competências e habilidades devem ser trabalhadas por áreas de conhecimento.

A divisão em áreas do conhecimento Ciências Humanas, Ciências da Natureza, Linguagens e Matemática é um caminho para viabilizar o *trabalho interdisciplinar*, motivando o aluno a associar a aula com a realidade. Nesse formato, o professor pode explorar mais o interesse dos educandos, proporcionando uma aprendizagem mais interativa da Física.

Em 20 de dezembro de 2017, as etapas de Educação Infantil e de Ensino Fundamental da Base Nacional Comum Curricular, foram homologadas pelo ministro da Educação Mendonça Filho<sup>1</sup>. A última versão da BNCC para o ensino médio, foi entregue pelo Ministério da Educação (MEC) ao Conselho Nacional de Educação (CNE) na data de 03 de abril de 2018. Esta é a segunda etapa na definição das diretrizes do que será obrigatoriamente ensinado nas escolas de todo Brasil<sup>2</sup>.

Cesar Callegari, Membro do CNE e presidente da Comissão de Elaboração da BNCC, destaca que trabalhar a base por áreas de conhecimento pode ser positivo para induzir que os

---

<sup>1</sup> SEMIS, LAÍS. Base: agora é lei. Nova Escola, 2017. Disponível em: <<https://novaescola.org.br/conteudo/9419/base-agora-e-lei>> . Acesso em 20 jul. 2018.

<sup>2</sup> MARQUES, MARÍLIA. Base Nacional Curricular (BNCC) do ensino médio é entregue pelo MEC: veja o documento. G1 Educação, 2018. <<https://g1.globo.com/educacao/noticia/base-nacional-curricular-do-ensino-medio-e-entregue-pelo-mec-veja-o-documento.ghtml>>. Acesso em 20 jul. 2018.

conteúdos sejam trabalhados de forma mais interdisciplinar. “Trabalhar por áreas representa uma possibilidade de produzir uma educação mais significativa para os estudantes”<sup>3</sup>.

Dessa forma, as competências a serem desenvolvidas na área de Ciências da Natureza, despertam a essencialidade da Física, sua contextualização e globalização dos conteúdos, “[...] uma prática pedagógica que reúne tais características é justamente a Interdisciplinaridade.” (SILVA, 2004, p. 01). Com isto, o Ensino/Aprendizagem da Física deve ser estruturado propondo uma integração das diferentes áreas do conhecimento, levando a sua unificação, cooperação e troca de informações.

O ensino baseado na Interdisciplinaridade proporciona uma aprendizagem bem estruturada e rica, pois os conceitos estão organizados em torno de unidades mais globais, de estruturas conceituais e metodológicas compartilhadas por várias disciplinas, cabendo ao aluno a realização de sínteses sobre os temas estudados. SILVA (2004, p. 03)

Nesse contexto, certas disciplinas juntam-se parcialmente, criando relações complementares entre seus respectivos domínios de estudo. Isso sugere uma prática orientada, com propostas de ações educativas direcionadas à sua implementação no meio escolar. Essa associação entre disciplinas, em que a cooperação entre as mesmas provoca intercâmbios reais, exige reciprocidade e, conseqüentemente, enriquecimentos mútuos (LAVAQUI e BATISTA, 2007).

Dessa forma, a interdisciplinaridade escolar necessita estar fundamentada em pressupostos que indiquem uma orientação epistemológica ao processo, de forma a permitir um delineamento quanto aos objetivos educacionais e outros aspectos formativos que se pretende que os educandos venham a desenvolver. (LAVAQUI e BATISTA, 2007, p. 408)

De acordo com os autores, a interdisciplinaridade reforça a necessidade de uma integração que contemple os aspectos relacionais presentes no conhecimento escolar, mas não desconsidera a importância das análises disciplinares individuais.

---

<sup>3</sup> PALHARES, ISABELA; KRUSE TULIO. Novo currículo do ensino médio será dividido em áreas, e não disciplinas. Estadão, 2017. Disponível em: < <https://educacao.estadao.com.br/noticias/geral,novo-curriculo-do-ensino-medio-sera-dividido-em-areas-e-nao-disciplinas,70001961759>>. Acesso em 20 jul. 2018.

No cenário educacional, o trabalho por áreas de conhecimento é uma das propostas da BNCC para contemplar a interdisciplinaridade. Quanto ao contexto da Física, ganha-se mais sentido trabalhar com competências de outras áreas e carregadas de outros conhecimentos, do que trabalhar de forma isolada, pelo fato de estar associada à busca de uma aprendizagem mais significativa.

### 3 VIGOTSKY NA PEDAGOGIA CONTEMPORÂNEA

Três temas sobrepostos unificam a teoria de Vygotsky: a importância da cultura, o papel da linguagem e a relação entre educador e educando (LEFRANÇOIS, 2008).

O tema singular da cultura aponta o que temos de aprender e que competências são necessárias para nos adaptarmos ao mundo. A importância da cultura na teoria de Vygotsky é realçada pela distinção que ele faz entre *funções mentais elementares* e *funções mentais superiores*. As funções mentais elementares são nossas tendências e comportamentos naturais, não aprendidos e durante o desenvolvimento, e por causa da interação com a cultura, as funções mentais elementares se transformam em funções mentais superiores. Estas incluem todas as atividades que consideramos *pensamento*, como a resolução de problemas e a imaginação (LEFRANÇOIS, 2008).

A teoria de Vygotsky destaca as forças que estão fora do educando, ou seja, a força da cultura e da interação social, também se preocupa com a construção do significado; como resultado, sua teoria é frequentemente citada como exemplo do construtivismo, pois parte de uma perspectiva sociocultural, ligando o desenvolvimento cognitivo à cultura.

No indivíduo, as relações sociais se convertem em funções psicológicas por meio da mediação, a qual é, para Vygotsky, a aquisição de conhecimentos realizada por meio de um elo intermediário entre o ser humano e o ambiente. Dessa forma, há dois tipos de elementos mediadores: os instrumentos e os signos - representações mentais que substituem objetos do mundo real. Segundo Vygotsky, o desenvolvimento dessas representações se dá sobretudo pelas interações, que levam ao aprendizado (MONROE, 2018).

“A interação social é, portanto, na perspectiva vygotskyana, o veículo fundamental para a transmissão dinâmica (de inter para intrapessoal) do conhecimento social, histórica e culturalmente construído” (MOREIRA, 2011, p.110).

Segundo MOREIRA (2011, p.108), “É pela mediação que se dá a internalização (reconstrução interna de uma operação externa) de atividades e comportamentos sócio-históricos e culturais e isso é típico do domínio humano” (apud GARTON, 1992, p.89). A mediação inclui o uso de instrumentos e signos, que se constroem de acordo com o contexto

histórico social; por meio da apropriação (internalização) destas construções, via interação social, o sujeito se desenvolve cognitivamente.

Para Vygotski, o pensamento se torna possível pela linguagem, que é o mais importante sistema de signos para o desenvolvimento da criança. O sistema simbólico progride, por força da interação social, primeiramente pelo estágio da *fala social*, depois passa para a *fala egocêntrica* até o estágio final, *a fala interior* (LEFRANÇOIS, 2008).

Na relação entre educador e educando, conforme a estrutura teórica de Vygotsky, o professor aprende com o aluno e sobre ele, da mesma forma que o aluno aprende por causa das ações do professor. Essa relação é melhor resumida pela noção de Vygotsky da **zona de desenvolvimento proximal**.

De acordo com Souza e Rosso (2011, apud VYGOTSKY, 1989, p.97) A zona de desenvolvimento proximal é a distância entre o nível de desenvolvimento real, constituído por funções já consolidadas pelo sujeito, que lhe permitem realizar tarefas com autonomia, e o nível de desenvolvimento potencial, caracterizado pelas funções que, segundo Vygotsky, estariam em estágio embrionário e não amadurecidas.

A zona de desenvolvimento proximal representa o potencial do aluno para o desenvolvimento, definido por aquilo que o aluno não consegue inicialmente realizar sozinho, mas que, com a ajuda do professor ou de colegas, é capaz de realizar por si mesmo.

A teoria de Vygotsky sugere que os professores precisam fazer mais do que simplesmente arrumar o ambiente de modo que os alunos possam descobrir coisas sozinhos. Os alunos devem ser guiados por explicações, demonstrações e trabalhos com outros colegas. Além disso, os alunos devem ser estimulados a usar a linguagem para organizar seus pensamentos e a falar sobre o que estão tentando realizar. O diálogo e a discussão são caminhos importantes para a aprendizagem.<sup>4</sup>

Dessa forma, o professor é figura essencial do saber por representar um elo intermediário entre o aluno e o conhecimento disponível no ambiente. O professor como planejador, observador, promotor e desafiador do desenvolvimento humano, fundamenta as estruturas para que os alunos consigam internalizar os instrumentos e os signos socialmente construídos (BOIKO e ZAMBERLAN, 2001). Por isso já nos primeiros estágios de

---

<sup>4</sup> EVE. A Teoria Construtivista de Vygotsky. Blog, 2011. Disponível em: <<http://educamoderno.blogspot.com/2011/06/teoria-de-vygotsky.html>>. Acesso em 20 jul. 2018.

aprendizagem, cabe destacar a importância da orientação e do suporte através da interação entre educador e aprendiz.

Nessa perspectiva, o referencial sócio-construtivista de Vygotsky, tem direta repercussão para o desenvolvimento de uma prática pedagógica contemporânea, pois as concepções de ensino-aprendizagem do professor e as relações interpessoais concebidas e estabelecidas nessas práticas, tem um papel fundamental na promoção do desenvolvimento dos indivíduos. Portanto, a aprendizagem é um resultado adaptativo sob efeito da interação social, da linguagem e da cultura na origem e na evolução do psiquismo humano. Neste sentido, o papel do professor é caracterizado como o de mediador entre os significados pessoais dos seus alunos e os culturalmente estabelecidos, promovendo o aprendizado e o desenvolvimento dos mesmos.



#### **4 O ENSINO DA ÓPTICA A FIM DE FACILITAR A COMPREENSÃO DA TOXOPLASMOSE OCULAR**

O novo Ensino Médio começa a chegar para escolas brasileiras em 2019, promovendo a flexibilização do currículo que será dividido duas importantes partes. A primeira delas será apenas com matérias obrigatórias e consideradas básicas para qualquer tipo de formação e profissão. Depois, a segunda parte é dedicada para as matérias optativas, em que o aluno escolhe uma área de afinidade.

Uma das alterações mais profundas da reforma é a criação de roteiros flexíveis ou os chamados itinerários formativos. Estes deverão estar estruturados seguindo quatro eixos: investigação científica, processos criativos, mediação e intervenção sociocultural, e empreendedorismo (MACEDO, 2018).

Conseqüentemente o professor precisa ir se preparando para as novas mudanças que irão afetar o ensino médio. Os critérios básicos de investigação científica passam, então, a referir-se ao que esse jovem deve saber e saber fazer, às competências em Física que deve ter para lidar com o seu dia-a-dia, suas aspirações e seu trabalho. De forma bastante resumida, poderíamos dizer, que a principal consequência das mudanças propostas é que teremos que passar a nos preocupar menos com a lista dos tópicos a serem ensinados, para passar a concentrar nossa atenção nas competências em Física que devem ser promovidas (KAWAMURA e HOSOUME, 2003).

De acordo com essas mudanças, competências e habilidades somente podem ser desenvolvidas em torno de assuntos e problemas concretos, que se referem a conhecimentos e temas de estudo. Logo, não será possível tratar de toda a Física no curto intervalo de tempo do Ensino Médio.

Por outro lado, há certos assuntos ou tópicos com maior potencial do que outros para os objetivos pretendidos, o que impõe escolhas criteriosas. Essas escolhas dependem, novamente, de cada realidade escolar, e os critérios para estabelecê-las devem levar em conta os *processos e fenômenos físicos de maior relevância para o contexto dos estudantes*, por essa razão a escolha do tema *Óptica*, que serviu de base para discutir a alta incidência de Toxoplasmose na região de Erechim.

Nessa dissertação destacam-se algumas atividades, desenvolvidas com a aplicação da Sequência Didática, que têm por objetivo oportunizar aos estudantes confrontarem o cenário atual da Toxoplasmose com suas ideias e expectativas, criando contextos agregados aos temas da *Óptica* para a construção dos conceitos científicos.

O enfoque mais tradicional, quando se estuda *Óptica* no curso de ensino médio, se restringe ao estudo de aspectos geométricos, baseados no conceito de raio de luz e na análise das características de alguns elementos específicos, como por exemplo, espelhos, lâminas de faces paralelas, prismas e lentes. Em geral os aspectos concernentes a ligação com o processo de visão, são desconsiderados. Quando muito, tratam de aparelhos em que as lentes e espelhos são usados e dos problemas da visão, mas tudo de forma segmentada, sem apelo efetivo sobre o processo de formação de imagem no olho. O objetivo da aprendizagem acaba sendo a medida de ângulos, a memorização e aplicação de fórmulas e princípios da trigonometria. Na verdade, o que se apresenta é um conjunto de regras; estuda-se as definições de refração, passa-se, então, para lentes (convergentes, divergentes) e assim por diante, até chegar nos instrumentos de projeção e observação (BATISTA e KNOBLAUCH, 2013).

O estudo do olho, nesse cenário, passa quase despercebido, com respeito as suas características e propriedades intrínsecas. Em função desse conjunto de concepções, o ensino desvinculado dos aspectos físicos ligados à natureza do processo da visão, acaba não só tornando o aprendizado mais difícil como também, provocando nos estudantes uma apreensão incorreta dos conceitos cientificamente aceitos.

Como esperar que o aluno consiga conceber com facilidade a ideia de uma imagem formada atrás da retina? Afinal, é essa a afirmação que os livros fazem. Analisando os problemas normalmente propostos no desenvolvimento dos temas da *óptica da visão*, podemos levantar algumas questões ou aspectos significativos, a serem problematizados e analisados com vistas à construção de um conhecimento significativo (GIRCOREANO e PACCA, 2001).

O processo da visão é relevante e deve ser levado em conta, pois é a partir do que vê, que o aluno vai interpretar os fenômenos. Não devemos esquecer que o olho é um sistema refringente e sensor; a imagem é resultado da sensibilização desse sensor. Devemos analisar concomitantemente a luz e o processo de visão.

Um estudo da fisiologia do olho humano auxilia, por exemplo, na compreensão dos sintomas da diminuição da visão, causada pelo protozoário *Toxoplasma gondii*. Pois, os sintomas da toxoplasmose ocular são bem parecidos com os de uma gripe forte. Olho avermelhado, sensibilidade à luz e sensação de embaçamento. Um sinal que chama atenção e facilita o diagnóstico é a existência de pontos pretos flutuantes que atrapalham a visão. Quando o parasita se aloja na retina, provoca lesões recorrentes e, inclusive, pode danificar a visão permanentemente.

O emprego de atividades simples, envolvendo várias metodologias e ambientes diferenciados de aprendizagem, proporcionam ao aluno o entendimento sobre os defeitos de focagem do olho, causados pela discrepância entre o comprimento axial do olho e o poder refrativo dos meios dióptricos. Assim sendo, identifica-se três principais tipos de ametropias: a hipermetropia, miopia e astigmatismo. Já a presbiopia é considerada uma desordem refrativas da vida adulta, uma vez que a acomodação do cristalino diminui progressivamente com a idade (CANHETO e PEREIRA, 2012).

Para ser possível uma leitura dos problemas que afetam a visão, precisamos entender os conceitos da Ótica, esta pode fornecer elementos numa conceituação ampla e incorporar uma discussão sobre Cirurgias Refrativas, cuja finalidade é o tratamento de ametropias – miopia, hipermetropia ou astigmatismo. Sendo a cirurgia refrativa uma das maiores revoluções da oftalmologia moderna, apresenta-se como sendo uma opção viável e permanente para as pessoas que precisem de correção visual para exercer as suas atividades diárias (CANHETO e PEREIRA, 2012).

É de conhecimento geral que Óptica é um dos temas com potencial para despertar interesse, pois muitos dos fenômenos em estudo fazem parte do cotidiano do aluno. Talvez, por uma dificuldade procedimental muitos temas da Física são abordados apenas de forma teórica nas escolas de nível médio. Mas, em tempos de mudança, é preciso encontrar opções novas, modificar hábitos, romper com rotinas, quase sempre sem a certeza nem a segurança das vantagens e desvantagens dos esforços desenvolvidos. A fim de promover um ensino mais voltado à formação para a cidadania, isto é, à reflexão crítica e aproximar o ensino escolar do ambiente em que as pessoas vivem, de forma, qualitativa, mas ainda assim com significado para os estudantes.

Um processo de construção coletiva. Assim, é o novo Ensino Médio, uma proposta ainda em aberto, que inclui a compreensão de toda a educação básica como um percurso sem rupturas, onde os valores, atitudes e competências possam ser continuamente promovidos, respeitadas as especificidades de cada etapa, e consolidando-os em níveis progressivos de profundidade e autonomia.

A capacidade de conhecer, compreender e discutir ciência coloca o indivíduo em uma situação consciente, procurando cobrir diferentes campos de fenômenos e diferentes formas de abordagem, privilegiando as características mais essenciais que dão consistência ao saber da Física e permitem um olhar investigativo sobre o mundo real, absolutamente científico e tecnológico.

Este material tem por objetivo ser uma abordagem alternativa para introduzir o estudo de fenômenos ligados à Óptica no Ensino Médio de forma a instigar os jovens a criarem expectativas positivas a respeito da Física, a refletirem sobre o papel da ciência. Consequentemente, uma Educação Científica de qualidade eleva o potencial humano, culminando num país tecnologicamente independente e socialmente equilibrado.

