



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM
ENSINO DE FÍSICA

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**A utilização de material paradidático no ensino dos conceitos iniciais de
Óptica Geométrica**

Ronielson Francisco Gonçalves Araujo

BRASÍLIA – DF
2018



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL
EM ENSINO DE FÍSICA

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**A utilização de material paradidático no ensino dos conceitos iniciais de
Óptica Geométrica**

Ronielson Francisco Gonçalves Araujo

Dissertação de Mestrado realizada sob orientação do Professor Dr. Fábio Ferreira Monteiro e apresentado como requisito à obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade de Brasília.

BRASÍLIA - DF
2018

Dedico este trabalho aos meus amados pais, Lúcia e Joseilton, a essência da magia que é a razão da minha energia, persistência e luta. A minha irmã Luana, parceira, conselheira e incentivadora. A minha namorada, Paula, que nos últimos meses me acompanhou e me forneceu todo o carinho e motivação necessária.

AGRADECIMENTOS

A Deus, o criador de tudo.

A SBF e a coordenação geral do MNPEF.

Ao Instituto de Física da UnB.

Ao meu Orientador, Professor Dr. Fábio Ferreira Monteiro, pela sua paciência, pela grandiosa inteligência e presteza e pelo apoio à idealização e concretização deste trabalho.

A todos os professores que tive em minha trajetória educacional que, compartilhando suas habilidades imensuráveis, ajudaram-me a exercer com amor e seriedade minha profissão.

Aos meus alunos, grandes atores do processo educacional.

A Escola Master pela parceria.

A todos meus familiares e amigos que, de perto ou de longe, torceram pela finalização deste trabalho.

RESUMO

ARAUJO, Ronielson Francisco Gonçalves Araujo. **A utilização de material paradidático no ensino dos conceitos iniciais de Óptica Geométrica**. 2018. p. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade de Brasília – UnB, Brasília, 2018.

Apresenta-se aqui uma proposta de ensino dos aspectos introdutórios da Óptica Geométrica, em particular dos princípios de propagação luminosa, direcionada ao segundo ano do Ensino Médio da Educação Básica. Ao final deste trabalho forneceremos um material paradidático cuja proposta vai de encontro à Teoria da Aprendizagem Significativa, de David Ausubel, promovendo um processo de ensino-aprendizagem potencialmente significativo, justificado pelos elementos característicos de um livro paradidático e de seus diferenciais educacionais. Tal escolha se deu pela ausência de material de estudo que apresentassem todas as características intrínsecas de um material potencialmente significativo. Sustentando uma sequência didática nessas proposições, promoveremos uma prática de ensino-aprendizagem diferenciada dos métodos tradicionais, na qual o aluno consiga aprender significativamente e de forma não mecânica, através da interação dialógica, interpretativa, interdisciplinar e experimental do tema abordado.

Palavras-chave: Óptica Geométrica, Aprendizagem Significativa, Material Paradidático, Interdisciplinaridade, Interação dialógica.

ABSTRACT

ARAUJO, Ronielson Francisco Gonçalves Araujo. **The use of paradidático material in the teaching of the initial concepts of Geometric Optics**. 2018. p. Dissertation (Professional Master in Physics Teaching) - Institute of Physics, University of Brasília - UnB, Brasília, 2018.

Here we present a proposal to teach the introductory aspects of Geometric Optics, in particular the principles of light propagation, directed to the second year of High School Basic Education. The purpose of the work is to provide a paradidactical material whose proposal goes according David Ausubel's Significant Learning Theory, promoting a potentially significant teaching-learning process, justified by the characteristic elements of a paradidático book and its educational differentials. Sustaining a didactic sequence in these propositions, it is hoped to promote a teaching-learning practice differentiated from traditional methods, in which the student can learn significantly and in a non-mechanical way, through the dialogic, interpretative, interdisciplinary and experimental interaction of the topic addressed

Keywords: Geometric Optics, Significant Learning, Paradigmatic Material, Interdisciplinarity, Dialogical Interaction.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Análise das respostas dos aprendizes na Questão 1 do pré-teste.....	Página 40
Gráfico 2: Análise das respostas dos aprendizes na Questão 2 do pré-teste.....	Página 41
Gráfico 3: Análise das respostas dos aprendizes na Questão 3 do pré-teste.....	Página 41
Gráfico 4: Análise das respostas dos aprendizes na Questão 4 do pré-teste.....	Página 42
Gráfico 5: Análise das respostas dos aprendizes na Questão 5 do pré-teste.....	Página 43
Gráfico 6: Análise das respostas dos aprendizes na Questão 6 do pré-teste.....	Página 43
Gráfico 7: Análise das respostas dos aprendizes na Questão 7 do pré-teste.....	Página 44
Gráfico 8: Análise das respostas dos aprendizes na Questão 8 do pré-teste.....	Página 45
Gráfico 9: Análise das respostas dos aprendizes na Questão 1 do pós-teste.....	Página 53
Gráfico 10: Análise das respostas dos aprendizes na Questão 2 do pós-teste.....	Página 53
Gráfico 11: Análise das respostas dos aprendizes na Questão 3 do pós-teste.....	Página 54
Gráfico 12: Análise das respostas dos aprendizes na Questão 4 do pós-teste.....	Página 55
Gráfico 13: Análise das respostas dos aprendizes na Questão 5 do pós-teste.....	Página 55
Gráfico 14: Análise das respostas dos aprendizes na Questão 6 do pós-teste.....	Página 56
Gráfico 15: Análise das respostas dos aprendizes na Questão 7 do pós-teste.....	Página 56
Gráfico 16: Análise das respostas dos aprendizes na Questão 8 do pós-teste.....	Página 57

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1: Realização da atividade experimental.....	Página 48
Imagem 2: Realização da atividade experimental.....	Página 49
Figura 3: Resposta ao questionário final do livro.....	Página 51
Figura 4: Resposta ao questionário final do livro.....	Página 51
Figura 5: Resposta ao questionário final do livro.....	Página 51
Figura 6: Resposta ao questionário final do livro.....	Página 52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Análise do questionário de opinião.....	Página 59
--	-----------

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3. REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1. DAVID AUSUBEL: A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA. 18	
3.2. A IMPORTÂNCIA DOS LIVROS PARADIDÁTICOS NO PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM	23
3.3. A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA.....	29
4. METODOLOGIA.....	31
4.1. Metodologia Geral do Trabalho.....	31
4.2. Do local da Pesquisa	33
4.3. Os sujeitos da Pesquisa.....	34
4.4. Apresentação do Produto Educacional	35
4.5. Da Sequência Didática proposta.....	36
5. ANÁLISE DAS ATIVIDADES REALIZADAS	40
5.1. Análise do pré-teste	40
5.1.1. Questão 1 – Alternativa esperada: Letra “D”	40
5.1.2. Questão 2 – Alternativa esperada: Letra “D”	41
5.1.3. Questão 3 – Alternativa esperada: Letra “B”	42
5.1.4. Questão 4 – Alternativa esperada: Letra “A”	42
5.1.5. Questão 5 – Alternativa esperada: Letra “C”	43
5.1.6. Questão 6 – Alternativa esperada: Letra “C”	44
5.1.7. Questão 7 – Alternativa esperada: Letra “D”	44
5.1.8. Questão 8 – Alternativa esperada: Letra “D”	45
5.2. Análise das atividades dos encontros	45
5.3. Análise do pós-teste.....	52
5.3.1. Questão 1 – Alternativa esperada: Letra “D”	53
5.3.2. Questão 2 – Alternativa esperada: Letra “D”	53
5.3.3. Questão 3 – Alternativa esperada: Letra “B”	54
5.3.4. Questão 4 – Alternativa esperada: Letra “A”	55
5.3.5. Questão 5 – Alternativa esperada: Letra “C”	55

5.3.6. Questão 6 – Alternativa esperada: Letra “C”	56
5.3.7. Questão 7 – Alternativa esperada: Letra “D”	57
5.3.8. Questão 8 – Alternativa esperada: Letra “D”	57
5.4. Questionário de Opinião	58
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
7. REFERÊNCIAS NBIBLIOGRÁFICAS	62
8. APÊNDICE	66
8.1. ANEXO I: Questionário pré-teste e pós-teste	66
8.2. Questionário de Opinião	68
8.3. Livro “O mundo da Óptica”	69

1. INTRODUÇÃO

O ensino da Óptica Geométrica marca o início do contato do aprendiz com o estudo dos fenômenos luminosos no ramo da Física, em geral no nono ano do Ensino Fundamental e, de forma mais aprofundada, na segunda série do Ensino Médio. Tal fator reveste esse estudo, que irá se debruçar sobre o ensino dos princípios fundamentais da óptica geométrica, de especial importância.

O objetivo geral desta pesquisa é mostrar como o uso dos livros paradidáticos pode ser utilizado por professores no sentido de alcançar uma aprendizagem potencialmente significativa no estudo da Óptica Geométrica.

Na primeira parte deste trabalho será apresentada uma revisão bibliográfica que apresentará o cenário da abordagem da Óptica Geométrica nos livros didáticos. Em seguida será mostrada a sustentação teórica para a utilização dos materiais paradidáticos. O próximo capítulo mostrará a metodologia geral da pesquisa e, por fim, serão apresentados os resultados após a utilização do livro paradidático em sala de aula.

De fato, uma vez não alcançado um resultado desejado na aprendizagem deste objeto de estudo, o estudante carregará consigo uma lacuna conceitual que acarretará em prejuízos no aprendizado de temas mais complexos desta área de conhecimento, como, por exemplo, no que concerne a propriedades dos espelhos e das lentes.

Os próprios Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs, 2000) pregam que deve existir uma relação histórica entre ciência e tecnologia, na qual proporciona ao aprendiz compreender o conhecimento científico e o tecnológico como desdobramentos de uma construção humana, inseridos em um processo histórico. Em linhas gerais, é requisitado que o estudante:

- Compreenda a construção do conhecimento físico como um processo histórico, em estreita relação com as condições sociais, políticas e econômicas de uma determinada época;

- Compreenda o desenvolvimento histórico dos modelos físicos para dimensionar corretamente os modelos atuais, sem dogmatismo ou certezas definitivas;
- Compreenda o desenvolvimento histórico da tecnologia, nos mais diversos campos, e suas consequências para o cotidiano e as relações sociais de cada época, identificando como seus avanços foram modificando as condições de vida e criando novas necessidades;
- Perceba o papel desempenhado pelo conhecimento físico no desenvolvimento da tecnologia e a complexa relação entre ciência e tecnologia ao longo da história.

Da mesma forma, segundo os PCNs (2000), a Física apresenta-se como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos presentes no cotidiano, cujas competências se constroem em um presente contextualizado, em articulação com competências de outras áreas, impregnadas de outros conhecimentos. Assim, no aprendizado de física o estudante, de acordo com os PCNs (2000), deve:

- Frente a uma situação ou problema concreto, reconhecer a natureza dos fenômenos envolvidos, situando-os dentro do conjunto de fenômenos da Física e identificar as grandezas relevantes, em cada caso.
- Construir uma visão sistematizada dos diversos tipos de interação e das diferentes naturezas de fenômenos da física para poder fazer uso desse conhecimento de forma integrada e articulada.

Interdisciplinaridade e Contextualização são ferramentas essenciais para fomentar o elo entre diferentes áreas do conhecimento. Deve-se, portanto, fornecer ao estudante a possibilidade de se posicionarem diante dessas, apresentando-se aos mesmos situações-problema, experimentos ou debates onde a relação interdisciplinar toma o papel de função essencial do processo educacional. De acordo com os PCNs, essa articulação interdisciplinar, promovida por um aprendizado com contexto, não deve ser vista como um produto suplementar a ser oferecido eventualmente se der tempo, porque sem

ela o conhecimento desenvolvido pelo aluno estará fragmentado e será ineficaz:

Em termos gerais, a contextualização no ensino de ciências abarca competências de inserção da ciência e de suas tecnologias em um processo histórico, social e cultural e o reconhecimento e discussão de aspectos práticos e éticos da ciência no mundo contemporâneo [...] (PCN, 2000)

Abandonar o método tradicional e mecânico de ensino implica em desenvolver estratégias de ensino que abordem temas cada vez mais variados. Exige-se, portanto, do professor uma postura interdisciplinar na prática docente, principalmente porque as sequências didáticas interdisciplinares – como a que será proposta neste trabalho – são bem mais eficientes quando permeadas de correlação cognitivas e conceituais.

Uma importante ferramenta nesse processo é o material paradidático, capaz de promover o conhecimento de uma forma contextualizada, dinâmica e agradável ao aprendiz, muito pela sua forma peculiar e menos técnica que o livro didático.

Os livros paradidáticos atendem à Literatura e a todas as outras disciplinas, procurando ajudar professores e enriquecer a vida do aluno. Com visual e temas adequados, esses livros procuram despertar o hábito da leitura e levantar questionamentos que antes ficavam à margem da vida escolar, objetivando complementar informações de maneira leve e ágil. São características dos paradidáticos: preços populares; longa vida editorial; direcionamento a crianças e jovens, além do espaço escolar; temas literários e transversais; linguagem mais acessível. (LAGUNA, 2012)

Para Moreira (2006), a utilização de materiais diversificados e cuidadosamente selecionados, ao invés da “centralização” em livros-texto, é também um princípio facilitador da aprendizagem significativa. Contudo, o desenvolvimento do material paradidático proposto neste trabalho não tem por objetivo excluir das salas de aula a utilização do livro-texto, mas sim de apontar estratégias alternativas que não enfatizam o livro como fonte única de informação.

Desta forma, uma prática interdisciplinar bem embasada, promove e desenvolve o conhecimento no aprendiz de uma forma bastante consolidada e integradora, uma vez que a apropriação de conceitos não ocorre a partir de um fato propriamente dito, mas das diferentes relações que este pode conter nos contextos naturais, filosóficos, sociais, fenomenológicos, históricos, dentre outros.

Nesse sentido, o presente trabalho apresenta-se como uma proposta de ensino dos princípios fundamentais da óptica geométrica, através de um material paradidático, com uma abordagem potencialmente significativa, sustentada pelos pressupostos teóricos de David Ausubel. O contexto histórico das descobertas e dos feitos provenientes dos princípios da óptica geométrica serão adotados como elementos norteadores das práticas de ensino.

