



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DO MESTRADO NACIONAL
PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**UMA PROPOSTA PEDAGÓGICA PARA O ENSINO DE ÓTICA NA EJA – NÍVEL
MÉDIO**

BRASÍLIA – DF
2015

**UMA PROPOSTA PEDAGÓGICA PARA O ENSINO DE ÓTICA NA EJA – NÍVEL
MÉDIO**

FRANCISCO ROMERO ARAÚJO NOGUEIRA

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

Orientador:
Prof. Dr. Antonio Carlos Pedroza

BRASÍLIA – DF
2015

Ficha catalográfica elaborada automaticamente, com
os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

NN778p Nogueira, Francisco Romero Araújo
Uma proposta pedagógica para o ensino de Ótica na
EJA - Nível Médio / Francisco Romero Araújo Nogueira;
orientador Antonio Carlos Pedroza. -- Brasília, 2015.
133 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado em Física) --
Universidade de Brasília, 2015.

1. Ensino de Física. 2. Ótica Geométrica. 3.
Educação de Jovens e Adultos - EJA. I. Pedroza,
Antonio Carlos, orient. II. Título.

Aos meus filhos, Cainan e Maria Eduarda, e à
minha esposa, Vera.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela fé e coragem a mim concedida para alcançar o objetivo final dessa jornada.

Aos meus pais, pelo incentivo, apoio e confiança.

À minha esposa Vera pelas orações, carinho e apoio.

Ao meu orientador, prof. Dr. Antonio Carlos Pedroza, por sua dedicação, compromisso e experiência transmitida.

À coordenadora do curso, professora Maria de Fátima da Silva Verdeaux, pelo compromisso e profissionalismo.

A todos os professores que formam o corpo docente desse curso, pela experiência transmitida e dedicação.

A todos os colegas mestrandos, especialmente Luís Cláudio, Rendisley Aristóteles, Júlio Marques, Júlio Pires, Zé Maria e Maria da Penha, pela amizade, companheirismo e as inúmeras caronas concedidas.

Ao colega e companheiro de viagem Marcio Serafim, pela parceria e apoio ao longo desses dois anos de batalha.

E por fim, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro.

RESUMO

NOGUEIRA, F. R. A. **Uma proposta pedagógica para o ensino de ótica na EJA – Nível Médio**. 2015. 133 p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Física, Universidade de Brasília, 2015.

A Educação de Jovens e Adultos – EJA possui carência de práticas pedagógicas que levem em conta, na sua elaboração, as especificidades desse público. Diante disso, a proposta deste trabalho foi apresentar uma prática didática apropriada ao ensino de Ótica na EJA – Nível Médio, um manual didático para o estudante e um material de apoio ao professor. O manual didático é para uso do estudante. Ele aborda tópicos de Óptica Geométrica e tem o formato de um livro didático. Os conteúdos nele abordados foram desenvolvidos de forma conceitual, qualitativa e voltados para compreensão de fenômenos naturais relacionados com o contexto desses estudantes, bem como a aplicação desses conhecimentos no seu dia a dia. Ele também possui ao longo de seu texto ilustrações, como desenhos esquemáticos e fotografias, para auxiliar os estudantes na compreensão dos conteúdos. O embasamento para a sua elaboração deu-se a partir da interação entre o autor e seus estudantes durante aulas de Física em turmas da EJA – Nível Médio. O material de apoio ao professor é formado por sugestões de como o manual didático poderá ser aplicado em sala de aula. Nesta proposta também está inserido o uso de aplicativos de simulações virtuais e demonstrações experimentais simples. A aplicação foi realizada em duas turmas da EJA de Nível Médio no IF-TO – *Campus* Palmas. A primeira ocorreu no segundo semestre do ano de 2014 e a segunda no primeiro semestre de 2015.

Palavra-chave: Ensino de física, Educação de jovens e adultos – EJA, Ótica.

ABSTRACT

NOGUEIRA, F.R.A. **A pedagogical proposition for the teaching of Optics in the Adult Learning high school courses.** 2015. 133 p. Master's Thesis. Institute of Physics, University of Brasilia, 2015.

The Adult Learning Education- ALE lacks pedagogical practices that take into account, in their planning, the distinctiveness of that public. Based on that, the proposition of this work was to present a teaching practice suitable to the teaching of Optics in the ALE high school course, a teaching techniques manual for the student and support material for the teacher. The manual is for the student's use. It addresses topics on geometrical Optics and has the shape of a didactic book. Its content was developed in a conceptual and qualitative way and considers the comprehension of the natural phenomena related to the students' context, as well as the application of that knowledge in their everyday live. The manual also shows, together with its text, some illustrations such as schematic drawings and pictures, aiming to help the students in the understanding of the content. The underlying basis for the elaboration of the manual was the interaction between the author and his students during the Physics classes in ALE High school groups. In this proposal, the utilization of virtual simulations apps and simple experimental demonstrations are also included. The conducting was carried out in two groups of ALE High school in the IFTO-campus Palmas. The first one happened in the second school semester of 2014 and the second in the first school semester of 2015.

Keywords: Teaching of Physics, Adult Learning Education _ALE, Optics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Recorte de tela de aplicativo que simula da lei da reflexão da luz.	34
Figura 2 – Recorte de tela de aplicativo que simula o resultado da combinação entre luzes de cores primárias.....	37
Figura 3 – Recorte de tela de aplicativo que simula as cores de alguns objetos quando iluminados por fontes de luz de cores primárias.	38
Figura 4 – Recorte de tela de aplicativo que simula a imagem conjugada por um espelho plano.	40
Figura 5 – Recorte de tela de aplicativo que simula o campo visual de um espelho plano visto por um observador.	41
Figura 6 – Estudantes da EJA desenvolvendo atividade prática em sala de aula.....	41
Figura 7 – Espelhos esféricos usado em aula.	42
Figura 8 – Recorte de tela de aplicativo que simula a refração da luz.	44
Figura 9 – Recorte de tela de aplicativo que simula a imagem de uma moeda no fundo de uma piscina.....	45
Figura 10 – Lentes usadas na aula.	46
Figura 11 – Aplicativo que simula a formação da imagem em um olho normal.	48
Figura 12 – Aplicativo que simula a formação da imagem em um olho míope.....	49
Figura 13 – Aplicativo que simula a formação da imagem em um olho hipermetrópe.	50
Figura 14 – Aplicativo que simula a correção da miopia e da hipermetropia com o uso de lentes esféricas.	51

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Percentual de estudantes por faixa etária.	28
Gráfico 2 – Período, em horas semanais, que os estudantes acessam a internet.	29
Gráfico 3 - Motivos que levaram os estudantes a interromperem suas atividades escolares. ...	30
Gráfico 4 - Tempo médio que os estudantes ficaram afastados da escola.	30
Gráfico 5 - Tempo médio, por dia, que os estudantes usam para estudar fora do horário de aula.	31
Gráfico 6 - Pretensões dos estudantes após a conclusão do ensino médio.	32
Gráfico 7 – Contribuição do manual didático para a aprendizagem dos estudantes.	52
Gráfico 8 – Sobre a clareza do texto do manual didático.	53
Gráfico 9 – Sobre a qualidade do manual didático.	53
Gráfico 10 – Sobre a relevância do conteúdo abordado.	54
Gráfico 11 – A contribuição das simulações virtuais exibidas durante as aulas.	54

LISTA DE SIGLAS

CEB – Câmara de Educação Básica

CF – Constituição Federal

Cefet – Centro Federal de Educação Profissional e Tecnológica

CNE – Conselho Nacional de Educação

EC – Emenda Constitucional

EJA – Educação de Jovens e Adultos

EMI – Ensino Médio Integrado

ETF – Escola Técnica Federal

IF – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia

IFTO – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins

LDBEN – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

MEC – Ministério da Educação e Cultura

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

PCNs+ – Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais

PNE – Plano Nacional de Educação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	LEGISLAÇÃO QUE REGULAMENTA A EJA.....	14
3	TRABALHOS RELACIONADOS E REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1	Trabalhos anteriores.....	17
3.2	Referencial teórico	21
4	METODOLOGIA	23
4.1	Sobre o produto educacional.....	23
4.1.1	Sobre o manual didático	24
4.1.2	Sobre o material de apoio ao professor	25
4.2	Aplicação do produto educacional.....	25
4.2.1	Sobre o local da aplicação	26
4.2.2	Perfil dos estudantes envolvidos na aplicação da proposta pedagógica.....	27
4.2.3	Relatos da prática docente	32
5	AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	52
	CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES	56
	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	58
	APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL: MANUAL DIDÁTICO.....	60
	APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL: MATERIAL DE APOIO AO PROFESSOR.....	126
	ANEXO A – QUESTIONÁRIO INFORMATIVO	130
	ANEXO B – QUESTIONÁRIO AVALIATIVO	131
	ANEXO C – DADOS SOBRE PERFIL DOS ESTUDANTES.....	132
	ANEXO D – DADOS DA AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	133

1 INTRODUÇÃO

A Educação de Jovens e Adultos – EJA, em tempos passados conhecida como Supletivo, é destinada para jovens e adultos que por alguma razão não tiveram a oportunidade de cursar o ensino regular em idade apropriada. (KRUMMENAUER, 2010)

A EJA é um grande desafio, pois seu público é bastante heterogêneo. Seus estudantes possuem faixa etária que vai de 18 a mais de 60 anos. Existem jovens que acabaram de largar o ensino médio e senhores que ficaram mais de 30 anos afastados da escola. (KRUMMENAUER, 2010)

Minha primeira experiência com a EJA começou no ano de 2010, após cinco anos de atuação como docente em Física no Ensino Médio. Como nunca havia trabalhado com esse público, encontrei muitas dificuldades. Não me sentia capacitado para tal função. Nunca havia estudado sobre EJA. O meu curso de graduação não ofertou nenhuma disciplina que abordasse a educação de jovens e adultos.

Entre as várias dificuldades, a principal delas era a ausência de material didático voltado para esse público. Textos que abordassem o conteúdo de Física, e que ao mesmo tempo fossem significativos, ou seja, tratassem os conteúdos relacionando-os com a vida desses estudantes.

Na década de 90, o Brasil passou por uma reforma na legislação educacional. Nesse período foi criada a lei nº 9394/96 (Lei de Diretrizes e Bases da Educação – LDB). Esta lei reconhece o aluno como ser ativo em seu processo de construção do conhecimento.

A LDB reconhece a importância de se desenvolver um ensino na EJA que leve em conta o contexto no qual o estudante está inserido e que os conteúdos abordados estejam voltados para o interesse de sua vida pessoal e profissional.

Além disso, é importante relacionar os novos conhecimentos com os que já foram adquiridos pelos estudantes ao longo de suas experiências de vida, particularmente em se tratando da EJA. (ESPÍDOLA, 2005)

No entanto, para se colocar em prática um ensino na modalidade EJA, alinhado com o contexto social e a experiência de vida do estudante, observam-se algumas dificuldades. Segundo Lopes (2009, p.47), entre os vários problemas que dificultam o ensino e aprendizagem nessa modalidade, está a “carência de material didático apropriado para o ensino de Física na EJA.” A quantidade de material instrucional, de boa qualidade, voltado para esse público e que leve em conta suas especificidades ainda é pequena, especialmente tratando-se de livros

didáticos.

Dessa forma, o professor da EJA, por falta de material didático adequado, limita-se a fazer “adaptações dos textos didáticos destinados ao ensino médio regular, selecionando apenas alguns trechos dos mesmos para utilizá-los durante as aulas.” (Lopes, 2007, p. 47). Essa prática compromete significativamente a qualidade do ensino de Física.

Os livros didáticos feitos para estudantes de ensino médio são predominantemente técnicos, voltados para concursos de vestibulares e enfatizam em demasia o cálculo matemático em suas aplicações, desprezando, em geral, os aspectos fenomenológicos. Além disso, a contextualização dos conteúdos é apresentada de forma muito tímida. Há pouca preocupação, por parte dos autores, em direcionar os conteúdos desenvolvidos para a vida prática dos estudantes. (ESPÍNDULA, 2005; LOPES, 2009)

Os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN+ orientam que o ensino da Física deve ser voltado para a vida prática do estudante: “Trata-se de construir uma visão da Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade.” (PCNs+)

Os PCN+ também destacam que o motivo pelo qual se deve ensinar Física deve se sobrepor ao o que ensinar, ou seja, deve ser dada mais importância ao “para que ensinar?” do que ao “o que ensinar?” Ou seja, o conteúdo não deve ser ensinado apenas para servir de base para um conteúdo subsequente, mas que a ele seja atribuído um significado imediato.

Sendo assim, para que a EJA caminhe seguindo às orientações citadas faz-se necessário, também, a produção de material didático instrucional que leve em conta as características dos estudantes.

Este trabalho teve como objetivo elaborar uma proposta pedagógica para o ensino de ótica para estudantes da EJA – Nível Médio. Faz parte dessa proposta pedagógica um manual didático que aborda conteúdos relacionados com a vida dos estudantes. Ele foi aplicado em turmas da EJA e avaliado por esses estudantes. Também foi elaborado um material de apoio ao professor que traz sugestões de como o manual didático deve ser aplicado em sala de aula.

Adotamos a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e as ideias de Paulo Freire como referencial teórico para o desenvolvimento deste trabalho.

Esta dissertação está estruturada da seguinte forma: no tópico 2 é feita uma abordagem sobre a legislação que regulamenta a Educação de Jovens e Adultos; no tópico 3 são apresentados alguns trabalhos relacionados com a EJA; o tópico 4 é dedicado à metodologia, incluindo uma apresentação do produto educacional gerado por este trabalho e sua aplicação

em turmas da EJA; no tópico 5 são apresentados os resultados da avaliação, feita pelos estudantes, da prática pedagógica; no tópico seguinte são apresentadas as conclusões e considerações finais.

Nos apêndices A e B está o produto educacional: no apêndice A, o manual didático para uso dos estudantes; e no apêndice B, o material de apoio ao professor.

2 LEGISLAÇÃO QUE REGULAMENTA A EJA

O artigo 205 da Constituição da República Federativa do Brasil, promulgada em 1988, assegura a educação como um direito de todos e dever do estado e da família, tendo como objetivo o desenvolvimento pleno da pessoa, sua preparação para o exercício da cidadania e sua qualificação para o mercado de trabalho. (CF, 1988)

O direito à educação básica para os que, por alguma razão, não tiveram a oportunidade de cursá-la, é efetivamente garantido no artigo 208, inciso I (modificado pela Emenda Constitucional 59/2009 – EC nº 59/2009), que dispõe:

Art. 208. O dever do Estado com a educação será efetivado mediante a garantia de:

I - educação básica obrigatória e gratuita dos 4 (quatro) aos 17 (dezesete) anos de idade, assegurada inclusive sua oferta gratuita para todos os que a ela não tiveram acesso na idade própria; (CF, 1988)

Esse artigo garante o cumprimento de uma dívida social que o Estado brasileiro tem com uma parcela de sua população. Ele assegura o direito à educação, não somente para pessoas em idade apropriada, mas também para os que não a tiveram na faixa etária adequada. Estes últimos, em muitos casos, não tiveram acesso à educação na idade apropriada por ineficiência do próprio Estado.

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, no artigo 37, define que a educação de jovens e adultos será destinada àqueles que não tiveram oportunidade em idade apropriada, ou interromperam seus estudos, no ensino fundamental ou no médio.

O parágrafo 1º do artigo acima citado reconhece a importância de se desenvolver um ensino direcionado para o contexto no qual o aluno está inserido e também que os conteúdos abordados estejam voltados para os interesses, tanto da vida pessoal quanto profissional dos estudantes da EJA:

Art. 37 § 1º Os sistemas de ensino assegurarão gratuitamente aos jovens e aos adultos, que não puderam efetuar os estudos na idade regular, oportunidades educacionais apropriadas, consideradas as características do alunado, seus interesses, condições de vida e de trabalho, mediante cursos e exames. (LDB, 9.394/96)

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional deu um novo significado à educação de jovens e adultos. Ela não visa apenas à instrução, como era praticado anteriormente com o antigo supletivo. A nova proposta da EJA é resgatar o indivíduo e melhorar suas condições para atuar no mercado de trabalho. (KRUMMENAUER, 2009).

Na constituição federal também está prevista a elaboração de um Plano Nacional da Educação – PNE. Esse plano tem duração plurianual e seu objetivo é fomentar o desenvolvimento articulado do ensino em seus diversos níveis. (MARTINS, 2007).

Com a promulgação da EC nº 59/2009, o PNE deixou de ser uma disposição transitória da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN nº 9.394/1996) para se tornar uma exigência constitucional com periodicidade de dez anos. Diante disso, o PNE deve ser usado como referência para a elaboração dos planos plurianuais.

As metas 8 e 10 do PNE para o decênio 2014 – 2024, estão relacionadas com a EJA. De acordo com a meta de número 8, o governo pretende elevar, até 2024, para no mínimo doze anos de estudo a escolaridade da população, incluindo a população das regiões de menor escolaridade do país e dos 25% mais pobres. Também faz parte dessa meta a equiparação entre a escolaridade média de negros e não negros. (PNE, 2014)

A outra meta é oferecer pelo menos 25% (vinte e cinco por cento) das vagas para EJA, tanto no ensino fundamental quanto no médio, na forma integrada à educação profissional. (PNE, 2014)

Com a promulgação da LDBEN, a EJA se tornou uma modalidade de ensino da educação básica, nos níveis fundamental e médio, configurando-se, significativamente mais expressiva que o antigo supletivo. Diante disso, fez-se necessário a regulamentação de diretrizes curriculares que a norteassem. Essa regulamentação se concretizou na elaboração do parecer nº 11 de 2000 do Conselho Nacional de Educação e da Câmara de Educação Básica (Parecer CNE/CEB 11/2000).

O Parecer CNE/CEB 11/2000 caracteriza a EJA dotada de três funções fundamentais: a função reparadora, a função equalizadora e a função qualificadora.

A função reparadora refere-se à restauração dos direitos negados ao indivíduo pelo estado:

[...], a **função reparadora** da EJA, no limite, significa não só a entrada no circuito dos direitos civis pela restauração de um direito negado: o direito a uma escola de qualidade, mas também o reconhecimento daquela igualdade ontológica de todo e qualquer ser humano. (CNE/CEB, 2000).

A função equalizadora objetiva saldar a dívida com aqueles que, por alguma razão, não tiveram a oportunidade de concluir suas atividades escolares em idade apropriada. Desta forma, a volta desses para as escolas, por meio da EJA, promove uma oportunidade de mais igualdade:

A reentrada no sistema educacional [...] deve ser saudada como uma reparação corretiva, ainda que tardia, de estruturas arcaicas, possibilitando aos indivíduos novas inserções no mundo do trabalho, na vida social, nos espaços da estética e na abertura dos canais de participação. (CNE/CEB, 2000).

E por última, a função qualificadora, que, como destaca o Parecer CNE/CEB 11/2000, “é a função permanente da EJA”. Trata-se da essência da EJA. Essa função “tem como base o caráter incompleto do ser humano cujo potencial de desenvolvimento e de adequação pode se atualizar em quadros escolares ou não escolares.” (CNE/CEB, 2000).

O Parecer CNE/CEB 11/2000 também enfatiza a formação docente e apresenta os fundamentos que norteiam a EJA.

3 TRABALHOS RELACIONADOS E REFERENCIAL TEÓRICO

Buscamos em bancos de dissertações de mestrado, revistas da área e outras publicações, por trabalhos que abordassem o ensino de Ciências, e em particular de Física, na EJA. Alguns dos trabalhos encontrados são apresentados a seguir por estarem relacionados com a proposta desenvolvida nesta dissertação.

3.1 Trabalhos anteriores

No trabalho de conclusão de mestrado intitulado “Educação de jovens e adultos: proposta de material didático para o ensino de química” (MARTINS, 2007), o autor desenvolveu um módulo de ensino para a disciplina de química direcionado para estudantes da EJA. Ele destaca a ausência de material didático nessa disciplina que considere, em sua elaboração, as especificidades desse público.

Apesar de ser no ensino de Química, o trabalho de Martins (2007) compartilha, de forma geral, da mesma ideia apresentada nesta dissertação: elaboração de material didático para EJA – Nível Médio.

Para desenvolver seu trabalho, Martins (2007) adota as ideias de Paulo Freire como base pedagógica. A partir de um tema gerador de Paulo Freire surge a base para o desenvolvimento do conteúdo de ensino. No seu trabalho o tema gerador escolhido foi “Tintas e Solventes”.

O autor, acima citado, reconhece que os materiais didáticos do ensino de Química adotados na EJA não são elaborados considerando-se as peculiaridades desse público:

[...] esses materiais utilizados não levam em conta o contexto dos educandos, pois a forma como os conteúdos são apresentados acaba influenciando apenas o uso da memorização como ponto de partida para a aprendizagem, não permitindo qualquer vínculo com a realidade do educando. (MARTINS, 2007, p. 13)

Diante disso, Martins (2007) toma como objetivo de seu trabalho, o desenvolvimento de um módulo de aprendizagem em Química que leve em conta o contexto cultural e as características dos educandos. Ele também considera, para elaboração do módulo de aprendizagem, as experiências dos educandos, que são captadas por meio de diálogos com o educador.

Ele destaca ainda que um método pedagógico adequado para o público da EJA “seria uma prática educativa coerente com a realidade cultural de seus educandos.” (MARTINS, 2007,

p. 130).

Martins (2007) também afirma que o educador deve buscar um alinhamento entre o contexto escolar e os conteúdos que se pretende desenvolver com os educandos dessa modalidade de ensino. Assim, o módulo de ensino só terá eficiência se estiver vinculado com a vida dos estudantes da EJA:

[...] o professor deve trabalhar como mediador do processo, pois para desenvolver um trabalho por meio de temas, é necessário que o professor se desenvolva também como sujeito crítico, situando-se como cidadão e fazendo parte do processo de transformação dos educandos. (MARTINS, 2007, p. 133)

O referido autor inclui também a importância de se considerar o estudo da EJA, tanto na formação inicial quanto na continuada.

Espíndola (2005), em seu trabalho de conclusão de mestrado desenvolveu uma proposta de ensino para EJA – Nível Médio baseada em projetos didáticos. Ela considerou os aspectos que caracterizam o público dessa modalidade, como turmas heterogêneas, dificuldades de aprendizagens e pouco tempo disponível para ensinar os conteúdos.

Por meio de projetos, Espíndola (2005) acredita que é possível tornar mais eficiente o ensino na EJA. Os conteúdos desenvolvidos com esse método se tornam potencialmente significativos. Isso ocorre devido à relação entre o conhecimento já adquirido pelo estudante e o novo, aprendido na escola.

A referida autora observa que o ensino por meio de projetos, que busca inserir os conteúdos no contexto dos estudantes, proporciona maior compreensão dos conceitos físicos abordados:

Quando o aluno percebe que aquilo que ele aprende em sala de aula serve para alguma coisa, sua receptividade aumenta com relação a estes conceitos. Isto foi percebido quando a evasão destes alunos diminuiu. Eles não eram obrigados a frequentar a aula, mas frequentavam com prazer e estavam sempre envolvidos com as atividades propostas durante as aulas. (ESPÍNDOLA, 2005, p. 108)

Espíndola (2005) destaca que um dos fatores que a levou a desenvolver esse tema foi a falta de materiais didáticos publicados voltados para professores da EJA. Ela também pontua outros desafios enfrentados pelos docentes dessa modalidade de ensino:

buscar alternativas inovadoras para obter melhores resultados em sua prática de sala de aula;
montar estratégias ou técnicas para ensinar os conteúdos de um ano inteiro em apenas quatro meses, [...]. É evidente que trabalhar na forma tradicional e

desenvolver os conteúdos dentro do formalismo matemático é impossível; conviver com a falta de livros didáticos que abordem os conteúdos com ênfase conceitual e relacionada com as vivências dos alunos; perceber ou presenciar a falta de formação ou preparo para o trabalho na área de EJA. (ESPÍNDOLA, 2005, p. 109)

Como a proposta apresentada neste trabalho de dissertação faz uso de aplicativos de simulação virtual, julgamos conveniente citar o trabalho intitulado “Simuladores computacionais para o ensino de física básica: uma discussão sobre produção e uso” de Souza Filho (2010). Nele o autor discute o uso e a produção de aplicativos de simulação virtual (objetos de aprendizagem) no ensino de Física na educação básica.

O autor fundamenta seu trabalho na crítica ao processo tradicional de ensino e aprendizagem praticado por muitas instituições de ensino. Para ele, são metodologias baseados em processos mecânicos e repetitivos, “especificamente para o ensino de física básica, observa-se uma ênfase na resolução de exercícios baseados na aplicação de “fórmulas”.” (SOUSA FILHO, 2010, p. 1).

Sousa Filho (2010) destaca a importância de o ensino de Física proporcionar ao estudante uma aprendizagem que possibilite envolver os conhecimentos aprendidos em situações reais do seu dia a dia. Ainda segundo Sousa Filho (2010), de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais “não se trata de apresentar ao jovem a Física para que ele simplesmente seja informado de sua existência, mas para que esse conhecimento se transforme em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir.” (PCNs+)

O trabalho de Sousa Filho (2010) tem como produto um conjunto formado por 28 aplicativos de simulação virtual de fenômenos físico. Esses aplicativos, juntamente com outros que foram produzidos por estudantes de graduação que também participavam do grupo, estão disponíveis no *site*: <http://www.if.ufrj.br/~marta/aplicativos/>

Para a construção desses aplicativos foram considerados aspectos como a interatividade, a escolha dos conteúdos a serem abordados, o conceito de objeto de aprendizagem entre outros.

Os aplicativos permitem diversos níveis de interação, podem ser usados em conjunto com outros materiais de ensino e são dotados de potencial instrucional significativo. (SOUSA FILHO, 2010).

Na aplicação desses aplicativos de simulação virtual para estudantes da educação básica, Sousa Filho (2010) adotou a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

Segundo Sousa Filho (2010), o uso adequado de aplicativos de simulação virtual em

sala de aula proporciona ao professor uma nova forma de ensinar Física. Para ele “a percepção fenomenológica é possível não mais apenas por meio de experimentos e modelagem matemática, mas também por meio da interação com modelos dinâmicos e interativos.” (SOUSA FILHO, 2010, p. 74).

No referido trabalho são obtidos indícios que mostram que o uso de aplicativos de simulação virtual proporcionam no estudante a educação visual em relação aos fenômenos físicos. “O uso contínuo dos aplicativos tem desenvolvido o letramento visual dos alunos e apresentado como resíduo uma imagem visual relevante para os momentos de resolução de exercícios e avaliações, em situações nas quais o simulador não está disponível.” (SOUSA FILHO, 2010, p. 74).

No trabalho de conclusão de mestrado intitulado “Uso de simuladores e imagens como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de ótica”, Heckler (2004) também estudou o uso de aplicativos de simulação virtual no ensino de Física para o nível médio. Ele desenvolveu um texto hipermídico abordando tópicos de Óptica Geométrica e Óptica Física. Esse texto explora o uso de simuladores virtuais e animações. Também faz parte do material interativo, textos teóricos explicativos sobre o conteúdo abordado.

O autor acima citado fundamentou seu trabalho nas ideias de Piaget, Vygostky, Rogers, Ausubel e Novak.

Heckler (2004) cita algumas dificuldades enfrentadas no ensino de Física na educação básica brasileira, entre elas a falta de motivação dos estudantes para aprender essa ciência. Ele observa também um antagonismo existente entre o avanço acelerado da tecnologia da informação e a lenta evolução das práticas pedagógicas usadas nessa área de ensino:

Fazendo um paralelo entre a sociedade da informação e o ensino tradicional, encontramos a evolução rápida dos computadores juntamente com as telecomunicações, que afetam todos os níveis da sociedade, da vida profissional à vida privada. Do outro, visualizamos a escola e o professor, apresentando aulas em quadro negro e giz, vistos como os que possuem a informação, desestimulando a criatividade, o envolvimento dos aprendizes, por encontrarem-se no contexto de escola tradicional. (HECKLER, 2003, p.10)

Diante disso, ele propõe a inserção das tecnologias na educação, não apenas como instrumentalização do ensino, mas essencialmente como objetos propulsores de mudanças nas práticas pedagógica tradicionais.

As vantagens oferecidas pelo uso da informática no ensino de Física são várias, entre elas destacamos: os conteúdos são apresentados de forma mais atraente que nos livros didáticos;

sua praticidade permite ao professor a apresentação de mais conteúdo em menor intervalo de tempo, se comprado com os métodos tradicionais; a possibilidade de acelerar ou retardar o tempo de ocorrência de alguns fenômenos, por meio de simulações virtuais; e proporciona ao estudante maior motivação. (HECKLER, 2004)

O referido autor conclui que o uso da informática no ensino da Física instiga a participação dos estudantes, tornando-os sujeitos ativos no processo de ensino e aprendizagem.

3.2 Referencial teórico

Este trabalho usou como referencial teórico a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e as ideias de Paulo Freire.

Essas duas teorias apresentam-se de forma complementares para a proposta deste trabalho. Segundo Ausubel faz-se necessário considerar os conhecimentos prévios existentes no sujeito para a construção de um novo, enquanto que para Paulo Freire, é importante levar em conta a experiência de vida do estudante no processo de ensino e aprendizagem. Esses dois fatores são relevantes na prática pedagógica da EJA.

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel se apoia na aprendizagem cognitiva. Essa aprendizagem é caracterizada pelo armazenamento organizado de informações na mente do sujeito que aprende, sendo esta estrutura organizada, definida como estrutura cognitiva. (MOREIRA, 1999)

Segundo Ausubel, o fator primordial na aprendizagem de um estudante em sala de aula está relacionado com o que ele já sabe. À medida que novos conceitos e informações, que estejam adequadamente claros, são apresentados para o indivíduo, novas ideias podem ser apreendidas ou retiradas. (MOREIRA, 1999)

No entanto, a aprendizagem não está restrita apenas à influência direta dos conceitos já apreendidos, mas envolve também modificações significativas na estrutura cognitiva influenciada pelo novo conteúdo. (MOREIRA, 1999)

A teoria de Ausubel está apoiada no conceito de aprendizagem significativa. Segundo ele, a aprendizagem significativa “é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo.” (MOREIRA, 1999, p. 153) Esse processo ocorre quando a informação recebida pelo estudante interage com um conhecimento específico que ele já possui. Esse conhecimento já existente, Ausubel o define como *subsunçor*.

Nessa concepção, faz-se necessário investigar quais conhecimentos o estudante possui

sobre os conteúdos que serão ensinados, para a partir de então, o professor definir como deverá desenvolver sua prática pedagógica.

Para Paulo Freire, o processo educacional deve levar em conta a vivência do estudante, seu contexto e suas angústias. (GEHLEN et al, 2008) Segundo ele, o conhecimento oriundo das experiências dos estudantes não deve ser desprezado. Esse conhecimento deve servir como ponto de partida para a compreensão do mundo em que vivem:

O respeito, então, ao saber popular implica necessariamente o respeito ao contexto cultural. A localidade dos educandos é o ponto de partida para o conhecimento que eles vão criando do mundo. “Seu” mundo, em última análise, é primeira e inevitável face do mundo mesmo. (FREIRE, 2011, p. 119)

Quando o conhecimento que o estudante adquiriu em sua vivência é considerado pelo professor, “estamos trazendo para a escola muito mais do que temas a serem estudados, mas também aspectos histórico-culturais, políticos e ambientais do educando e da comunidade escolar.” (GEHLEN et al, 2008, p. 10) Ignorar esse fato é exercer uma prática pedagógica totalmente desconectada de sua realidade.

Paulo Freire destaca a importância da dialogicidade. Segundo ele, o diálogo entre professor e estudante possibilita a problematização de situações que fazem parte da vida do educando. Para Freire, a problematização caracteriza-se pela abordagem de situações que estão inseridas na vivência do educando.

Nesse trabalho, usamos a dialogicidade como parte da prática pedagógica. Foi dada oportunidade para os estudantes trazerem elementos e situações de sua realidade para serem discutidas com o professor e com os colegas em sala de aula.

Por sua vez, a teoria da aprendizagem significativa foi evidenciada quando consideramos os conhecimentos oriundos das experiências de vida dos estudantes como base para introduzir novos conteúdos. Essa teoria também foi considerada para a elaboração do manual didático, pois nele são citadas situações e inseridas fotografias de objetos que estavam relacionados com os conhecimentos prévios dos estudantes.

4 METODOLOGIA

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma proposta pedagógica para o ensino de Ótica na EJA de Nível Médio. Faz parte da proposta pedagógica uma prática didática, um manual didático para estudantes dessa modalidade de ensino, e o material de apoio para o professor.

O método de trabalho ocorreu da seguinte forma:

1. Elaboração de uma versão inicial do manual didático com base na experiência do autor em ensino de Física na EJA – Nível Médio;
2. No segundo semestre de 2014 (2014/2) foi aplicada a prática didática em sala de aula para estudantes da EJA – Nível Médio. Essa prática consistia na participação efetiva dos estudantes, na leitura do manual didático, no uso de aplicativos de simulação virtual e demonstrações experimentais;
3. Aplicação de questionário informativo para determinar o perfil dos estudantes;
4. Aplicação de questionário para avaliar a percepção dos estudantes sobre a qualidade e utilização do manual didático, e sobre a prática didática usada;
5. Modificação do manual didático a partir das críticas e sugestões feitas pelos estudantes;
6. No primeiro semestre de 2015 (2015/1) repetiram-se os mesmos procedimentos citados nos itens 2 ao 5 para a segunda turma da EJA – Nível Médio;
7. Elaboração do material de apoio para o professor.