## 5 FUNDAMENTOS PARA O ESTUDO DA ÓPTICA GEOMÉTRICA

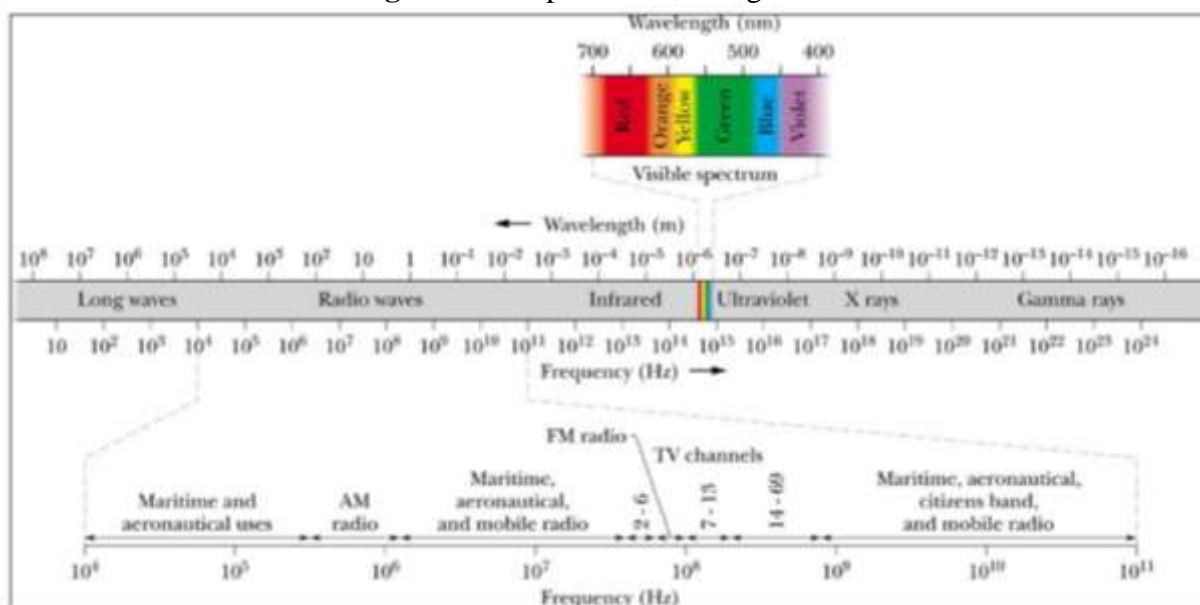
### 5.1 A natureza da luz

A grande contribuição de James Clerk Maxwell foi mostrar que a luz nada mais é que a propagação, no espaço, de campos elétricos e magnéticos, ou seja, é uma onda eletromagnética. Portanto, a óptica, é um ramo do eletromagnetismo (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016, p. 29).

Como confirmam Keller, Gettys e Skove (1999, p. 410), a propagação das ondas de luz é descrita pelas equações de Maxwell. A solução dessas equações determinará o campo elétrico e magnético e, conseqüentemente, a amplitude, a polarização e a fase da luz em cada ponto. Além da resolução das equações de Maxwell ser difícil, muitas vezes, as informações detalhadas que elas nos dão, não são necessárias. As informações de que, em geral necessitamos, podem ser obtidas por um método mais simples chamado *Óptica Geométrica*, idealizado antes de se saber que a luz é uma onda eletromagnética. Constatou-se, desde então, que esse método dá uma aproximação dos resultados das equações de Maxwell, quando o comprimento da onda luminosa é muito menor do que os objetos que ela interage.

Hoje conhecemos um largo espectro de ondas eletromagnéticas, como se pode conferir na Figura 1.

**Figura 1.** O espectro eletromagnético.



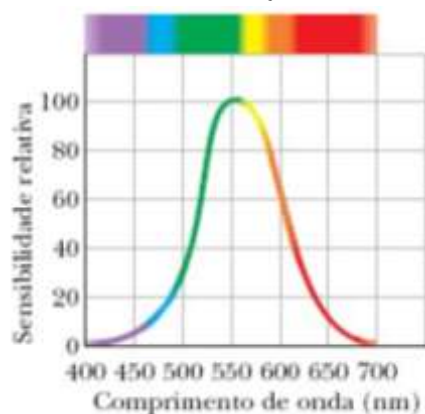
Fonte: HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016.

Todas as ondas eletromagnéticas, não importa onde elas se situem no espectro, se propagam no espaço livre (vácuo) à mesma velocidade  $c$ , com o valor de aproximadamente  $3 \times 10^8$  m/s.

A região visível do espectro é, naturalmente, o particular interesse de estudo nessa dissertação.

A Figura 2 mostra a sensibilidade relativa do olho humano a radiações de vários comprimentos de onda. O centro da região visível corresponde aproximadamente a 555 nm; uma luz com esse comprimento de onda produz a sensação de verde-claro.

**Figura 2.** Sensibilidade relativa do olho humano a ondas eletromagnéticas de diferentes comprimentos de onda. A parte do espectro eletromagnético à qual o olho é sensível é chamada de *luz visível*.



Fonte: HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016.

Os limites do espectro visível não são bem definidos, já que a curva de sensibilidade do olho tende assintoticamente para a linha de sensibilidade zero, tanto para grandes como para pequenos comprimentos de onda. Se tomarmos arbitrariamente como limites os comprimentos de onda para os quais a sensibilidade do olho é 1% do valor máximo, esses limites serão aproximadamente 430 e 690nm. (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016, p. 31).

O desenvolvimento da Teoria Quântica, aborda a hipótese de que, além da natureza ondulatória da radiação eletromagnética, ela tem, entretanto, algumas propriedades semelhantes às das partículas. Em especial, a energia transportada por uma onda eletromagnética é sempre múltiplo de uma unidade proporcional à frequência da onda. Estas unidades são chamadas de *fótons* ou *quanta*. Assim, a radiação eletromagnética aparece como uma entidade de natureza

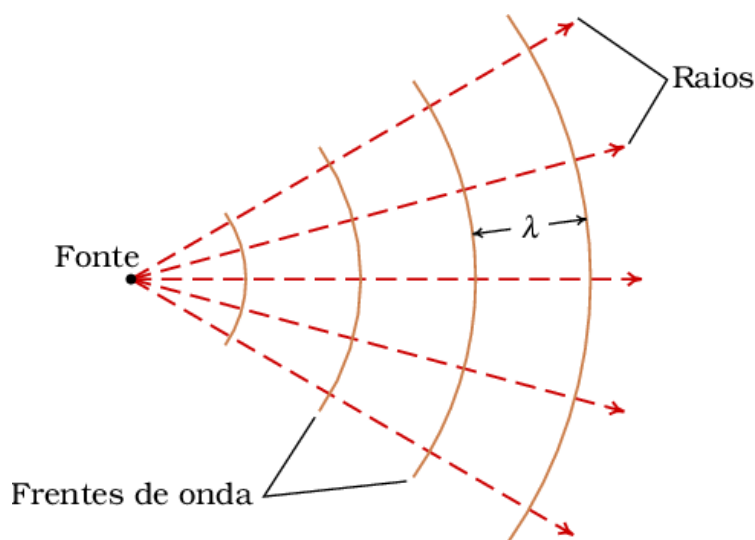
dual, apresentando tanto o aspecto de onda como o de partícula (SEARS; ZEMANSKY; YOUNG, 1985, p. 920).

Os fenômenos de *propagação* da luz podem ser mais bem explicados pela teoria *ondulatória* eletromagnética, enquanto sua interação com a matéria, nos processos de emissão e absorção, é um fenômeno *corpúscular* (SEARS; ZEMANSKY; YOUNG, 1985, p. 789).

## 5.2 Ondas, frentes de onda e raios

A Figura 3, mostra as cristas de uma onda eletromagnética esférica propagando-se a partir de uma fonte. As frentes de onda e os raios de luz são duas maneiras convenientes de representar a onda em propagação (KELLER; GETTYS; SKOVE, 1999, p. 411).

**Figura 3.** Frentes de onda em uma onda óptica



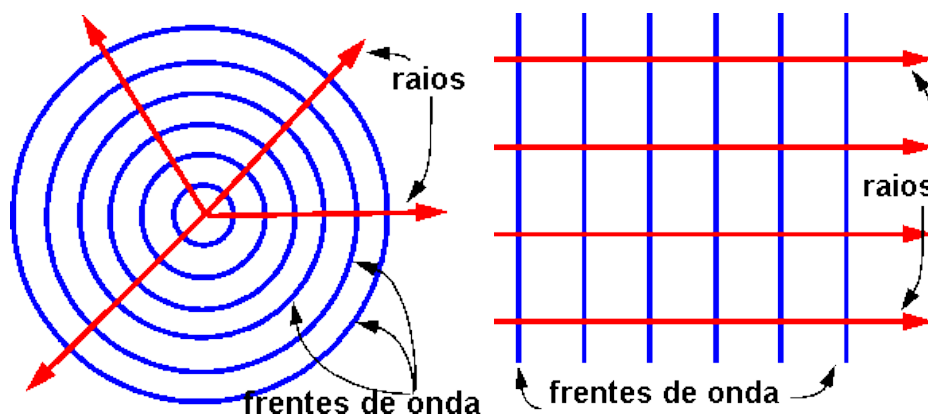
Fonte: < <https://def.fe.up.pt/fisica3/ondas2/index.html> >. Acesso em: 04 jan. 2019.

Uma frente de onda ou superfície de onda, é o lugar geométrico de todos os pontos em que a fase de vibração ou variação harmônica de uma quantidade física é a mesma.

Para muitos fins, principalmente no campo da *Óptica Geométrica*, é conveniente representar uma onda luminosa por meio de *raios*, em vez de frentes de onda. Certamente os raios foram usados para descrever a luz muito antes da natureza ondulatória estar estabelecida.

Na teoria corpuscular, *raio* é simplesmente a trajetória seguida por um corpúsculo de luz. Do ponto de vista ondulatório, *raio* é uma linha imaginária na direção de propagação da onda. Assim, na Figura 4a, os raios, são os raios das frentes de ondas esféricas, e na Figura 4b ondas planas, são linha retas perpendiculares às frentes de onda. De fato, em todos os casos em que as ondas se propagam em meio isotrópico homogêneo<sup>5</sup>, os raios são linhas retas normais às frentes de onda (SEARS; ZEMANSKY; YOUNG, 1985, p. 793).

**Figura 4.** Frente de onda e raios.



Fonte: < <https://www.if.ufrj.br/~bertu/fis2/ondas1/ondulatorio.html> >. Acesso em: 02 mai. 2019.

Em nossa presente discussão de óptica, usaremos o modelo simplificado de raio ou *aproximação retilínea*, pois esta é muito boa para o estudo dos espelhos, das lentes, dos prismas e dos instrumentos ópticos associados, tais como telescópios, máquinas fotográficas e óculos.

---

<sup>5</sup> Um meio *homogêneo* é aquele que apresenta as mesmas características em todos os elementos de volume. Um meio *isótropo*, ou *isotrópico*, é aquele em que a velocidade de propagação da luz e as demais propriedades ópticas independem da direção em que é realizada a medida.

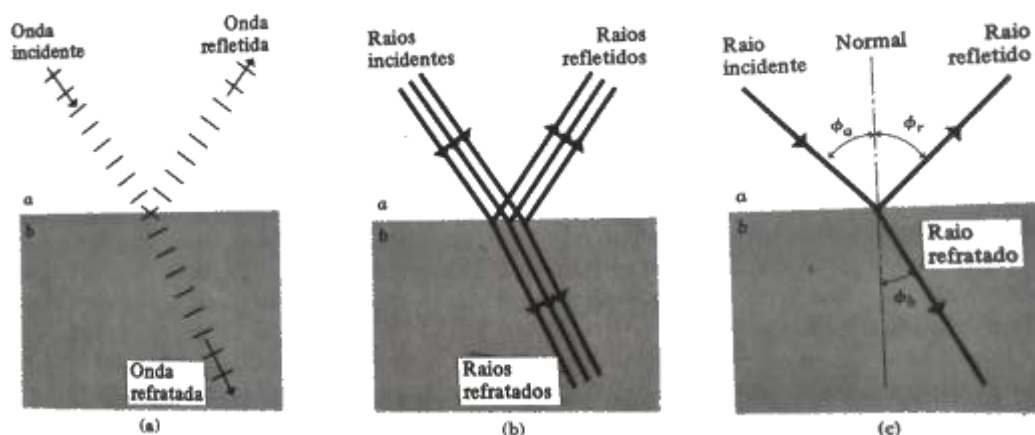


### 5.3 Reflexão e refração

Muitos fenômenos ópticos já conhecidos envolvem o comportamento de uma onda que atinge uma interface entre dois materiais ópticos, como ar e vidro, ou água e vidro. Quando a interface é lisa, isto é, quando suas irregularidades são pequenas em comparação com o comprimento de onda, a onda em geral é parcialmente refletida e parcialmente transmitida para o segundo meio, como se vê na Figura 5a.

Os segmentos de onda plana mostrados na Figura 5a podem ser representados por grupos de raios formando *feixes* de luz, com na Figura 5b. Para facilitar a discussão dos vários ângulos, considera-se frequentemente apenas um raio de cada feixe, como mostrado na Figura 5c. A representação dessas ondas em termos de raios é a base do campo da Óptica chamada de *Óptica Geométrica* (SEARS; ZEMANSKY; YOUNG, 1985, p. 794).

**Figura 5.** (a) Uma onda plana é parcialmente refletida e parcialmente refratada na interface entre dois meios. (b) As ondas de (a) são representadas por raios. (c) Para facilitar, foi desenhado apenas um exemplo de cada um dos raios: incidente, refletido e refratado.



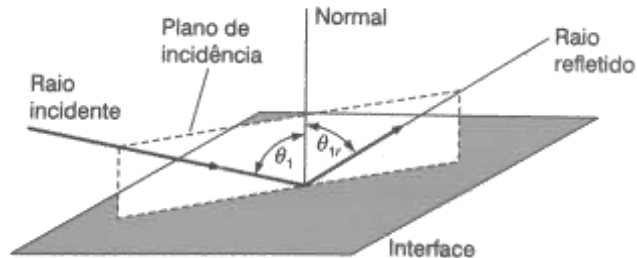
Fonte: SEARS; ZEMANSKY; YOUNG, 1985.

Quando o comprimento da onda da luz é muito inferior às dimensões do sistema físico através do qual a luz se propaga, aplicam-se as três leis seguintes da óptica geométrica:

1. *A lei da propagação retilínea.* Em um meio homogêneo, os raios de luz se propagam em linha reta.
2. *A lei da reflexão.* Em uma superfície que separa dois meios, uma onda incidente é refletida parcialmente. O raio incidente e a normal à superfície determinam o plano de incidência, conforme mostra a Figura 6. Se o raio incidente faz um ângulo  $\theta_1$  com a normal,

então o raio refletido está no plano de incidência do outro lado da normal e faz o mesmo ângulo com ela:  $\theta_1 = \theta_{1r}$ . Ou seja, *o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão*.

**Figura 6.** Geometria da reflexão.



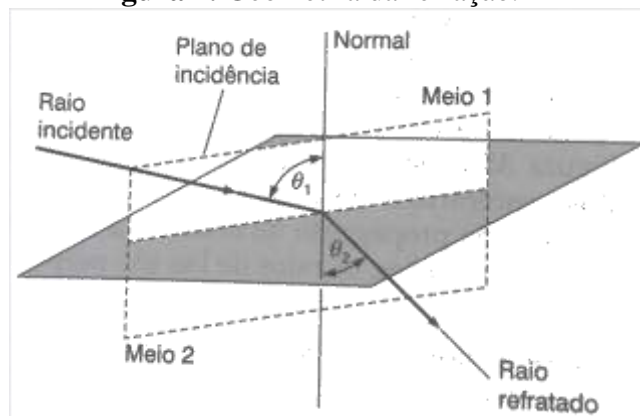
Fonte: KELLER; GETTYS; SKOVE, 1999.

A *lei da refração*. O raio refratado é transmitido para o segundo meio, conforme se vê na Figura 7 (onde, foi omitido o raio refletido). O raio refratado também está no plano de incidência e faz com a normal um ângulo  $\theta_2$  dado pela *lei de Snell* (KELLER; GETTYS; SKOVE, 1999, p. 411):

$$n_1 \text{sen} \theta_1 = n_2 \text{sen} \theta_2$$

Onde,  $n_1$  e  $n_2$ , são os índices de refração e representam às características dos dois meios.

**Figura 7.** Geometria da refração.

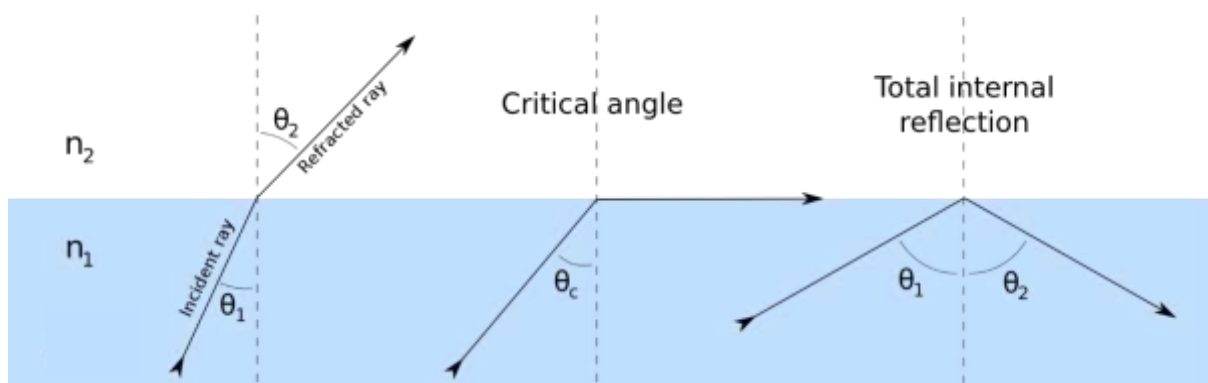


Fonte: KELLER; GETTYS; SKOVE, 1999.

## 5.4 Reflexão interna total

As Figura 8 mostra vários raios de luz monocromática sendo emitidos por uma fonte pontual S, propagando-se de um meio com maior índice de refração  $n_1$ , para um meio com menor índice de refração  $n_2$ .

**Figura 8.** A reflexão interna total da luz acontece para ângulos maiores do que o ângulo crítico  $\theta_c$ .



Fonte: < [https://pt.wikipedia.org/wiki/Reflex%C3%A3o\\_total#/media/File:RefractionReflexion.svg](https://pt.wikipedia.org/wiki/Reflex%C3%A3o_total#/media/File:RefractionReflexion.svg) >  
Acesso em: 02 mai. 2019.

No caso do raio *a*, que incide perpendicularmente à interface, parte da luz é refletida nesta interface e parte é transmitida pelo ar sem mudar de direção. Para o caso dos raios *b* à *e*, que chegam a interface com ângulos cada vez maiores, também existem um raio refletido e um raio refratado. À medida que o ângulo de incidência aumenta, o ângulo de refração também aumenta, ao ponto que, para o raio *e* o ângulo de refração é de  $90^\circ$ , o que significa que o raio refratado é paralelo à interface.

O ângulo de incidência para o qual isso acontece é chamado de **ângulo crítico** e é representado pelo símbolo  $\theta_c$ . Para ângulos de incidência maiores do que  $\theta_c$ , como os dos raios *f* e *g*, não existe raio refratado e toda luz é refletida. Esse fenômeno é conhecido como **reflexão interna total** (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016, p. 69).