O paradidático desenvolvido como produto deste trabalho, propõe uma ação metodológica potencialmente significativa que incentive o gosto pela leitura, pelas atividades diversificadas, exploratórias e experimentais, promovendo o surgimento de novas competências educacionais nos aprendizes. Os temas transversais – abordagens que geralmente não são associadas diretamente a apenas um ou outro componente curricular – que, em geral, não são aprofundados nos livros didáticos, visam enriquecer a sequência didática e os planos de ensino elaborados pelos professores.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Buscou-se formar aqui um apanhado geral das pesquisas mais recentes relacionadas ao uso de livros paradidáticos como ferramenta facilitadora do processo ensino-aprendizagem no contexto escolar de modo geral e no ensino de Física, em particular. Também será apresentada uma visão geral dos livros didáticos de Física mais utilizados atualmente, como forma de visualizar os aspectos inerentes aos materiais paradidáticos, não pertencentes a esses materiais convencionais.

Neto e Fracalanza (2003), no artigo intitulado “**O livro didático de ciências: problemas e soluções**” afirmam que a melhoria da qualidade do ensino praticado em nossas escolas públicas pressupõe, ao lado de recursos

pedagógicos alternativos e variados, postos à disposição dos professores e dos alunos.

Xavier e Kerr (2004), no artigo intitulado **“A análise do efeito estufa em textos paradidáticos e periódicos jornalísticos”** afirmam que os livros paradidáticos analisados na pesquisa mostraram-se mais coerentes com as abordagens e hipóteses desenvolvidas pela comunidade científica. Afirmam ainda que como esses livros são destinados ao ensino, é importante que sejam formulados com grande cuidado.

Assis (2005) em sua tese de doutorado **“Leitura, argumentação e ensino de Física: análise da utilização de um texto paradidático em sala de aula”** indica que, em sua pesquisa, os resultados evidenciaram a ocorrência do tripé professor/aluno/texto, e que essa interação foi fundamental para motivar os alunos a explicitarem as suas idéias e demonstrarem indícios de aprendizagem significativa crítica.

Beneti (2008) em sua dissertação de mestrado **“Textos paradidáticos e o ensino de Física: uma análise das ações do professor no âmbito da sala de aula”** defende que além da utilização de material paradidático o papel do professor é fundamental, tendo em vista que será por intermédio da sua mediação que os diferentes conhecimentos, estudados no cotidiano da sala de aula, se desencadearão e se estruturarão.

Almeida e Sorpreso (2011) no artigo **“Dispositivo analítico para compreensão da leitura de diferentes tipos textuais: exemplos referentes à Física”** defendem que muito do que aprendemos devemos à leitura; e um dispositivo analítico, ainda que oriundo da linguística, permite que pensemos situações de leituras em funcionamento no ensino escolar e na educação não formal das ciências da natureza.

Laguna (2012) no artigo **“A contribuição do livro paradidático na formação do aluno-leitor”** A leitura paradidática apresenta-se com o objetivo de despertar nas pessoas o prazer de ler, reconhecendo-se o ato de ler como capaz de instruir, divertir, fazer sonhar com projetos pessoais, políticos, de justiça, de amor e paz.

Zen e Pereira (2013) afirmam no artigo **“A Física do cotidiano: textos paradidáticos de calorimetria e termometria”** que, diante do cenário atual das necessidades de ensino e de métodos eficientes que visam superar as

dificuldades de aprendizagem nas aulas de Física e com relação à prática pedagógica que permeia a construção do conhecimento e dos conceitos, a apresentação de textos paradidáticos tem grande potencial de suprir essa necessidade escolar e, ao mesmo tempo, oportunizar ao professor a possibilidade de utilização de uma metodologia diferenciada que visa, além de trabalhar a Física de forma contextualizada.

No artigo **“Leitura em aulas de ciências: a contribuição dos livros paradidáticos”**, Precioso e Salomão (2014) defendem que o uso de diferentes alternativas didáticas, em especial os livros paradidáticos, pode auxiliar o processo de ensino-aprendizagem, pois motiva o aluno a desenvolver conceitos de forma diferenciada, criando, por meio de processos interdisciplinares, um ambiente de discussão e reflexão promovendo uma maior contextualização e valorização do conteúdo escolar.

No artigo **“A leitura e a escrita de textos paradidáticos na formação do futuro professor de Física”**, Rodrigues (2015) verifica que a utilização de textos paradidáticos, em especial de textos literários sobre Física, é algo interessante de ser realizado em sala de aula e pode proporcionar o interesse dos alunos pela temática abordada, bem como pode aproximar mais a Física do seu cotidiano.

Pereira (2016) defende, em sua dissertação de mestrado intitulada **“Elementos de eletrodinâmica associados aos aspectos gerais do lago Paranoá”**, que se deve ter o cuidado, ao construir os materiais paradidáticos, em elaborar questões que favoreçam a interdisciplinaridade, a aquisição de conceitos e situações que requeiram aplicações e discernimento nas diversas situações que envolvam grandezas físicas.

A partir das obras citadas acima, pode-se perceber que a utilização de materiais paradidáticos no processo ensino-aprendizagem e representa um fator de potencialidade e de aplicabilidade didática dos referidos livros.

A seguir, será apresentado agora um apanhado geral dos livros didáticos mais utilizados nas Instituições de Ensino, sejam elas particulares ou públicas. A intenção é apresentar como o conteúdo de Óptica Geométrica é inserido nas obras e identificar a presença ou não de atividades diferenciadas.

1. **Coleção Quanta Física**. Vários autores. 2º ano, ensino médio. 2010.

- **Título do Capítulo:** Luz, imagens e processamento.
- **Motivador inicial:** Um parágrafo referente à linguagem áudio-visual seguido de uma imagem de um espetáculo circense; um texto que faz referência ao sistema de cores *RGB* (*Red – Green – Blue*).
- **Atividades diferenciadas ou Sugestão de experimentos:** Experimento sobre mistura de cores e de luz.
- **Texto complementar:** “Visão em cores” – Dois parágrafos explanando rapidamente a relação entre as cores e os processos cerebrais.

2. FILHO, A. G.; TOSCANO, C. **Física e Realidade**. 2º ano, ensino médio. São Paulo, ed. Scipione, 2010.

- **Título do Capítulo:** Luz, visão e fenômenos luminosos.
- **Motivador inicial:** Uma imagem de uma pessoa fotografando um eclipse transmitido pela TV, seguido de um parágrafo recheado de perguntas a respeito da luz e sua propagação.
- **Atividades diferenciadas ou Sugestão de experimentos:** Não há.
- **Texto complementar:** “A origem da máquina fotográfica: a câmara escura.”

3. SILVA, C. X.; FILHO, B. B. **Física aula por aula: mecânica dos fluidos, termologia e óptica**. São Paulo, FTD. 2011.

- **Título do Capítulo:** Introdução ao estudo da Óptica.
- **Motivador inicial:** Uma imagem de um arco-íris, seguido de um parágrafo com perguntas a respeito da forma do mesmo. Em seguida um pequeno texto introdutório abordando muito resumidamente (em um parágrafo) os modelos propostos para a luz historicamente.
- **Atividades diferenciadas ou Sugestão de experimentos:** Não há.
- **Texto complementar:** “Como ocorre um eclipse solar.”

4. VILLAS BOAS, N.; DOCA, R. H.; GUALTER, J. B. **Física 2: termologia, ondulatória e óptica**. São Paulo, Saraiva, 2013.

- **Título do Capítulo:** Fundamentos da Óptica Geométrica.
- **Motivador inicial:** Um parágrafo que define luz como “o agente físico que, atuando nos órgãos visuais, provoca a sensação de visão”, além de um texto sobre aplicações da óptica geométrica – sem imagens.
- **Atividades diferenciadas ou Sugestão de experimentos:** mini-câmara escura de orifício.
- **Texto complementar:** “Combinando cores”, texto que faz referências às misturas de cores.

5. GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA J. R.; CARRON, W. **Física. Volume 2.** São Paulo. Ed. Ática, 2013

- **Título do Capítulo:** Luz e reflexão luminosa.
- **Motivador inicial:** A imagem de uma mulher frente ao espelho aliado de um texto sobre o contexto histórico do estudo da óptica.
- **Atividades diferenciadas ou Sugestão de experimentos:** Não há.
- **Texto complementar:** “A impressão colorida.” – texto que aborda o sistema *CMYK* (*Cyan – Magenta – Yellow – Black*)

6. Coleção Ser protagonista. **Física.** Vários autores. 2º ano, ensino médio. 2010.

- **Título do Capítulo:** Reflexão da Luz.
- **Motivador inicial:** A imagem do congresso Nacional refletido no espelho d’água disposto em sua frente. Além disso, aparecem quatro questões (assemelhando-se a um levantamento de conhecimentos prévios dos alunos) sobre a formação da imagem supracitada, bem como sobre aspectos ligados às fotografias.
- **Atividades diferenciadas ou Sugestão de experimentos:** Não há.
- **Texto complementar:** “Cuide de seus olhos.” – texto que aborda a importância dos exames oftalmológicos.

7. RAMALHO, F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. T. **Os Fundamentos da Física.** Volume 2, Ed. Moderna.

- **Título do Capítulo:** Introdução à Óptica Geométrica.
- **Motivador inicial:** Uma pequena imagem (Canto da página) de um templo refletido no espelho d’água disposto em sua frente.
- **Atividades diferenciadas ou Sugestão de experimentos:** Não há.
- **Texto complementar:** “Cores primárias, secundárias e complementares.”

8. Coleção UNO Educacional – Sistema Educacional por Competências. Vários Autores. 2016

- **Título do Capítulo:** Princípios da propagação da luz.
- **Motivador inicial:** imagens históricas das grandes navegações com um texto abordando o contexto histórico do uso de espelhos.
- **Atividades diferenciadas ou Sugestão de experimentos:** Não há.
- **Texto complementar:** Não há.

9. Mariano, W. Melo; Paz, Maria R. de Almeida. **Física, 2ª série: Ensino Médio: Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. Vol 2. 1ª ed., Belo Horizonte, 2015.

- **Título do Capítulo:** Fenômenos Luminosos e sua percepção.
- **Motivador inicial:** Ilustração de um homem iluminado por diferentes cores, formando sombras também de cores diferentes. Além disso, encontra-se um parágrafo abordando de forma rápida algumas características das cores.
- **Atividades diferenciadas ou Sugestão de experimentos:** Não há.
- **Texto complementar:** Não há.

Inferre-se da análise acima, que muitas obras didáticas não contemplam a existência de atividades diferenciadas, como experimentos, por exemplo, que estimulam no estudante a vontade de participar do processo ensino-aprendizagem. Percebe-se ainda que os livros didáticos pouco abordam sobre a história da ciência e a interdisciplinaridade.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. DAVID AUSUBEL: A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.

David Paul Ausubel (1918 – 2008) foi um grande psicólogo americano que dedicou seus estudos ao desenvolvimento de uma teoria educacional que relacionasse intrinsecamente os processos de ensino e aprendizagem, certamente influenciado pela teoria do desenvolvimento cognitivo de Jean Piaget (1896-1980). Pode-se afirmar que o auge de sua pesquisa ocorreu com a publicação do livro *The psychology of meaningful verbal learning*, em meados da década de 60.

Ausubel pautara sua teoria no repúdio à aprendizagem mecânica e repetitiva que era comumente empregada nos processos de ensino existentes. Para ele, a simples memorização de conteúdos era insuficiente para garantir um bom resultado no processo educacional. Ausubel defende, então, que a aprendizagem ocorre quando há assimilação de significados que,

posteriormente, são utilizados para a incorporação cognitiva de novos conhecimentos.

Os três pressupostos básicos da ocorrência da aprendizagem significativa, de acordo com Ausubel, são:

- Interesse do aprendiz em relacionar o conteúdo aprendido de forma substancial e não aleatória: o aluno deve carregar consigo uma predisposição para o aprendizado, bem como verificar nele a possibilidade de adquirir novos conhecimentos, apropriando-se dos mesmos de forma espontânea e efetiva; além disso, o aprendiz deve ser capaz de construir associações entre questionamentos antigos e os novos objetos de estudo;
- Presença de conhecimentos prévios e ideias pertinentes na organização intelectual do aprendiz: trata-se aqui da necessidade, segundo Ausubel, de os aprendizes possuírem o domínio de alguns dispositivos cognitivos outrora adquiridos, chamados de subsunçores, que servirão de ferramenta para a absorção, de forma substantiva, dos novos conhecimentos;
- Ferramentas educacionais potencialmente significativas: para Ausubel, a ocorrência de uma aprendizagem significativa é atrelada ao uso de um material de estudo dotado de estrutura lógica adequada e potencialmente capaz de fazer a relação direta entre a estrutura cognitiva do aprendiz e a essência do objeto de estudo, trazendo ao aluno a possibilidade de relação do conteúdo novo com diferentes subsunçores já armazenados em seu intelecto.

Quanto ao processo submetido ao aprendiz e ao gerenciamento das tarefas do processo de ensino, Ausubel afirma que a ocorrência da aprendizagem significativa passa por duas condições básicas. A primeira diz respeito à figura do aluno como agente central da metodologia de ensino, estando este em constante participação nas tarefas designadas, durante muitos momentos de forma autônoma – aluno ativo. A segunda refere-se à

necessidade de o material potencialmente significativo garantir que o próprio aluno seja capaz de relacionar o novo conhecimento com os seus subsunçores. Em ambas as ocorrências o professor assume o papel de mediador do conhecimento

O importante conceito abordado por Ausubel é o de assimilação; trata-se aqui do procedimento no qual subsunçores e diferentes estruturas cognitivas – hierarquizadas de acordo com sua relevância – associam-se uma a uma de forma lógica e significativa, dando origem a novas estruturas, posteriormente utilizadas, bem como garantindo uma aprendizagem progressiva.

[...] para Ausubel, a variável crucial para a aprendizagem significativa é a estrutura cognitiva do indivíduo, ou seja, os seus conhecimentos prévios, que deverão funcionar como ideias âncora à assimilação de novos conhecimentos. A assimilação ocorre quando um novo significado *a*, adquirido em ligação com ideias âncora *A* com as quais está relacionado, é retido e ocorre uma modificação decorrente da intersecção de ambos, *A'a*. *A'* e *a'* permanecem relacionados como coparticipantes de uma nova entidade *A'a'*, a ideia âncora modificada. (PRAIA, 2000)

Ainda sobre o processo de assimilação, a teoria ausubeliana afirma que caso o aprendiz não seja dotado de subsunçores suficientes para a ancoragem de novos conhecimentos, a aprendizagem daqueles poderá ocorrer de forma mecânica, até que seja consolidada uma estrutura cognitiva capaz de gerar, então, uma sequência significativa e progressivamente melhor elaborada.

