



**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE FÍSICA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
CAMPUS CAMPO MOURÃO**

LUIZ FERNANDO CAPELINI

**O FUNCIONAMENTO DO OLHO HUMANO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA
PARA O ENSINO DE ÓPTICA GEOMÉTRICA NO ENSINO MÉDIO**

CAMPO MOURÃO

2019

LUIZ FERNANDO CAPELINI

**O FUNCIONAMENTO DO OLHO HUMANO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA
PARA O ENSINO DE ÓPTICA GEOMÉTRICA NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF) como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Hartz Maia

Coorientador: Prof. Dr. Michel Corci Batista

Campo Mourão
2019

C238f Capelini, Luiz Fernando.
O funcionamento do olho humano: uma sequência didática para o ensino de óptica geométrica no ensino médio. / Luiz Fernando Capelini – Campo Mourão, 2019.
124 f.: il. color., 30 cm.

Orientador: Profº. Dr. Thiago Hartz Maia.
Coorientador: Profº. Dr. Michel Corci Batista.
Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física. Campo Mourão, 2019.
Inclui bibliografia.

1. Física – Estudo ensino. 2. Olhos. 3. Óptica geométrica. 4. Refração. 5. Física - Dissertações I. Maia, Thiago Hartz, orient. II. Batista, Michel Corci, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. IV. Título.

CDD (22 ed.) 530.07

LUIZ FERNANDO CAPELINI

**O FUNCIONAMENTO DO OLHO HUMANO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA
PARA O ENSINO DE ÓPTICA GEOMÉTRICA NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF) como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Thiago Hartz - Orientador
Universidade Federal do Rio de Janeiro - MNPEF/UTFPR

Oscar Rodrigues dos Santos
Universidade Tecnologia Federal do Paraná - MNPEF/ UTFPR

Otávio Akira Sakai
Instituto Federal do Paraná - IFPR

Dedico este trabalho

**À minha esposa Edivânia, à minha mãe Cristina, ao meu pai Washington e
à minha filha Eloah, que me dá forças para seguir adiante e nunca desistir
de tentar fazer um mundo melhor para ela viver.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade de poder me aperfeiçoar profissionalmente.

Agradeço ao grande apoio da minha família, que me incentivou e, nas piores fases, não me deixou desistir.

Agradeço grandemente ao meu orientador, Thiago Hartz, por quem tenho grande admiração.

Agradeço ao meu coorientador, Michel Corci Batista, por me ouvir e me dar forças para seguir em frente e não desistir do mestrado mesmo em um ano muito conturbado.

Agradeço ao colégio Graham Bell, por me incentivar e por me permitir aplicar meu produto educacional.

Agradeço aos grandes amigos que fiz durante o mestrado: Higor, Renato e Mariel.

Agradeço à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus de Campo Morão, por tornar possível a realização do mestrado.

Agradeço à Sociedade Brasileira de Física e à CAPES por apoiarem meu projeto.

Muito obrigado a todos.

Vós que viveis e sempre atribuíis tudo o que ocorre na terra aos movimentos celestes, como se tal movimento imprimisse em todas as coisas uma necessidade, Se assim fosse, em vós seria destruído o livre-arbítrio, e não seria justo que o homem tivesse por bem a alegria e por mal a dor.

Dante Alighieri

Divina Comédia, vol. II,
canto 16, versos 67–72.

CAPELINI, L. F. **O funcionamento do olho humano: Uma sequência didática para o ensino de óptica geométrica no Ensino Médio**, 2019. 98 F. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física), do programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, UTFPR, Campo Mourão, 2019.

RESUMO

Nesta dissertação, propomos uma sequência didática sobre o funcionamento do olho humano voltada ao ensino de óptica geométrica para alunos de Ensino Médio. Assim, começamos a dissertação com uma breve revisão de óptica geométrica e com uma introdução à constituição anatômica do olho. Em seguida, apresentamos uma sequência didática de cunho experimental sobre o funcionamento do olho humano. A sequência didática na íntegra (que constitui nosso produto educacional) pode ser encontrada no apêndice da dissertação. Ao elaborarmos essa sequência didática, valorizamos a interação dos alunos com vários objetos, como a dissecação de um olho de boi e a montagem de modelos que representem de forma simplificada o olho humano. Para a coleta de dados, elaboramos um questionário, a ser aplicado no início e ao final da atividade. Nossa proposta, norteadas pela teoria de desenvolvimento cognitivo de Lev Vygotsky, estimula a interação dos alunos em debates, de tal modo que, pela interação, os alunos possam levantar hipóteses, testá-las e discuti-las. Essa sequência didática foi implementada em uma escola particular na cidade de Maringá, PR. Assim, em seguida, fazemos um relato dessa atividade, expondo qualitativamente os resultados obtidos tanto nos questionários como em intervenções dos alunos, que foram gravadas. Verificamos que essa abordagem estimulou o interesse dos alunos, assim como conduziu a uma melhor compreensão dos conceitos da óptica geométrica.

Palavras-chave: ensino de Física; olho humano; óptica geométrica; refração.

CAPELINI, L. F. **O funcionamento do olho humano: Uma sequência didática para o ensino de óptica geométrica no Ensino Médio**, 2019. 98 F. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física), do programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, UTFPR, Campo Mourão, 2019.

ABSTRACT

In this master dissertation, we present a didactic sequence on the functioning of the human eye. This sequence may be used as part of the geometric optics teaching at the high school level. The dissertation begins with a brief introduction to geometrical optics and to the anatomical constitution of the eye. Then, we present a didactic sequence—with an experimental character—on the functioning of the human eye. The complete didactic sequence—which constitutes our educational product—is in the appendix of the dissertation. In developing this didactic sequence, we emphasize the interaction of students with various objects, such as the dissection of a bull's eye and the assembly of models that represent the human eye in a simplified way. As part of our data collection, we developed a questionnaire, to be applied at the beginning and at the end of the activity. Our proposal, guided by Lev Vygotsky's theory of cognitive development, stimulates the students' interaction in debates, so that through interaction they can make hypotheses, and can test and discuss them. This didactic sequence was implemented in a private school in the city of Maringá, in the state of Paraná, Brazil. We report on this activity, qualitatively exposing the results obtained both in the questionnaires and in the interventions of the students, which were recorded. We found that this approach stimulated the students' interest as well as led them to a better understanding of the concepts of geometrical optics.

Keywords: Physics teaching; human eye; geometric optics; refraction.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 A TEORIA DO DESENVOLVIMENTO DE LEV VYGOTSKY.....	16
3 INTRODUÇÃO À ÓPTICA GEOMÉTRICA.....	21
3.1 PRINCÍPIOS BÁSICOS.....	21
3.2 REFLEXÃO DA LUZ.....	26
3.3 REFRAÇÃO DA LUZ.....	27
4 INTRODUÇÃO À ÓPTICA DA VISÃO.....	39
4.1 A ESTRUTURA DO OLHO HUMANO.....	39
4.2 FORMAÇÃO DE IMAGENS NO OLHO.....	42
4.3 ANOMALIAS DA VISÃO.....	44
4.4 RECEITA MÉDICA.....	49
5 METODOLOGIA.....	53
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	52
5.2 COLETA DE DADOS.....	52
5.3 INSTRUMENTO PARA ANÁLISE DOS DADOS.....	52
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
6.1 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL: RELATO DE EXPERIÊNCIA.....	55
6.2 AÇÕES DESENVOLVIDAS E ANÁLISE.....	55
6.3 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO.....	58
6.4 CONCLUSÕES SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	67
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	70
REFERÊNCIAS	72

APÊNDICE: PRODUTO EDUCACIONAL	75
--	-----------

1 INTRODUÇÃO

O sistema educacional vigente enfrenta, de um modo geral, inúmeros problemas, e não é diferente com o ensino de Física. Este padece atualmente de inúmeras adversidades, tais como a dificuldade dos alunos em compreenderem as discussões e o grande desinteresse disso decorrente. Para tentarmos resolver esse problema, precisamos buscar formas alternativas de ensinar, que facilitem o entendimento da matéria estudada e, assim, motivem os estudantes.

Pensando nesse contexto, e como forma de contribuir para a melhoria do ensino de Física, propomos nesta dissertação um produto educacional composto por uma sequência didática que aborda o estudo da física do olho humano. Esta sequência pode ser utilizada em turmas de primeiro ou de segundo ano do Ensino Médio. Tomamos como subsídio teórico a abordagem sócio-histórica de Lev Vygotsky. De acordo com Batista (2009), os alunos se interessarem, se sentirem motivados e gostarem da aula são os primeiros passos para uma aprendizagem efetiva.

Este trabalho possui um total de 7 capítulos. Este primeiro tem por objetivo situar o leitor na temática do trabalho, delinear a teoria utilizada e elencar o conteúdo que será abordado nos demais capítulos. O capítulo 2 aborda a óptica geométrica, iniciando com conceitos e princípios básicos sobre a luz, depois as leis da reflexão, leis da refração, e finalizando com lentes esféricas. O capítulo 3 apresenta a fundamentação teórica utilizada para a construção do produto educacional, a saber, a teoria de desenvolvimento de Vygotsky, conhecida como sócio-histórica. O capítulo 4 discute o funcionamento óptico do olho humano, enfatizando as ametropias (miopia, hipermetropia, presbiopia) e outras anomalias (astigmatismo, catarata e daltonismo). O capítulo 5 é referente à metodologia do trabalho. Explicamos de que forma o produto foi pensado e como foram feitas a pesquisa, a coleta de dados e a análise dos dados referentes a aplicação do produto educacional. O

capítulo 6 tem por objetivo mostrar os resultados da aplicação, assim como o relato de experiência, apontando vantagens e desvantagens da aplicação do produto e os resultados obtidos pelos questionários inicial e final. O capítulo 7 apresenta as considerações finais acerca do trabalho desenvolvido e alguns resultados da aplicação produto. Por fim, no apêndice, é exposta em detalhes a sequência didática que elaboramos, incluindo a descrição dos experimentos realizados, as perguntas feitas aos estudantes e algumas fotografias das atividades realizadas.

O ensino da óptica da visão e do funcionamento do olho humano são temas que já foram bastante discutidos, por meio de diversas metodologias, relacionando-os com o cotidiano. Apresentamos a seguir um levantamento de alguns trabalhos nessa perspectiva.

Nilda Knoublauch (KNOUBLAUCH, 2013), professora do estado do Paraná e integrante do Programa de Desenvolvimento de Educação (PDE), aplicou uma sequência que aborda o olho Humano. Seu trabalho teve como objetivo estimular ações no ambiente escolar que permitissem aos alunos refletirem sobre a importância dos cuidados com a saúde ocular, buscando subsídios que fortalecessem o conhecimento científico no estudo da óptica geométrica, contribuindo desta forma para uma aprendizagem consistente e prazerosa do Ensino de Física. Ela aplicou testes de sondagem, atividades práticas, vídeos, palestra, medida de acuidade visual, pesquisa e produção de cartazes, para uma turma de 31 alunos da segunda série de uma escola estadual da cidade de Nova Cantú no Paraná.

Claudia Golçalves Machado (MACHADO, 2014), também professora da rede estadual do Paraná e integrante do PDE, fez um trabalho sobre a ótica da visão visando a demonstrar como o programa foi aplicado e os resultados obtidos por ele, onde a intervenção pedagógica consiste na construção de materiais didáticos e experiências que envolvam conceitos de ótica. Ela obteve como resultado um maior interesse dos alunos com a disciplina de Física durante a implementação das atividades.

A dissertação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo UEM – Maringá, do professor Marcio Anicete dos Santos (SANTOS, 2016)

desenvolveu um protótipo de um olho humano, dividido em duas partes: (i) globo ocular e leitor de cor e (ii) função dos cones na identificação das cores, usando uma eletrônica digital no auxílio de sua montagem. O produto visou a adaptar uma metodologia de ensino a estudantes do Ensino de Jovens e Adultos (EJA) que por algum motivo não tenham podido frequentar a escola no tempo adequado, com vistas a garantir um aprendizado significativo e melhorar a qualidade de educação aprimorando a prática docente de Física assim como despertar o interesse dos alunos do EJA. O trabalho baseou-se nos pressupostos da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel.

O estudo de SILVEIRA e MELO (2014), envolvendo intervenções didáticas do projeto PIBID de Física da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), realizadas em turmas de Ensino Médio da cidade de Campina Grande. Na aplicação da intervenção didática, foi utilizada uma abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) para o ensino de óptica geométrica. O ensino de Física por meio da abordagem CTS é recomendado como forma de contextualizar os conteúdos e aproximá-los ao cotidiano dos estudantes, motivando-os ao estudo dessa ciência. Foi verificado que os estudantes apresentam, em muitos casos, uma visão preconcebida do conhecimento físico que se afasta da física do meio em que vivem. Como resultado, foi constatado que, por meio da abordagem CTS, é possível trabalhar o conteúdo fazendo com que os alunos atribuam significados ao que foi abordado em sala de aula, relacionando-o a situações do seu dia a dia.

A sequência didática do professor Mauricio Pietrocola (2010), do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, e colaboradores buscou mostrar como a imagem se forma no olho humano, aplicando as leis da óptica geométrica, mostrar aplicação prática e direta da física em nossas vidas. Foram propostos seis aulas e três experimentos, a saber, a construção de uma câmera escura, a construção da câmera escura com lente e um esquema do caminho do raio de luz no olho.

A dissertação de mestrado de Raynel Antonio da Costa (COSTA, 2017), da Universidade Federal de Lavras, embasada na teoria de aprendizagem de Vygotsky, apresentou uma discussão sobre lentes delgadas na qual foi

trabalhado com alunos portadores de necessidades especiais visuais um protótipo de olho humano, tendo como objetivo contribuir para a efetiva inclusão no Ensino de Física. Como parte dos resultados, o autor pôde identificar boa relação entre os alunos com necessidades especiais e os alunos videntes, além de, no decorrer do desenvolvimento da aula, evolução e estreitamento dessas relações, fazendo com que os alunos fossem acolhidos e se sentissem à vontade para expressar suas ideias.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A TEORIA DO DESENVOLVIMENTO DE LEV VYGOTSKY

O ensino de ciências enfrenta, de longa data, inúmeros problemas e dificuldades. Por exemplo, a grande dificuldade dos alunos em compreenderem os conceitos, a desmotivação generalizada com os conteúdos e o desinteresse, por parte dos alunos, daí decorrente. O ensino de Física, em particular, não é uma exceção. Profissionais da área – tais como pedagogos, psicólogos e pesquisadores da educação – tentam há tempos compreender melhor quais são esses problemas e essas dificuldades, e como eles podem ser resolvidos. A literatura de pesquisa na área é consensual em atribuir essas dificuldades ao modo como ciências são ensinadas, enfatizando a memorização por meio de aulas expositivas, descoladas da realidade dos alunos.

Uma forma de tentar entender o não aprendido dos alunos, seria fazendo o processo inverso, ou seja, buscando entender como os alunos aprendem. Existem várias teorias nessa perspectiva, que analisam a construção do conhecimento. O estudo que aqui realizaremos tomará como ponto de partida a teoria do desenvolvimento proposta por Lev Vygotsky.

Vygotsky (1896–1934) nasceu em Orsha pequena cidade próxima à capital da Bielo-Rússia. Educado como psicólogo, ele realizou pesquisas sobre o desenvolvimento da aprendizagem e, em particular, sobre a função das relações sociais nesse processo, iniciando assim uma corrente de pensamento hoje denominada sócio-histórica.

Segundo Vygotsky, a construção do conhecimento se dá pelas relações sociais do sujeito, pois o próprio homem se constitui ser humano a partir de suas relações com outros homens.

Como seres humanos, ontologicamente sociais, passamos a construir a nossa história só e exclusivamente com a participação dos outros e da apropriação do patrimônio cultural da humanidade (MARTINS, 1997, pg.113).

O movimento de constituição do homem é dado pela vivência com outros homens, nos grupos sociais, onde partilham experiências, e histórias distintas se cruzam. Dessa forma, o homem faz a sua própria história. E é a partir desse contexto, que enxergamos a aprendizagem da criança.

A criança se transforma em adulto, internalizando as marcas da história, com as diversas visões de mundo com as quais convive a partir de relações interpessoais. A criança internaliza o novo conhecimento, e por processos intrapessoais, ela vai aprendendo e se modificando.

Para ocorrer a interação social, é necessário pelo menos duas pessoas trocando significados. O significado, é a mensagem que um certo signo representa para seus interlocutores, impregnado com o contexto social, culturalmente construído. Um signo em uma cultura ou grupo social pode significar alguma mensagem, mas em outra cultura pode significar outra coisa ou até mesmo não significar nada. Porque, a linguagem por meio de signos, depende da cultura e contexto histórico, e ela se constrói a partir das relações sociais entre seus constituintes.

Segundo Moreira (2016), a relação social da criança nesse grupo, contribui para que a criança internalize esses signos e depois de um processo interno, desenvolva seu conhecimento acerca dos significados linguísticos, a fala. De acordo com Martins (1997):

“A linguagem do meio ambiente, que reflete uma forma de perceber o real num dado tempo e espaço, aponta o modo pelo qual a criança aprende as circunstâncias em que vive, cumprindo uma dupla função: de um lado, permite a comunicação, organiza e medeia a conduta; de outro, expressa o pensamento e ressalta a importância reguladora dos fatores culturais existentes nas relações sociais” (Martins, 1997, p. 115).

A linguagem é crucial para que o sujeito possa interagir e trocar experiências, e ao mesmo tempo ela acaba sendo a ponte que ligam as pessoas ao pensamento.

Segundo Moreira (2016), a linguagem é “o mais importante sistema de signos para o desenvolvimento cognitivo do ser humano porque o libera dos vínculos contextuais imediatos”, assim a linguagem além de verbalizar o

pensamento, acaba permitindo que o sujeito se afaste cada vez mais do concreto e caminhe para o pensamento abstrato.

Assim, a linguagem tem um papel fundamental para a criança e pode contribuir para sua aprendizagem, ilustrando o pensamento da criança, porque existe uma ligação entre pensamento e linguagem. De acordo com Freitas e Souza (2009), a criança, inicialmente tem um pensamento pré-linguístico e uma linguagem pré-intelectual, e em um dado momento elas convergem, advindo um novo tipo de organização do pensamento e da linguagem. A partir desse momento, a linguagem serve ao intelecto e a criança começa a verbalizar seu pensamento. Para Vygotsky o pensamento e a fala não se iniciam juntos, mas em um dado momento eles se juntam se modificam e se desenvolvem.

Sabe-se que a linguagem é formada pelos significados dos signos. Esse significado, como já mencionado, é estabelecido como um contrato entre interlocutores, ele é construído socialmente e culturalmente pelas pessoas deste grupo social, dessa cultura. Este significado acaba nem sempre sendo o significado internalizado pelo sujeito (criança), um significado pode ter um sentido diferente para sujeitos diferentes. Vygotsky coloca o significado e o sentido como coisas distintas, onde segundo Martins (1997), significado é aquilo que é estabelecido pelo social, já o sentido é o signo interpretado pelo sujeito histórico de acordo com suas particularidades de tempo, espaço, contexto social e cultura. Ou seja, o sentido é o que o sujeito internaliza de acordo com processos intrapessoais, internos e intrínsecos ao sujeito.

A partir disso Vygotsky atribui grande importância à escola como lugar da aprendizagem e da produção de conceitos científicos, ao professor que atua como mediador dessa aprendizagem e às relações interpessoais, onde esse processo se completa. A aprendizagem se desenvolve sempre mediado por outro, por meio da linguagem, e o professor atua nesse desenvolvimento potencial do aluno.

Para Vygotsky, existem dois tipos de desenvolvimento, o real e o potencial. O desenvolvimento real é a capacidade do aluno resolver problemas sozinho, de forma independente, e o desenvolvimento potencial, é aquilo em que o aluno não consegue resolver sozinho, mas com auxílio de outro sujeito

mais experiente ele pode realizar. Esse outro sujeito, pode ser um livro, um amigo, um vídeo, e o professor. E é função do professor trabalhar e criar um ambiente para o desenvolvimento potencial do aluno, definido por Vygotsky como “zona de desenvolvimento proximal”.

Contudo, de acordo com Freitas e Souza (2009):

(...) o trabalho do professor se organiza em torno de novas estratégias pedagógicas, na qual professores e alunos trabalham de forma colaborativa, enfrentando positivamente suas diferenças de saber. Com base nesta abordagem, o professor deve sempre atuar no desenvolvimento potencial dos alunos para levá-los, através da aprendizagem, ao alcance do desenvolvimento real, ou seja, um conhecimento que se internaliza, se torna intrapsíquico (Freitas e Souza 2009, p. 129).

Assim, o professor deve ser o mediador da aprendizagem do aluno, trabalhando acerca de estratégias, no desenvolvimento potencial do aluno, construindo com ele conceitos científicos, de forma que sua aprendizagem resulte em desenvolvimento.

A Zona de desenvolvimento proximal, pode fornecer subsídios a respeito do trabalho, a atuação do professor em sala de aula. O professor deve valorizar as interações, Vygotsky da grande importância para o processo de interações. O professor como mediador, deve fornecer atividades que desafiem os alunos a buscarem as respostas. Os alunos, de acordo com Martins (1997), constroem o conhecimento na interação e depois se torna intrapessoal, porque, será compartilhado no grupo pelo qual o conhecimento foi construído.

Segundo Martins (1997):

Quando nos referimos ao valor das interações em sala de aula, é importante pensarmos que este referencial não compactua com as ideias de classes socialmente homogêneas, onde uma determinada classe social organiza o sistema educacional de forma a reproduzir seu domínio social e sua visão de mundo. Também não aceitamos a ideia de sala de aula arrumada, onde todos devem ouvir uma só pessoa transmitindo informações que são acumuladas nos cadernos dos alunos de forma a reproduzir um determinado saber eleito como

importante ou fundamental para a vida de todos. Aliás, afirmasse, consideramos tais concepções de ensino complementares, na medida que privilegiam os aspectos educacionais selecionados por grupos que exercem poder político e econômico sem qualquer contato com as reais necessidades da maior parte da população.

Quando imaginamos uma sala de aula em um processo interativo, estamos acreditando que todos terão possibilidade de falar, levantar suas hipóteses e, nas negociações chegar à conclusão que ajudem o aluno a se perceber parte de um processo dinâmico de construção (Martins, 1997, p. 117-118).

A sala de aula deve ser um lugar democrático, onde todos possam buscar por respostas, levantar hipóteses, testá-las, compartilhar nos grupos, e nesse processo o professor deve ser um articulador, de forma a sistematizar o conhecimento construído pelos alunos. O aluno não deve participar passivamente, mas sim ativamente de seu conhecimento, partindo das interações, e não esperando as respostas apenas de uma pessoa, detentora de todo conhecimento.

3 INTRODUÇÃO À ÓPTICA GEOMÉTRICA

3.1 PRINCÍPIOS BÁSICOS

A óptica geométrica estuda o movimento da luz no regime em que o comprimento de onda da luz é bem menor do que os tamanhos típicos dos objetos a sua volta. Ela se aplica muito bem à luz visível, cujos comprimentos de onda se encontram entre $4 \times 10^{-7}m$ e $7 \times 10^{-7}m$, valores muito menores que os objetos macroscópicos com que lidamos no dia a dia que é da ordem de $10^{-2}m$ a 10^2m .

O conceito básico da óptica geométrica é o conceito de raio luminoso, que representa a trajetória seguida pela luz. Matematicamente, um raio luminoso é representado por um segmento de curva orientado. Em meios homogêneos, a curva em questão é uma reta. Porém, em meios não-homogêneos, os raios luminosos seguem outras curvas.

De acordo com Martins e Silva (2007):

Fermat considerava que a luz se move mais lentamente nos meios mais densos (ou melhor, mais refringentes, como o vidro ou a água) do que no ar; e deduziu a lei da refração supondo que a luz segue o caminho que exige o menor *tempo* para ir de um ponto até outro. (MARTINS e SILVA 2007, p.456)

De modo mais geral, o raio luminoso se move entre dois pontos dados segundo a curva que minimiza o tempo, lei física conhecida como Princípio de Fermat.

Feixes Luminoso:

- a) **Convergente:** os raios convergem para um ponto.
- b) **Divergente:** Os raios divergem a partir de um ponto
- c) **Paralelo:** Os raios não se cruzam, e seguem um paralelo ao outro.

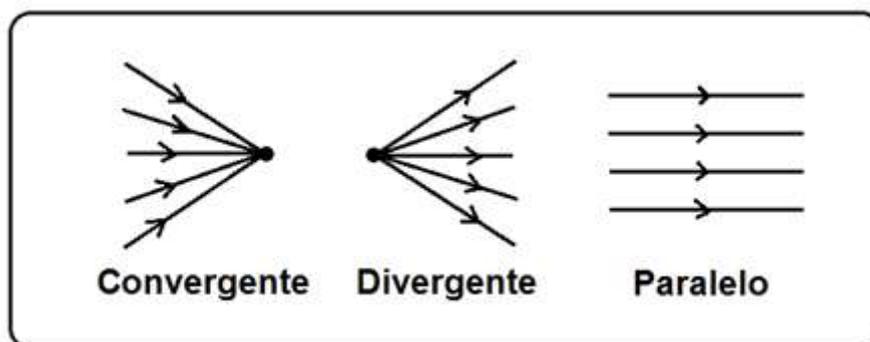


Figura 1: feixes luminoso
Fonte: autoria própria

Quando a luz emana radialmente de um ponto, dizemos que temos um feixe luminoso divergente. Quando, por outro lado, a luz converge para um ponto, dizemos que se trata de um feixe luminoso convergente. Quando os raios são paralelos entre si, denominamos o feixe de paralelo. Se os feixes luminosos não se encontram em nenhum desses três casos, dizemos que a luz é difusa.