Para determinar o valor do ângulo  $\theta_c$  usamos a equação abaixo, atribuindo o índice 1 ao maior índice de refração ( $n_1$ ), e o 2 ao menor índice de refração ( $n_2$ ) e fazendo  $\theta_1 = \theta_c$  e  $\theta_2 = 90^\circ$ , obtendo:

$$n_1 \sin \theta_c = n_2 \sin 90^\circ,$$

assim,

$$\theta_c = \text{sen}^{-1} \frac{n_2}{n_1}$$

## 5.5 Lentes refratoras esféricas

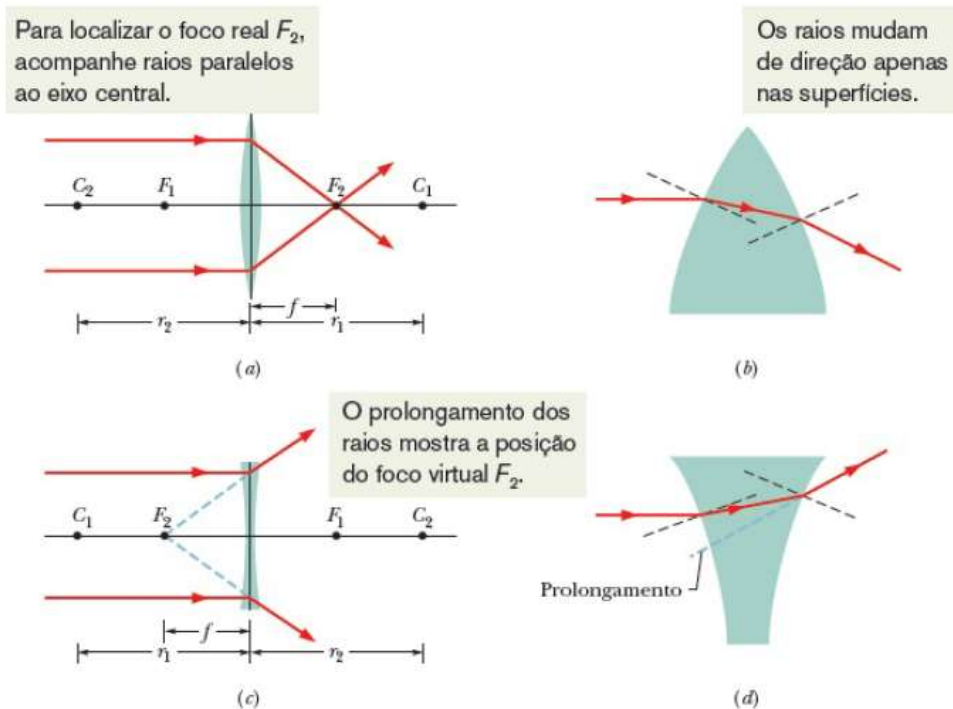
Uma lente é um sistema óptico limitado por duas superfícies refratoras. Quando a lente está imersa no ar, a luz é refratada ao penetrar na lente, atravessa a lente, é refratada uma segunda vez e volta a se propagar no ar. As duas refrações podem mudar a direção dos raios luminosos.

Uma lente que faz com que raios luminosos inicialmente paralelos ao eixo central se aproximem do eixo é chamada de **lente convergente**; uma lente que faz com que os raios se afastem do eixo é chamada de **lente divergente**. Quando um objeto é colocado diante de uma lente convergente ou divergente, a difração dos raios luminosos pela lente pode produzir uma imagem do objeto. Se o objeto se encontra no plano da parte da frente do foco da lente, os raios que passam através da lente vão ser refratados em paralelo, e a imagem pode ser obtida somente no infinito.

As imagens que se formam do mesmo lado da superfície refratora que o objeto são virtuais, e as imagens que se formam do lado oposto são reais.

A Figura 9a mostra uma lente delgada com superfícies convexas. Quando raios paralelos ao eixo central atravessam a lente, são refratados duas vezes, como mostra a vista ampliada da Figura 9b. A dupla refração faz os raios convergirem para um ponto focal  $F_2$  situado a uma distância  $f$  do centro da lente. Trata-se, portanto, de uma lente convergente. Além disso,  $F_2$  é um ponto focal *real*, já que os raios realmente se cruzam nesse ponto; a distância focal correspondente é  $f$ . Quando raios paralelos ao eixo central atravessam a lente no sentido inverso, convergem em outro ponto focal real,  $F_1$ , situado à mesma distância, do outro lado da lente (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016, p. 130).

**Figura 9.** Ponto focal



Fonte: HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016.

A Figura 9c apresenta uma lente divergente, os raios paralelos ao eixo central atravessam a lente e divergem. Os prolongamentos dos raios divergentes passam por um ponto focal virtual  $F_2$ . A imagem d mostra a ampliação da parte superior da lente representada em c. Observe que os desvios que o raio sofre ao entrar na lente e ao sair da lente são no mesmo sentido e tendem a afastá-lo do eixo central.

### 5.5.1 A equação da lente

Vamos considerar apenas o caso especial das lentes delgadas, ou seja, lentes nas quais a distância do objeto  $s$ , a distância de imagem  $i$  e os raios de curvatura  $r_1$  e  $r_2$  das superfícies da lente são muito maiores que a espessura da lente. Vamos também considerar apenas raios que fazem ângulos pequenos com o eixo central (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016, p. 128).

Assim, para esses raios, considerando  $f$  onde ocorre a formação da imagem que se encontra no infinito. A imagem formada por uma lente, está à distância  $s'$ , que está relacionada à distância  $s$  do objeto por

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

onde  $f$  é a distância focal, que é a distância da imagem de um objeto no infinito,  $s = \infty$ . Numa lente delgada no ar, a distância focal está relacionada ao índice de refração  $n$ , este depende do material de que é feita a lente. Os raios de curvatura das duas faces da lente são  $r_1$  e  $r_2$ , assim

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

Nestas equações  $s$ ,  $s'$ ,  $f$ ,  $r_1$  e  $r_2$  são positivos quando o objeto, ou a imagem, ou mesmo o centro de curvatura estão no espaço real do elemento. Nas lentes, o espaço real dos objetos de incidência e o das imagens é o lado da transmissão, que é também o espaço real do centro de curvatura. Quando  $s'$  for positiva, a imagem é real, o que significa haver uma divergência real dos raios luminosos a partir ponto-imagem. As imagens reais podem ser observadas num vidro despolido, ou um filme fotográfico, colocado no ponto-imagem. Quando  $s'$  for negativa, a imagem é virtual, o que significa não haver uma divergência real dos raios luminosos a partir do ponto-imagem.

A ampliação lateral da imagem é dada por:

$$m = \frac{y'}{y} = \frac{-s'}{s}$$

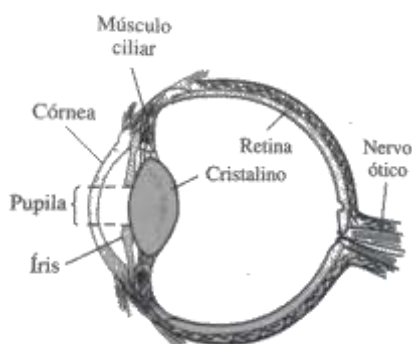
onde  $y$  é o tamanho do objeto e  $y'$  o da imagem. Uma ampliação negativa significa que a imagem está invertida (TIPLER, 1995, p. 83).

## 5.6 O olho humano

Sistema ótico de primordial importância é o olho, cujo esquema aparece na Figura 10. A luz entra no olho através de uma abertura variável, a *pupila*, e é focalizada pelo sistema *córnea-cristalino* na retina, que é uma película de fibras nervosas que recobre a superfície posterior do olho.

A forma do cristalino pode ser ligeiramente alterada pela ação do *músculo ciliar*. Quando o olho está focalizado num objeto distante, o músculo está relaxado e o sistema *córnea-cristalino* tem sua distância focal máxima, cerca de 2,5 cm, que é a distância entre a *córnea* e a retina. Quando o objeto está mais próximo do olho, o músculo ciliar aumenta ligeiramente a curvatura do cristalino, o que diminui a distância focal e a imagem focalizada, de novo, na retina. Este processo de ajustamento da distância focal é a **acomodação**. Se o objeto estiver muito perto do olho, o cristalino não pode focalizar a luz na retina e a imagem na retina é o ponto próximo. A distância entre o olho e o ponto próximo varia bastante de uma pessoa para outra e se altera com a idade. Aos 10 anos, o ponto próximo pode estar tão perto do olho quanto 7 cm., enquanto aos 60 anos pode estar recuado de 200 cm em virtude da perda de flexibilidade do cristalino. O valor padrão da distância do ponto próximo é 25 cm (TIPLER, 1995, p. 90).

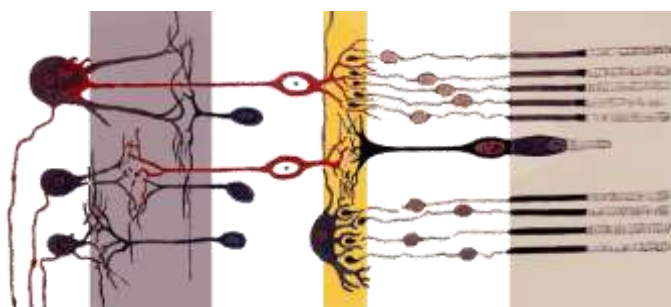
**Figura 10.** Corte esquemático do olho humano. A quantidade de luz que entra no olho é controlada pela íris, que regula o tamanho da pupila. A espessura do cristalino é controlada pelo músculo ciliar.



Fonte: Fonte: TIPLER, 1995.

A retina contém estruturas sensíveis à luz, os *bastonetes* e os *cones* que recebem a imagem e transmitem a informação, através do nervo ótico, para o cérebro. A Figura 11 mostra uma seção transversal da retina (TIPLER, 1995, p. 89).

**Figura 11.** Secção transversal da retina, à direita um cone entre dois grupos de bastonetes.



Fonte: < <https://pt.wikipedia.org/wiki/Bastonete> >. Acesso em: 02 mai. 2019.

## 5.7 Ametropias da visão

Quando a vergência do olho é insuficiente, e a imagem é focalizada atrás da retina a pessoa é **hipermétrope**.

Provocada geralmente por fatores hereditários, a hipermetropia ocorre quando o olho é um pouco menor do que o normal, provocando uma focalização da imagem atrás da retina. A hipermetropia pode ser ocasionada também, pela diminuição do poder dióptrico do cristalino e pela alteração da curvatura da córnea: aumento do raio de curvatura, redução da curvatura das faces do cristalino, decréscimo do índice de refração do cristalino e do humor aquoso, aumento do índice de refração do vítreo, cristalino e córneas com grande distância entre si e a ausência de cristalino (afacia, adquirida ou congênita)<sup>6</sup>.

A hipermetropia causa dificuldade para enxergar objetos próximos, por exemplo ler textos com letras muito pequenas.

<sup>6</sup> SILVA, MICHELLE ALVES. **Hipermetropia**. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/visao/hipermetropia/>> Acesso em 03 mai. 2019.

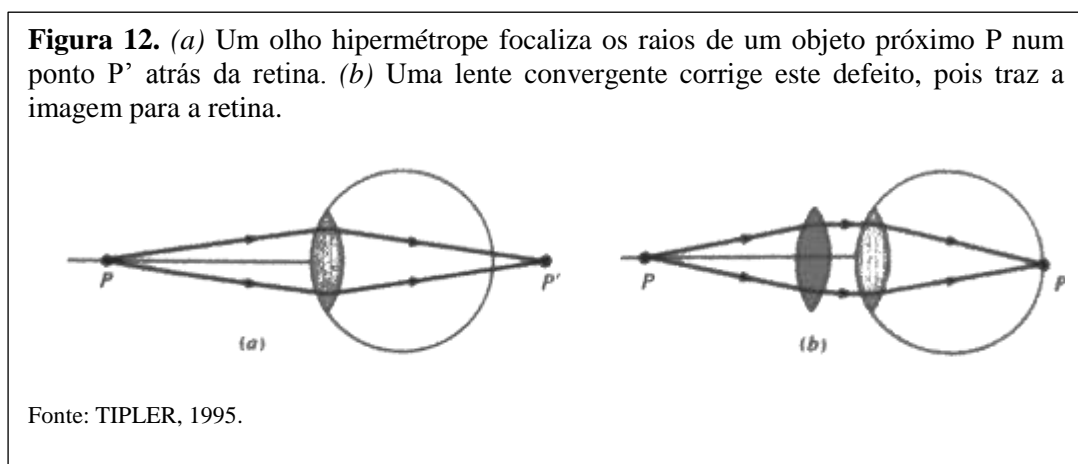


Geralmente o paciente com hipermetropia tem boa visão de longe, pois se seu grau não for muito elevado é naturalmente corrigido pelo aumento do poder dióptrico do cristalino, em um processo chamado de acomodação. A maior parte das crianças apresenta hipermetropia, porque seus olhos normalmente são menores do que deveriam ser, porém elas têm um maior poder de acomodação e suportam graus muito mais elevados. São comuns casos de pessoas que necessitam de óculos na infância, mas deixam de usá-los na idade adulta, quando o olho atinge o tamanho ideal.

A hipermetropia também pode estar associada ao aparecimento de estrabismo acomodativo na infância, definido como um desequilíbrio na função dos músculos oculares, fazendo com que os dois olhos não fixem o mesmo ponto ao mesmo tempo. Os indícios surgem em torno dos dois anos de idade e o simples uso de lentes de óculos adequadas pode corrigir a patologia.

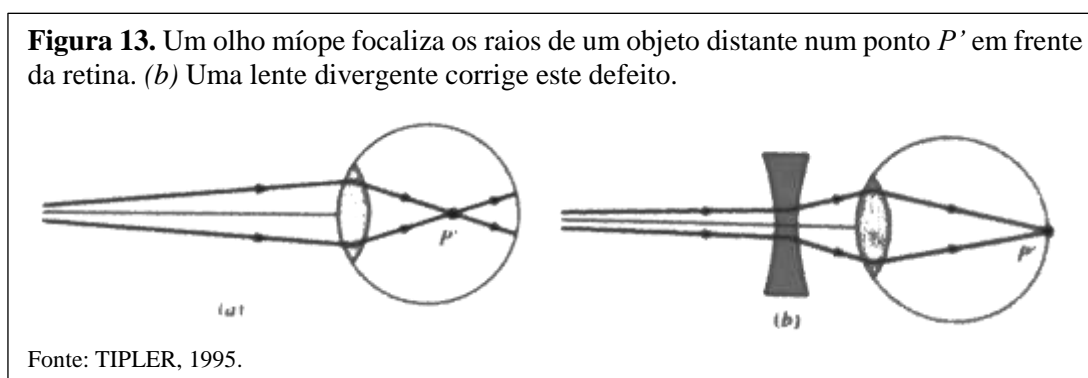
Os principais sintomas da hipermetropia são: desconforto para focalizar imagens próximas, dores de cabeça, cansaço ocular, sensação de peso ao redor dos olhos, ardor, vermelhidão conjuntival e lacrimejamento ocular.

A hipermetropia não desaparece naturalmente, somente com alguma forma de ação corretiva. Seu tratamento é feito através do uso de lentes esféricas convergentes (positivas), que têm como função direcionar a luz para a retina, onde a imagem deve se formar. As lentes biconvexas são convergentes e, por isso, podem ser utilizadas na correção das disfunções visuais (Figura 12).



Por outro lado, o olho de uma pessoa **míope** tem convergência em demasia, e a luz dos objetos distantes fica focalizada à frente da retina, devido ao anormal alongamento axial do globo ocular, também pode estar associado à uma córnea com curvatura exagerada e mais plana, ou quando o cristalino tem espessura e curvatura alterados. A miopia impossibilita a perfeita visualização de objetos distantes.

Olhos emétopes apresentam ponto remoto com uma distância infinita, enquanto um olho míope apresenta ponto remoto com uma distância finita. Isso ocorre porque os raios luminosos sofrem um desvio que faz com que eles se encontrem antes de chegar até a retina. Para a correção da miopia pode-se usar lentes divergentes. As lentes divergentes apresentam foco negativo, e esse deve ser igual à distância do ponto remoto do olho. Quanto maior for esse ponto, maior a miopia de uma pessoa. Essa lente é responsável por aproximar a formação da imagem para o ponto onde a pessoa consiga enxergar nitidamente (Figura 13).



O **astigmatismo** pode ser uma assimetria de curvatura, de centralização ou do índice de refração. O *astigmatismo de curvatura*, se dá em um grau mais intenso, tem sua origem mais frequente na córnea. A anomalia é em geral congênita e as medidas oftalmométricas mostram que a sua ocorrência em pequenos graus é comum. Por sua vez, é uma imperfeição da visão geralmente devido à não esfericidade da superfície da córnea; o raio de curvatura dessa superfície não é o mesmo em todos os meridianos. Pode ser corrigido por óculos cujas lentes têm forma cilíndrica e não esférica.

Assim, o astigmatismo é uma condição de refração onde feixes de luz, provenientes de uma fonte luminosa pontual situada no infinito, paralelamente incidentes em diferentes meridianos, formam imagens em diferentes posições no eixo ótico (pontos focais diferentes

para cada meridiano entre  $0^\circ$  e  $180^\circ$ )<sup>7</sup>. Provoca desfoque ou distorção das imagens tanto de longe como de perto, isso faz com que seja impossível, por exemplo, focalizar simultaneamente as barras horizontais e verticais de uma janela.

A causa do astigmatismo exata é desconhecida, mas ele pode estar presente desde o nascimento (herança genética) e sofre poucas alterações durante o desenvolvimento, ou pode se desenvolver após uma lesão ocular, cirurgia (como a de catarata) ou doença ocular. Um exemplo de doença ocular é o ceratocone, um problema que faz com que a córnea fique em forma de cone. Isso acontece raramente e causa um astigmatismo mais grave que poderá necessitar de lentes de contato especiais ou cirurgia.

O astigmatismo pode ocorrer junto com a miopia e hipermetropia. Coçar os olhos favorece o aumento do astigmatismo, que pode ser estar associado à miopia, hipermetropia e presbiopia (vista cansada), mas nem sempre afeta os dois olhos.

---

<sup>7</sup> VENTURA, L; NETO, J. C.C. **Ametropias oculares**. Disponível em:  
<<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol17a38.pdf>> Acesso em 03 mai. 2019.

## 6 A TOXOPLASMOSE

A toxoplasmose é uma doença bastante comum que atinge grande parte da população e que, muitas vezes, não recebe a atenção necessária. No Brasil, por exemplo, afeta 60% dos indivíduos<sup>8</sup> e, segundo o Ministério da Saúde, 51% da população mundial possui anticorpos contra a patologia, ou seja, já entrou em contato com o parasita causador de tal mal, o que demonstra sua grande dispersão.

Caracterizando-se como infecciosa, congênita (presente desde o nascimento) ou adquirida, tal doença é desencadeada pelo protozoário *Toxoplasma gondii*. Este foi registrado pela primeira vez em 1908 por Nicolle e Manceaux em um roedor africano da espécie *Ctenodactylus gundi*, a qual originou o nome.<sup>9</sup>

De acordo com Zanetti e Pletsch (2007, p. 16), a prevalência de toxoplasmose pode variar de região para região, aumentando com a idade e diferindo de acordo com os padrões culturais da população, hábitos alimentares e procedência rural ou urbana. Em regiões tropicais ou subtropicais de clima úmido os índices são mais elevados, devido ao tipo de clima que favorece a sobrevivência dos oocistos no meio ambiente (apud BACCARIN; OLIVEIRA, 2007).