Ausubel define, ainda, os chamados organizadores prévios, elementos introdutórios que viriam a ser utilizados na manipulação de conhecimentos já adquiridos pelo aprendiz. Em uma situação concreta na sala de aula, os organizadores prévios podem ser buscados através de questionamentos orais ou escritos:

Os organizadores prévios [...] são introduções que pretendem favorecer a fixação das novas informações nos conhecimentos existentes. São materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido, estando revestidos de uma maior generalidade, abstração e inclusividade, relacionando-se quer às ideias relevantes existentes na

estrutura cognitiva, quer à tarefa de aprendizagem propriamente dita.
(PRAIA, 2000)

Dado que os conhecimentos prévios representam o ponto de partida na aprendizagem significativa, é conclusivo que o ator principal desse processo é o próprio aprendiz, uma vez que ele constrói o conhecimento a partir de suas próprias estruturas cognitivas, fazendo interagir constantemente o saber prévio com o saber novo.

Na aprendizagem significativa, o aprendiz não é um receptor passivo. Longe disso. Ele deve fazer uso dos significados que já internalizou, de maneira substantiva e não arbitrária, para poder captar os significados dos materiais educativos. Nesse processo, ao mesmo tempo que está progressivamente diferenciando sua estrutura cognitiva, está também fazendo a reconciliação integradora de modo a identificar semelhanças e diferenças e reorganizar seu conhecimento. (MOREIRA, 2010)

Ao analisar esse pressuposto é possível perceber uma clara relação com o papel da escola como não reprodutora de conteúdo. Ausubel direciona o processo de ensino-aprendizagem para além do plano de formação disciplinar, afirmando que o significado da aprendizagem passa pela construção individual, e por vezes autônoma, do conhecimento.

Precisa-se, porém, deixar claro que tornar o aluno o agente principal no processo de ensino-aprendizagem é totalmente diferente de torná-lo um ser isolado no ambiente escolar. Desta forma, Ausubel defende a inserção da realidade do aluno no seu processo de construção do conhecimento.

É através da aprendizagem significativa crítica que o aluno poderá fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, não ser subjugado por ela, por seus ritos, mitos e ideologias. É através dessa aprendizagem que ele poderá lidar construtivamente com a mudança sem deixar-se dominar por ela, manejar a informação sem sentir-se impotente frente a sua grande disponibilidade e velocidade de fluxo, usufruir e desenvolver a tecnologia sem tornar-se tecnófilo. (MOREIRA, 2010)

Ausubel caracterizou a aprendizagem significativa em três tipos:

- **Aprendizagem Significativa Representacional:** consiste basicamente na aprendizagem que associa os símbolos e/ou os objetos aos seus respectivos significados, constituindo assim um alicerce para os próximos tipos de aprendizagem.
- **Aprendizagem Significativa de Conceitos:** muito semelhante ao tipo anterior, no tocante à associação entre símbolos e conceitos, esta aprendizagem garante a assimilação destes por meio da explicação de sua importância enquanto objeto de estudo, dada a relevância dos conceitos na teoria ausubeliana.
- **Aprendizagem Significativa Proposicional:** é o tipo de aprendizagem que relaciona os conceitos entre si, proporcionando o aprendizado por meio de um grupo de ideias e não em símbolos isolados.

De forma programática, Ausubel modelou os conteúdos curriculares segundo quatro vertentes: a diferenciação progressiva – responsável pela hierarquização dos conceitos na estrutura cognitiva do aprendiz –, a reconciliação integrativa – garantia de que o material potencialmente significativo manterá relações entre ideias relevantes, apontando similaridades e discrepâncias nos conceitos –, a organização sequencial de todos os conteúdos programáticos e a consolidação dos conteúdos já aprendidos.

Ainda se tratando da relação entre conceitos cognitivos, Ausubel indica um excelente instrumento didático, inclusive avaliativo, denominados mapas conceituais. Trata-se de uma ferramenta “feita pelo aprendiz para o aprendiz”, onde se promove uma reflexão sobre o pensar e o aprender, fornecendo indícios, quando efetivamente executado, de uma aprendizagem significativa.

Frente a importância da pesquisa desenvolvida por David Ausubel durante seu projeto, a Teoria da Aprendizagem Significativa tem sua aplicação propagada de forma ascendente ao longo dos anos, dado o rigor dos seus conceitos e o forte ponto de vista cognitivo implantado pela mesma na Psicologia da Aprendizagem.

Este trabalho fundamentará a pesquisa realizada no conceito de Material Potencialmente Significativo proposto por Ausubel, uma vez que este possui características que abrangem os processos citados anteriormente .

3.2. A IMPORTÂNCIA DOS MATERIAIS PARADIDÁTICOS NO PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM

Estima-se que o surgimento dos livros paradidáticos se deu entre as décadas de 60 a 70. Porém, no Brasil, têm-se registros de maior intensidade da circulação de livros paradidáticos nas escolas há pouco mais de 20 anos.

Vale ressaltar que o termo paradidático, segundo Borelli (1996), apresenta o sentido de termo *paraliteratura*, onde o prefixo “*para*” denota o significado de proximidade – ao lado de. Segundo Lima (2012) a opção de nomear esses livros de paradidáticos e não de *paraliteratura*, ou outro termo qualquer, consiste no fato de o primeiro termo sugerir uma aproximação maior com os livros didáticos.

É importante também considerar-se a definição de Munakata (1997), que afirma que os livros paradidáticos são livros que tem características próprias e que são adotados no processo de ensino e aprendizagem como material de consulta do professor ou como fonte de pesquisa e a apoio às atividades do educando.

Para Laguna (2012), as vantagens de um livro paradidático estão também associadas aos seguintes fatores:

- Possuem preços populares;
- Apresentam longa vida editorial;
- Direcionam a leitura a crianças e jovens, além do espaço escolar;
- Contêm temas literários e transversais;
- Possuem linguagem mais acessível;
- Atendem à literatura e a todas as outras disciplinas;
- Levantam questionamentos que antes ficavam à margem da vida escolar;
- Tratam as informações de maneira leve e ágil.

Para Assis (2005), os materiais paradidáticos possuem uma estrutura não linear, diferindo dos textos tradicionalmente utilizados pelos professores (didáticos), estabelecendo relações entre vários assuntos, articulando-os de modo a oferecerem condições para que os mesmos sejam trabalhados de forma desfragmentada, viabilizando ainda a interdisciplinaridade, o que promove a articulação entre alguns conteúdos de várias disciplinas.

Ao se elaborar e adotar um material paradidático deve-se focar nos objetivos do material: eles precisam estar alicerçados num propósito de desenvolvimento cognitivo que leve em conta tanto o que o aluno já sabe a respeito quanto daquilo que se quer ensinar. Isso dá sentido na construção de um novo conhecimento, estimulando o aluno a articular o que já sabe com o que está sendo apresentado, possibilitando e incentivando um processo de ensino-aprendizagem potencialmente significativo.

Além disso, deve-se privilegiar no material paradidático a promoção de uma leitura interativa, diferenciada e diversificada do tema abordado. A interdisciplinaridade e a contextualização garantem uma abrangência maximizada dos objetos de estudo e garantem ao aprendiz uma concretização do tema frente a sua realidade, promovendo uma modelagem muitas vezes preterida pelos livros didáticos.

Os objetivos principais que devem ser considerados no momento da elaboração de textos paradidáticos são: viabilizar o acesso dos estudantes ao universo científico e aos conhecimentos necessários para a vida em sociedade por meio de leitura contextualizada com o cotidiano dos alunos, prezando também pela apropriação dos fatos históricos relacionados ao conteúdo e demonstrando a forma em que foram produzidos os conhecimentos científicos. Se os objetivos forem cumpridos, [...] os textos paradidáticos poderiam possibilitar um maior interesse dos alunos pela Física mediante uma conveniente postura diferenciada do professor. (BENETI, 2008)

Ainda que de forma bastante diferenciada, é importante frisar que o paradidático também apresenta conteúdos formativos. Ao fazer o uso de um material paradidático, o estudante adquire um perfil questionador frente ao tema abordado, construindo um aprendizado diferenciado, mas efetivo. Cientificamente, o aprendiz passa refletir sobre o problema abordado, o que influencia para uma aprendizagem carregada de significado.

O argumento supracitado justifica-se no fato de o conhecimento proporcionado pelo uso do material paradidático ocorrer de forma não impositiva e não arbitrária; a leitura de um livro paradidático, que contém uma abordagem dialógica e interativa, fomenta a predisposição para o aprendizado no estudante, uma vez que este encontra motivação, objetivos e estruturas lógico-cognitivas no material em sua posse.

O professor, enquanto facilitador de processo ensino-aprendizagem, ao enxergar a potencialidade de um material paradidático traz para si e para o estudante alguns fatores que se tornam gatilhos para o sucesso no processo educacional:

- **Material pedagógico:** Para Neto e Fracalanza (2003), professores e professoras da educação básica [...] têm recusado cada vez mais adotar fielmente os manuais didáticos postos no mercado, na forma como concebidos e disseminados por autores e editoras. Fazem constantemente adaptações das coleções, tentando moldá-las à sua realidade escolar e às suas convicções pedagógicas. Adotar um material paradidático, então, representaria, por este ponto de vista, possibilitar a inserção de um material *diferenciado*, sem, no entanto, precisar elaborar um novo material – visto que a variável tempo representa um dos principais inibidores de criatividade dos docentes. Caberia aqui ao professor apenas a atividade pedagógica de modelagem do material – lembrando que a maleabilidade do paradidático o garante tal permissividade – frente às necessidades educacionais dos discentes, aos seus anseios e aos objetivos de aprendizagem preestabelecidos.

- **Hábitos de leitura e de pesquisa:** Fazer do aprendiz o personagem central de um processo de aprendizagem significativa implica em abastecê-lo de mecanismos e atividades próprias da rotina escolar; uma boa leitura é capaz de envolver o estudante no tema abordado, de tal forma que as associações cognitivas ocorrem de maneira lógica e sistemática e natural. Um texto paradidático, conforme exposto anteriormente, apresenta características intrínsecas do cotidiano do aluno, de uma forma mais efetiva que um material didático convencional, uma vez que trata de temas de razoável interesse do aprendiz, sejam pelos fatores históricos, sociais e/ou tecnológicos. Zen e Pereira, (*apud* Ricon e Almeida, 1991, p.15) afirmam que:

[...] o aluno e um texto que em seu discurso carrega invariavelmente também o social possibilita o afloramento de seus conhecimentos anteriores (leituras, conversas, aulas, informações via tevê, etc.) e permite que ele perceba a possibilidade de ampliar, aprofundar e até mesmo analisar criticamente alguns desses conhecimentos. É através da relação que se fará entre conhecimentos anteriores e aqueles presentes no texto que se inicia o próprio entendimento do texto.

Por consequência, as habilidades da escrita, do questionamento, da pesquisa, da experimentação, do diálogo e das inferências terminam por surgir também de forma natural. Em suma, desenvolve-se aos poucos no aprendiz argumentações, pensamentos e formulações cada vez mais concisas, dotadas de contextualizações e de certo rigor conceitual, guiados por pensamentos reflexivos. Para Lipman (1995),

Pensar é o processo de descobrir ou fazer associações e disjunções. O universo é feito de complexos (não há, evidentemente, realidades simples) como as moléculas, as cadeiras, as pessoas e as ideias, e estes complexos têm ligações com algumas coisas e não com outras. O termo genérico para associações e disjunções é relacionamentos. Considerando que o significado de um complexo encontra-se nos relacionamentos que este tem com outros complexos, cada relacionamento, quando descoberto ou inventado, é um significado, e

grandes ordens ou sistemas de relacionamentos constituem grandes corpos de significados.

- **Fuga das aulas tradicionais:** Um material paradidático carrega em meio a sua interdisciplinaridade uma gama de atividades diferenciadas como experimentos, links de vídeos, exercícios lúdicos, novas sugestões literárias, dentre outras. Essas ferramentas, associadas a um planejamento de aula adequado, minimizam a possibilidade de ocorrência de uma aprendizagem mecânica. Para Grasselli e Gardelli (2014):

“Os obstáculos encontrados por parte dos alunos na assimilação e entendimento do conteúdo da disciplina de Física são a dificuldade em relacionar conceitos físicos com fenômenos naturais vivenciados pelos educandos, [...]. Por parte dos professores, essa preocupação se reflete em uma busca de alternativas que possibilitem o enfrentamento destes problemas por meio de atividades dinâmicas [...].”

As exposições orais, a realização de listas de exercícios e a aplicação de fórmulas matemáticas têm sua considerável importância dentro do processo ensino-aprendizagem de Física. Porém, não se pode reduzir a aula a estes únicos momentos, como frequentemente ocorre nos estabelecimentos de ensino, provocando-se por um processo mecânico e não significativo.

Diante do exposto, o processo de aprendizado de Física, dada sua relevância científica, seu formalismo conceitual e sua aplicação cotidiana, pode ser otimizado diante da utilização de materiais diferenciados, como no caso dos livros paradidáticos.

Assis (*apud* Benjamin, 2000), apresenta as seguintes conclusões sobre o uso de materiais diferenciados no ensino de Física:

- A leitura de textos alternativos em aulas de Física viabiliza a formação de um cidadão mais crítico, capaz de interagir reflexiva e criticamente com o seu meio social, desenvolvendo e vivenciando a sua cidadania;

- Os textos alternativos podem ser aplicados por meio do trabalho em grupo, estimulando o diálogo entre os alunos, como também entre alunos e professor, acerca dos conteúdos trabalhados;
- O uso de textos com abordagens históricas pode subsidiar a superação da visão dogmática dos conhecimentos físicos, bem como a percepção da ciência como trabalho humano, o que pode motivar o aluno para o estudo da disciplina;
- A evolução histórica dos conhecimentos físicos pode viabilizar a superação da visão triunfalista relativa à história da ciência, o que pode promover a motivação por parte do aluno em estudar ou até fazer ciência;
- A utilização desses textos pode facilitar a compreensão dos conceitos científicos dentro de um contexto interdisciplinar;
- A utilização de textos que trabalham os conteúdos científicos contextualizados, por meio de temas polêmicos ou controversos, pode viabilizar a abordagem articulada entre ciência, tecnologia e sociedade no ensino de física.

Outros fatores facilitadores do ensino de física, presentes nos materiais paradidáticos podem ser citados:

- Experimentos de baixo custo e de rápida execução;
- Layout diferenciado, com jogo de cores chamativo, que despertam a curiosidade;
- Elementos de conexão e aproximação com o leitor – personagens, referências ao cotidiano do aprendiz, linguagem menos formal, etc.;
- Material dialogado e incentivador.