A aplicação dessa proposta ocorreu em turmas da EJA de Nível Médio do Instituto Federal do Tocantins, *Campus* Palmas, ao longo de dois semestres letivos. Em cada turma foram realizados 11 encontros; um por semana. Cada encontro, que era formado por duas aulas germinadas, tinha 100 minutos de duração.

O questionário usado como instrumento de avaliação para a proposta pedagógica, disposto no anexo B dessa dissertação, foi adaptado do questionário usado por Heckler (2004) no seu trabalho de dissertação de mestrado.

4.1 Sobre o produto educacional

O produto educacional é composto por um manual didático e um material de apoio para o professor. O manual didático é direcionado para os estudantes da EJA – Nível Médio, enquanto que o material de apoio traz sugestões para o professor no que tange a utilização, em sala de aula, do manual didático.

4.1.1 Sobre o manual didático

O manual didático tem a forma um livro didático e aborda tópicos de Óptica Geométrica. Seu conteúdo é desenvolvido de forma conceitual, contextualizado e direcionado para a compreensão de fenômenos naturais. O texto do manual didático contém ilustrações, como fotografias de objetos e de situações do dia a dia do estudante, e desenhos esquemáticos para auxiliar na compreensão dos conteúdos.

No texto do manual didático são abordados alguns tópicos de Óptica Geométrica levando-se em conta as especificidades que esses estudantes têm ao ingressar na EJA – Nível Médio. A hipótese inicial, confirmada após a aplicação dos questionários, era que a maioria deles ficaram muito tempo afastados da escola e não possuíam os conhecimentos prévios necessários, principalmente na área de Matemática.

Diante disso, os conteúdos abordados nesse manual foram tratados, quase que completamente, de forma conceitual e voltados para a compreensão de fenômenos naturais. Também buscou-se contextualizar esses conhecimentos com fatos do dia a dia dos estudantes.

A característica principal desse manual didático é ser um material de apoio para os estudantes da EJA – Nível Médio. Sua abordagem difere dos livros didáticos convencionais de nível médio, por ter os conteúdos desenvolvidos essencialmente de forma conceitual e fenomenológica.

A seguir os tópicos contidos no manual didático e as respectivas descrições de seus conteúdos:

- **Fenômenos óticos:** uma breve introdução ao conteúdo desenvolvido ao longo de todo o manual didático. Para instigar a curiosidade do estudante, perguntas sobre fenômenos que serão abordados no decorrer do curso.
- **A luz e os objetos:** os conceitos fundamentais da Óptica Geométrica: o comportamento de alguns meios materiais em relação à luz (transparentes, translúcidos e opacos), os princípios fundamentais, o conceito de sombra e a classificação das fontes de luz.
- **Reflexão da luz:** a reflexão da luz, destacando que esta pode ocorrer de duas formas: regular ou difusa, dependendo da superfície refletora; e a lei da reflexão.
- **As cores dos objetos:** a relação entre as cores dos objetos e a luz que reflete em sua superfície; as cores primárias e algumas aplicações; e o proveito que alguns animais tiram das cores para se camuflarem.
- **Espelhos planos:** como é fabricado um espelho plano; as características da

imagem formada por esse tipo de espelho; a definição de campo visual; a associação de espelhos planos e um roteiro de uma atividade prática.

- **Espelhos esféricos:** os tipos de espelhos esféricos e suas respectivas características geométricas; o comportamento da luz ao incidir nesses espelhos e as características das imagens por eles formadas; e algumas aplicações.
- **Refração da luz:** aborda a refração da luz contextualizando com alguns fenômenos naturais; a dispersão da luz; e, de forma breve, as ondas eletromagnéticas e seus tipos.
- **Lentes esféricas:** os tipos de lentes esféricas, suas características e geometria; o comportamento da luz ao incidir em uma lente esférica e as características das imagens formadas por essas lentes; e algumas aplicações.
- **O olho humano:** os principais componentes do olho humano e suas respectivas funções; os defeitos da visão e suas correções.

No final de cada tópico, com exceção do primeiro, existe um quadro destacando os principais conceitos abordados; e uma lista de questões sobre os assuntos tratados.

A intenção é que esse manual didático seja usado de forma integral num curso servindo como suporte para o estudante. No entanto, sabe-se que a EJA se caracteriza pela heterogeneidade de seus estudantes (MARTINS, 2007); assim, cabe ao professor considerar em seu planejamento a melhor forma de usá-lo.

4.1.2 Sobre o material de apoio ao professor

O material de apoio ao professor é formado por sugestões de como o manual didático poderá ser aplicado em sala de aula. Trata-se de uma compilação da prática pedagógica usada na aplicação do produto educacional nas turmas da EJA de nível médio.

O material de apoio contém também sugestões de aplicativos de simulação virtual que podem ser usados para complementar às aulas expositivas e sugestões de demonstrações experimentais simples que podem ser feitas em sala de aula com materiais de baixo custo.

Destacamos que são apenas sugestões, ficando a critério do professor a forma como deseja utilizar esse manual didático com seus estudantes.

4.2 Aplicação do produto educacional

Nos subtópicos seguintes são descritos a maneira como o manual didático foi utilizado. Primeiramente, e de forma resumida, é feito um breve histórico do local da aplicação; em

seguida, tendo como base dados obtidos na aplicação de um questionário informativo, descreve-se o perfil dos estudantes da EJA de Nível Médio que utilizaram esse manual didático; e na sequência narram-se as práticas didáticas na EJA nas quais o manual didático foi usado.

4.2.1 Sobre o local da aplicação

A criação da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica ocorreu em 1909, pelo então presidente Nilo Peçanha. Na ocasião foram criadas 19 escolas de Aprendizizes e Artífices. Mais tarde, em 1978, essas escolas deram origem aos Centros Federais de Educação Profissional e Tecnológica – Cefets. (MEC)

Com a Lei 11.892 de 29 de dezembro de 2008 foram criados os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia – IF. Na época 31 Cefets, 75 unidades descentralizadas de ensino – Uneds, 39 escolas agrotécnicas, 7 escolas técnicas federais e 8 escolas vinculadas à universidades, foram transformadas em IFs.

Atualmente, em todos os estados e no Distrito Federal, existem 38 IFs que totalizam 562 unidades de ensino, oferecendo cursos de nível médio integrado, superiores de tecnologia e de licenciatura; e cursos de pós-graduação. (MEC)

Também fazem parte dessa rede de ensino instituições que não se tornaram IF. São dois Cefets, 25 escolas que possuem vínculo com universidades, o Colégio Dom Pedro II e uma Universidade Tecnológica.

Em 04 de abril de 2003, a Escola Técnica Federal – ETF de Palmas foi oficialmente inaugurada. Em dezembro de 2008, com a Lei 11.892 e conseqüentemente a criação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – IFTO, a ETF – Palmas se tornou o *Campus* Palmas do IFTO.

Atualmente o IFTO possui 11 *campi* distribuídos pelo estado do Tocantins. No *campus* Palmas são ofertados cursos de Ensino Médio Integrado – EMI – de Administração, Agrimensura, Agronegócios, Eletrotécnica, Eventos, Informática e Mecatrônica; curso técnico subsequente em Agrimensura, Controle Ambiental, Edificações, Eletrotécnica, Informática, Mecatrônica, Secretariado e Segurança do Trabalho; curso de graduação em Agronegócios, Engenharia Civil, Engenharia Elétrica, Gestão Pública, Gestão do Turismo, Licenciatura em Educação Física, Licenciatura em Física, Licenciatura em Letras, Licenciatura em Matemática e Sistema para Internet; e um curso de especialização em Telemática.

Na modalidade EJA, o IFTO *Campus* Palmas oferece dois cursos com qualificação técnica: Manutenção e Operação de Microcomputadores; e Atendimento. Semestralmente, são

ofertadas 40 vagas para cada curso.

O técnico em Manutenção e Operação de Microcomputadores é o profissional que tem como característica a capacidade de trabalhar em equipe de forma proativa, tanto com pessoas como com a tecnologia disponível na área de informática. Seu conhecimento técnico deve lhe proporcionar uma atuação no mercado de trabalho de forma criativa, ética e consciente dos impactos socioculturais.

É de competência desse profissional compreender manuais técnicos; montar e configurar um computador; instalar softwares computacionais e operá-los; realizar manutenção preventiva e corretiva de equipamentos; apresentar capacidade de planejamento; e adequar-se às mudanças tecnológicas no campo da informática.

O profissional da área de Atendimento terá sua atuação voltada para atender e recepcionar pessoas; administrar correspondências e informações; implementar técnicas secretariais e atuar de forma a contribuir para a boa imagem da organização onde trabalha.

Esses dois cursos na modalidade EJA são ofertados no turno noturno com duração de dois anos, divididos em quatro módulos, cada módulo corresponde ao período de um semestre letivo. Cada curso possui carga horária total de 1500 horas, sendo 1260 para disciplinas do ensino médio regular e 240 para a qualificação profissional.

4.2.2 Perfil dos estudantes envolvidos na aplicação da proposta pedagógica

Com o objetivo de conhecer mais detalhadamente os estudantes da EJA envolvidos na aplicação dessa proposta pedagógica, descrita no capítulo anterior, aplicou-se um questionário informativo. O questionário se encontra no anexo A desta dissertação.

Essas informações dizem respeito à idade, zona de habitação, vida escolar e as pretensões futuras desses estudantes após a conclusão do ensino médio.

Todos os dados coletados com a aplicação do questionário estão contidos no anexo C deste trabalho.

As duas turmas envolvidas totalizavam 41 estudantes: 21 na turma 2014/2 e 20 na 2015/1. Todos eles residiam no município de Palmas – TO, a grande maioria, 95%, eram habitantes da zona urbana e os demais da zona rural.

Os resultados coletados são apresentados e analisados de forma paralela entre as duas turmas envolvidas. Observa-se, que para alguns itens pesquisados, há divergências entre as turmas, enquanto que para outros os dados se mostram praticamente invariáveis.

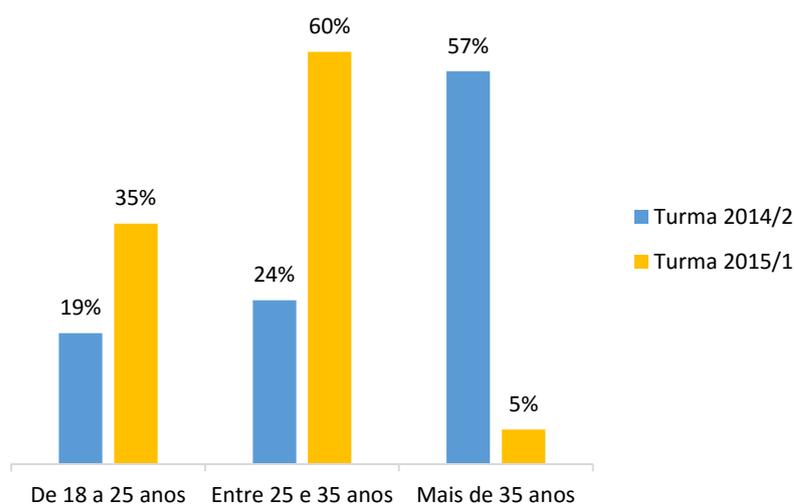
Na turma de 2014/2 foi constatado que mais da metade dos estudantes possuem idade

superior a 35 anos, enquanto que a minoria, correspondendo a 19%, possui idade de 18 a 25 anos, como mostra o gráfico 1. A experiência do autor com outros grupos da EJA permite afirmar que parte dos jovens com idade pouco acima de 18 anos optam por essa modalidade de ensino por ela oferecer a possibilidade de conclusão do ensino médio num intervalo de tempo menor, se comparado com o ensino médio regular.

Na turma de 2015/2 houve uma predominância de pessoas com idade intermediária, entre 25 e 35 anos, totalizando 60% dos estudantes. O gráfico 1 mostra o percentual de estudantes por faixa etária para as duas turmas.

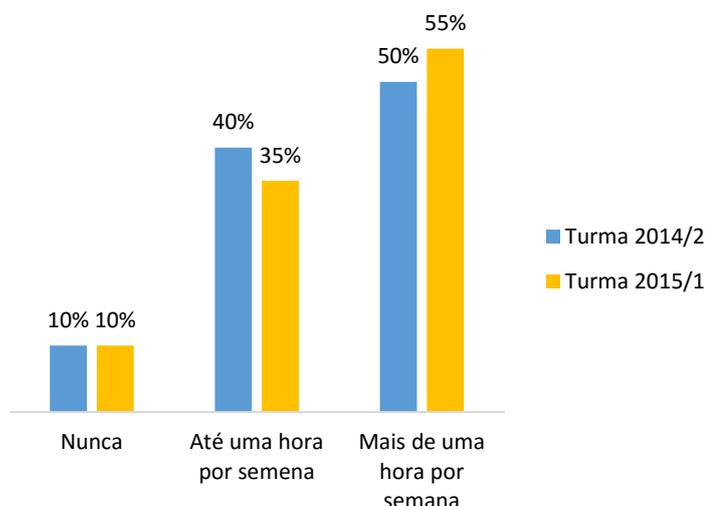
Observa-se, de forma geral, que o público da EJA apresenta uma faixa etária muito diversificada. Dessa forma, tal característica, comum nessa modalidade de ensino, deve ser levada em conta na prática pedagógica.

Gráfico 1 – Percentual de estudantes por faixa etária.



Constatou-se que 90% dos estudantes tem acesso à rede mundial de computadores. O gráfico 2 mostra o período em horas semanais que os estudantes acessam a internet. Observa-se, que as duas turmas apresentaram características pouco divergentes nesse item. No entanto, 10% de cada turma informou nunca ter acessado à internet. Esse resultado mostra que apesar do acesso a essa ferramenta de comunicação ter se expandido significativamente nos últimos anos, ainda existem pessoas que nunca tiveram a oportunidade de usá-la.

Gráfico 2 – Período, em horas semanais, que os estudantes acessam a internet.

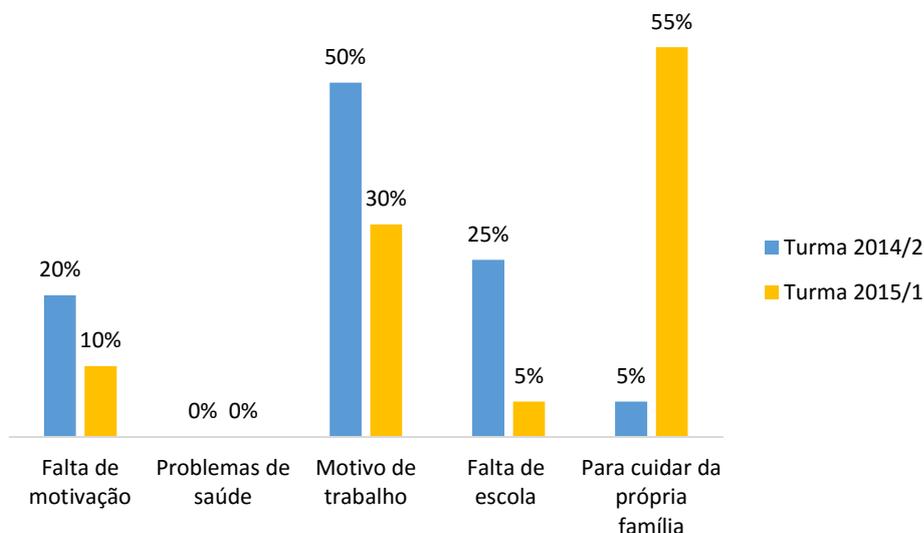


A pesquisa também buscou saber quais motivos levaram os estudantes a interromperem suas atividades escolares. Os resultados são apresentados no gráfico 3. Observa-se que metade dos estudantes da turma 2014/2 apontou a dedicação ao trabalho como causa para o abandono das atividades escolares.

Na turma 2015/1, a principal razão para o abandono escolar foi a dedicação exclusiva ao trabalho doméstico, ou seja, cuidar dos afazeres do lar e dos filhos, como mostra o gráfico 3. Isso ainda é uma causa recorrente entre parte das estudantes que ao aderir ao matrimônio optam ou tem a necessidade de interromper as atividades escolares.

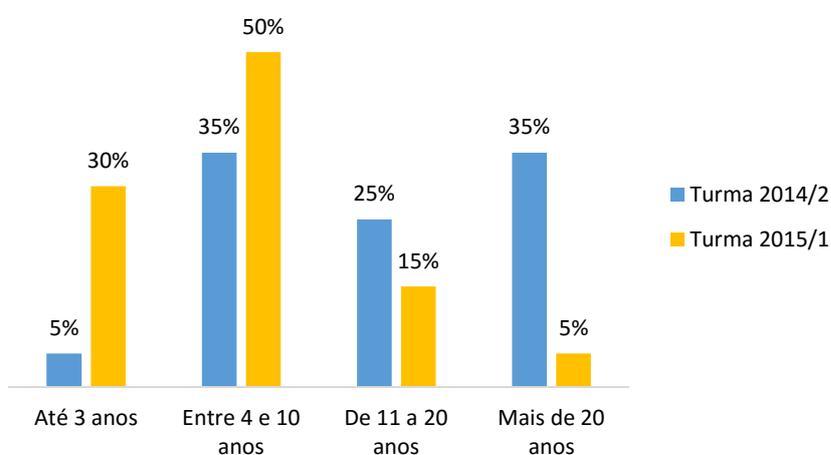
Constatou-se também que 15% do total de estudantes pararam de frequentar a escola por falta de motivação; outros 15% apontaram que a inexistência de escolas na região onde residiam os impediu de estudar.

Gráfico 3 - Motivos que levaram os estudantes a interromperem suas atividades escolares.



Muitos desses estudantes ficaram um longo período sem frequentar uma escola. Observa-se, nos dados referentes à turma 2014/2, no gráfico 4, que é significativo o percentual de estudantes que ficaram um período superior a 20 anos sem frequentar a escola. Isso corresponde a cerca de 20% do total dos estudantes pesquisados. Do total de envolvidos, a maior parte, que corresponde a 43%, ficou entre 4 e 10 anos afastados das atividades escolares. Na turma 2015/1 esse grupo corresponde à metade dos estudantes, como mostra o gráfico já citado.

Gráfico 4 - Tempo médio que os estudantes ficaram afastados da escola.

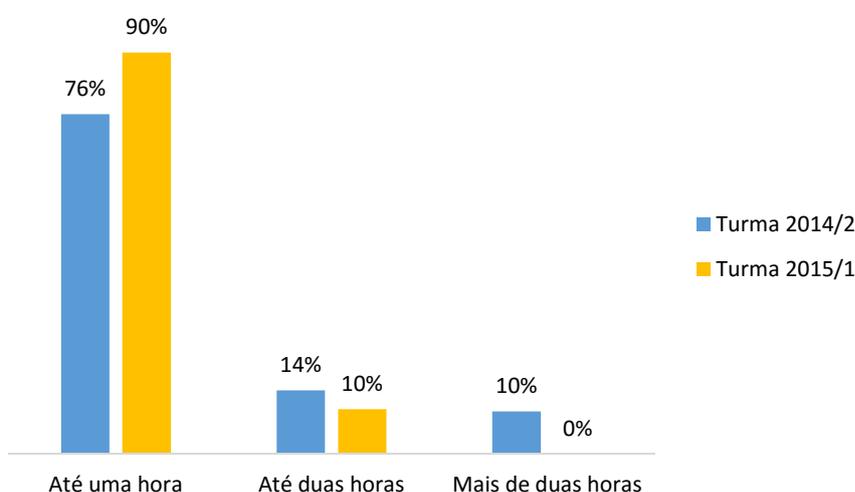


Como confirma Krummenauer, Costa & Silva (2010, p. 70), um problema comum

observado em grande parte dos estudantes da EJA está relacionado com o longo período que os mesmos ficaram afastados das atividades escolares. Por essa razão, muitos deles não possuem os conhecimentos prévios necessários ou não recordam o que já estudaram e, assim, apresentam dificuldades para compreender determinados conteúdos, principalmente na área de Física.

Observou-se também que o tempo que os estudantes disponibilizam para se dedicar às tarefas escolares fora do horário de aula é muito reduzido. Mais de 80% do total pesquisado informaram disponibilizar no máximo uma hora por dia para tais atividades. O Gráfico 5 mostra esses dados para as duas turmas.

Gráfico 5 - Tempo médio, por dia, que os estudantes usam para estudar fora do horário de aula.



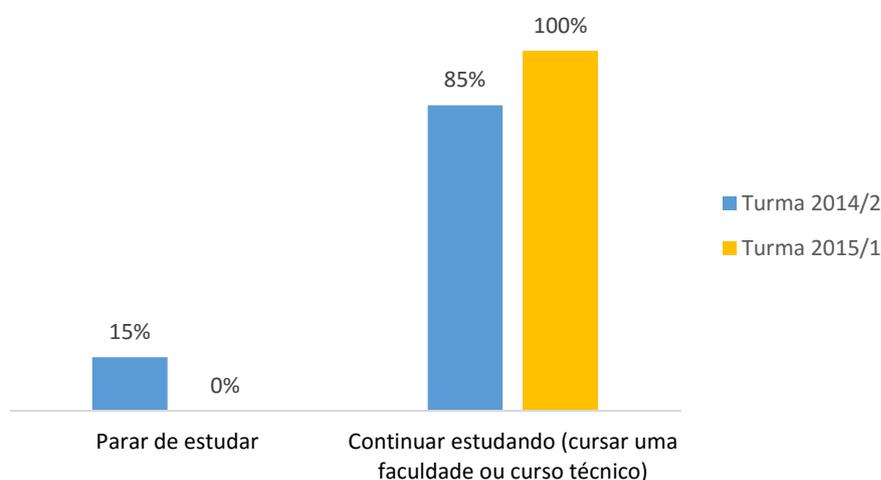
Diante dessas constatações, ressalta-se que a prática pedagógica na EJA deve, também, levar em conta o fato de que a maioria dos estudantes não disponibiliza de tempo para estudos fora da sala de aula. O período em aula é, praticamente, todo o tempo que eles possuem para desenvolver suas atividades escolares.

Devido às suas características particulares, o ensino na EJA exige estratégias metodológicas diferentes das utilizadas no ensino médio regular. Isso se justifica pelo fato de tratar-se de um público, em geral, muito heterogêneo; o período de duração dos cursos de nível médio dessa modalidade de ensino é menor, se comparado ao nível médio regular; e ainda faz-se necessário rever conhecimentos básicos do ensino fundamental. (KRUMMENAUER, COSTA & SILVA, 2010 p. 70)

A quase totalidade dos estudantes pesquisados afirmam querer dar prosseguimento à sua trajetória acadêmica. Dos pesquisados, 92% afirmaram ter intenções de fazer um novo curso após a conclusão do ensino médio. Os cursos pretendidos são em nível de graduação ou cursos

técnicos profissionalizantes. O gráfico 6 mostra esses dados para as duas turmas pesquisadas.

Gráfico 6 - Pretensões dos estudantes após a conclusão do ensino médio.



Para esse grupo de estudantes pesquisados, observa-se uma mudança na sua perspectiva de futuro em relação ao momento que iniciou o curso. A maioria deseja continuar estudando após a conclusão do ensino médio. A literatura afirma que em tempos passados não havia, por parte dos estudantes dessa modalidade de ensino, a intenção de continuar estudando, o objetivo era apenas concluir a educação básica. Segundo Krummenauer, Costa & Silva (2010, p. 70): “os alunos desta modalidade [EJA] não têm por objetivo fazer estudos posteriores em nível universitário e aquilo que eles aprenderem nesta etapa deverá lhes ser útil por toda a vida.”

Possivelmente, a ampliação do acesso ao ensino de nível técnico e superior, o aprimoramento profissional e sobretudo a busca por uma melhoria na qualidade de vida são algumas razões pelas quais os estudantes de EJA – Nível Médio queiram continuar estudando.

Diante disso, deve-se pensar, ainda, em uma prática docente que também forneça aos estudantes da EJA uma base mínima de conhecimentos que possa capacitá-los para estudos futuros, como cursos de nível técnico avançado ou universitário. Dadas as peculiaridades desse público, isso é, sem dúvida, um grande desafio à prática docente.

4.2.3 Relatos da prática docente

Na sequência relatam-se as aplicações da proposta pedagógica nas turmas da EJA – Nível Médio. O manual didático foi aplicado em duas turmas diferentes ao longo de dois semestres letivos. Os relatos narram como foi desenvolvida a aplicação do manual didático em

sala de aula ao longo dos 11 encontros, destacando a metodologia usada, os aplicativos de simulação virtual utilizados, as demonstrações experimentais e os materiais utilizados. A mesma metodologia foi usada nas duas turmas.

Encontro 1: a luz e os objetos

Nesse encontro iniciou-se o desenvolvimento do projeto. Primeiramente foi explicado para a turma como ele seria desenvolvido. Depois foi apresentada a ementa do curso, listando-se os tópicos de Óptica Geométrica que seriam abordados ao longo do semestre letivo.

Em seguida, foi distribuído um texto para cada estudante. Esse texto trata dos tópicos 1 e 2 do manual didático (ver apêndice A). Um período de tempo foi reservado para que os estudantes fizessem a leitura do texto.

O texto abordava os conceitos básicos de Óptica Geométrica. Entre eles: a propagação da luz e seus princípios, o comportamento de alguns meios materiais (transparente, translúcidos e opacos) frente a propagação da luz, a formação da sombra e a classificação das fontes de luz.

No texto contido no tópico 2 do manual didático foram usadas fotografias de objetos que fazem parte do dia a dia dos estudantes. Imagens de vidros de janela e de outros objetos foram usadas como auxílio para explicar a propagação da luz em relação aos meios materiais.

Fotografias também foram usadas para ilustrar a classificação das fontes de luz. A imagem da resistência de uma churrasqueira elétrica aquecida ao rubro, por exemplo, foi usada para ilustrar uma fonte de luz própria.

Após esse momento, com o auxílio de um projetor de imagens e um computador, deu-se início a parte expositiva da aula. Esse momento também contou com a participação dos estudantes, com perguntas e comentários acerca do tema desenvolvido.

Encontro 2: reflexão da luz

O tema desenvolvido nesse encontro foi a reflexão da luz. Seu objetivo foi mostrar como dependemos da luz para visualizar as coisas e como a luz se comporta ou incide em determinadas superfícies.

No primeiro momento da aula os alunos fizeram a leitura do tópico 3 do manual didático. Esse tópico aborda o fenômeno da reflexão da luz incluindo elementos do cotidiano dos estudantes. Um exemplo é o fato de podermos enxergar os objetos, mesmo os que não emitem luz própria; o tópico inicia com este questionamento. Na sequência é explicado que todos os objetos que estão à nossa volta têm a capacidade de refletir parte da luz que incide em

sua superfície.

Fotografias e ilustrações também foram usadas para enriquecer o potencial didático desse tópico. Sobre a lei da reflexão, por exemplo, são usadas fotografias de um raio *laser* refletindo em um espelho plano com os ângulos de incidência e de reflexão sendo medidos por um transferidor.

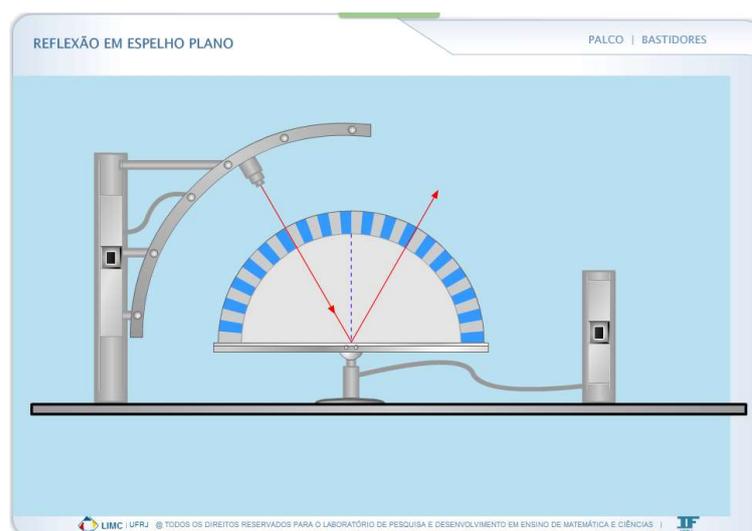
Após a leitura do texto iniciou-se a aula expositiva, que contou com a participação dos estudantes. Esse momento começou com uma breve revisão do tema abordado no encontro anterior e continuou com a explanação do tema do referido encontro. Durante a explanação foram usados um projetor de imagens e um computador.

Após a revisão foram levantados alguns questionamentos para os estudantes, como por exemplo: por que nós conseguimos enxergar os objetos, incluídos os que não emitem luz?

A partir de então foi iniciada a abordagem teórica sobre o assunto. Foi explicado como ocorre a reflexão da luz, a qual dependendo da superfície onde ela incide, pode ser classificada de duas formas: regular ou difusa. A reflexão regular ocorre em superfícies polidas, como espelhos, por exemplo. Já a reflexão difusa, ocorre quando a luz incide em superfícies rugosas.

Por fim, foi explicada a lei da reflexão. Para isso foi usado um aplicativo de simulação virtual. Esse aplicativo, cujo recorte de tela é mostrado na figura 1, simula a lei da reflexão. Ele está disponível no endereço virtual: <http://www.if.ufrj.br/~marta/aplicativos/leisdareflexao.swf>

Figura 1 – Recorte de tela de aplicativo que simula da lei da reflexão da luz.



Fonte: <<http://www.if.ufrj.br/~marta/aplicativos/leisdareflexao.swf>>
Acesso em: 12 fev. 2015.

O aplicativo é formado por uma fonte de luz deslizante; um espelho, disposto horizontalmente, cuja inclinação é variável; e um transferidor, disposto verticalmente.

Clicando no “botão” preto, no lado esquerdo da tela (figura 1), é possível movimentar a fonte de luz através do arco e variar o ângulo formado entre o raio de luz incidente e a reta normal ao espelho. Ao mesmo tempo, o aplicativo mostra a correspondente variação do ângulo formado entre o raio de luz refletido e a mesma reta normal. O mesmo resultado pode ser observado, variando-se o ângulo de inclinação do espelho em relação à horizontal.

Com o auxílio do aplicativo, ficou mais prático e fácil fazer com que os estudantes percebessem que o ângulo formado entre o raio de luz incidente e a reta normal é sempre igual ao ângulo formado entre o raio de luz refletido e a mesma reta normal.

Após concluir a explanação do conteúdo, para finalizar a aula, os estudantes, reunidos em grupos, responderam as questões propostas no manual didático referente ao assunto tratado.

Encontro 3: as cores dos objetos

O assunto desse encontro foram as cores. Seu objetivo foi mostrar que as cores que observamos na natureza estão relacionadas com a luz refletida em suas superfícies e que a cor de um objeto depende da fonte de luz que o ilumina.

Inicialmente os estudantes fizeram a leitura do tópico 4 do manual didático. O texto desse tópico inicia com uma pergunta sobre as cores dos objetos. O objetivo da pergunta é instigar a curiosidade do estudante.

Na sequência o texto discorre sobre a composição da luz branca, ilustrando com uma fotografia, a figura 20 do manual didático (apêndice A), que ela é formada por infinitas cores. Essa fotografia mostra um raio de luz branca sendo disperso ao refratar em um prisma de acrílico.

Para ilustrar a percepção das cores dos objetos o texto faz uso de ilustrações mostrando a luz incidindo e refletindo neles.

O texto também cita aplicações tecnológicas desse conhecimento. A figura 27 do manual didático (apêndice A) mostra uma fotografia ampliada da tela de uma televisão. Nela observa-se que há apenas três cores; as cores primárias. Com a combinação dessas três cores é possível formar uma imagem de qualquer cor na tela da TV.

O tópico finaliza citando a importância das cores na natureza, destacando que alguns animais, seja na condição de presa ou de predador, por exemplo, usam as cores para se camuflarem em seu habitat.

Após a leitura, a aula continuou com sua parte expositiva. Fez-se uma breve recapitulação do conteúdo ministrado no encontro anterior, e em seguida foi percorrido o

assunto da aula. Nessa aula fez-se uso de um computador, um projetor de imagens e alguns aplicativos de simulação virtual.

Durante a explanação foi falado sobre o comportamento da luz e sua relação com as cores dos objetos. Foi explicado que a “luz branca”, na verdade não existe, essa cor é formada pela “mistura” de todas as tonalidades imagináveis. Foi citado também, de forma breve, que cada cor está associada a um determinado comprimento de onda específico. E que é possível separar essas cores fazendo a luz atravessar um prisma transparente; e que isso foi feito pela primeira vez pelo físico inglês Isaac Newton.