As fontes de luz dividem-se também em puntiformes e extensas. No primeiro caso, a fonte de luz é muito pequena comparada com o sistema, assim sua dimensão é desprezível, e a consideramos como um ponto. Já no segundo caso, a dimensão da fonte de luz não é desprezível. Toda fonte extensa pode ser decomposta em uma soma de fontes puntiformes.

Um objeto puntiforme emite ou reflete luz segundo um feixe divergente. O olho humano infere, portanto, a localização do objeto a partir do ponto de divergência dos raios, mesmo que ali não se encontre efetivamente o objeto. Abordaremos mais deste tipo de fenômeno no decorrer do texto. Mas antes precisamos elencar os modos como um objeto emite ou reflete luz.

Fontes de Luz:

a) **Primárias:** Um objeto é dito uma fonte primária quando ele emite luz própria. Separam-se em dois grupos:

- **Incandescentes:** corpos que emitem luz devido ao aquecimento. Exemplo: um filamento de lâmpada incandescente e ferro quente ao rubro (ferro é aquecido até ficar de cor vermelha emitindo luz).
 - **Luminescentes:** corpos que emitem luz por algum estímulo (luminoso, radiação ionizante, elétrico etc) ou por reação química. Exemplo: um gás em processo de combustão (tal como em um fogão doméstico). Dentro do grupo dos luminescentes, existem duas classes, os fosforescentes (nos quais mesmo cessado o estímulo, continua havendo emissão de luz) e os fluorescentes (nos quais a emissão cessa assim que cessa o estímulo).
- b) **Secundária:** Um objeto é dito uma fonte secundária quando reflete a luz advinda de outra fonte de luz. Exemplos: Lua, vela apagada, livros, etc.

Fenômenos ópticos:

Os fenômenos da óptica geométrica se dividem em quatro classes. Além da emissão, já discutida, há também a reflexão, a refração e a absorção. A óptica geométrica não lida com difração, que é típica de sistemas fora do regime descrito pela óptica geométrica.

Denominamos reflexão a mudança da direção de um raio de luz quando este atinge uma superfície. Em vez do raio de luz atravessar a superfície – em geral, essa superfície corresponde à interface entre dois meios –, ele retorna para o meio de origem.

A reflexão é dita regular quando um feixe de raios incidentes paralelos gera um feixe de raios refletidos que também é paralelo.

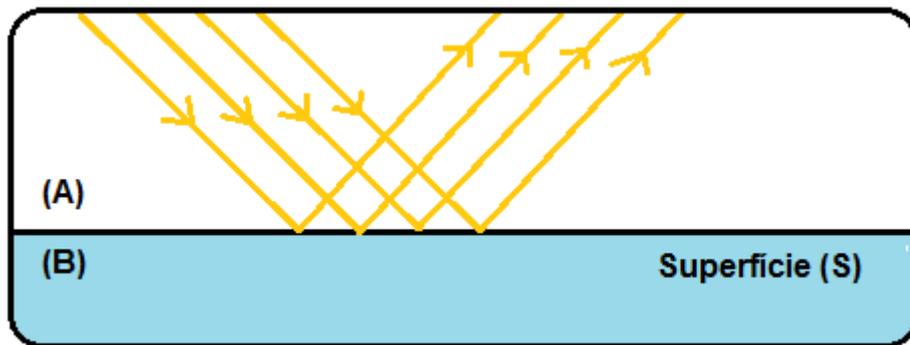


Figura 2: Reflexão Regular

Fonte: autoria própria

Por outro lado, ela é dita difusa quando um feixe de raios incidentes paralelos é refletido segundo um feixe difuso.

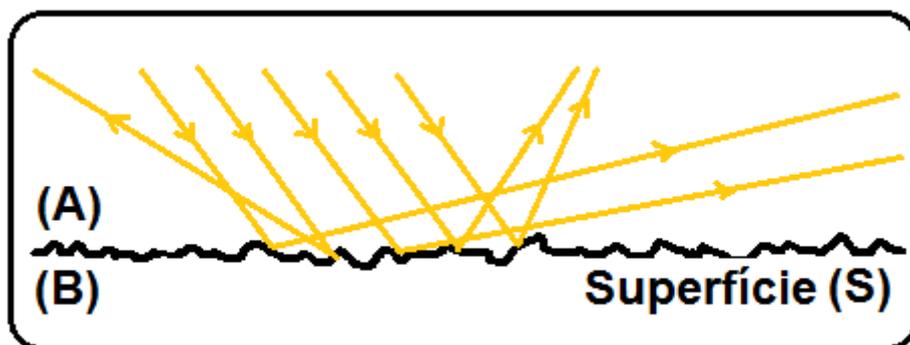


Figura 3: Reflexão difusa

Fonte: autoria própria

O fenômeno de refração ocorre quando a luz muda de meio. Uma vez que a velocidade de propagação da luz depende do meio, essa mudança acarreta numa mudança da direção do raio luminoso, a fim de satisfazer o Princípio de Fermat. Por fim, dizemos que há absorção quando parte da energia da luz é absorvida pelo material, resultando em um aquecimento do material. Essa absorção pode ocorrer de modo diferente a depender do comprimento de onda da luz incidente, o que faz com que diferentes objetos tenham diferentes cores.

Observa-se que os três fenômenos nem sempre ocorrem simultaneamente, o fenômeno de refração ocorre em conjunto com a reflexão e absorção da luz. Exemplo: a luz incidente na superfície de separação água e ar em uma piscina, uma parte da luz muda de meio de propagação e ilumina o fundo da piscina, uma parte reflete, porque você enxerga o reflexo de luz, e uma parte é absorvida pela água, porque a água da piscina aquece.

A cor de um corpo:

Cada comprimento de onda da luz está associado a uma cor. Assim, a cor de um corpo iluminado é determinada pela seletividade com que ele absorve e reflete a luz incidente.

Por exemplo:

Se um corpo iluminado com luz branca refletir a luz verde e absorver as demais, este corpo terá cor verde; quando iluminado com luz branca, absorvendo-a totalmente, ele terá cor preta.

Assim, um objeto é preto quando ele absorve todas as cores e um objeto é branco quando ele reflete todas as cores.

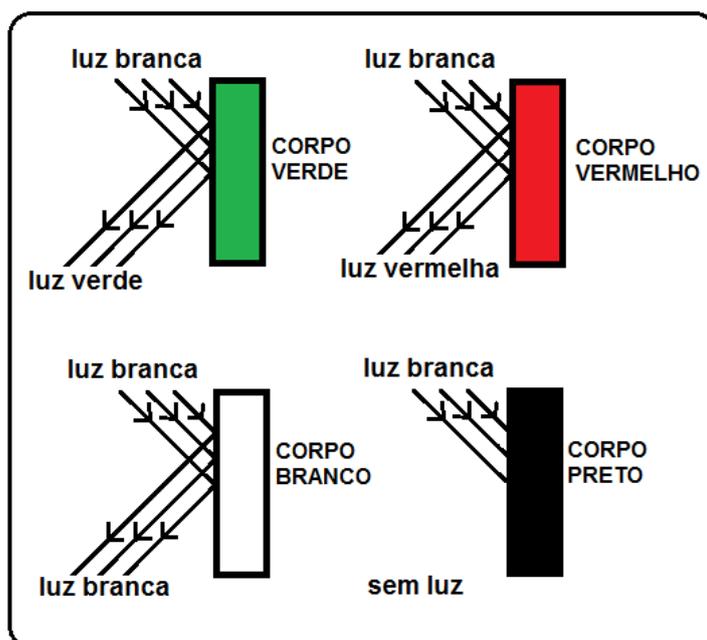


Figura 4: a cor dos objetos

Fonte: autoria própria

Princípios da óptica geométrica:

a) Princípio da propagação Retilínea: Nos meios homogêneos e transparentes a luz propaga-se em linha reta. Este princípio, conforme foi mencionado, é um corolário do Princípio de Fermat.

b) Princípio da Reversibilidade: A luz percorre a mesma trajetória em sentido contrário.



Figura 5: Princípio da reversibilidade

Fonte: <http://fisicaevestibular.com.br/novo/optica/optica-geometrica/principios-da-propagacao-da-luz/>

c) Princípio da Independência dos raios: Feixes de luz se cruzam, sem um interferir na propagação do outro.

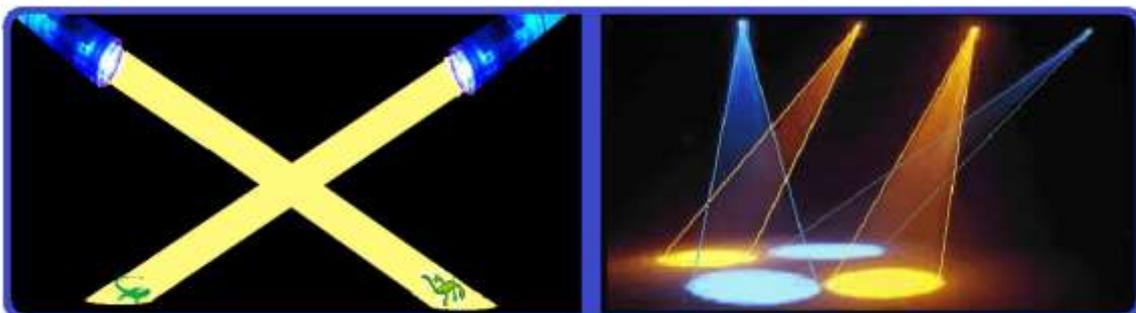


Figura 6: Princípio da independência

Fonte: <http://fisicaevestibular.com.br/novo/optica/optica-geometrica/principios-da-propagacao-da-luz/>

3.2 REFLEXÃO DA LUZ

A seguir veremos como o fenômeno de reflexão pode ser expresso por meio de uma expressão matemática. Suponhamos, por simplicidade, que uma superfície de incidência seja plana e refletora. Toda superfície bem-comportada pode ser decomposta infinitesimalmente como a união de superfícies planas, ou seja, toda superfície pode ser pensada como sendo localmente plana. Uma vez que o fenômeno de reflexão é um fenômeno local, dependendo do ponto de incidência, o raciocínio abaixo se aplica a qualquer superfície.

Na figura 7, as letras denotam respectivamente: S a superfície refletora; N a reta perpendicular a S; RI o raio incidente; RR o raio refletido; i o ângulo de incidência (ângulo formado entre o raio incidente e a normal); e r o ângulo de reflexão (ângulo formado entre o RR e a normal).

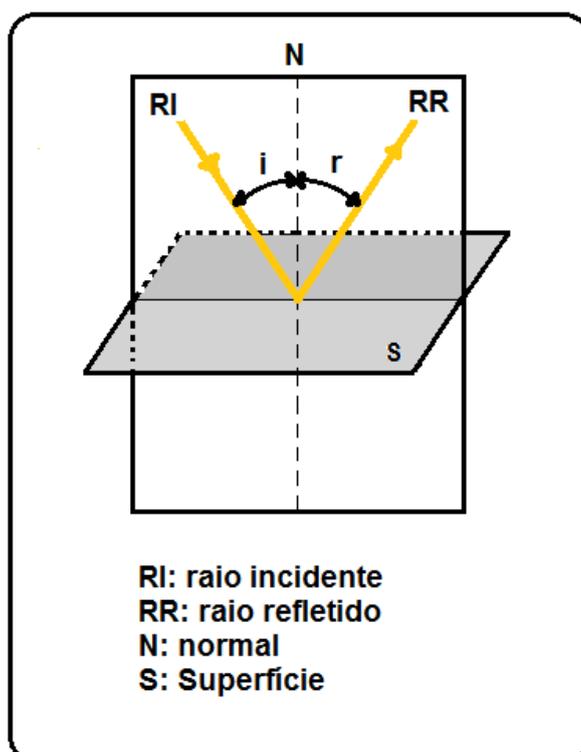


Figura 7: Reflexão da luz
Fonte: autoria própria

Pode-se mostrar, a partir do Princípio de Fermat, que a reflexão satisfaz as seguintes duas propriedades: (1) O raio incidente, o raio refletido e a reta normal estão contidos no mesmo plano. (2) O ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão.

3.3 REFRAÇÃO DA LUZ

A refração é o fenômeno físico associado à propagação de um raio luminoso que muda o seu meio de propagação, que em geral está associada à mudança na trajetória desse raio, devido as diferenças nos índices de refração absoluto desses meios.

De acordo com

O índice de refração absoluto (N) é a medida da refrangibilidade do meio, que está relacionado com a velocidade da luz, onde c é a velocidade da luz no vácuo e v é a velocidade da luz no meio.

$$N = \frac{c}{v}$$

Considere um sistema formado pelos meios refringentes A e B separados pela superfície S. Seja um raio luminoso que incide em S no ponto P e passa para o meio B, conforme ilustra a figura 8.

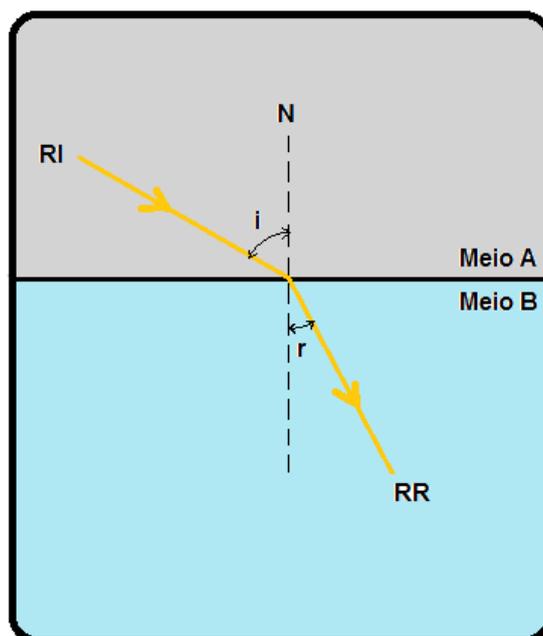


Figura 8: Refração
 Fonte: autoria própria

Onde RI é o raio incidente, RR é o raio refratado ou refrato, N é a reta normal à superfície no ponto de incidência, i é o ângulo de incidência e r é o ângulo de refração.

Pode-se mostrar, também a partir do Princípio de Fermat, que o raio incidente, o raio refratado e a reta normal à superfície de separação estão contidos em um mesmo plano. Além disso, vale a relação, conhecida como Lei de Snell-Descartes,

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{N_B}{N_A}$$

Dizemos que um meio é mais refringente quando ele tem maior densidade, maior índice de refração (ou seja, menor velocidade da luz).

Um fenômeno interessante que pode ser explicado a partir desses conceitos é a miragem. Quando há um gradiente de temperatura no ar próximo da superfície, este meio não possui mais as mesmas características físicas em todos os pontos nessa porção próxima a superfície, assim a luz não possui

trajetória retilínea. Devido a “curva” feita pela luz, nós enxergamos uma imagem em posição diferente do objeto. Esse fenômeno pode ocorrer tanto em lugares quentes como frios.

- Em regiões quentes:

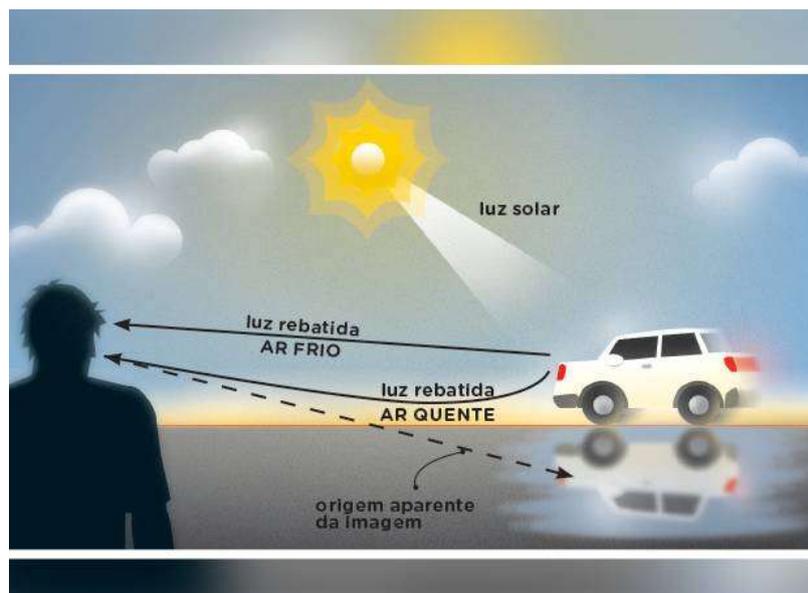


Figura 9: Miragem (I)

Fonte: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/de-que-modo-se-forma-a-miragem/>

- Em regiões frias:

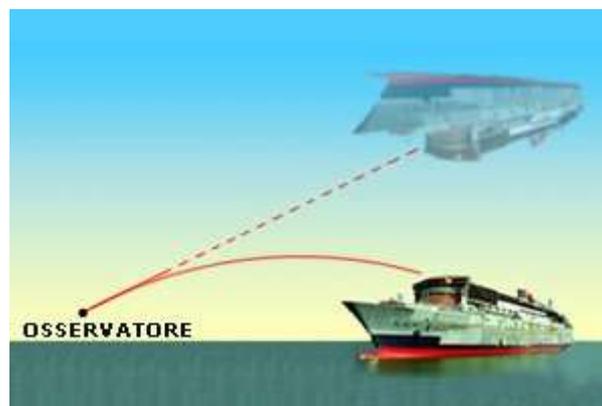


Figura 10: Miragem (II)

Fonte: <https://www.resumov.com.br/provas/enem-2015/q55/>

Altura Aparente:

Chamamos dióptro plano ao sistema formado por dois meios refringentes limitados por uma superfície plana.

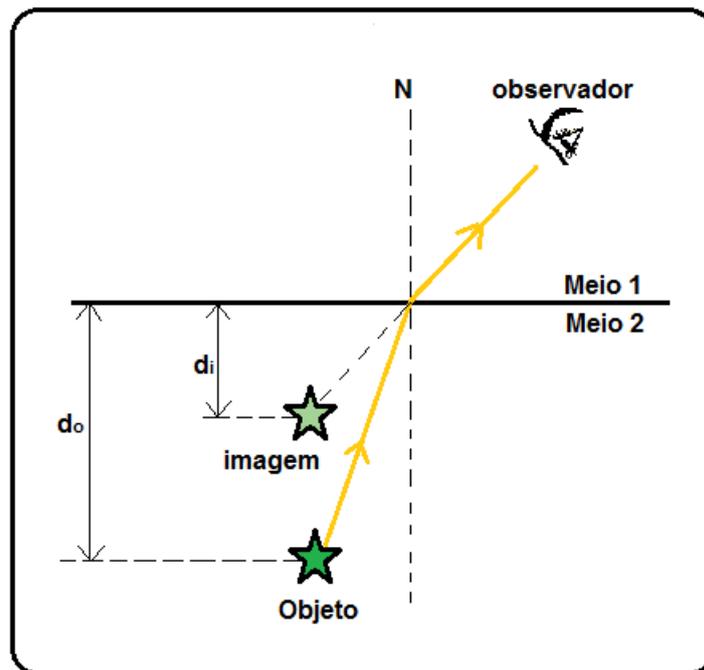


Figura 11: Altura aparente
Fonte: autoria própria

- Observador no meio menos refringente \Rightarrow imagem virtual mais próxima.
- Observador no meio mais refringente \Rightarrow imagem virtual mais afastada.

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{d_i}{d_o}$$

LENTEES ESFÉRICAS:

Lentes esféricas é o sistema óptico constituído por 3 meios homogêneos e transparentes, limitados por duas superfícies esféricas ou por uma superfície esférica e outra plana.

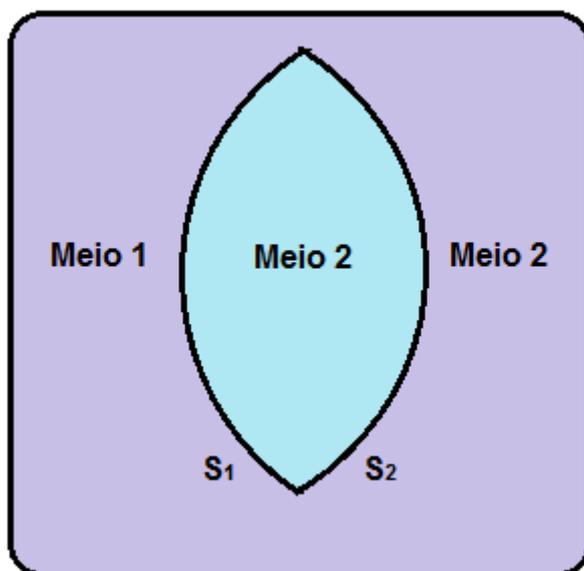


Figura 12: lentes
Fonte: autoria própria

Elementos:

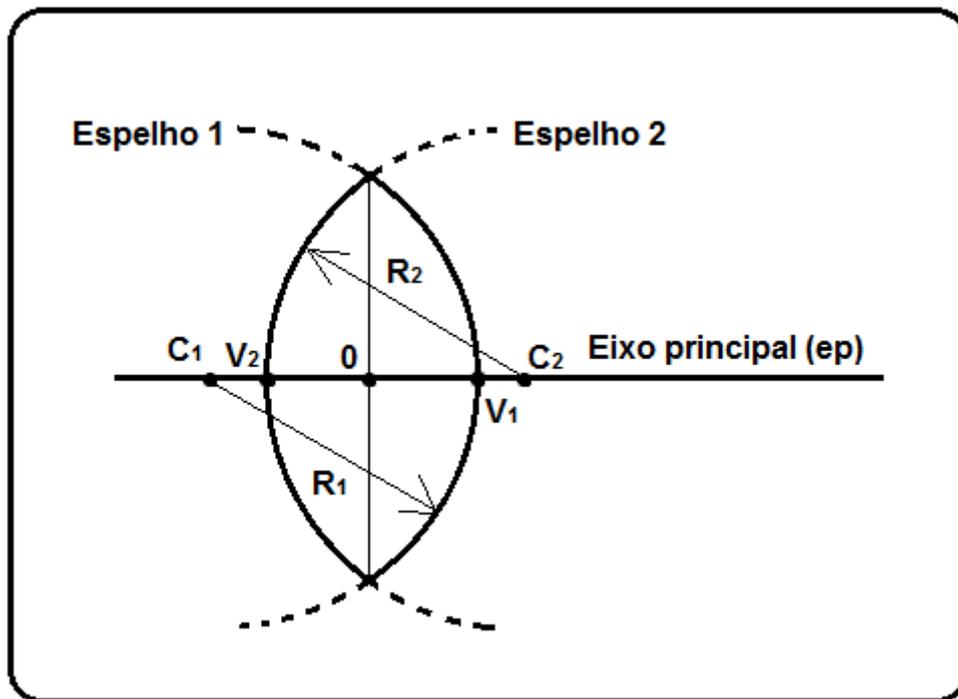


Figura 13: elementos das lentes
 Fonte: autoria própria

C_1 e C_2 = centros de curvatura

R_1 e R_2 = raios de curvatura

O = centro óptico da lente

Reta que contém C_1 e C_2 = eixo óptico ou eixo principal.

V_1 e V_2 = vértices das faces

Comportamento óptico:

a) Lente Convergentes: quando um feixe de raios paralelos incide sobre uma lente e emerge convergindo.

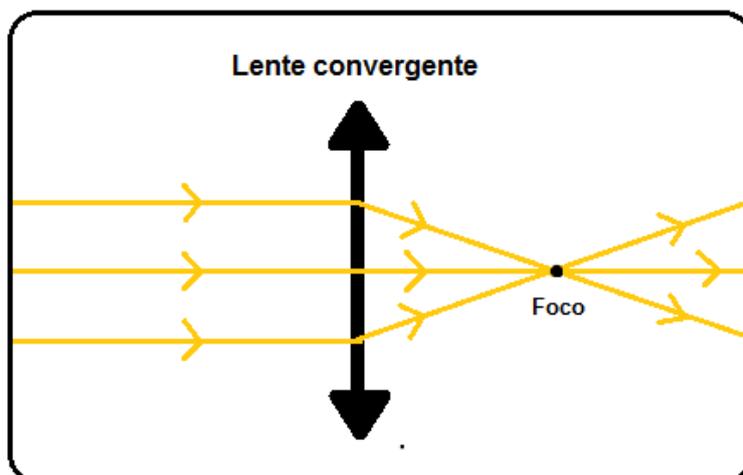


Figura 14: Lente convergente
Fonte: autoria própria

b) Lentes Divergentes: quando um feixe de raios paralelos incide sobre uma lente e emerge divergindo.

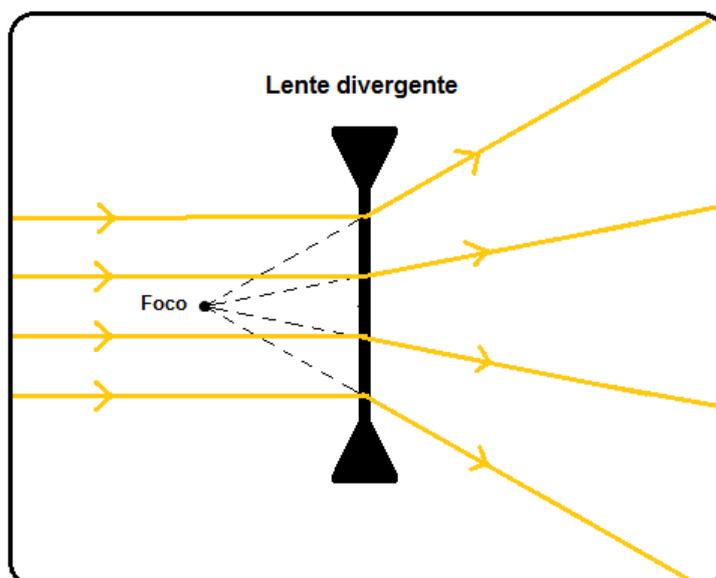


Figura 15: lente divergente
Fonte: Autoria própria

Uma lente de bordos delgados será convergente se estiver imersa em meio menos refringente e divergente em meio mais refringente.