### 6.1 Ciclo biológico

O ciclo de vida do *Toxoplasma gondii* possui duas fases: uma sexuada e outra assexuada e tem início quando algum hospedeiro intermediário (como o homem ou outros mamíferos) ingere oocistos maduros através de alimentos contaminados, por exemplo. Esses ao atingirem o intestino se rompem e os parasitas passam a ser chamados de taquizoítos que se dividem várias vezes (assexuadamente) até que a célula hospedeira “exploda”. O ciclo reinicia no

---

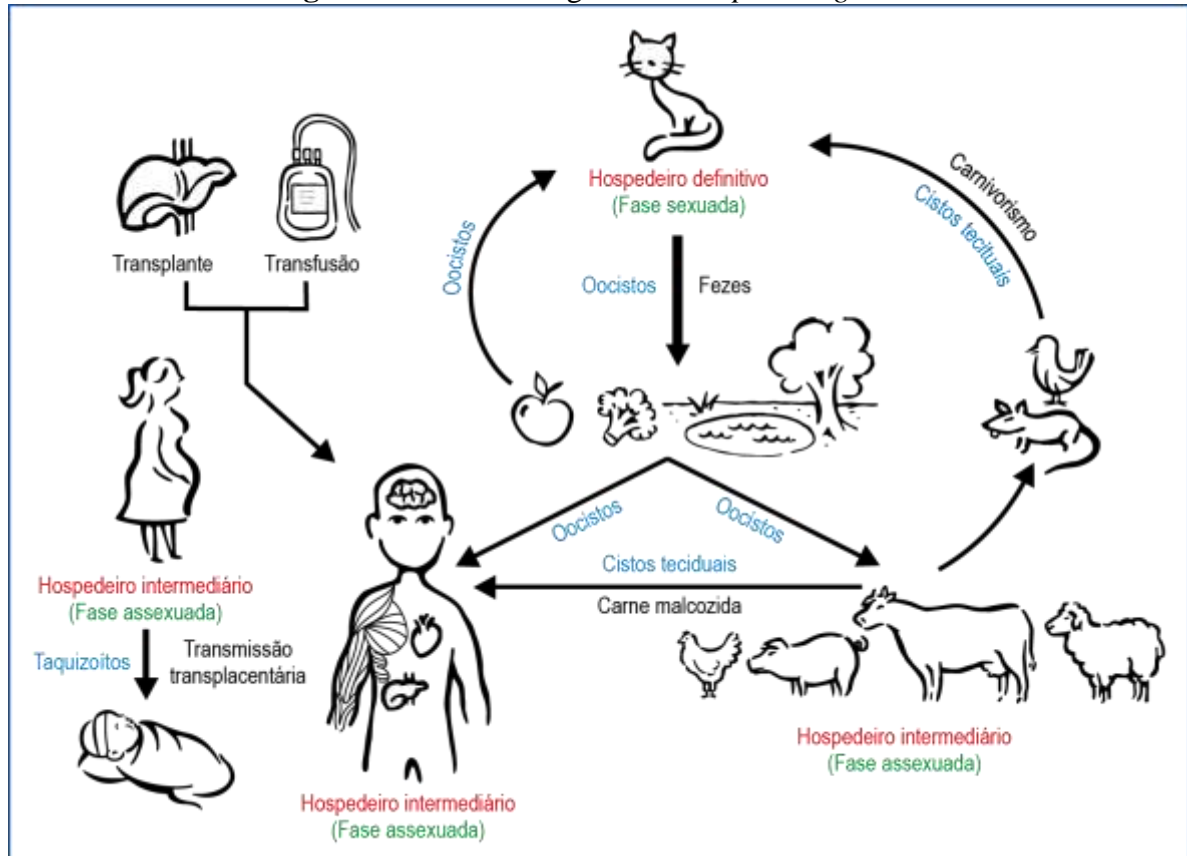
<sup>8</sup> SOUZA, FERNANDA: **Incidência de toxoplasmose no Brasil**. Disponível em: <<http://publicacoes.unigranrio.edu.br/index.php/sare/article/view/1338>>. Acesso em: 07 jan. 2019.

<sup>9</sup> Disponível em: <[https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19430635/?ncbi\\_mmode=std/](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19430635/?ncbi_mmode=std/)>. Acesso em: 07 jan. 2019.

momento em que o hospedeiro definitivo (felídeo) ingere tecidos contaminados com taquizoítos que infectam seu intestino, o que gera a formação de oocistos.

O *Toxoplasma gondii* apresenta três principais formas evolutivas (Figura 14).

**Figura 14.** Ciclo biológico do *Toxoplasma gondii*.



Fonte: < <http://www.portalsecad.com.br/demoArtigo.php?programa=60>. > Acesso em: 06 jan. 2019.

- taquizoítos — pseudocisto; são a forma infectante e proliferativa, presente na fase ativa da doença;
- bradizoítos — cistos; consistem na forma latente, constituindo cistos que podem permanecer viáveis nos tecidos muscular e nervoso (retina e restante do sistema nervoso central [SNC]) dos hospedeiros definitivos e intermediários, o que caracteriza a fase crônica da doença;
- esporozoítos — no interior do oocisto (8 esporozoítos cada), são o produto da reprodução sexuada; formam os oocistos, que são eliminados nas fezes dos felinos, podendo contaminar o solo, a água e os alimentos (Figura 15).

**Figura 15.** Formas do parasita durante a evolução



Fonte: < <http://resumao-e02.blogspot.com/2011/08/toxoplasmose.html> > Acesso em: 06 jan. 2019.

## 6.2 A transmissão

Atualmente sabe-se que o hospedeiro definitivo do *Toxoplasma gondii* é o gato. A partir do gato há liberação e disseminação de oocistos para locais como terra, água e alimentos. A transmissão pode se dar pelo consumo de frutas e verduras mal lavadas, assim como por meio de ingestão dos cistos presentes em carnes cruas e/ou mal cozidas. Além disso, através do transplante de órgãos de doadores com títulos positivos para *T. gondii*, é possível que ocorra a transmissão da doença para um receptor soronegativo (que não possui anticorpos para determinado antígeno no soro sanguíneo). A transmissão transplacentária (passada da mãe para o feto) é outra importante via de infecção, sendo mais grave no terceiro trimestre, em que os índices de transmissão chegam a 60%<sup>10</sup>.

Por ser chamada de *doença do gato*, também pode ser transmitida pelo contato direto com as fezes dos gatos, através da jardinagem ou da limpeza da caixinha de areia.

<sup>10</sup> Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbof/v75n2/0034-7280-rbof-75-02-0099.pdf> > Acesso em: 07 jan. 2019.

### 6.3 Os grupos de risco

Existem alguns grupos de indivíduos, que por motivos variáveis, têm maiores chances de desenvolver a doença e essa age de maneira mais agressiva o que ocorre principalmente em:

- **Grávidas.**

- **Pacientes com sistema imunológico fraco e/ou comprometido:** portadores do vírus da AIDS, indivíduos em tratamento com quimioterapia e usuários de esteroides e outras drogas imunossupressoras.

### 6.4 Os sintomas

A toxoplasmose é conhecida justamente por ser uma doença silenciosa o que implica uma dificuldade no que concerne a definição de seus sintomas, entretanto pessoas consideradas saudáveis podem apresentar sintomas semelhantes aos da gripe<sup>11</sup> o que inclui:

- Dor de cabeça.
- Coriza.
- Dor no corpo.
- Febre.
- Fadiga.
- Dor de garganta.

Em caso de pessoas imunologicamente fracas, se não tratada corretamente, *a toxoplasmose pode trazer lesões permanentes ao olho (toxoplasmose ocular)*, ao cérebro (toxoplasmose encefálica)<sup>12</sup> que desencadeia sintomas mais fortes como:

- Dores de cabeça.
- Confusão.
- Má coordenação motora.
- Convulsões.

---

<sup>11</sup> Disponível em: < <http://www.minhavidade.com.br/saude/temas/toxoplasmose>>. Acesso em: 07 jan. 2019.

<sup>12</sup> Disponível em: < <https://minutosaudavel.com.br/o-que-e-toxoplasmose-na-gravidez-sintomas-tratamento-tem-cura/>>. Acesso em: 07 jan. 2019.

- Dores no peito.
- Tosse com sangue.
- Dificuldade em respirar.
- Febre de 38°C ou mais.
- Problemas de visão.
- Lesões múltiplas no cérebro.

E, por fim, no caso das grávidas, apesar de não apresentarem sintomas evidentes, a doença pode aumentar os riscos de abortos espontâneos ou da criança já nascer morta (natimorto). Mas, caso o bebê consiga nascer ele pode ter algumas complicações como:

- Convulsões.
- Aumento do fígado e baço.
- Amarelamento da pele e dos olhos (icterícia).
- Infecções oculares graves.

## **6.5 O diagnóstico**

A toxoplasmose possui sintomas muito sutis, portanto, seu diagnóstico é feito somente após um exame de sangue capaz de detectar a presença do parasita bem como de anticorpos a ele. No caso de gestantes a ecografia também é recomendada.

## **6.6 O tratamento**

O uso de sulfametoxazol e trimetropim constitui um método efetivo na redução das recidivas da lesão ocular quando empregadas por período longo. Outro medicamento empregado em associação com sulfametoxazol e trimetropim é a pirimetamina, que associado a um antibiótico específico e ao ácido fólico, já se mostraram úteis para o tratamento da toxoplasmose, porque impedem a multiplicação do protozoário nas formas mais agressivas da



doença. É importante que eles sejam prescritos por um médico que acompanhe de perto a evolução do quadro<sup>13</sup>.

Depois de infectado uma vez pela doença o indivíduo fica imune à doença, entretanto o parasita continua no corpo e caso algum fator desencadeie a baixa do sistema imunológico essa pode voltar a se manifestar.

## 6.7 As complicações

Existem casos em que a doença é considerada bastante complicada e requer maior atenção:

- **Toxoplasmose congênita:** quando a transmissão ocorre durante a gravidez afetando principalmente o feto, podendo levar à sua morte.

- **Toxoplasmose ocular:** A retinocoroidite é a lesão mais frequentemente associada à toxoplasmose. Essa doença é também conhecida como toxoplasmose ocular, ou seja, *é o comprometimento ocular devido às lesões e cicatrizes causadas no fundo do olho*<sup>14</sup>.

A coriorretinite, ou retinocoroidite, é um processo inflamatório que envolve o trato uveal do olho. A úvea, por sua vez, é constituída por três estruturas: a íris, o corpo ciliar e a coroide. A íris é o anel colorido que circunda a pupila, esta abre e fecha como as lentes de uma máquina fotográfica. O corpo ciliar é o conjunto de músculos que controlam o cristalino para que o olho possa enfocar os objetos próximos ou distantes. A coroide é o revestimento interno do olho, que se estende desde a margem dos músculos ciliares até o nervo óptico, localizado na parte posterior do olho.

As inflamações muitas vezes são classificadas de acordo com o compartimento onde elas predominam: uveíte, coroidite, retinite.

---

<sup>13</sup> FELIX, J. P. F. Influência do Sulfametoxazol-Trimetoprim na Recorrência de Retinocoroidite por *Toxoplasma Gondii*. Tese (Doutorado em Ciências Médicas, área de concentração em Oftalmologia) – Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas. São Paulo, p. 43. 2015.

<sup>14</sup> Disponível em: < <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoesaude/article/view/1414> > Acesso em: 07 jan. 2019.

A coriorretinite geralmente é causada por infecções congênicas e, portanto, presente no recém-nascido, embora haja outras adquiridas. Podem ser de natureza viral, bacteriana, por toxoplasma ou citomegalovírus<sup>15</sup>.

A retina é a estrutura do olho que capta as imagens e leva ao cérebro através do nervo óptico. Quando há infecção pelo Toxoplasma, ocorre uma inflamação na retina, que deixa uma cicatriz, onde não haverá mais funcionalidade para a visão nesta área afetada. Fica claro, então, que, quanto mais extensa a cicatriz, maior será o prejuízo à visão.

A toxoplasmose ocular geralmente é adquirida durante a gestação (transmissão intra-útero), pode causar lesões na parte anterior do olho (uveíte anterior), forma leve e que usualmente não deixa sequelas, desde que tratada adequadamente. A forma mais grave da doença é aquela que acomete a retina e a coróide (retinocoroidite).

O sintoma mais importante da toxoplasmose é a diminuição da visão. Ela pode ser variada, dependendo do tamanho e da localização da lesão. Além disso, pode ocorrer vermelhidão ocular, dor ocular, fotofobia e “moscas volantes”, que é a visão de pontos pretos flutuando na frente dos olhos.

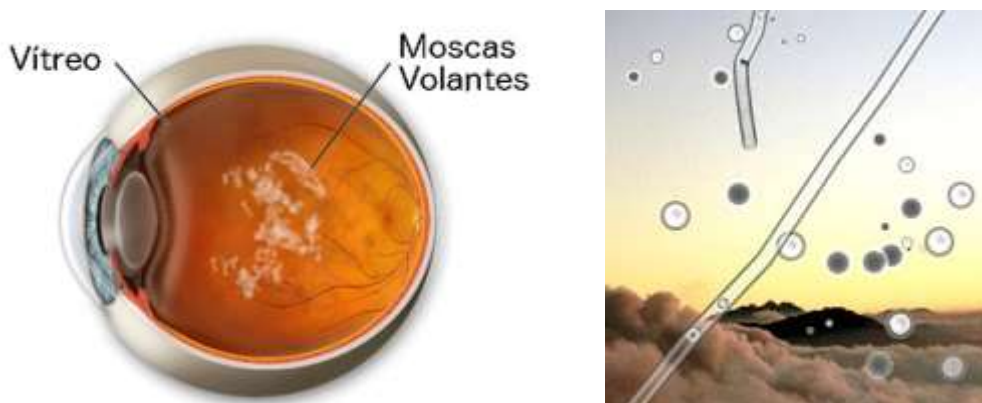
As moscas volantes são pequenas manchas percebidas na nossa visão e que são decorrentes de alterações de uma estrutura do olho chamada vítreo (ou humor vítreo). Vítreo é uma espécie de "gelatina transparente" que preenche a parte interna do nosso olho e é formado basicamente de água. O vítreo fica aderido a retina e, em algum momento da nossa vida ele se condensa, ou se desprende da retina e nós passamos a enxergar esses pontos pretos ou cinzas, chamados moscas volantes. As condensações vítreas ficam suspensas no vítreo e causam uma sombra na retina que é o tecido que “enxerga” no nosso olho, por isso a sensação de vermos “moscas” flutuando.

Elas podem ter a forma de pontos (parecendo insetos), linhas (parecendo fios de cabelo), ou fragmentos de teia de aranha ou renda, que flutuam vagarosamente em frente aos olhos. As formas variam de pessoa para pessoa e podem se modificar com o tempo. Podem ser pretas, cinzas ou mais claras (Figura 16).

---

<sup>15</sup> Disponível em: < <https://drcarlosrey.blogspot.com/2016/03/coriorretinite.html>. > Acesso em: 07 jan. 2019.

**Figura 16.** As moscas volantes são um sinal de deslocamento do vítreo.



Fonte: < <http://www.medicodeolhos.com.br/2010/11/moscas-volantes-e-descolamento-do.html> >

Acesso em: 07 jan. 2019.

Com o tratamento adequado, a toxoplasmose pode ter cura, mas, infelizmente, ainda não é possível recuperar a visão que foi perdida devida à cicatriz da toxoplasmose. É importante frisar, contudo, que mesmo após tratamento adequado, alguns pacientes podem apresentar recidivas da doença, usualmente associadas a imunodepressão. O parasita fica alojado na retina na forma de cistos, que são resistentes aos medicamentos. Quando esses cistos rompem, o parasita pode causar novas lesões na retina<sup>16</sup>.

Se a toxoplasmose for detectada primeiramente como infecção, não significa obrigatoriamente que a pessoa terá toxoplasmose ocular.

O mais importante para o diagnóstico da toxoplasmose ocular é o exame de fundo de olho com as pupilas dilatadas, juntamente com exames de sangue. O tratamento é realizado com sulfa e pirimetamina (ou sulfametoxazol e trimetropim) em doses que dependem da gravidade da infecção, às vezes também é necessário tomar corticóide e utilizar colírios. Raramente são necessários medicamentos intra-oculares, laser ou cirurgia. A toxoplasmose ocular pode causar descolamento de retina e ser necessária cirurgia. Alguns pacientes apresentam recorrências frequentes e precisam tomar remédio por tempo prolongado para evitar ou diminuir as novas crises.<sup>17</sup>

Ao observar o fundo de olho de um paciente com toxoplasmose ocular, em atividade, é possível identificar uma lesão esbranquiçada na retina com limites imprecisos (Figura 17a). A

<sup>16</sup> Disponível em: < <http://hospitaldeolhosdaserra.com.br/especialidade/retina/> > Acesso em: 07 jan. 2019.

<sup>17</sup> Disponível em: < <https://www.clinicabelfort.com.br/doencas/toxoplasmose-ocular/> > Acesso em: 07 jan. 2019.

medida que o tratamento vai surtindo efeito a lesão vai ficando com os bordos mais precisos, neste estágio dizemos que a doença está em remissão ou em involução (Figura 17b). Tardiamente, a lesão adquire uma coloração escurecida, típica da doença inativa ou cicatricial (Figura 17c).

**Figura 17:** Dentre as infecções parasitárias causadoras de retinite, a mais comum é a toxoplasmose, podendo esta manifestar-se como lesão ativa ou cicatricial.

Imagem de fundo de olho (retina) onde observa-se uma lesão de toxoplasmose:

a) em atividade.



b) em remissão



c) lesão cicatricial



Fonte: <https://retinapro.com.br/blog/o-que-e-a-toxoplasmose-ocular/>

Acesso em: 07 jan. 2019.

## 6.8 Como evitar

Algumas medidas podem ser tomadas para evitar a proliferação da doença como:<sup>18</sup>

- Consumir apenas carne bem cozida.
- Lavar bem frutas e legumes.
- Congelar a carne por 3 dias a 15°C negativos.
- Lavar as mãos regularmente, sobretudo após a manipulação de alimentos e antes das refeições.
- Evitar contato com areia de gatos e lavar bem as mãos após este procedimento. Gestantes não devem ter contato com areia de gatos.
- Manter o gato bem alimentado e sem acesso à rua para ele não caçar e se contaminar.
- Evitar acariciar cães que andem soltos.
- Controlar ratos e insetos como moscas, baratas e formigas, descartando corretamente o lixo doméstico e os dejetos das criações de animais.
- Lavar bem as mãos e as unhas após trabalhar na terra (horta ou jardim).

## 6.9 O caso de Erechim

Erechim é um município do estado do Rio Grande do Sul, na Região Sul do Brasil. Considerada um centro sub-regional no país, é a cidade polo da região do Alto Uruguai gaúcho e a segunda cidade mais populosa do norte do estado, com estimativa de 105.059 habitantes (IBGE/2018<sup>19</sup>). É considerada pelo Índice de Desenvolvimento Socioeconômico (Idese) como a segunda cidade mais desenvolvida do Rio Grande do Sul entre os municípios com mais de cem mil habitantes, liderando no segmento de educação<sup>20</sup>. O município estava, em 2015, na 15ª posição do PIB no estado do Rio Grande do Sul.<sup>21</sup>

---

<sup>18</sup> Disponível em: < <https://www.infoescola.com/doencas/toxoplasmose/>> Acesso em: 07 jan. 2019.