Para Rodrigues (2015), não existe uma metodologia única que resolva o problema da dificuldade de compreensão dos conceitos de Física pelos alunos e se mostre eficaz para que seja utilizada isoladamente das demais metodologias, e sim, a utilização de várias metodologias articuladas entre si, tais como: aulas expositivas, debates, simulações computacionais,

experimentos, entre outras – às quais a utilização de textos paradidáticos vem a ser acrescida e mostra-se uma ferramenta importante, devido ao seu baixo custo, fácil aplicação e a possibilidade de adequação à realidade dos alunos que a utilizarão.

Uma vez realizada a apresentação a importância do material paradidático, conclui-se que o mesmo encaminha à obtenção de um processo de ensino-aprendizagem potencialmente significativo, concreto e bem estruturado. É possível fazer, também, com que o hábito da leitura seja amplamente desenvolvido nos aprendizes, bem como seja desenvolvida nos mesmos a capacidade de relacionar os temas abordados com o seu cotidiano e que sejam acoplados neles subsunçores necessários para o prosseguimento no estudo da disciplina.

3.3. A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

Fundamentar as estratégias de ensino em elementos que propiciem um processo de ensino-aprendizagem dinâmico e participativo é uma das possibilidades de fornecer significado para trabalho que o aprendiz vier a desenvolver.

Estas estratégias restringem a possibilidade de ocorrência de uma aprendizagem mecânica, uma vez que o aprendiz está inserido como ator central na sequência de aprendizagem, seja pela participação ativa e independente, seja pela participação mediada e incentivada pelo professor.

Dentre tantos modelos propostos para o ensino de ciências, a abordagem experimental vai de encontro ao exposto anteriormente, uma vez que se trata de um método interativo, operacional, dinâmico e participativo. O aprendiz, quando corretamente direcionado, tem a possibilidade de visualizar e/ou construir uma série de saberes que, por vezes são mal desenvolvidos por falta de estruturas lógicas bem consolidadas, muitas vezes causadas pelo excesso de abstração ainda frequente em métodos tradicionais de ensino.

Além do ponto de vista cognitivo, as atividades experimentais podem suplementar também a sócio-interação dos envolvidos no processo de ensino aprendizagem, como afirmam Ramos e Rosa (2008):

Outro ponto que, normalmente, também não é explorado, é o papel de mediador de interações sociais que o ensino experimental pode naturalmente desempenhar por conta de um aspecto indissociável das atividades experimentais: elas são desenvolvidas em grupo. Desse modo, as aulas experimentais podem ser usadas como uma ferramenta importante para estimular não só o aprendizado, mas também a convivência em grupo, propiciando trocas entre os sujeitos, necessariamente mediadas pela Cultura na qual estes indivíduos estão inseridos, que comumente não são alcançadas em uma aula meramente expositiva.

O trabalho experimental tem uma reconhecida importância na aprendizagem das ciências, largamente aceita entre a comunidade científica e pelos professores como metodologia de ensino, com resultados comprovados em muitas investigações (NEVES, CABALLERO e MOREIRA, 2008).

Importante destacar que as atividades experimentais podem não resultar em um bom índice de aprendizagem quando a participação efetiva dos estudantes não ocorre adequadamente. Para que uma aprendizagem potencialmente significativa seja alcançada é preciso que os estudantes participem da construção e da execução do trabalho experimental.

É claro que o professor deve mediar, muitas vezes demonstrando inicialmente o funcionamento de determinada atividade. Contudo o aprendiz não pode ser sempre um observador, um mero reproduzidor de resultados; é necessário então favorecer os momentos em que a atividade seja, de fato, uma prática de ensino.

O Trabalho Experimental é uma componente fundamental no ensino das ciências, reconhecido por modelos ou tendências de ensino mais representativos, apesar de estes lhe atribuírem ênfases e objetivos diferentes. Para o modelo construtivista, o Trabalho Experimental constitui um “banco de provas” que permite aos alunos avaliar as suas ideias e os modelos científicos, favorecendo a aprendizagem (NEVES, CABALLERO e MOREIRA, 2008).

Para se obter uma aprendizagem significativa, inicialmente é necessária uma predisposição para o aprendizado, o que pode ser alcançado a partir da provocação que uma atividade experimental proporciona, por meio de sua

problemática. Para Carvalho (2005), o problema é a mola propulsora das variadas ações dos alunos: ele motiva, desafia, desperta o interesse e gera discussões. Resolver um problema intrigante é motivo de alegria; pois promove a autoconfiança necessária para que o aluno conte o que fez e tente dar explicações.

Uma vez orientado, bem motivado, cabe ao aprendiz absorver das atividades experimentais todas as etapas pertinentes ao experimento: da observação, da coleta de dados, dos relatos do experimento, da análise e da contestação dos resultados, das discussões, dos debates e das conclusões.

Para Grasselli e Gardelli (2014), isso contribui para a organização, discussão e reflexão de todas as etapas da experiência, possibilitando a aprendizagem significativa. Neste contexto, percebe-se que o professor de Física deve estar preparado para recriar objetivos, refazer metas a serem alcançadas, desenvolver novas abordagens, reelaborar a apresentação dos conteúdos e assuntos.

O uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de se aprender e de se ensinar Física de modo significativo e consistente. (ARAUJO e ABIB, 2003)

Em suma, pode-se inferir que um material paradidático que possua em sua estrutura atividades experimentais trás consigo a possibilidade de se promover um processo ensino-aprendizagem potencialmente significativo, uma vez que os alunos tornam-se agentes principais durante toda a execução experimental.

4. METODOLOGIA

4.1. Metodologia Geral do Trabalho

Propõe-se um modelo metodológico que se guia pelos princípios formais da Aprendizagem Significativa, proposta por Ausubel, acompanhado do uso do material paradidático, com seus textos, experimentos e atividades.

Abordou-se o ensino dos princípios básicos da Óptica Geométrica destacando os contextos conceitual, histórico, experimental e tecnológico dos

princípios básicos da propagação da luz como elementos norteadores das práticas de ensino. O desenvolvimento desse estudo se deu a partir de alguns preceitos simples e situações relativas ao ambiente sócio educacional do aprendiz, na medida do possível.

Os alunos foram provocados de tal modo que as leituras e atividades propostas acerca da propagação luminosa, da sua importância enquanto modelo explicativo da Óptica e da sua aplicação foram o foco do processo de ensino-aprendizagem.

Nesta perspectiva, diferentemente do senso comum das aulas tradicionais de Óptica geométrica, as relações de proporção entre imagens e objetos, por exemplo, não foram apresentadas como fatores exclusivos de estudo, e sim como mais uma ferramenta de discussão voltada para a compreensão de alguns processos luminosos.

O entendimento destes fenômenos, porém, vai além da epistemologia e do uso de aparatos tecnológicos: as representações dos acontecimentos bem como a formulação de hipóteses ocorrem apenas ao conhecermos o comportamento dos entes físicos estudados nos diferentes meios, nas diferentes situações e com os diferentes agentes.

Assim, ao se iniciar o estudo desses fenômenos, verificou-se que alguns questionamentos logo pairaram na cabeça dos aprendizes. Neste momento foram levantados os subsunçores dos alunos, através de uma atividade inicial, um pré-teste. Foi utilizada, além de um questionário escrito, uma conversa inicial mediada pelo professor, que coletou as informações provenientes das falas dos aprendizes.

Utilizou-se uma sequência de ensino fundamentada teoricamente, voltada para a aprendizagem significativa, não mecânica, que pode estimular a pesquisa aplicada em ensino, aquela voltada diretamente à sala de aula (MOREIRA, 2006).

O objetivo central é que, ao final dessa sequência, o aprendiz seja capaz de estruturar lógica e corretamente os principais aspectos abordados ao longo da construção do conhecimento, gerada através das discussões e investigações realizadas nas aulas, pautadas no material paradidático.

Para Moreira, esse tipo de atividade procura refletir a estrutura conceitual do conteúdo que está sendo diagramado; a ideia é que os conceitos

formem uma proposição em linguagem sintética, dando indícios de uma aprendizagem significativa.

A busca de conhecimento por meio de indagações, em oposição à aprendizagem mecânica, fomenta a aprendizagem significativa crítica e seus indícios são percebidos à medida que o aprendiz apropria-se do conhecimento de forma lógica e gradativa.

4.2. Do local da Pesquisa

A pesquisa se desenvolveu na Escola Master II, fundada em 05 de julho de 2000, está localizada na quadra 25, lotes 1, 2, 3 e 4, Bairro São José, São Sebastião, Distrito Federal. Tanto a direção quanto a equipe pedagógica se identificaram com o projeto e viram nele uma possibilidade de desenvolvimento do ambiente escolar e possível melhoria no processo ensino-aprendizagem.

A Escola Master II integra o Sistema de Ensino do Distrito Federal, inspirado nos ideais de liberdade e solidariedade humana, com plena observância dos princípios legais vigentes, tendo por objetivos:

- Prestar assistência educativa ao aluno, com vistas a assegurar-lhe melhores condições de desenvolvimento nos aspectos político, social, afetivo, perceptivo-motor, éticos, estéticos e cognitivo;
- Garantir ao aluno igualdade de oportunidades, oferecendo ensino de qualidade;
- Assegurar o respeito à pessoa do educando, que é considerado centro de toda atividade educativa, construtor de seu próprio futuro e credor de orientação para o desenvolvimento máximo de suas potencialidades;
- Assegurar o atendimento ao ritmo próprio e às diferenças individuais do aluno;
- Ensejar condições para o desenvolvimento da personalidade dos educandos, incentivando-os a serem colaboradores da obra do bem comum, com base na liberdade e disciplina;

- Favorecer o desenvolvimento das aptidões intelectuais, físicas e sociais dos alunos através de um processo educacional de caráter participativo, com o engajamento dos pais e/ou responsáveis;
- Preparar o aluno para o domínio de conhecimentos que possibilite o prosseguimento de estudos;
- Estimular o aluno a compreender os direitos e deveres da pessoa humana, respeitando sua dignidade e suas liberdades fundamentais, visando à auto-realização e o exercício consciente da cidadania;
- Propiciar uma educação que crie hábitos de estudo e pesquisa e que estimule o pensamento reflexivo;
- Colaborar no desenvolvimento de uma consciência ecológica de proteção ambiental e integração ativa do homem com o meio ambiente;
- Suprir a escolarização regular para adolescentes e adultos que não a tenham conseguido ou concluído em idade própria.

4.3. Os sujeitos da Pesquisa

A pesquisa se desenvolveu com alunos da única turma de 2ª Série de ensino médio da Instituição. A turma continha 23 alunos, divididos entre 14 (quatorze) mulheres e 9 (nove) homens, com idades entre 15 e 17 anos. Estes representavam, em sua maioria, uma parte da comunidade cujas famílias possuem uma condição financeira razoável. Cerca de 70% da turma eram filhos de funcionários públicos, e os demais são de famílias cujos pais são comerciantes, empresários, autônomos e afins.

Havia certo desinteresse nos estudantes em relação aos estudos: ainda que estivessem matriculados em uma escola particular; muitos deles não tinham consciência da necessidade de uma formação básica de qualidade.

A turma era heterogênea, no entanto a liberdade de pensamentos foi sempre respeitada e não houve nenhum tipo de atrito entre os componentes desta. A grande maioria estudava, e ainda estuda junta desde a educação infantil, sempre na mesma Instituição.

No princípio houve certo receio dos estudantes, até mesmo por desconhecimento da metodologia abordada. No entanto, conforme as

atividades foram desenvolvidas, a aceitação e o entusiasmo da turma se tornaram cada vez maiores.

4.4. Apresentação do Produto Educacional

O livro paradidático, intitulado “O Mundo da Óptica” – Anexo – foi desenvolvido prezando pelas potencialidades de um material diferenciado e visando sempre o alcance de bons índices de aprendizagem não mecânica. Não se buscou alcançar uma grande quantidade de conteúdos, mas sim uma forma diferenciada de abordar conceitos tão importantes para o aprendiz.

O livro consiste tem como peculiaridade um personagem, denominado Newton, cujas suas falas além de direcionar a leitura dos textos permitem uma leitura dialogada do material, por parte do estudante. Aliado a isso, apresentam-se alguns textos de natureza histórica e interdisciplinar e atividades diferenciadas, como roteiros experimentais.

Este produto educacional foi desenvolvido de tal forma que, dada sua abrangência conceitual, esse possa ser utilizado tanto como material complementar de estudo, quanto uma ferramenta principal e um processo de ensino-aprendizagem, como no trabalho em questão.

Como validação deste produto educacional, foi feita a construção desta sequência didática, que se deu a partir dos aspectos sequenciais de uma aprendizagem não mecânica, proposta por Ausubel. Esta sequência é indicada para alunos do 2º ano do Ensino Médio, série na qual, tradicionalmente, são trabalhados os conteúdos relacionados à Óptica geométrica. Em todos os encontros, a partir do segundo, as atividades eram sempre precedidas de um breve relato dos fatos ocorridos nas aulas anteriores, como forma de sequenciar o processo de ensino-aprendizagem.

Ao longo de todas as atividades propostas, foi sugerido aos alunos que fizessem anotações de seus comentários e de seus colegas, bem como das intervenções realizadas pelo professor mediador ou ainda das próprias conclusões dos aprendizes ao longo das atividades. Tais atitudes favoreceriam os mesmos no momento de formulação de respostas, nas atividades de exercício, por exemplo.

4.5. Da Sequência Didática proposta

- **Aula 1:** Externalização dos conhecimentos prévios do aprendiz: realização do pré-teste e direcionamentos das atividades seguintes

TEMPO: 45 minutos

O objetivo deste momento foi mensurar o conhecimento prévio dos aprendizes, solicitando-se que os alunos respondessem a um questionário inicial sobre os princípios básicos da óptica geométrica. Foi reapresentado à turma o tema a ser trabalhado – princípios da óptica geométrica – e logo em seguida deu-se início à entrega do questionário “pré-teste” e os estudantes começaram a respondê-lo. O professor enquanto mediador reafirmou o caráter preliminar e essencial deste questionário.

- **Aula 2:** Apresentação temática do material paradidático e leitura dialogada da introdução do Capítulo 1 - **A interação da luz em seus diversos meios** – e do Texto I - **A Óptica e a outra Face de Newton**.

TEMPO: 45 minutos

Dá-se início à sequência didática com a apresentação do material paradidático:

“Mundo da Óptica.”

O objetivo da aula era que os estudantes fossem conduzidos pelo professor ao debate acerca do tema supracitado. Com esta intervenção, propôs-se aos alunos participarem ativamente do processo de ensino-aprendizagem onde, pelas suas interações ao longo da leitura dialogada dos textos fosse possível absorver e registrar alguns conhecimentos prévios presentes nos mesmos.

- **Aula 3:** Leitura, em grupo, dos conceitos e das propriedades relativas à propagação retilínea da luz.