Uma lente de bordos espessos será divergente se estiver imersa em meio menos refringente e convergente em meio mais refringente.

No ar:

- Bordos delgados – Convergente
- Bordos espessos - Divergente

Focos de uma lente:

a) Convergente

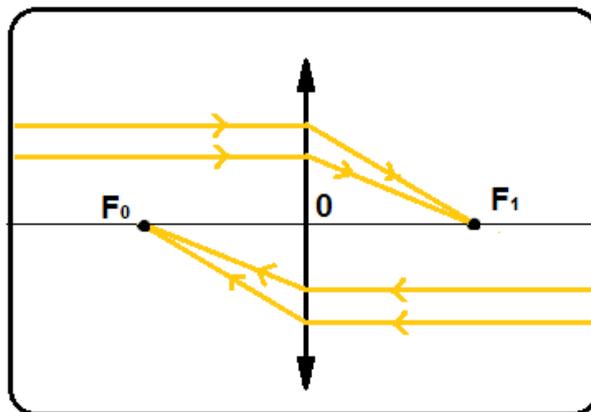


Figura 16: foco da lente convergente
Fonte: Autoria própria

b) Divergente

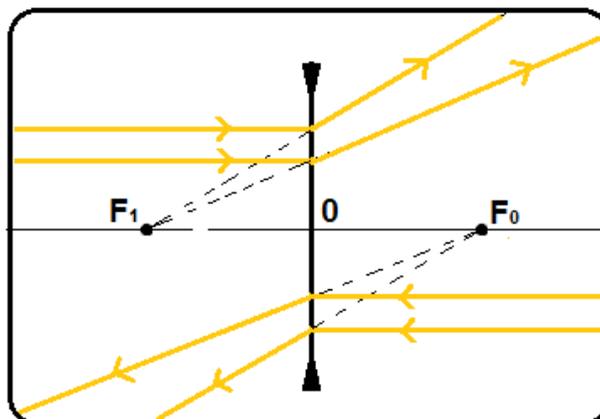


Figura 17: foco de uma lente divergente
Fonte: Autoria própria

F_1 - foco principal imagem

F_0 - foco principal objeto

São simétricos em relação ao centro óptico

Raios notáveis:

- Lente convergente

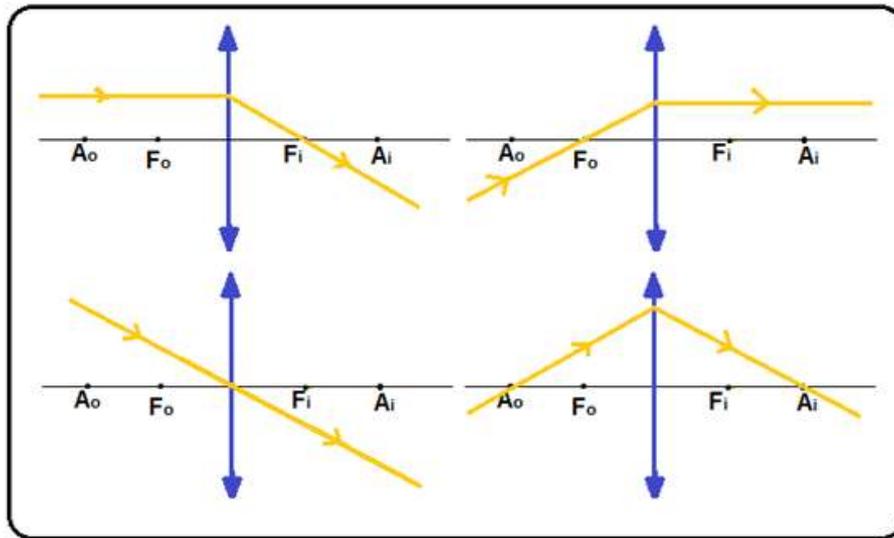


Figura 18: raios notáveis para lente convergente
Fonte: Autoria própria

- Lente divergente

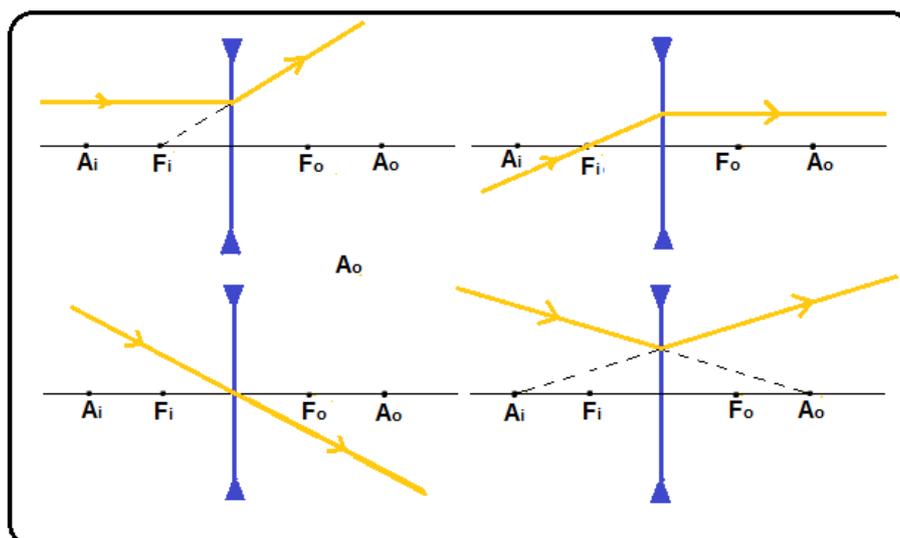


Figura 19: raios notáveis para lente divergente
Fonte: autoria própria

Condições de nitidez de Gauss:

Para que uma lente forneça imagens nítidas ela deve ter uma pequena espessura (delgada), em relação aos raios da curvatura das faces e os raios que nela incidem tem que ser para-axiais (próximos e pouco inclinados ao eixo principal).

Imagens – construção geométrica:

- lentes convergentes
- a) Objeto antes do PAO

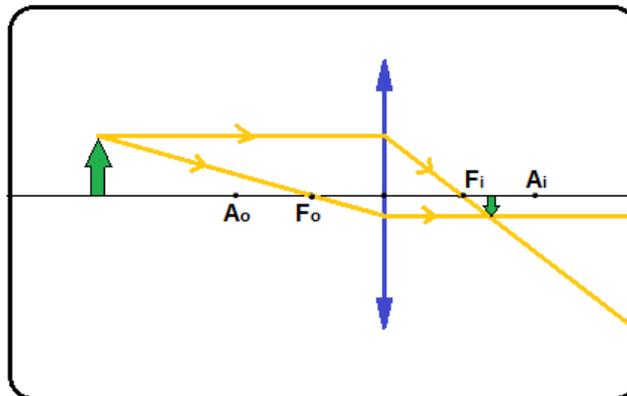


Figura 20: Objeto antes do A_o
Fonte: autoria própria

Imagem: **Real, Invertida e Menor que o objeto**

- b) Objeto no A_o

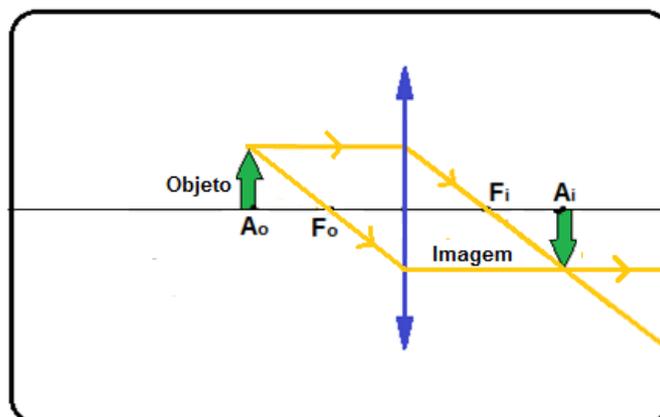


Figura 21: Objeto no A_o
Fonte: Autoria própria

Imagem: **Real, Invertida e do mesmo tamanho do objeto**

c) Objeto entre A_o e F_o

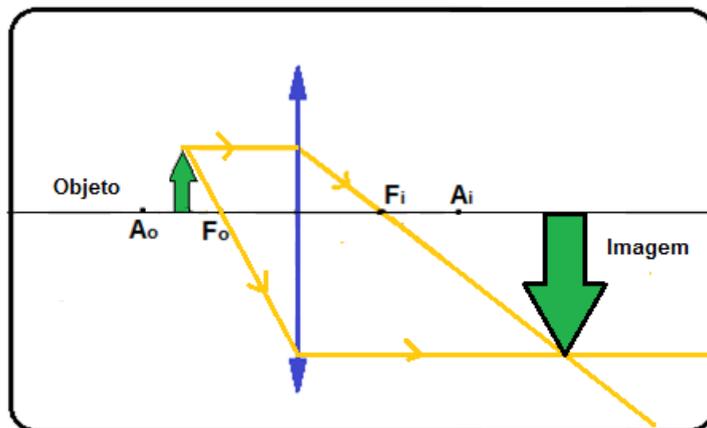


Figura 22: Objeto entre A_o e F_o
Fonte: autoria própria

Imagem: **Real, Invertida e Maior que o objeto**

d) Objeto no F_o

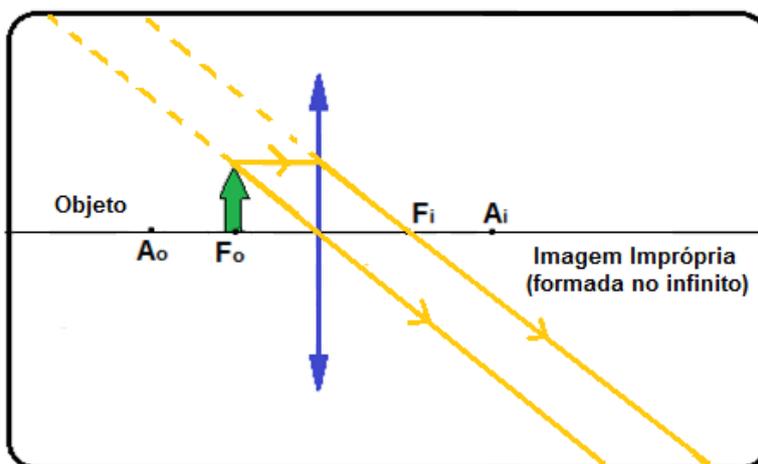


Figura 23: Objeto no F_o
Fonte: autoria própria.

Imagem: **Imprópria**

e) Objeto entre F_o e a Lente

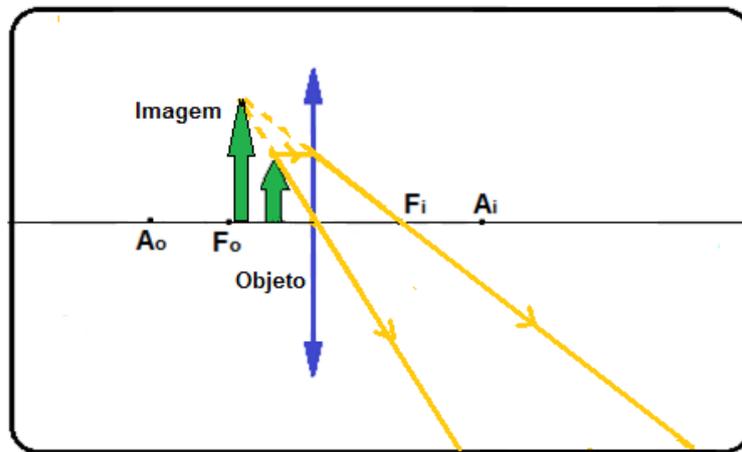


Figura 24: Objeto entre F_o e a lente
Fonte: autoria própria

Imagem: **Virtual, Direita e Maior que o objeto**

- Lentes divergentes

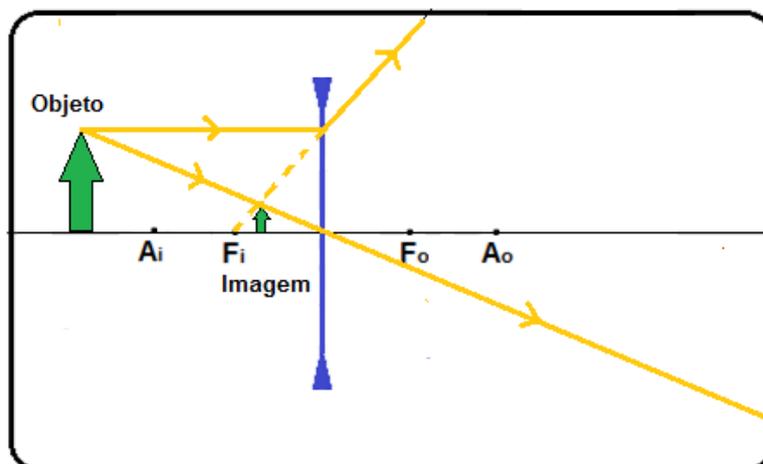


Figura 25: construção para lente divergente
Fonte: autoria própria

Imagem: **Virtual, Direita e Menor que o objeto**

4 INTRODUÇÃO A ÓPTICA DA VISÃO

4.1 A ESTRUTURA DO OLHO HUMANO

Antes de iniciarmos uma análise do funcionamento óptico do olho humano, precisamos compreender sua anatomia. Assim, descrevemos a seguir as principais partes do olho humano, enfatizando sua constituição e sua função, de acordo com Otaviano Helene & André Frazão Helene (2011) e do Médico e professor Dr. Alexandre Rosa (2017).

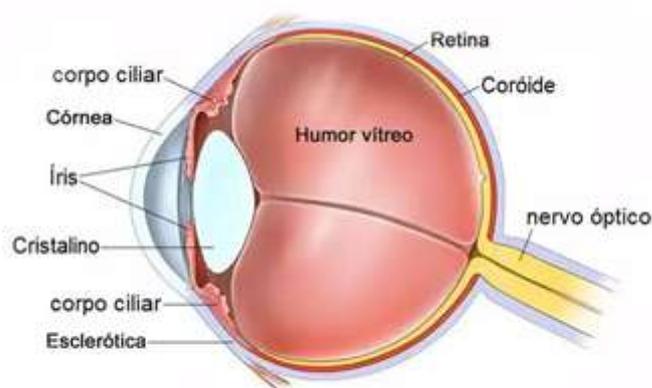


Figura 26: A estrutura do olho humano

Fonte: <https://retinapro.com.br/blog/principais-partes-do-olho/>

Esclerótica: Parte branca do olho, membrana externa e fibroso, sendo bem resistente, têm a função de proteger a parte interna, e manter a esfericidade do olho. É onde se fixam os músculos responsáveis pelo movimento do olho.

Conjuntiva: Membrana fina e transparente que reveste a parte externa do olho, fica antes da esclerótica e as pálpebras, responsável pela lubrificação e proteção contra agentes externos.

Corpo ciliar: Está localizado atrás da íris, e têm a função de produzir o humor aquoso, um líquido importante para manter a pressão ocular. O corpo ciliar também pode receber o nome de músculo ciliar, e sendo também responsável

por alterar a convergência do cristalino, tornando possível a acomodação de imagens de objetos distantes e próximos ao olho.

Coroide: É a camada média do olho, fica atrás da esclera. É bem vascularizada, e têm a função de fornecer oxigênio e nutrientes para as células da retina.

Córnea: Situado na parte frontal do olho, possui estrutura gelatinosa e é transparente tornando possível a visualização da íris e pupila. A córnea tem a função de proteger os olhos e focar os raios que passam pela pupila. A córnea pode ser sentida, colocando o dedo na pálpebra quando o olho está fechado, e mexendo o olho é possível sentir uma parte elevada, que configura na córnea da pessoa.

Íris: A íris se encontra atrás da córnea, é a parte redonda colorida dos olhos, podendo ser castanho, azul ou verde. A íris é basicamente formada por músculos lisos, que possui a função de regular a entrada de luz no globo ocular.

Cristalino: É transparente e possui consistência gelatinosa e elástica, e se encontra atrás da pupila responsável por focar a imagem na retina.

Humor vítreo: estrutura gelatinosa e transparente que se encontra na parte interna do globo ocular.

Retina: parte interna do olho, posicionado depois da coroide, onde a imagem é formada. Na retina as células são sensíveis a luz, e são conhecidas como cones e bastonetes. A parte central da retina é chamada de fóvea, e é rica em cones, que são sensíveis as cores, no restante é basicamente composto por bastonetes sensível a baixa intensidade luminosa, assim em ambientes escuros, os bastonetes são responsáveis pela visão.

Nervo óptico: Fibras nervosas da retina que se unem, formando o nervo óptico, responsável por transmitir informações captadas pelas células da retina para o cérebro.

No olho, o cristalino funciona como uma lente convergente, e de convergência variável, por isso sua estrutura é gelatinosa. O olho funciona como uma câmera escura, formando a imagem na fóvea, um ponto da retina oposto ao cristalino. E essa imagem, é real, invertida e menor do que o objeto.

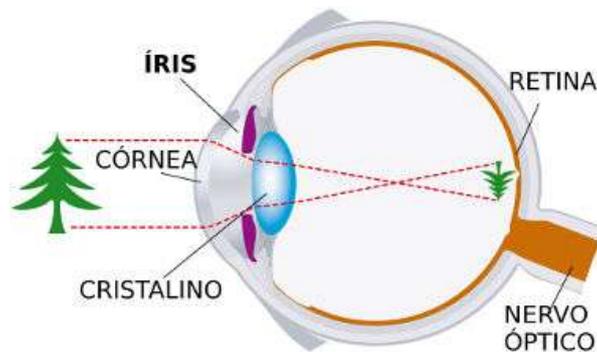


Figura 27: Formação da imagem na Retina

Fonte: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/olho-humano-um-instrumento-optico.htm>

No olho de boi, existe uma retina bem fina e transparente na frente de um corpo chamado de tapete, com cor azul esverdeada, e brilhante. Nós humanos, não possuímos esse tapete, e ele tem o objetivo de refletir a luz, para fazer a luz passar duas vezes na retina, quando incide no tapete, e quando é refletida, fazendo com que o boi enxergue melhor em lugares com baixa iluminação, no escuro (a noite). Os gatos também possuem esse tapete, por isso, que quando o gato é iluminado no escuro, seus olhos brilham.



Figura 28: Tapete do olho de animais

Fonte da imagem à esquerda: autoria própria.

Fonte da imagem à direita: desconhecida.

A retina humana possui espessura de aproximadamente 0,5mm, e de cor escura, evitando que a luz seja refletida. A retina possui receptores sensíveis a luz, chamados de cones e bastonetes. Os cones servem para a

detecção das cores, existindo cerca de 6 a 7 milhões, estando a maioria na fóvea. Os bastonetes, identificam a intensidade da luz em preto e branco, possuindo cerca de 75 a 100 milhões.

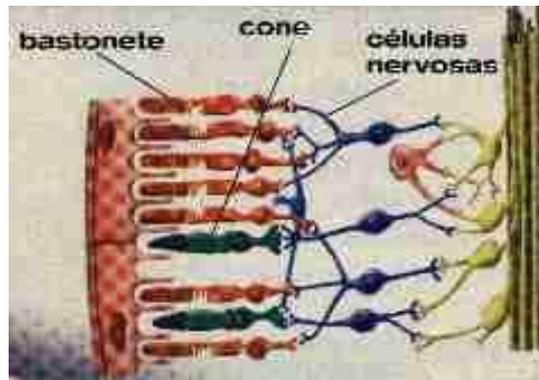


Figura 29: Cones e Bastonetes
Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/eclipses/olho.htm>

A informação captada pelos cones e bastonetes, vão para o cérebro por meio de ligações nervosas que se encontram em um ponto onde forma o nervo óptico. Nesse ponto onde inicia o nervo óptico, não possuem receptores, assim não é possível enxergar a imagem projetada nesse ponto, e esse ponto fica conhecido como ponto cego, porque toda imagem projetada nesse ponto não é identificada pelos receptores sensíveis a luz.

4.2 FORMAÇÃO DE IMAGENS NO OLHO

O cristalino do olho, possui vergência variável, essa variação ocorre da contração e relaxamento dos músculos ciliares, músculos que prendem o cristalino, e como o cristalino possui um corpo gelatinoso, sua forma pode variar, conforme o músculo contrai ou relaxa, e é assim que a vergência (ou convergência) do cristalino é alterado;

Por que a vergência do cristalino é alterado? Porque, com a alteração da vergência, o olho consegue formar imagens tanto para objetos próximos, quanto para objetos distantes, na retina, tendo assim uma imagem nítida.

Todo olho emetropo (normal) possui um ponto próximo, e um ponto remoto para a visão. O ponto próximo, é a menor distância do olho em que a pessoa consegue enxergar imagens nítidas, essa distância do ponto próximo, gira em torno de 25 cm, e ocorre para a máxima contração do cristalino, conforme mostra a figura 30.

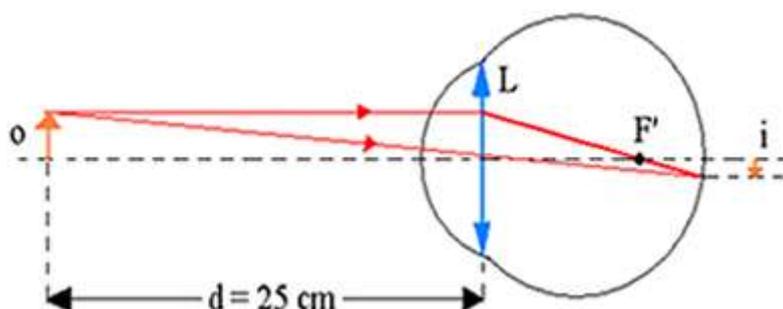


Figura 30: ponto próximo

Fonte: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/acomodacao-visual.htm>

O ponto remoto, é a máxima distância do olho em que uma pessoa consegue enxergar nitidamente, essa distância é infinita para o olho emetropo, onde o cristalino está no máximo relaxamento, conforme mostra a figura 31.

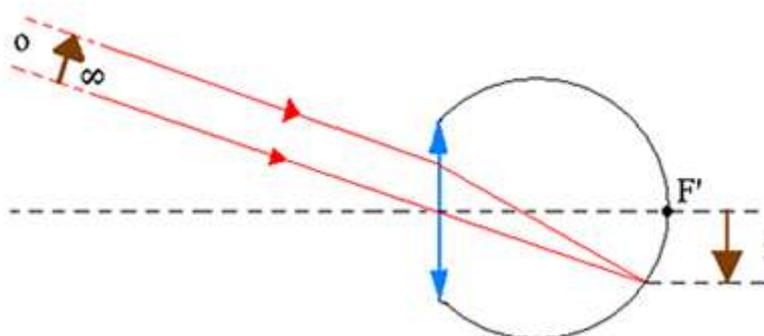


Figura 31: ponto remoto

Fonte: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/acomodacao-visual.htm>

4.3 ANOMALIAS DA VISÃO

Dentre as várias anomalias da visão, vamos falar sobre Míopia, Hipermetropia, Presbiopia, Astigmatismo, Catarata e Daltonismo, e as lentes corretivas das ametropias. De acordo com Ventura & Neto (1995) e Machado

Miopia: A Miopia, é o resultado de uma anomalia no globo ocular, olhos míopes possuem um globo ocular mais alongado, assim a imagem não consegue se formar na retina quando o objeto se encontra longe do olho, ou seja, a partir de agora o ponto remoto não é mais infinito, e a pessoa míope tem dificuldade para enxergar de longe.

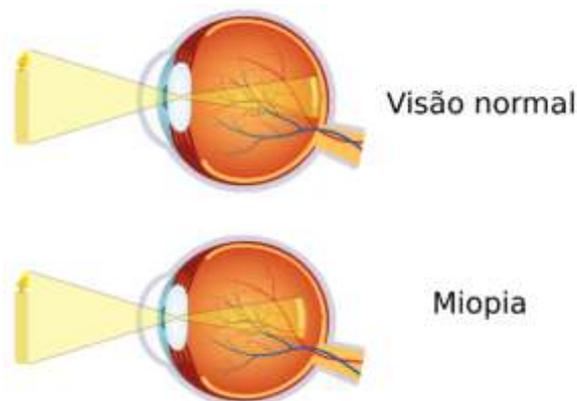


Figura 32: Miopia

Fonte: <https://www.infoescola.com/visao/miopia/>

Para poder resolver esse problema, precisamos de uma lente que possa diminuir a convergência do sistema óptico, e essa lente de correção é a divergente. A Lente divergente não vai eliminar a anomalia, ela apenas desvia os raios, de forma que o cristalino possa agora formar a imagem na retina.