<sup>19</sup> «Estimativa populacional 2018 IBGE». Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 29 de agosto de 2018. Consultado Acesso em: 07 jan. 2019.

<sup>20</sup> Disponível em: < «Pesquisa IDESE». <http://www.pmerechim.rs.gov.br/noticia/10844/28-03-2016/erechim-e-a-2-mais-desenvolvida-do-rs-entre-as-cidades-com-mais-de-100-mil-habitantes.>> Acesso em: 07 jan. 2019.

<sup>21</sup> < «PIB Municipal RS - 2007». [www.fee.tche.br](http://www.fee.tche.br)..> Acesso em: 07 jan. 2019.

Na década 70, Dr. Cláudio Silveira inicia a observação de casos que levariam a uma importante descoberta: a *toxoplasmose adquirida* era a causa mais frequente de *lesões oculares* e não a forma congênita, como se pensava anteriormente. Essa descoberta modificou todos os conhecimentos sobre a Toxoplasmose no mundo<sup>22</sup>.

Em 1987 este trabalho recebe o Prêmio CBO (Conselho Brasileiro de Oftalmologia), e em 1988 ocorre sua publicação no American Journal of Ophthalmology<sup>23</sup>. A partir deste trabalho, iniciou-se um período de estudos que transformaram Erechim em um centro de pesquisas sobre a toxoplasmose. Em 1990 inicia-se outro estudo, patrocinado por entidades de pesquisas internacionais (Fogarty) em colaboração com a instituição brasileira (CNPq), que revelou que 80% das 1.042 pessoas avaliadas eram soropositivas para essa doença. Destas, 20% apresentaram lesões na retina, *o maior índice registrado em todo o mundo*. De acordo com a pesquisa, na maioria dos casos a doença foi adquirida logo após o nascimento.

Nos últimos 30 anos mais de 10 mil casos de *lesão ocular* foram diagnosticados no município e região, muitas das melhores pesquisas inovadoras sobre a doença, foram realizadas sob a liderança do Dr. Cláudio Silveira<sup>24</sup>, a experiência adquirida através destes anos transformou Erechim, através da Clínica Silveira, em um centro de referência para o tratamento da Toxoplasmose.

Destacando o que foi exposto no capítulo 6.7, a toxoplasmose ocular tem como principal sintoma a diminuição da visão e sinais discretos semelhantes a um quadro viral comum, como dor de cabeça e garganta, cansaço, febre e linfonodos inchados. Se o paciente estiver com o sistema imunológico fortalecido, o parasita pode permanecer inativo, sem que o indivíduo sequer saiba da infecção. Porém, se o sistema de defesa estiver bastante debilitado, o quadro clínico do paciente pode se agravar e a infecção pode se espalhar para diversos órgãos e tecidos do corpo.

---

<sup>22</sup> Disponível em: < <http://simasp.com.br/2018/wp-content/uploads/2018/02/Homenageado-CLAUDIO-SILVEIRA.pdf>> Acesso em: 03 mai. 2019.

<sup>23</sup> Disponível em: < <https://jornalboavista.com.br/08032018homenageados-com-a-medalha-de-ouro-moacyr-alvaro-em-2018>> Acesso em: 03 mai. 2019.

<sup>24</sup> Disponível em: < <https://jornalbomdia.com.br/noticia/12879/erechim-sedia-mutiroes-sobre-toxoplasmose>. > Acesso em: 07 jan. 2019.

O diagnóstico é feito através da avaliação clínica dos sinais e sintomas, junto com o resultado de exames laboratoriais, com o objetivo de identificar se a pessoa possui anticorpos contra o parasita da toxoplasmose no sangue. Com o exame de mapeamento da retina ou fundo de olho, o oftalmologista observa diretamente a retina e visualiza se há lesões ou cicatrizes compatíveis com a doença. Como complemento são realizados exames de sangue sorológicos, como IgG e IgM, com resultado negativo excluindo a toxoplasmose.

É importante investigar se a pessoa é portadora de moléstias ou faz uso de medicamentos que podem comprometer o sistema imune; os hábitos alimentares, especialmente se está acostumada a comer carne crua, mal passada ou vegetais não higienizados; ou se entrou em contato com áreas onde vivem felinos domésticos ou silvestres.

Feito o diagnóstico, é imprescindível o início do tratamento o mais rápido possível, evitando o agravamento do quadro e prevenindo as cicatrizes na retina geradas pelo avanço da inflamação. O tratamento é feito com o uso de antibióticos, corticoides e colírios chamados cicloplégicos (dilatam a pupila) para alívio da dor. O tratamento clássico é feito com 3 medicamentos associados: Sulfametoxazol, pirimetamina e ácido folínico.

A medida que o tratamento evolui, a lesão é contornada por uma cicatriz, podendo causar perda de parte da visão. Infelizmente, a medicina atual ainda não conseguiu reparar as áreas lesadas da retina e recuperar a visão. Talvez, futuramente, seja possível mudar o tratamento da toxoplasmose e outras doenças que causam cegueira com terapia genética ou células-tronco<sup>25</sup>.

Além de Erechim/RS, cidades do sul do Brasil, como Cascavel/PR, são citadas por Silveira (2002) em seu livro “Toxoplasmose: Dúvidas e Controvérsias”, como locais de alta prevalência de lesões oculares por toxoplasmose, possivelmente devido à similaridade das condições geográficas e socioculturais.

Conforme Machado, Bortolli e Bassanezi (2016, p.101), diversas hipóteses foram desenvolvidas para explicar a alta prevalência de toxoplasmose ocular na região de Erechim/RS. A idade precoce de infecção, assim como uma exposição por longo prazo do indivíduo pode aumentar a chance de desenvolvimento de complicações oculares. É possível

---

<sup>25</sup> Disponível em: <<https://www.iorj.med.br/transplante-de-celulas-tronco-2/>> Acesso em: 07 jan. 2019.

ainda afirmar que diferenças genéticas do hospedeiro e outros agentes externos podem interagir e alterar o curso da doença, a fim de proporcionar o desenvolvimento de uveíte posterior.

## 7 METODOLOGIA

Esta sequência didática abrange a pesquisa qualitativa realizada em artigos e livros didáticos do ensino médio e superior que tratam do tema *Óptica da Visão*. Além disso, contempla o tema *Toxoplasmose* como elemento contextualizador, realizado paralelamente às atividades de sala de aula. O objetivo foi construir um material de apoio para o professor de Física que atua no Ensino Médio, destacando a importância de uma articulação interdisciplinar com a disciplina de biologia. Através das referências obtidas ocorreu a organização de uma estrutura didática composta de textos resumos do conteúdo, experimentos, simulações, links da internet para pesquisa e vídeos, tendo em vista o planejamento de um aprendizado interdisciplinar, fundamental na prática escolar e premissa nas provas do ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio). Dessa forma, o assunto *Óptica da Visão e Toxoplasmose* foram tratados através de uma compreensão global, articulando as competências que são desenvolvidas na disciplina de Física e Biologia. O quadro 1 contém a organização das etapas da sequência didática.

Quadro 1: Estrutura da sequência didática

Aulas ministradas	Procedimentos
<p><b>Aula 1</b>            Duração: 2 períodos de 50 minutos            Local: laboratório e sala de aula</p>	<p>Introdução do conteúdo através das atividades experimentais de demonstração.            Experimento 1: Invisibilidade observada devido à refração.            Experimento 2: Esferas de hidrogel.            Conteúdos abordados:            – Refração da luz.            – Índice de refração: refringência do meio de propagação.            – Leis da refração.            Aula expositiva e dialogada referente aos fenômenos observados no experimento e sua relação com o tema.</p>
<p><b>Aula 2</b>            Duração: 2 períodos de 50 minutos</p>	<p>Correção dos exercícios de fixação.            Experimento 3: Lei de Snell – Descartes.</p>



<p>Local: laboratório e sala de aula</p>	<p>Experimento 4: Reflexão total          Conteúdos abordados:          – Reflexão total da luz          – Fibras ópticas.          Resolução de lista com exercícios de vestibular.</p>
<p><b>Aula 3</b>          Duração: 2 períodos de 50 minutos          Local: laboratório e sala de aula</p>	<p>Organização dos grupos de alunos e distribuição dos trabalhos complementares que serão apresentados, culminando nos temas: <i>Óptica da visão e Toxoplasmose</i>.          Lembretes importantes referentes à aula anterior          Correção dos exercícios da aula anterior          Sequência da aula com atividade experimental.          Experimento 5: Dioptra plano.          Conteúdos abordados:          – Imagem em dioptra plano          – Dispersão luminosa          – Prismas          – Lâmina de faces paralelas          Resolução de lista com exercícios de vestibular</p>
<p><b>Aula 4</b>          Duração: 2 períodos de 50 minutos          Local: laboratório e sala de aula</p>	<p>Correção dos exercícios da aula anterior.          Atividade sequencial com o seguinte experimento:          Experimento 6: Lentes esféricas</p>
<p><b>Aula 5</b>          Duração: 2 períodos de 50 minutos          Local: laboratório e sala de aula</p>	<p>Experimento 7: A matemática das lentes          Conteúdos abordados:          – Classificação de uma lente          – Elementos geométricos de uma lente          – Propriedades dos raios de luz em lentes esféricas          Explicação do conteúdo e resolução de exercícios.</p>
<p><b>Aula 6</b>          Duração: 2 períodos de 50 minutos          Local: laboratório e sala de aula</p>	<p>Revisão da aula anterior e esclarecimento de dúvidas.          Introdução da aula com atividades experimentais.          Experimento 8: Lentes biconvexas convergentes e divergentes.          Conteúdos abordados:          – Formação de imagens em lentes esféricas          Resolução de lista com exercícios de vestibular</p>
<p><b>Aula 7</b>          Duração: 2 períodos de 50 minutos          Local: laboratório e sala de aula</p>	<p>Experimento 9: Lentes caseiras          Conteúdos abordados:          – Análise de imagens formadas em lentes esféricas          Discussão dos resultados          Resolução de exercícios.</p>

<p><b>Aula 8</b> 2 períodos de 50 minutos Local: laboratório e sala de aula</p>	<p>Realização do experimento com participação voluntária dos alunos. Conteúdos abordados: Toxoplasmose e Toxoplasmose ocular Experimento 10: Dissecção do olhos de bovinos</p>
<p><b>Aula 9</b> 2 períodos de 50 minutos Local: laboratório e sala de aula</p>	<p>Comentários da aula anterior Experimento 11: Vícios de refração Conteúdos abordados: – Principais anomalias da visão – Vergência de lentes esféricas – Equação dos fabricantes de lentes</p>
<p><b>Aula 10</b> 2 períodos de 50 minutos Local: laboratório e sala de aula</p>	<p>Experimento 12: Mito da caverna Conteúdos abordados: – Propagação retilínea da luz – Formação de imagens – Distância focal Resolução de exercícios.</p>
<p><b>Aula 11, 12 e 13</b> Duração: 5 períodos de 50 minutos Local: laboratório e sala de aula</p>	<p>Seminário integrador relativo ao temas: Olho emétrepe; Miopia e Hipermetropia; Astigmatismo e Presbiopia; Cirurgia Refrativa; Conjuntivite e Daltonismo; Toxoplasmose e Toxoplasmose ocular. Apresentação das atividades práticas e experimentais.</p>

## 7.1 Aula 01

No início da aula foi exposto para os alunos, que as aulas seguintes faziam parte da pesquisa de mestrado da professora. Com objetivo final de abordar o tema Óptica da Visão sob um aspecto interdisciplinar, os mesmos foram informados de que a disciplina de biologia também estaria presente no planejamento. Sendo assim, com a participação dos alunos, as aulas foram fotografadas e gravadas com a utilização de celulares. Além disso, ficou claro que a avaliação seria feita de forma conjunta, entre estas duas disciplinas de maneira qualitativa e quantitativa.

A primeira atividade foi o Experimento 1 (realizado conforme descrito no Material de Apoio ao Professor de Física), os alunos foram levados no laboratório e observaram que introduzindo o bastão de vidro na glicerina, na água e no óleo, dependendo da situação este ficava transparente.

Despertando a curiosidade para tal fato, deu-se início as explicações, sobre os conceitos de refração, com esclarecimentos das dúvidas.



**Figura 18.** Bastão de vidro na água e na glicerina

Na figura 2 os alunos puderam verificar que a proveta, apenas com ar no seu interior, ficava nítida quando mergulhada no óleo. Adicionando-se óleo dentro da proveta, esta ficava transparente gradativamente. Fato semelhante foi constatado ao mergulhar a proveta cheia de óleo no béquer, que continha água e óleo, seguindo-se 50% visível e 50% invisível aos olhos dos alunos.



**Figura 19.** Atividade com óleo e proveta

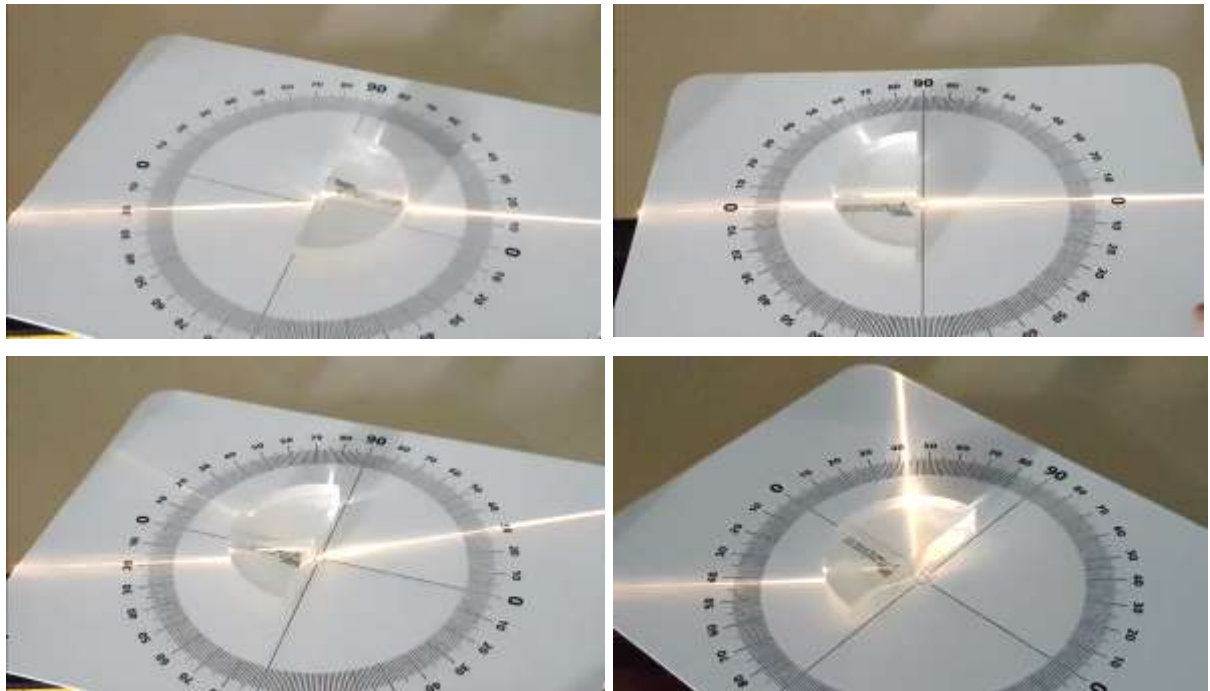
Posteriormente, o Experimento 2 causou grande interesse na turma que participou ativamente das atividades (Figura 20), e resolveu os exercícios referentes a relação entre os ângulos de incidência e de refração, com os índices de refração  $n_1$  e  $n_2$ . O embasamento para o detalhamento do conteúdo, bem como o procedimento para a realização dos experimentos, encontra-se no texto de apoio, disponível para o Professor de Física no anexo A.



**Figura 20.** Esferas de hidrogel

## 7.2 Aula 02

A prioridade desta aula foi estudar a reflexão total e o ângulo limite (Figura 21). Após a correção dos exercícios da aula anterior, os alunos se deslocaram até o laboratório e observaram a primeira atividade (Experimento 3), cujo objetivo foi utilizar a lei de Snell, para obter uma expressão que permitisse calcular o valor do ângulo limite  $L$ . Para tal, os alunos observaram a incidência do raio laser do ar para o acrílico, em relação à normal com um ângulo  $\theta_1$ , e o seu correspondente ângulo de refração  $\theta_2$ , a seguir calcularam o índice de refração do acrílico e o seu ângulo limite.

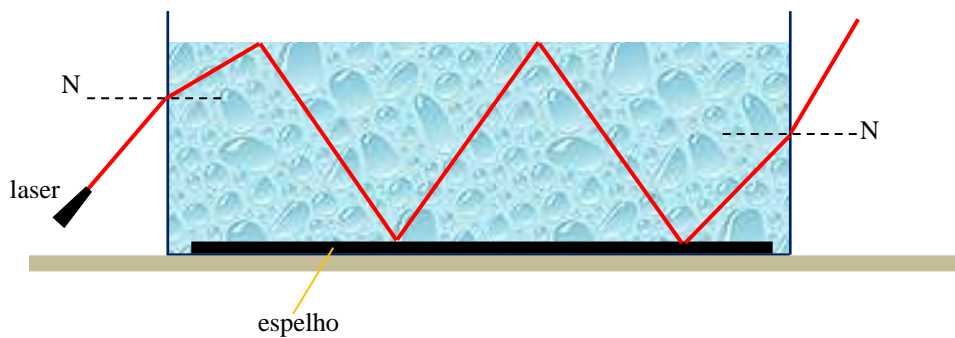


**Figura 21.** Índice de refração e ângulo limite

Fonte: < <https://www.youtube.com/watch?v=ICPMcDPkfqw> >

Acesso em: 26 out. 2018. (Adaptado)

Em seguida realizou-se o Experimento 4, que consistiu da utilização de um aquário com espelho na base interna e cheio de água (Figura 22). Posicionando um laser na lateral do aquário, foi fácil perceber o comportamento do raio de luz, proveniente da água para o ar, até ultrapassar o ângulo limite e acontecer a reflexão total.