TEMPO: 45 minutos

A atividade aqui elaborada consistiu na leitura dos tópicos presentes nas páginas de 5 à 8 do material paradidático, na primeira metade da aula, na qual os alunos foram orientados a formarem grupos de 4 integrantes, onde promoveriam a discussão entre si sobre os tópicos referentes à natureza da luz, sua propagação e sua interação com os diferentes meios.

Na mesma proporção em que o professor promovera a participação central dos aprendizes no processo de ensino-aprendizagem, o mesmo orientara cada grupo a focar nos conceitos apresentados, pedindo aos alunos que associassem cada tópico abordado com as imagens apresentadas, uma vez que essa ilustração, característica forte de um material paradidático, servira de reforço para a fixação dos conceitos.

Na segunda metade da aula os estudantes foram orientados a responderem, ainda em grupo, a atividade de palavras-cruzadas – página 9 do material paradidático – como forma de avaliação continuada.

Para que não houvesse uma dispersão considerável por parte dos aprendizes no tocante ao tema, os seguintes questionamentos orientaram os estudantes ao longo da atividade:

1. Do ponto de vista da Óptica Geométrica com qual forma a luz se propaga? Ela se propaga da mesma forma em todos os meios?
2. Quais as principais características dos corpos luminosos e iluminados?
3. Utilizando as conclusões do item anterior, responda: como somos capazes de enxergar os objetos que nos rodeiam?

- **Aula 4:** Apresentação de novos conhecimentos: Leitura do texto sobre a fotografia e realização dos experimentos 1 e 2

TEMPO: 90 minutos

O objetivo dessa aula foi contextualizar o ensino de óptica geométrica. Para tanto foram mantidos os grupos do encontro anterior e a aula foi dividida em duas partes.

Atividade I:

Leitura em grupo do Texto II, *A história da fotografia*. Os alunos foram orientados pelo professor a relacionar, através da leitura do texto e das propriedades vistas nas aulas anteriores, a relação entre a formação de imagens em uma câmara fotográfica e os princípios da óptica geométrica.

Atividade II:

Com o objetivo de proporcionar aos alunos um ambiente de aprendizado não convencional e não mecânico, diante do que já foi desenvolvido e com a contribuição dos colegas participantes nos debates, os aprendizes puderam consolidar gradativamente os conhecimentos adquiridos ao longo do processo através dos dois experimentos propostos – Experimentos 1 e 2 do material paradidático. Com o auxílio do professor, os estudantes realizaram a atividade conforme o roteiro existente no próprio material.

O primeiro experimento foi realizado pelo professor e acompanhado por todos os grupos da sala. À medida que os procedimentos eram realizados, os aprendizes, seguindo o roteiro da atividade, respondiam aos itens propostos e participavam, por meio de intervenções, questionamentos ou sugestões referentes ao fenômeno observado.

Já o segundo experimento foi efetivamente realizado pelos estudantes, seguindo a mesma dinâmica proposta pelo roteiro da atividade, depois de orientados pelo professor. Durante a realização desse experimento o professor mais uma vez se pôs como orientador dos grupos, fomentando a participação efetiva dos estudantes na atividade proposta.

Os alunos novamente relataram as conclusões adquiridas e o encontro finalizou com a apresentação das conclusões dos grupos, a partir do compartilhamento das respostas das atividades do roteiro experimental.

- **Aula 5:** Apresentação de novos conhecimentos: Leitura dos textos 3 e 4, realização do experimento 3 e da atividade 2

TEMPO: 90 minutos

Ainda com o objetivo de contextualizar a óptica geométrica, foram mantidos os grupos do encontro anterior para a leitura dos Textos III – *Tales de Mileto e a pirâmide de Quéops* – e Texto IV – *Eclipses* – bem como a realização do Experimento III. A aula foi dividida em três momentos:

Atividade I:

Leitura do Texto III, que, além de apresentar mais uma aplicação de alguns fundamentos da óptica geométrica, proporcionou aos aprendizes uma correlação entre história, física e matemática. Mais uma vez, ao final da atividade o grupo relatou suas conclusões a cerca dessas relações.

Atividade II:

Realização do Experimento III de acordo com o roteiro estabelecido no material paradidático e compartilhando com o restante da turma os resultados obtidos ao fim da atividade

Atividade III:

Leitura do Texto IV, que traz mais uma aplicação dos princípios da óptica geométrica, e realização da Atividade 2, que apresenta um questionário final sobre os temas debatidos e os trabalhos desenvolvidos ao longo das sequências de aprendizagem.

- **Aula 6:** Conclusão e Avaliação da aprendizagem: realização do pós-teste e avaliação qualitativa do material.

TEMPO: 45 minutos

Cada estudante respondeu o questionário “pós-teste” e a avaliação qualitativa do material paradidático (anexos).

5. ANÁLISE DAS ATIVIDADES REALIZADAS

5.1. Análise do pré-teste

O questionário pré-teste buscou a existência de conceitos subsunçores junto aos aprendizes, tornando essa externalização o ponto de partida do processo de ensino-aprendizagem. Em cada item do questionário buscou-se fornecer alternativas que contemplassem as habilidades cognitivas dos conceitos abordados – alternativa correta – e outras que indicassem um déficit destas mesmas habilidades.

Importante salientar que o foco desta amostra de dados não foi promover uma análise rigorosamente estatística, relacionando os resultados coletados com todas as variáveis pertinentes e com o rigor analítico inerente a tais distribuições.

O objetivo central foi sistematizar os dados de uma forma didática e compilada de forma que fosse possível comparar estes resultados com os obtidos no questionário pós-teste e, a partir de então, formular ilações que poderão apontar indícios de uma aprendizagem potencialmente significativa.

A seguir, será apresentado através de gráficos o desempenho da turma analisada na pesquisa, contendo em cada um dos quadros a quantidade de alternativas assinaladas em cada item do questionário.

5.1.1. Questão 1 – Alternativa esperada: Letra “D”

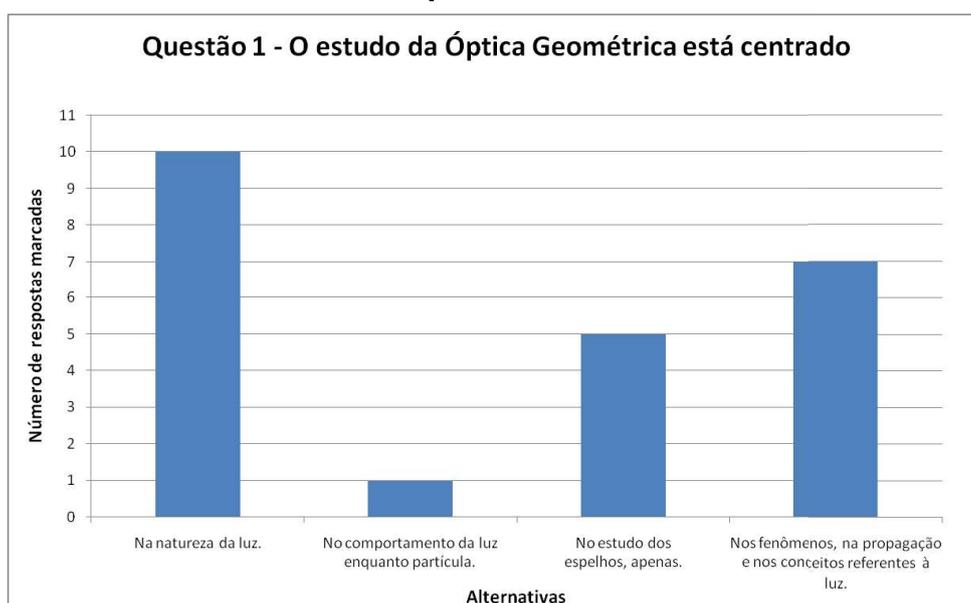


Gráfico 1: Análise das respostas dos aprendizes na Questão 1 do pré-teste.

Observa-se aqui uma quantidade considerável de estudantes que imaginam o estudo da Óptica Geométrica relacionado à natureza da luz, quando na verdade o objeto de estudo representa um modelo explicativo para determinados fenômenos associados à propagação luminosa. Há de se ressaltar a associação feita por alguns estudantes entre o estudo da Óptica Geométrica e os espelhos, demonstrando, possivelmente, e ainda que de forma superficial algum conhecimento referente aos mesmos.

5.1.2. Questão 2 – Alternativa esperada: Letra “D”

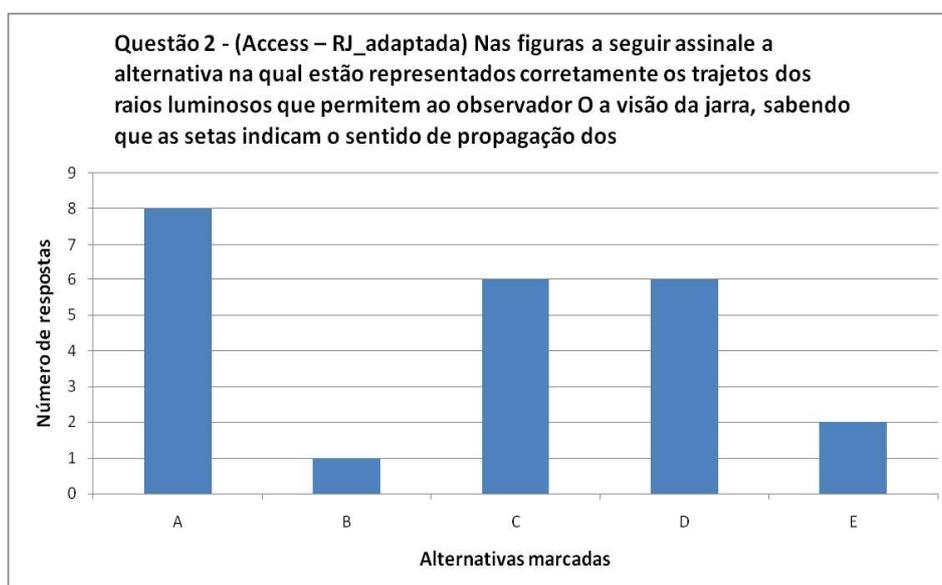


Gráfico 2: Análise das respostas dos aprendizes na Questão 2 do pré-teste.

Com base nesse item pôde-se perceber que muitos estudantes não possuíam domínio conceitual sobre como funciona o processo de propagação da luz nos objetos iluminados ao serem vistos por um observador.

5.1.3. Questão 3 – Alternativa esperada: Letra “B”

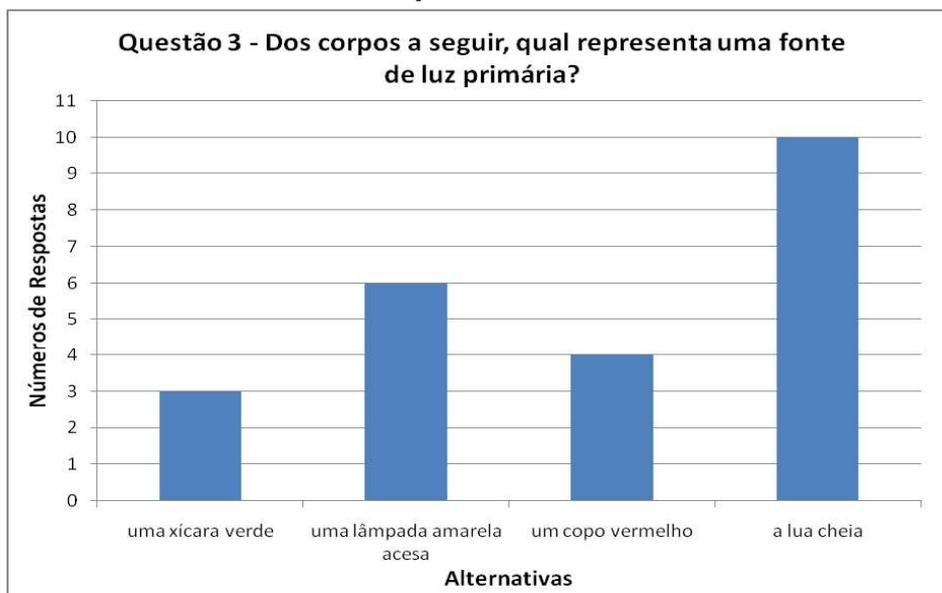


Gráfico 3: Análise das respostas dos aprendizes na Questão 3 do pré-teste.

Aqui, muitos aprendizes demonstraram conhecer o conceito de fonte de luz, o que já indica a presença de determinado conhecimento prévio sobre o conteúdo. Contudo, o conceito de fonte de luz primária ainda não se presencia de forma majoritária na turma. A associação da Lua como uma fonte de luz primária remete a indícios do não conhecimento ou do esquecimento do seguinte fator: a Lua não possui luz própria.

5.1.4. Questão 4 – Alternativa esperada: Letra “A”

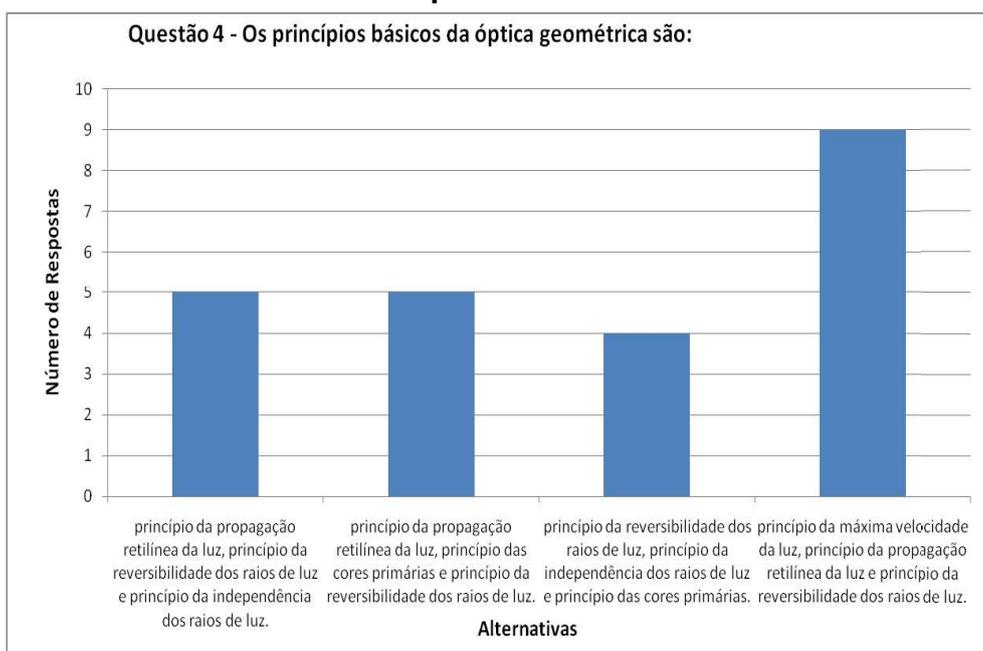


Gráfico 4: Análise das respostas dos aprendizes na Questão 4 do pré-teste.