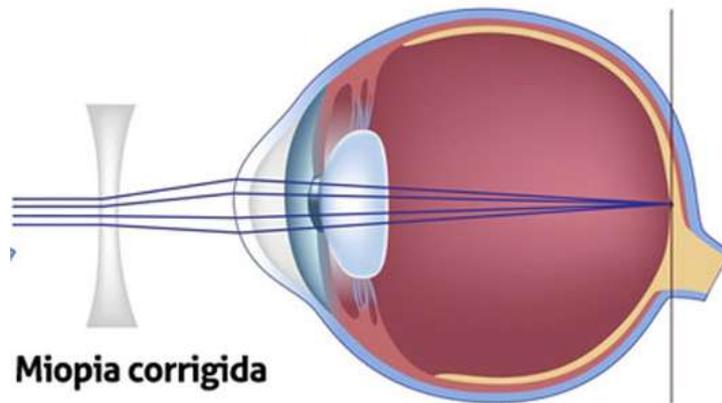


Figura 33: Miopia corrigida

Fonte: <http://www.iobbauru.com.br/team/cirurgias-miopia/> (Adaptada)

Hipermetropia: A hipermetropia é resultado também de uma anomalia no globo ocular, mas agora temos um globo ocular mais curto e o cristalino não consegue acomodar imagens de objetos próximos. Devido a essa imperfeição no globo ocular o ponto próximo aumenta, para valores superiores a 25 cm.

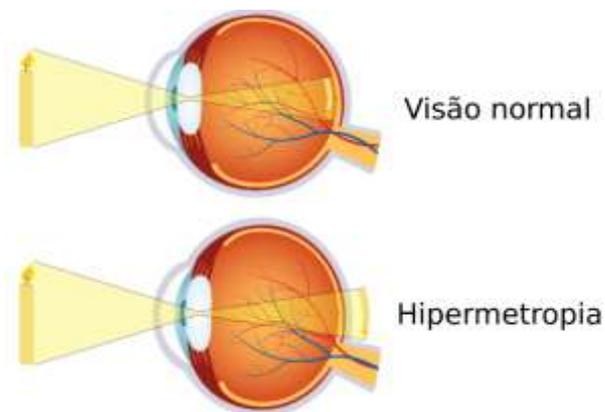


Figura 34: Hipermetropia

Fonte: <https://www.infoescola.com/visao/hipermetropia/>

Para corrigir a hipermetropia precisamos aumentar a convergência do olho, e para isso utilizamos uma lente convergente. A lente convergente não anula a hipermetropia, ela apenas desvia os raios de forma que o cristalino possa acomodar a imagem na retina.

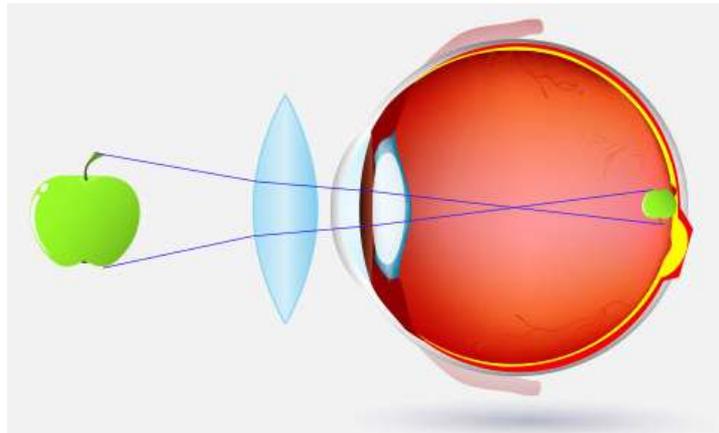


Figura 35: Hipermetropia corrigida
Fonte: <https://www.recover-your-vision.com/pt-pt>

Podemos ter um olho com globo ocular perfeito, e mesmo assim, a pessoa possui hipermetropia ou miopia. O conjunto córnea mais cristalino, configuram como uma lente convergente, assim, uma córnea mais plana pode resultar em uma falta de convergência, logo a pessoa apresenta hipermetropia, porque a imagem será formada depois da retina. Da mesma forma, se a córnea for mais aguda, com uma curva mais acentuada, pode aumentar a convergência do conjunto córnea-cristalino, resultando na miopia, porque a imagem será formada antes da retina.

Catarata: Existem vários tipos de catarata, que podem ser classificados em 4 grupos, segundo a CBO – Conselho brasileiro de Oftalmologia, e Reggi *et al* (1997).

1ª Catarata Senil: Mais comum, e está relacionada com a idade, causando a perda da transparência do cristalino.

2º Catarata Traumática: Causada por algum trauma, como: Lesões penetrantes, contusões, radiações ou descargas elétricas;

3º Catarata Secundária: Pode decorrer de doenças inflamatórias como Uveíte, alta miopia, distrofia hereditária de fundo de olho e o uso de medicamentos contendo esteróides.

4º Catarata Congênita: Pode estar presente logo no nascimento, ou se desenvolver no primeiro ano de vida, só é tratada se interferir na visão do bebê.

Tratamento: cirúrgico, é retirado o cristalino natural da pessoa, e colocado outro cristalino artificial.

Presbiopia: Conhecido popularmente como vista cansada, acontece com o avanço da idade, a partir dos 40 anos. Com o tempo o cristalino vai se enrijecendo, perdendo a maleabilidade, e dificultando a acomodação da imagem, para objetos próximos. Assim, o sintoma é o mesmo da hipermetropia, a convergência é baixa para objetos próximos.

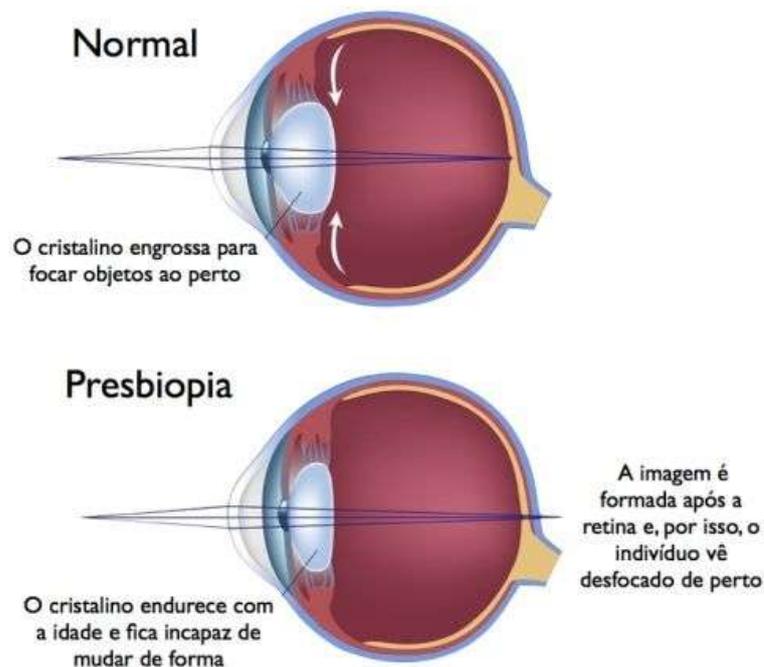


Figura 36: Presbiopia

Fonte: <https://www.tuasaude.com/sintomas-de-presbiopia/>

Como o sintoma é o mesmo da hipermetropia, a correção é a mesma também, é utilizado lentes convergentes.

Astigmatismo: Um sistema óptico é dito estigmático, quando para cada ponto objeto, conjuga apenas um ponto imagem. Já um sistema astigmático, para

cada ponto objeto, conjuga mais do que um ponto imagem, em outras palavras a imagem não é nítida.

Para uma pessoa com olho normal, seu sistema óptico configura um sistema estigmático, e para uma pessoa com astigmatismo, seu sistema óptico configura um sistema astigmático. Uma pessoa com astigmatismo, não enxerga bem, nem de perto e nem de longe.

A causa do astigmatismo são imperfeições na córnea, ou mais raramente no cristalino, e o conjunto córnea mais cristalino, funciona como uma lente multifocal.

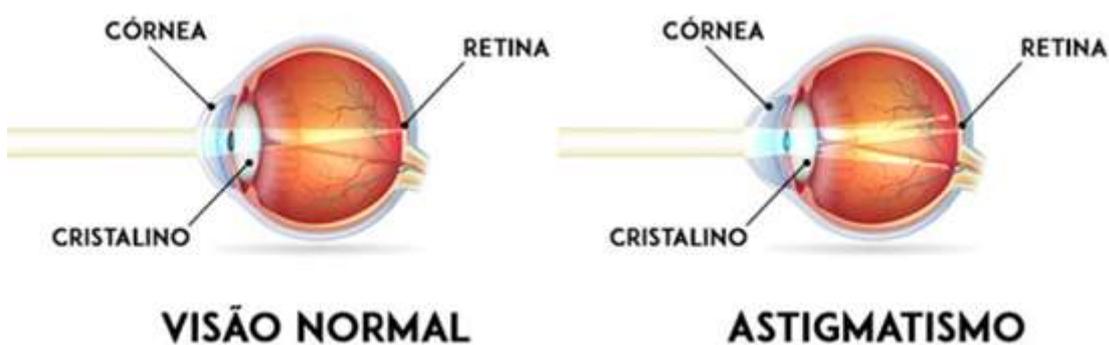


Figura 37: Astigmatismo

Fonte: <https://nutricaoeassuntosdiversos.blogspot.com/2018/03/astigmatismo.html>

Para corrigir esse tipo de anomalia, precisamos de lentes cilíndricas, para conseguir colocar todos os focos em um mesmo ponto. Para saber a disposição da lente cilíndrica precisamos saber a direção em que é formado os focos, podendo ser verticalmente, horizontalmente e obliquamente.

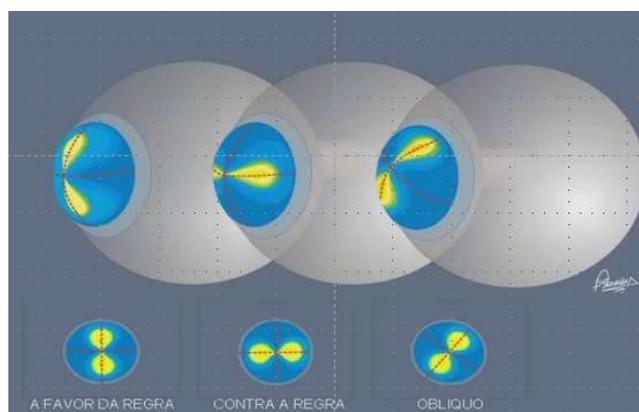


Figura 36: Astigmatismo (2)

Fonte: Desconhecido

Daltonismo:

O daltonismo é uma anomalia da visão, associada aos receptores sensíveis de luz, que se encontram na retina, especificamente os cones. O daltônico pode não distinguir uma ou várias cores. O tipo de daltonismo é classificado de acordo com o grau de dificuldade da percepção das cores de acordo com a médica Dr. Nicole Geovana (2017).

Deuteranopia: A pessoa não consegue enxergar a cor verde, enxergando tonalidades de marrom.

Protanopia: É o tipo mais comum, há diminuição na tonalidade do vermelho. Com isso a pessoa poderá enxergar tonalidades de marrom, verde ou cinza. Em geral a pessoa enxerga o verde muito próximo do vermelho.

Tritanopia: A pessoa tem dificuldade em distinguir o amarelo do azul.

Além desses tipos, pode existir o Daltonismo acromático onde a pessoa não consegue enxergar as cores, ela vê apenas tons de preto cinza e branco.

4.4 RECEITA MÉDICA

Geralmente quando vamos ao médico oftalmologista ele receita lentes definidas com grau positivo e ou negativo. O que significa esse grau positivo ou negativo?

O sinal positivo e negativo de uma lente, é dada pela distância focal dessa lente, uma lente convergente, possui distância focal maior do que zero (positiva) $f > 0$, já a lente divergente possui distância focal menor do que zero (negativa) $f < 0$. Para saber a vergência (ou convergência) da lente, fazemos o cálculo:

$$V = \frac{1}{f}$$

cuja unidade no SI é

$$[V] = \frac{1}{m} = m^{-1} = di(\text{dioptrias})$$

Essa dioptria, é utilizada pelos médicos como o grau. Quanto maior a distância focal, menor a convergência da lente, logo menor o grau. Quanto menor a distância focal, maior a convergência, logo maior o grau.

Analisando o esquema da figura 39, percebemos que para um olho emetropo, o grau é zero. Para a esquerda, temos grau negativo, para correção de hipermetropia. Para a direita, temos grau positivo, para correção de miopia.

Concluindo:

- Lente convergente – Positiva – corrige miopia;
- Lente divergente – negativa – corrige Hipermetropia;
- Dioptria = grau

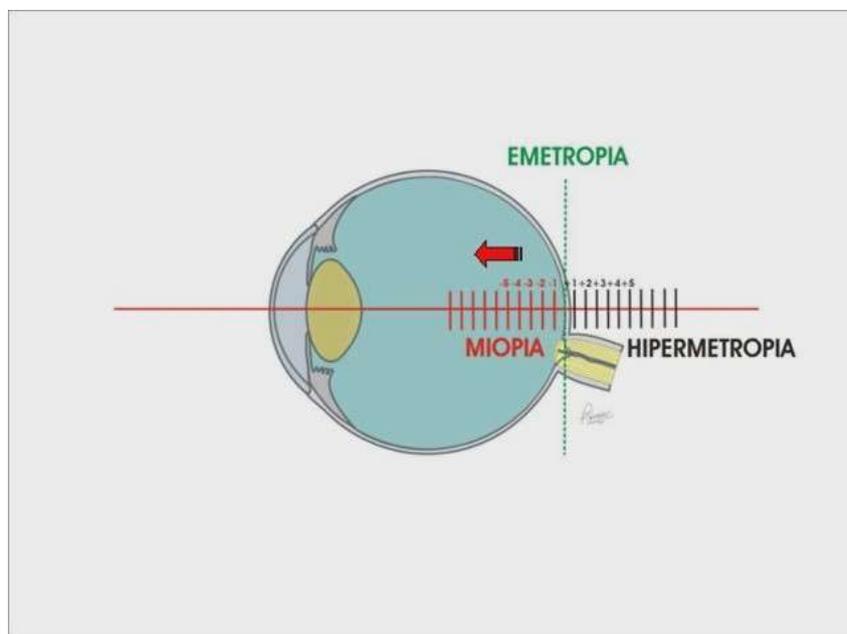


Figura 39: Grau positivo e negativo
Fonte: Desconhecido

Para uma pessoa míope o ponto remoto tem um fim, ou seja, para certa distância o olho não consegue acomodar mais a imagem, de acordo com a figura 40.

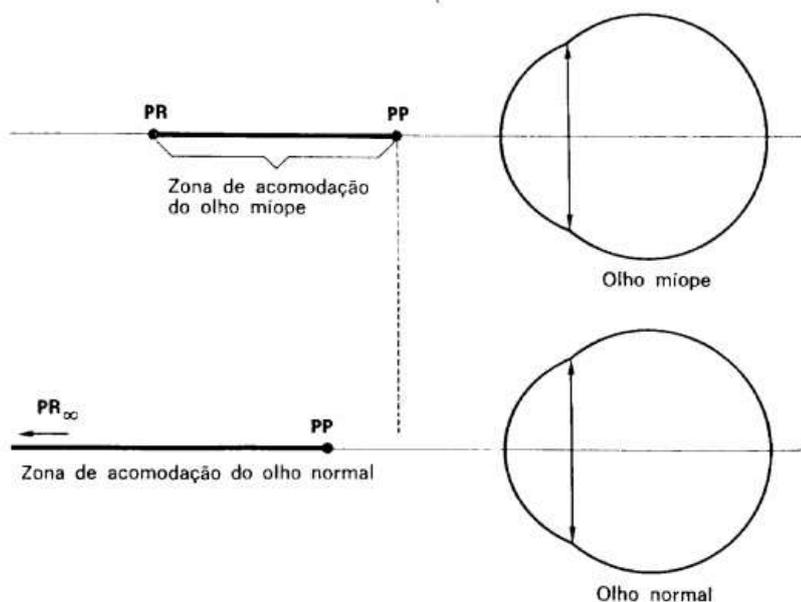


Figura 40: Ponto remoto para o míope

Fonte: http://www.upvix.com.br/_public/ensinos/pv/downloads/2018-Fisica_Alex-Siqueira_Optica-da-Visao_3a-Serie_Pre-Vestibular.pdf

Para o olho hipermetrope, aumenta a distância do ponto próximo. Assim, a pessoa tem dificuldades para acomodar imagens próximas. Para correção é necessário uma lente convergente, de acordo com a figura 41.

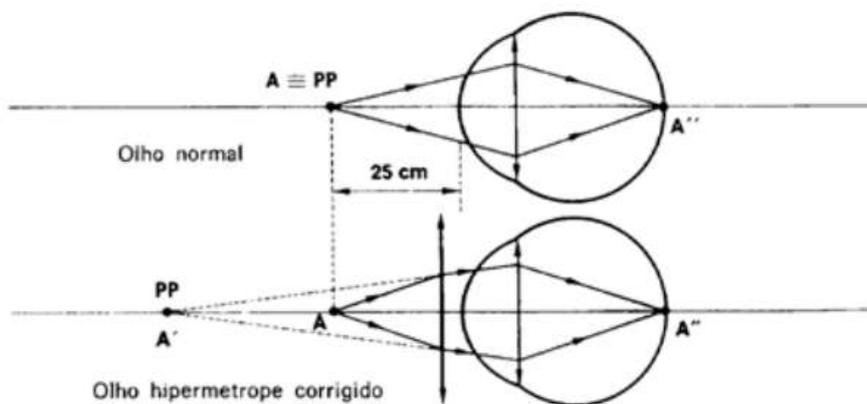


Figura 41: Ponto próximo para hipermetrope

Fonte: http://www.upvix.com.br/_public/ensinos/pv/downloads/2018-Fisica_Alex-Siqueira_Optica-da-Visao_3a-Serie_Pre-Vestibular.pdf

5 METODOLOGIA

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Nossa proposta se pauta nas pesquisas qualitativa e quantitativa. A análise qualitativa se mostra pertinente nesse caso pelo aspecto social da pesquisa.

De acordo com o Lüdke e André (2013), o pesquisa qualitativa também chamada as vezes de naturalística, tem o ambiente como sua principal fonte direta de dados e o pesquisador é o principal instrumento, os dados são predominantemente descritivos, e é um dos maiores focos de atenção do pesquisador, o significado que as pessoas dão as coisas e à sua vida.

5.2 COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada por meio da aplicação de um questionário diagnostico, inicial e final, sobre a óptica da visão, nesse instrumento obtemos dados qualitativos de cunho motivacionais e de possível aprendizagem.

5.3 INSTRUMENTOS DE ANÁLISE DOS DADOS

O procedimento metodológico utilizado para analisar os dados colhidos durante a implementação da proposta será do tipo “Estudo de caso”.

De acordo com Gunther (2006):

No contexto de um estudo de caso, delimitado como a coleta e análise de dados um exemplo individual para definir um fenômeno mais amplo (Vogt,1993) podem-se coletar e analisar tanto dados quantitativos quanto qualitativos. Além disto, é concebível observar comportamentos no seu contexto natural,

criar experimentos que utilizem o sujeito como seu próprio controle... (Gunther, 2006, p.205)

Com essa metodologia, pode-se analisar tanto dados quantitativos e qualitativos, porque consideramos os comportamentos, em seu ambiente natural, focando no sujeito pesquisado.

A pesquisa quantitativa, (DALFOVO, LANA E SILVEIRA, 2008), preza pela quantificação dos dados, transformando informações em números que podem ser analisados matematicamente por cálculos estatísticos, entre outros. A coleta de dados pode ser realizado por questionários, e os resultados são analisados por meios de gráficos e tabelas.

Já a pesquisa qualitativa, ainda de acordo com Dalfovo Lana e Silveira (2008), esse método difere do quantitativo a medida que não emprega um instrumento estatístico para sua análise. Todos os estudos de campo são necessariamente qualitativos, e identificam-se com a observação participante. Existem alguns métodos mais apropriados para tal análise, como: entrevistas abertas, observação participante, análise documental, estudos de caso, etc.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL: RELATO DE EXPERIÊNCIA

O produto educacional, foi aplicado em um colégio privado do município de Maringá no Paraná. O colégio possui um Ensino Médio pequeno, com apenas uma turma para cada série, e com aproximadamente 20 alunos cada. O colégio apesar de particular e de ter um foco no vestibular, incentivam o uso de metodologias diferenciadas, o uso de laboratório, e dessa forma a implantação do produto foi muito bem aceita. O produto foi aplicado no contra turno, e como estava muito próximo da semana de provas, foi definido para ser aplicado após a semana de provas de forma a não prejudicar o estudo dos alunos para as provas do quarto bimestre.

Em uma turma de 19 alunos, apenas 8 alunos puderam comparecer no contra turno, desses 8 alunos são sete meninos e uma menina. Quando foi mencionado que durante as aulas haveria a dissecação do olho de boi, gerou um interessante grande por parte da maioria dos estudantes, instigados para a aula, exceto um dos alunos que não consegue trabalhar com o olho de boi, por que passa mal. Para esse caso do aluno passar mal com o olho de boi, deve e foi respeitado, liberando o aluno da dissecação do olho de boi, mas mesmo assim esse aluno não compareceu as aulas.

6.2 AÇÕES DESENVOLVIDAS E ANÁLISE

A aplicação da sequência didática ocorreu no dia quatro de dezembro de 2018. Antes de iniciarmos as atividades, foi distribuído para os alunos um questionário, que eles deveriam responder e entregar.

Após o questionário inicial, iniciou-se a aplicação da sequência didática com uma aula por meio de slides que mostra a estrutura do olho humano, suas

partes e funções. Não foi mencionada, nessa parte da aula, que o cristalino é uma lente convergente natural de vigência variável.

Agora, que os alunos viram as principais partes do olho humano, foi entregue para os alunos a primeira atividade que é a da dissecação do olho de boi, a turma foi dividida em duplas, cada dupla recebeu um prato descartável, uma tesoura, um estilete, luvas de procedimento e um olho de boi. Todas as etapas da dissecação foram mostradas por meio de figuras em um slide para auxiliar os alunos quanto ao procedimento. Alguns alunos conseguiram na primeira tentativa retirar o cristalino, mas teve uma dupla que acabou danificando o cristalino na hora de cortar, assim foi entregue outro olho para que eles pudessem realizar a atividade. Ao final da atividade é surpreendente o comportamento dos alunos com o resultado obtido, conseguindo enxergar as letras de um texto qualquer, ampliada pelo cristalino do olho de boi.

Durante a dissecação muitos alunos acabaram confundindo a retina com o tapete no olho de boi. O tapete é um corpo presente no olho de boi, e também nos olhos de gatos e cachorros, responsável por melhorar a visão noturna, conferindo uma cor azul esverdeada e brilhante, e como a retina é uma fina camada transparente, os alunos não conseguiram detectar. Ressalta-se que o olho humano não possui esse corpo chamado de tapete.

Logo após a atividade da dissecação, foi entregue aos alunos uma atividade lúdica, que aborda a região do ponto cego, importante por estar relacionada com a questão seis do questionário da atividade anterior (dissecação do olho de boi), pergunta seis: “Na região do nervo óptico é possível formar imagens?”, quando os alunos realizaram o experimento do ponto cego, alguns alunos conseguiram fazer a ligação deste ponto cego com o início do nervo óptico (durante o debate), no início do nervo óptico não possui as células sensíveis a luz, assim a imagem formada nesse ponto não pode ser enxergada pela pessoa. Após a atividade, as respostas dos alunos são verbalizadas em forma de um debate, e ao final ocorre a intervenção pedagógica, por meio de slides.

Após conhecermos a estrutura do olho e a função de cada estrutura, iniciou-se o estudo sobre as ametropias. Foi mostrado para os alunos uma

câmara escura de fundo variável. Mostramos a imagem da janela do fundo da sala sendo formada, em um ponto em que a imagem ficava nítida e conforme mudávamos a posição do fundo da câmara escura, a imagem ficava menos nítida. Construímos um esquema no quadro-negro, que mostra que quando a imagem é formada depois da retina, temos um olho hipermetrope, e quando a imagem é formada antes da retina temos um olho míope.

Em seguida, foi entregue o próximo experimento, os modelos de olhos, sendo três olhos: um míope, um hipermetrope e um emetrope. A sala foi dividida em três bancadas, duas com três pessoas e uma com duas pessoas. Eles deveriam verificar em cada olho, a formação da imagem nítida, se ocorria na retina, antes ou depois da retina, classificando os olhos em míope hipermetrope e emetrope, esses olhos são câmeras escuras esféricas representando olhos, constituídos por um globo regular, um curto e um alongado. Após isso, iniciou-se o debate na sala e os alunos facilmente já sabiam qual era o olho míope o hipermetrope e o emetrope. Para realizar essa atividade foi levado velas para servir de objeto para os olhos, mas devido as condições da sala, foi usado a janela da sala, que funcionou muito bem.

Depois dos alunos classificarem os modelos de olhos em míope hipermetrope e emetrope, foi entregue para os alunos algumas lentes, para servirem de óculos para os olhos míope e hipermetrope, e assim eles poderiam verificar qual tipo de lente pode ser utilizado para cada anomalia, constatando o tipo de lente capaz de formar na retina do modelo de olho uma imagem nítida. Os alunos não tiveram grandes dificuldades, e rapidamente conseguiram detectar que o olho míope precisa de uma lente divergente e o olho hipermetrope precisa de uma lente convergente.