Também foi explicado que as cores dos objetos estão relacionadas com a cor da luz emitida pela fonte que os iluminam e com sua capacidade de refletir luz de determinada cor ou mesmo não refletir luz nenhuma.

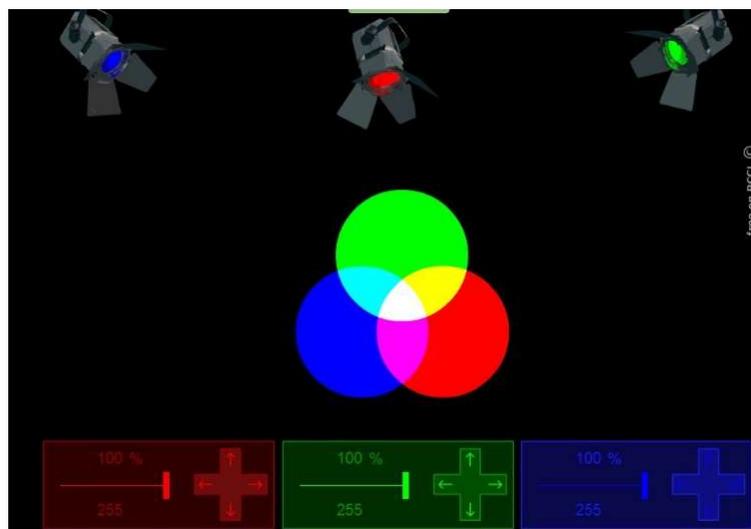
Para contextualizar esse assunto, citou-se o uso das cores primárias. Para a luz, essas cores são: vermelho, verde e azul. A combinação entre essas três cores em determinada proporção pode nos dá a sensação de qualquer outra cor. Foi explicado que esse princípio é usado nos televisores e nos monitores de computadores.

Para tornar mais claro o exposto sobre as cores primárias, foi usado um aplicativo que simula a combinação entre essas três cores. Esse aplicativo está disponível no seguinte endereço:

http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/optics_interactive/additive_color_model_mixing_synthesis.htm

O aplicativo é formado por três fontes de luz nas cores vermelha, verde e azul. Ele permite mover e variar a intensidade de cada fonte de luz. Sobrepondo os feixes de luz emitido por cada fonte, e fazendo variar sua intensidade, é possível visualizar várias cores diferentes. A figura 2 mostra a captura de tela do aplicativo.

Figura 2 – Recorte de tela de aplicativo que simula o resultado da combinação entre luzes de cores primárias.

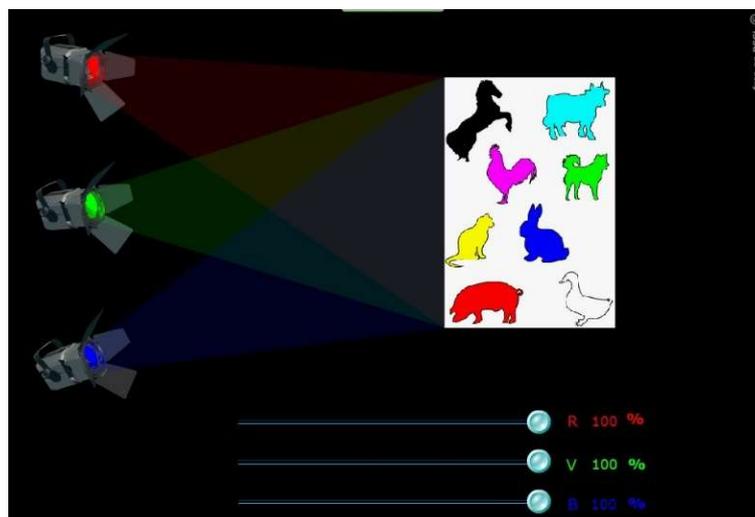


Fonte: <http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/optics_interactive/additive_color_model_mixing_synt_hesis.htm> Acesso em: 20 fev. 2015.

Outro aplicativo foi usado para mostrar que as cores que vemos estão relacionadas com a reflexão da luz. Ele está disponível no endereço: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/optics_interactive/colours_of_objects_2.htm

Esse aplicativo, cuja captura de tela é mostrada na figura 3, é formado por três fontes de luz, nas cores primárias; e uma tela, na cor branca, contendo várias figuras. Cada figura tem a capacidade de refletir determinada cor. Movendo os cursores, localizados na parte inferior da tela, é possível variar de 0 a 100% a intensidade de cada fonte de luz. Dessa forma, o aplicativo mostra que a cor de cada figura muda quando muda-se a cor da fonte de luz que a ilumina.

Figura 3 – Recorte de tela de aplicativo que simula as cores de alguns objetos quando iluminados por fontes de luz de cores primárias.



Fonte: <http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/optics_interactive/colours_of_objects_2.htm> Acesso em: 20 fev. 2015.

Também foi citado que na natureza as cores possuem propósitos determinados. Por exemplo, muitos animais usam suas cores como forma de camuflagem para não serem percebidos pelos predadores. De forma semelhante, os predadores também usam as cores em seu benefício, pois sua camuflagem dificulta que suas presas os percebam.

Os vinte minutos finais desse encontro foram destinados para responder as questões contidas no referido tópico do manual didático.

Encontro 4: revisão e atividades

O objetivo desse encontro foi esclarecer dúvidas e reforçar os conceitos e conteúdos desenvolvidos até então. Para tal, a aula foi dividida em dois momentos.

No primeiro momento os estudantes discutiram e interagiram entre eles e com o professor para esclarecerem dúvidas sobre os conteúdos desenvolvidos até então. Isso ocorreu mediante a conclusão das resoluções das questões proposta no material didático, pois a maioria não havia concluído.

No segundo momento foi desenvolvida uma atividade de socialização de aprendizagem. Para isso, a turma foi dividida em pequenos grupos. Cada grupo ficou responsável por responder algumas das questões propostas no manual didático referente aos tópicos desenvolvidos até então. Na sequência cada grupo explicou para o restante da turma as respostas das questões.

No momento das apresentações havia também a participação dos colegas. Eles contribuíam com perguntas sobre o tema que estava sendo apresentado e também com complementos ao que era exposto.

Encontro 5: espelhos planos

Nesse encontro foi desenvolvido o tema espelhos planos. O objetivo dessa aula foi mostrar quais as características físicas de um espelho plano, como ocorre a formação das imagens nesses espelhos e suas características. Também foi realizada uma atividade prática envolvendo associação de espelhos planos.

A aula começou com a leitura, feita pelos estudantes, do tópico 5 do manual didático. Esse tópico se inicia citando que alguns povos antigos confeccionavam espelhos rudimentares. Ele expõe também, de forma breve, como se dá o processo de fabricação dos espelhos atualmente.

Na sequência o texto explica como ocorre a formação de imagens em um espelho plano e destaca as características dessas imagens. O texto também aborda sobre campo visual de um espelho plano e sobre associação de dois espelhos planos. Ele também é ilustrado como fotografias e desenhos para auxiliar o leitor.

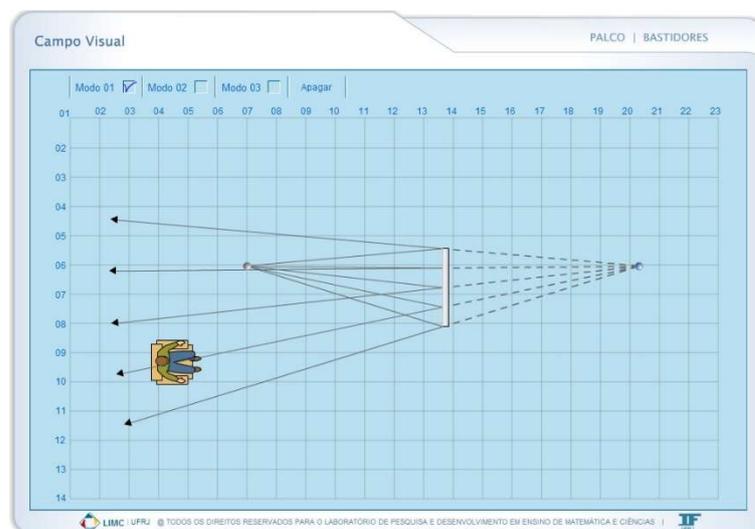
O tópico finaliza com um roteiro de uma atividade prática, de fácil execução, sobre associação de dois espelhos planos.

Após a leitura, foi iniciada a parte expositiva da aula. Durante esse momento os estudantes também participaram com perguntas e comentários sobre o que estava sendo explicado.

Inicialmente fez-se uma breve explanação sobre a história dos espelhos, citando, por exemplo, seu uso e confecção por algumas civilizações antigas. Na sequência, foi explicado sobre como ocorre a formação da imagem conjugada por um espelho plano, as características dessa imagem, o campo visual de um espelho plano e também sobre a associação de dois espelhos planos.

Para explicar a formação da imagem conjugada por um espelho plano, foi usado um aplicativo de simulação virtual, disponível no endereço eletrônico: <http://www.if.ufrj.br/~marta/aplicativos/espelhoplano.swf>. A figura 4 mostra o recorte de tela desse aplicativo.

Figura 4 – Recorte de tela de aplicativo que simula a imagem conjugada por um espelho plano.



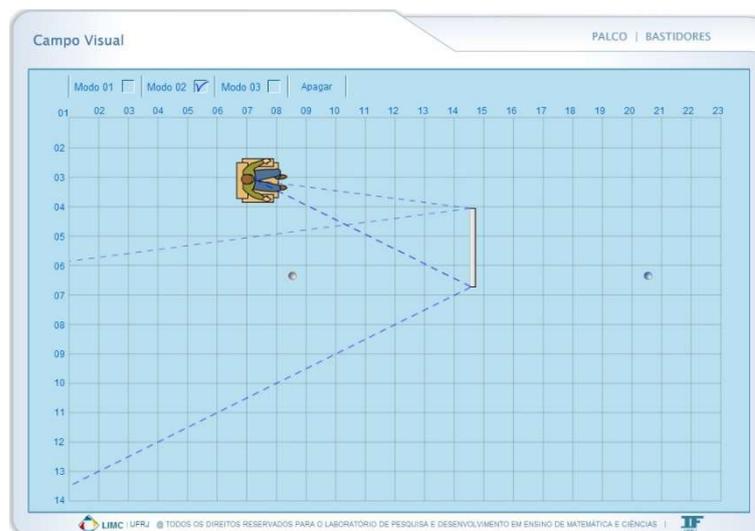
Fonte: <<http://www.if.ufrj.br/~marta/aplicativos/espelhoplano.swf>>
Acesso em: 25 mar. 2015.

O aplicativo mostra como ocorre a formação de imagens conjugadas por espelhos planos. Sua tela (figura 4) mostra um observador (uma pessoa em uma cadeira), um espelho plano, um objeto pontual e sua imagem conjugada no espelho. É possível mover esses objetos na tela. Para isso basta clicar no objeto e arrastar. Clicando no ícone “Modo 1”, na parte superior à esquerda da tela, as linhas que representam os raios de luz emitidos pelo objeto surgem, e ao incidirem na superfície refletora do espelho, sofrem reflexão regular. Essas linhas representam a luz refletida pelo objeto incidindo no espelho. Ao mesmo tempo, o aplicativo mostra o prolongamento dos raios de luz refletidos (linhas seccionadas). O ponto de convergência dessas linhas indica o local onde a imagem se formará.

Com o mesmo aplicativo, também é possível mostrar o que é o campo visual de um espelho plano. Trata-se da região do espaço que é possível vê-la por meio de sua imagem conjugada em um espelho plano.

Clicando no “Modo 02” (figura 5) do aplicativo, surgem linhas que partem do observador, vão até às extremidades do espelho e retornam, simetricamente em relação ao plano do espelho. Essas linhas delimitam a região do espaço que o observador pode contemplar por meio da imagem conjugada no espelho, ou seja, essa região compreende o campo visual do espelho. Os objetos que estão entre essas linhas podem ser contemplados pelo observador através de suas imagens conjugadas no espelho.

Figura 5 – Recorte de tela de aplicativo que simula o campo visual de um espelho plano visto por um observador.



Fonte: <<http://www.if.ufrj.br/~marta/aplicativos/espelhoplano.swf>>
Acesso em: 25 mar. 2015.

Após a conclusão da exposição da aula foi desenvolvida uma atividade experimental. O roteiro dessa atividade está contido no final do tópico 5 do manual didático. A atividade consiste em observar experimentalmente o número de imagens formadas de um objeto colocado entre dois espelhos planos associados.

Para o desenvolvimento da atividade a turma foi dividida em pequenos grupos (figura 6). Cada grupo recebeu dois pequenos espelhos planos retangulares. Com o auxílio de um transferidor, contido no roteiro da atividade (figura 34 do manual didático), a prática foi desenvolvida.

Figura 6 – Estudantes da EJA desenvolvendo atividade prática em sala de aula.



Fonte: Acervo do autor.

Após as observações, os estudantes tiraram conclusões gerais da atividade prática, tomando como base os dados colhidos. Também compararam esses dados com a previsão teórica.

Para finalizar a aula, alguns estudantes, sorteados previamente, socializaram para o

restante da turma as conclusões tiradas a partir das observações feitas na atividade prática.

Encontro 6: espelhos esféricos

Esse encontro teve como objeto de estudo os espelhos esféricos. Seu objetivo foi mostrar as características físicas desses espelhos, seus tipos (côncavo e convexo), as características de suas imagens e suas aplicações.

Iniciamos a aula perguntando para a turma se conheciam espelhos esféricos. Se já haviam observado seu uso em algum lugar. Os estudantes responderam que não conheciam. Porém, quando foi explicado de que espelho se tratava, afirmaram já terem vistos alguns.

Após esse breve momento de provocação, foram distribuídos cinco espelhos. Desses, três eram esféricos, com as duas faces espelhadas, uma côncava e a outra convexa; um côncavo de tamanho maior e dois espelhos retrovisores de tamanhos iguais, usados em motocicletas, sendo um plano e outro convexo. Esses espelhos são mostrados na figura 7.

Figura 7 – Espelhos esféricos usado em aula.



Fonte: Acervo do autor.

Foi solicitado aos estudantes que observassem com detalhes cada espelho, atentando para os seguintes pontos:

- as características das imagens que os mesmos formavam: se eram grandes ou pequenas; direitas ou invertidas em relação ao objeto;
- as diferenças entre as imagens produzidas por esses espelhos em comparação com as imagens produzidas por espelhos planos;
- a diferença entre o campo visual dos dois espelhos retrovisores;

- a geometria de cada espelho.

Durante a manipulação dos espelhos esféricos, os estudantes observaram diferenças nas imagens formadas por eles em comparação com as geradas por espelhos planos. Alguns estudantes explicaram a razão para a formação dessas imagens, atribuído a existência de “graus” nesses espelhos. Não é raro ouvir essa explicação. É difícil explicar com surgiu essa justificativa, mas provavelmente esteja relacionada com as lentes esféricas. A medida da vergência das lentes, a dioptria, é popularmente conhecida como “grau”.

Em seguida os estudantes fizeram a leitura do tópico 6 do manual didático. O tópico traz informações sobre os espelhos esféricos. Ele introduz o assunto fazendo uma analogia desses espelhos com colheres e conchas de cozinha. Em seguida ele traz uma descrição formal.

Na sequência, o texto mostra, ilustrado com fotografias e desenhos esquemáticos, o comportamento da luz ao incidir nesses espelhos. Podemos destacar a imagem de um saco plástico, figura 39 (apêndice A), queimando ao ser colocado no foco de um espelho côncavo exposto à luz solar.

O texto segue mostrando as características de algumas imagens formadas por esses espelhos, ilustradas com fotos; e finaliza citando algumas aplicações.

Após a leitura, foi iniciada a explanação do assunto de forma expositiva e aberta para a participação dos estudantes. Um computador e um projetor de imagens foram usados. Nesse momento foi explicado o que é um espelho esférico, sua geometria, as grandezas envolvidas, o comportamento da luz ao incidir em um espelho desse tipo, as imagens que esse tipo de espelho formam e suas aplicações.

Encontro 7: revisão e atividades

Nesse encontro foi feita uma revisão do assunto abordado no encontro anterior e na sequência os estudantes, organizados em grupos, resolveram as questões propostas no tópico 5 do manual didático.

Encontro 8: refração da luz

Nesse encontro foi abordado a refração da luz; como se dá o fenômeno da refração e como alguns fenômenos naturais ocorrem devido a refração da luz. Além disso foi explicado que a luz é uma onda eletromagnética e que existem vários tipos de ondas eletromagnéticas.

No primeiro momento da aula os estudantes fizeram a leitura do tópico 7 do manual didático. Esse tópico traz, inicialmente, algumas informações sobre as ondas eletromagnéticas:

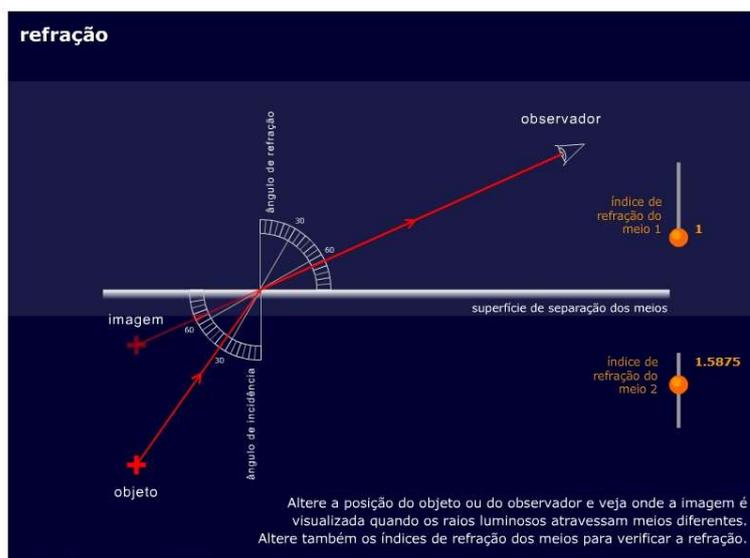
fatos históricos importantes, principais cientistas que contribuíram para seu entendimento e os tipos de ondas eletromagnéticas existentes e suas respectivas aplicações.

Na sequência, o tópico aborda o fenômeno da refração da luz. Ilustrado com desenhos e fotografias o texto mostra que alguns fenômenos naturais conhecidos ocorrem devido a refração da luz.

Após esse momento, com o auxílio de um computador e um projetor de imagens, foi desenvolvida a explanação do conteúdo. Nesse momento os estudantes também participaram com perguntas e/ou comentários sobre o assunto estudado.

Para explicar o fenômeno da refração, fez-se uso do aplicativo de simulação virtual disponível no endereço eletrônico: <http://www.ideiasnacaixa.com/laboratoriovirtual/index.htm>, na aba “• óptica - refração”. A figura 8 mostra o recorte de tela do aplicativo.

Figura 8 – Recorte de tela de aplicativo que simula a refração da luz.



Fonte: <<http://www.ideiasnacaixa.com/laboratoriovirtual/index.htm>>. Acesso em: 06 abr. 2015.

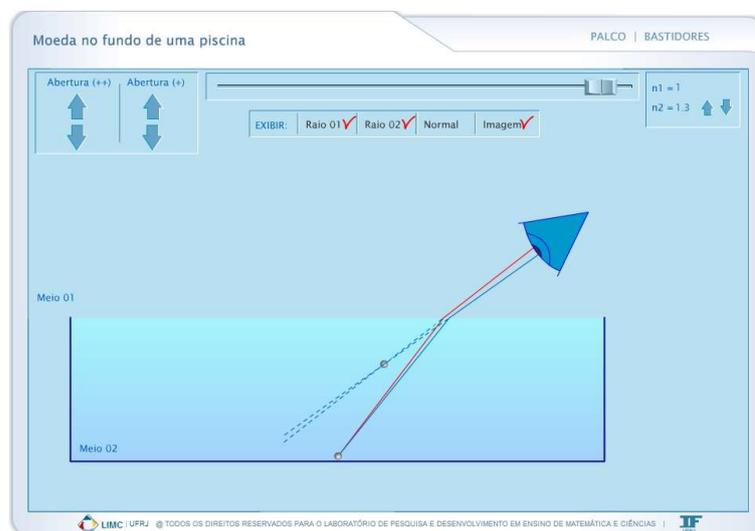
No aplicativo (figura 8) é possível visualizar a mudança que ocorre na trajetória de um raio luminoso quando ele passa de um meio transparente para outro. Clicando nos cursores, localizados no lado direito da tela, é possível alterar o índice de refração de cada meio.

O aplicativo também simula a imagem de um objeto vista por um observador que está em outro meio cujo índice de refração é diferente. Com ele é possível compreender o que ocorre quando observamos um peixe dentro d'água ou o fundo de uma piscina. Nos dois casos a imagem do objeto é visto acima de onde ele realmente se encontra.

Somente após a exibição em sala de aula do aplicativo acima citado, foi observado que

existe um equívoco na posição da imagem do objeto por ele simulada. Fica como alternativa outro aplicativo, disponível no endereço <http://www.if.ufrj.br/~marta/aplicativos/dioptro.swf>, cujo recorte de tela é mostrado na figura 9.

Figura 9 – Recorte de tela de aplicativo que simula a imagem de uma moeda no fundo de uma piscina.



Fonte: <<http://www.if.ufrj.br/~marta/aplicativos/dioptro.swf>>. Acesso em: 06 jul. 2015.

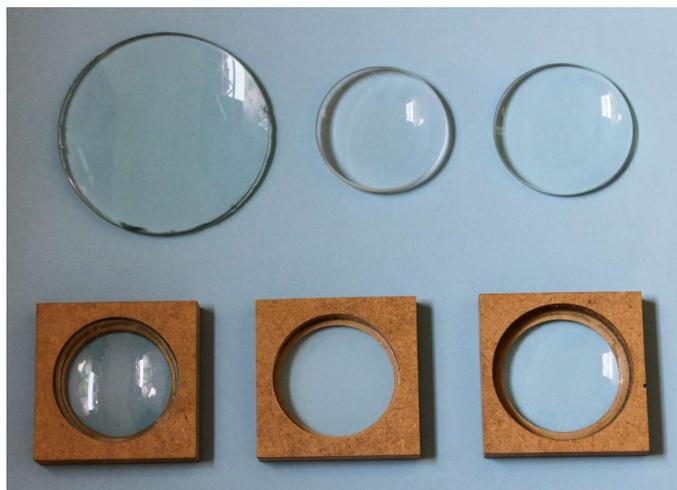
Observando as imagens simuladas pelos dois aplicativos, cujos recortes de tela são mostrados na figura 8 e figura 9, é possível notar que há uma divergência quanto a posição delas em relação ao objeto visto pelo observador. No aplicativo da figura 8 a imagem é vista pelo observador em uma posição verticalmente acima do objeto, enquanto que no aplicativo da figura 9, ela é vista acima do objeto e deslocada em direção à reta normal. De acordo com a literatura o último aplicativo apresenta o resultado correto.

Encontro 9: lentes esféricas

O tema abordado nesse encontro foi lentes esféricas. Seu objetivo foi mostrar para os estudantes o que é uma lente esférica, suas características físicas e algumas aplicações.

Inicialmente algumas lentes esféricas, mostradas na figura 10, foram distribuídas para os estudantes. Na sequência foi solicitado que eles as manipulassem procurando identificar as principais diferenças entre elas (convergentes ou divergentes) e que observassem as imagens formadas.

Figura 10 – Lentes usadas na aula.



Fonte: Acervo do autor.

Após a manipulação das lentes, os estudantes fizeram a leitura do tópico 8 do manual didático. Esse tópico inicia fazendo uma descrição das características geométricas das lentes esféricas. Mostrando também, com o auxílio de fotografias e desenhos, o efeito refrativo sofrido pela luz ao atravessar uma lente esférica.

O texto segue descrevendo as características das diversas imagens formadas por lentes esféricas. É possível visualizar as imagens e suas respectivas características nas fotografias que ilustram o texto.

O tópico finaliza citando algumas aplicações das lentes esféricas.

Após a leitura deu-se início a parte expositiva da aula. Para esse momento fez-se uso de um computador e um projetor de imagens.

Durante a exposição do conteúdo foram citados os tipos de lentes esféricas, suas características geométricas, as características das imagens geradas por elas e alguns dispositivos que fazem uso dessas lentes.

Após a aula expositiva foi realizada uma demonstração experimental. Para tal foi usada uma lente convergente, uma folha de papel branca e uma vela acesa. O objetivo dessa demonstração foi mostrar para os estudantes como a imagem formada por uma lente esférica, nesse caso convergente, pode ser projetada em um anteparo. A demonstração também possibilitou mostrar a diferença entre uma imagem real e uma imagem virtual, visto que só imagens reais podem ser projetadas em um anteparo.

Encontro 10: revisão e atividades

Nesse encontro fez-se uma revisão do conteúdo abordado no encontro 9 e em seguida os estudantes responderam as questões propostas no tópico 8 do manual didático.

Encontro 11: o olho humano

Nesse encontro o tema abordado foi o olho humano. Essa aula teve como objetivo mostrar as principais partes do olho humano, seu funcionamento e alguns defeitos da visão.

O primeiro momento da aula foi usado para que os estudantes fizessem a leitura do tópico 9 do manual didático. Esse tópico aborda o olho humano. O texto inicia com uma descrição da estrutura do globo ocular, citando seus principais componentes e suas respectivas funções.

Ao longo do texto desenhos e fotografias são usados para torná-lo mais didático. Como exemplo, podemos citar as fotografias de dois gatos (figura 70 do apêndice A) para mostrar a variação da abertura da pupila do olho. Os gatos estão situados em ambientes com iluminação diferentes intensidades. É possível notar que o gato que está no ambiente com pouco luz apresenta a pupila mais dilatada que o outro, que está em um ambiente bem iluminado.

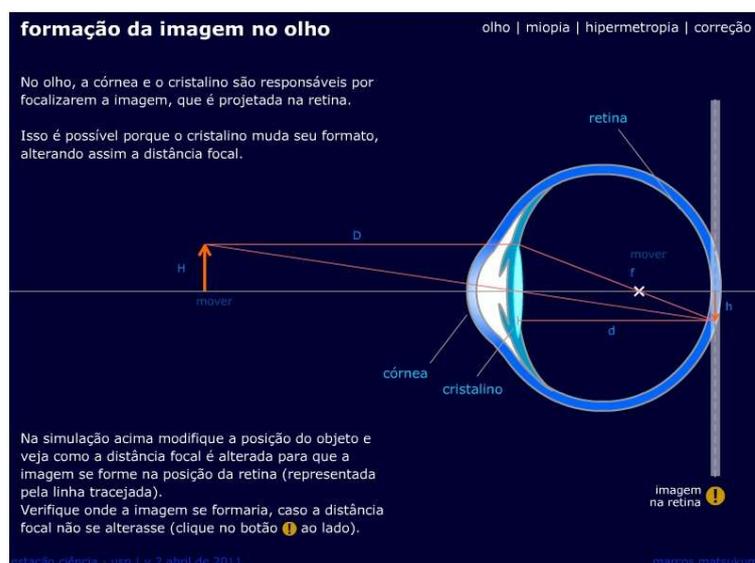
Além de citar o mecanismo que possibilita a formação da imagem sobre a retina para objetos próximo ou distantes do olho, o texto também expõe os principais defeitos da visão e suas respectivas correções.

Após a leitura foi desenvolvida a explanação do conteúdo, de forma expositiva, com o auxílio de um projetor de imagens e de um aplicativo de simulação virtual. Esse momento também contou com a intervenção dos estudantes com perguntas e comentários sobre o tema apresentado.

Durante a explanação foram apresentados os principais componentes do globo ocular e suas funções; e alguns problemas da visão e suas respectivas formas de correção.

Para explicar aos estudantes como a imagem de um objeto é projetada na retina do olho humano foi usado um aplicativo de simulação virtual disponível no *site*: <http://www.ideiasnacaixa.com/laboratoriovirtual/index.htm>, na aba “• óptica – olho normal”. A figura 11 mostra o recorte de tela do aplicativo.

Figura 11 – Aplicativo que simula a formação da imagem em um olho normal.



Fonte: <<http://www.ideiasnacaixa.com/laboratoriovirtual/index.htm>>.

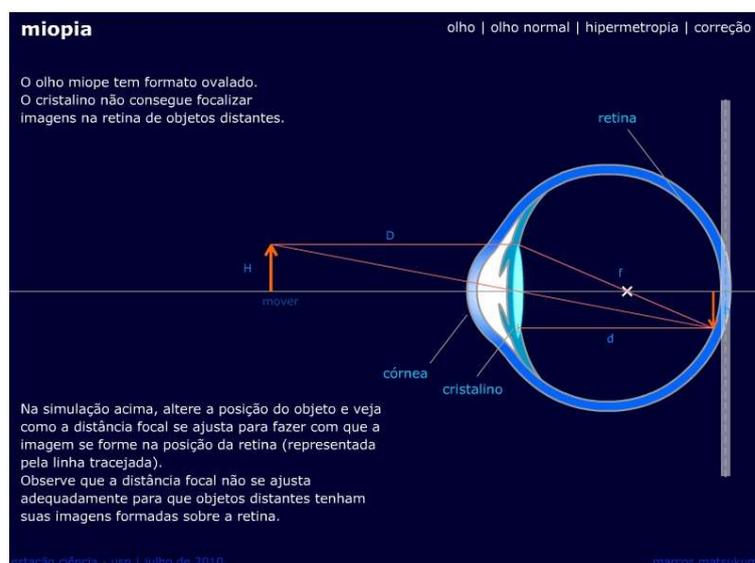
Acesso em: 28 jun. 2015.

Com esse aplicativo é possível entender como se comporta o cristalino do olho quando visualiza um objeto próximo ou distante. Para isso basta clicar com o ponteiro do *mouse* sobre a seta apontada para cima (o objeto), situada na frente do olho, e arrastá-la para esquerda, afastando-a do olho; ou para a direita, aproximando-a. Com isso, o aplicativo mostra a modificação sofrida pelo cristalino para que a imagem seja projetada exatamente sobre a retina. O cristalino sofre uma deformação em sua curvatura, alterando sua vergência. Para visualizar um objeto próximo do olho, ele aumenta sua vergência; o oposto ocorre para um objeto distante.

Esse aplicativo (figura 11) também simula como seria o comportamento da imagem formada pelo cristalino se ele não alterasse sua vergência. Clicando no ícone , que fica no canto inferior direito da tela, o cristalino passa a se comportar como uma lente convergente rígida. Variando a posição do objeto (seta na frente do olho) em relação ao olho, verifica-se que a imagem se formará em pontos com diferentes distâncias em relação ao cristalino. É isso que ocorre com o olho que sofre de presbiopia; seu cristalino se torna rígido.

Para mostrar como ocorre a formação da imagem em um olho míope foi usado o aplicativo disponível no *site*: <http://www.ideiasnacaixa.com/laboratoriovirtual/index.htm>, na aba “• óptica – miopia”. A figura 12 apresenta um recorte de tela desse aplicativo.

Figura 12 – Aplicativo que simula a formação da imagem em um olho míope.



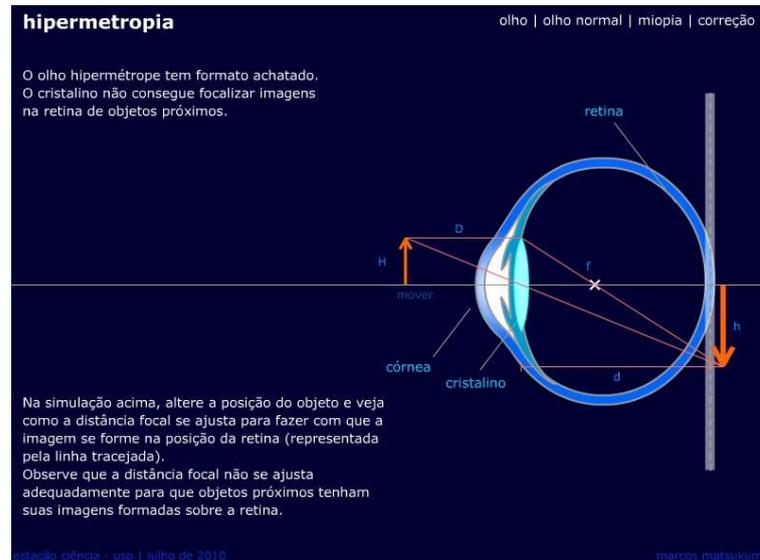
Fonte: <<http://www.ideiasnacaixa.com/laboratoriovirtual/index.htm>>.
Acesso em: 28 jun. 2015.

O olho míope é mais alongado que o normal. Isso não permite que o cristalino, para objetos distantes do olho, projete imagens sobre a retina, e sim antes dela. Para objetos próximos, a visão é normal.

O aplicativo (figura 12) simula a visão do olho míope. Movendo o objeto (seta apontada para cima) que está na frente do olho para a esquerda, ou para direita, verifica-se a formação da imagem antes ou sobre a retina, respectivamente. A distância focal do cristalino não varia o necessário para permitir que a imagem de objetos distantes do olho seja projetada sobre a retina.