Um detalhe importante na análise deste item é: os termos “cores primárias” e “velocidade da luz” já se apresentam nos estudantes como conhecidos. Talvez não sejam subsunçores, uma vez que o item não pôde medir o padrão conceitual e de tais tópicos, mas de certa forma infere-se que os aprendizes são um tanto quanto familiarizados com os termos.

Convém ressaltar que mesmo diante do cenário acima exposto, não se concretiza de uma forma global na turma o conhecimento concreto a cerca dos princípios de propagação luminosa.

5.1.5. Questão 5 – Alternativa esperada: Letra “C”



Gráfico 5: Análise das respostas dos aprendizes na Questão 5 do pré-teste.

Mais uma vez é possível perceber que muitos alunos não possuíam de forma concreta e assimilada o princípio de propagação retilínea da luz, associado aqui com a formação de sombras.

5.1.6. Questão 6 – Alternativa esperada: Letra “C”

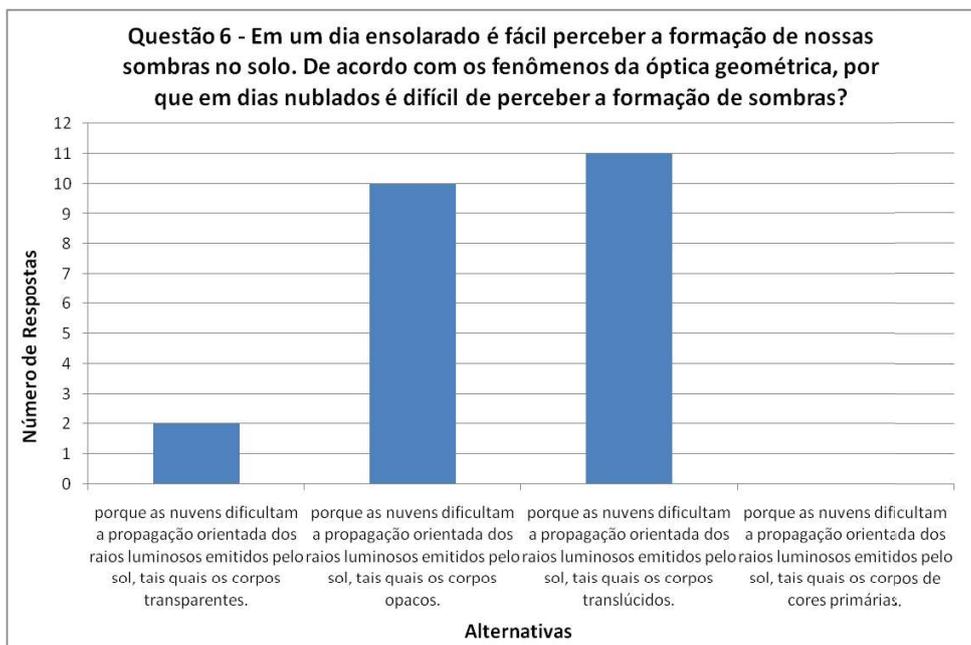


Gráfico 6: Análise das respostas dos aprendizes na Questão 6 do pré-teste.

Observa-se neste item que todos os aprendizes que responderam ao questionário reconhecem que a formação das sombras é dificultada quando a luz transpassa algum meio específico. O déficit conceitual indica-se na diferenciação entre corpos transparentes, opacos e translúcidos.

5.1.7. Questão 7 – Alternativa esperada: Letra “D”

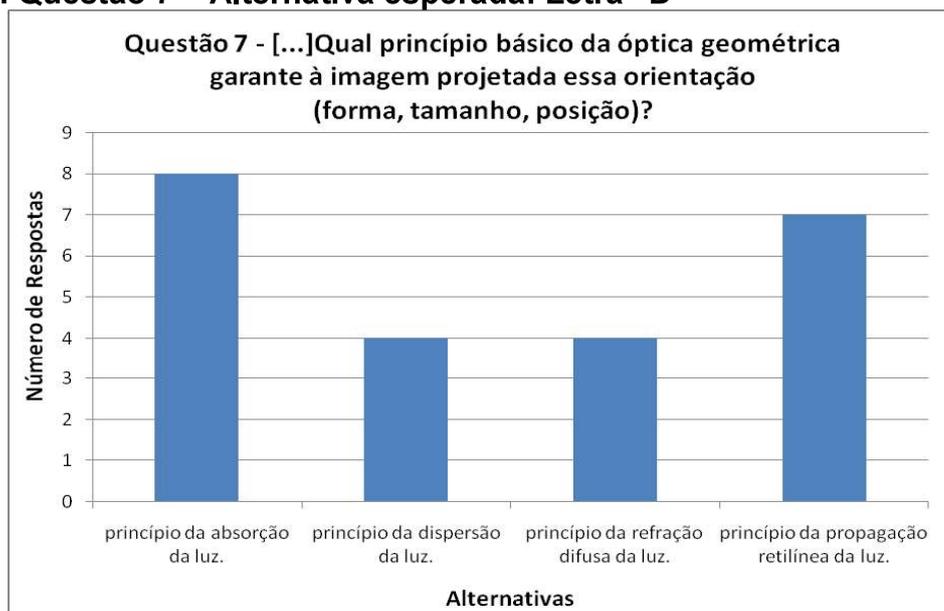


Gráfico 7: Análise das respostas dos aprendizes na Questão 7 do pré-teste.

Mais uma vez é possível perceber que muitos alunos não possuíam de forma concreta e assimilada o princípio de propagação retilínea da luz, associado aqui com a formação de imagens numa câmara escura com orifício.

5.1.8. Questão 8 – Alternativa esperada: Letra “D”

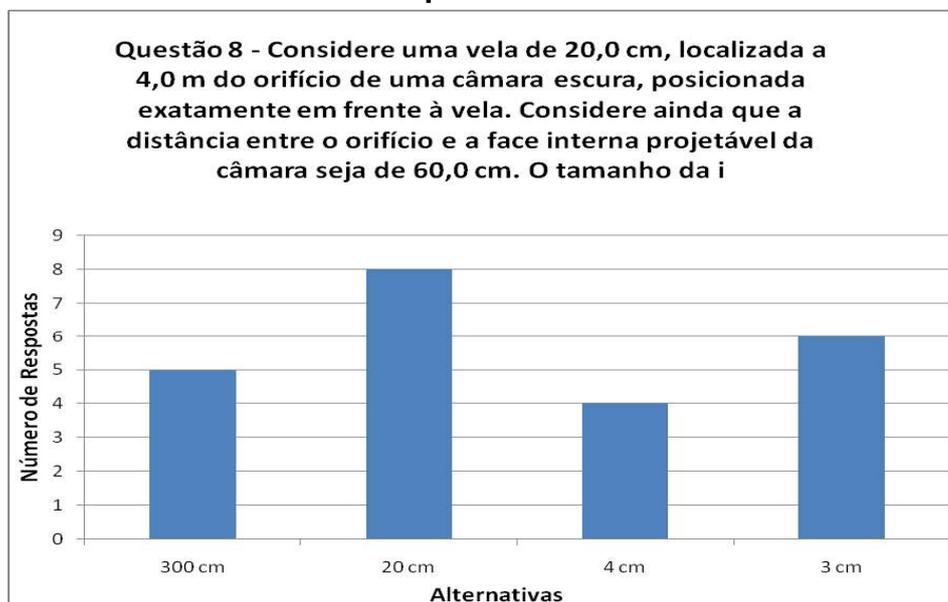


Gráfico 8: Análise das respostas dos aprendizes na Questão 8 do pré-teste.

Aqui, além da necessidade de conhecimento dos princípios de propagação luminosa os aprendizes deveriam reconhecer a formação de imagens em uma câmara escura de orifício e, por consequência dos princípios, a relação de semelhança entre triângulos. De certa forma, pôde-se perceber que além da não assimilação fenomenológica dos conceitos físicos, muitos estudantes também apresentaram déficit de natureza matemática, procedimental e operacional.

5.2. Análise das atividades dos encontros

- **Aula 1:**

Esta foi destinada ao questionário pré-teste, cuja análise foi realizada no tópico anterior.

- **Aula 2:**

Um dos primeiros aspectos relevantes nesse momento foi o reconhecimento do material como diferenciado por parte dos estudantes. Muitos logo apontaram características marcantes desse produto ao receberem os paradidáticos, como a presença de um personagem (visto que basta folhear o livro para perceber que o mesmo “boneco” presente na capa reaparece constantemente no decorrer dos capítulos), o colorido e os traços geométricos do plano de fundo de cada página e também o formato mais compactado. Alguns aprendizes logo expuseram essas observações:

- Aluno A: *“Professor, a gente vai usar só esse livro agora né? Ele é melhor pra trazer, é mais fino!”*
- Aluno B: *“Esse bonequinho é mó engraçado, parece que fala olhando pra gente!”*
- Aluno C: *“Professor, esses triângulos aqui no fundo da página é por causa do bonequinho amarelo?”*
- Aluno D: *“Que massa professor, já começou falando da DC. Gostei!”*

Podem-se associar estas observações feitas pelos aprendizes a dois aspectos. O primeiro é o indício de um material que visualmente estimulou o interesse dos mesmos, característica própria de um paradidático. O segundo aspecto é que tais informações remetem a uma predisposição para a aprendizagem, fator apontado por Ausubel como essencial para a ocorrência de uma aprendizagem significativa.

Quando a leitura dos textos aconteceu de forma dialogada, isto é, com a participação organizada dos estudantes e com a mediação do professor, os aprendizes puderam mais uma vez participar efetivamente do processo, externalizando seus subsunçores através de suas contribuições.

Isso pode ser constatado pelo professor a medida que a leitura era executada e os alunos expressavam-se por meio de perguntas ou contribuições. Muitos afirmaram já conhecer Nomes como Galileu e Newton, por exemplo, porém apontaram que não sabiam e/ou não esperavam que ambos fossem de extrema importância no desenvolvimento das teorias referentes ao estudo da Óptica Geométrica.

Outros estudantes surpreenderam-se com o contexto histórico abordado nas leituras, pois a princípio os mesmos já traziam consigo os nomes de alguns dos cientistas citados, informações essas oriundas de outra disciplina, como mostra o relato a seguir:

- Aluno E: *“Professor, tô me lembrando agora de uma aula de história que o Professor X deu e ele falou sobre esses cientistas Galileu e Descartes, dizendo que eles tinham vários estudos naquela época.”*

Por fim, encerrando-se o momento, pôde-se notar que a expressão “raio de luz” era um termo constantemente empregado nas falas dos aprendizes ao longo de seus comentários durante o diálogo. Alguns mencionaram os filmes de ficção científica onde frequentemente eram vistos esses raios.

Entende-se então que esses aprendizes já traziam essas informações como organizadores prévios, o que facilitaria posteriormente o entendimento dos processos de propagação luminosa.

- **Aula 3:**

A dinâmica proposta para esse momento tornou possível o debate do tema proposto e a busca do desenvolvimento cognitivo por meio de estruturas lógicas que desenvolveriam gradativamente a capacidade de raciocinar sobre o tema. Dentro dessa perspectiva é natural que surjam conexões diferentes dentro de cada aprendiz ou de cada grupo, o que se torna valioso diante de um processo de aprendizagem significativa.

Coube ao professor participar da mediação do momento de aprendizagem dos estudantes, apontando possíveis aspectos importantes não observados pelos mesmos, bem como orientá-los dentro dos grupos, provocando-os e fomentando o debate dentro da atividade proposta.

Procurou-se promover um direcionamento lógico, baseado nos questionamentos propostos para a atividade. Ocorreu também o surgimento de ideias acerca de aplicação, tecnologia, como:

- Os diferentes tipos de lentes dos óculos de sol (pretas, azuis, prateadas, amarelas, etc.) que proporcionam a visão do ambiente em diferentes tonalidades;
- Os vidros dos basculantes de banheiros (translúcidos) e as películas esportivas (vidros fumê) que dificultam a visualização de pessoas e objetos;
- Os efeitos visuais provocados pelas luzes coloridas presentes em boates.

Neste caso todas essas informações foram selecionadas e prontamente discutidas com os aprendizes dentro dos grupos e com a turma de forma geral.

- **Aula 4:**

Esse momento proporcionou aos aprendizes a possibilidade de os mesmos aplicarem as informações teóricas absorvidas durante as leituras em situações práticas envolvidas nas experiências, participando ativamente do processo de ensino-aprendizagem. Importante lembrar que uma das funções do experimento é, com a ajuda do professor e a partir das hipóteses e conhecimentos anteriores, ampliar o conhecimento do aluno sobre os fenômenos naturais e fazer com que ele as relacione com sua maneira de ver o mundo (Carvalho *et. al.* 2005, *apud* KARMILOFF-SMITH, 1975).



Imagem 1: Realização da atividade experimental. (FONTE: autor)

Ao se depararem com os resultados obtidos com as experiências, alguns estudantes logo foram capazes de promover associações com situações cotidianas, como no relato a seguir, na qual um aprendiz relaciona a experiência da propagação retilínea da luz com um fato recorrente no cotidiano da mesma:

- Aluno A: *“Professor, de manhã cedo quando meu quarto tá escuro, às vezes eu percebo uma coisa parecida com isso, só que eu achava que era uma linha de poeira entrando por uns buraquinhos na janela. Agora eu sei que é o caminho da luz, que vai reto pelo buraquinho.”*



Imagem 2: Realização da atividade experimental. (FONTE: autor)

- **Aula 5:**

O professor enquanto mediador pôde fomentar os questionamentos nos grupos formados, focando no diálogo e na construção conjunta de conhecimentos. Durante esta atividade os alunos, mais uma vez, registraram

os resultados obtidos com o experimento, relacionando-os com as repostas e conclusões obtidas nos encontros anteriores.

- Aluno A: *“Professor, percebi que na câmara escura a gente usa a mesma regra do Teorema de Tales e nas sombras a gente usa semelhança de triângulos.”*

Outro aprendiz complementa a informação:

- Aluno B: *“Deve ser por isso que o nome da matéria é Óptica Geométrica.”*

Ao final, os aprendizes puderam perceber a relação entre os fenômenos ópticos vistos durante a leitura do paradidático e algumas propriedades geométricas (matemáticas) utilizadas para modelar tais fenômenos, apontando, então, indícios de uma construção de conceitos atrelados a um significado. Entende-se que nessas circunstâncias os estudantes aproximam-se do nível proposicional da Aprendizagem Significativa.