**Figura 22.** Fonte: Elaborado pela autora.

### 7.3 Aula 03

Na aula 3 aconteceu a organização dos alunos em grupos para que iniciassem a pesquisa do assunto escolhido. Os temas apresentados foram os seguintes: Olho emétrepe; Miopia e Hipermetropia; Astigmatismo e Presbiopia; Cirurgia Refrativa; Conjuntivite e Daltonismo; Toxoplasmose e Toxoplasmose ocular. Também foram descritos os critérios de avaliação dos trabalhos e disponibilizados no portal de acesso da escola, dessa forma o registro garante que todos os alunos tenham conhecimento, o modelo segue abaixo:

#### SOBRE A APRESENTAÇÃO DOS TRABALHOS

PESQUISA	RELATÓRIO	EXPERIMENTO	ATITUDE	EXPRESSÃO ORAL	DEDICAÇÃO	ESTÉTICA	MÉDIA
	3 PONTOS	3 PONTOS	1 PONTO	2 PONTOS	1 PONTO	0,5 ponto	10,5 PONTOS

R= RELATÓRIO = 3 PONTOS

1. Introdução
2. Desenvolvimento
3. Conclusão
4. Bibliografia

(cuidado com trechos copiados na íntegra e sem referência aos autores)

E = EXPERIMENTO = 3 PONTOS (Experimento montado e funcionando, explicação e relatório escrito)

1. Objetivo
2. Materiais
3. Métodos e Procedimentos
4. Conclusão

#### Formatação para os trabalhos ABNT

- **Papel:** A4 – cor branca
- **Fonte:** Times New Roman tamanho 12 – cor: preta.
- **Margens:** Direita e inferior: 2cm / Esquerda e superior: 3cm
- **Parágrafos / Espaçamento:** 1,5 entre linhas

A = ATITUDE = 1 PONTO (comportamento, agir e reagir frente aos desafios do trabalho).

O= EXPRESSÃO ORAL= 2 PONTOS

1. A apresentação oral foi clara e despertou interesse da turma pelo assunto?

2. O apresentador demonstrou ter se preparado adequadamente para transmitir o conhecimento aos demais?
3. Os tópicos da apresentação foram bem organizados?
4. Será estipulado um tempo mínimo de 15 minutos e máximo de 20 minutos para as apresentações de cada grupo.
5. Em virtude de o tempo ser delimitado, cabe ao grupo selecionar os tópicos mais importantes a serem apresentados.
6. Ressalta-se que a apresentação deve ser coesa, com princípio, meio e fim.

D= DEDICAÇÃO = 1 PONTO (Participação da equipe na condução da pesquisa e na apresentação)

OBS: acredito que todos os integrantes dos grupos participarão igualmente, pois a responsabilidade e a ética devem ser compromissos de todo profissional. Caso algum participante não tenha contribuído para a realização das tarefas cabe aos demais membros do grupo comunicar ao professor sobre sua irresponsabilidade. Assim as notas ficam sujeitas a modificações.

A= ESTÉTICA DO EXPERIMENTO = 0,5 ponto (criatividade, acabamentos bem feitos, simetria...)

M = MÉDIA = SOMA DE TODOS OS PONTOS

#### OBSERVAÇÕES DO AVALIADOR

O próximo passo foi a demonstração do Experimento 5 com a finalidade de observar o fenômeno da separação da luz policromática em suas componentes monocromáticas (Figura 23). Para isso, utilizamos um prisma de vidro e um prisma de água. Estes formaram na parede do laboratório um arco-íris, culminando na explicação sobre esse fenômeno.



**Figura 23.** Trajetória da luz branca no prisma e decomposição dessa luz

Fonte: < <https://www.youtube.com/watch?v=VZVUm7jVWp4&t=43s> >.

Acesso em: 29 out. 2018

Depois disso, os alunos puderam verificar que o ângulo de entrada e o ângulo de saída são iguais, no dióptro plano de acrílico. Confirmando os cálculos que já haviam feito nas listas de exercícios entregues em aula.

Os fenômenos da refração e algumas questões de vestibulares recorrentes, podem ser mais bem entendidas, com a consulta ao material de apoio ao professor de física, no Apêndice A.

#### 7.4 Aula 04

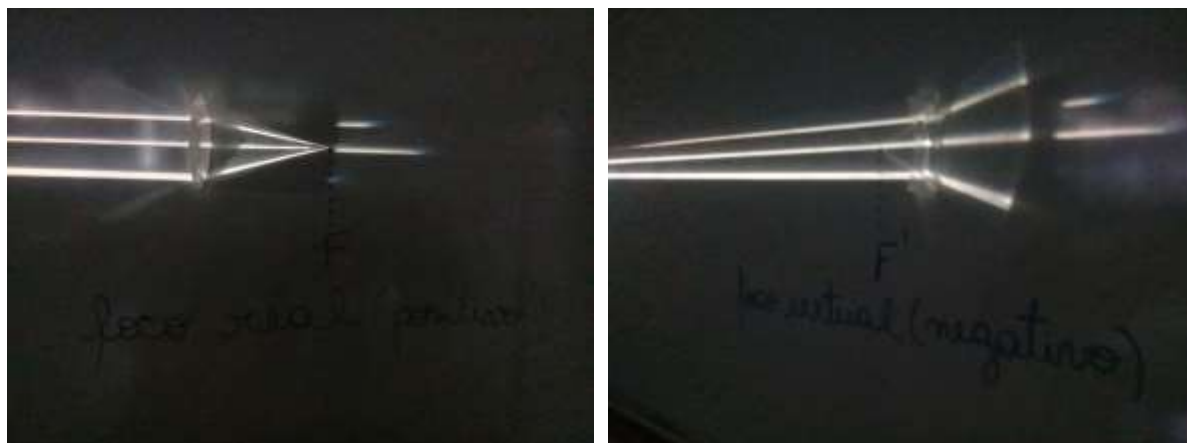
Seguindo o planejamento, nesse encontro foi possível classificar as lentes e observar a convergência e divergência dos raios luminosos utilizando um aparato bem simples, um retroprojetor (Figura 24), que projetava raios paralelos no quadro branco. Antes de tudo, foram mostradas para os alunos as lentes de acrílico: biconvexa, plano-convexa e côncavo-convexa, depois cada lente foi posicionada na frente dos raios luminosos e os alunos puderam constatar o comportamento do feixe de luz incidente.



**Figura 24.** Lentes convergentes e divergentes.



Além disso, foi possível localizar o foco real e o foco virtual de cada lente (Figura 25) e resolver os exercícios com mais clareza. Todos os passos desse experimento estão relatados no Anexo A do Material de Apoio ao Professor de Física (Experimento 6).

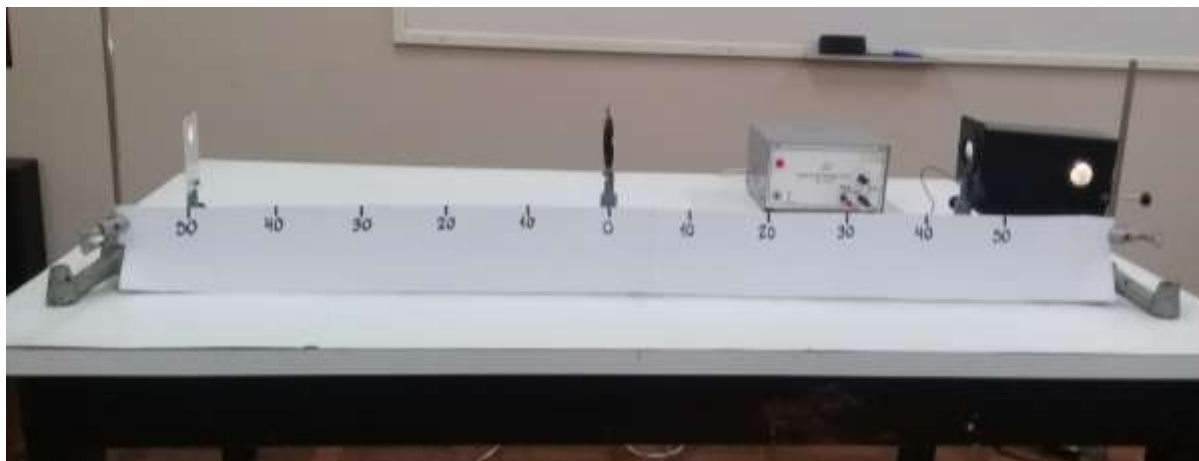


**Figura 25.** Foco real e foco virtual.

## 7.5 Aula 05

Nessa aula, antes de tudo, a professora escreveu no quadro alguns lembretes dos tópicos importantes relativos ao encontro anterior, depois determinamos a distância focal de uma lente convergente.

Com o auxílio da Figura 26, os alunos observaram o feixe de luz passar através da lente e bater no anteparo, nesse caso não havia formação de imagem. Posteriormente, deslocando-se a lente obtivemos uma imagem nítida e invertida. Medindo o tamanho do objeto (letra F), encontramos o valor de 1 cm de altura, ou seja, igual a medida da imagem projetada (Figura 27), os alunos concluíram que a distância focal deveria ser  $p/2$ . Notaram também, que além da imagem ficar de cabeça para baixo, houve reversão do lado esquerdo e direito da letra F.



**Figura 26.**



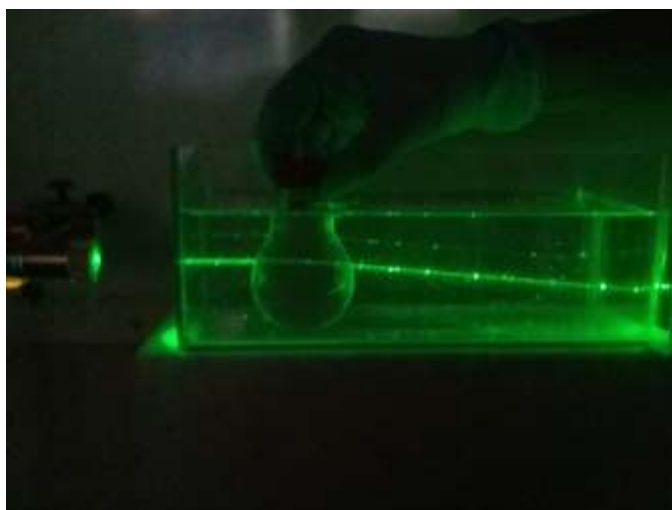
**Figura 27. Imagem real.**

Para a escola que não dispõe deste material, no Anexo A o professor encontra o Experimento 7 que simula o mesmo fenômeno. Depois desta atividade, os alunos voltaram para a sala de aula, a explicação sobre lentes foi complementada com algumas simulações (Anexo A).

## 7.6 Aula 06

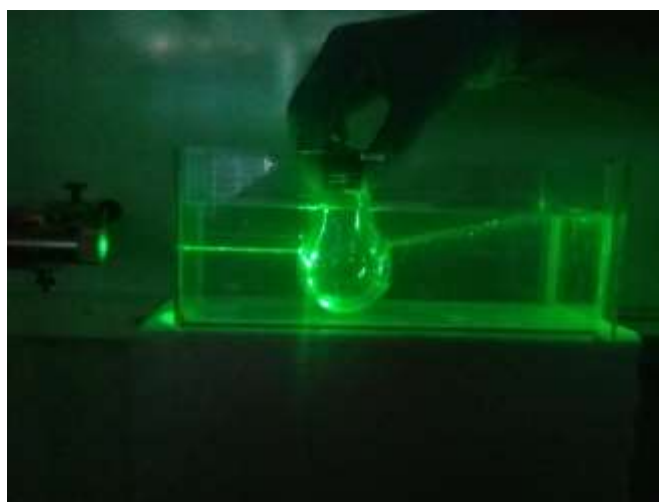
Nesse encontro examinamos o caso em que a lente é imersa em um meio de índice de refração *maior* ou *menor* do que a própria lente.

Sabemos que uma lente biconvexa de acrílico, mergulhada no ar, é convergente, fato verificado na Aula 04 e confirmado com os alunos que observaram a lâmpada de glicerina envolvida por água (Figura 28).



**Figura 28.** Lâmpada com glicerina dentro da água.

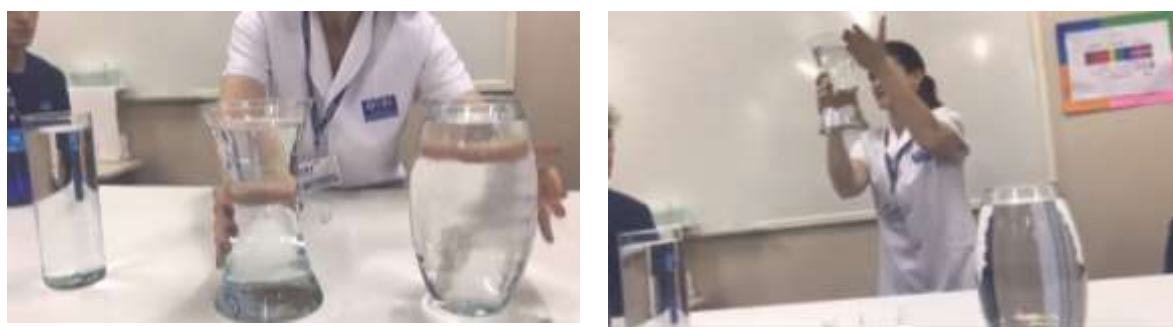
Agora, temos uma situação inversa: uma lente de ar envolvida por água, isto é, temos uma lente biconvexa mergulhada em um meio cujo índice de refração é maior que a lente. Nessas condições a lente biconvexa se torna divergente (Figura 29).



**Figura 29.** Lâmpada com ar dentro da água.

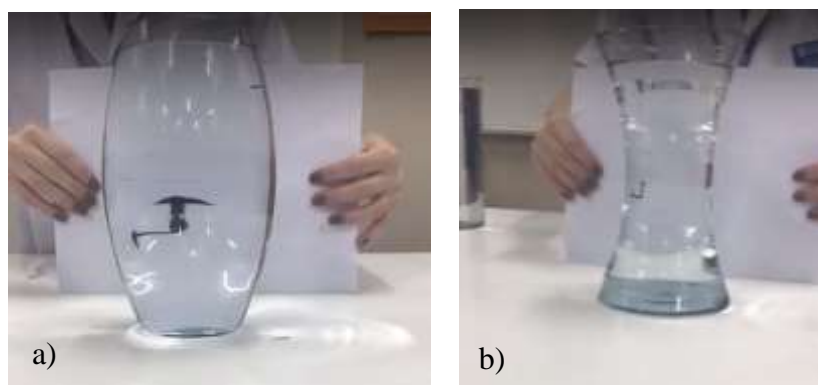
## 7.7 Aula 07

O objetivo dessa aula foi demonstrar para os alunos através do Experimento 9, que é possível enxergar uma imagem real sem o auxílio de um anteparo. Para essa atividade, recorreu-se a recipientes comprados em lojas de utensílios domésticos (Figura 30). Esse momento propiciou a retomada do conteúdo, mostrando a similaridade desses recipientes com as lentes estudadas.



**Figura 30.** Analogia entre os vasos e as lentes.

Primeiramente utilizamos os vasos com água desempenhando o papel de lentes convergentes e divergentes, mostrando *imagens virtuais e ampliadas* na Figura 31 (a); *virtuais e reduzidas* na Figura 31 (b). O objeto para a lente foi o desenho da seta no cartão.



**Figura 31.** Imagens virtuais.

Em seguida os alunos visualizaram a *imagem real*, produzida pela lente cilíndrica e perceberam a inversão da imagem apenas no eixo horizontal (Figura 32).



**Figura 32.** Imagem real, inversão da seta apenas no eixo  $x$ .

Com a lente esférica (Figura 33) a inversão da imagem ocorreu nos dois eixos, horizontal e vertical.



**Figura 33.** Imagem real, inversão da seta no eixo  $x$  e no eixo  $y$ .

Para agregar valor à aula, os estudantes puderam se divertir com figuras e lentes cilíndricas que exemplificavam bem o conceito de inversão simétrica da imagem. Além disso, surgiu o debate sobre as pessoas com astigmatismo que necessitam de óculos com lentes cilíndricas para a correção da visão.

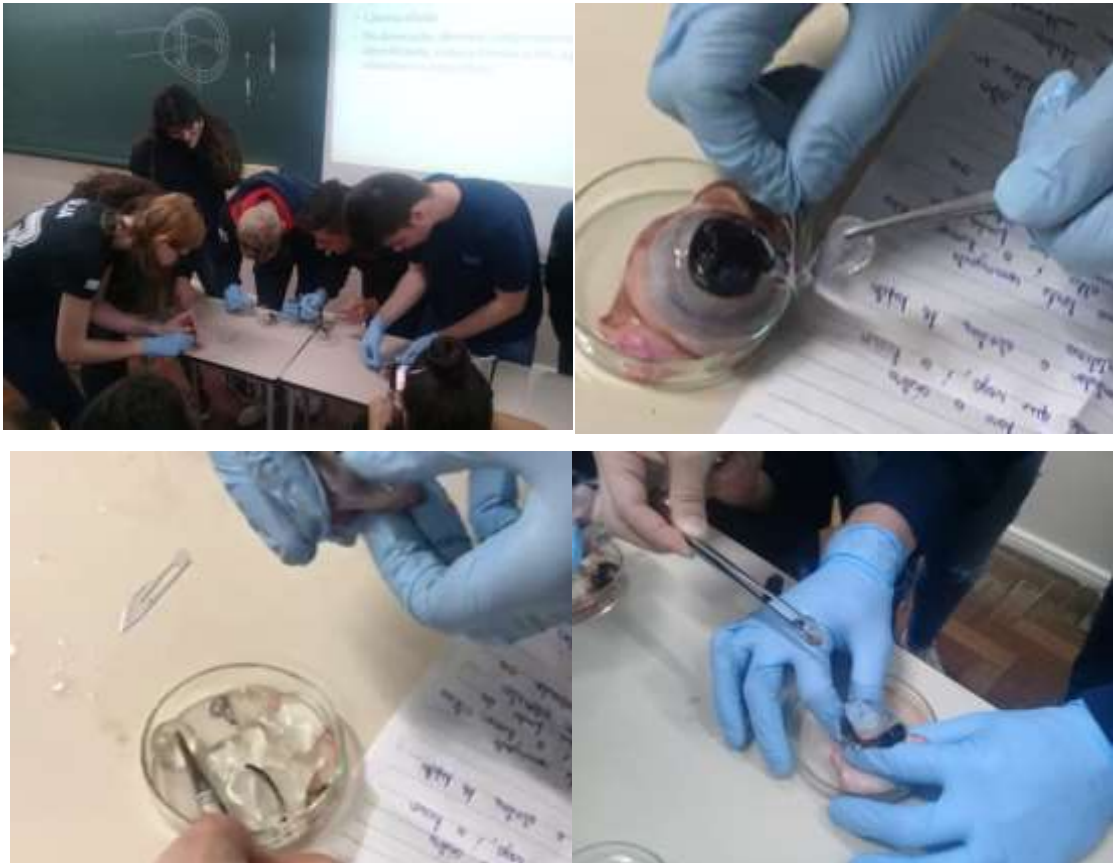


**Figura 34.** Alunos interagindo com o experimento.

## 7.8 Aula 08

A proposta da Aula 8, realizada conjuntamente com a disciplina de biologia, foi o exame da anatomia do olho de boi, cujo objetivo foi de contribuir no melhor entendimento de como o nosso próprio olho funciona. Os alunos, por encomenda prévia, conseguiram o material num matadouro de Erechim e realizaram a atividade em grupo.

O olho bovino é muito semelhante ao olho humano, sendo assim, os alunos puderam identificar a córnea, o humor aquoso, a íris, o cristalino, o humor vítreo, a retina e o tapete (Figura 35).