Terminando o debate da atividade anterior iniciou-se a intervenção pedagógica, onde foi definido cada tipo de anomalia, e suas lentes corretivas com auxílio de slides. E como curiosidade os alunos foram questionados “O olho míope e o hipermetrope pode ter um globo ocular regular e mesmo assim as imagens não serem formadas na retina?” A grande maioria dos alunos falou que não, devido terem associado a anomalia apenas as irregularidades do globo ocular. Assim por meio de slides foi definido, que as anomalias também

podem ser causadas por uma alta ou baixa convergência do sistema córnea mais cristalino, por exemplo, um sistema córnea-cristalino com alta convergência, faz com que a imagem seja formada antes da retina, o que configura em um olho míope, já um sistema córnea-cristalino com baixa convergência, faz com que a imagem seja formada depois da retina, o que configura em um olho hipermetrope.

Após essa atividade, tivemos um intervalo de 15 min, para comer, e descansar. Nesse momento, os alunos falaram bem da aula, falaram que foi muito bacana, a dissecação do olho de boi. Realmente os alunos estavam instigados pelos experimentos da aula.

O segundo módulo iniciou com a atividade do vídeo, onde os alunos assistiram a uma reportagem que passou no programa da Rede Globo “Fantástico” (<https://www.youtube.com/watch?v=l-tPZsReLFg&t=98s>), e os alunos deveriam responder duas perguntas a respeito da catarata. Os alunos não tiveram dificuldades para resolver essa atividade, e após a atividade durante o debate, ocorreu a intervenção pedagógica, onde nos aprofundamos no tema “catarata”, estudamos os tipos de cataratas e como é realizado o tratamento.

Após a atividade do vídeo, por meio de aulas expositivas, com auxílio de slides, foi ensinado para os alunos as outras anomalias da visão, como presbiopia, (fazendo uma análise “por que as pessoas mais idosas afastam o jornal na sua leitura?”), astigmatismo e daltonismo.

Para a anomalia daltonismo, foi realizado uma atividade lúdica sobre daltonismo, um “teste de daltonismo”, composto com números de cores diferentes, onde os alunos deveriam identificar o número, (este teste é apenas uma atividade lúdica que pode ser um indicativo de algum tipo de catarata). Nessa turma nenhum aluno na sala possui algum tipo de daltonismo.

Após, foi trabalhado com os alunos, sobre a receita médica. Quando vamos ao médico na receita do oftalmologista, ele fornece o tipo de lente por graus positivos ou negativos, e essas informações acabam divergindo da forma como se é ensinado no Ensino Médio. Assim, foi trabalhado com os alunos na interpretação de receitas médicas, fazendo uma análise com o conteúdo já

visto. A partir disso, os alunos puderam resolver algumas atividades a respeito da receita médica.

Nesse segundo módulo, foi perceptível que os alunos já estavam bem cansados, 5 aulas seguidas é bem desgastante, assim, é recomendável que não apliquem a sequência em um único encontro.

Ao final, foi entregue novamente um questionário, com as mesmas perguntas do questionário inicial, aplicado antes da aplicação do produto educacional, foi mencionado aos alunos, que se eles quisessem poderiam escrever ao final alguma observação sobre a aula, de algo que gostaram, ou que não gostaram.

Apesar do cansaço dos alunos no segundo módulo, foi positiva a reação dos alunos, que interagiram com os experimentos e demonstravam certo entusiasmo. Um dos alunos descreveu inúmeras vezes que foi muito legal a aula, e alguns alunos escreveram ao final do questionário final *“Amei ver a aula foi extremamente boa e muito bem apresentada auxiliando a aprendizagem”, “a aula foi interessantíssima, uma vez que foi possível relacionar conteúdo teórico a uma atividade prática”, “A aula foi muito top, foi uma aula bem bacana do jovem #Replay”* remetendo ao professor.

Apesar, da grande maioria dos alunos terem mostrado grande interesse na aula, dois alunos não pareciam levar as coisas muito a sério, eles estavam lá mais para “brincar” com os experimentos, já que não tem a pressão da nota, mas mesmo assim, acreditamos que foi uma aula positiva para eles, e que possivelmente possam ter aprendido algo.

6.3 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO

Das perguntas, a primeira era para identificar se eles já haviam estudado as anomalias da visão.

1) Você já estudou as anomalias da visão?

8 respostas

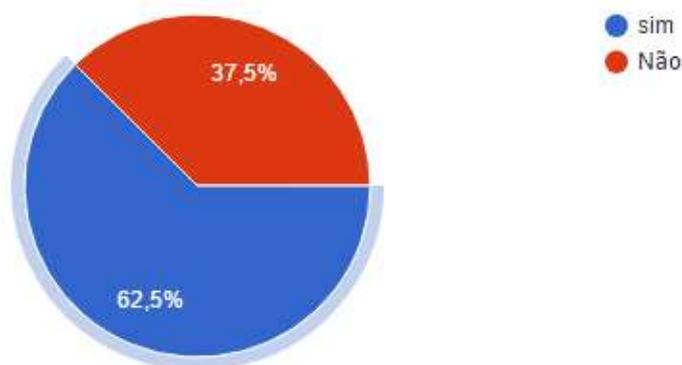


Figura 40: Gráfico 1 do formulário inicial
Fonte: autoria própria

Como pode ser visto, 62,5% dos alunos já estudaram alguma coisa a respeito das anomalias da visão, alguns escreveram na frente da resposta, “um pouco”, e alguns alunos falaram na sala, que já pesquisaram por conta própria alguma coisa, assim esses 62,5% é referente a esses tipos de estudo e não o estudo formal da escola.

A segunda pergunta era sobre as anomalias da visão presente na família, e percebeu-se uma pequena discrepância entre o primeiro questionário e último, essa discrepância pode se dar pelo não entendimento de alguma anomalia, ou alguma confusão na hora de preencher o formulário.

2) Assinale, quais anomalias da visão abaixo, algum membro da sua família possui?

8 respostas

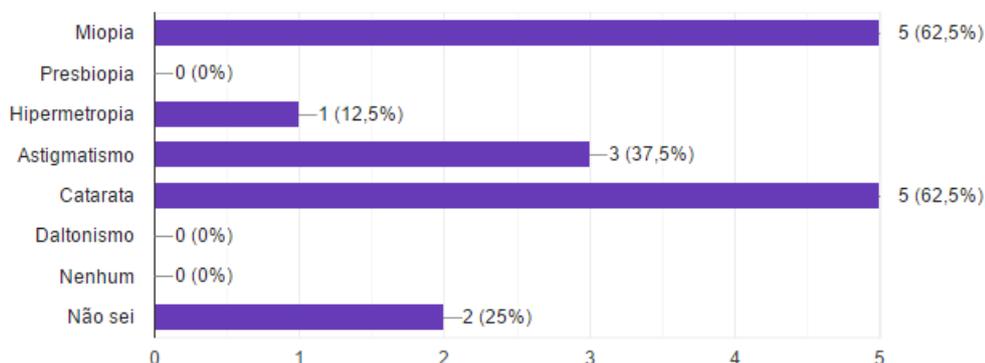


Figura 41: Gráfico 2 do formulário inicial
 Fonte: autoria própria

2) Assinale, quais anomalias da visão abaixo, algum membro da sua família possui?

8 respostas

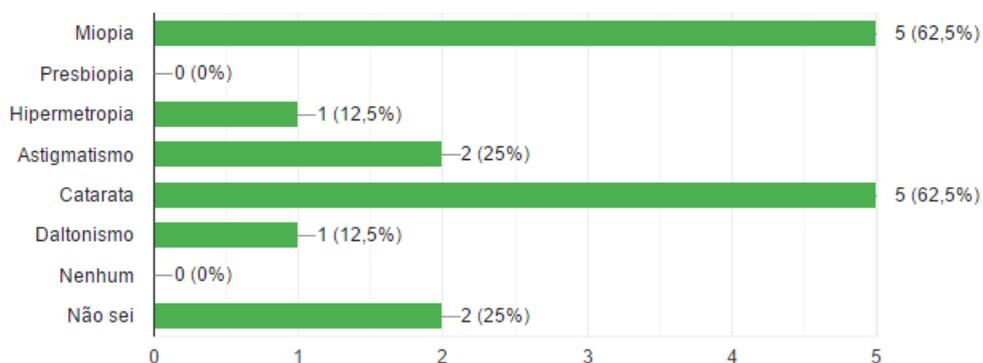


Figura 42: Gráfico 2 do formulário final
 Fonte: autoria própria

A terceira pergunta, era a respeito da anomalia da visão que a pessoa enxerga mal de perto, no questionário inicial, a metade dos alunos colocaram a opção “não sei”, apenas 12,5% sabiam a resposta correta, “hipermetropia e presbiopia”, sabe-se que as duas tem o mesmo sintoma, mas a causa é diferente.



Figura 43: Gráfico 3 do formulário

Fonte: autoria própria

É notável a mudança do formulário inicial para o final para a pergunta 3, depois da aplicação do produto, as respostas certas passaram de 12,5% para 87,5%. A resposta “Miopia e Hipermetropia”, não faz muito sentido nessa resposta, já que ambas possuem sintomas contrários, podendo indicar a não compreensão deste aluno a estes conceitos.

A quarta pergunta, referente a anomalia de um olho alongado, onde 62,5% dos alunos assumiram não saber a resposta, mas 25% associaram ao astigmatismo, e 12,5% a hipermetropia, não configurando nenhuma resposta correta, que seria a “Miopia”.



Figura 45: Gráfico 4 do formulário
Fonte: autoria própria

No formulário final, 75% dos alunos chegaram a resposta correta, ainda dois alunos assinalaram hipermetropia, eles provavelmente ainda se confundem com as anomalias hipermetropia e Miopia

Para a quinta pergunta, sobre a anomalia associada ao olho curto, 50% confessaram não saber, e as demais erraram, confirmando que elas também não sabiam.



Figura 48: Gráfico 5 do formulário
 Fonte: autoria própria

Já no formulário final, 75% acertaram que o olho curto é referente ao hipermetrope, uma pessoa ainda não sabe, e a outra confundiu com a miopia.

Para a sexta pergunta, referente às lentes corretivas o problema é um pouco maior. No formulário inicial, 75% dos alunos assumiram que não sabiam, uma colocou hipermetropia, e uma acertou, colocando a miopia, provavelmente essa pessoa deve conhecer alguma pessoa que possui miopia, e já leu algo a respeito.



Figura 49: Gráfico 6 do formulário
 Fonte: autoria própria

Após a aplicação do produto, no formulário final, muitas pessoas confundiram as anomalias miopia e hipermetropia, 50% acertaram que é a miopia, mas exatos 50% acham que é a hipermetropia.

Para a sétima pergunta, a respeito das lentes convergentes, uma pessoa acertou a anomalia, duas pessoas colocaram astigmatismo, e 62,5% assinalaram que não sabem.



Figura 51: Gráfico 7 do formulário
Fonte: autoria própria

Ao final da sequência 50% acertaram, colocaram que a lente convergente corrige hipermetropia, mas ainda 50% erraram, onde uma deles continuaram com a resposta, sendo astigmatismo. Houve uma melhora, mas é grande a quantidade de alunos que ainda não compreenderam qual lente corrige qual anomalia.

Em Relação a pergunta oito, apenas uma pessoa deve conhecer o termo presbiopia, mas no geral as respostas foram bem divergentes e apenas 25% confessaram não saber.

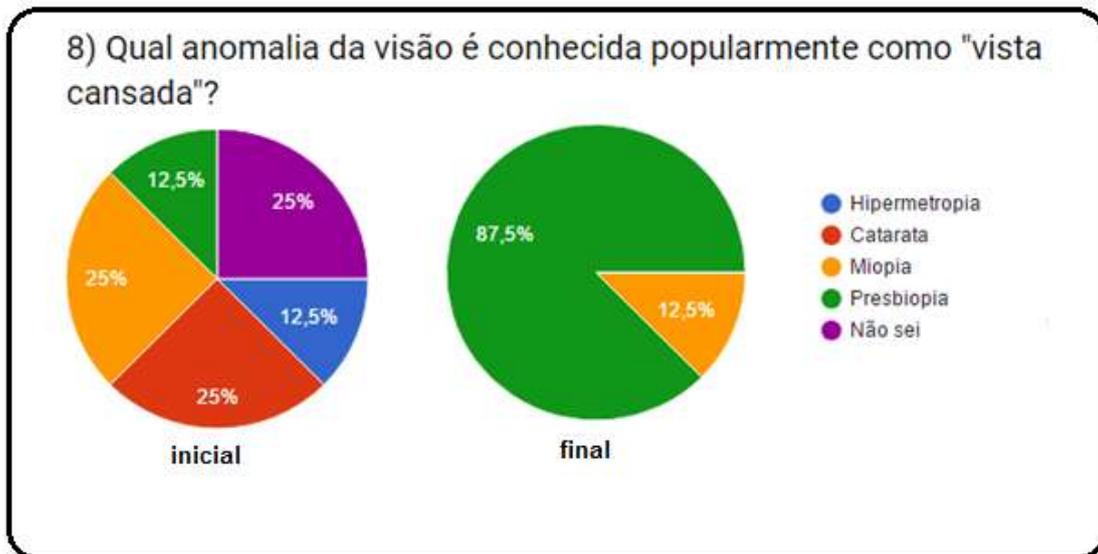


Figura 53: Gráfico 8 do formulário
 Fonte: autoria própria

No formulário final, é nítido o crescimento das respostas dos alunos que agora entendem que a presbiopia é a tal da vista cansada, que fazem as pessoas mais idosas afastarem o jornal durante a leitura.

Na nona pergunta, apenas 25% dos alunos assumiram não saber, e apenas uma pessoa acertou a resposta, e inacreditavelmente cinco pessoas colocaram que é na córnea que a imagem é formada.



Figura 55: Gráfico 9 do formulário
 Fonte: autoria própria

No formulário final houve um aumento de respostas corretas, mas ainda há duas pessoas que acreditam que a imagem é formada na córnea.

Na décima pergunta, apenas 50% assumiram não saber, e das demais apenas uma acertou, é comum ouvir falar da pupila e não da íris, mas o dilatamento da pupila depende da íris, porque a íris funciona como um diafragma.

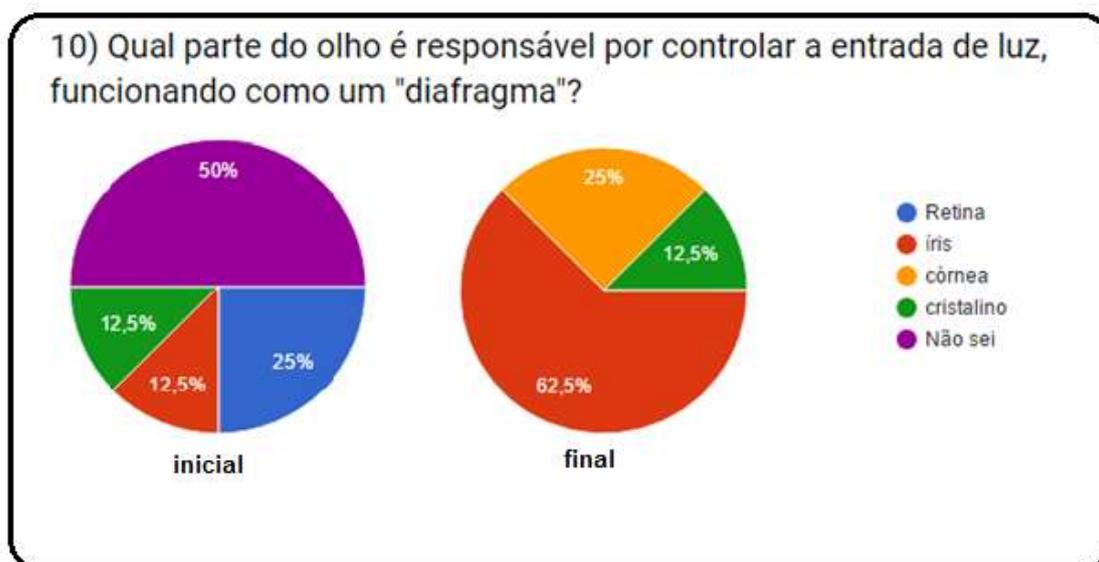


Figura 57: Gráfico 10 do formulário
Fonte: autoria própria

No formulário final, é perceptível um grande crescimento de respostas corretas, mas ainda teve duas pessoas que colocou que é a córnea e uma pessoa que acha que é o cristalino.

Na décima primeira pergunta, apenas 37,5% assumiram não saber a resposta, e duas pessoas já deve ter alguma conhecimento sobre essa variável, e duas pessoas acabaram colocando a Retina.

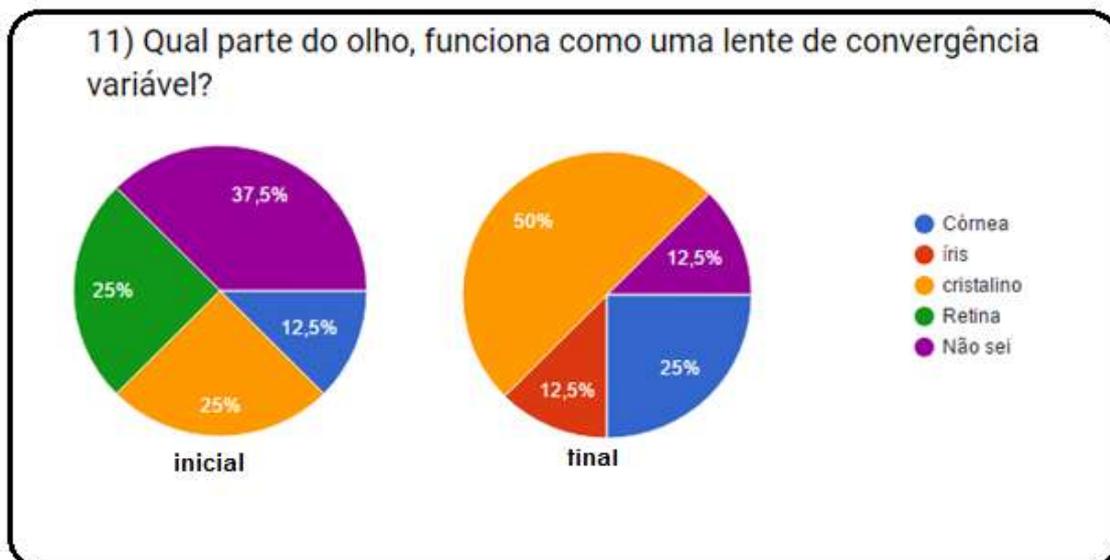


Figura 59: Gráfico 11 do formulário
 Fonte: autoria própria

Depois da aplicação da sequência didática, um maior número de alunos compreenderam que o cristalino é uma lente variável, mas ainda é grande a quantidade de alunos que não compreendeu, metade dos alunos erraram ou não sabiam responder essa questão.

Na décima segunda pergunta, duas pessoas já tem o conhecimento sobre essa variável, acertaram, duas pessoas colocaram os bastonetes, que é um receptor de luz, mas não identifica as cores, e a metade confessa não saber



Figura 62: Gráfico 12 do formulário
Fonte: autoria própria

No formulário final, todos os alunos acertaram a resposta correta, identificando os cones como os responsáveis por identificar as cores.

Na décima terceira pergunta, todos os alunos já tem alguma conhecimento a respeito do daltonismo ser a anomalia associada as cores, já que todos acertaram no questionário inicial e final.

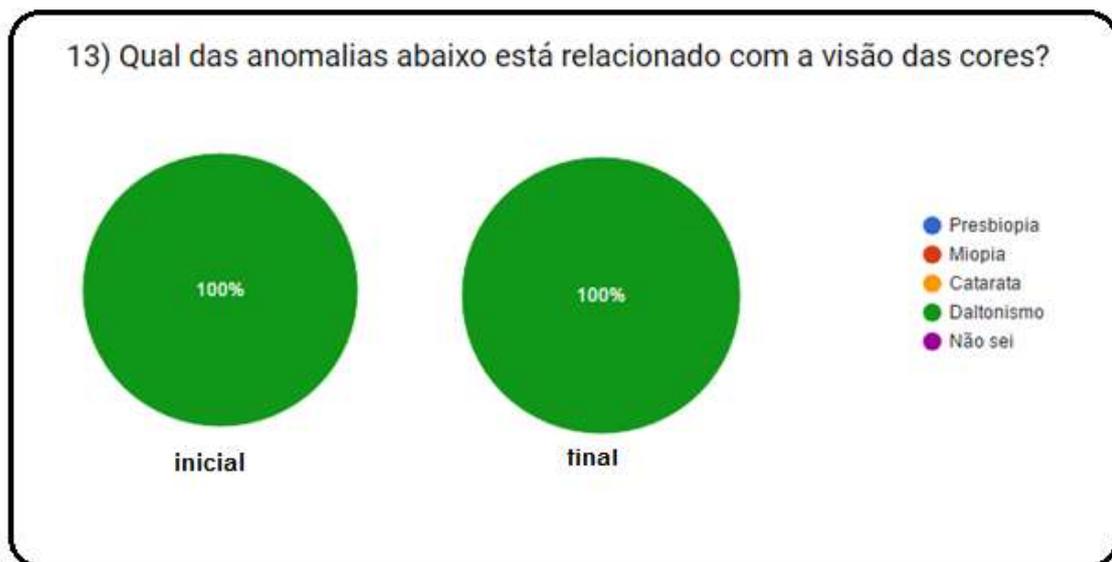


Figura 64: Gráfico 13 do formulário
Fonte: autoria própria

6.4 CONCLUSÕES SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Foi muito satisfatória a aplicação desse produto, mesmo depois da última semana de provas, apareceram oito alunos de uma sala de 19, sem nenhuma atribuição de nota, foi perceptível a vontade dos alunos de participarem só de ouvirem falar que ia ter a dissecação do olho de boi.

Uma professora do colégio que ministra biologia para o Ensino Médio e Ciências para os nonos anos, ficou interessada na aula, e assistiu a dissecação do olho de boi. A aplicação do produto educacional teve uma grande aceitação por parte da direção do colégio, que incentivam essas atribuições.

Os alunos que participaram, verbalizaram frases positivas quanto a aula, e os alunos gostando da aula, já é um grande passo para criar um ambiente propício a aprendizagem.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho teve como objetivo, propor uma sequência didática que aborda a óptica do olho humano, de forma a tentar corroborar positivamente com o Ensino de Física, resgatando o interesse dos alunos, motivando-os para o estudo da Física e assim poder dar os primeiros passos em direção a aprendizagem dos alunos.

Com a aplicação do produto educacional, foi notório que apesar da óptica da visão estar muito presente no cotidiano dos alunos, eles possuem um entendimento muito superficial e vago, assim com a sequência didática foi possível aumentar as condições de aprendizagem desses alunos.

Um dos fatores mais importantes observados antes e durante a implantação da sequência didática foi o interesse dos alunos, e até mesmo de outros professores, que ficaram sabendo através dos alunos e vieram perguntar que também gostariam de presenciar a dissecação do olho de boi.

Podemos dizer que as atividades vivenciadas pelos alunos no decorrer da sequência didática aplicada contribuíram para a formação de um aluno cidadão, capaz de compreender fenômenos que ocorrem no seu dia a dia, como sugere as Diretrizes de Física do Estado do Paraná (2008).

Nossos resultados apresentam indícios de que os alunos gostaram da forma como as atividades foram propostas, ou seja, encontraram-se motivados durante a implementação do produto educacional, o que de acordo com Batista et al (2009) é o primeiro passo para uma aprendizagem efetiva.

De acordo com as intervenções dos alunos registradas durante a realização das atividades, verificamos que os alunos gostaram da forma que a aula aconteceu, simplesmente pelo fato de poderem participar da aula, com discussões nos pequenos grupos e debates com a sala, o que nos leva a crer que é possível ministrar uma aula de Física na qual o aluno se torna corresponsável pelo processo de ensino-aprendizagem.

A reação da escola como um todo foi positiva quanto a implementação do produto educacional, assim verificamos que esse produto pode ter grande potencial em sala de aula.

REFERÊNCIAS

BATISTA, M. C.; **A experimentação no ensino de física: modelando um ambiente de aprendizagem**, 2009. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

BOAS, N. V.; DOCA, R. L.; BISCOULA, G. J.; **Tópicos de Física 2**. 2ed, Editora Saraiva, 2014.

CARRON, W.; PIQUEIRA, J. R.; GUIMARÃES, O.; **Física, Ensino Médio**. Parte 2, Vol. 2, editora Ática, 2014.

CBO. **Catarata: Definição e classificação**. Projeto Diretrizes. Associação Médica Brasileira e Conselho Federal de Medicina, Disponível em : <<http://www.cbo.net.br/novo/publico-geral/catarata.php>>. Acesso em 15 de Mar. 2019.

COSTA, R. A.; **Ensino de Física: Uma abordagem da óptica geométrica para estudantes com deficiência visual**, 2017. Dissertação (Mestrado) – Programa de mestrado em Ensino de Física, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

DALFOVO, M, S; LANA, R. A; SILVEIRA, A. **Métodos quantitativos e qualitativos: um resgate teórico**. Revista Interdisciplinar Científica Aplicada, Blumenau, v. 2, n. 4, p. 01-13, Sem II. 2008.

FREITAS, M. T. A; SOUZA, S, J. **Lev Vygotsky e a Perspectiva Histórico – Cultural**; In: TOURINHO, C.; SAMPAIO, R. **Estudos em Psicologia, uma introdução**. 1 ed. Proclama editora. Maio 2009. Cap 6. P. (119 - 138)

GEOVANA, N. **Quais os tipos de daltonismo?**. Disponível em: <https://medicoresponde.com.br/quais-sao-os-tipos-de-daltonismo/> Acesso em: 15 de Mar. 2019.