- **Aula 6:**

Importante ressaltar avaliação educacional se deu de forma continuada, pelas atividades realizadas, nas anotações feitas pelos aprendizes e através da participação ativa dos mesmos no processo de construção do conhecimento.

Por mais importante que seja o questionário pós-tese respondido neste último encontro, o seu real objetivo é provocar uma comparação com o cenário inicial do processo realizado até aqui. O professor pôde atentar-se principalmente à participação efetiva do aprendiz ao longo dos debates realizados nas atividades em grupo, prezando pela centralização do aprendiz no processo ensino-aprendizagem.

Aluno A:

1. Em corridas de táxi, é comum que o motorista mantenha um agradável bate-papo com seu passageiro, alocado frequentemente na parte de trás do automóvel. No entanto, devido à necessidade constante de atenção por parte do motorista, este não pode olhar diretamente para o cliente, utilizando-se, então, do retrovisor interno. Nessa situação, tanto o passageiro quanto o motorista conseguem ver os olhos um do outro. Do ponto de vista da óptica geométrica, qual a explicação desse fenômeno?

Este é o princípio da reversibilidade dos raios de luz, uma consequência do princípio da propagação retilínea da luz.

Figura 3: Resposta ao questionário final do livro. (FONTE: autor).

4. Em um dia ensolarado é fácil perceber a formação de nossas sombras no solo. Como elas são formadas e por que nossas sombras apresentam diferentes orientações (na nossa frente, atrás, ao lado, etc.) e diferentes tamanhos ao longo do dia? Faça um desenho ilustrando sua resposta.

Como o sol, que é fonte de luz, ocupa diferentes posições em relação a nós as sombras formadas terão diferentes tamanhos, pois os raios de luz que se propagam de forma retilínea terão diferentes origens.

Figura 4: Resposta ao questionário final do livro. (FONTE: autor).

Aluno B:

1. Em corridas de táxi, é comum que o motorista mantenha um agradável bate-papo com seu passageiro, alocado frequentemente na parte de trás do automóvel. No entanto, devido à necessidade constante de atenção por parte do motorista, este não pode olhar diretamente para o cliente, utilizando-se, então, do retrovisor interno. Nessa situação, tanto o passageiro quanto o motorista conseguem ver os olhos um do outro. Do ponto de vista da óptica geométrica, qual a explicação desse fenômeno?

Isso ocorre devido o princípio da propagação retilínea da luz. Como o passageiro e o motorista são pontos fixos o caminho da luz em direção a um é o mesmo caminho em direção ao outro. O princípio da reversibilidade dos raios luminosos.

Figura 5: Resposta ao questionário final do livro. (FONTE: autor).

Aluno C:

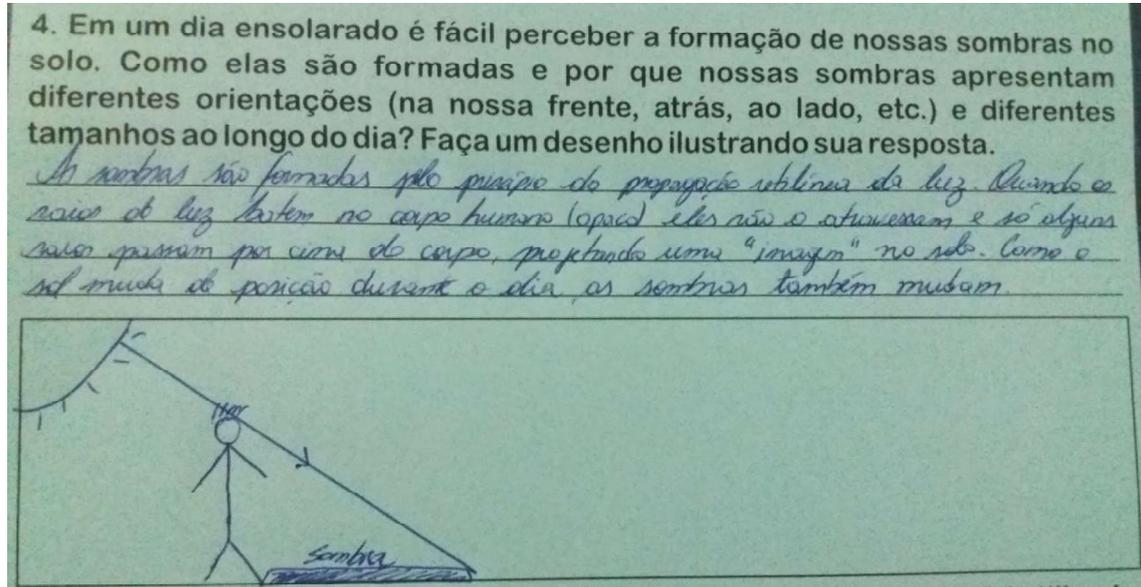


Figura 6: Resposta ao questionário final do livro. (FONTE: autor).

Os resultados obtidos no questionário pós-teste e na avaliação qualitativa do material paradidático serão apresentados nas seções seguintes.

5.3. Análise do pós-teste

A seguir serão mostrados os resultados obtidos com o questionário pós-teste. As questões apresentadas aos estudantes correspondem às mesmas propostas no início da sequência didática, de forma que se torna mais visível a comparação com os resultados iniciais.

Mais uma vez ressalta-se que não se buscou uma finalidade estritamente estatística com esta análise, suprimindo-se todo o rigor necessário à mesma. Igualmente reforça-se que este questionário não representa o único mecanismo de verificação de aprendizagem do processo construído até aqui.

5.3.1. Questão 1 – Alternativa esperada: Letra “D”

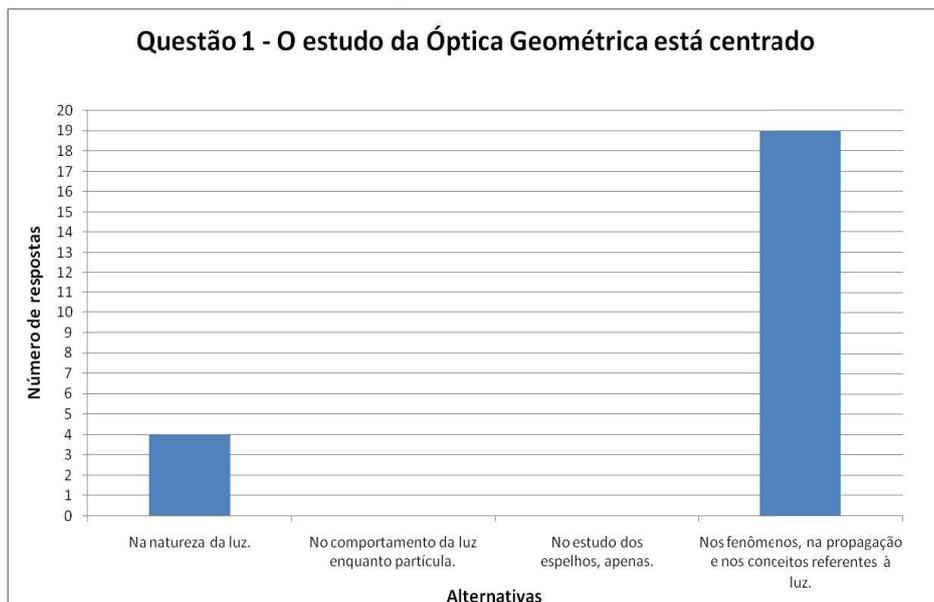


Gráfico 9: Análise das respostas dos aprendizes na Questão 1 do pós-teste.

Observa-se, pelo número de respostas assinaladas que a maioria dos aprendizes reconheceu que o objeto de estudo da Óptica Geométrica não é a natureza da luz, mas sim os conceitos e as propriedades referentes à propagação da mesma, conforme abordado no material paradidático.

5.3.2. Questão 2 – Alternativa esperada: Letra “D”

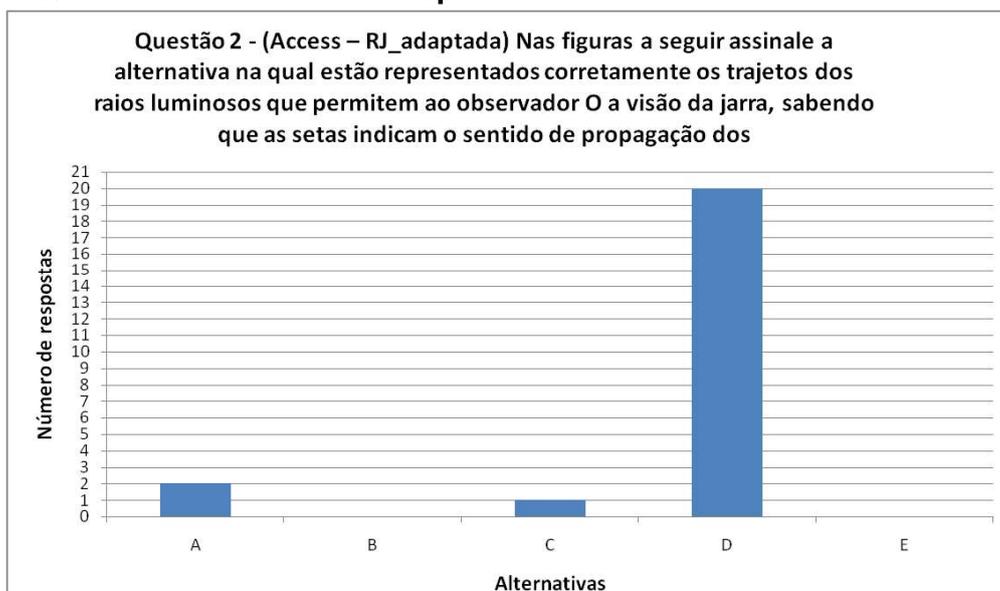


Gráfico 10: Análise das respostas dos aprendizes na Questão 2 do pós-teste.

Aqui se percebe que a grande maioria reconheceu a jarra como um corpo iluminado e que, portanto, a visualização da mesma, se dá a partir da propagação da luz proveniente de uma fonte luminosa, entendendo também o trajeto fonte – objetos – olhos.

5.3.3. Questão 3 – Alternativa esperada: Letra “B”

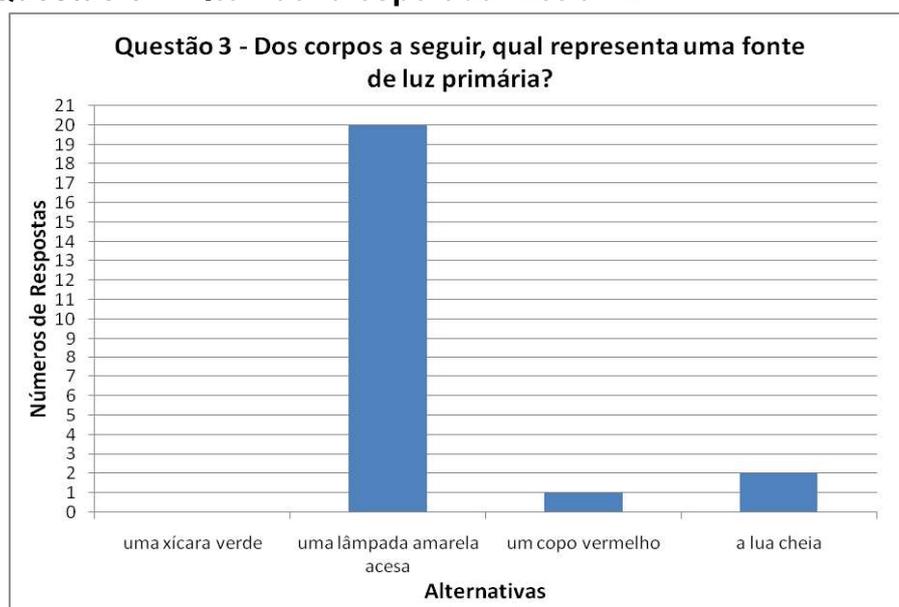


Gráfico 11: Análise das respostas dos aprendizes na Questão 3 do pós-teste.

Diferentemente do ocorrido no pré-teste, quando muitos estudantes demonstraram não conhecer o conceito de fonte de luz primária, agora a maioria dos aprendizes assimilaram que o esse se remete aos corpos de luz própria, conforme abordado no material paradidático, apresentando, mais uma vez, indícios de assimilação do conteúdo abordado.

5.3.4. Questão 4 – Alternativa esperada: Letra “A”

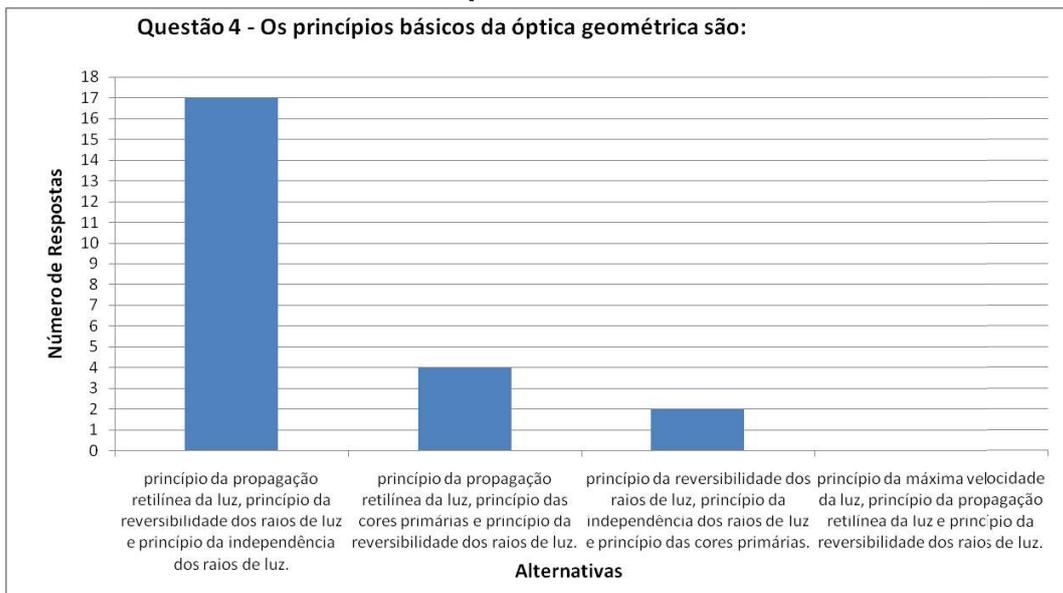


Gráfico 12: Análise das respostas dos aprendizes na Questão 4 do pós-teste.