**Figura 35.** Alunos dissecando olho de boi.

Foi destacado que a camada azul-esverdeada (Figura 36) é encontrada em alguns animais sendo responsável pelo brilho dos olhos à noite, após a reflexão da luz. No ser humano esse fundo de olho é preto, absorvendo a luz que passa pela retina.

Na aula de biologia a professora retomou a explicação sobre a estrutura interna dos olhos e o ciclo biológico da toxoplasmose, na aula de física a ênfase foi na captação de luz, interpretação das imagens e localização da retina, que é onde a Toxoplasmose pode causar as lesões mais graves.



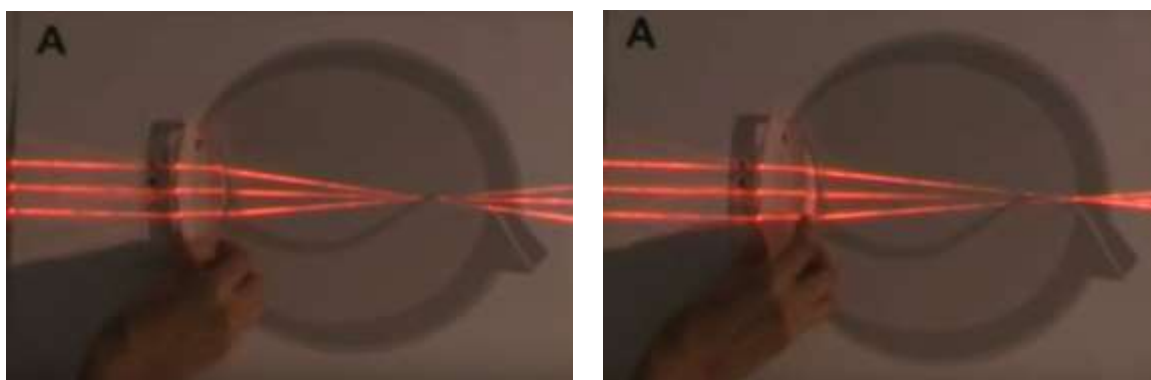
**Figura 36.** Tapete no olho de boi.

Essa ação coletiva propiciou a discussão com os alunos sobre a Toxoplasmose, os riscos, causas e complicações. Como essa doença afeta a integridade física do olho, as fases de comprometimento da visão e as formas de prevenção e tratamento. A atividade está descrita no material de Apoio ao Professor de Física no Anexo A.



## 7.9 Aula 09

De acordo com o programado, a sequência da Aula 9 permitiu discorrer sobre as principais anomalias da visão, a vergência de lentes esféricas e a equação dos fabricantes de lentes. Para tal trabalhamos com o Experimento 11: Vícios de refração (Anexo A), utilizou-se o quadro branco do laboratório, fixando com fita adesiva o conjunto três lasers, de modo que permanecessem ligados, e a figura do olho normal. A seguir, a professora anexou a lente biconvexa na região onde se situa o cristalino do olho. Os alunos observaram a convergência dos raios luminosos na retina. Logo após, substituindo a imagem do olho normal pelo olho alongado, os alunos perceberam que a convergência se dá antes da retina (Figura 37), característica do olho com miopia. Então, na frente da lente do olho, foi posicionada a lente divergente fazendo com que os raios novamente recaíssem na retina.



**Figura 37.** Raios incidindo na retina.

Prosseguindo a atividade, trocamos a imagem do olho alongado, pela imagem do olho mais curto, aspecto da hipermetropia. Com isso, os alunos notaram um erro de refração que faz com que a imagem seja focada atrás da retina. Para corrigir utilizou-se a lente convergente que foi fixada na frente do cristalino do olho.

Depois da atividade, os alunos retornaram para a sala de aula, esclareceram dúvidas sobre o conteúdo e terminaram os exercícios de fixação.

A aula foi concluída com orientações sobre a aula seguinte, ressaltando para os alunos a relação com os objetivos gerais, anteriormente expostos.

## 7.10 Aula 10

Para fortalecer os temas trabalhados nas aulas anteriores foi confeccionada uma câmara escura com lente, possibilitando aos alunos fazerem associações com os conteúdos vistos anteriormente, ficando evidente, por exemplo, o conceito de propagação retilínea da luz e como é a formação de imagens na retina do olho. É interessante observar que essa câmara escura foi construída com embalagens de bebidas, mas o professor pode empregar outros materiais, como cano de PVC de 100 mm, ela também possui ajuste da distância focal, é fácil de manusear, o dispositivo permite visualizar uma imagem bem nítida no anteparo, quando comparada com outras câmaras de experimentos semelhantes (Figura 38).



**Figura 38.** Observação da imagem invertida através da câmara escura.

Daí em diante os alunos reuniram-se em grupos para pesquisar e organizar as apresentações dos seus trabalhos.

## 7.11 Aulas 11, 12 e 13

Essas aulas foram destinadas para os alunos apresentarem os seminários e os respectivos experimentos. Salienta-se que todos os trabalhos tinham relação intrínseca com o conteúdo das aulas anteriores, sendo que os tópicos para a pesquisa foram distribuídos anteriormente com a seguinte ordem de apresentação:

**1º grupo:** Olho emétrepe (olho normal)

**2º grupo:** Miopia e Hipermetropia

**3º grupo:** Astigmatismo e Presbiopia

**4º grupo:** Cirurgia Refrativa

**5º grupo:** Conjuntivite e daltonismo

**6º grupo:** Toxoplasmose

**7º grupo:** Toxoplasmose ocular

Os temas *toxoplasmose* e *toxoplasmose ocular* não fazem parte da ementa do ensino médio, tampouco são assuntos de vestibulares, no entanto é um problema marcante de saúde pública do município de Erechim (RS), por essa razão é preciso promover uma discussão na escola sobre o assunto. Diante disso, tem sentido acrescentar aos conceitos das ametropias oculares, já estudadas no Ensino Médio, o estudo das complicações da Toxoplasmose Ocular.

Quando há infecção pelo *Toxoplasma*, ocorre uma inflamação na retina, que deixa uma cicatriz. Um dos sintomas é a diminuição da visão, em casos mais graves, pode ocorrer uma destruição maciça do tecido ocular ou atingir áreas nobres dos olhos como a mácula e o nervo óptico causando a cegueira.

Desse modo, optou-se por uma abordagem geral da toxoplasmose para a específica ocular, com o intuito de entender a transmissão, o ciclo, a epidemiologia, a progressão, os sintomas e a prevenção da doença.

A avaliação foi um instrumento fundamental nesse processo, que ofereceu informações para os professores sondarem os resultados de seu trabalho e para o aluno analisar o seu desempenho, possibilitando o diagnóstico das dificuldades e o redirecionamento das estratégias, visando o sucesso escolar. Por isso, a ação avaliativa foi contínua e realizada conjuntamente pelas disciplinas de Física e Biologia, constituindo uma das notas do terceiro

trimestre do período letivo do ano de 2017. Decidir o que, como e quando avaliar não é tarefa fácil, mas ela não pode e não deve ser ignorada, quando se pretendem práticas pedagógicas eficientes.

A avaliação foi mediante critérios preestabelecidos que estiveram explicitados nos formulários entregues para os alunos. As notas atribuídas, listadas nos formulários, foram complementadas por um parágrafo redigido pelo avaliador, justificando as notas atribuídas e comentando os pontos considerados.

A pontuação incluiu um trabalho escrito no qual deveria conter: *relatório de pesquisa* e um *relatório do experimento*, também a *atitude*, a *expressão oral*, a *dedicação* e a *estética do experimento* complementaram a nota somatória dos alunos.

## **7.12 Relatório de pesquisa**

Todas as informações obtidas sobre os trabalhos foram organizadas em um relatório de pesquisa, seguindo algumas normas básicas de organização de trabalhos escolares.

O relatório de pesquisa teve o objetivo de revisar a literatura existente e levantar dados para a facilitar o desenvolvimento do aprendizado, seguindo um padrão contendo etapas, assim organizadas:

– *Capa*: Nome da Escola; Título da Dissertação; Nome e turma dos Integrantes do Grupo, em ordem alfabética e Data.

– *Introdução*: contendo a ideia básica do tema, o ponto de vista, um juízo de valor, uma definição, enfim, uma generalização qualquer com a qual se inicia o processo dissertativo e apresentação de alguns índices que nortearão o percurso argumentativo.

– *Desenvolvimento*: expansão da ideia básica por meio da análise que o problema suscitou; exploração e hierarquização dos argumentos; justificativa com fundamentos da ideia básica.

– *Conclusão*: ideia-resumo do que foi anteriormente explorado; fecho do raciocínio desenvolvido no percurso dissertativo; expressa o objetivo da pesquisa.

– *Bibliografia*: Relação das fontes consultadas: *sites*, revistas, jornais e livros, dispondo-as em ordem alfabética pelo sobrenome dos autores.

– *Apêndices*: experimento, fotos, entrevistas, etc. Nessa parte deveriam constar os registros do grupo que foram organizados ao longo da pesquisa.

### 7.13 Seminário

O objetivo do seminário foi o de aprofundar a matéria, potencializando os conhecimentos específicos a respeito do assunto relacionado ao tema *Óptica da Visão*. Da mesma forma, em evidência o assunto da toxoplasmose encerrou os debates.

O seminário (Figura 39) incentivou a oralidade dos educandos, foi realizado na sala de aula, onde os alunos apresentaram em Datashow e outros recursos. Teve a duração de vinte minutos por grupo, realizado nos dias 20, 21 e 22 de novembro de 2017.



**Figura 39:** Alunos apresentando seminário

As apresentações foram gravadas e assistidas pelos alunos, para que os mesmos pudessem se observar, a intenção foi que em apresentações futuras evitassem gestos excessivos e expressões faciais que não condizem com a situação. Aprender a manter o tom da voz num

ritmo bem articulado de modo a não se tornar monótono e ter o cuidado para permanecer de frente para a plateia.

#### 7.14 Atividades práticas realizadas pelos alunos

A organização dos trabalhos iniciou com a distribuição dos temas para as equipes dos alunos, seguindo com a pesquisa bibliográfica como fundamentação teórica. Essa leitura permitiu que os alunos fossem elaborando ideias de como procederiam para a realização das atividades práticas, estas deveriam estar de acordo com o Relatório de Pesquisa e o Seminário.

Alguns trabalhos foram apresentados em forma de maquetes, outros como atividades experimentais, no período de outubro a novembro de 2017. Sob a orientação do professor, cada grupo pode fazer uso de serviços e equipamentos fornecidos pela escola em horários extraclasse, o material utilizado foi comprado pelos alunos.

As ações envolveram conceitos de toxoplasmose, refração, reflexão da luz, lentes e ametropias da visão. A seguir, a descrição destes trabalhos desenvolvidos pelos alunos:

*Toxoplasmose ocular:* Esse trabalho teve por objetivo transcorrer a respeito da toxoplasmose, uma doença causada por parasitas que, se não tratada adequadamente, gera graves consequências ao indivíduo e à sociedade como um todo. A discussão sobre a toxoplasmose, provocou maior atenção para esse problema entre os educandos. Para tal, os alunos realizaram uma atividade para demonstrar um globo ocular que apresenta sinais de toxoplasmose ocular, tais como: sensibilidade a luz, dor ocular, moscas volantes, alteração da visão e vermelhidão na esclera (Figura 40).



**Figura 40:** Vermelhidão no olho devido à toxoplasmose.

Os materiais utilizados na confecção do olho foram: biscoito branco, lã vermelha, tinta acrílica fosca vermelha, esmalte incolor e a imagem recortada de uma pupila. Para fazer a esclera do olho foi utilizado o biscoito e moldado na forma desejada. As veias foram representadas por pequenos fiapos de lã colados no biscoito com esmalte incolor. Para criar a vermelhidão, foi usado tinta acrílica diluída em água. A pupila do olho foi feita a partir de uma imagem impressa, recortada e colada no biscoito. Na finalização foram passadas duas camadas de esmalte incolor em volta do globo.

Com o experimento foi possível perceber parte dos danos causados pela toxoplasmose ocular, também a importância da prevenção e caso houver apresentação dos sintomas; procurar ajuda de um especialista.

O estudo alertou também que, nesses casos raramente são necessários medicamentos intra-oculares, laser ou cirurgia, entretanto a toxoplasmose ocular pode causar descolamento de retina, se tornando necessário um procedimento cirúrgico; ou gerar uma cicatriz na retina (Figura 41) com danos irreparáveis na visão. Alguns pacientes apresentam recorrências frequentes e precisam tomar remédio por tempo prolongado para evitar ou diminuir as novas crises.



**Figura 41:** Maquete do olho com cicatriz na retina devido à toxoplasmose.

Projetor de gotas e fotos refrativas: O principal conceito mostrado é o da óptica geométrica. A gota que fica em suspensão numa seringa, representa uma lente convergente, e, por esse motivo, ocorre o fenômeno de refração do raio laser, já que ele passa entre dois meios. Meio 1, o inicial, que seria o ar, e o Meio 2, o segundo, que seria a água (gota), voltando ao meio inicial (ar) após ser refratado, isto é, perder sua velocidade e difundir seus raios. O processo se baseia, então, em dois processos refrativos, o primeiro, no sistema ar-água, quando ocorre o contato da luz (raio laser) com as substâncias e organismos da água e o segundo, água-ar, onde ocorre a formação de uma imagem real (projetada) na parede ou objeto colocado após a seringa (atrás).

O que se pode concluir então, é que o laser age como um raio de luz que incide na gota com um ângulo específico, a gota age como um meio refrator, o qual diminui a velocidade do raio e conseqüente, é difundido na parede em um tamanho específico correspondente ao ângulo usado na incidência do raio inicial e também correspondente ao tamanho da gota. Por exemplo, caso aumentemos o tamanho específico da gota, a imagem refletida aumentará também, em uma constante de proporcionalidade. Outro fator essencial é o ângulo de incidência do raio laser, o qual interfere na forma que ocorre a trajetória do raio e conseqüentemente em como ele será difundido após ser refratado na gota, isto é, conforme posicionamos o aparato laser em relação à sustentação em que se encontra a gota, a posição da imagem que irá se formar também irá mudar.

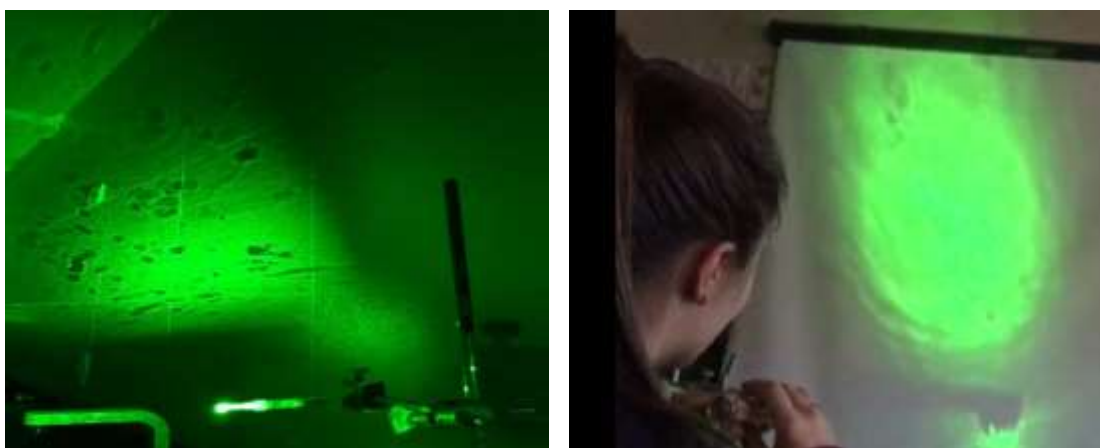
Este microscópio caseiro tem um princípio físico modesto, porém extremamente esclarecedor: a gota d'água "suja" entra em atividade como uma lente esférica, recebendo a iluminação do laser e, como uma lente esférica que apresenta as duas faces convexas e possui os bordos mais finos do que a região central faz com que os raios se concentrem e depois se separarem, e com isso conseguimos uma projeção de imagem na parede. Como a água está contaminada, os micro-organismos da água que estão na passagem dessa luz, acabam sendo reproduzidos num tamanho visível a olho nu, isto é, uma projeção de uma imagem real.

O fato de a água utilizada ser contaminada, possibilita concluirmos que efetivamente é possível enxergarmos os microrganismos na ampliação que a luz do laser provoca, e assim reiterar a importância dos cuidados com o tratamento da água, que se não estiver em condições adequadas pode ocasionar inúmeras doenças, inclusive a *Toxoplasmose*.



A transmissão da toxoplasmose pode ocorrer quando ingerimos alimentos que tenham sido contaminados ou lavados com a água contaminada com o protozoário *Toxoplasma gondii*, como frutas e verduras, ou mesmo pela ingestão de água contaminada.

Para a realização do experimento *Projedor de Gotas* (Figura 42) foi necessário a utilização de um laser, uma seringa e um suporte para a fixação de ambos. Para montar o experimento, precisa-se deixar a seringa com uma gota de água suspensa na ponta, mirar o laser perpendicularmente na gota, assim formando uma imagem ampliada no plano do anteparo. O suporte deve estar entre 3 a 5 metros de distância do anteparo. Por conta da difração da luz, ao redor da imagem dos micro-organismos, podem se formar algumas ondulações. É importante salientar que não é possível ver nenhuma unidade estrutural dos organismos, apenas seu formato.



**Figura 42:** Projeção dos microrganismos presentes na água contaminada, através da interação do feixe laser com a gota suspensa pela seringa.

No experimento das *Fotos Refrativas* (Figura 43), toda explicação teórica está ligada com a ideia da utilização das gotas como lentes convergentes, através do princípio da óptica. Assim como acontece em lupas, e lentes de câmeras, óculos e celulares, as gotas possuem o formato e o índice de refração para agir com verdadeiras lentes, as quais fazem com que a imagem do objeto, como árvores e quadros, reflitam na superfície da água da lente formando uma imagem do tipo real, isto é, projetada, ou e até mesmo atuam como lupas, aumentando o tamanho do objeto e facilitando a visualização de detalhes que a olho nu não seriam perceptíveis, sendo consideradas imagens virtuais.



**Figura 43:** Fotos refrativas (a) flor copo de leite; (b) guitarra; (c) árvores.

A forma que acontece esse processo é que o objeto natural, isto é, ainda não perceptível pela lente é refletido na mesma após ela ser colocada entre o aparato fotográfico e o próprio objeto, fazendo com que ocorra o aumento de tamanho da imagem ( $A > 0$ ) e uma consequente percepção de variados detalhes que poderiam não ser observados pelo olho humano. A imagem se forma na gota de modo virtual, isto é, não projetados, porém facilitando a visualização com maior eficácia que não seria possível através do olho humano – Exemplo: gota sobre a folha verde, mostrando os detalhes da mesma (Figura 44).



**Figura 44:** Fotos refrativas.

Contudo, a imagem formada também pode ficar menor que o objeto original ( $A < 0$ ), fazendo apenas com que ocorra a identificação do objeto, mas não a percepção de detalhes, a imagem é real, isto é, projetada.