Para explicar como ocorre a formação da imagem em um olho hipermetrópe foi usado o aplicativo disponível no endereço eletrônico: <http://www.ideiasnacaixa.com/laboratoriovirtual/index.htm>, na aba “• óptica – hipermetropia”. A figura 13 mostra um recorte de tela do aplicativo.

Figura 13 – Aplicativo que simula a formação da imagem em um olho hipermetrope.



Fonte: <<http://www.ideiasna caixa.com/laboratoriovirtual/index.htm>>. Acesso em: 28 jun. 2015.

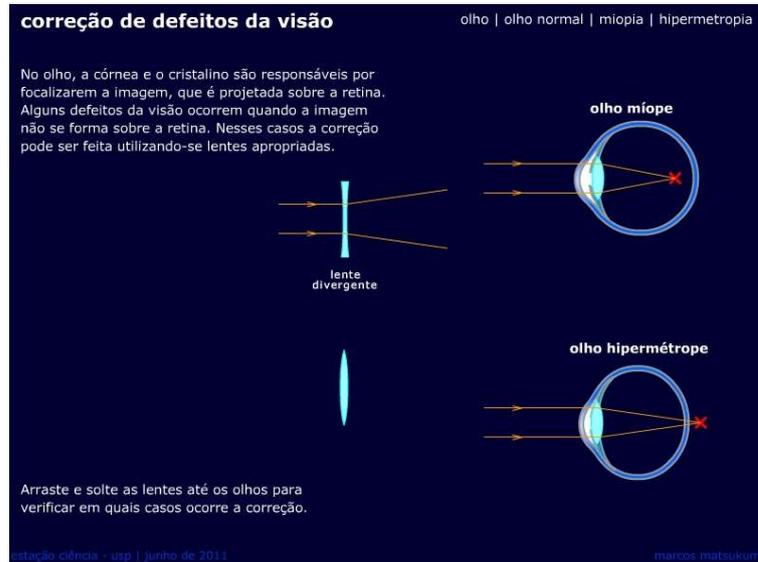
No olho hipermetrope ocorre o oposto, é mais achatado que o normal. Isso faz com que a imagem, para objetos próximos ao olho se forme depois da retina. Para objetos distantes, a visão é normal.

O aplicativo (figura 13) simula a visão do olho hipermetrope. Movendo o objeto (seta apontada para cima) que está na frente do olho para a direita, ou para esquerda, verifica-se a formação da imagem sobre ou depois da retina, respectivamente. A distância focal do cristalino não varia o necessário para permitir que a imagem de objetos próximos do olho projete-se sobre a retina.

Para finalizar a aula, foi exposto como é feita a correção dos defeitos da visão com o uso de lentes esféricas. Nesse momento fez-se uso do aplicativo de simulação disponível no site: <http://www.ideiasna caixa.com/laboratoriovirtual/index.htm>, na aba “• óptica – correção”. A figura 14 mostra um recorte de tela do aplicativo.

Para visualizar a correção dos defeitos da visão, basta mover a lente apropriada para o olho defeituoso (figura 14). O conjunto formado pela lente e o cristalino provoca a refração adequada permitindo que as imagens dos objetos vistos pelo olho sejam projetadas sobre a retina.

Figura 14 – Aplicativo que simula a correção da miopia e da hipermetropia com o uso de lentes esféricas.



Fonte: <<http://www.ideiasna caixa.com/laboratoriovirtual/index.htm>>.
Acesso em: 28 jun. 2015.

5 AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Após sua aplicação nas turmas da EJA – Nível Médio, a proposta pedagógica foi avaliada pelos estudantes. Para isso foi usado um questionário avaliativo.

Esse questionário, contido no anexo B desta dissertação, é formado por cinco afirmativas. Para cada afirmativa há quatro alternativas possíveis, são elas: (a) concordo, (b) concordo plenamente, (c) discordo e (d) discordo plenamente.

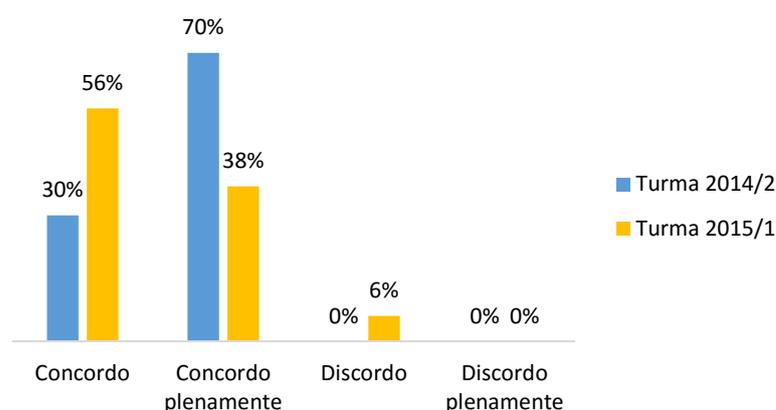
Na avaliação, estão inclusos o manual didático e a proposta pedagógica aplicada em sala de aula nas turmas da EJA. A mesma proposta foi aplicada nas duas turmas.

Os dados obtidos na avaliação dessa proposta pedagógica são apresentados separadamente para cada turma. As duas turmas envolvidas são denominadas por 2014/2 (segundo semestre de 2014) e 2015/1 (primeiro semestre de 2015).

No anexo D dessa dissertação encontra-se uma tabela com todos os dados obtidos com a avaliação da proposta pedagógica.

O gráfico 7 mostra a avaliação dos estudantes sobre a contribuição do manual didático na aprendizagem de Ótica. Do total de estudantes pesquisados, 56% concordaram plenamente que o manual didático foi relevante para a aprendizagem do conteúdo abordado durante a aplicação. Apenas 6% dos estudantes, e esses da turma 2015/1, discordaram. Na turma 2014/2 o manual didático foi melhor avaliado; 70% dos estudantes concordaram plenamente que ele contribui para sua aprendizagem.

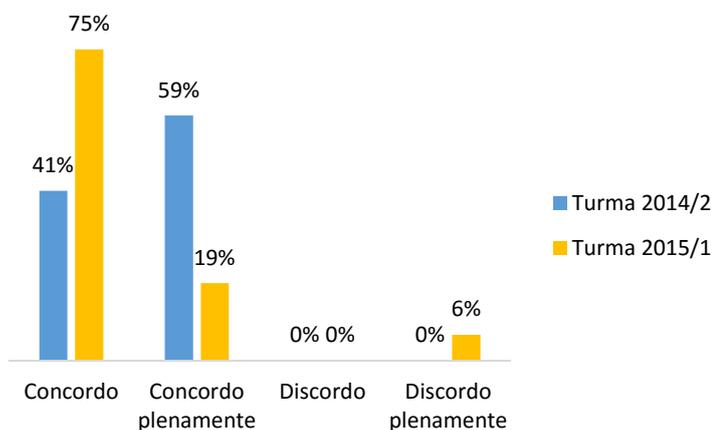
Gráfico 7 – Contribuição do manual didático para a aprendizagem dos estudantes.



Sobre a clareza dos textos que formam o manual didático, 97% dos estudantes concordaram. O resultado é apresentado no gráfico 8. Para eles os textos cumprem com o objetivo de sua proposta: explicar em linguagem clara e acessível para que estudantes com esse

perfil possam compreender os fenômenos abordados. Esse resultado reforça a necessidade de uma prática pedagógica, da produção e do uso de materiais didáticos adequados aos estudantes da modalidade EJA.

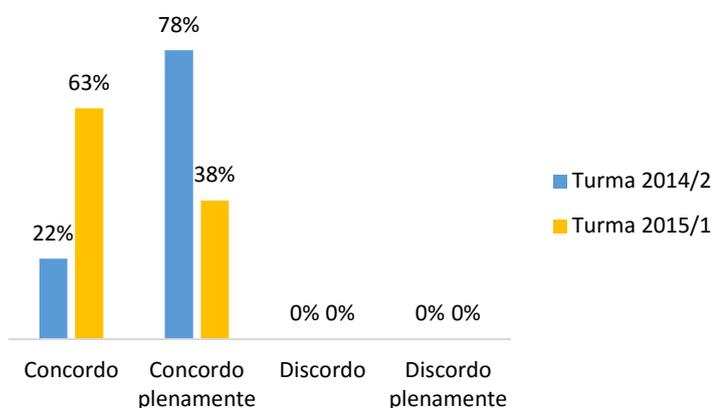
Gráfico 8 – Sobre a clareza do texto do manual didático.



As ilustrações também são fundamentais para complementar a função explicativa do texto. Todos os estudantes envolvidos julgaram que as fotografias e desenhos contidos nos textos do manual didático desempenharam um papel importante, auxiliando na compreensão dos conteúdos abordados.

No que diz respeito à sua qualidade, o manual didático foi bem avaliado. Todos os estudantes avaliaram como sendo boa. O resultado é mostrado no gráfico 9.

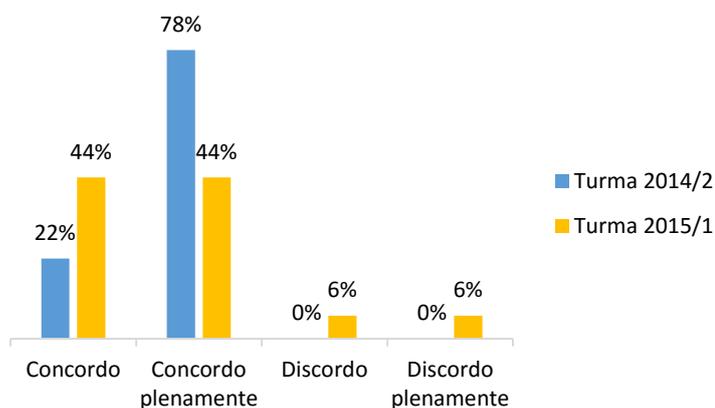
Gráfico 9 – Sobre a qualidade do manual didático.



Na avaliação da relevância do conteúdo abordado ao longo da aplicação da proposta pedagógica, ou seja, o próprio conteúdo apresentado no manual didático, houve algumas

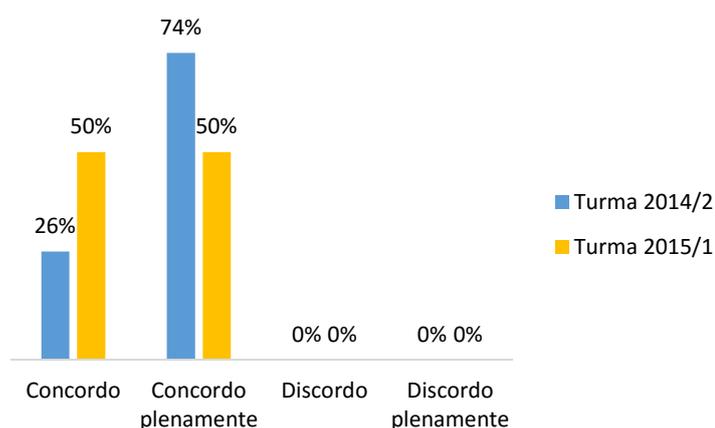
restrições. Do total de estudantes pesquisados, 95% concordaram que os assuntos abordados foram importantes para sua vida, pois estão relacionados com fatos de seu cotidiano; os demais discordaram. Os dados são mostrados no gráfico 10.

Gráfico 10 – Sobre a relevância do conteúdo abordado.



Quanto ao uso de aplicativos de simulação virtual em sala de aula como complemento às aulas expositivas, 100% dos estudantes julgaram importantes para a compreensão dos conteúdos (gráfico 11).

Gráfico 11 – A contribuição das simulações virtuais exibidas durante as aulas.



Aplicativos de simulação virtual no ensino de Física são importantes ferramentas facilitadoras da aprendizagem de determinados conteúdos e fenômenos físicos, quando comparados com métodos tradicionais, como quadro e pincel, por exemplo. O uso desses simuladores possibilita ao estudante visualizar os fenômenos de forma dinâmica, facilitando significativamente o seu entendimento. Com o uso de ferramentas tradicionais o alcance desse

objetivo se torna bem mais árduo, principalmente para estudantes de EJA.

Em conclusão a essas análises, pode-se ver que a EJA – Nível Médio necessita de metodologias diferenciadas das utilizadas no ensino médio regular, bem como o uso de material instrucional que considere as peculiaridades desse público. Desenvolver conteúdos que leve em conta os conhecimentos e saberes aprendidos em sua interação com o mundo e que estejam relacionados com sua vivência, facilita a introdução de novos conceitos e torna o aprendizado significativo.

Muitos estudantes da EJA não estão preparados para relacionar os conteúdos estudados na escola com fatos do seu cotidiano. É papel do professor selecionar e articular esses conteúdos elencados nos programas de ensino de forma a possibilitar sua relação com o contexto do estudante.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

Como exposto na introdução, o motivo pelo qual nos levou a construir essa proposta pedagógica para estudante da EJA – Nível Médio, surgiu quando nos deparamos com dificuldades para encontrar materiais didáticos adequados para essa modalidade de ensino.

A Educação de Jovens e Adultos é formada por pessoas que não tiveram a oportunidade de estudar quando estavam na idade adequada. Como constatado neste trabalho, os motivos que levaram os estudantes, envolvidos nessa intervenção, a abandonar a escola são diversos, como: ter que optar por interromper os estudos para se dedicar ao trabalho; a falta de motivação para continuar frequentando a escola; a falta de escolas próximas do local de residência; e, principalmente para o sexo feminino, ter que abandonar a escola para se dedicar aos afazeres do lar.

Outra particularidade dos estudantes da EJA é o longo período que muitos ficaram sem frequentar uma escola. Constatamos que alguns estudantes ficaram mais de 20 anos afastados das atividades escolares. Em outras experiências encontramos um período ainda maior, 30 anos.

No entanto, apesar do longo período afastado do ambiente escolar, muitos estudantes apresentam uma grande vontade de aprender, de “correr atrás do tempo perdido”, como dizem. Enfrentam uma jornada dupla: trabalho e estudo. Muitos acordam de madrugada e só retornam para suas casas por volta da meia noite. São profissionais diversos, como mecânicos, trabalhadores da construção civil, motoristas, autônomos, aposentados, babás e mães de famílias, com idade que varia de 18 a mais de 60 anos.

Apesar das dificuldades por eles apresentadas em leitura e em operações básicas de matemática, mostram-se dispostos a aprender. Quando o conteúdo é abordado levando-se em conta fatos do seu cotidiano, eles se mostram mais participativos. Para tornar o processo de ensino e aprendizagem em EJA mais eficiente, faz-se necessário que o professor tenha consciência da importância de considerar em sua prática pedagógica as particularidades desse público. A decisão sobre o que e como se deve ensinar na EJA deve levar em conta essas peculiaridades e o contexto sociocultural desse público.

Constatamos que a prática pedagógica e a produção de material didático que levem em conta as especificidades dos estudantes da EJA, proporcionam uma estratégia de ensino mais eficiente, fazendo com que os estudantes se tornem mais envolvidos no processo de ensino e aprendizagem.

De acordo com nossa experiência com outras turmas da EJA do Nível Médio, com perfil semelhante às que participaram da aplicação dessa proposta pedagógica, podemos

concluir que houve maior eficiência no processo de ensino e aprendizagem durante as aulas. Isso é constatado quando se observa maior participação dos estudantes nas aulas, além de mais segurança nas suas falas e discussões.

Os estudantes mostram-se mais interessados por assuntos que estão diretamente relacionados com fatos do seu cotidiano. Durante as aulas constatamos mais interesse nos conteúdos abordados. Os estudantes contribuíaam constantemente, citando fatos e solicitando esclarecimentos de dúvidas relacionados com o conteúdo que estava sendo explicado.

Acreditamos que o manual didático apresenta as características para as quais se propõe: fornecer ao estudante da EJA uma fonte de leitura em Física condizente com sua realidade. Além disso ele pode servir como ponto de partida para outras iniciativas voltadas para o ensino da Física na EJA.

Vale ressaltar que por se tratar de um público cujas características variam entre regiões, esse produto pode ou não, apresentar a mesma eficiência para estudantes da EJA de outras localidades do país. Destacamos que cabe ao professor fazer uma avaliação dos estudantes e escolher o mais adequado para eles.

Destacamos ainda que essa proposta pedagógica poderá ser aperfeiçoada. Trabalhos futuros poderão indicar quais mudanças poderão ser feitas para torná-la mais eficiente. A continuação do seu uso em turmas da EJA – Nível Médio também poderá fornecer subsídios que impliquem em modificações, tanto na prática pedagógica aplicada em sala de aula como no manual didático.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Expansão da rede federal de educação profissional, científica e tecnológica.** Disponível em: <<http://redefederal.mec.gov.br/historico>>. Acesso em: 17 ago. 2015.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – (IFTO).** Disponível em: <<http://palmas.ifto.edu.br>>. Acesso em: 17 ago. 2015.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – (PCNs+): Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/gestar-ii-/195-secretarias-112877938/seb-educacao-basica-2007048997/12598-publicacoes-sp-265002211>>. Acesso em: 8 ago. 2015.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Parâmetros Curriculares Nacionais – (PCN): Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 8 abr. 2015.

Brasil. Ministério da Educação e Cultura. **Plano Nacional de Educação – (PNE) 2014-2024.** Disponível em: <<http://www.observatoriopne.org.br/uploads/reference/file/439/documento-referencia.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2015.

BRASIL. **Parecer nº 11 de 2000 do Conselho Nacional de Educação e da Câmara de Educação Básica.** Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/secad/arquivos/pdf/eja/legislacao/parecer_11_2000.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2015.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Constituição da república federativa do Brasil de 1988.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acesso em: 26 abr. 2015.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm>. Acesso em: 26 abr. 2015.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Emenda constitucional nº 59, de 11 de novembro de 2009.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/Emendas/Emc/emc59.htm#art1>. Acesso em: 26 abr. 2015.

ESPÍNDULA, K. **A pedagogia de projetos como estratégia de ensino para alunos da educação de jovens e adultos: em busca de uma aprendizagem significativa em Física.** 2005. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufrgs.br/da.php?nrb=000523356&loc=2006&l=826f7388eb724ca5>>. Acesso em: 07 abr. 2014.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da esperança: um reencontro com a pedagogia do oprimido.**

17. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2011.

GEHLEN, Simoni Tormöhlen et al. Freire e Vigotski no contexto da Educação em Ciências: aproximações e distanciamentos. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 10, n. 2, 2008.

HECKLER, Valmir. **Uso de simuladores e imagens como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de ótica**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/mpef/mestrados/Valmir_Heckler_2004.pdf>. Acesso em: 17 mai. 2015.

LOPES, Gláucia. **Leituras em aulas de física na educação de jovens e adultos no ensino médio**. Tese (Faculdade de Educação) Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2009. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000469694>>. Acesso em: 25 abr. de 2014.

MARTINS, Wagdo da Silva. **Educação de jovens e adultos: proposta de material didático para o ensino de química**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências), Universidade e Brasília, Brasília, 2007. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/5009/1/2007_WagdoSilvaMartins.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2015.

MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

KRUMMENAUER, W. L.; COSTA, S. S. C.; SILVEIRA, F. L. Uma experiência de ensino de física contextualizada para a educação de jovens e adultos. **Revista ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. V. 12, p. 69 – 82, mai – ago, 2010. Disponível em: <<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/view/197/438>>. Acesso em: 10 abr. 2015.

KRUMMENAUER, W. L. **O movimento circular uniforme para alunos de EJA que trabalham no processo de produção de couro**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/16424/000703412.pdf?sequence=1&locale=pt_BR>. Acesso em: 15 mai. 2014.

SOUSA FILHO, Geraldo Felipe de. **Simuladores computacionais para o ensino de física básica: uma discussão sobre produção e uso**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2010_Geraldo_Felipe/dissertacao_Geraldo_Felipe.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2015.

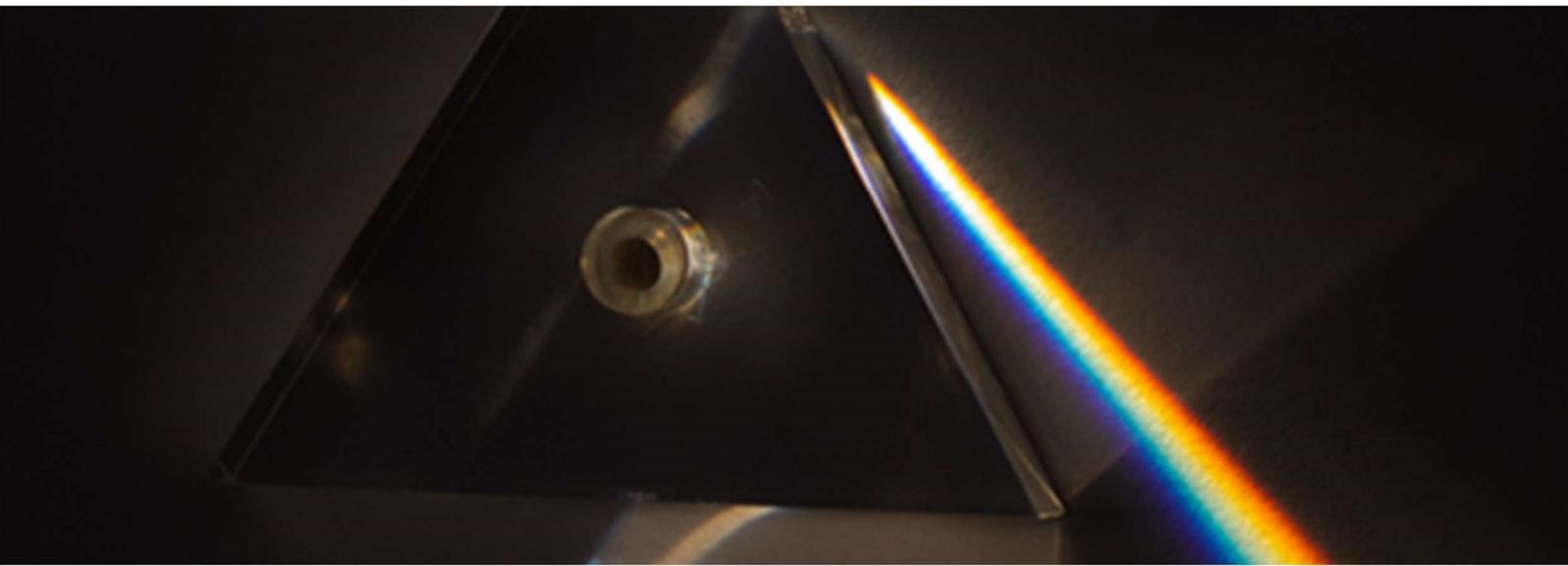
APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL: MANUAL DIDÁTICO



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO DO MESTRADO NACIONAL
PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**Educação de Jovens e Adultos – EJA
Nível Médio**

TÓPICOS DE ÓPTICA GEOMÉTRICA



Francisco Romero Araújo Nogueira

Brasília – DF
2015

Apresentação

Este manual didático contém tópicos de Óptica Geométrica com abordagem voltada para estudantes da Educação de Jovens e Adultos (EJA) do Nível Médio. Ele faz parte de uma proposta pedagógica desenvolvida como trabalho de conclusão do curso do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) na Universidade de Brasília (UnB).

Seu desenvolvimento, que também contou com a contribuição de estudantes, ocorreu durante o segundo semestre de 2014 e o primeiro semestre de 2015, a partir de intervenções feitas em turmas de EJA do Instituto Federal do Tocantins, na cidade de Palmas.

Durante a construção desse Manual Didático houve uma constante preocupação de contextualizar os conteúdos abordados relacionando-os com fatos presentes na vida dos estudantes. Mostrar que esses conhecimentos estão presentes na rotina diária dos estudantes é parte de seu objetivo.

Este Manual Didático está dividido em nove tópicos, sendo o primeiro introdutório, que abordam fenômenos relacionados com luz. Entre os vários conteúdos abordados estão: a reflexão da luz; espelhos planos e esféricos e suas aplicações; lentes esféricas e suas aplicações; e alguns defeitos da visão humana e suas respectivas correções por meio de lentes esféricas.

Acreditamos, com isto, contribuir para sua formação.

Bons estudos.

O autor.

Sumário

1 Fenômenos Ópticos	67
2 A Luz e os Objetos	67
3 Reflexão da Luz	73
Lei da Reflexão	76
4 As Cores dos Objetos	79
Cores Primárias	82
As cores e a Natureza	83
5 Espelhos Planos.....	86
Imagem Formada por Espelhos Planos.....	86
Campo Visual de um Espelho Plano.....	88
Associação de Dois Espelhos Planos.....	88
6 Espelhos Esféricos e Aplicações.....	92
Comportamento da Luz ao Incidir em um Espelho Esférico	93
Algumas Imagens Formadas por Espelhos Esféricos	94
Algumas Aplicações dos Espelhos Esféricos	95
7 Refração da Luz	100
O fenômeno da Refração	102
Dispersão da Luz.....	105
8 Lentes Esféricas.....	109
Imagens Formadas por Lentes Esféricas	112
Algumas Aplicações das Lentes Esféricas.....	113
9 O Olho Humano	116
Problemas da Visão.....	118
Bibliografia Consultada.....	123
Créditos das Fotos e Ilustrações.....	124

1 Fenômenos Ópticos

Você já se perguntou por que conseguimos enxergar os objetos? Por que eles possuem cores diferentes? Por que enxergamos nossa imagem em um espelho? Por que, às vezes, precisamos usar óculos? As respostas para essas perguntas estão relacionadas com a luz.

Fenômenos que estão relacionados com a luz são chamados de **fenômenos ópticos**. São comuns em nosso dia-a-dia. A reflexão da luz, a formação de um arco-íris e a formação de imagens por espelhos e lentes, são exemplos desse tipo de fenômeno.

Ao longo desse módulo iremos estudar alguns conceitos que nos possibilitam compreender como esses fenômenos acontecem e também como o conhecimento relacionado com os mesmos estão presentes no nosso dia-a-dia.

2 A Luz e os Objetos

Você já percebeu que a luz é capaz de atravessar alguns materiais? Isto pode ser observado quando enxergamos a luz emitida por uma lâmpada na rua (figura 1). A luz emitida pela lâmpada se propaga através do ar.

A luz também pode percorrer o espaço vazio (vácuo). É por isto que conseguimos ver as estrelas. A luz emitida pelo Sol também passa por uma região de vácuo até chegar à Terra.

Observamos também, que a luz pode atravessar um vidro limpo e de superfície lisa, sem sofrer alterações. Os materiais que podem ser atravessados pela luz são chamados de **meios transparentes**.

Mas nem todo material é transparente. Se você olhar através de alguns vidros, garrafas e alguns tipos de papeis, notará que os objetos que estão do outro lado parecem deformados. Isto ocorre devido ao formato desses corpos. Vidros de janelas, por exemplo, podem ser cancelados. São vidros que não possuem sua superfície lisa. Os vidros



Figura 1: O ar é um meio transparente.



canelados, por exemplo, possuem a superfície ondulada. Materiais desse tipo são chamados de **meios translúcidos**.

A figura 2 mostra uma parede formada por vidros translúcidos. Observe que é impossível identificar os objetos que estão do outro lado do vidro. Os materiais translúcidos deixam passar a luz, mas antes eles provocam o espalhamento dos raios de luz, impedindo que os mesmos se propaguem de forma ordenada, ou seja, em linha reta.

No entanto, a maioria dos materiais que estão à nossa volta não são transparentes nem translúcidos. Ao contrário, quando iluminados, formam sombras. Podemos citar como exemplos, um edifício, uma pedra, uma montanha ou nosso corpo (figura 3). Isto ocorre por que esses materiais bloqueiam a passagem da luz.

Os materiais que bloqueiam a passagem da luz são chamados de **meios opacos**.

Existem materiais que tem a capacidade de absorver parte da luz que incide sobre sua superfície. São exemplos desse tipo de materiais os filmes fotográficos, os corpos de cor escura e as folhas das plantas (figura 4). Esses materiais são chamados **meios absorvedores de luz**.

A absorção de luz solar que ocorre nas folhas das plantas é responsável pela produção de substâncias essenciais para a sobrevivência das mesmas.

Apesar de a luz ser capaz de interagir com muitos materiais, ela não interage com ela mesma. Isto pode ser observado fazendo com que a luz produzida por duas lanternas se cruzem. A luz emitida por uma lanterna não sofre alteração, ou seja, não muda a sua cor, após cruzar com a luz emitida pela outra lanterna.



Figura 2: Meio translúcido.



Figura 3: Meio opaco.



Figura 4: Meio absorvedor de luz.



Essa propriedade que a luz possui de não interagir com ela mesma é conhecida como **princípio de independência da luz**.

A figura 5 mostra um raio de luz *laser* (lê-se: lêizer) propagando-se em linha reta. Em geral, a luz caminha em linha reta. Essa propriedade é conhecida como **princípio da propagação retilínea (em linha reta) da luz**.

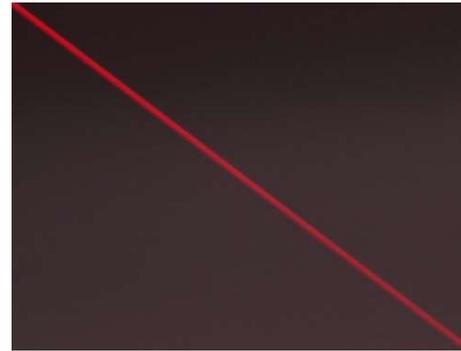


Figura 5: Raio *laser* se propagando em linha reta.

É devido ao fato de a luz se propagar em linha reta que ocorre a formação de **sombras**. A formação da sombra ocorre quando a luz é bloqueada por um corpo opaco. Atrás desse corpo tem-se a região de sombra, pois os corpos opacos impedem à passagem da luz.

A Terra e a Lua projetam sombras, pois são iluminados pelo Sol. Quando a sombra de um astro, planeta ou satélite natural, por exemplo, é projetada sobre outro, ocorre um eclipse. Os eclipses são fenômenos naturais que mostram que a luz se propaga em linha reta.

A sombra, geralmente possui duas partes, que são chamadas de umbra e penumbra. A **umbra** é a região mais escura e fica na parte central da sombra. Nessa região não há incidência de luz. Já a **penumbra**, é a região menos escura da sombra. Nesta região há incidência de apenas parte da luz emitida pela fonte, pois a outra parte foi bloqueada pelo objeto.

A figura 6 mostra a sombra de um objeto projetada em uma parede. A região mais escura, ao centro, é a umbra. Nas bordas, a região menos escura, observamos a penumbra.



Figura 6: Sombra de um objeto projetada em uma parede.



Os corpos que emitem luz são chamados de **fontes de luz**. As fontes de luz são classificadas como fontes de luz primárias e fontes de luz secundárias.

Os corpos que tem a capacidade de emitir luz própria são chamados de **corpos luminosos** ou **fontes de luz primárias**. O Sol, a chama de uma vela, uma barra de ferro aquecida ou o filamento de uma lâmpada incandescente acesa, são exemplos de fonte de luz primária.

As fontes de luz primárias podem ser vistas em um ambiente completamente escuro. Na figura 7, são mostrados exemplos de corpos luminosos.

Os corpos que tem a capacidade de devolver parte da luz que incide em sua superfície são chamados de **corpos iluminados** ou **fontes de luz secundárias**. A Lua, os planetas e a maioria dos objetos que estão à nossa volta, como uma cadeira ou piso da sala, por exemplo, são fontes de luz secundárias. A figura 8, mostra exemplos de corpos iluminados.



Figura 7: Fontes de luz primária.



Figura 8: Corpos iluminados.



CONCEITOS

Meios transparentes: são materiais através dos quais a luz se propaga em linha reta.

Meios translúcidos: são materiais que não deixam passar a luz de forma ordenada, ou seja, materiais que ao serem atravessados pela luz provocam o espalhamento de seus raios.

Meios opacos: são materiais que bloqueiam completamente a passagem da luz, não permitindo que a mesma o atravesse.

Meios absorvedores de luz: são materiais que têm a capacidade de absorver parte da luz que incide em sua superfície.

Princípio da independência da luz: afirma que a luz não interage com ela mesma. Um raio de luz após cruzar com outro não sofre alteração em sua trajetória e nem em sua coloração; são completamente independentes.

Princípio da propagação retilínea da luz: afirma que a luz, em determinados meios, se propaga em linha reta.

Sombra: região com ausência de luz. Se forma quando a luz é bloqueada por um corpo opaco. A formação da sombra só é possível porque, em geral, a luz se propaga em linha reta.

Fontes de luz primárias: são corpos que têm a capacidade de emitir luz própria.

Fonte de luz secundárias: são corpos que não possuem luz própria, apenas refletem parte da luz que incide em sua superfície.