GUNTHER, H. **Pesquisa Qualitativa Versus Pesquisa Quantitativa: Esta É a Questão?** Psicologia: Teoria e Pesquisa, vol. 22, n. 2, pp. 201, . Mai – Ago 2006.

HELENE, O; HELENE, A. F. **Alguns aspectos da óptica do olho humano**. Revista brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 3, Outubro 2011.

KNOBLAUCH, N. V.; **Olho Humano: A janela de entrada para o estudo da óptica**, 2013. Programa de Desenvolvimento Educacional - PDE, Secretaria de Estado de educação do Paraná, Universidade Estadual de Maringá, Cadernos PDE, Vol I, Maringá, 2013.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli E. D. A.. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 2. ed. Rio de Janeiro: E.P.U., 2013. e-Book.

MACHADO, C. G.; **A ótica do Olho Humano**, 2014. Programa de Desenvolvimento de Educação – PDE, Secretária de Estado de Educação do Paraná, Cadernos PDE, vol II, 2014.

MACHADO, L. O. **As Lentes e a Visão Humana**. Instituto de Física Gleb Wataghin. Universidade Estadual de Campinas. Jun. – Dez. 2008

MARTINS, J. C. **Vygotski e o Papel das Interações Sociais na Sala de Aula: Reconhecer e Desvendar o Mundo**. Série Ideias, n.28. São Paulo: FDE, 1997. pg.111 – 122.

MARTINS, R. A; SILVA, A. P. B. **Maupertuis, d’Arcy, d’Alembert e o princípio de ação mínima na óptica: uma análise crítica**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 3, p. 455-463, (2007)

MOREIRA, M. A. **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciência**. Comportalismo, Construtivismo e Humanismo. 2 ed. Porto Alegre, 2016

NEVES, R. A; DAMIANI, M, F. **Vygotsky e as teorias da aprendizagem**. UNIrevista. Vol. 1, n.2, abril 2006.

PIETROCOLA, M.; e col.; **Óptica do olho humano**. Universidade de São Paulo, 2010. Disponível em: < <http://paje.fe.usp.br/~mef-pietro/mef2/app.upload/192/Sequencia%20didatica%20optica%20do%20olho%20humano%202010.pdf>>. Acesso em 29 de fevereiro de 2019.

PRASS, A. R. **Teorias da aprendizagem**. 1ed. ScriniaLibris.com, 2012.

REGGI, J. R. A. **Catarata traumática: estudo de 60 casos**. Arq. Bras. Oftal. 60(5), Outubro 1997.

SANTOS, M. A.; **Conhecendo o olho humano: protótipo usado para o ensino de Física voltando para a Educação Básica de Jovens e Adultos**, 2016. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós – Graduação do Mestrado Nacional Profissionais em Ensino de Física, Universidade Estadual de Maringá, 2016.

SILVEIRA, A. F.; MELO, J.F.; **Intervenções didáticas com abordagem CTS para o ensino da óptica geométrica**, Congresso Ibero – Americano de ciências, tecnologia, inovação e educação, Buenos Aires, Argentina, 2014.

VENTURA, L; NETO, J. C. C. **Ametropias Oculares**. Revista brasileira de Ensino de Física, vol. 17, n. 4, Dezembro 1995.

YVOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1989.

APÊNDICE: PRODUTO EDUCACIONAL

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA
ÓPTICA DO OLHO HUMANO**



LUIZ FERNANDO CAPELINI

Produto Educacional

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA ÓPTICA DO OLHO HUMANO

Produto Educacional apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Prof. Dr. Thiago Hartz Maia
Coorientador: Prof. Dr. Michel Corci Batista

Campo Mourão
2018

1 APRESENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A Sequência aqui produzida foi baseada na teoria de desenvolvimento de Vygotsky. O aluno, terá a oportunidade de participar ativamente da construção de seu conhecimento, inserido em pequenos grupos, onde pode investigar, levantar hipóteses e discuti-las, com os membros desse grupo. Após esse processo inicial, estende-se o debate para toda a sala, onde todos os grupos participam.

Todo o processo deve ser mediado pelo professor, que deve sempre encaminhar as atividades e conduzindo o debate. Nas ações, de resolver problemas, levantar hipóteses e debatê-las nos pequenos grupos, nos leva a refletir que, a partir do social, do compartilhamento de ideias, o aluno pode internalizar o conhecimento por processos internos. E depois, pensando sobre esse conhecimento, pode usá-lo para expandir sua explicação, nos próximos debates.

Essa proposta pedagógica, utiliza-se de vários recursos, como: Dissecção do olho de boi, experiência do ponto cego, experiência da formação de imagem no olho humano e vídeo. E para cada experimento, teremos alguns problemas, em que os alunos devem resolver. Eles vão levantar hipóteses, testá-las, discutir entre os membros do grupo, compartilhando experiências, e um ambiente, propício para a aprendizagem.

1.1 Objetivos da sequência didática

Constituem-se como objetivos dessa proposta de ensino:

- promover a interação entre professor e alunos, bem como a interação entre os próprios alunos;
- motivar os alunos para o estudo óptica da visão;
- promover condições de aprendizagem dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais da óptica da visão;
- contribuir para a formação de cidadãos;

1.2 O papel do professor nessa proposta

Esse produto educacional se pauta numa proposta de ensino, a qual o professor tem o papel de mediador do processo de aprendizagem, estimulando o debate entre os alunos, de forma que cada aluno tenha a liberdade para participar e interagir.

Tem ainda a função de distribuir as atividades e criar um ambiente propício para que ocorra a aprendizagem, sempre buscando alcançar os objetivos da proposta.

1.3 Organização da sequência didática

A sequência didática apresentada como produto educacional, foi estruturada em dois módulos, totalizando 5 aulas, como apresentado no quadro 1:

Quadro 1: Esquema de organização dos módulos da sequência didática

MÓDULOS	TEMAS	Nº DE AULAS
Módulo 1	A estrutura do olho humano e anomalias (1)	3
Módulo 2	Anomalias (2) e Receita médica	2

O número de aulas previsto é de 5 aulas, mas esse número pode ser alterado caso haja necessidade.

O olho humano e suas anomalias:

Módulo 1

ESTRUTURA DO OLHO

Os alunos, embora ainda não estudaram a óptica da visão, devem possuir alguns conhecimentos preexistentes, providos de outras fontes e meios, como notícias e informações que permeiam seu cotidiano. Assim, o professor deve iniciar a aula com uma atividade de sondagem. Essa atividade pode ser aplicada pelo formulário do Google, para que os alunos possam responder pelo celular, mas se o professor não têm esse recurso disponível, aplique a atividade impressa.

Observação: Esse mesmo formulário, vai ser aplicado novamente ao final das aulas.

Formulário inicial:

- 1- Você já estudou as anomalias da visão?
 - a) Sim
 - b) Não

- 2- Assinale, quais anomalias da visão abaixo, algum membro da sua família possui.
 - a) Miopia
 - b) Presbiopia
 - c) Hipermetropia
 - d) Astigmatismo
 - e) Catarata
 - f) Daltonismo
 - g) Nenhum
 - h) Não sei

- 3- Qual anomalia da visão, a pessoa enxerga mal apenas para objetos próximos?
- a) Miopia e hipermetropia
 - b) Miopia e catarata
 - c) Presbiopia e miopia
 - d) Hipermetropia e presbiopia
 - e) Não sei
- 4- A pessoa que possui um olho alongado, apresenta qual anomalia da visão?
- a) Hipermetropia
 - b) Miopia
 - c) Daltonismo
 - d) Astigmatismo
 - e) Não sei
- 5- A pessoa que possui um olho curto, apresenta qual anomalia da visão?
- a) Hipermetropia
 - b) Miopia
 - c) Daltonismo
 - d) Astigmatismo
 - e) Não sei
- 6- Lentes divergentes são utilizadas para corrigir qual anomalia?
- a) Miopia;
 - b) Presbiopia
 - c) Astigmatismo
 - d) Hipermetropia
 - e) Não sei
- 7- Lentes convergentes são utilizadas para corrigir qual anomalia?
- a) Miopia;

- b) hipermetropia
- c) Astigmatismo
- d) Catarata.
- e) Não sei

8- Qual anomalia da visão é conhecida popularmente como “vista cansada”?

- a) Hipermetropia
- b) Catarata
- c) Miopia
- d) Presbiopia
- e) Não sei

9- Em qual parte do olho existem receptores sensíveis a luz, para a imagem ser formada?

- a) Retina
- b) Íris
- c) Córnea
- d) Pupila
- e) Não sei

10- Qual parte do olho é responsável por controlar a entrada de luz, funcionando como um “diafragma”?

- a) Retina
- b) Íris
- c) Córnea
- d) Cristalino;
- e) Não sei

11- Qual parte do olho, funciona como uma lente de vergência variável?

- a) Córnea
- b) Íris

- c) Cristalino
- d) Retina
- e) Não sei

12- Qual receptor sensível a luz é responsável por identificar as cores?

- a) Cones
- b) Bastonetes
- c) Fóvea
- d) Coroide
- e) Não sei

13- Qual das anomalias abaixo está relacionado com a visão das cores.

- a) Presbiopia
- b) Miopia
- c) Catarata
- d) Daltonismo
- e) Não sei

Após esse questionário, o professor apresentará ao aluno a estrutura do olho Humano de forma sucinta, por meio de slides. Nessa parte o professor não deverá explicar que o cristalino é uma lente convergente.

Estrutura do olho humano

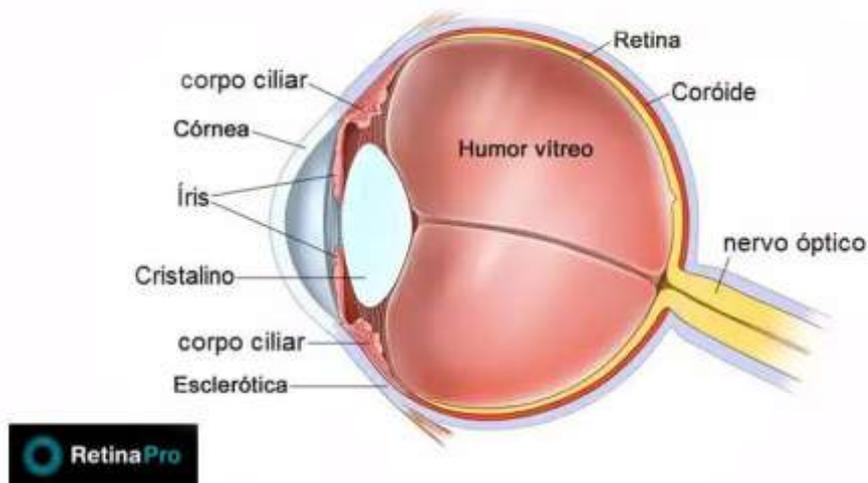


Figura 1: Estrutura do olho

Fonte: <https://retinapro.com.br/blog/principais-partes-do-olho/>

Esclerótica: Parte branca do olho, membrana externa e fibroso, sendo bem resistente, têm a função de proteger a parte interna, e manter a esfericidade do olho. E é onde se fixam os músculos responsáveis pelo movimento do olho.

Conjuntiva: Membrana fina e transparente que reveste a parte externa do olho, fica antes da esclerótica e as pálpebras, responsável pela lubrificação e proteção contra agentes externos.

Corpo ciliar: Está localizado atrás da íris, e têm a função de produzir o humor aquoso, um líquido importante para manter a pressão ocular. O corpo ciliar também pode receber o nome de músculo ciliar, e sendo também responsável por alterar a convergência do cristalino, tornando possível a acomodação de imagens de objetos distantes e próximos ao olho.

Coroide: É a camada média do olho, fica atrás da esclera. É bem vascularizada, e têm a função de fornecer oxigênio e nutrientes para as células da retina.

Córnea: Situado na parte frontal do olho, possui estrutura gelatinosa e é transparente tornando possível a visualização da íris e pupila. A córnea tem a função de proteger os olhos e focar os raios que passam pela pupila. A córnea pode ser sentida, colocando o dedo na pálpebra quando o olho está fechado, e mexendo o olho é possível sentir uma parte elevada, que configura na córnea da pessoa.

Íris: A íris se encontra atrás da córnea, é a parte redonda colorida dos olhos, podendo ser castanho, azul ou verde. A íris é basicamente formada por músculos lisos, que possui a função de regular a entrada de luz no globo ocular.

Cristalino: É transparente e possui consistência gelatinosa e elástica, e se encontra atrás da pupila responsável por focar a imagem na retina.

Humor vítreo: estrutura gelatinosa e transparente que se encontra na parte interna do globo ocular.

Retina: parte interna do olho, posicionado depois da coroide, onde a imagem é formada. Na retina as células são sensíveis a luz, e são conhecidas como cones e bastonetes. A parte central da retina é chamada de fóvea, e é rica em cones, que são sensíveis as cores, no restante é basicamente composto por bastonetes sensível a baixa intensidade luminosa, assim em ambientes escuros, os bastonetes são responsáveis pela visão.

Nervo óptico: Fibras nervosas da retina que se unem, formando o nervo óptico, responsável por transmitir informações captadas pelas células da retina para o cérebro.

Nesse momento, o professor irá passar uma atividade, composta com algumas perguntas, em que os alunos deverão responder após dissecar o olho de boi. Para dissecar o olho de boi o professor deve passar um roteiro, das etapas, e os cuidados para dissecar sem danificar o cristalino.

Atividade 1: dissecando o olho de boi.

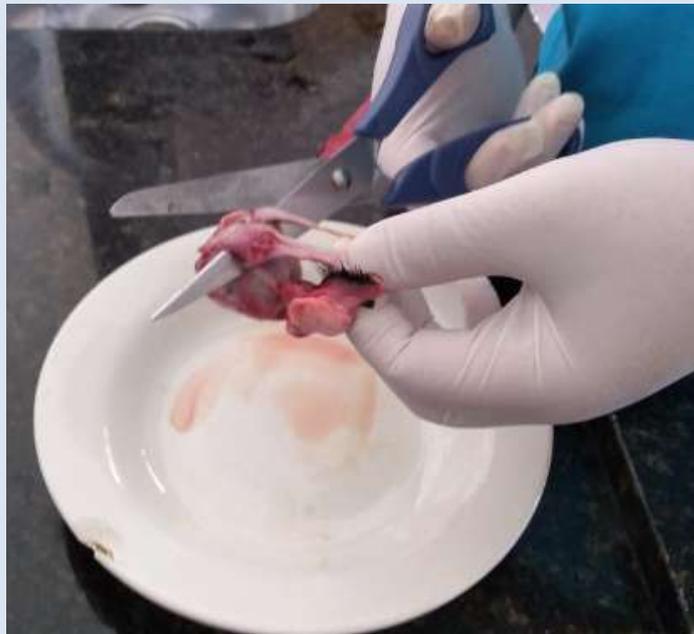
Dissecação do olho de boi

Materiais:

- Luvas de procedimento;
- Estilete;
- Tesoura;
- Vasilhame ou prato descartável;

-Procedimentos:

Primeiramente, o olho deve ser limpo, retirando o excesso de gordura na parte externa e os músculos, conforme ilustram as figuras abaixo. Remova as peles e gordura até que o olho fique uma esfera sem peles penduradas.





Corte a córnea com auxílio de um estilete.



Depois de cortar a córnea retire o humor aquoso apertando o olho.



O cristalino vai começar a sair, pois o humor aquoso o empurra,

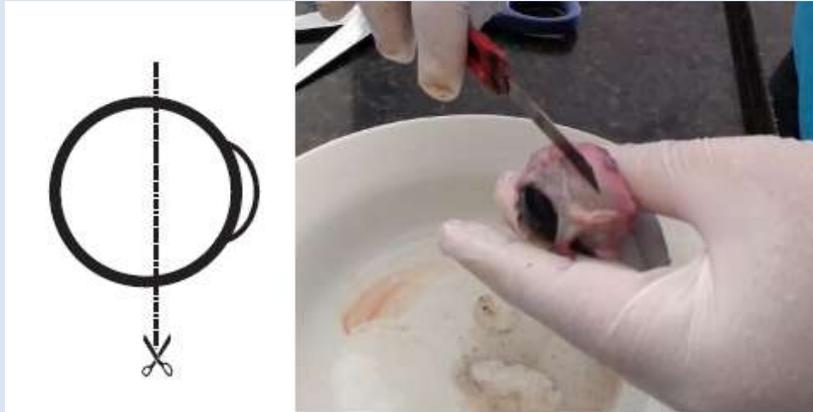
assim puxe-o com cuidado.



Limpe o cristalino e olhe para um objeto distante e depois coloque sobre as letras de um jornal e observe como as imagens ficam em ambos os casos.



No olho e faça um corte transversal da seguinte forma.



Observe o fundo do olho a região da retina.



Repare no ponto onde se inicia o nervo óptico.



Responda:

1- O que acontece quando você olha objetos distantes através do cristalino?

2- Descreva como é o cristalino.

3- O cristalino funciona como uma lente convergente ou divergente?

4- Onde a imagem deve ser formada para que a pessoa enxergue normalmente?

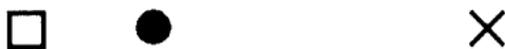
5- Você consegue ver a retina? Descreva a retina.

6- Na região do nervo óptico é possível formar imagens?

Após o experimento de dissecar o olho de boi, e depois dos alunos responderem as perguntas, o professor deve criar um ambiente para que eles discutam suas respostas, e tentem explicá-las. A partir disso o professor deve fazer o fechamento, explicando o conteúdo das perguntas. E passando uma terceira atividade, sobre o ponto cego, está atividade em específico serve para justificar a pergunta 6 da atividade anterior.

Atividade 2: ponto cego.

Fixe seu olho esquerdo no x, tampe o olho direito, coloque o x a 25cm do seu olho, e vai aproximando lentamente até ficar bem próximo.



Responda:

1- O que ocorreu com o ponto e o quadrado conforme você aproximou o x do olho? _____

2- Porque será que aconteceu isso? Explique.

Após a atividade, o professor deve explicar sobre o ponto cego fazendo uma análise com o olho de boi, a partir das respostas dos alunos. No momento em que o ponto preto some e depois aparece, e o quadrado some, a imagem está sendo formada sobre o nervo óptico, onde não tem os receptores sensíveis a luz, conhecido esse ponto, como ponto cego.

Momento da Física:

No olho, o cristalino funciona como uma lente convergente, e de convergência variável, por isso sua estrutura é gelatinosa. O olho funciona como uma câmera escura, formando a imagem na fóvea, um ponto da retina oposto ao cristalino. E essa imagem, é real, invertida e menor do que o objeto.

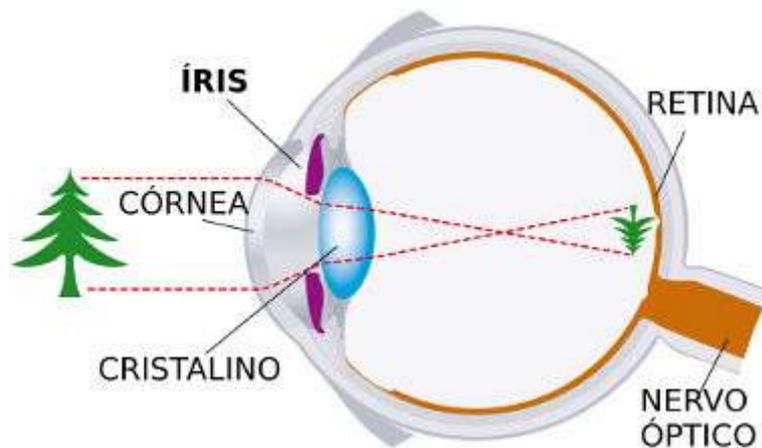


Figura 25: Formação da imagem na Retina

Fonte: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/olho-humano-um-instrumento-optico.htm>

No olho de boi, existe uma retina bem fina e transparente na frente de um corpo chamado de tapete, com cor azul esverdeada, e brilhante. Nós humanos, não possuímos esse tapete, e ele tem o objetivo de refletir a luz, para fazer a luz passar duas vezes na retina, quando incide no tapete, e quando é refletida, fazendo com que o boi enxergue melhor em lugares com baixa iluminação, no escuro (a noite). Os gatos também possuem esse tapete, por isso, que quando o gato é iluminado no escuro, seus olhos brilham.



Figura 26: Tapete do olho de animais
 Fonte da imagem à esquerda: autoria própria.
 Fonte da imagem à direita: desconhecida.

A retina humana possui espessura de aproximadamente 0,5mm, e de cor escura, evitando que a luz seja refletida. A retina possui receptores sensíveis a luz, chamados de cones e bastonetes. Os cones servem para a detecção das cores, existindo cerca de 6 a 7 milhões, estando a maioria na fóvea. Os bastonetes, identificam a intensidade da luz em preto e branco, possuindo cerca de 75 a 100 milhões.

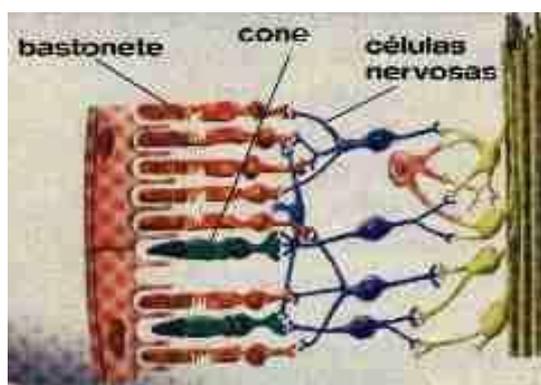


Figura 27: Cones e Bastonetes
Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/eclipses/olho.htm>

A informação captada pelos cones e bastonetes, vão para o cérebro por meio de ligações nervosas que se encontram em um ponto onde forma o nervo óptico. Nesse ponto onde inicia o nervo óptico, não possuem receptores, assim não é possível enxergar a imagem projetada nesse ponto, e esse ponto fica conhecido como ponto cego, porque toda imagem projetada nesse ponto não é identificada pelos receptores sensíveis a luz.

AMETROPIAS.

Para estudar a miopia e hipermetropia, o aluno deve saber como é formada a imagem na retina. O olho é um sistema óptico complexo, mas uma simples câmera escura consegue mostrar de forma simplificada, como é formada a imagem no olho. Seria interessante o professor iniciar a aula, apresentando uma câmera escura qualquer de fundo variável, e mostrando

como um emetropo, um míope e um hipermetrope enxerga, apenas movendo o fundo da câmera escura.

Após isso o professor vai passar no quadro um esquema relacionando as ametropias com a posição em que a imagem é formada, nesse esquema o professor não pode colocar o olho alongado ou curto, mas apenas onde a imagem é formada.

Exemplo:

Miopia: a imagem é formada antes da retina

Hipermetropia: a imagem é formada nitidamente depois da retina.

Emetropo: a imagem é formada nitidamente na retina

Posterior a isso, o professor deve entregar o experimento dos olhos, para que os alunos possam classificar cada tipo de olho com sua respectiva anomalia.

Atividade: Ametropia 1

Utilizando o experimento dos olhos, projete a imagem da vela acesa no anteparo, e procure a posição para que a imagem fique nítida. Após isso responda as perguntas:

1- Qual o esquema de olho é o míope? Onde a imagem é formada nitidamente? O que acontece quando você coloca o anteparo na posição da retina?

2- Qual esquema de olho é o hipermetrope? Onde a imagem é formada nitidamente? O que acontece quando você coloca o anteparo na posição da retina?

Após, a atividade Ametropias 1, o professor vai pedir para os alunos exporem as suas respostas, definindo que o olho alongado pertence ao míope, e o olho curto pertence ao hipermetrope. Após isso, o professor vai mostrar como “curiosidade” o caso em que o globo ocular possui forma correta, mas devido a imperfeições na córnea podemos ter um olho que forma a imagem antes da retina e ou depois da retina.

Agora, que os alunos sabem onde a imagem é formada, o professor vai passar a atividade: Ametropias 2, questionando o tipo de lente que pode ser utilizada em cada caso, para a correção da anomalia.

O professor deve fornecer o suporte de lentes, as lentes corretivas, e as perguntas para os alunos responderem.

Atividade: Ametropias 2

Ainda com o experimento dos olhos, responda as perguntas com base no experimento:

1- Qual lente pode ser usada para a correção de miopia? Por que?

2- Qual lente pode ser usada para a correção da hipermetropia? Por que?

Após as duas atividades, o professor vai fazer a intervenção pedagógica, e explicar por meio de slides o que acontece na miopia, porque o míope enxerga mal de longe, o ponto remoto, e qual a função da lente corretiva. Depois, explicar a hipermetropia, porque o hipermetrope enxerga mal de perto, e o que é o ponto próximo.

O Olho Humano: formação de imagens.

O cristalino do olho, possui vergência variável, essa variação ocorre da contração e relaxamento dos músculos ciliares, músculos que prendem o cristalino, e como o cristalino possui um corpo gelatinoso, sua forma pode variar, conforme o músculo contrai ou relaxa, e é assim que a vergência (ou convergência) do cristalino é alterado;

Por que a vergência do cristalino é alterado? Porque, com a alteração da vergência, o olho consegue formar imagens tanto para objetos próximos, quanto para objetos distantes, na retina, tendo assim uma imagem nítida.

Todo olho emetropo (normal) possui um ponto próximo, e um ponto remoto para a visão. O ponto próximo, é a menor distância do olho em que a pessoa consegue enxergar imagens nítidas, essa distância do ponto próximo, gira em torno de 25 cm, e ocorre para a máxima contração do cristalino, conforme mostra a figura 28.