Para a concretização desse *Projetor de Gotas* foi necessária uma seringa, para produzir a gota e uma câmera fotográfica que pode ser do celular. Para a montagem do experimento

basta apoiar a seringa com a gota já produzida em alguma superfície firme, posicionar a câmera na direção da gota e focar nela.

*Cirurgia refrativa; correção a laser de miopia, hipermetropia, astigmatismo e presbiopia:* Uma das cirurgias mais conhecidas entre as pessoas com problemas de visão é a cirurgia refrativa. Como é uma cirurgia que não necessita de internação para ser realizada, já que é feita com um equipamento chamado de Excimer Laser, é considerada um procedimento simples.

Para realizar essa cirurgia é necessário contemplar alguns critérios, entre eles: ter exames do grau dos olhos (Miopia, Astigmatismo e Hipermetropia) estáveis por pelo menos 1 ano; ter pelo menos 21 anos; não estar grávida ou em fase de amamentação.

Antes de se submeter à cirurgia, é preciso realizar um estudo completo do olho a ser operado juntamente com um oftalmologista especialista em cirurgia refrativa para: determinar a refração adequada para corrigir os erros refrativos; possuir uma topografia e estudo da paquimetria da córnea; possuir mapas paquimétricos e superficiais anterior e posterior da córnea; avaliação do cristalino do olho; estado da retina; pressão intraocular; e muitos outros aspectos a ser estudados e analisados pelo especialista.

Este método utiliza uma luz ultravioleta para modificar e remodelar a superfície da córnea e sua curvatura corrigindo assim os erros refrativos como Hipermetropia, Astigmatismo, Miopia e a Presbiopia.

Durante o procedimento, a movimentação do olho é monitorada por um sistema rastreador, o que garante a aplicação do laser no local correto, mesmo quando ocorrem movimentos oculares involuntários.

Para ilustrar os conceitos de refração no trabalho os alunos optaram pela construção dos experimentos abaixo (Figura 45), assim, foi possível perceber que a luz emitida pela lâmpada sofre refração ao passar pelas pastilhas de vidro ou bolitas. Uma analogia simples do comportamento convergente da luz ao passar por esses meios, no caso as lentes do olho, córnea e cristalino, estas são flexíveis e as pastilhas de vidro ou bolitas, lentes rígidas.



**Figura 45:** Refração da luz nas pastilhas de vidro (a) e nas bolitas (b) e (c).

*Olho emétrepe:* O experimento da Figura 46, teve o objetivo de mostrar como a imagem é formada na retina, a fim de compreender melhor como o olho funciona. Para fazer o experimento enche-se um balão, após cola-se várias camadas de papel jornal sobre todas as laterais do mesmo. Depois de algum tempo a cola está seca, com o balão já rígido é cortado uma parte. Em seguida, uma lente convergente é fixada na extremidade oposta ao corte.



**Figura 46:** Olho confeccionado com balão, cola e jornal.

A física Óptica se pauta nos conceitos de reflexão e refração dos raios luminosos em espelhos (Figura 47) e lentes (Figura 48), respectivamente. O sistema da visão dos organismos vivos usa processos e conceitos similares aos realizáveis em experimentos e observáveis no cotidiano, tornando esse assunto realmente interessante em projetos didáticos.



**Figura 47:** Reflexão da luz.



**Figura 48:** Projetor de celular com o auxílio de uma lâmpada.

Abaixo vemos uma lente com raio de curvatura variável, mostrando como o olho regula o foco na retina para objetos próximos e distantes (Figura 49).



**Figura 49:** Variação da curvatura do cristalino do olho para obter a imagem nítida na retina.

Este experimento foi pensado pelos alunos, tendo em vista a pessoa que tem uma grande dificuldade visual. Aqui no Rio Grande do Sul temos por tradição o chimarrão, sendo assim, o dispositivo da Figura 50 teve por objetivo alertar, através de um alarme sonoro, o nível de água quente na cuia, evitando assim possíveis queimaduras.



**Figura 50:** Sensor de nível de água.

### **7.15 Relatório do experimento**

Além das pesquisas bibliográficas, os alunos seguiram uma metodologia para os relatórios dos experimentos, abrangendo os seguintes itens: Objetivo (resumo breve do experimento e os objetivos que se pretende alcançar); Materiais e Métodos (enumeração dos materiais utilizados e os procedimentos); Conclusão (comentários relativos aos resultados obtidos e explicação do funcionamento ou teoria existente); Conclusão e Referências Bibliográficas.

## 8 RESULTADOS

Os desafios dos dias atuais têm exigido dos estudantes posições bem definidas diante de situações conflitantes e problemáticas, tomada de decisões e julgamentos, além do desenvolvimento de uma percepção crítica relacionada aos aspectos do cotidiano no ambiente em que vivem. Na vida escolar não é diferente.

A Física pode possibilitar a ligação entre o conhecimento científico e problemas de natureza física e social. O momento atual é o de repensar o ensino da física como facilitador do ensino-aprendizagem, buscando metodologias e estratégias que levem a uma prática significativa e mais próxima da realidade social em que o aluno está inserido contribuindo para a aquisição e renovação de conhecimentos, formação de atitudes e adoção de comportamentos saudáveis (BATISTA e KNOBLAUCH, 2013).

Mais do que fornecer informações, hoje se torna imprescindível no Ensino de Física explorar as questões envolvidas com o estudo da formação de imagens, lentes, as ametropias da visão e os cuidados necessários com o sistema visual, contribuindo para o desenvolvimento de uma postura crítica quanto aos elementos prejudiciais à saúde da visão. Nesse contexto, oportunizar ações no ambiente escolar que permitam ao aluno refletir sobre a importância dos cuidados com a saúde ocular, buscando subsídios que fortaleçam o conhecimento científico no estudo da óptica geométrica, pode auxiliar para uma aprendizagem consistente e prazerosa do Ensino da Física (BATISTA e KNOBLAUCH, 2013).

Considerando estes fatores, torna-se evidente que os olhos merecem cuidados especiais, pois até mesmo problemas simples relacionados à visão presente entre pessoas de diferentes faixas etárias e aliados à falta de informações, podem colocar em risco a saúde ocular bem como prejudicar a aprendizagem e a produção do aluno, podendo interferir na inserção e no relacionamento do mesmo em sociedade.

Sendo assim, a aplicação dessa sequência didática, com atividades diferenciadas, promoveu o entendimento que o olho humano é formado por um conjunto complexo de elementos que atuam de forma específica para que o ato de olhar/ver possa acontecer. Muitas vezes as estruturas do olho, responsáveis pela captação da luz e que desempenham a função ótica, podem sofrer com algumas alterações, seja de ordem genética ou por doença adquirida, por isso é fundamental compreender a função das lentes e valorizar a utilização dos óculos.

Além disso, as atividades interdisciplinares realizadas e descritas nessa dissertação, permitiram a consciência de que Erechim é apontada como a cidade com maior incidência de problemas de visão em pacientes com toxoplasmose no mundo. Tal fato, contribuiu para o aprofundamento o tema através do estudo do ciclo dessa doença, da progressão, dos sintomas e das formas de prevenção. Ainda, observaram-se mudanças conceituais e de postura nos alunos, explicitadas através dos trabalhos orais e nas avaliações que enfatizaram as ações preventivas da toxoplasmose, a fim de evitar a multiplicação do parasita no seu período ativo e os meios de minimizar os danos na retina e no nervo ótico.

No laboratório, foram apresentados experimentos que possibilitaram uma análise qualitativa e, também, quantitativa de fenômenos ópticos, facilitando explorar e contextualizar os conceitos mutuamente com os alunos. Verificou-se que o material produzido e aplicado, propiciou aos estudantes confrontarem situações reais com ideais, bem como aprofundar diversos conceitos da Óptica.

No desenvolvimento de uma experiência, muitas vezes o aluno pode não estar vendo aquilo que o professor quer e sim aquilo que ele, aluno, quer e acredita. Nessa lógica, se faz necessária maior ação e atenção do professor. A constante interação dos alunos entre si e com o professor é peça chave para alcançar êxito.

Por outro lado, temos o panorama do professor subordinado às apostilas e listas de exercícios; incluído assim, na questão do desafio de preparar o aluno para o vestibular. Resultando para o professor ansiedade, estresse e insegurança quando surge uma proposta de aula mais elaborada.

O ensino médio brasileiro e parte do fundamental têm a grade curricular e o conteúdo voltados para a preparação para o vestibular. Estudantes dedicam, portanto, anos de suas vidas escolares se preparando para o dia da prova<sup>26</sup>.

A busca frenética das instituições de ensino por melhores posições em *rankings* como o do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), a cobrança da sociedade por um ensino de qualidade que permita a formação de profissionais qualificados, o anseio dos estudantes por um

---

<sup>26</sup> Em: <<https://www.nexojournal.com.br/expresso/2016/11/03/Como-a-press%C3%A3o-pr%C3%A9-vestibular-afeta-estudantes-fisicamente-e-psicologicamente>>. Acesso em: 29 de dezembro 2017.



ensino que apresente significado para além da sua vida escolar e o excesso de trabalho atribuído ao professor, têm lançado diversas questões conflitantes sobre o caminho da educação no país.

Mas, a extrema complexidade do mundo moderno não permite que o ensino, em especial no nível médio, fique centrado apenas na preparação para exames de seleção para ingresso no ensino superior, com mera apresentação de conceitos, leis e fórmulas de forma descontextualizada, onde se privilegia uma aprendizagem mecânica e vazia de significados.

Em meio a tantas propostas educacionais diferenciadas, instrumentos pedagógicos distintos, cobranças por resultados positivos, sobra ao professor a difícil tarefa de atualizar suas metodologias a fim de proporcionar aos estudantes um processo de aprendizagem mais eficaz e que, preferencialmente, implemente os recursos tecnológicos, já tão comuns na sociedade. O professor tem que ser persuasivo no sentido de destacar a importância das atividades que os alunos desenvolverão, bem como a contribuição das mesmas nesse processo.

A opção de utilizar nas aulas o *Material de Apoio ao Professor de Física*, é relevante no sentido de facilitar a orientação, o que pode variar é o nível de detalhe e a forma de registro, que alteram de acordo com a experiência e o estilo de cada professor. Lembrando que, para os anos seguintes, parte do material pode ser reutilizado, então, o professor vai adquirindo habilidade de aplicar metodologias mais estruturadas, melhora o seu desempenho e efetiva as suas aulas em um tempo mais reduzido, pois, seja o professor experiente ou iniciante, seu plano de aula deve conter uma estrutura básica.

O planejamento é capaz de direcionar as ações do professor e proporcionar a contextualização do conhecimento, além de uma avaliação mais abrangente dos educandos valorizando pormenores, que passariam despercebidos apenas com uma prova objetiva.

O ensino de Física permite aos professores vincular teoria e prática, considerando o planejamento de atividades didáticas variadas, como um instrumento que subsidia a prática pedagógica do professor, facilitando a organização metodológica do conteúdo a ser desenvolvido em sala de aula. Isso oportuniza aos alunos um maior acesso às informações, apropriação e mudanças de atitudes. Dessa forma, é possível levar os alunos a perceberem a amplitude que envolve o conteúdo para a construção e produção de novos saberes, estabelecendo relações nas diferentes linguagens para uma nova forma de atuar no meio em que vive (BATISTA e KNOBLAUCH, 2013).

Cada aula, descrita nessa dissertação, foi cuidadosamente planejada, ministrada, avaliada e revista para permitir o replanejamento da aula seguinte. Por esse motivo, foi possível cumprir o plano, com condições e tempo de promover a recuperação dos alunos que não acompanharam o andamento do programa. Além disso, as adequações das propostas sugeridas nesse documento dependem de critérios particulares, como a utilidade para o professor e a eficácia para que os alunos aprendam e internalizem o conhecimento.

Assim, pode-se concluir, que a inserção da metodologia descrita no *Material de Apoio ao Professor de Física* permitiu a criação de uma dinâmica de aula interessante, de modo geral, manteve os estudantes motivados e participativos durante todo o processo de ensino-aprendizagem. Em parte, isso foi garantido pela criação de aulas interativas e focadas num tema atual, a Toxoplasmose. Outra, o acesso a *links* de vídeos e textos explicativos, compartilhamento de informações com os colegas, interação com simuladores e aplicativos *on-line*.

## 9 REFERÊNCIAS

TIPLER, P. Física: **Ótica e Física Moderna**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 4, 1995.

SEARS, F.; ZEMANSKI, W.M.; YOUNG, H. D. **Física: Ondas Eletromagnéticas, Óptica, Física Atômica**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 4, 1985.

SERWAY, R. A.; JEWETT JR, J. W. **Princípios de Física: Ótica e Física Moderna**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, v. 4, 2007.

KELLER, F. J.; GETTYS, W. E.; SKOVE, M. J. **Física**. São Paulo: Makron Books, v. 2, 1999.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: Óptica e Física Moderna**. Rio de Janeiro: LTC, v. 10, 2016.

GIRCOREANO, José Paulo; PACCA, Jesuína Lopes de Almeida. **Caderno Catarinense Ensino de Física**. O Ensino da Óptica na Perspectiva de Compreender a Luz e visão, v.18, nº1: p.26-40, ed. UFSC, São Paulo, 2001.

LEFRANÇOIS, G. R. **Teorias da Aprendizagem: O que a Velha Senhora disse**. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

MOREIRA, A. M. **Teorias de Aprendizagem**. 2. ed. São Paulo: EPU, 2011.

KAWAMURA, Maria Regina Dubeux; HOSOUME, Yassuko. A Contribuição da Física para um Novo Ensino Médio. **Física na Escola**, São Paulo, v. 4, n. 2, 2003.

CÂMARA, Brunno. **“Toxoplasma gondii” e Toxoplasmose**. Disponível em:

<<https://www.biomedicinapadrao.com.br/2017/04/toxoplasma-gondii-e-toxoplasmose.html> >

Acesso em: 07 jan. 2019.

BRUNA, Maria Helena Varella. **Toxoplasmose**. Disponível em:

<<https://drauziovarella.uol.com.br/doencas-e-sintomas/toxoplasmose-3/>> Acesso em: 07 jun.

2019.

WALCHER, D. L.; COMPARSI, B.; PEDROSO, D. **Toxoplasmose gestacional: uma revisão.** Disponível em: <<http://www.rbac.org.br/artigos/toxoplasmose-gestacional-uma-revisao/>> Acesso em: 07 jun. 2019.

MACEDO, Jairo. **Enem terá duas etapas a partir de 2021, anuncia MEC.** Disponível em: <<https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/eu-estudante/enem-2018/2018/11/20/noticias-enem,720434/enem-tera-duas-etapas-a-partir-de-2021-diz-mec.shtml>> Acesso em 27 dez. 2018.

CANHETO, M. A. R. **Miopia e seus tratamentos.** Disponível em: <<https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/1142/1/Relat%C3%B3rio%20de%20est%C3%A1gio%20de%20Monica%20Canheto.pdf>>. Acesso em 26 dez. 2018.

MONROE, C. **Vygotsky e o conceito de aprendizagem mediada.** Nova Escola, 2018. Disponível em: <<https://novaescola.org.br/conteudo/274/vygotsky-e-o-conceito-de-aprendizagem-mediada>>. Acesso em 25 jul. 2018.

BOIKO, V. A.T.; ZAMBERLAN, M. A. T. **A perspectiva sócio-construtivista na psicologia e na educação: o brincar na pré-escola.** Scielo, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pe/v6n1/v6n1a07.pdf>>. Acesso em 25 jul. 2018.

AMORIM, R.; FEISTEL, R. A. B. **Interdisciplinaridade no ensino de física: algumas discussões.** Eventos Pedagógicos, 2017. Disponível em: <<http://sinop.unemat.br/projetos/revista/index.php/eventos/article/view/2606>>. Acesso em 24 jul. 2018.

SILVA, Í. B.; TAVARES, O. A. O. **Uma pedagogia multidisciplinar, interdisciplinar ou transdisciplinar para o ensino/aprendizagem da física.** Anais do 2º Congresso Brasileiro de Extensão Universitária Belo Horizonte – 12 a 15 de setembro de 2004. Disponível em: <<https://www.ufmg.br/congrest/Educa/Educa173.pdf>>. Acesso em 24 jul. 2018.

BATISTA, I. L.; SALVI, V. **Interdisciplinaridade em ensino de ciências e de matemática no ensino médio.** Ciência & Educação, 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-73132007000300009](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132007000300009)>. Acesso em 24 jul. 2018.

Base Nacional Comum Curricular Ensino Médio: Educação é a Base – Ensino Médio. Ministério da Educação. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/bncc-ensino-medio>>. Acesso em 24 jul. 2018.

FERRARI, Márcio. **Lev Vygotsky, o teórico do ensino como processo social**. Nova Escola, 2008. Disponível em: <<https://novaescola.org.br/conteudo/382/lev-vygotsky-o-teorico-do-ensino-como-processo-social>>. Acesso em 24 jul. 2018.

ROSSO, A. J.; SOUZA, A. P. Mediação e zona de desenvolvimento proximal (zdp): entre pensamentos e práticas docentes. Disponível em: <[http://educere.bruc.com.br/CD2011/pdf/4604\\_3097.pdf](http://educere.bruc.com.br/CD2011/pdf/4604_3097.pdf)>. acesso em 24 jul. 2018.

RECORDISTA EM PROBLEMAS DE VISÃO POR TOXOPLASMOSE NO MUNDO, ERECHIM TERÁ MUTIRÃO GRATUITO CONTRA A DOENÇA. <<https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/recordista-em-problemas-de-visao-por-toxoplasnose-no-mundo-erechim-tera-mutirao-gratuito-contr-a-doenca.ghtml>> Acesso em: 10 de nov. 2017

ANAIS DO 2º CONGRESSO BRASILEIRO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA. **Uma Pedagogia Multidisciplinar, Interdisciplinar ou Transdisciplinar para o Ensino/Aprendizagem da Física**. <https://www.ufmg.br/congrent/Educa/Educa173.pdf>. Acesso em: 08 de fev. 2017.

ANATOMIA E FISILOGIA HUMANAS. <<http://www.afh.bio.br/sentidos/sentidos1.asp>>. Acesso em: 08 de fev. 2017.

INFOESCOLA: VISÃO. <<http://www.infoescola.com/anatomia-humana/visao/>>. Acesso em: 08 de fev. 2017.

ESTRUTURAS DE PROTEÇÃO DOS OLHOS. <<http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Corpo/sentido2.php>>. Acesso em: 07 de fev. 2017.

LAVAQUI, Vanderlei; BATISTA, Irinéa de Lourdes; SALVI, Rosana Figueiredo.

**Interdisciplinaridade escolar no ensino médio por meio de trabalho com projetos pedagógicos**. Disponível em

<[http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo\\_ID189/v13\\_n2\\_a2008.pdf](http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID189/v13_n2_a2008.pdf)>. Acesso em: 07 de fev. 2017.