Perguntas

1. Identifique as fontes de luz primárias que existem em sua casa.
 2. Entre os corpos citados abaixo, identifique quais são fontes de luz primária e secundária:
 - a) vela apagada
 - b) Sol
 - c) Lua
 - d) estrelas
 - e) lâmpada apagada
 - f) lâmpada acesa
 - g) uma barra de ferro aquecida ao rubro (vermelho)
 - h) madeira queimando
 - i) tela de uma TV ligada
 3. Por que não enxergamos com nitidez os objetos que estão atrás de um material translúcido, como o vidro da figura 2, por exemplo?
 4. Cite pelo menos uma propriedade da luz.
 5. Por que os eclipses são provas de que a luz se propaga em linha reta?
 6. O que são meios opacos? Cite três exemplos.
 7. Por que os corpos opacos formam sombras quando são iluminados?
 8. (Fuvest-SP) Admita que o Sol subitamente “morresse”, ou seja, sua luz deixasse de ser emitida. Vinte e quatro horas após, um eventual sobrevivente, olhando para o céu, sem nuvens, veria:
 - a) a Lua e as estrelas.
 - b) somente a Lua.
 - c) somente estrelas.
 - d) uma completa escuridão.
 - e) somente os planetas do sistema solar.Observação: a luz, emitida pelo Sol, leva aproximadamente 8 minutos para chegar à Terra.
 9. (UEL) Considere as seguintes afirmativas:
 - i. A água pura é um meio transparente.
 - ii. O vidro fosco é um meio opaco.
 - iii. O ar é um meio transparente.Sobre as afirmativas acima, assinale a alternativa correta.
 - a) Apenas a afirmativa i é verdadeira.
 - b) Apenas a afirmativa ii é verdadeira.
 - c) Apenas a afirmativa iii é verdadeira.
 - d) Apenas as afirmativas i e a iii são verdadeiras.
 - e) Apenas as afirmativas ii e a iii são verdadeiras.
-



3 Reflexão da Luz

A maioria dos objetos que estão a nossa volta não emite luz. Por que, então, conseguimos enxergá-los?

Para os gregos antigos, a visão era explicada pela emissão de raios de luz projetados pelos olhos. Esses raios, ao incidirem nas coisas, refletiam de volta para os olhos trazendo informações que seriam interpretadas pelo cérebro.

Quando um objeto, como uma cadeira, por exemplo, é iluminado por uma fonte de luz, parte da luz que incide em sua superfície é refletida. Assim, a reflexão da luz ocorre quando ela incide na superfície de um objeto e retorna para o meio de onde veio. Na figura 9 todos os objetos que vemos estão refletindo parte da luz que recebem do Sol.



Figura 9: Todos os objetos que enxergamos refletem parte da luz que recebem.

Você consegue enxergar as páginas deste texto porque a luz emitida por uma fonte de luz, como o Sol ou uma lâmpada, por exemplo, é refletida, e parte dela é direcionada para seus olhos.

A reflexão da luz pode acontecer de duas formas diferentes: difusa, também chamada de irregular; e regular. O tipo de reflexão está relacionado com a superfície do objeto no qual a luz incide.

A **reflexão difusa** ocorre quando a luz incide em uma superfície rugosa ou granular, como na superfície de uma parede, por exemplo.



Assim, quando a luz incide em uma superfície rugosa ela é refletida de forma difusa, ou seja, se espalhando para várias direções diferentes.

A figura 10 ilustra a luz emitida por uma lanterna, representada pelas setas, incidindo em uma superfície rugosa e refletindo de forma difusa.

A maioria dos objetos que nos cercam possuem superfícies rugosas (figura 11), proporcionando a reflexão da luz de forma difusa. Devido esse tipo de reflexão, conseguimos enxergar quase todos os objetos. Isto ocorre porque parte da luz refletida é direcionada para nossos olhos.

A reflexão difusa também possibilita enxergarmos um mesmo objeto, quando iluminado, de vários ângulos diferentes. Na figura 12, a luz emitida pela lâmpada é refletida na superfície rugosa das folhas do livro e direcionada para os dois observadores posicionados em locais diferentes.

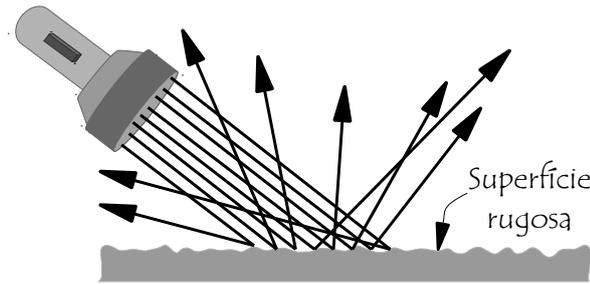


Figura 10: Reflexão da luz em uma superfície rugosa.



Figura 11: A maioria dos corpos possuem superfície rugosa proporcionando a reflexão difusa da luz.



Figura 12: Objeto sendo visto de ângulos diferentes devido à reflexão difusa da luz.



A superfície das folhas de um livro parece lisa, mas quando observadas em visão ampliada, por meio de um microscópio, é possível notar que são irregulares, desta forma, também reflete a luz de forma difusa.

A reflexão difusa também ocorre na atmosfera terrestre. A luz solar ao incidir na atmosfera é espalhada em todas as direções. Isto explica porque o céu é claro durante o dia (figura 13). Se não existisse atmosfera, mesmo durante o dia, o céu seria completamente escuro. A Lua não possui atmosfera, assim, o céu visto de lá é completamente escuro.



Figura 13: A reflexão difusa também ocorre na atmosfera terrestre.

A **reflexão regular** ocorre quando a luz incide em uma superfície polida, como a de um espelho, por exemplo. Nesse tipo de reflexão, os raios de luz refletidos se propagam em uma única direção, que vai depender apenas da forma da superfície. Assim, se os raios de luz incidentes forem paralelos, os raios de luz refletidos em uma superfície polida também serão.

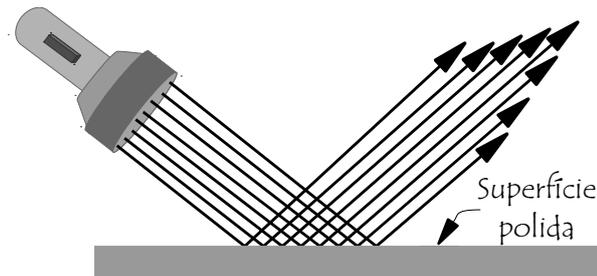


Figura 14: Reflexão da luz em uma superfície polida.

A figura 14 ilustra a luz emitida por uma lanterna, representada pelas setas; incidindo em uma superfície polida (lisa).

Uma superfície é dita polida quando suas irregularidades são muito pequenas, pois não há, de fato, uma superfície completamente polida. As superfícies metálicas



Figura 15: A luz solar refletindo de forma regular em uma superfície polida.



cromadas, revestidas com cromo; ou niqueladas, revestidas com níquel; são polidas o suficiente para refletirem a luz de forma regular.

Nos espelhos, a luz também é refletida por uma superfície metálica polida. Os espelhos são formados por uma placa de vidro, polida e transparente, com um de seus lados revestido por uma fina camada metálica. É na superfície desta fina camada metálica que a luz sofre reflexão regular.

Lei da Reflexão

A figura 16 representa um raio de luz incidindo e refletindo em um espelho. Observa-se que o ângulo formado entre o raio de luz incidente e o espelho, é também igual ao ângulo formado entre o raio de luz refletido e o espelho.

No entanto, não se usa medir os ângulos formados entre os raios de luz e o espelho. Eles são medidos a partir de uma reta imaginária perpendicular à superfície do espelho, chamada de **reta normal**. Esses ângulos são chamados ângulo de incidência e ângulo de reflexão, e são sempre iguais.

Esse fenômeno é conhecido como **lei da reflexão**. Esta lei diz que **o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão**.

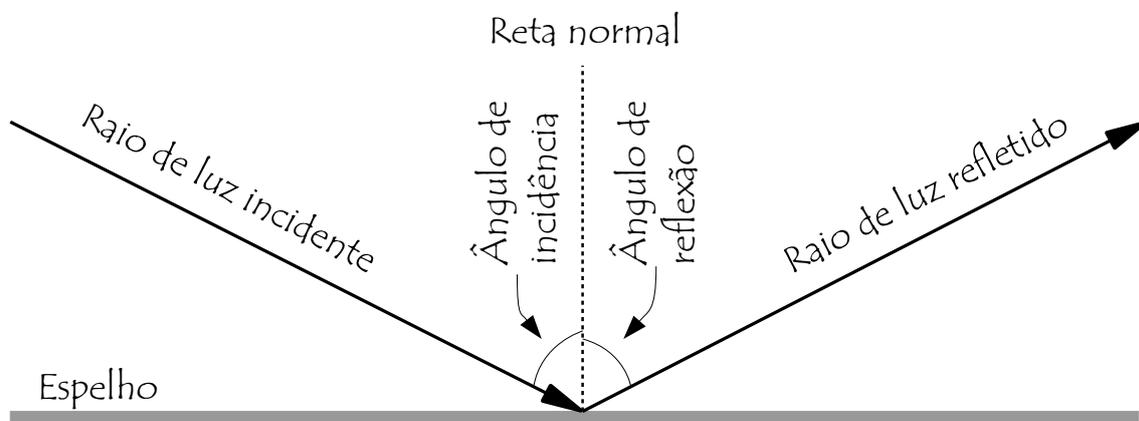


Figura 16: Lei da reflexão.

Para entender melhor a lei da reflexão observe as imagens seguintes. A figura 17 mostra um raio de luz *laser* incidindo e em seguida refletindo em um espelho plano. A reta no centro da foto, é a reta normal. Observe que o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão, ou seja, ambos medem 30° .

A Figura 18 mostra uma situação semelhante, porém com ângulos diferentes. Qual é, então, o valor do ângulo de incidência e do ângulo de reflexão nesta figura?



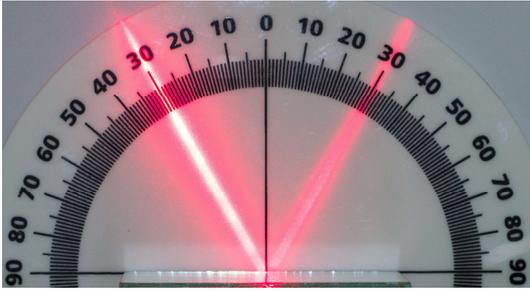


Figura 17

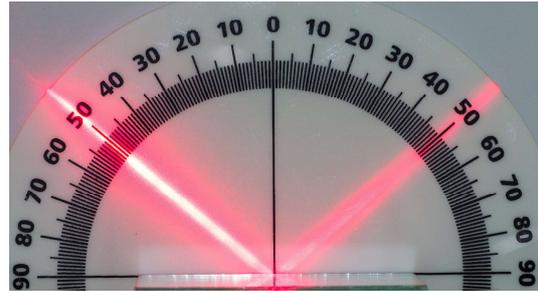


Figura 18

A figura 19 mostra que os ângulos de incidência e de reflexão medem zero. Neste caso, tanto o raio incidente quanto o raio refletido, percorrem o mesmo caminho, mas com sentidos opostos.

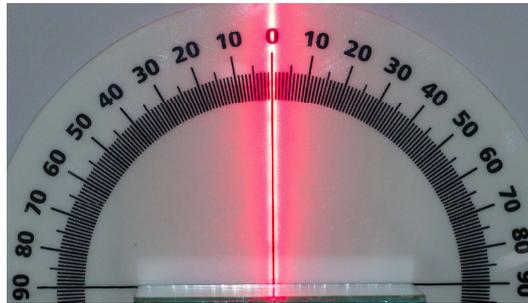


Figura 19

CONCEITOS

Reflexão da luz: ocorre quando a luz incide na superfície de um objeto e retorna para o meio de onde veio. A reflexão da luz pode ocorrer de forma regular ou difusa.

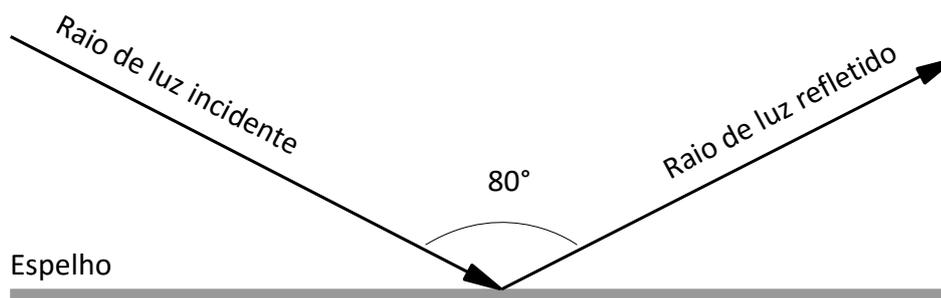
Reflexão regular: ocorre quando a luz incide em uma superfície polida, como a de um espelho, por exemplo. Nesse tipo de reflexão os raios de luz refletidos se propagam em uma única direção que só depende da forma da superfície.

Reflexão difusa: ocorre quando a luz incide em uma superfície rugosa. Nesse tipo de reflexão os raios de luz refletidos são espalhados em todas as direções.



Perguntas

1. Por que conseguimos enxergar os objetos?
2. Qual a diferença entre a reflexão difusa e a reflexão regular da luz?
3. Cite pelo menos três exemplos de corpos ou superfícies nas quais ocorrem reflexão regular da luz.
4. Qual a principal característica de uma superfície para que nela ocorra reflexão regular?
5. O que diz a lei da reflexão?
6. A ilustração abaixo representa a reflexão de um raio luminoso em um espelho plano:



- Observando a ilustração, determine:
- a) o ângulo de incidência da luz;
 - b) o ângulo de reflexão da luz;
 - c) o ângulo formado entre o raio incidente e o espelho.
7. Um jarro pintado de cor clara pode ser visto de qualquer posição do interior de uma sala devidamente iluminada. Isso ocorre porque:
 - a) o jarro difunde grande parte da luz que recebe.
 - b) o jarro absorve a luz que recebe.
 - c) o jarro é um bom emissor de luz.
 - d) nenhuma das alternativas anteriores explica o fato.
 8. (Faap-SP) Um quadro, coberto com uma placa de vidro plano, não pode ser visto tão nitidamente quanto outro não coberto, porque o vidro:
 - a) é opaco.
 - b) é transparente.
 - c) não reflete a luz.
 - d) reflete parte da luz.
 - e) é uma fonte luminosa.



4 As Cores dos Objetos

Você já se perguntou por que percebemos as cores dos objetos? Para responder essa pergunta precisamos saber um pouco mais sobre a natureza da luz.

Você já sabe que só é possível enxergar um objeto se ele estiver sendo iluminado por uma fonte de luz ou se ele emitir luz própria. Sem uma fonte de luz nada poderia ser visto. Tudo ficaria absolutamente escuro. As cores também estão relacionadas com a luz.

A luz emitida por uma fonte como o Sol ou uma lâmpada fluorescente, por exemplo, é formada por um conjunto de várias cores misturadas, e é chamada de luz branca.

A luz branca, considerada ideal, é na verdade, uma mistura de infinitas cores. Mas como não temos infinitos nomes para elas, nos contentamos em destacar sete: vermelho, alaranjado, amarelo, verde, azul, anil e violeta. Essas cores são observadas na formação de um arco-íris, por exemplo. Esse conjunto de infinitas cores que forma a luz branca é chamado de **espectro visível**.

Esse fenômeno foi observado pela primeira vez por Isaac Newton. Ele demonstrou que quando a luz branca atravessava um prisma de vidro, se dividia em várias cores (figura 20). Mais adiante, abordaremos esse fenômeno mais detalhadamente.

A luz formada pela mistura de duas ou mais cores é chamada de **luz policromática**. O Sol ou uma lâmpada fluorescente, por exemplo, são fontes de luz policromática. Já a luz formada por apenas uma única cor é chamada de **luz monocromática**. A luz de um *laser*, por exemplo, é monocromática (figura 5).

Já estudamos que parte da luz que atinge a superfície de um objeto sofre reflexão. Essa reflexão está relacionada com a superfície do objeto ou com a tinta que o reveste. Esse fato explica porque os corpos apresentam cores diferentes.

Dessa forma, se um objeto

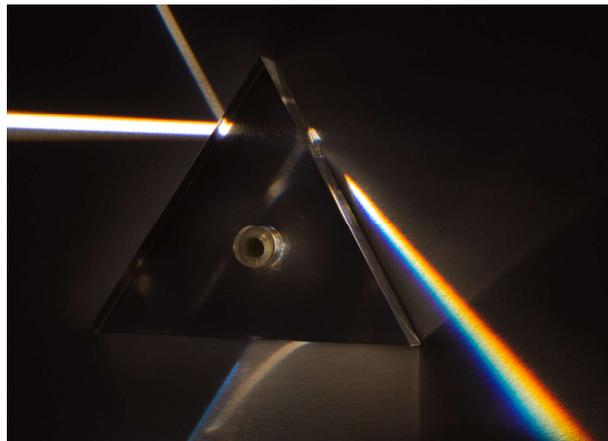


Figura 20: A luz branca tem suas cores separadas ao atravessar um prisma de vidro.



apresenta a cor verde quando iluminado com luz branca, é porque absorve todas as outras cores, refletindo apenas a luz de cor verde (figura 21). Da mesma forma ocorre com um objeto de cor vermelha, pois ao ser iluminado com luz branca, ele absorve luz de todas as outras cores, refletindo apenas a luz de cor vermelha.

Assim, podemos observar que a cor de um objeto é dada pela cor da luz refletida em sua superfície.

Mas o que significa a cor branca e a cor preta?

Um objeto apresenta cor branca quando é capaz de refletir luz de todas as cores. Assim, para ser visto na cor branca, ele deve ser iluminado com luz branca e ser capaz de refletir, praticamente, toda essa luz que incide em sua superfície (figura 22). Assim, podemos afirmar que a cor branca não existe, é a sensação visual que temos quando observamos todas as cores “misturadas”.

Já a cor preta, ocorre quando há absorção de luz de todas as cores, não havendo, portanto, reflexão (figura 23). Nesse caso, enxergamos o objeto na cor preta.

Falamos das cores dos objetos apenas quando iluminados com luz



Figura 21: Todas as outras cores são absorvidas pela fruta, apenas o verde é refletido.

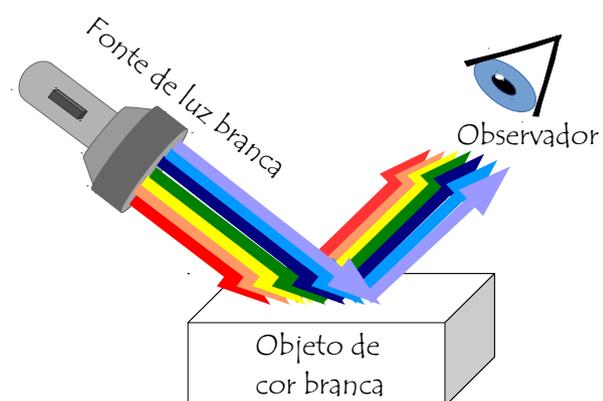


Figura 22: O objeto é visto na cor branca, pois ao ser iluminado com luz branca, reflete todas as cores.

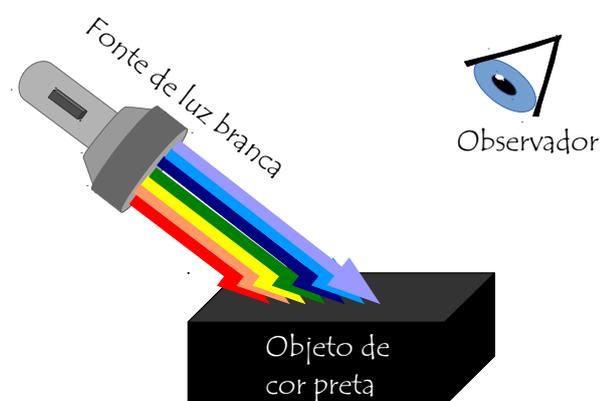


Figura 23: O objeto é visto na cor preta, pois absorve todas as cores.



policromática branca. Esse tipo de luz é a mais comum em nosso meio, já que as principais fontes de iluminação que temos, como o Sol e as lâmpadas elétricas, emitem luz branca.

Mas com ficaria a cor de um corpo se ele fosse iluminado com uma fonte de luz monocromática, ou seja, com luz de uma única cor?

A cor de um objeto não luminoso está relacionada com a cor da luz refletida em sua superfície.

Um objeto que é visto branco sob a luz do Sol, será visto vermelho, se iluminado somente com luz monocromática vermelha (figura 24). Isso ocorre porque ele reflete luz de todas as cores, inclusive de cor vermelha. Nesse caso irá refletir apenas o vermelho, pois é a única cor de luz que incide em sua superfície.

Já um objeto, que sob a luz do Sol é visto na cor azul, se iluminado com luz de cor diferente do azul, será visto preto (figura 25). Isso ocorre porque ele reflete apenas a luz de cor azul, absorvendo todas as outras cores. Assim, para ele ser visto na cor azul, é necessário que o mesmo seja iluminado com luz monocromática dessa mesma cor.

Um objeto que é visto preto sob a luz do Sol, terá sempre essa mesma cor independente da cor da luz que o ilumina. Isso ocorre porque ele tem a capacidade de absorver luz de todas as cores.

Desta forma, podemos observar que a cor de um corpo depende da cor da luz que o ilumina e da cor da luz que sua superfície é capaz de refletir.

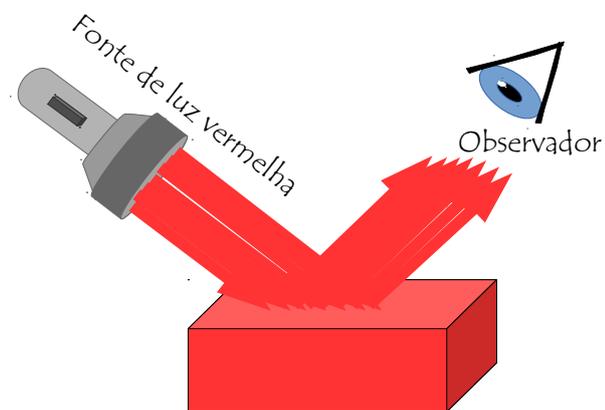


Figura 24: Um objeto que é visto na cor branca sob a luz solar, será visto na cor vermelha se iluminado com luz monocromática de cor vermelha.

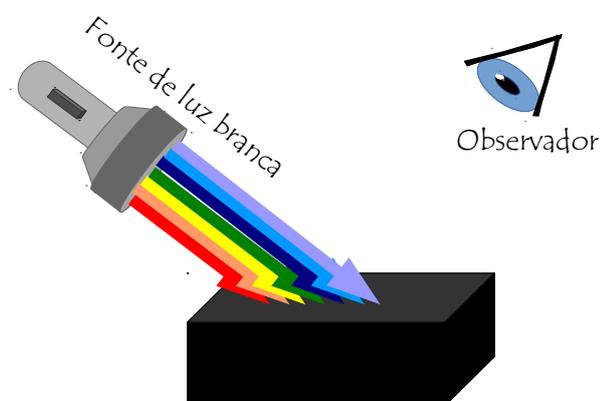


Figura 25: Um objeto que sob luz solar é visto azul, será visto na cor preta se iluminado com qualquer cor diferente do azul.



Cores Primárias

Todas as cores do espectro visível, podem ser substituídas por apenas três, chamadas de **cores primárias**. São elas: vermelha, verde e azul (figura 26). Essas cores são representadas pela sigla **RGB**, do inglês: *Red, Green, Blue*.

Qualquer cor de luz pode ser obtida a partir da combinação, em proporções adequadas, entre as cores primárias. Se um corpo de superfície branca for iluminado com as três cores primárias sobrepostas de mesma intensidade, por exemplo, será visto na cor branca, ou seja, misturando as três cores primárias tem-se a cor branca.

A junção do azul com vermelho resulta na cor magenta (parecida com a cor rosa); vermelho com verde, em amarelo; e verde com azul, em ciano (parecida com a cor azul claro) (figura 26). As cores oriundas da mistura entre as cores primárias, são chamadas de **cores secundárias**.

Nas telas dos televisores e monitores de computadores existem pequenos pontos que emitem luz nas cores vermelha, verde e azul - RGB (figura 27). Dependendo da proporção com que cada uma das três cores é emitida, temos a sensação de vermos as mais variadas cores.

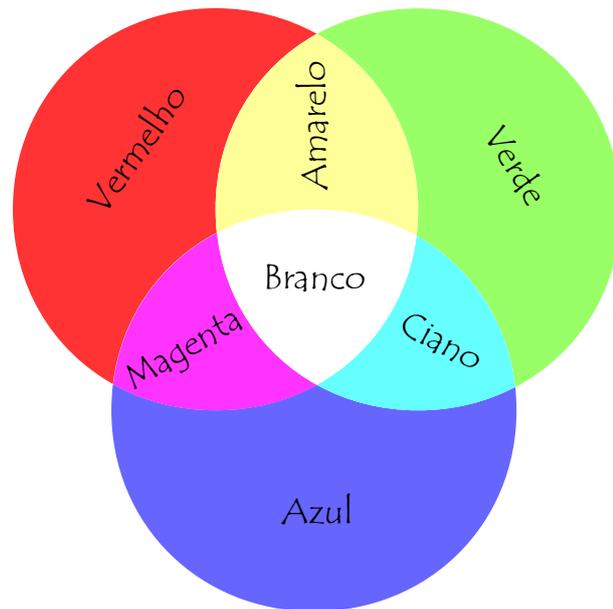


Figura 26: Cores primárias e secundárias.

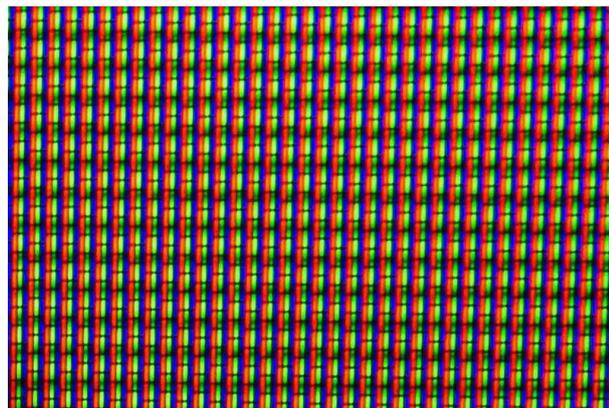


Figura 27: Tela de TV em visão ampliada.



As cores e a Natureza

As cores existentes na natureza são o resultado do processo de evolução das espécies.

Para se proteger dos predadores, muitos animais camuflam-se. A **camuflagem** consiste na interação entre o indivíduo que se camufla e seu habitat.

Um tipo de camuflagem consiste na alteração das cores do indivíduo de acordo com o ambiente em que vive. Com cores semelhantes às do seu meio, o indivíduo fica mais difícil de ser visto pelos seus predadores.

A camuflagem também dificulta a percepção do predador por sua presa, facilitando assim, a captura da mesma.

O iguana (figura 28) é um exemplo de camuflagem, seu corpo possui cores semelhantes às folhas e galhos das árvores de seu habitat. A coruja também se camufla ao apresentar coloração parecida com os trocos das árvores onde habita (figura 29).

Já outros animais possuem cores de tons bege, cinza ou marrom, parecidas com as cores da terra ou das pedras onde vivem. Esse comportamento é comum em fêmeas e filhotes. Essas cores tem o objetivo de facilitar a camuflarem e tornar o indivíduo mais difícil de ser encontrado por predadores, por exemplo.

Existem animais que apresentam cores fortes com o objetivo de “sinalizar perigo”. Informar para seus predadores que eles não servem de alimento, podem ser venenosos ou que tem um sabor desagradável. Entre as cores apresentadas nesse comportamento estão: o vermelho, o verde, o azul, o amarelo e o preto junto com o branco. As joaninhas e algumas borboletas apresentam cores vermelha, preta e amarela para indicar algum tipo de “perigo”.



Figura 28: As cores dos iguanas se assemelham às cores de seu ambiente natural.



Figura 29: A coloração das penas das corujas é semelhante aos galhos de árvores.



CONCEITOS

Espectro visível: é o conjunto formado pelas ondas eletromagnéticas que são capazes de sensibilizar a visão humana. Essas ondas (cores) são aquelas que compõem a luz branca, ou seja, todas as cores.

Luz policromática: luz formada pela mistura de duas ou mais cores diferentes.

Luz monocromática: luz formada por uma única uma única cor.

Cores primárias: conjunto formado por três cores diferentes que, misturadas entre si, em proporções variáveis, podem reproduzir a sensação visual de todas as cores do espectro visível. Essas cores são geralmente o vermelho, o verde e o azul, quando se trata de luz. Quando se utiliza pigmentos, como tintas, as cores primárias são o vermelho, o amarelo e o azul.



Perguntas

1. Um corpo é visto na cor verde quando iluminado por luz branca. Se esse corpo for iluminado por uma luz de outra cor que não seja verde nem branca, de que cor ele será visto?
 2. Um corpo absorve todas as cores da luz solar, exceto o azul. Em que cor veremos esse corpo num ambiente iluminado:
 - a) somente com luz monocromática vermelha?
 - b) somente com luz monocromática azul?
 - c) pela luz do Sol?
 3. A bandeira do Brasil quando iluminada com luz branca apresenta as cores verde, amarela, azul e branca. Quais cores seriam vistas se ela fosse iluminada por uma única fonte de luz monocromática de cor azul?
 4. Sabe-se que as telas dos televisores e monitores de computadores são formadas por pequenos pontos que emitem luz nas cores vermelho, verde e azul (cores primárias). Por que, então, é possível ver cores diferentes das primárias nas telas desses aparelhos?
 5. Antigamente era comum iluminar as carnes expostas nos balcões dos açougues com luz vermelha. Atualmente essa prática é proibida. Você pode explicar por quê?
 6. Como algumas espécies de animais usam as cores para se proteger de seus predadores? Cite exemplos.
 7. (UFMG) Um rapaz usa uma camiseta que, exposta à luz do Sol, se apresenta totalmente verde com a palavra PUCPR gravada no peito com letras azuis. O rapaz entra então numa sala iluminada por luz monocromática azul. Certamente:
 - a) a camiseta parecerá preta e a palavra gravada se apresentará na cor azul.
 - b) a camiseta e a palavra se apresentarão com as mesmas cores vistas à luz do sol.
 - c) a camiseta e a palavra gravada no peito se apresentarão na cor azul.
 - d) a camiseta se apresentará azul, mas as letras da palavra gravada desaparecerão.
 - e) tanto a camiseta quanto a palavra gravada ficarão com a cor negra.
 8. (ENEM) O centenário da imigração japonesa foi comemorado no Brasil no ano de 2008. Diversos eventos e festividades se espalham pelo país, e em um deles uma bandeira japonesa foi colocada em uma sala, que foi iluminada por uma luz monocromática amarela. O público presente na sala observou nesse instante que essa bandeira tinha as cores:
 - a) branca e vermelha.
 - b) branca e amarela.
 - c) amarela e preta.
 - d) amarela e vermelha.
 - e) toda amarela.
-



5 Espelhos Planos

Acredita-se que os espelhos foram inventados pelos sumérios e egípcios por volta de 5 mil anos atrás. Usando areia, faziam o polimento de alguns metais, construindo espelhos rudimentares que não permitiam formar imagens nítidas.

No Egito, foram encontrados espelhos feitos de cobre, fabricados há cerca de 5 mil anos. O livro de Êxodo, da Bíblia, faz referência a espelhos de mão feitos de bronze por volta do século XV a.C.

Com o passar de muitos séculos, e o avanço científico, foi possível construir espelhos com maior qualidade. Na metade do século XIII artesãos italianos já revestiam placas de vidro com uma fina camada metálica. Na época, o brilho que estas peças produziam causava admiração a tal ponto de serem valorizadas como obras de arte.

Os processos de fabricação de espelhos utilizados atualmente foram desenvolvidos em 1835, na Alemanha, pelo químico Justus von Liebig. Ele descobriu uma forma de fixar uma fina camada de solução de prata sobre placas de vidro polidas.

Esse processo é feito da seguinte forma: utiliza-se uma placa de vidro polida e uma solução de prata. Por meio de um jato, essa solução é aplicada em uma das faces da placa de vidro. Uma reação química ocorre entre a solução e o vidro, fazendo com que o nitrato de prata seja fixado no vidro, formando assim, uma película metálica polida que possibilita a reflexão regular da luz. Por último, uma substância protetora é aplicada para proteger a película metálica.

Os **espelhos planos** são superfícies polidas e planas onde a reflexão da luz ocorre de maneira regular.

Imagem Formada por Espelhos Planos

Você já se perguntou como a imagem de um objeto é formada em um espelho?

Quando um objeto é colocado em frente a um espelho, parte da luz refletida por cada ponto do objeto incide no espelho e é refletida, obedecendo a lei da reflexão. Se os raios de luz refletidos de cada ponto do objeto forem prolongados para dentro do espelho, se encontrarão em um único ponto. É nesse ponto que o observador enxerga a imagem do objeto formada no espelho.

Quando observamos a imagem de um objeto formada em um espelho, temos a sensação de que os raios de luz estão vindo de dentro do espelho e não do objeto que está



na frente dele (figura 30).

Devido à simetria apresentada entre um objeto e sua imagem formada em um espelho plano, verifica-se que a imagem formada de um objeto por um espelho plano apresenta as seguintes características:

- possui sempre o mesmo tamanho do objeto. Isto significa que a sua imagem formada em um espelho plano, por exemplo, tem exatamente o mesmo tamanho do seu corpo;
- a distância entre o objeto e o espelho é igual a distância entre a imagem e o espelho. Por exemplo: se você está em frente a um espelho e distante um metro dele, sua imagem também estará distante um metro do espelho. Veja a imagem do gato na figura 31;
- a imagem é normal em relação ao objeto. Significa dizer que a imagem formada pelo espelho não fica de cabeça para baixo em relação ao objeto;
- tem a mesma forma e tamanho do objeto, mas não se sobrepõe a ele. O objeto e a imagem são simétricos em relação ao plano do espelho;
- é virtual. A imagem se forma atrás do espelho e não pode ser projetada em uma tela ou parede, por exemplo.