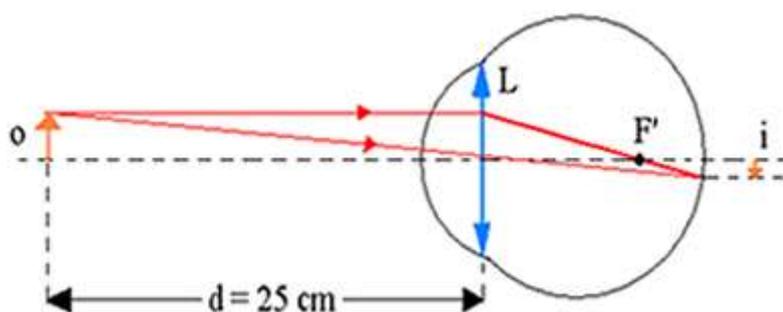


Figura 28: ponto próximo

Fonte: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/acomodacao-visual.htm>

O ponto remoto, é a máxima distância do olho em que uma pessoa consegue enxergar nitidamente, essa distância é infinita para o olho emetropo, onde o cristalino está no máximo relaxamento, conforme mostra a figura 29.

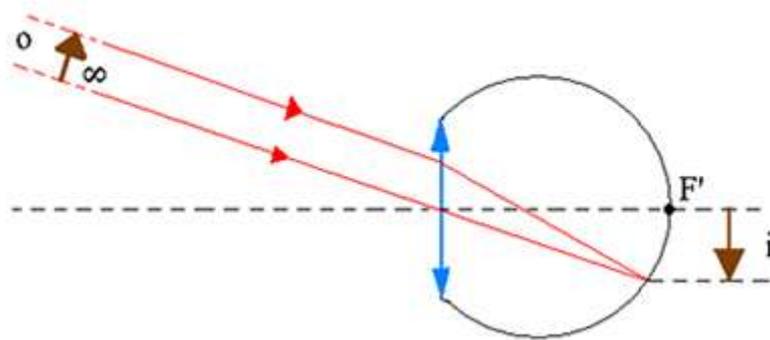


Figura 29: ponto remoto

Fonte: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/acomodacao-visual.htm>

4.3 ANOMALIAS DA VISÃO

Dentre as várias anomalias da visão, vamos falar sobre Míopia, Hipermetropia, Presbiopia, Astigmatismo, Catarata e Daltonismo, e as lentes corretivas das ametropias. De acordo com Ventura & Neto (1995) e Machado

Miopia: A Miopia, é o resultado de uma anomalia no globo ocular, olhos míopes possuem um globo ocular mais alongado, assim a imagem não consegue se formar na retina quando o objeto se encontra longe do olho, ou seja, a partir de agora o ponto remoto não é mais infinito, e a pessoa míope tem dificuldade para enxergar de longe.

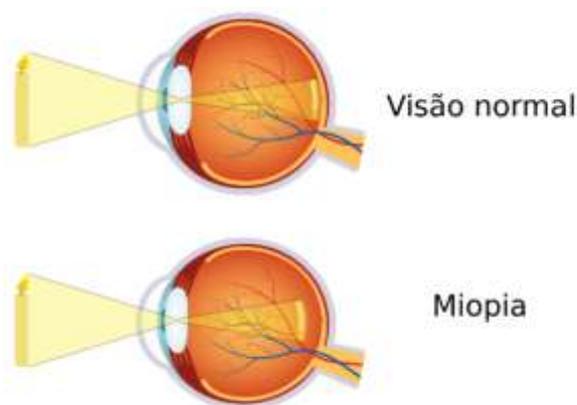


Figura 30: Miopia

Fonte: <https://www.infoescola.com/visao/miopia/>

Para poder resolver esse problema, precisamos de uma lente que possa diminuir a convergência do sistema óptico, e essa lente de correção é a divergente. A Lente divergente não vai eliminar a anomalia, ela apenas desvia os raios, de forma que o cristalino possa agora formar a imagem na retina.

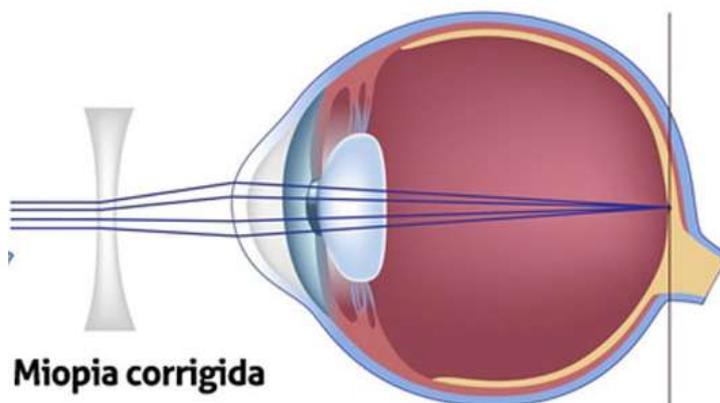


Figura 31: Miopia corrigida

Fonte: <http://www.iobbauru.com.br/team/cirurgias-miopia/> (Adaptada)

Hipermetropia: A hipermetropia é resultado também de uma anomalia no globo ocular, mas agora temos um globo ocular mais curto e o cristalino não consegue acomodar imagens de objetos próximos. Devido a essa imperfeição no globo ocular o ponto próximo aumenta, para valores superiores a 25 cm.

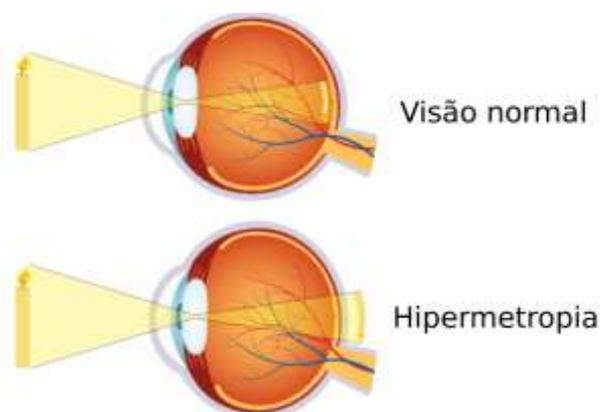


Figura 32: Hipermetropia

Fonte: <https://www.infoescola.com/visao/hipermetropia/>

Para corrigir a hipermetropia precisamos aumentar a convergência do olho, e para isso utilizamos uma lente convergente. A lente convergente não anula a hipermetropia, ela apenas desvia os raios de forma que o cristalino possa acomodar a imagem na retina.

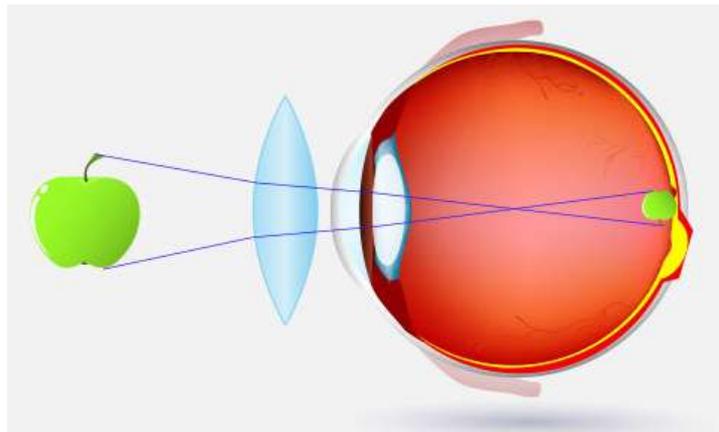


Figura 33: Hipermetropia corrigida
Fonte: <https://www.recover-your-vision.com/pt-pt>

CURIOSIDADE!

É possível uma pessoa ter miopia ou hipermetropia mesmo com um globo ocular regular?

Sim, se o sistema córnea mais cristalino configurar uma lente com uma convergência maior do que o normal a imagem se forma antes da retina o que configura a miopia, ou se o sistema córnea mais cristalino configurar uma lente com uma convergência menor do que o normal, a imagem é formada depois da retina, o

2º Módulo:

Outras anomalias da visão e a Receita Médica.

O professor vai iniciar esse módulo passando para os alunos um vídeo de uma reportagem que passou no programa “Fantástico” da Rede Globo, nessa reportagem mostra um problema com mutirões para realizar a cirurgia de catarata.

Após passar o vídeo, passe a atividade relacionada ao vídeo:

Atividade: Catarata

Vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=4XPXFD4L3ik>

Responda a partir do vídeo:

- 1- O que acontece com o cristalino com catarata?

- 2- Como é feito o tratamento?

Após os alunos assistirem o vídeo, e responderem as perguntas, o professor vai fazer a intervenção pedagógica, definindo os tipos de catarata as causas e sintomas, sempre perguntando para eles, para que eles possam expor seus conhecimentos de senso comum.

Momento da Física

Catarata:

Existem vários tipos de catarata, que podem ser classificados em 4 grupos, segundo a CBO – Conselho brasileiro de Oftalmologia, e Reggi *et al* (1997).

1ª Catarata Senil: Mais comum, e está relacionada com a idade, causando a perda da transparência do cristalino.

2º Catarata Traumática: Causada por algum trauma, como: Lesões penetrantes, contusões, radiações ou descargas elétricas;

3º Catarata Secundária: Pode decorrer de doenças inflamatórias como Uveíte, alta miopia, distrofia hereditária de fundo de olho e o uso de medicamentos contendo esteróides.

4º Catarata Congênita: Pode estar presente logo no nascimento, ou se desenvolver no primeiro ano de vida, só é tratada se interferir na visão do bebê.

Tratamento: cirúrgico, é retirado o cristalino natural da pessoa, e colocado outro cristalino artificial.

Após o professor, explicar a catarata, os tipos de catarata, e o tratamento, o professor deve explicar os outros tipos de anomalia como: presbiopia, astigmatismo, e daltonismo.

Quando o professor for explicar sobre o daltonismo, passe alguns testes de daltonismo para os alunos por meio de slides.

Atividade: daltonismo

Responda o que você enxerga:

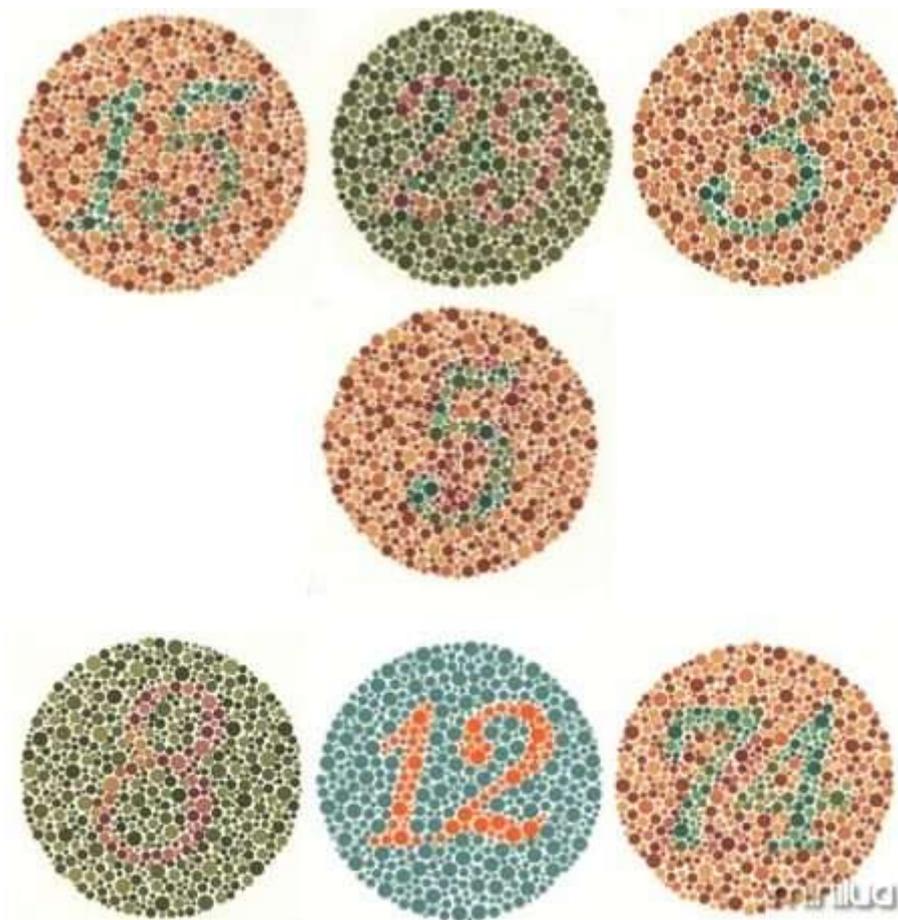


Figura 11: Teste de daltonismo

Fonte: https://minilua.com/wp-content/uploads/2013/06/00_thumb4.jpg

Momento da física:

Presbiopia: Conhecido popularmente como vista cansada, acontece com o avanço da idade, a partir dos 40 anos. Com o tempo o cristalino vai se enrijecendo, perdendo a maleabilidade, e dificultando a acomodação da imagem, para objetos próximos. Assim, o sintoma é o mesmo da hipermetropia, a convergência é baixa para objetos próximos.

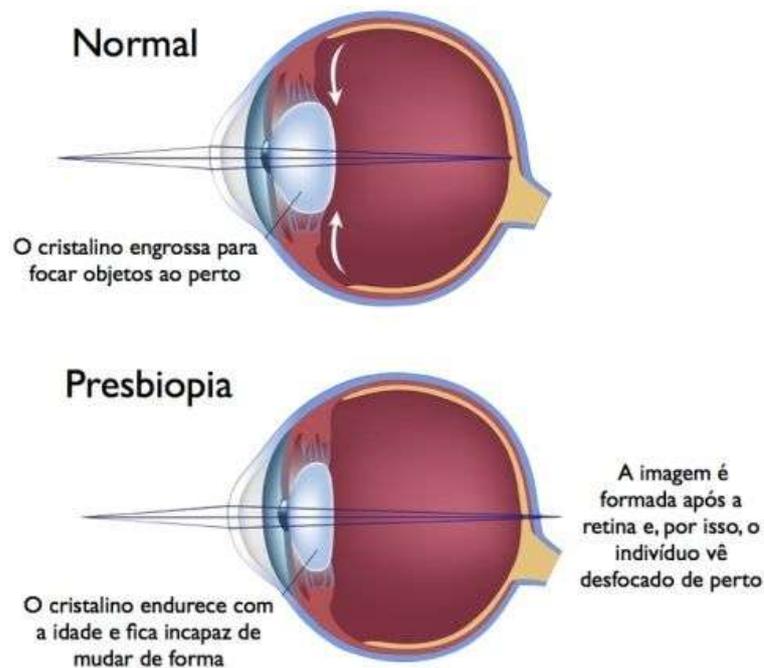


Figura 34: Presbiopia

Fonte: <https://www.tuasaude.com/sintomas-de-presbiopia/>

Como o sintoma é o mesmo da hipermetropia, a correção é a mesma também, é utilizado lentes convergentes.

Astigmatismo: Um sistema óptico é dito estigmático, quando para cada ponto objeto, conjuga apenas um ponto imagem. Já um sistema astigmático, para cada ponto objeto, conjuga mais do que um ponto imagem, em outras palavras a imagem não é nítida.

Para uma pessoa com olho normal, seu sistema óptico configura um sistema estigmático, e para uma pessoa com astigmatismo, seu sistema óptico configura um sistema astigmático. Uma pessoa com astigmatismo, não enxerga bem, nem de perto e nem de longe.

A causa do astigmatismo são imperfeições na córnea, ou mais raramente no cristalino, e o conjunto córnea mais cristalino, funciona como uma lente multifocal.

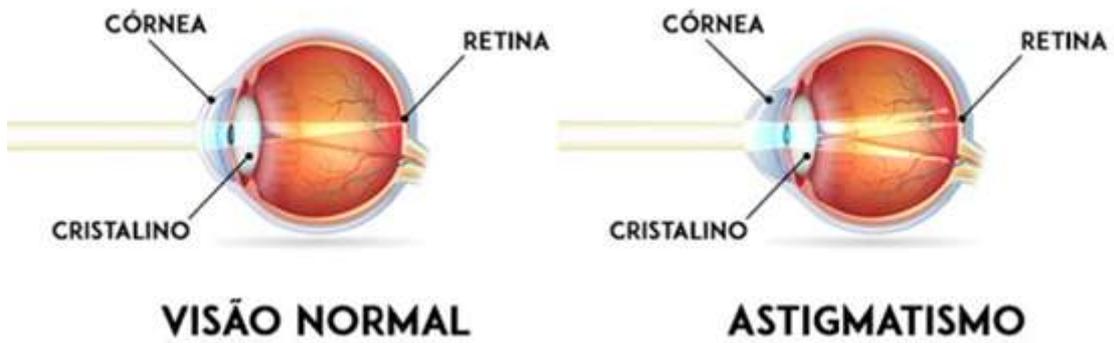


Figura 35: Astigmatismo
 Fonte: <https://nutricaoeassuntosdiversos.blogspot.com/2018/03/astigmatismo.html>

Para corrigir esse tipo de anomalia, precisamos de lentes cilíndricas, para conseguir colocar todos os focos em um mesmo ponto. Para saber a disposição da lente cilíndrica precisamos saber a direção em que é formado os focos, podendo ser verticalmente, horizontalmente e obliquamente.

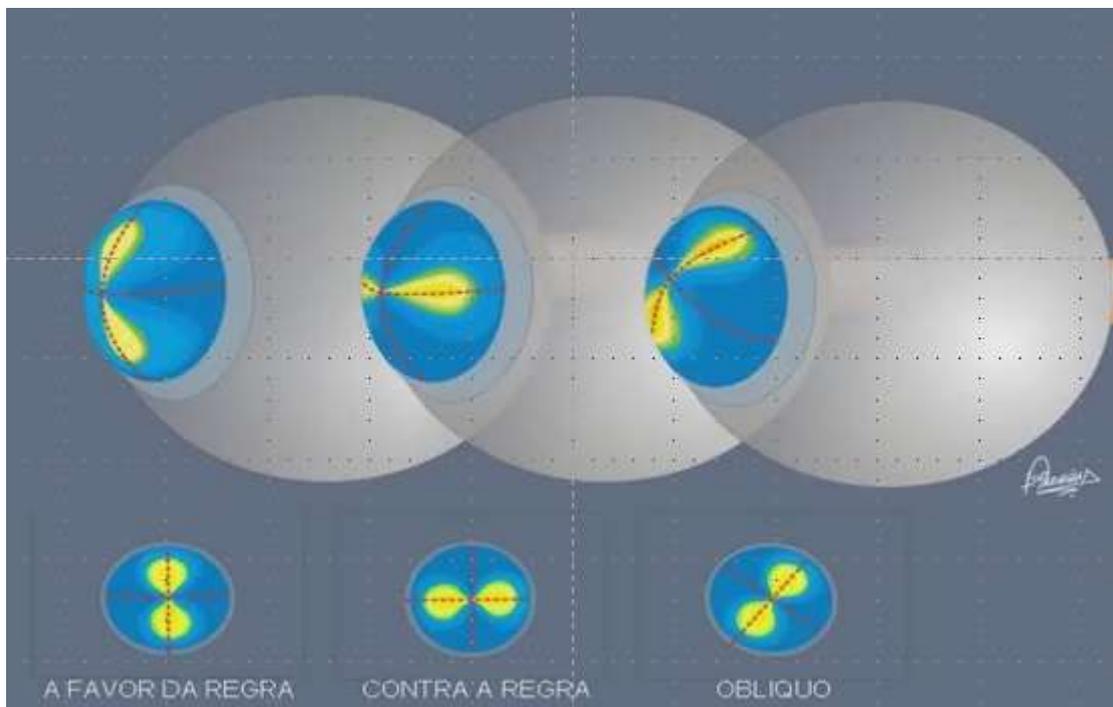


Figura 36: Astigmatismo (2)
 Fonte: Desconhecido

Daltonismo:

O daltonismo é uma anomalia da visão, associada aos receptores sensíveis de luz, que se encontram na retina, especificamente os cones. O daltônico pode não distinguir uma ou várias cores. O tipo de daltonismo é classificado de acordo com o grau de dificuldade da percepção das cores de acordo com a médica Dr. Nicole Geovana (2017).

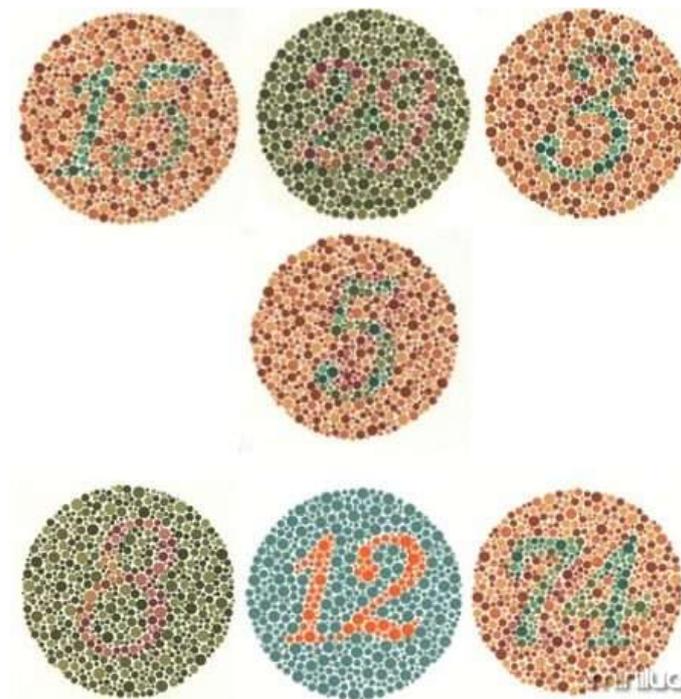
Deuteranopia: A pessoa não consegue enxergar a cor verde, enxergando tonalidades de marrom.

Protanopia: É o tipo mais comum, há diminuição na tonalidade do vermelho. Com isso a pessoa poderá enxergar tonalidades de marrom, verde ou cinza. Em geral a pessoa enxerga o verde muito próximo do vermelho.

Tritanopia: A pessoa tem dificuldade em distinguir o amarelo do azul.

Além desses tipos, pode existir o Daltonismo acromático onde a pessoa não consegue enxergar as cores, ela vê apenas tons de preto cinza e branco.

TESTE DE DALTONISMO:



Se você conseguiu ver os números: 15, 29, 3, 5, 8.12 e 74, pode ser um indicativo que você não possui daltonismo.

Nesse momento o professor deve explicar, por meio de slides, as diferenças entre a receita médica e os conteúdos vistos em sala. Essa diferença está no nome da unidade usada para medir as dioptrias, e o sinal designado para lente convergente, ou divergente.

Momento da Física

Receita médica:

No médico, a receita das lentes para os olhos é sempre dada em graus positivo ou negativo.

O que significa esse grau positivo ou negativo?

O sinal positivo e negativo de uma lente, é dada pela distância focal dessa lente, uma lente convergente, possui distância focal maior do que zero (positiva) $f > 0$, já a lente divergente possui distância focal menor do que zero (negativa) $f < 0$.

Para saber a vergência (ou convergência) da lente, fazemos o cálculo:

$$V = \frac{1}{f}$$

Onde sua unidade no SI é:

$$[V] = \frac{1}{m} = m^{-1} = di(\text{dioptrias})$$

Essa dioptria, é utilizada pelos médicos como o grau. Quanto maior a distância focal, menor a convergência da lente, logo menor o grau. Quanto menor a distância focal, maior a convergência, logo maior o grau.

Olhando o esquema abaixo, percebemos que para um olho emetropo, o grau é zero. Para a esquerda, temos grau negativo, para correção de hipermetropia. Para a direita, temos grau positivo, para correção de miopia.

Concluindo:

- Lente convergente – Positiva – corrige miopia;
- Lente divergente – negativa – corrige Hipermetropia;
- Dioptria = grau

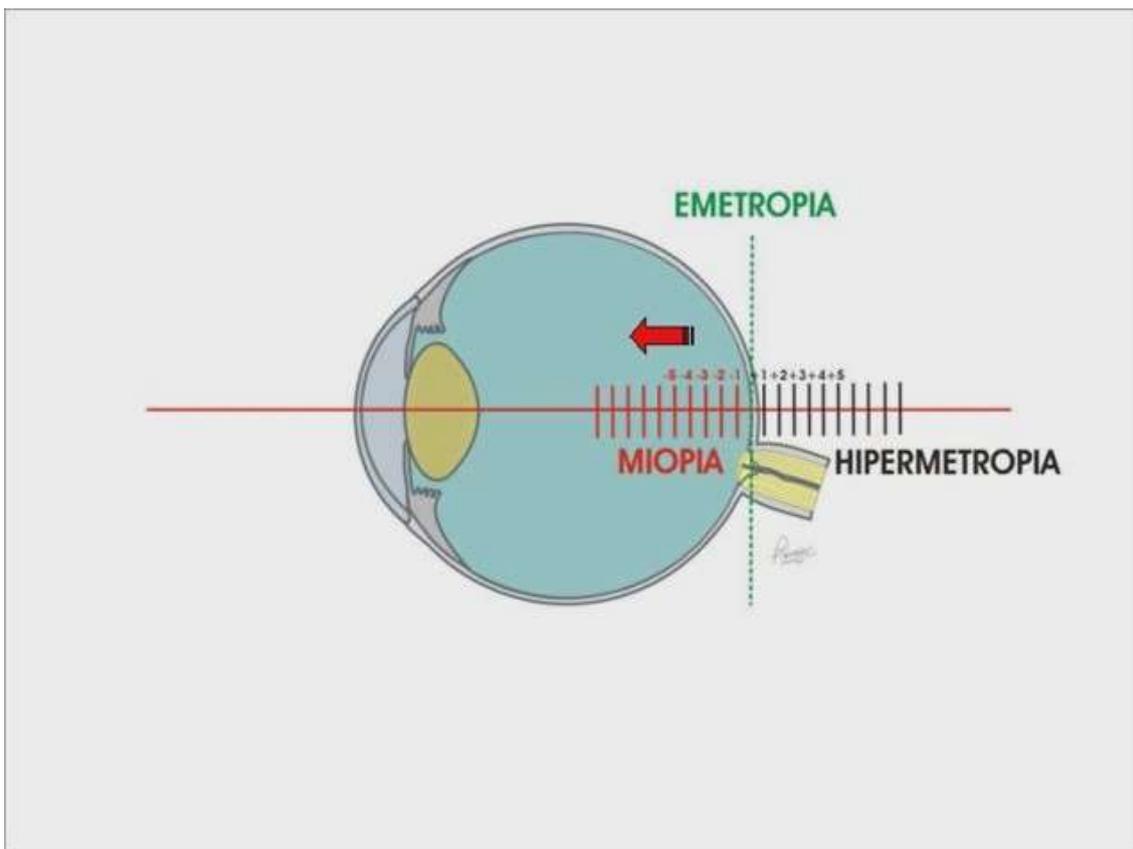


Figura 15: Grau positivo e negativo
Fonte: Desconhecido

Para uma pessoa míope o ponto remoto tem um fim, ou seja para certa distância o olho não consegue acomodar mais a imagem.