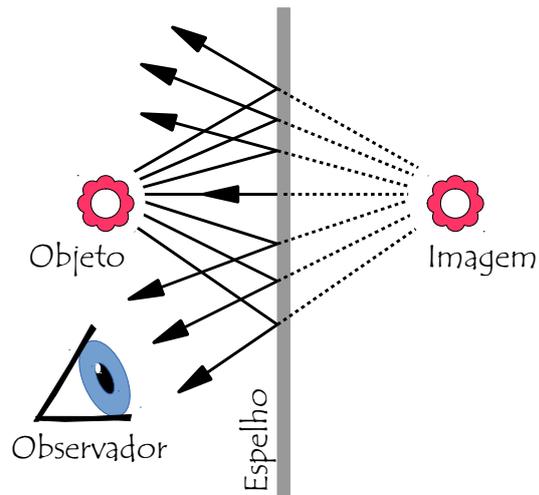


Figura 30: Imagem de um objeto formada em um espelho plano.



Figura 31: A distância entre o gato e o espelho é igual a distância entre sua imagem e espelho.



Campo Visual de um Espelho Plano

Campo visual é a região que um observador consegue ver por meio da imagem formada em um espelho (figura 32).

Para entender melhor, imagine a seguinte situação: se você colocar um espelho plano em sua frente, irá observar a imagem dos objetos que estão aproximadamente atrás de você. Se você movimentar o espelho, a imagem de alguns objetos deixará de ser vista no espelho, enquanto a imagem de outros irá surgir. Essa região que você observou através do espelho é o campo visual dele, nesse caso, do espelho plano.



Figura 32: Os objetos que podem ser vistos através do espelho estão no seu campo visual.

Associação de Dois Espelhos Planos

A imagem de um objeto em um espelho pode ser usada como “objeto” para outro espelho. Considere a seguinte situação: dois espelhos planos podem ser dispostos de tal forma que as suas superfícies refletoras formem um ângulo entre si. Se um objeto for colado entre os espelhos, devido as diversas reflexões que ocorrem, várias imagens serão observadas nos dois espelhos (figura 33).

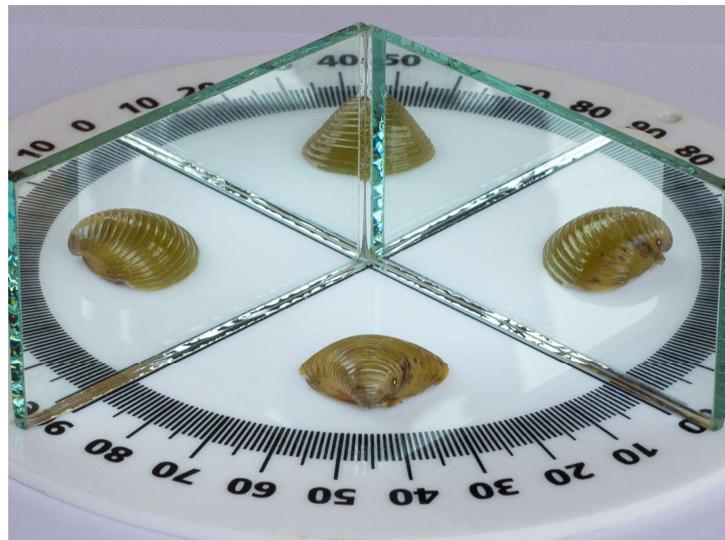


Figura 33: Associação de dois espelhos planos formando um ângulo de 90° .

A quantidade de imagens formada pela associação de dois espelhos planos pode ser calculada da seguinte forma:



$$\left(\begin{array}{l} \text{quantidade} \\ \text{de imagens} \end{array} \right) = \left(\frac{360^\circ}{\text{ângulo entre os espelhos}} \right) - 1$$

Para simplificar a expressão acima, representamos a quantidade de imagem por N e o ângulo entre os espelhos por α (letra grega alfa). Assim, fica

$$N = \left(\frac{360^\circ}{\alpha} \right) - 1$$

Com essa expressão matemática é possível calcular o número de imagens formadas pela associação de dois espelhos planos. Vamos usá-la para calcular o número de imagens observadas na Figura 33. Os espelhos formam entre si um ângulo de 90° , assim $\alpha = 90^\circ$. Substituindo α pelo seu valor (90°) na expressão, temos:

$$N = \left(\frac{360^\circ}{90^\circ} \right) - 1$$

360° dividido por 90° é igual a 4. Assim:

$N = 4 - 1$, que resulta em:

$$N = 3 \text{ imagens}$$

Assim, para um ângulo de 90° formado entre dois espelhos planos, serão observadas três imagens, como mostra a Figura 33.

CONCEITOS

Espelho: superfície extremamente polida capaz de refletir a luz que incide sobre ela. Os espelhos são classificados de acordo com a geometria de sua superfície refletora, podendo ser planos, esféricos ou parabólicos.

Campo visual de um espelho: região que pode ser vista por meio da imagem formada por um espelho.



Atividade Prática: observando o número de imagens formadas pela associação de dois espelhos planos.

Para essa atividade serão necessários dois espelhos planos pequenos e um transferidor, representado na figura 34.

Para desenvolver esta atividade siga os seguintes passos:

1. Sobre o transferidor da figura 34, coloque dois espelhos planos formando um determinado ângulo entre eles como mostra a figura 33;
2. Coloque entre os espelhos, exatamente no meio, um pequeno objeto. Esse objeto pode ser um bocal de caneta, uma moeda ou uma borracha, por exemplo;
3. Observe o número de imagens formadas nos espelhos;
4. Movimente os espelhos de forma que o ângulo entre eles possa variar de acordo com os valores da tabela abaixo. Para cada ângulo observe o número de imagens formadas e anote na tabela;

ângulo (α)	40°	60°	90°	120°	180°
número de imagens (N)					

5. Que conclusão você pode tirar a respeito do valor do ângulo entre os espelhos e o número de imagens formadas?
6. Verifique, para cada ângulo, se o número de imagens obtidas em suas observações está de acordo com a expressão $N = \left(\frac{360^\circ}{\alpha}\right) - 1$. Caso não esteja, explique o motivo.

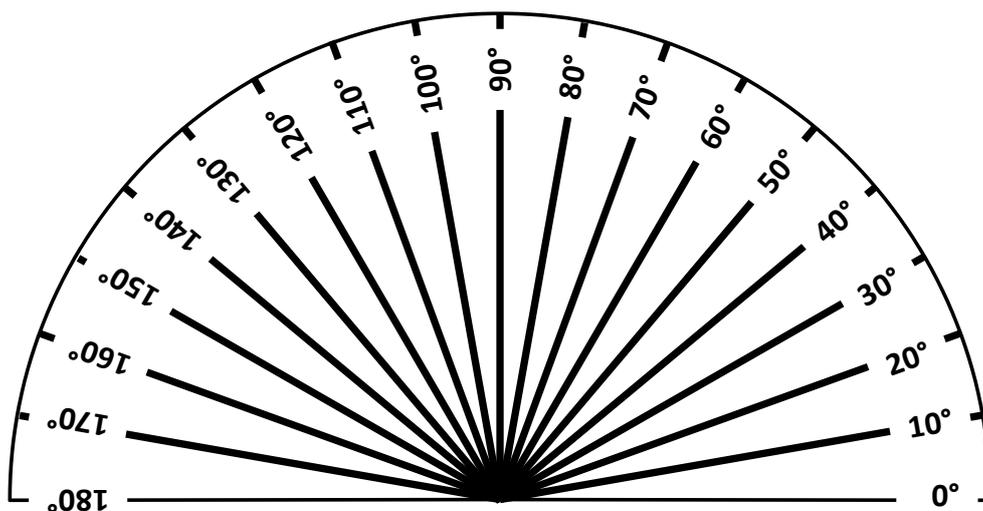


Figura 34: Transferidor para medir o ângulo entre os espelhos.



Perguntas

1. Qual é a constituição básica de um espelho?
2. Cite pelo menos duas características da imagem formada por um espelho plano.
3. Qual é a altura da imagem de uma pessoa que mede 1,70 m ao se ver em um espelho plano?
4. Suponha que uma pessoa está a 0,80 m de um espelho plano vertical.
 - a) Qual a distância entre a pessoa e sua imagem?
 - b) O que acontece com o tamanho da imagem da pessoa se ele se afastar do espelho, aumenta, diminui ou continua do mesmo tamanho?
5. Construa a imagem da letra R representada na figura abaixo.

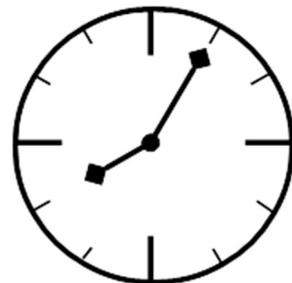
R

Espeho

6. Por que na frente das ambulâncias a palavra AMBULÂNCIA está escrita ao contrário, como na foto abaixo?



7. O que é o campo visual de um espelho?
8. A ilustração ao lado representa a imagem de um relógio refletida em um espelho plano posicionado na vertical. Que horas indica o relógio?
9. Se você olhar para as imagens formadas pela associação de dois espelhos planos e contar quatro imagens, qual será o ângulo formado entre esses espelhos?
10. Como é vista a imagem da palavra **ROMA** em um espelho plano?



6 Espelhos Esféricos e Aplicações

Você já viu sua imagem refletida em uma colher? Observou algo diferente?

Os espelhos esféricos, diferentemente dos espelhos planos, possuem sua superfície refletora curvada na forma esférica. Esses espelhos são parecidos com uma concha de cozinha.

Os espelhos esféricos são utilizados em diferentes situações, seja para visualizar um objeto com mais detalhes, através de sua imagem ampliada, por exemplo, ou em ambientes nos quais se faz necessário ampliar o campo visual.

Existem dois tipos de espelhos esféricos: côncavo e convexo. Um espelho é chamado de **côncavo** quando sua superfície refletora é a parte interna. Ele parece com a parte de dentro de uma concha de cozinha. Já o espelho **convexo**, tem a superfície refletora na parte externa. Ele parece com a parte de fora de uma concha.

Formalmente, os espelhos esféricos têm a forma geométrica de uma **calota esférica**. Para entendermos esse formato, basta imaginarmos uma esfera oca. Se retirarmos dessa esfera uma parte, como mostrado na figura 35, essa parte terá o formato de uma calota esférica.

Se a superfície refletora for a parte interna da calota, temos um espelho côncavo. Os espelhos côncavos têm a curvatura da superfície refletora voltada para dentro. No entanto, se a superfície refletora for a parte externa da calota, temos um espelho convexo. Os espelhos convexos têm a curvatura da superfície refletora voltada para fora. Os dois tipos de espelho estão representados, de forma simplificada, na figura 36.

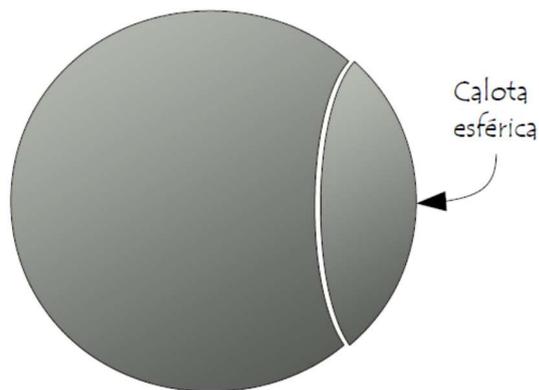


Figura 35: Esfera oca com uma calota esférica em destaque.

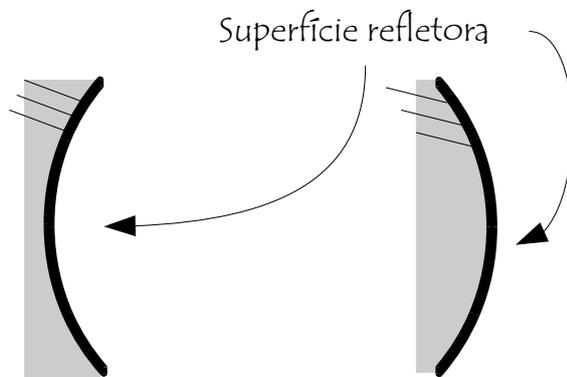


Figura 36: À esquerda, representação de um espelho esférico côncavo, e à direita, de um espelho esférico convexo.



A figura 37 mostra as características de um espelho esférico. Como ele tem o formato de uma calota esférica, possui um **raio de curvatura**, representado na figura pela letra R. O raio de curvatura é a distância entre o **centro de curvatura (C)** e o **vértice do espelho (V)**. O **vértice** é o ponto que fica no centro da superfície refletora do espelho. A reta imaginária que liga o centro de curvatura ao vértice do espelho é denominada **eixo principal**.

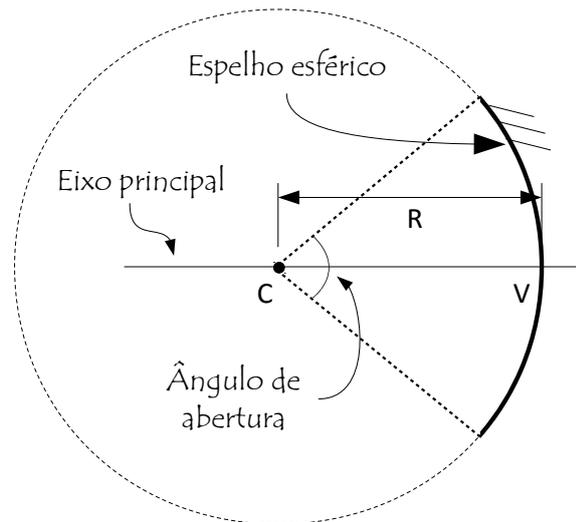


Figura 37: Principais características de um espelho esférico.

O **ângulo de abertura** do espelho esférico está relacionado com a sua curvatura e com o seu tamanho. Ao se comparar dois espelhos do mesmo tamanho, o espelho mais curvado é o que possui maior ângulo de abertura (figura 37).

Comportamento da Luz ao Incidir em um Espelho Esférico

Quando raios de luz paralelos incidem frontalmente em um espelho esférico côncavo, são refletidos de forma convergente. Isso faz com que todos os raios de luz se cruzem em um único ponto (figura 38).

O ponto no qual os raios de luz se cruzam é chamado de **foco** do espelho, representado por F (ver figura 38). A distância entre o foco e a superfície refletora do espelho chama-se **distância focal**, e é representada por f .

O foco fica localizado exatamente no ponto médio entre o vértice do espelho e o seu centro de curvatura. Assim podemos escrever que

$$f = \frac{R}{2}$$

A expressão matemática acima diz que a distância focal (f) de um espelho esférico é igual à metade do seu

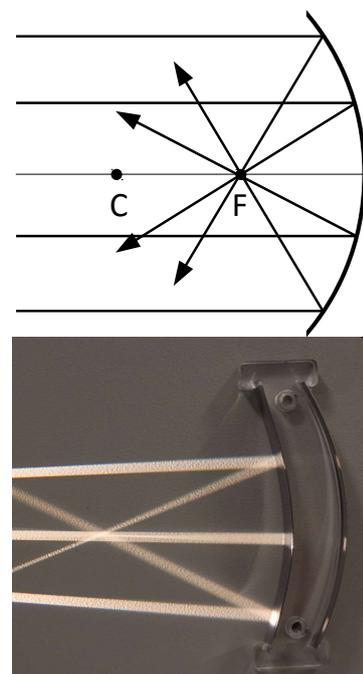


Figura 38: Raios de luz paralelos refletindo em um espelho esférico côncavo.

raio de curvatura (R).

A figura 39 mostra um espelho côncavo exposto à luz do Sol. Os raios solares, após refletirem no espelho, convergem para o foco do mesmo. A concentração de luz nesse ponto provoca um aquecimento, que pode incendiar alguns materiais. Na imagem um saco plástico é queimado.

Quando raios de luz paralelos incidem frontalmente em um espelho esférico convexo, são refletidos de forma divergente (figura 40). Os espelhos convexos provocam um espalhamento nos raios de luz. Esse espalhamento faz com que os raios refletidos se afastem um do outro.

Observe, na representação da figura 40, que os raios refletidos se propagam na mesma direção do foco do espelho, porém sempre se afastando dele.

A forma como os raios de luz são refletidos nos espelhos esféricos é consequência de a lei da reflexão ser válida também para esses espelhos.

Algumas Imagens Formadas por Espelhos Esféricos

Devido à sua geometria, os espelhos esféricos formam imagens com características diferentes das imagens formadas por espelhos planos.

As imagens formadas por esses espelhos nem sempre são muito nítidas. Para facilitar seu estudo, devemos considerar situações particulares que obedecem às condições de Gauss (1777 - 1855). Essas condições são:

- o ângulo de abertura do espelho deve ser de no máximo 10° (figura 37);
- os raios que incidem no espelho devem estar próximos ao eixo principal e quase



Figura 39: Saco plástico queimando devido ao aquecimento provocado pela concentração da luz solar no foco de um espelho esférico côncavo.

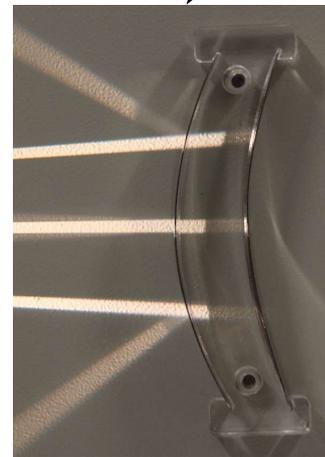
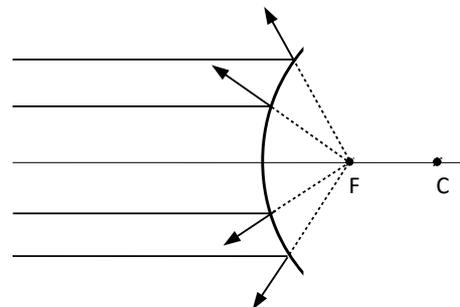


Figura 40: Raios de luz paralelos refletindo em um espelho esférico convexo.



paralelos a ele.

Os espelhos convexos formam imagens sempre com as mesmas características (figura 41). Essas características são:

- a imagem é vista sempre menor que os objetos que estão diante do espelho;
- a imagem é vista direita, ou seja, não aparece de cabeça para baixo;
- a imagem é virtual. Não é possível projetá-la em uma tela ou parede, por exemplo.

Os espelhos côncavos formam diferentes tipos de imagens. As características dessas imagens dependem da distância que o objeto se encontra do espelho. Para esse estudo vamos considerar apenas um caso: com objeto próximo ao espelho.

Quando o objeto está próximo ao espelho, localizado entre o vértice e o seu foco, a imagem apresenta as seguintes características (figura 42):

- é vista maior que o objeto;
- é direita. Não aparece de cabeça para baixo;
- é virtual. Não é possível projetá-la em uma tela.



Figura 41: A imagem formada pelo espelho convexo é sempre menor que o objeto.



Figura 42: Para um objeto localizado entre um espelho côncavo e o seu foco, a imagem é vista ampliada.

Algumas Aplicações dos Espelhos Esféricos

Os espelhos convexos possuem o campo visual maior que o dos espelhos planos. Isto significa que uma área maior pode ser vista através de um espelho convexo se comparado com um espelho plano do mesmo tamanho.

A figura 43 mostra o campo visual de dois espelhos de áreas iguais. Observe que



uma área maior é vista no espelho da esquerda se comparada com espelho da direita. Isso se deve ao fato de o espelho da esquerda ser convexo, enquanto que o da direita é plano.



Figura 43: Imagem vista em dois espelhos na mesma posição. À esquerda, em um espelho esférico convexo, e à direita, em um espelho plano.

Por apresentarem um campo visual maior, os espelhos esféricos convexos são usados como retrovisores em motos, carros e caminhões (figura 44); em pontos estratégicos de garagens e estabelecimentos comerciais; em portas de ônibus (figura 45) etc.

É importante lembrar que as imagens produzidas por espelhos convexos são menores que os respectivos objetos. Isso nos dá a sensação de que os objetos vistos através desses espelhos estão mais distantes do que realmente se encontram.



Figura 44: Espelho retrovisor de um veículo de passeio.

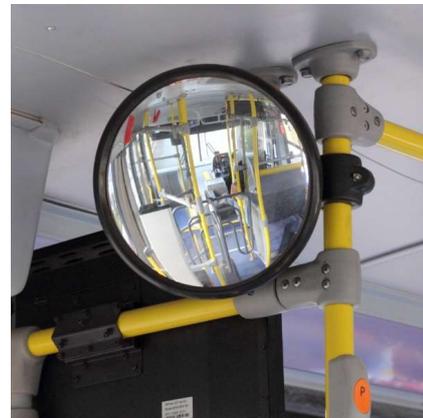


Figura 45: Espelhos convexos no interior dos ônibus possibilitam ao motorista acompanhar o fluxo de passageiros nas portas do ônibus.

Os espelhos esféricos côncavos são usados em situação que se deseja ampliar a imagem de um objeto. São utilizados, por exemplo, em salões de beleza, em lojas de óculos e de produtos de beleza, por profissionais da Odontologia etc.

Um pequeno espelho côncavo possibilita, por exemplo, que um dentista veja a imagem da parte interna dos dentes de seus pacientes de forma ampliada.

Os espelhos esféricos côncavos também fazem parte de alguns sistemas de



iluminação, como lanternas, holofotes e alguns projetores de imagens.

Os holofotes são dispositivos luminosos que emitem um intenso feixe de luz capaz de iluminar regiões distantes. Esses dispositivos são usados em aeroportos, por equipes de salvamento, bombeiros e policiais.

Um holofote, cujo esquema está representado na figura 46, é formado basicamente por uma lâmpada e um espelho esférico côncavo. A lâmpada é posicionada exatamente no foco do espelho. A luz emitida pela lâmpada é refletida no espelho formando um feixe luminoso de raios praticamente paralelos.

Os espelhos parabólicos (não esféricos) funcionam exatamente como os espelhos esféricos, mas focalizam os feixes de luz de forma mais precisa. Por esse motivo eles são usados em telescópios e na geração de energia solar (figura 47). Os raios solares que incidem sobre o espelho, em forma de parábola, refletem,

convergindo para o foco do mesmo, provocando o aquecimento desse ponto. O calor gerado nesse processo é convertido em energia elétrica.

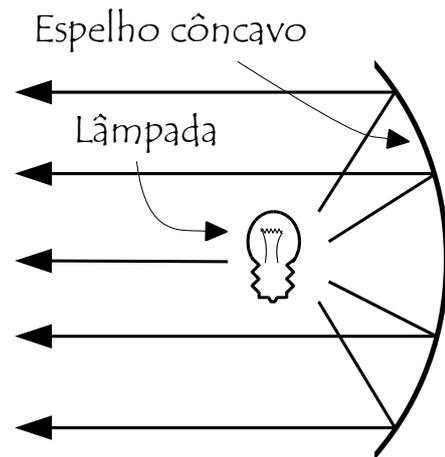


Figura 46: Representação de um holofote.



Figura 47: Espelho parabólico usado na captação e geração de energia solar.



CONCEITOS

Espelho esférico: são espelhos que possuem sua superfície refletora curvada na forma geométrica de uma esfera. Esses espelhos podem ser côncavo ou convexo.

Espelho esférico côncavo: são espelhos que possuem a curvatura da superfície refletora voltada para dentro.

Espelho esférico convexo: são espelhos que possuem a curvatura da superfície refletora voltada para fora.

Espelhos parabólicos: são espelhos que possuem a superfície refletora curvada na forma geométrica de uma parábola.



7 Refração da Luz

Antes de estudarmos o fenômeno da refração, precisamos saber um pouquinho sobre a luz. Afinal, o que é a luz?

Até o século XVI, não havia nenhuma teoria coerente que explicassem do que era constituída a luz. A única explicação que se tinha era a do filósofo grego Aristóteles, que acreditava que somente o fogo era capaz de gerar a luz.

A busca pela compreensão da natureza da luz começou a ganhar força a partir do século XVII, quando vários cientistas passaram a estudá-la de forma mais consistente. Issac Newton, fez alguns experimentos que contribuíram para o entendimento da natureza da luz. Mas somente no século XIX, o cientista escocês James Clark Maxwell (1831-1879) esclareceu o assunto.

Baseando-se nos trabalhos de outros cientistas, Maxwell chegou à conclusão da existência de ondas eletromagnéticas produzidas por cargas elétricas oscilantes. Um dos resultados dos trabalhos de Maxwell foi a constatação de que uma **onda eletromagnética** se propaga no vácuo (espaço vazio) com uma velocidade de aproximadamente 300 mil quilômetros por segundo. A luz também se propaga no vácuo com essa mesma velocidade.

Baseando-se nessa coincidência, Maxwell acreditava que a luz era uma onda eletromagnética. Ele estava correto. A luz é uma onda eletromagnética capaz de se propagar no vácuo com uma velocidade de aproximadamente 300 mil quilômetros por segundo. É dessa forma que a luz do Sol chega até nós, pois entre a Terra e o Sol existe vácuo.

Hoje sabemos que existem vários tipos de ondas eletromagnéticas, que vão desde ondas de rádios aos raios gama. Todo tipo de radiação eletromagnética é produzida por cargas elétricas aceleradas. Chama-se **espectro eletromagnético** o conjunto formado por todos esses tipos de ondas eletromagnéticas.

Atualmente os diversos tipos de ondas eletromagnéticas possuem muitas aplicações. Vejamos algumas:

- **Ondas de rádio:** são usadas para transmitir sinais de áudio e vídeo pelas emissoras de rádio e de televisão.
- **Micro-ondas:** são usados para aquecer alimentos. Os fornos de micro-ondas emitem ondas eletromagnéticas que penetram nos alimentos aquecendo-os. Também são usadas na telecomunicação, para transmitir e receber sinais de



satélites, e na comunicação terrestre de longa distância, por meio de antenas posicionadas em lugares altos.

- **Infravermelho:** esse tipo de radiação possui diversas aplicações. São usadas para ativar a circulação sanguínea inibindo alguns processos inflamatórios. Todos os corpos que estão à temperatura ambiente emitem esse tipo de radiação, inclusive o próprio corpo humano. Com uma câmera sensível à radiação infravermelha, é possível captar imagens de objetos em um ambiente totalmente escuro graças à radiação que eles emitem. Com a captação desse tipo de radiação também é possível medir temperatura, pois corpos com diferentes temperaturas emitem radiação de intensidade e tipos diferentes comprimentos de ondas. Os aparelhos de controle remoto, de televisão por exemplos, transmitem seus comandos por meio de radiação infravermelha.
- **Ondas visíveis:** chamamos essa radiação de luz. É a forma de radiação eletromagnética mais conhecida e que o olho humano é capaz de detectar. Os vários tipos de ondas visíveis são percebidos por nós como diferentes cores. O olho humano é mais sensível à luz de cor amarelo-esverdeada. Por esta razão a bola de tênis tem essa cor.
- **Ultravioleta (UV):** o Sol é uma fonte desse tipo de radiação, que pode provocar queimaduras na pele. A proteção contra a radiação UV é feita por meio do uso de protetor solar. Os protetores solares absorvem grande parte da radiação UV, deixando passar a luz visível. A capacidade de absorção do protetor solar é medida pelo fator de proteção solar (FPS); quanto maior o FPS, maior a absorção de ondas UV. A maior parte da radiação UV é absorvida na estratosfera, camada alta da atmosfera terrestre composta de gás ozônio (O_3).
- **Raio X:** são usadas na medicina. O raio X é usado para mostrar órgãos internos e ossos de pessoas e animais. Essas ondas são capazes de atravessar pele, músculos e órgãos, mas não atravessam bem o tecido ósseo. Assim, é possível projetar a sombra do tecido ósseo em uma chapa fotográfica, possibilitando a visualização detalhada de uma vértebra fraturada, por exemplo.
- **Raio gama:** radiação de alta energia emitida por alguns elementos radioativos. É usada no tratamento de câncer e para esterilizar equipamentos médicos.



O fenômeno da Refração

A luz é capaz de atravessar, normalmente em linha reta, alguns materiais, como por exemplo, água, ar, diamante etc. Esses materiais são chamados de meios transparentes.

A velocidade da luz ao se propagar em um meio transparente é menor que no vácuo. Cada cor de luz visível tem velocidade própria, mas todas possuem velocidades inferiores a 300.000 km/s ao se propagar em um meio transparente. A tabela abaixo mostra a velocidade de propagação da luz em um determinado tipo de vidro para algumas cores.

Luz	vermelha	alaranjada	amarela	verde	azul	violeta
Velocidade (em km/s)	198.282	198.151	197.759	197.498	196.335	195.822

(Bôas, N. V. et al. 2010, v. 2, p. 340)

O fenômeno da **refração** consiste na passagem da luz de um meio transparente para outro: do ar para a água, por exemplo. Quando a luz incide obliquamente na superfície de separação de dois meios transparentes ocorre um desvio em sua trajetória.

A figura 48 mostra um raio de luz *laser* passando do ar (parte superior) para a água (parte inferior). Observe que sua trajetória sofre um desvio para esquerda. Esse desvio na trajetória está relacionado com a mudança na velocidade da onda luminosa ao passar de um meio para outro, nesse caso, do ar para a água.

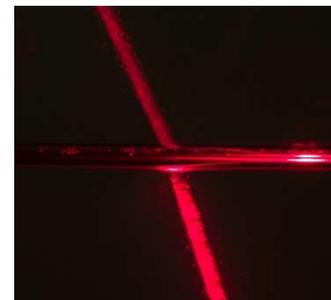


Figura 48: Refração de um raio de luz *laser* ao passar do ar para a água.

Quando a luz incide perpendicularmente em uma superfície de separação de dois meios transparentes, também sofre variação de velocidade, no entanto, não há desvio em sua trajetória.

A figura 49 representa uma onda luminosa incidindo na superfície de separação de dois meios transparentes. O raio de luz indica a direção de propagação da onda, a qual é representada pelas retas paralelas. Veja que um lado da onda incide

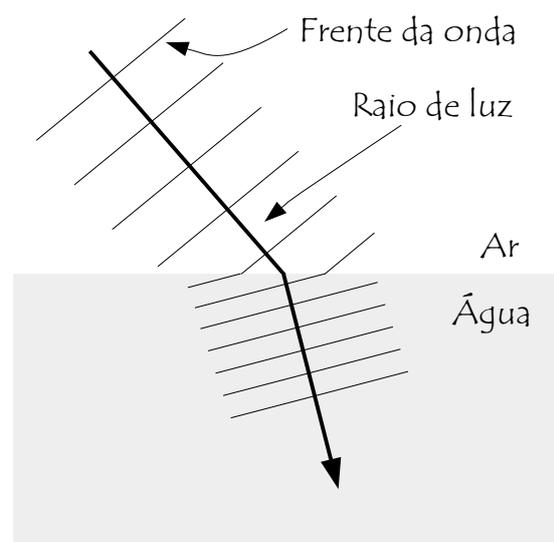


Figura 49: Desvio na trajetória de um raio de luz ao passar de um meio transparente para outro.



primeiramente na água e tem sua velocidade reduzida, enquanto o outro lado continua com a mesma velocidade. Devido a diferença de velocidades entre os dois lados, o raio de luz tem sua trajetória desviada na superfície de separação entre os dois meios.

Se o raio de luz se propagasse no sentido contrário, da água para o ar, sua trajetória seria a mesma. A diferença estaria apenas na variação da velocidade do raio de luz. Ao passar da água para o ar, sua velocidade aumentaria.

A figura 50 mostra, de forma simplificada, a refração de um raio de luz ao passar da água para o ar. Nela, estão representados o **raio de luz incidente**, o **raio de luz refratado**, o **ângulo de incidência** e o **ângulo de refração**. Assim como na reflexão da luz, esses ângulos também são medidos a partir de uma reta imaginária perpendicular à superfície de separação entre os meios, chamada **reta normal**.

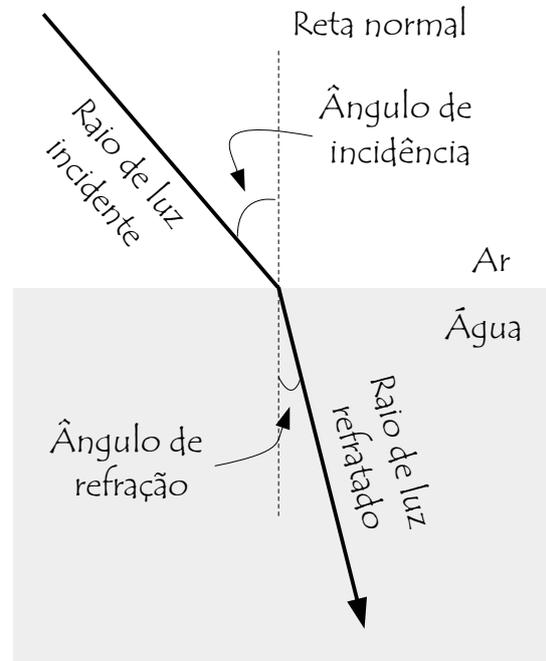


Figura 50: Refração da luz.

Da figura 50 podemos observar que:

- Quando a luz sofre refração em que sua velocidade diminui, o raio refratado se aproxima da reta normal. Observe que o ângulo de incidência é maior do que o ângulo de refração.
- Se invertermos o sentido da seta na figura 50, é possível concluir que quando a luz sofre refração em que sua velocidade aumenta, o raio refratado se afasta da reta normal. Observe que, nesse caso, o ângulo de incidência é menor que o ângulo de refração.

A refração da luz muitas vezes nos provoca enganos. Quando, por exemplo, observamos um objeto dentro d'água, como um lápis, ele parece estar torto. A parte do lápis imersa na água parece ficar mais próxima da superfície do que realmente está. O mesmo também acontece quando observamos um peixe na água. Devido à refração da luz, nós o enxergamos um pouco acima e mais próximo de onde ele realmente está. A figura 51 ilustra o fenômeno.



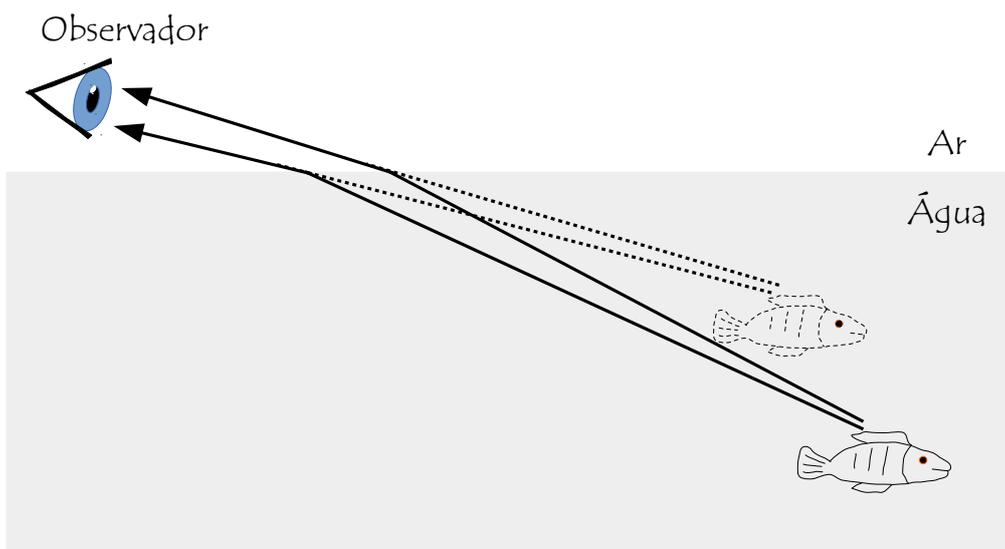


Figura 51: Devido à refração da luz, enxergamos um peixe na água um pouco acima de onde ele realmente está.

Nas estradas com asfalto, especialmente em dias quentes, vemos o que parece ser a imagem dos veículos refletidas no asfalto. Esse fato também é explicado pela refração da luz.

O ar, que está em contato com o asfalto da estrada, se encontra a uma temperatura maior do que a do ar que está nas camadas um pouco mais acima. Nas camadas de ar mais quente e, portanto, menos densas, a luz se propaga com velocidade maior. Já nas camadas de ar mais frias e, portanto, mais densas, a luz se propaga com velocidade menor. Assim, a luz refletida nos veículos passa por camadas de ar com temperaturas diferentes sofrendo seguidas refrações, pois para cada camada possui uma velocidade diferente (figura 52). Isso provoca o “encurvamento” dos raios de luz que tem como resultado a formação de imagens invertidas, como as dos veículos, por exemplo.

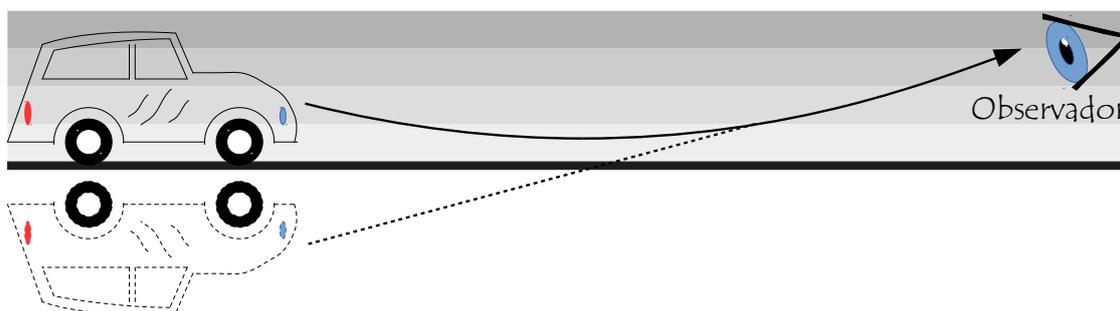


Figura 52: Refração da luz em camadas de ar de diferentes temperaturas.

As miragens não são ilusões da nossa mente, como muitas pessoas acreditam, são imagens reais, que inclusive podem ser fotografadas.



Dispersão da Luz

O físico e matemático inglês, Isaac Newton (1642 - 1727) observou que a luz branca é uma mistura formada por luzes de todas as cores. Ele demonstrou isso fazendo um feixe de luz solar passar por um prisma de vidro. Com esse experimento ele observou que a luz, ao passar pelo prisma, era separada em várias cores.

A separação da luz branca nas suas diversas cores é chamada de **dispersão da luz**.

Para entender esse fenômeno, você deve lembrar que cada cor de luz possui velocidade diferente ao se propagar em um material transparente. Sendo que a luz vermelha tem a maior velocidade, e a luz violeta, a menor. As demais cores se propagam com velocidades intermediárias em ordem decrescente da vermelha para a violeta.

A figura 54 mostra um feixe de luz branca incidindo em um prisma. Como cada cor se propaga com velocidade diferente em um mesmo material transparente, cada uma também é refratada com um ângulo diferente, causando assim a separação das cores que formam a luz branca.

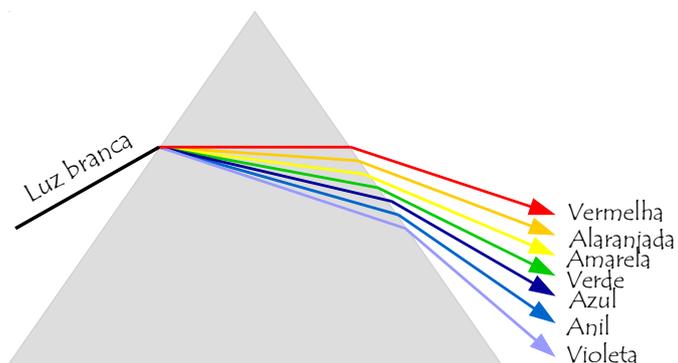


Figura 54: Dispersão da luz branca ao sofrer refração em um prisma de vidro.

Outro exemplo de dispersão da luz é o fenômeno do arco-íris. Ele ocorre quando a luz do Sol incide nas gotículas de água contidas nas nuvens ou em uma chuva. As gotículas funcionam como um prisma provocando a dispersão da luz solar.

A figura 55 representa a dispersão da luz em uma gotícula de água. Observe que quando a luz solar incide na gotícula, parte dela penetra na gotícula e sofre refração. Na refração ocorre a separação das cores que formam a luz branca. A luz refratada, separada nas diversas cores, ao alcançar o lado oposto da gotícula sofre reflexão e retorna para o outro lado, onde sofre uma segunda refração. Essa segunda refração amplia a separação



Figura 53: Isaac Newton.



entre os raios de luz de cores distintas.

Não é de qualquer lugar que se pode enxergar um arco-íris. Para você conseguir vê-lo deve estar posicionado, mais ou menos, entre o Sol e a região onde está chovendo. Isto significa que não é possível ver um arco-íris, da Terra, com o Sol a pino, por exemplo. O ideal é com o Sol em uma posição intermediária, nem muito alto, nem muito baixo, em relação ao horizonte.

A figura 56 mostra a posição de um observador para que seja possível ver um arco-íris. Ele deve estar posicionado, mais ou menos, entre o Sol e a região da chuva.

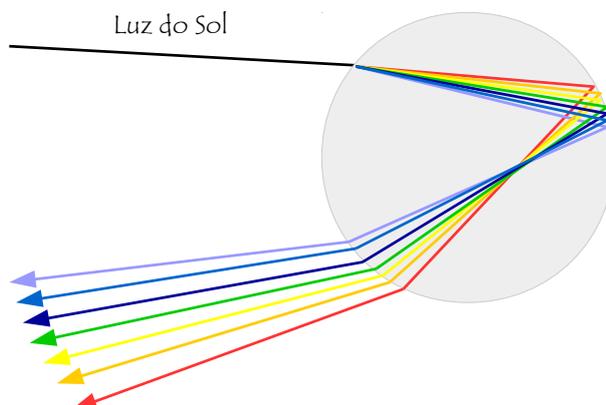


Figura 55: A refração da luz solar em uma gotícula de água forma as cores do arco-íris.

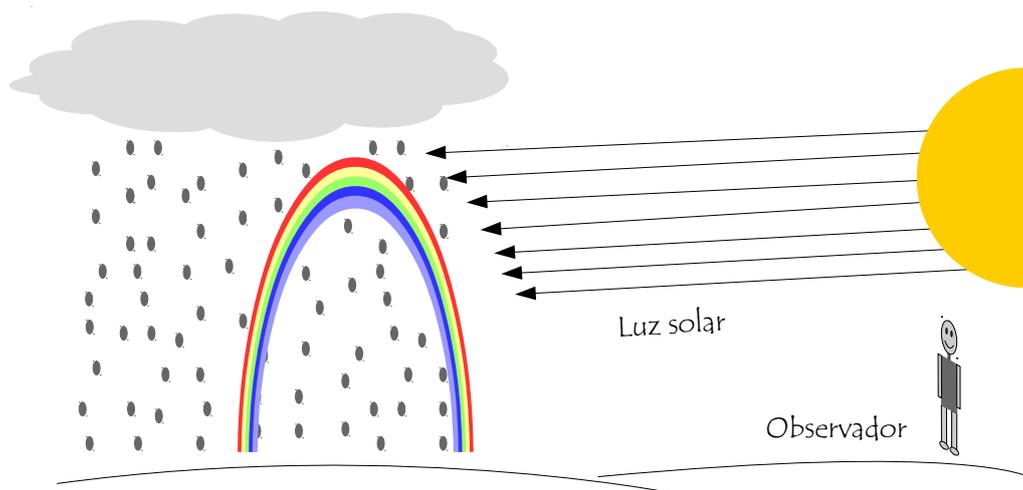


Figura 56: Representação da formação de um arco-íris em gotículas de chuva.



CONCEITOS

Onda eletromagnética: onda que transposta energia radiante. São produzidas por cargas elétricas oscilantes.

Espectro eletromagnético: conjunto formado por todas as ondas eletromagnéticas ordenadas de acordo com sua frequência (ou comprimento de onda), que vai desde as ondas de rádio até as ondas conhecidas como raios gama.

Refração da luz: mudança na direção de um raio de luz oblíquo quando ele passa de um meio transparente para outro. Essa mudança na direção ocorre devido a alteração da velocidade da luz ao passar de um meio transparente para outro.

Dispersão da luz: separação da luz branca em suas diversas cores (comprimento de onda) através da refração ou difração.



Perguntas

1. Cite pelo menos três situações que vivenciamos no dia-a-dia nas quais as ondas eletromagnéticas estão envolvidas.
 2. Explique por que ocorre o fenômeno da refração.
 3. Explique o que ocorre com a luz quando ela passa de um meio transparente para outro?
 4. Quando olhamos uma piscina com água, seu fundo parece mais raso do que realmente é. Explique por que isso acontece.
 5. O que é uma miragem?
 6. Se você estivesse em um lago pescando com um arpão, onde deveria mirar para acertar um peixe que está na sua frente, diretamente nele, acima ou abaixo? Justifique sua resposta.
 7. Explique por que a luz branca é dividida em várias cores ao atravessar um prisma de vidro?
 8. É possível criar um arco-íris aspergindo água de uma mangueira sob a luz do Sol. Onde você deveria ficar, em relação ao Sol e as gotículas de água para ver o arco-íris?
-



8 Lentes Esféricas

As lentes são dispositivos ópticos construídos com material transparente que refrata a luz. Esses dispositivos estão presentes em muitos equipamentos óticos, como câmeras fotográficas, lunetas, telescópios, óculos, projetores de imagens etc.

As lentes têm forma geométrica curva, que geralmente são esféricas. Seu formato permite que a luz, ao atravessá-la, sofra um desvio em sua trajetória.

A figura 57 mostra um feixe de luz passando por uma lente. Devido à sua geometria, os raios convergem para um único ponto. Observe que a lente possui a sua parte central mais larga que as bordas. Esse tipo de lente é chamado de **lente convergente**, pois faz com que os raios de luz que incidem paralelamente ao eixo principal sejam desviados (converjam) para um único ponto. Esse ponto é chamado de **foco** da lente convergente.

A figura 58 mostra uma lente convergente exposta à luz solar. Os raios solares após refratarem na lente convergem para seu foco. A concentração de luz nesse ponto provoca um aquecimento que pode incendiar alguns materiais.

A figura 59 mostra uma lente que possui a parte central mais estreita que as bordas. Esse tipo de lente é chamado de **lente divergente**. Quando raios de luz atravessam

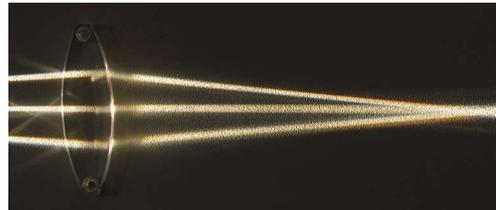
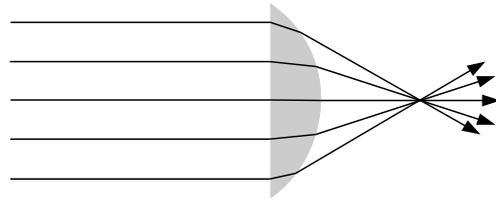


Figura 57: Raios de luz convergindo ao passar por uma lente convergente.



Figura 58: Saco plástico queimando devido ao aquecimento provocado pela concentração da luz solar no foco de uma lente convergente.

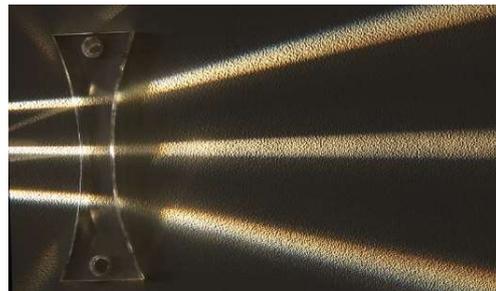
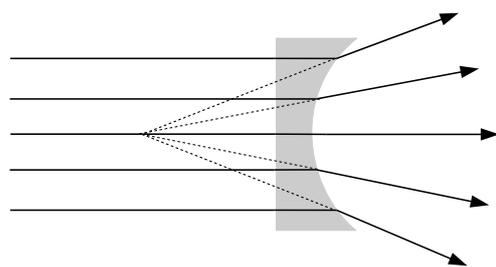


Figura 59: Raios de luz divergindo ao passar por uma lente divergente.



uma lente divergente, são espalhados (divergem). Os raios de luz que passam por esse tipo de lente parecem surgir de um único ponto, esse ponto é o foco da lente divergente.

Tanto as lentes convergentes quanto as divergentes podem ter diversos formatos, como mostrado na figura 60. Observe que as lentes convergentes são “gordinhas”, possuem o centro mais largo que as bordas. Já as lentes divergentes são “magrelas”, possuem o centro mais estreito que as bordas.

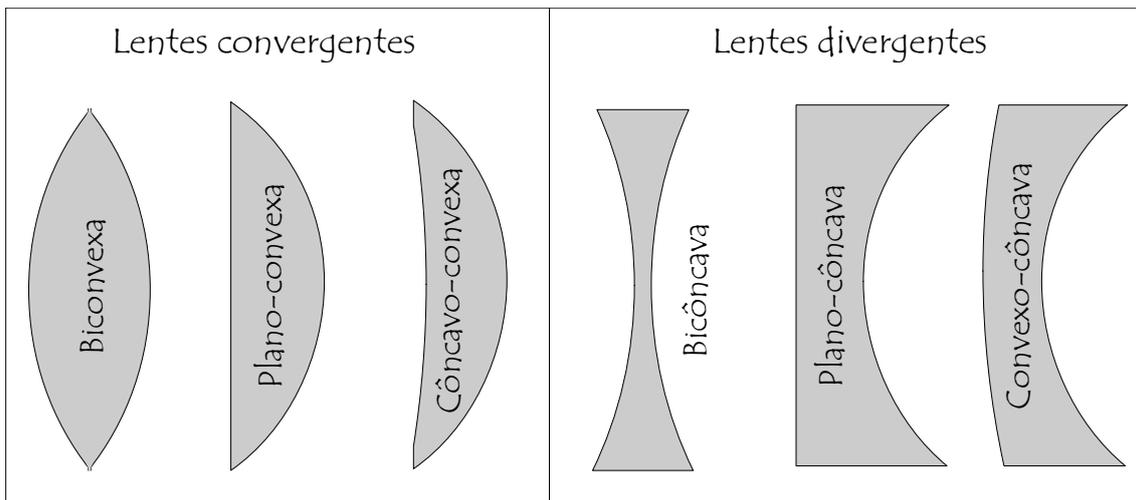


Figura 60: Algumas formas de lentes convergentes e divergentes

A figura 61 mostra as principais características de uma lente esférica. O eixo principal é uma linha imaginária que passa pelo centro da lente. O foco da lente, representado pela letra **F**, é o ponto onde os raios de luz se cruzam quando passam por uma lente convergente. A distância entre esse ponto e a lente é chamada de **distância focal**, representado pela letra f . A distância entre o centro de curvatura (**C**) e a lente é igual ao dobro da distância focal.

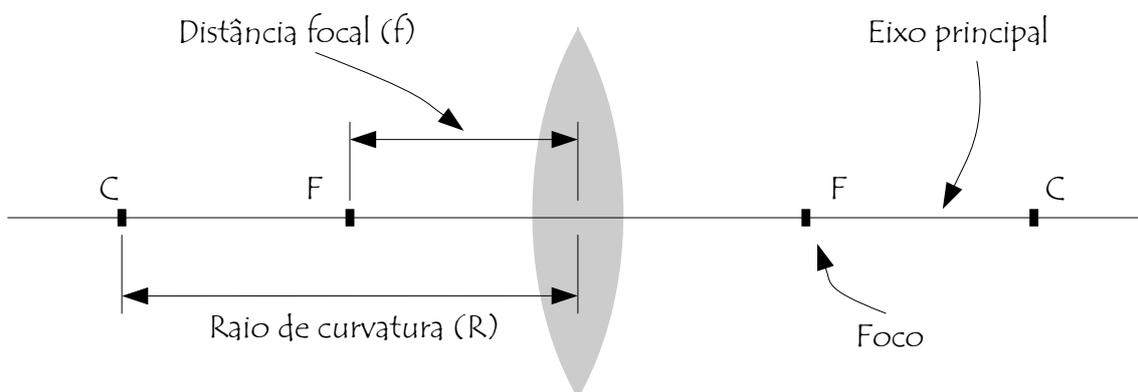


Figura 61: Principais características de uma lente convergente.

As lentes esféricas são geralmente identificadas por sua distância focal. Adota-se um valor positivo para lentes convergentes e um valor negativo para lentes divergentes. Assim, uma lente convergente com distância focal de 125 milímetros, é identificada por

+125 mm, enquanto que uma lente divergente de mesma distância focal é identificada por -125 mm, por exemplo.

Outra forma de identificar uma lente, é através de sua **vergência** (ou **convergência**), representada pela letra **V**. A vergência de uma lente está relacionada com a sua capacidade de convergir ou divergir a luz.

A vergência de uma lente é definida como o inverso da distância focal, ou seja, um dividido pela distância focal:

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

Para o cálculo da vergência, a distância focal deve ser medida em metros. A unidade de medida da vergência é a **dioptria** (di), que é popularmente conhecida como o “grau” da lente.

De acordo com os sinais adotados, as lentes convergentes possuem vergência positiva, enquanto que as lentes divergentes possuem vergência negativa.

Assim, por exemplo, uma lente convergente com distância focal f de 0,8 metro, possui vergência de +1,25 di. Para calcular sua vergência basta usar a expressão matemática acima. Como a distância focal f da lente é 0,8, substituindo esse valor na expressão, fica:

$$V = \frac{1}{0,8} = 1,25$$

Assim, a vergência da lente é +1,25 di. A sinal de + indica que se trata de uma lente convergente.

A Figura 62 mostra duas lentes convergentes de vergências diferentes.

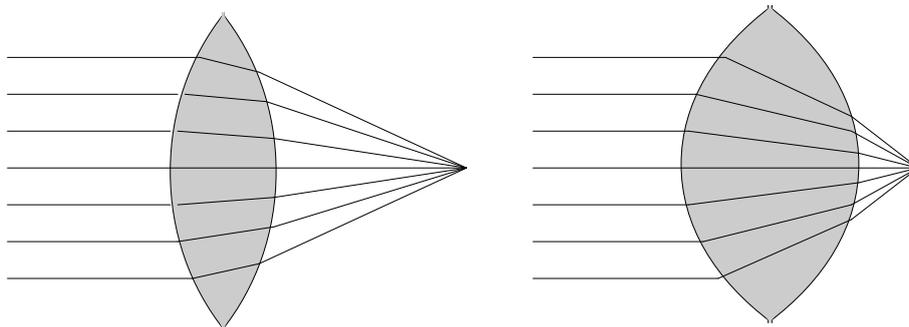


Figura 62: Duas lentes com vergências diferentes. A da esquerda tem menor vergência (maior distância focal). A da direita tem maior vergência (menor distância focal).



Imagens Formadas por Lentes Esféricas

Assim como os espelhos esféricos, as lentes esféricas também formam imagens de diferentes características. Essas características estão relacionadas com o tipo de lente (convergente ou divergente) e com a distância que o objeto se encontra da mesma.

As lentes divergentes formam imagens sempre com as mesmas características, independentemente da distância que o objeto se encontre dela. A imagem de um objeto vista através de uma lente divergente (figura 63) é sempre:

- menor que o objeto;
 - normal, ou seja, não é vista de cabeça para baixo;
 - virtual. Não é possível projetá-la em uma tela ou em uma parede, por exemplo.
- Observe na figura 63 que a parte do lápis vista através da lente está menor.

As lentes convergentes formam imagens com diversas características diferentes, dependendo apenas da distância que o objeto se encontra da mesma.

Quando um objeto está localizado próximo da lente, entre o foco e o centro, a imagem apresenta as seguintes características (figura 64):

- é vista maior que o objeto;
- é vista normal. Não aparece de cabeça para baixo.
- é virtual. Não é possível projetá-la em uma tela, por exemplo.

Observe na figura 64 que a parte do lápis vista através da lente está ampliada em relação a outra parte.

Quando o objeto está posicionado exatamente sobre o foco da lente não há formação de imagem. Observe na figura 65 que a parte do lápis vista através da lente, “desapareceu”. Isso ocorre porque o lápis está posicionado exatamente no foco da mesma.

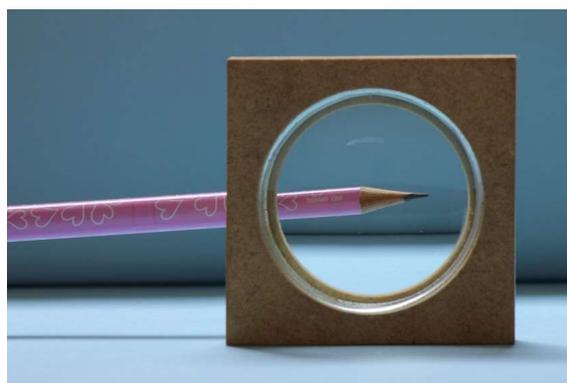


Figura 63: Imagem de um lápis vista através de uma lente divergente.

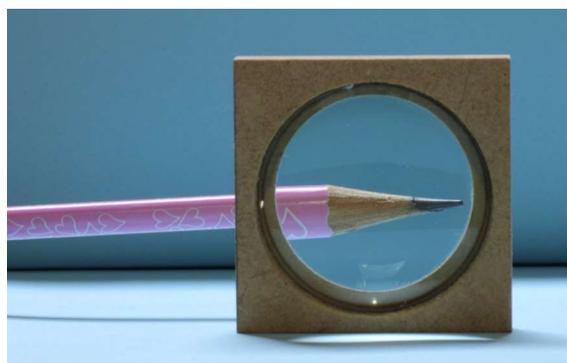


Figura 64: Imagem de um lápis posicionado próximo de uma lente convergente.



Quando o objeto está posicionado entre o foco e o centro de curvatura da lente, sua imagem apresenta as seguintes características (figura 66):

- é vista maior que o objeto;
- é vista invertida. Se o objeto estivesse na vertical seria visto de “cabeça para baixo”;
- é real. É possível projetar essa imagem em uma tela ou parede, por exemplo.

Observe na figura 66 que a parte do lápis vista através da lente está invertida.

Quando o objeto está posicionado no centro de curvatura (C) da lente, sua imagem possui as mesmas características já citadas no parágrafo anterior, apenas com uma diferença: ela é vista do mesmo tamanho do objeto.

Para objetos posicionados mais distantes da lente, além do centro de curvatura, as imagens continuam com as mesmas características, porém se tornam cada vez menores em relação ao objeto. O tamanho da imagem diminui à medida que o objeto é afastado da lente.

Algumas Aplicações das Lentes Esféricas

As lentes fazem parte de diversos dispositivos ópticos, como câmeras fotográficas, projetores de imagens, lunetas e telescópios, por exemplo.

As câmeras fotográficas possuem uma lente acoplada ao corpo, chamada de objetiva (figura 67). A objetiva é formada por uma ou um conjunto de lentes. Sua função é projetar a imagem de objetos a ser fotografado no sensor (ou filme) da câmera.

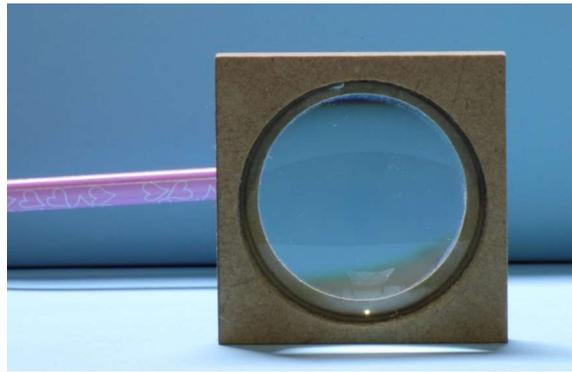


Figura 65: Quando o objeto está posicionado no foco da lente, não há formação de imagem.

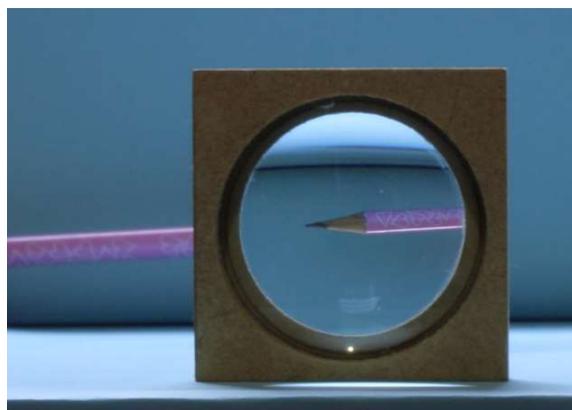


Figura 66: Imagem de um lápis posicionado entre o foco e o centro de curvatura da lente.



Figura 67: Objetiva de uma câmera fotográfica.



A imagem projetada pela objetiva no sensor da câmera, é invertida. A figura 68 mostra a imagem de um objeto, sendo fotografado, projetada no sensor (ou filme) de uma câmera fotográfica. Essa imagem é sempre invertida em relação ao objeto.

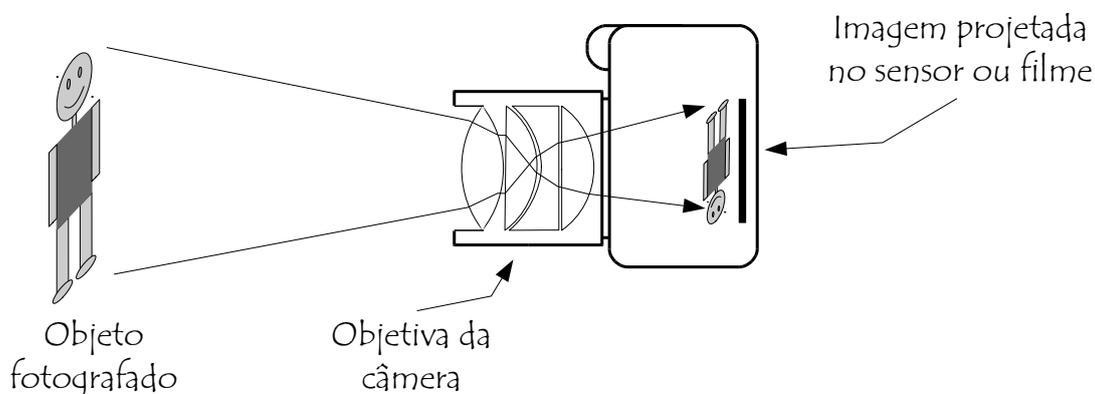


Figura 68: Projeção da imagem de um objeto no sensor de uma câmera fotográfica.

CONCEITOS

Lente esférica: dispositivo óptico feito com material transparente que refrata a luz. Uma de suas superfícies tem formato esférico podendo a outra ser tanto plana como esférica.

Lente convergente: lente que possui o meio mais espesso que as bordas, e provoca a convergência dos raios de luz para um único ponto, o foco.

Lente divergente: lente que possui o meio menos espesso que as bordas, e provoca a divergência dos raios de luz como se esses estivessem partindo de um mesmo ponto, o foco.

Imagem real: imagem formada por uma lente ou espelho que pode ser projetada em um anteparo, como uma parede, por exemplo.

Imagem virtual: imagem formada por uma lente ou espelho que não pode ser projetada em um anteparo, como uma parede, por exemplo.



Perguntas

1. Explique qual a diferença entre uma lente esférica convergente e uma divergente?
 2. O que é o foco de uma lente esférica convergente?
 3. Explique por que é possível incendiar um papel usando uma lente convergente exposta à luz solar.
 4. Pedacos de vidros, expostos ao Sol, podem provocar incêndios na vegetação no período de seca. Explique como isso pode ocorrer?
 5. Ao olhar através de uma lente esférica você enxerga todos os objetos, tanto os que estão próximos quanto os que estão distantes, sempre menores. Que tipo de lente é essa, convergente ou divergente?
 6. Cite três dispositivos ópticos que possuem lentes esféricas.
 7. Qual a diferença entre uma imagem real e imagem virtual gerada por uma lente esférica?
 8. Uma lente convergente possui distancia focal de 2 metros. Calcule a vergência dessa lente.
 9. Uma lente divergente possui distância focal de 0,5 metros. Qual o valor de sua vergência.
 10. (Fuvest-SP) Uma colher de plástico transparente, cheia de água e imersa no ar, pode funcionar como:
 - a) lente convergente.
 - b) lente divergente.
 - c) espelho côncavo.
 - d) microscópio composto.
 - e) prisma.
-



9 O Olho Humano

O olho humano é o dispositivo óptico mais avançado que existe. A figura 69 mostra, de forma simplificada, seus principais componentes. A **esclera** é a membrana que reveste a parte externa do olho. Na parte frontal do olho essa membrana se torna transparente e é chamada de **córnea**. É através da córnea que a luz entra no olho. O **humor aquoso** é um líquido transparente revestido pela córnea.