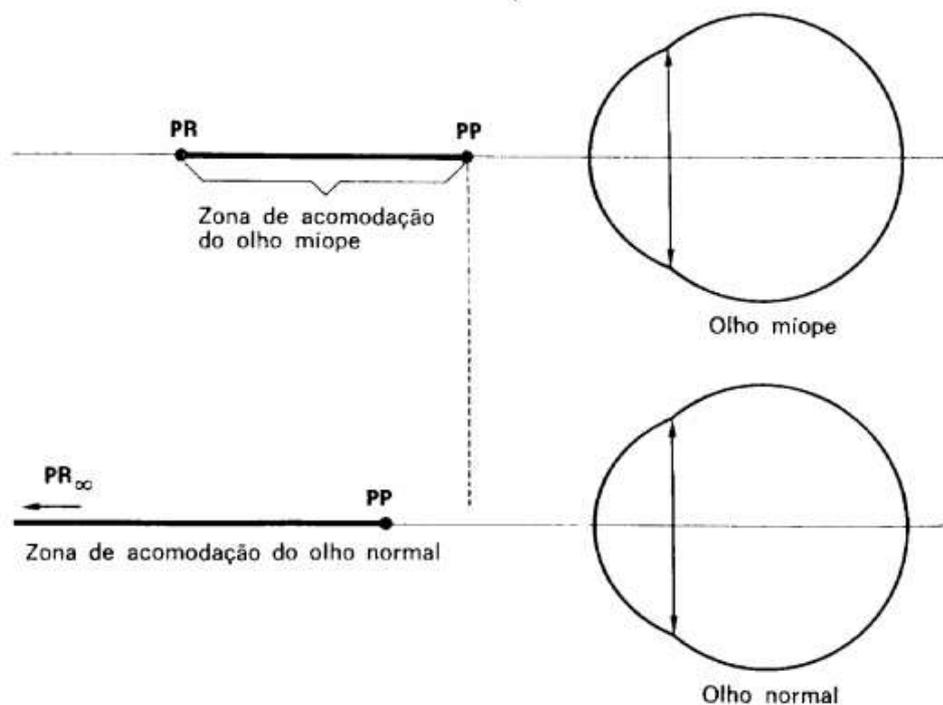


Figura 15: Ponto próximo e remoto

Fonte: http://www.upvix.com.br/_public/ensinos/pv/downloads/2018-Fisica_Alex-Siqueira_Optica-da-Visao_3a-Serie_Pre-Vestibular.pdf

Para o olho hipermetrope, aumenta a distância do ponto próximo. Assim, a pessoa têm dificuldades para acomodar imagens próximas. Para correção é necessário uma lente convergente.

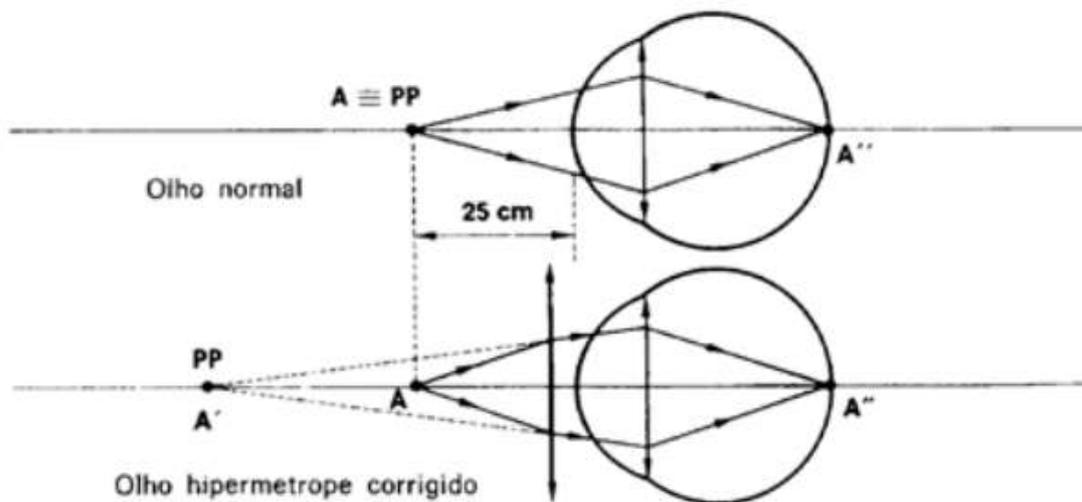


Figura 16: Correção de hipermetropia

Fonte: http://www.upvix.com.br/_public/ensinos/pv/downloads/2018-Fisica_Alex-Siqueira_Optica-da-Visao_3a-Serie_Pre-Vestibular.pdf

Relembre: A imagem formada por uma lente, pode ser estudada analiticamente pela equação de Gauss:

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

Onde:

f - distância focal

p – posição do objeto

p' – posição da imagem.

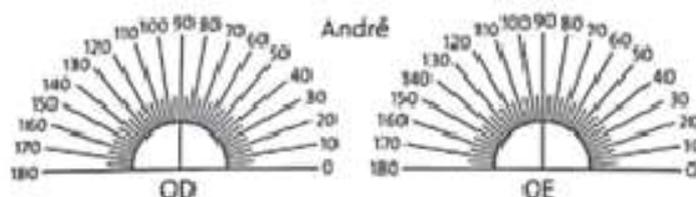
No caso do olho, a imagem e a lente devem estar sempre a mesma distância, então p' é constante.

Agora, o professor vai resolver um exercício sobre receita médica com os alunos e passar uns exercícios para os alunos praticarem. Os exercícios

foram retirados do livro.(Física, vol. 2, parte 2, editora ática, Autores: Wilson Carron, José Roberto Piqueira, e Oswaldo Guimarães).

Exercício Resolvido:

- 1- Um oftalmologista, após um exame em uma pessoa de 25 anos, prescreveu a receita mostrada a seguir.



		Esférica	Cilíndrica	Eixo
Para longe	OD	- 4,00 di	- 1,25 di	90°
	OE	- 2,50 di	- 1,75 di	100°
Para perto	OD			
	OE			

- a) Com base na receita prescrita pelo médico, qual(is) o(s) defeito(s) de visão que esta pessoa apresenta?

Resolução:

Como a receita indica lentes esféricas com convergência negativa para ambos os olhos, essa pessoa apresenta miopia em ambas as vistas.

Por outro lado, a indicação de lentes cilíndricas implica a existência de astigmatismo

- b) Calcule a distância focal das lentes esféricas receitadas.

Resolução:

Para o olho direito, a lente receitada apresenta uma convergência de - 4,00 di.

Assim, a distância focal correspondente vale:

$$C = \frac{1}{f} - 4,00 = \frac{1}{f} f = -0,25m = -25cm$$

E, para o olho esquerdo, temos $-2,50$ di.

Assim:

$$C = \frac{1}{f} - 2,50 = \frac{1}{f} f = -0,40m = -40cm$$

Exercícios propostos:

1- Em relação ao olho humano, assinale certo ou errado em cada afirmativa.

- I- Quando um apessoa olha para um objeto distante, não há necessidade de nenhum esforço de acomodação visual.
- II- O cristalino é uma lente biconvexa e flexível que projeta na retina uma imagem real e direita do objeto visualizado.
- III- A função da pupila é controlar a entrada de luz, dilatando-se quando o ambiente externo tem pouca luz e contraindo-se na presença de muita luz.

2- Após examinar Rafael, um oftalmologista prescreveu a seguinte receita:

		Esférica	Cilíndrica	Eixo
Para longe	OD			
	OE			
Para perto	OD	+5,50 di	- 3,75 di	0°
	OE	+ 5,50 di	- 2,75 di	0°

Supondo que Rafael não apresente presbiopia, responda:

a) Quais as anomalias que afetam os olhos de Rafael?

b) Qual das lentes esféricas, para o olho esquerdo ou para o esquerdo possui maior distância focal? Justifique.

3- No olho de uma pessoa, a distância da córnea à retina é aproximadamente 2,5 cm. Para que a focalização da vista passe do infinito para um ponto a 25 cm do olho dessa pessoa, a distância focal do cristalino deve aumentar, diminuir ou permanecer a mesma? Justifique.

4- Uma pessoa idosa apresenta hipermetropia e presbiopia iguais em ambas as vistas. Um oftalmologista prescreveu para ela dois óculos, um para perto e outro para longe. Dentre as alternativas apresentadas a seguir, assinale aquela que pode estar de acordo com a receita.

	Para longe	Para perto
a)	- 1,5 di	+ 4,5 di
b)	- 1,5 di	- 4,5 di
c)	+ 4,5 di	+ 1,5 di
d)	+ 1,5 di	- 4,5 di
e)	+ 1,5 di	+ 4,5 di

Agora, o professor, pode passar novamente o mesmo questionário eu foi passado no início da sequência, para os alunos responderem novamente.

MONTAGEM DOS EXPERIMENTOS – Modelos de olhos

Materiais utilizados:

- 3 bolas de plástico de 20 a 25cm de diâmetro;
- Jornal;
- Papel sulfite;
- Papel vegetal;
- Cola escolar;
- Tesoura;
- Estilete;
- Papelão;
- Varetas de bambu;
- Tinta spray branco fosco;
- Tinta spray preto fosco;
- Pincel;

Processos de Montagem:

OLHO EMETROPE

1ª) Corte o jornal em pequenos pedaços e cole em uma das bolas, faça várias camadas até formar uma camada dura de jornal, evite colar no bico da bola, para poder esvaziar a bola ao final do processo;



2ª) depois de murchar a bola, pegue a casca esférica e seccione-a bem ao meio;



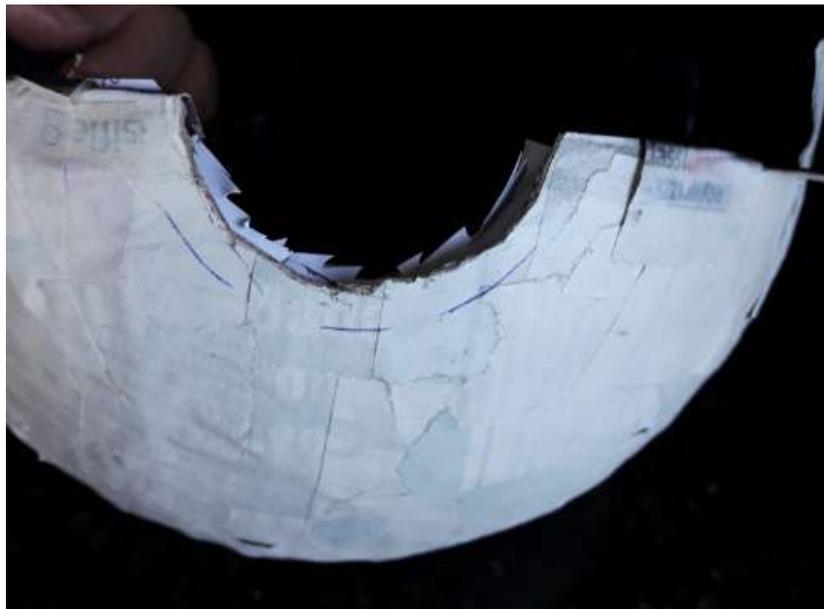
3ª) meça o diâmetro das cascas esféricas, calcule o grau médio da lente que possui uma distância focal igual ao diâmetro da bola, e mande confeccionar as lentes de diâmetro 75mm em alguma óptica. As lentes possuem graus apenas múltiplos de $0,05^\circ$, assim pegue a lente com a distância focal mais próxima do diâmetro da casca esférica;

4ª) Faça com papelão e papel sulfite, encaixes para que as duas calotas esféricas possam se encaixar, como na figura, deixando livre a posição para colocar a lente e a posição para o anteparo;



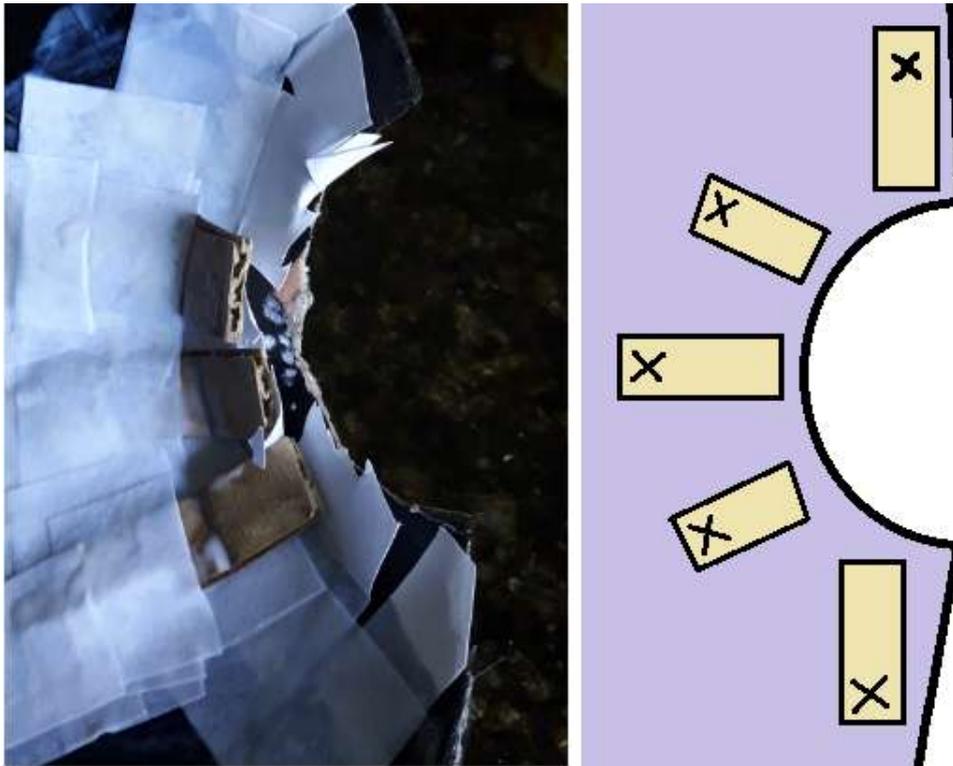


5º) Recorte um círculo a frente das cascas, para poder encaixar a lente, esse círculo deve ter um diâmetro menor do que o da lente utilizado.



Esse círculo, deve estar compreendido ente as duas cascas, de forma a se juntar as cascas e formar o círculo completo

5ª) Na parte de dentro próximo a circunferência cortada, deve ser colado pequenos pedaços de papelão retangular, colado apenas na extremidade mais afastada do orifício circular, de forma a servir de encaixe para a lente.

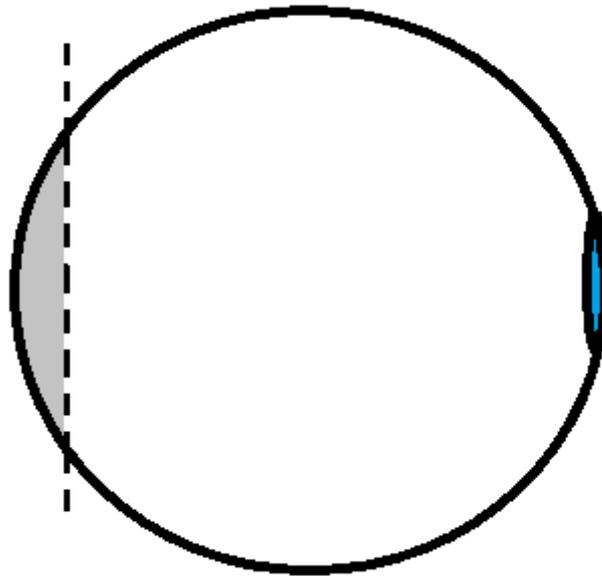


6ª) na parte oposta a lente, deve-se recortar um quadrado de um tamanho de aproximadamente 10 x 10 cm, ou o tamanho que for conveniente, você deverá fazer um anteparo que passe livremente por este espaço.

7ª) faça uma moldura de papelão de aproximadamente 10 x 10 cm, cole pedaços de papelão ou folha sulfite, para que essa moldura fique rígida, e depois cole bem esticado um pedaço de papel vegetal. Depois de seco, fure o cada canto do esquadro de papelão e atravesse varetas de bamboo de forma que fique 15 cm para cada lado, como mostra a figura abaixo.



8ª) Quando foi feito um recorte ao fundo da esfera, implicamos na redução do diâmetro visível da esfera, como segue a imagem abaixo



'Seria importante fazer uma pequena cobertura, indicando a posição da retina, dessa formar meça a posição em que a imagem é formada nítida e faça um a pequena cobertura em volta do buraco.



9ª) Pinte por dentro das partes de preto fosco e pro fora de branco fosco;

10ª) encaixe a lente, junte as partes coloque o olho sobre algum pote redondo para que ele fique parado e não role direcione para algum objeto, e coloque o anteparo, o anteparo pode ser deslocado para dentro e fora do olho, e assim fica visível as mudanças na imagem em diversas posições.

OLHO ALONGADO

Para o olho alongado (olho míope), será realizado todos os passos do olho emetropo, exceto que agora teremos um passo a mais para deixar o globo alongado.

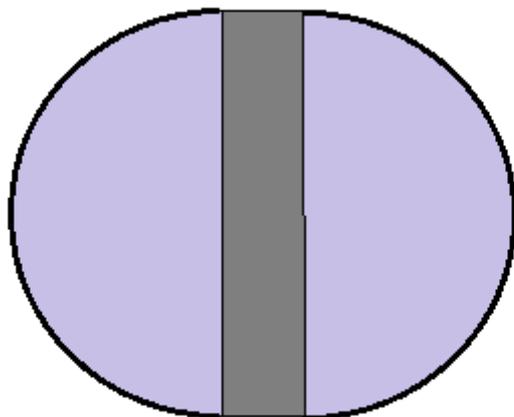
Depois que a casca esférica de jornal e cola estiver pronto, seccione ao meio, da mesma forma feita pelo olho emetropo

Depois dessa secção, será afastado as partes por uma distância de

aproximadamente 8 cm, e foi juntado com auxílio de varetas de bambu.



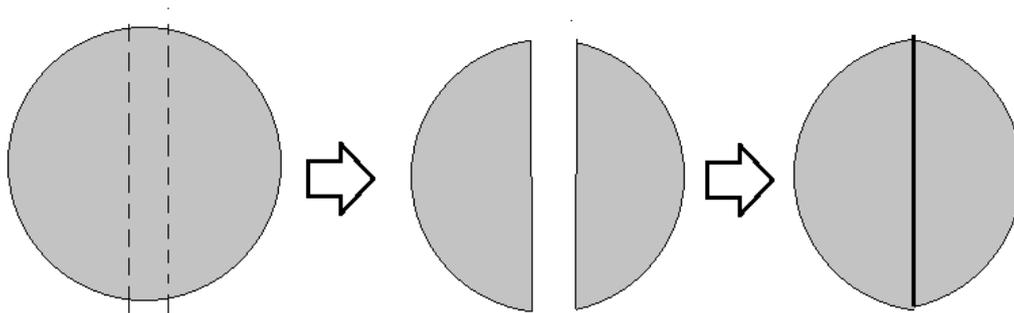
Após isso, cole papel até cobrir toda a parte vasada, até formar uma camada dura de papel e cola. E agora- teremos um globo alongado



A partir disso, seccione ao meio, ao longo do maior diâmetro, e faça todos os passos do olho emetropo. Na hora de fazer a cobertura na borda do buraco do anteparo, faça do mesmo tamanho feito no olho emetropo.

OLHO CURTO

Para o olho curto (olho hipermetrope) serão feitos todos os passos do olho emetropo, exceto quando a casca esférica estiver pronta. Quando a casca esférica estiver pronta, vamos seccionar ao meio, e retirar uma parte interna e colar as partes novamente, como mostra as figuras abaixo:



Após isso seccionamos ao meio ao longo do menor diâmetro, e realizamos todos os passos do olho emetrope. Para a cobertura do buraco do anteparo, faz-se do mesmo tamanho do olho emetrope.

ÓCULOS

Os óculos para correção da imagem formada nos no experimento do olho curto e alongado, são duas lentes convergentes e duas lentes divergentes, o grau dessas lentes deve ser calculado de acordo com os “olhos” confeccionados, já que fica muito difícil encontrar materiais idênticos.

O grau das lentes aqui utilizadas foram: +0,50 di, +0,25 di, -0,50, -0,25, essas lentes foram encomendadas de 60 mm por serem bem mais baratas do que as de 75 mm.

Recorte duas rosquinhas de mesmo tamanho para cada lente, usando um papelão de caixa de sapato, por ser mais fino. O diâmetro interno da rosquinha deve ser menos do que o diâmetro da lente e o diâmetro externo da rosquinha deve ser maior do que o diâmetro da lente. Depois de recortar cole as rosquinhas na lente, use pregador de roupas para manter as rosquinhas em contato até secar.

Agora que a lente está pronta, precisamos fabricar dois suportes. Meça a altura da lente do “olho” confeccionado para saber a altura q os óculos precisa estar. Faça uma base com papelão, 10 cm x 10 cm, para fazer o corpo cole dois papéis retangulares, mas não cole a extremidade superior, para que seja possível encaixar a lente. Pinte o suporte de preto fosco se desejar.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conteúdo de óptica da visão é pouco ou nunca visto em turmas de segunda série do ensino médio de escolas públicas de todo o país. Diante desse contexto, nosso objetivo foi produzir um produto educacional sobre a temática olho humano. O material produzido se pautou basicamente em atividades práticas, nas quais os alunos puderam interagir.

Após a elaboração da sequência didática, aplicamos a mesma em uma turma da segunda série do ensino médio de uma instituição privada da cidade de Maringá, Paraná, a fim de verificar o envolvimento da turma com as atividades propostas. Os resultados obtidos com a implementação da proposta foram surpreendentes, principalmente na parte que envolveu a dissecação do olho de boi, pois, os alunos nunca tinham tido nenhuma experiência parecida.

Acreditamos que com os resultados satisfatórios encontrados com a implementação da proposta, outros professores possam utilizar-se de tal material, fazendo, sempre que preciso as adequações necessárias na proposta original, respeitando sempre a diversidade cultural da região.

REFERÊNCIAS

BOAS, N. V.; DOCA, R. L.; BISCOULA, G. J.; **Tópicos de Física 2**. 2ed, Editora Saraiva, 2014.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei número 9394, 20 de dezembro de 1996.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros curriculares nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental: introdução aos parâmetros curriculares nacionais / Secretaria de Educação Fundamental. – Brasília: MEC/SEF, 1998. 174 p.

CARRON, W.; PIQUEIRA, J. R.; GUIMARÃES, O.; **Física, Ensino Médio**. Parte 2, Vol. 2, editora Ática, 2014

GASPAR, A. **Experiências de Ciências para o Ensino fundamental**. 1. ed. São Paulo: Editora Ática, 2003.

GASPAR, A. **Física**. São Paulo: Ática, 2000.

Na internet

<https://retinapro.com.br/blog/principais-partes-do-olho/>

<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/olho-humano-um-instrumento-optico.htm>

<http://astro.if.ufrgs.br/eclipses/olho.htm>
<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/acomodacao-visual.htm>
<https://www.infoescola.com/visao/miopia/>
<http://www.iobbauru.com.br/team/cirurgias-miopia/>
<https://www.infoescola.com/visao/hipermetropia/>
<https://www.recover-your-vision.com/pt-pt> (adaptado)
https://minilua.com/wp-content/uploads/2013/06/00_thumb4.jpg
<https://www.tuasaude.com/sintomas-de-presbiopia/>
<https://nutricaoeassuntosdiversos.blogspot.com/2018/03/astigmatismo.html>
http://www.upvix.com.br/_public/ensinos/pv/downloads/2018-Fisica_Alex-Siqueira_Optica-da-Visao_3a-Serie_Pre-Vestibular.pdf
http://www.upvix.com.br/_public/ensinos/pv/downloads/2018-Fisica_Alex-Siqueira_Optica-da-Visao_3a-Serie_Pre-Vestibular.pdf