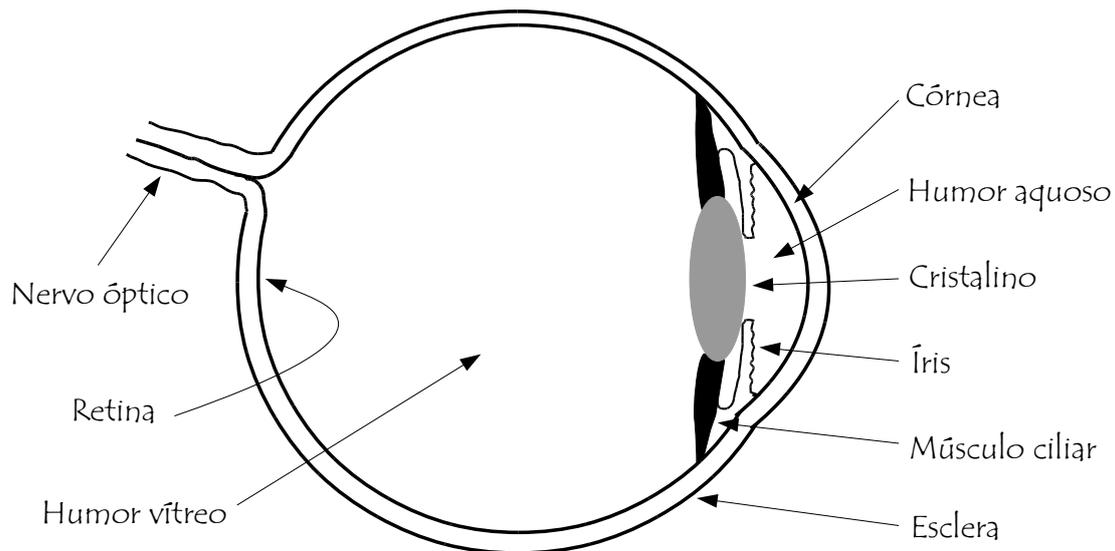


Figura 69: Estrutura do globo ocular e seus principais componentes. (Adaptado de Douglas, C. R. 2006.)

A **íris** é a parte colorida do olho. Ela funciona como um diafragma, através de sua abertura variável ela regula a quantidade de luz que deve entrar no olho. Essa abertura é chamada de **pupila**. Os animais noturnos têm pupilas maiores para conseguir enxergar melhor durante a noite ou em ambientes com pouca luz.

A figura 70 mostra dois gatos em ambientes com luminosidades diferentes. O gato da esquerda está com as pupilas (vulto preto no centro de cada olho) mais abertas, pois se encontra em um ambiente com pouca luz. Mantendo as pupilas muito abertas, maior quantidade de luz entra em seus olhos, proporcionando melhor



Figura 70: Esquerda: gato com as pupilas dilatadas. Direita: gato como as pupilas contraídas.



visão, mesmo num ambiente pouco iluminado. O oposto ocorre com o gato da direita. Por estar em um ambiente muito claro, ele mantém suas pupilas quase fechadas. Dessa forma consegue regular a quantidade de luz adequada que deve entrar em seus olhos.

O **crystalino** é a lente do olho. Seu formato é parecido com uma lente convergente biconvexa (figura 60). A parte mais interna do globo ocular é preenchida com um líquido transparente chamado **humor vítreo**.

A **retina** é a região do olho onde a imagem é projetada. Nessa região existem milhões de estruturas fotossensíveis que ao serem estimuladas pela luz enviam sinais elétricos para o cérebro através do **nervo óptico**. O cérebro faz a interpretação da imagem formada sobre a retina.

A formação da imagem na retina se dá pela refração da luz ao passar por cinco meios transparentes: o ar, a córnea, o humor aquoso, o cristalino e o humor vítreo. A imagem projetada na retina é menor que o objeto, real e invertida. Apesar da imagem formada na retina ser invertida, o cérebro a interpreta como se não fosse.

O cristalino do olho é uma lente flexível. Essa flexibilidade permite que a imagem de objetos que estejam tanto próximos do olho, quanto distantes, sejam sempre projetadas na retina.

Quando o olho enxerga um objeto próximo (figura 71), para que a imagem seja projetada na retina, o músculo ciliar deve se contrair, aumentando a curvatura do cristalino.

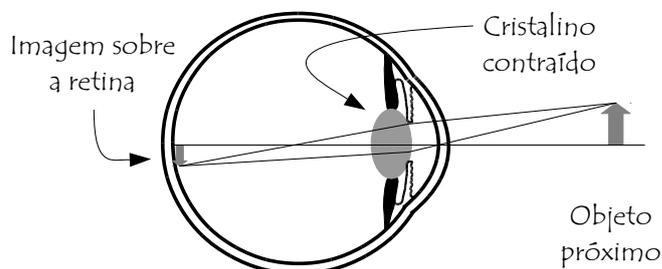


Figura 71: Cristalino mais encurvado permite que a imagem de um objeto próximo do olho seja projetada sobre a retina.

Nesse caso, o cristalino diminui sua distância focal.

Quando o olho olha para um objeto distante, para que a imagem seja projetada sobre a retina, o cristalino deve diminuir sua curvatura, para que isso ocorra o músculo ciliar relaxa. Nesse caso o cristalino aumenta sua distância focal. A figura 72 ilustra essa situação.

O processo de variação da curvatura do cristalino para que a imagem seja projetada sobre a retina é chamado de **acomodação**.



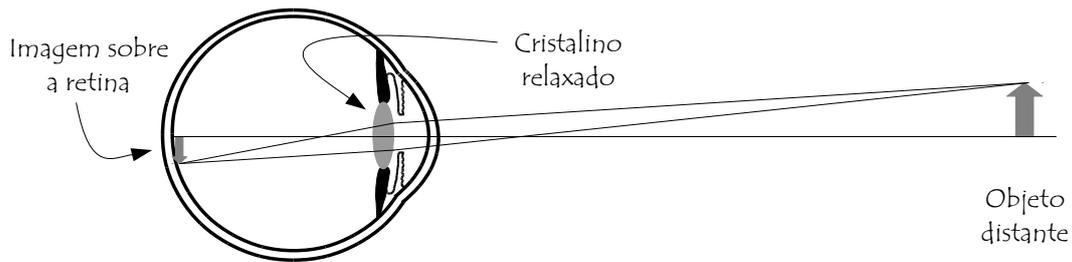


Figura 72: Cristalino menos encurvado permite que a imagem de um objeto longe do olho seja projetada sobre a retina.

Problemas da Visão

Pequenas alterações no globo ocular, como o encurtamento ou alongação do seu formato, e deformações na córnea, trazem problemas para a visão. Esses problemas fazem com que a imagem não seja projetada sobre a retina, tornando a visão deficiente para perto ou para longe.

A **hipermetropia**, conhecida também como “visão para longe”, ocorre quando o globo ocular se torna mais curto que o normal. Essa deformação faz com que a imagem não seja projetada sobre a retina, e sim atrás dela, como mostra a figura 73.

Quem sofre de hipermetropia tem dificuldades para enxergar objetos próximos, no entanto, para objetos distantes, tem visão normal. Isso se torna possível devido ao trabalho do músculo ciliar. Ele se contrai, aumentando a curvatura do cristalino e fazendo com que a convergência dos raios de luz ocorra de tal forma que a imagem seja projetada sobre a retina.

Para objetos próximos do olho, mesmo com o cristalino sendo encurvado o máximo, a convergência da luz não é suficiente para formar a imagem sobre a retina, ela acaba sendo formada depois dela.

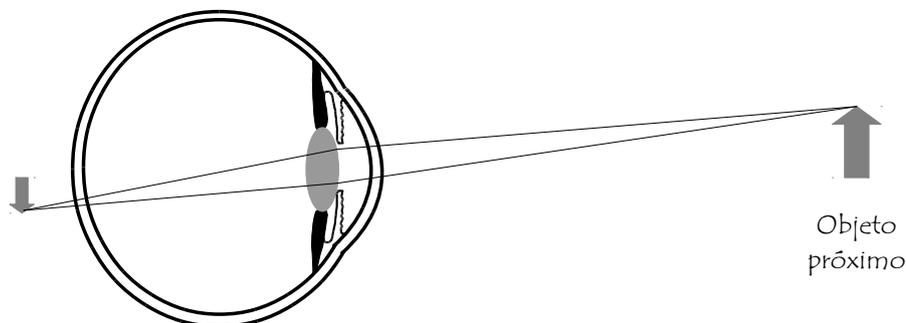


Figura 73: Olho hipermétrope: a imagem se forma atrás da retina.

A correção da hipermetropia é feita por meio do uso de óculos com lentes convergentes, ou seja, uma lente convergente é colocada próxima do olho. Com o auxílio desse tipo de lente, o poder de refração do conjunto olho mais lente, aumenta, permitindo

que a imagem seja projetada sobre a retina (figura 74).

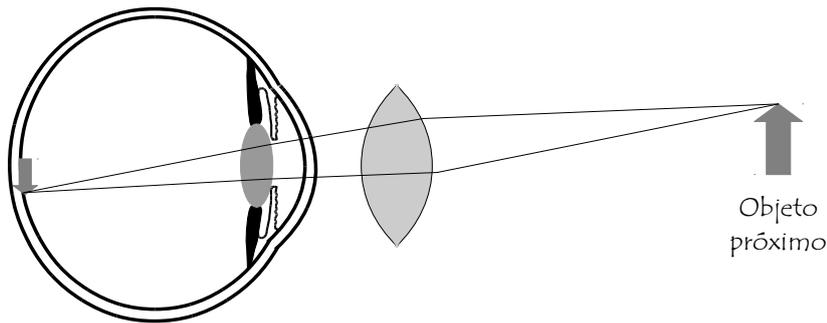


Figura 74: A correção da hipermetropia é feita com o uso de lentes convergentes.

A figura 75 mostra um óculos com lentes convergentes. Cada lente possui +4,0 dioptrias (graus). Observe que as letras vista através delas aparecem maiores.

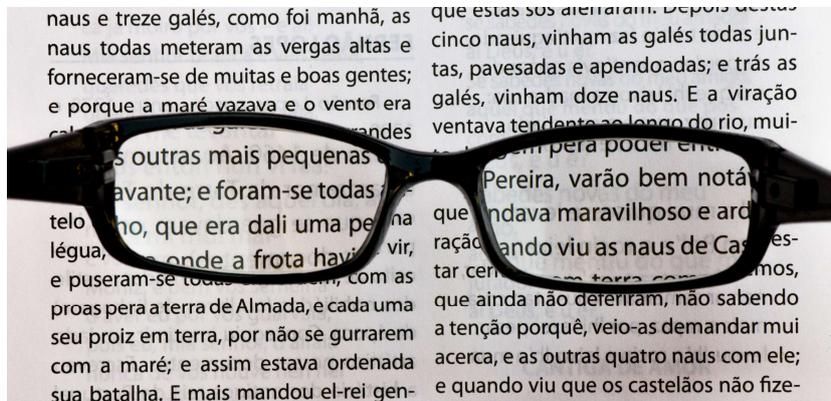


Figura 75: Óculos usado por quem tem problema de hipermetropia.

A **miopia**, também conhecida como “vista curta”, ocorre quando o globo ocular é muito longo. Essa deformação faz com que a imagem não seja projetada sobre a retina, e sim antes dela, como mostra a figura 76.

Quem sofre de miopia tem dificuldades para enxergar objetos distantes, no entanto, para objetos próximos do olho tem visão normal.

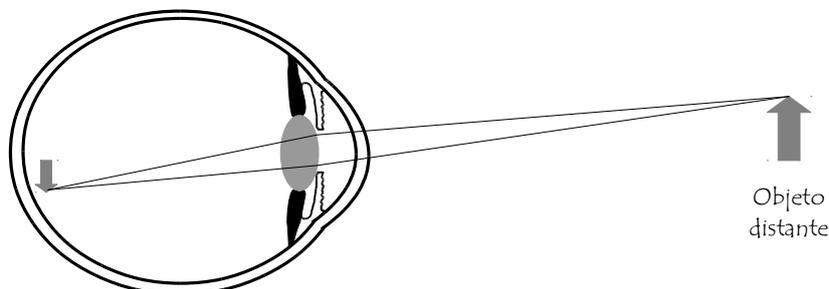


Figura 76: Olho míope: a imagem se forma antes da retina.

A correção da miopia é feita através do uso de óculos com lentes divergentes, ou seja, uma lente divergente é colocada próxima do olho. Com o auxílio desse tipo de lente, o poder de refração do conjunto olho mais lente, diminui, permitindo que a imagem seja projetada sobre a retina (figura 77).



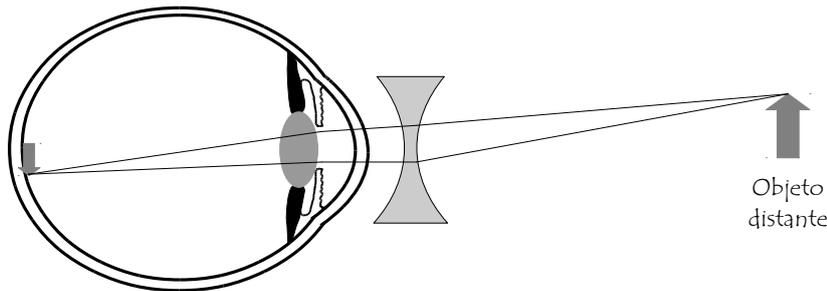


Figura 77: A correção da miopia é feita com o uso de lentes divergentes.

A figura 78 mostra um óculos com lentes divergentes. Cada lente possui $-1,5$ dioptria. Observe que as letras vista através delas parecem menores.

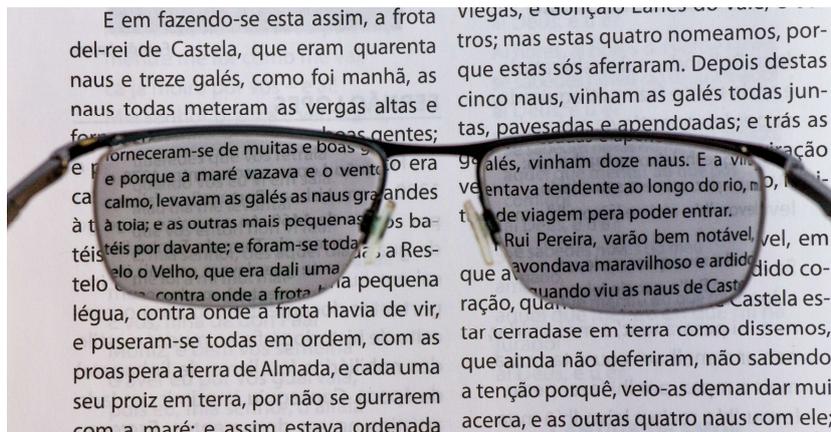


Figura 78: Óculos usado por quem tem problema de miopia.

Outro problema que afeta a visão é a **presbiopia**, também conhecida como “vista cansada”. Ele surge com o envelhecimento. Com o avanço da idade, o cristalino aumenta de tamanho e perde sua elasticidade, diminuindo sua capacidade de acomodação, não sendo mais capaz de modificar a sua curvatura para focar objetos próximos do olho.

Quem sofre de presbiopia tem dificuldades para enxergar objetos próximos do olho, como ler, por exemplo.

Assim como a hipermetropia, a correção da presbiopia também é feita com o uso de lente convergentes.

O **astigmatismo** é outro problema que afeta a visão. Sua causa está relacionada com o formato irregular da córnea ou, mais raramente, com o formato irregular do cristalino. Quem sofre com esse problema apresenta uma visão borrada ou distorcida.

A correção do astigmatismo é feita por meio de lentes cilíndricas, que podem ser convergentes ou divergentes.



CONCEITOS

Hipermetropia: problema na visão que consiste na dificuldade de se enxergar objetos que estejam próximos.

Miopia: problema na visão que consiste na dificuldade de se enxergar objetos que estejam distantes.

Presbiopia: problema na visão que surge com o envelhecimento. Ele está relacionado com o aumento do cristalino e sua perda de elasticidade.

Astigmatismo: problema da visão que consiste no formato irregular do cristalino, ou mais raramente, da córnea do olho.



Perguntas

1. Que tipo de lente é o cristalino?
2. Por que uma pessoa que sofre de miopia deve usar lentes divergentes?
3. Que tipo de lente forma os óculos de quem sofre de hipermetropia?
4. Por que uma pessoa com hipermetropia tem dificuldades para enxergar próximo?
5. A pessoa que sofre de presbiopia tem dificuldades para enxergar algo que está perto. Por que isso acontece?
6. As lentes dos óculos de Dona Maria têm +2 di (“graus”) cada.
 - a) Que tipo de lente Dona Maria usa, divergente ou convergente?
 - b) Calcule a distância focal de cada lente?
 - c) Dona Maria tem dificuldades para enxergar de perto ou de longe?
7. Nas câmeras fotográficas, para que a imagem seja corretamente projetada sobre o sensor, um conjunto de lentes que formam a objetiva da câmera é movimentado em relação às outras lentes. Para que possamos enxergar corretamente, as imagens dos objetos, tanto próximos quanto distantes, devem ser projetadas sobre a retina do nosso olho. Explique que mecanismo do olho torna isso possível.
8. Ao olhar para os olhos de uma pessoa usando óculos de “grau”, você enxerga seus olhos maiores que o normal.
 - a) Que tipo de lente essa pessoa usa, divergente ou convergente?
 - b) Que tipo de problema ele tem nos olhos, miopia ou hipermetropia?
9. (UFPEL - RS) O olho humano é um sofisticado sistema óptico que pode sofrer pequenas variações na sua estrutura, ocasionando os defeitos da visão. Com base em seus conhecimentos, analise as afirmativas abaixo.
 - i. No olho míope, a imagem nítida se forma atrás da retina, e esse defeito da visão é corrigido usando uma lente divergente.
 - ii. No olho com hipermetropia, a imagem nítida se forma atrás da retina, e esse defeito da visão é corrigido usando uma lente convergente.
 - iii. No olho com astigmatismo, que consiste na perda da focalização em determinadas direções, a sua correção é feita com lentes cilíndricas.
 - iv. No olho com presbiopia, ocorre uma dificuldade de acomodação do cristalino, e esse defeito da visão é corrigido mediante o uso de uma lente divergente.

Está(ão) correta(s) apenas a(s) afirmativa(s)

a) i e ii.

c) ii e iv.

e) i e iv

b) iii.

d) ii e iii.



Bibliografia Consultada

- Bôas, N. V.; Doca, R. H.; Biscuola, G. J. Física, v. 2. São Paulo, Saraiva, 2010.
- Bonjorno, J. R. Física: terminologia, óptica, ondulatória, 2º ano. 2 ed. São Paulo: FTD, 2013.
- Breithaupt, J. Física. 3 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.
- Curi, R.; Araújo Filho, J. P. de. Fisiologia básica. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009.
- Cutnell, J. D.; Johnson, K. W. Física, v.2. Rio de Janeiro: LTC, 2006.
- Douglas, C. R. Tratado de fisiologia aplicado às ciências médicas. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.
- Fuke, L. F.; Yamamoto, K. Física para o ensino médio, v. 2. São Paulo: Saraiva, 2010.
- Gonçalves Filho, A.; Toscano, C. Física: interação e tecnologia, v 2. São Paulo: Leya, 2013.
- Guyton, A. C.; Hall, J. E. Tratado de fisiologia médica. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.
- Grupo de reelaboração do ensino da física. Física 2: física térmica / óptica / GREF. 5 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2011.
- Hewitt, P. G. Física conceitual. 11 ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- _____. Fundamentos de física conceitual. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- Parisoto, M. F.; Hilger, T. R. Ilusões de óptica: contraste. Revista Física na Escola, v. 12, n. 2, 2011.
- Roditi, I. Dicionário Houaiss de Física. Rio de Janeiro: Objetiva, 2005.
- Serway, R. A.; Jewett Jr., J. W. Física para cientista e engenheiros, v. 3: eletricidade e magnetismo. São Paulo: Cengage Learning, 2011.
- _____. Princípios de física, v. 4. São Paulo: Cengage Learning, 2009.
- Silva, C. X. da; Filho, B. B. Física aula por aula: mecânica dos fluidos, terminologia, óptica. São Paulo: FTD, 2010.
- Silva, J. A. da; Pinto, A. C. e Leite C. Projeto escola e cidadania: Física. São Paulo: Editora do Brasil, 2000.
- Teixeira, I. A. dos S. Camuflagem e mimetismo como estratégias de sobrevivência. São José dos Campos, SP, 2012. Apresentado como trabalho de conclusão de curso de graduação, Universidade do Vale do Paraíba, 2012. Disponível em:
<<http://biblioteca.univap.br/dados/000004/00000455.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2014.
- Tipler, P. A.; Mosca, G. Física para cientistas e engenheiros, v. 2: eletricidade e magnetismo; ótica. Rio de Janeiro: LTC, 2006.
- Torres, C. M. A. et al. Física ciência e tecnologia, v.2. 3 ed. São Paulo: Moderna, 2013.
- Weiszflog, W. Michaelis: moderno dicionário da língua portuguesa. São Paulo: Companhia Melhoramentos, 1998.

Créditos das Fotos e Ilustrações

Figuras 1 a 46, 48 a 52 e 54 a 78: Francisco Romero Araújo Nogueira

Figura 47: Global NevadaCorp. Disponível em:
<[http://globalnvcorp.com/divisions/energy/solar#!lightbox\[portfolio\]/5/](http://globalnvcorp.com/divisions/energy/solar#!lightbox[portfolio]/5/)>. Acesso em: 20 mai. 2014.

Figura 53: Wikipédia. Disponível em:
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Isaac_Newton>. Acesso em: 20 mai. 2014.

**APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL: MATERIAL DE APOIO AO
PROFESSOR**

MATERIAL DE APOIO AO PROFESSOR

Durante a aplicação do manual didático foram realizadas demonstrações experimentais em sala de aula e exibições de aplicativos de simulação virtual.

As sugestões aqui apresentadas é uma compilação da prática didática usada em sala de aula durante a aplicação do manual didático. Fica a critério do professor fazer uso, ou não, desses recursos didáticos aqui apresentados em conjunto com o manual didático.

Para cada tópico do manual didático, com exceção do primeiro, são sugeridos aplicativos de simulação virtual e/ou demonstrações experimentação simples que podem ser realizadas em sala de aula.

Tópico 2: A Luz e os Objetos

Professor, explore o potencial das imagens contidas nesse tópico do manual didático para exemplificar a propagação da luz em alguns materiais (figuras 2, 3 e 4) e também para exemplificar os tipos de fontes de luz (figuras 7 e 8).

Sugestão de aplicativo de simulação: Reflexão da luz.

Esse aplicativo simula a luz refletindo em partículas de pó de giz.

Site: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/optics_interactive/propagation_of_light_scattering.htm

Tópico 3: Reflexão da Luz

Professor, introduza esse assunto fazendo a pergunta que está no início desse tópico para os estudantes. Após ouvi-los, desenvolva o conteúdo explorando as imagens contida no referido tópico do manual didático.

Sugestão de aplicativo de simulação: Reflexão em um espelho plano.

Esse aplicativo simula a segunda lei da reflexão da luz.

Site: <http://www.if.ufrj.br/~marta/aplicativos/leisdareflexao.swf>

Tópico 4: As Cores dos Objetos

Para introduzir o tema sugerimos a exploração da figura 20 do manual didático. Professor, deixe claro para os estudantes que a luz branca é formada pela junção de luz de todas as cores imagináveis.

Sugestão de aplicativo de simulação: Cores primárias.

Esse aplicativo mostra as diversas cores formadas pela combinação de três feixes de luz nas cores primária (vermelho, verde e azul) refletidas em uma superfície branca.

Site: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/optics_interactive/additive_color_model_mixing_synthesis.htm.

Tópico 5: Espelhos Planos

No final desse tópico, o manual didático apresenta um roteiro de uma atividade prática sobre associação de espelhos planos. Para essa atividade serão necessários espelhos planos retangulares, com dimensões de aproximadamente 6 por 8 cm. Para desenvolvê-la basta seguir o roteiro contido na página 28 do manual didático. Após a conclusão da atividade, sugerimos que seja feita uma discussão com os estudantes sobre os passos 5 e 6 do roteiro da atividade prática.

Sugestão de aplicativo de simulação: Formação da imagem e campo visual de espelhos planos.

Esse aplicativo mostra como ocorre a formação de imagens conjugadas por espelhos planos. Ele também permite mostrar o que é o campo visual desse tipo de espelho.

Site: <http://www.if.ufrj.br/~marta/aplicativos/espelhoplano.swf>

Tópico 6: Espelhos Esféricos e Aplicações

Sobre o assunto desenvolvido nesse tópico, sugerimos enfatizar as aplicações dos espelhos esféricos. Professor, mostre que esse tipo de espelho está presente em vários dispositivos.

Sugestão de demonstração experimental: Manipulação de espelhos esféricos.

Distribuir espelhos planos e esféricos (côncavo e convexo) para que a turma possa manipulá-los. Solicitar que os estudantes observem as diferentes imagens formadas pelos esféricos e comparem com as imagens formadas por espelhos planos. Poderão ser usados espelhos convexos de retrovisores de motocicletas. Espelhos côncavos são vendidos em lojas de produtos de beleza ou de variedades.

Tópico 7: Refração da Luz

Para introduzir o assunto desse tópico, o manual didático cita vários tipos de ondas eletromagnéticas e algumas aplicações. Sugerimos que seja feita uma discussão com os estudantes sobre a importância do conhecimento científico acerca das ondas eletromagnéticas, destacando os dispositivos presentes em nosso dia a dia, como TV, rádio, forno micro-ondas, controle remotos etc, que estão relacionados com as mesmas.

Sugestão de aplicativo de simulação: Refração da luz

Com esse aplicativo é possível visualizar a mudança que ocorre na trajetória de um raio luminoso quando ele passar de um meio transparente para outro. O aplicativo também mostra a posição da imagem de um objeto, nesse caso uma moeda, vista por um observador que está em um meio com índice de refração diferente.

Site: <http://www.if.ufrj.br/~marta/aplicativos/dioptro.swf>

Tópico 8: Lentes Esféricas

Professor, para explicar como ocorre a refração da luz nas lentes esféricas sugerimos a exploração das figuras 57 e 59 do manual didático. Da mesma forma, as imagens 63 a 66 poderão ser usadas para mostrar as características das imagens formada pelas lentes esféricas.

Sugestão de demonstração experimental 1: Manipulação de lentes esféricas.

Distribuir lentes esféricas (convergentes e divergentes) para que a turma possa manipulá-las. Solicitar que os estudantes observem as características geométricas de cada lente e de suas respectivas imagens.

Sugestão de demonstração experimental 2: Projeção de imagem formada por uma lente convergente.

Para esta demonstração será necessária uma lente convergente, uma vela, fósforo e uma folha de papel de cor branca (pode ser papel A4). Alinhando a vela acesa, a lente e a folha de papel na posição correta e, necessariamente, nessa ordem, é possível projetar a imagem da chama da vela na folha de papel. É necessário que o ambiente esteja pouco iluminado.

Tópico 9: O Olho Humano

Sugerimos, como parte da explicação dos componentes do olho humano, a exploração da figura 70. Ela mostra como se composta a pupila do olho de um gato em ambientes com diferentes luminosidades.

Sugestão de aplicativo de simulação: Visão do olho normal, míope e hipermetrópe; e as respectivas correções com lentes esféricas.

Na aba “• óptica – olho normal”, o aplicativo simula a visão de um olho normal, mostrando a variação da curvatura da retina do olho e a projeção da imagem sobre a retina. Na aba “• óptica – miopia”, o aplicativo simula a visão de um olho míope. Movendo o objeto que está na frente do olho para a esquerda ou para direita, verifica-se a formação da imagem antes ou sobre a retina, respectivamente. Na aba “• óptica – hipermetropia”, o aplicativo simula a visão do olho hipermetrópe. Movendo o objeto que está na frente do olho para a direita ou para esquerda, verifica-se a formação da imagem sobre ou depois da retina, respectivamente. Na aba “• óptica – correção”, o aplicativo simula como se faz a correção dos defeitos da visão. Para isso, basta posicionar a lente apropriada na frente do olho defeituoso.

Site: <http://www.ideiasnacaixa.com/laboratoriovirtual/index.htm>

ANEXO A – QUESTIONÁRIO INFORMATIVO

Este questionário faz parte de uma pesquisa em ensino de Física na Educação de Jovens e Adultos (EJA) – Nível Médio. Seu objetivo é traçar o perfil de alguns aspectos socioeconômicos dos estudantes pesquisados.

Procure responder todas as questões de forma individual e consciente. A veracidade das suas respostas é essencial para a pesquisa.

Em cada questão marque a alternativa (apenas uma) que melhor corresponde as suas características pessoais.

1. Qual a sua idade?
 - (a) 18 a 25 anos.
 - (b) Entre 25 e 35 anos.
 - (c) Mais de 35 anos.
2. Área onde você mora?
 - (a) Urbana.
 - (b) Rural.
3. Você acessa à internet quantas vezes por semana?
 - (a) Nenhuma.
 - (b) Até uma hora por semana.
 - (c) Mais de uma hora por semana.
4. Por que você parou de estudar?
 - (a) Simplesmente porque não quis estudar.
 - (b) Problemas de saúde.
 - (c) O trabalho lhe obrigou a parar de estudar.
 - (d) Não teve oportunidade (não tinha escola em sua região).
 - (e) Parou de estudar para se dedicar à família (cuidar dos filhos e da casa).
5. Quanto tempo você ficou longe da escola?
 - (a) Até 3 anos.
 - (b) Entre 4 e 10 anos.
 - (c) Entre 11 e 20 anos.
 - (d) Mais de 20 anos.
6. Quanto tempo você reserva para estudar em casa?
 - (a) Até uma hora por dia.
 - (b) Até duas horas por dia.
 - (c) Mais de duas horas por dia.
7. Quais suas pretensões após terminar o Ensino Médio?
 - (a) Parar de estudar.
 - (b) Continuar estudando (cursar uma faculdade ou curso técnico)

ANEXO B – QUESTIONÁRIO AVALIATIVO

1. O Manual Didático de Óptica Geométrica contribuiu para sua aprendizagem no assunto.
 - a) concordo.
 - b) concordo plenamente.
 - c) discordo.
 - d) discordo plenamente.
2. O texto do Manual Didático está claro. Ao ler esse material é possível compreender com clareza os fenômenos de Óptica Geométrica abordados.
 - a) concordo.
 - b) concordo plenamente.
 - c) discordo.
 - d) discordo plenamente.
3. As ilustrações e fotos contidas no Manual Didático ajudam na compreensão dos fenômenos de Óptica Geométrica abordados.
 - a) concordo.
 - b) concordo plenamente.
 - c) discordo.
 - d) discordo plenamente.
4. De uma forma geral, você classificaria a qualidade do Manual Didático como boa:
 - a) concordo.
 - b) concordo plenamente.
 - c) discordo.
 - d) discordo plenamente.
5. Os fenômenos de Óptica Geométrica estudados nesse período foram relevantes para sua vida, pois estão relacionados com fatos do seu cotidiano:
 - a) concordo.
 - b) concordo plenamente.
 - c) discordo.
 - d) discordo plenamente.
6. Durante as aulas foram mostradas simulações virtuais de alguns fenômenos de Óptica Geométrica. Essas simulações contribuíram para o entendimento desses fenômenos.
 - a) concordo.
 - b) concordo plenamente.
 - c) discordo.
 - d) discordo plenamente.

ANEXO C – DADOS SOBRE PERFIL DOS ESTUDANTES

RESULTADO DA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO INFORMATIVO

Pergunta	Alternativas	Turma 2014/2		Turma 2015/1			Total		Total	
		%	Frequência	Estudantes	%	Frequência	Estudantes	%		Frequência
1	(a)	19	4		35	7		27	11	
	(b)	24	5	21	60	12	20	41	17	41
	(c)	57	12		5	1		32	13	
2	(a)	100	20		89	17		95	37	
	(b)	0	0	20	11	2	19	5	2	39
3	(a)	10	2		10	2		10	4	
	(b)	40	8	20	35	7	20	38	15	40
	(c)	50	10		55	11		53	21	
4	(a)	20	4		10	2		15	6	
	(b)	0	0		0	0		0	0	
	(c)	50	10	20	30	6	20	40	16	40
	(d)	25	5		5	1		15	6	
	(e)	5	1		55	11		30	12	
5	(a)	5	1		30	6		18	7	
	(b)	35	7	20	50	10	20	43	17	40
	(c)	25	5		15	3		20	8	
	(d)	35	7		5	1		20	8	
6	(a)	76	16		90	18		83	34	
	(b)	14	3	21	10	2	20	12	5	41
	(c)	10	2		0	0		5	2	
7	(a)	15	3	20	0	0	19	8	3	39
	(b)	85	17		100	19		92	36	

ANEXO D – DADOS DA AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

RESULTADO DA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Pergunta	Turma 2014/2			Turma 2015/1			Geral		
	%	Frequência	Total	%	Frequência	Total	%	Frequência	Total
1	(a)	30	7	56	9		41	16	
	(b)	70	16	23	38	6	16	56	22
	(c)	0	0		6	1		3	1
	(d)	0	0		0	0		0	0
2	(a)	41	9	75	12		55	21	
	(b)	59	13	22	19	3	16	42	16
	(c)	0	0		0	0		0	0
	(d)	0	0		6	1		3	1
3	(a)	48	11	63	10		54	21	
	(b)	52	12	23	38	6	16	46	18
	(c)	0	0		0	0		0	0
	(d)	0	0		0	0		0	0
4	(a)	22	5	63	10		38	15	
	(b)	78	18	23	38	6	16	62	24
	(c)	0	0		0	0		0	0
	(d)	0	0		0	0		0	0
5	(a)	22	5	44	7		31	12	
	(b)	78	18	23	44	7	16	64	25
	(c)	0	0		6	1		3	1
	(d)	0	0		6	1		3	1
6	(a)	26	6	50	8		36	14	
	(b)	74	17	23	50	8	16	64	25
	(c)	0	0		0	0		0	0
	(d)	0	0		0	0		0	0