Nota-se que muitos aprendizes identificaram, através de um modelo geométrico, que a luz se propaga de forma retilínea e que o cruzamento de raios luminosos não provoca interferência na propagação dos mesmos, temas expostos no material paradidático.

5.3.5. Questão 5 – Alternativa esperada: Letra “C”

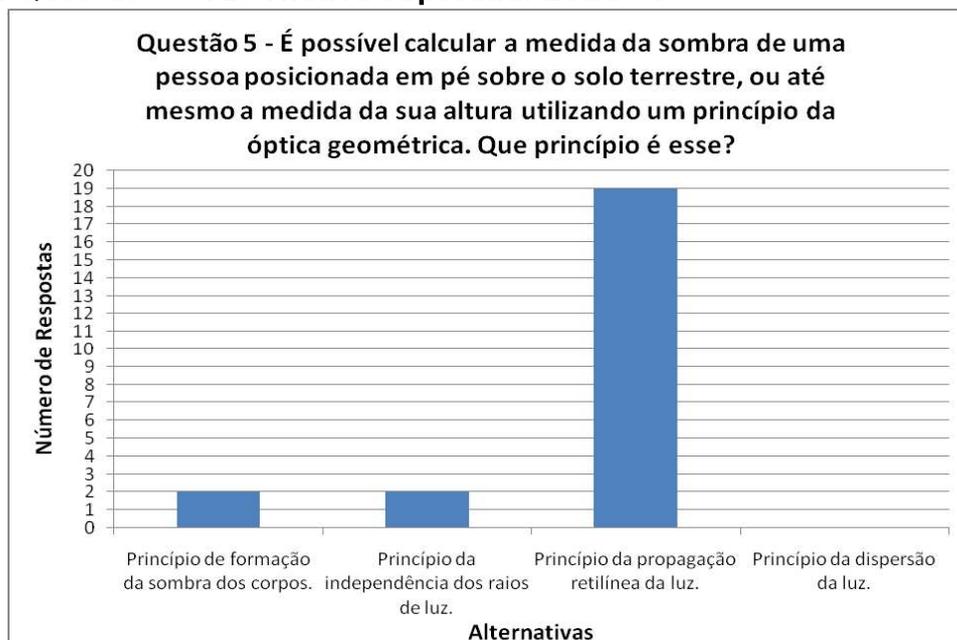


Gráfico 13: Análise das respostas dos aprendizes na Questão 5 do pós-teste.

Conforme verificado durante as atividades realizadas nos encontros em sala de aula, o item reforça o indício de assimilação de conceitos. Além do mais, pode-se inferir ainda que, conforme indicado no material paradidático, os aprendizes foram capazes de associar um princípio físico a uma situação cotidiana.

5.3.6. Questão 6 – Alternativa esperada: Letra “C”



Gráfico 14: Análise das respostas dos aprendizes na Questão 6 do pós-teste.

Através da análise do item no pré-teste, já era possível observar que os aprendizes reconheciam que a formação das sombras, proveniente da propagação retilínea da luz, é dificultada quando a luz transpassa algum meio específico. Após a leitura do material paradidático, a maioria dos estudantes associou as nuvens a materiais translúcidos, que permitem a passagem dos raios de luz, mas alteram a orientação inicial dos mesmos.

5.3.7. Questão 7 – Alternativa esperada: Letra “D”

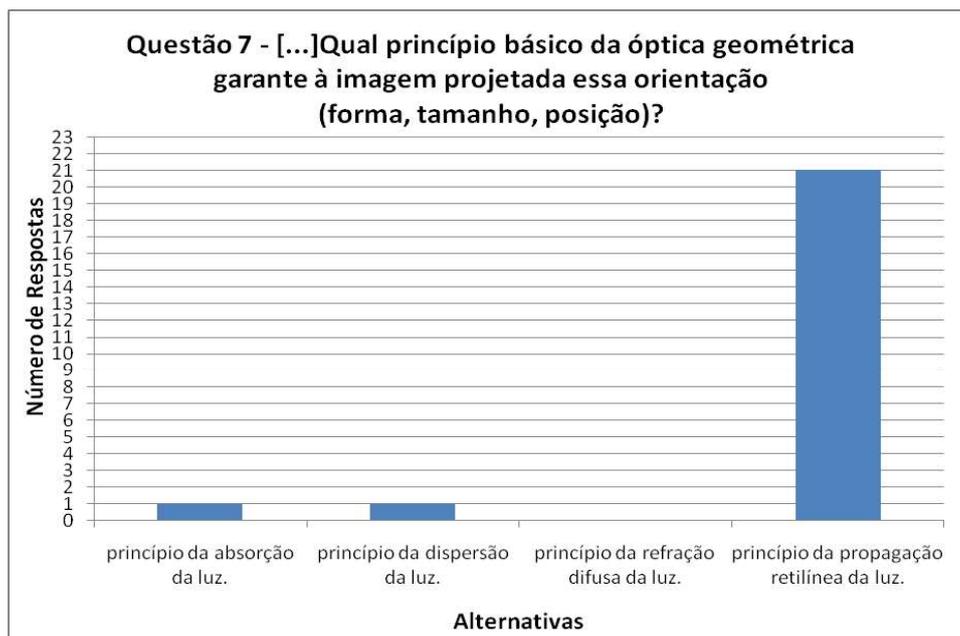


Gráfico 15: Análise das respostas dos aprendizes na Questão 7 do pós-teste.

Observa-se que nesta questão e em todas as outras que avaliavam o domínio conceitual do aprendiz quanto aos princípios de propagação luminosa houve, aproximadamente, o mesmo número de acertos nas respostas marcadas, dando indícios de uma concretização das conexões lógicas formadas nos estudantes, sinalizando aspectos de uma aprendizagem potencialmente significativa.

5.3.8. Questão 8 – Alternativa esperada: Letra “D”

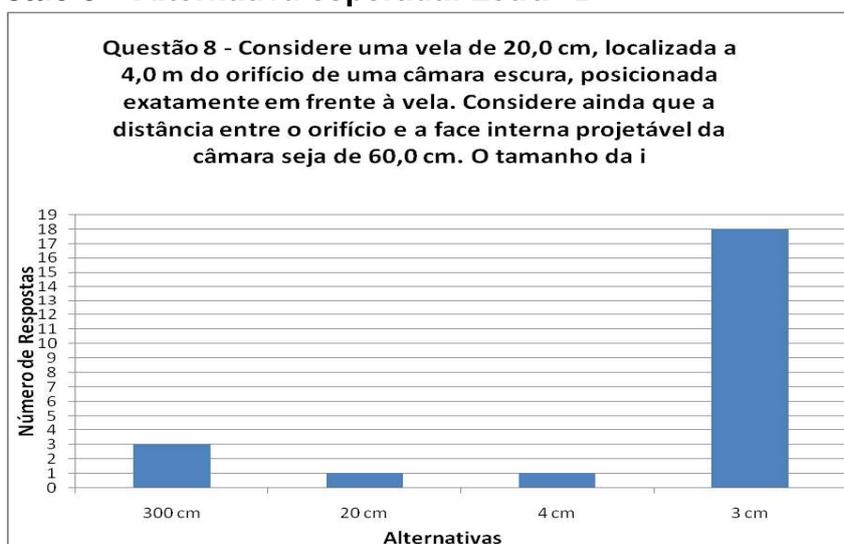


Gráfico 16: Análise das respostas dos aprendizes na Questão 8 do pós-teste.

Aqui, além de se verificar um aumento do número de respostas corretas, pôde-se verificar que muitos aprendizes também aprimoraram o domínio matemático necessário para a correta realização da questão.

5.4. Questionário de Opinião

Foi aplicado um questionário de opinião (Apêndice) com os estudantes, com o objetivo de avaliar os aspectos qualitativos do livro paradidático ao mesmo tempo em que se buscou verificar junto aos mesmos se eles foram capazes de identificar no material a presença das características de um paradidático, já apresentadas nesta dissertação.

Além da parte objetiva do questionário, onde cada estudante pôde marcar uma opção referente ao nível de concordância com a característica questionada, cada um deles pôde expressar através de suas palavras suas opiniões ou propor sugestões para o material paradidático, em um espaço indicado no formulário.

O questionário será utilizado para mensurar os aspectos qualitativos, significativos e interpessoais do processo realizado, além da aplicabilidade do material, onde um valor numérico é associado à opinião do aprendiz (respondente). O método aqui considerado consiste em escrever uma única afirmação e pedir respostas em uma escala de concordância em cinco níveis (McCLELLAND, J.). Trata-se de uma análise concreta de aspectos subjetivos.

A predisposição para aprender, colocada por Ausubel como uma das condições para a aprendizagem significativa está intimamente relacionada com a experiência afetiva que o aprendiz tem no ato educativo. (MOREIRA)

Os itens avaliados no questionário qualitativo foram numerados e serão apresentados a seguir:

	NÚMERO DE RESPOSTAS				
	Discordo fortemente	Discordo	Indeciso	Concordo	Concordo Fortemente
Item I - O livro leva o leitor a obter um conhecimento qualitativo e significativo acerca dos conceitos iniciais de Óptica Geométrica.	0	0	0	5	18
Item II - O livro adota uma abordagem conceitual, experimental e histórica.	0	0	1	4	18
Item III - O livro promove uma articulação entre ciência e tecnologia	0	0	1	6	16
Item IV - O livro desperta a curiosidade do leitor para o tema abordado.	0	0	0	3	20
Item V - O livro explora a relação entre diferentes áreas do conhecimento em seu texto.	0	0	0	1	22
Item VI - O livro apresenta dados históricos, mostrando o constante desenvolvimento da ciência.	0	0	2	4	17
Item VII - O livro torna o conteúdo interessante e pertinente.	0	0	0	6	17
Item VIII - O livro possui linguagem simples e facilitadora do aprendizado.	0	0	0	0	23
Item IX - O livro possui ilustrações didáticas que facilitam o aprendizado.	0	0	0	0	23
Item X - O livro proporciona uma boa compreensão do tema abordado.	0	0	0	7	16
Item XI - A proposta do livro evidencia atividades que fomentam o diálogo, a discussão e trabalho em equipe.	0	0	2	5	16

Tabela 1: Análise do questionário de opinião

No campo destinado às sugestões e comentários, os estudantes expressaram-se livremente, e alguns comentários serão apresentados a seguir:

Aluno A: *“Gostei muito da didática apresentada, os conteúdos estão bem explicados e não estão de forma extensa e cansativa, a criação do personagem foi o diferencial, pois deixa o público mais interessado no que está sendo apresentado.”*

Aluno B: *“As atividades são boas e serviram como fixação do conteúdo, os experimentos também foi um ponto positivo para contribuir com essa fixação e serviram para estimular a turma a sair da zona de conforto de só leitura e ir para a parte prática do conteúdo, despertando assim novas descobertas.”*

Aluno C: *“Gostei da forma de como o livro explica de forma bem rápida e pratica sobre os raios de luz com a interação com o ambiente.”*

Aluno D: *“É uma ferramenta e fácil compreensão e grande dinamismo didático, sendo importante para um aprendizado simples de adquirir e difícil de se esquecer.”*

Aluno E: *“Achei o livro incrível! Fácil compreensão, as figuras também ajudaram muito.”*

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Deseja-se que o material proposto acima seja devidamente replicável entre os diferentes ambientes educacionais existentes, seja pela proposta diferenciada das tradicionais aulas expositivas sugerida nos livros didáticos do Ensino Médio, seja pela temática, proposital, de realização de atividades de leitura e de experiências, facilitadoras do processo de ensino-aprendizagem.

Uma vez que o aprendiz se torna parte integrante do processo de construção de conhecimento, como no caso da pesquisa apresentada, onde os alunos foram guiados por meio de um material potencialmente significativo, uma série de fatores favoráveis à aprendizagem significativa torna-se evidente nos mesmos:

- A autoestima do mesmo se eleva, pois este se considera importante no processo educacional, facilitando a predisposição para o aprendizado;
- A interação com os demais alunos e com os professores, ainda que em meio a pensamentos e ideias diferentes, fomenta a afetividade, tornando o ambiente educacional mais agradável;
- A abordagem dialógica permite que os anseios educacionais, os conhecimentos prévios e as estruturas lógicas se tornem mais evidentes, permitindo uma avaliação continuada por parte do professor,

bem como facilita a elucidação de possíveis dúvidas decorrentes do processo;

Em suma, tornar a leitura, a experimentação, o diálogo e a interação discente um processo contínuo e diário permite desenvolver nos aprendizes uma capacidade crítica e efetiva na aquisição de novos conhecimentos. Os materiais paradidáticos, portanto, promovem essa situação, tão necessária no ensino de ciências em geral, e da Física em particular.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. J. P. M.; SORPRESO, T. P. Dispositivo analítico para compreensão da leitura de diferentes tipos textuais: exemplos referentes à Física. **Pro-Posições**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 83-95, jan./abr. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pp/v22n1/08.pdf>>.

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 25, no. 2, Junho, 2003.

ASSIS, A. **Leitura, argumentação e ensino de física: análise da utilização de um texto paradidático em sala de aula**. 2005. 286f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência, Área de Concentração: Ensino de Ciências) – Faculdade de Ciências, Câmpus de Bauru, Universidade Estadual paulista “Júlio de Mesquita Filho”. 2005.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Trad. Eva Nick e outros. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BENETI, Alysson Cristiano. **Textos paradidáticos e o ensino de física: uma análise das ações do professor no âmbito da sala de aula**. Dissertação (Mestrado), 138 f., Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2008.

BORELLI, S. H. S. **Ação, suspense, emoção: Literatura e cultura de massa no Brasil**. São Paulo: EDUC/Estação Liberdade, 1996.

BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio: bases legais**. Brasília, 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em: 12 setembro. 2017.

_____. **PCN + ensino médio: orientações educacionais complementares**

aos parâmetros curriculares nacionais. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília, [2002]. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 12 setembro. 2017.

CARVALHO, Ana Maria Pessoa. *Et al.* **Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico.** (Pensamento e ação no magistério), São Paulo, Scipione, 2005.

GRASSELLI, E. C.; GARDELLI, D. **O ensino da física pela experimentação no ensino médio: da teoria à prática.** Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE. Cadernos PDE, Volume I, 2014.

LAGUNA, Alzira Guiomar Jerez. A contribuição do livro paradidático na formação do aluno-leitor. **Augusto Guzzo Revista Acadêmica**, São Paulo, n. 2, p. 43-52, aug. 2012. ISSN 2316-3852.

LIMA, E. G. **Iconografias no livro didático de história: leituras e percepções de alunos do Ensino Fundamental.** Pará de Minas, MG: Virtual Books, 2012.

LIPMAN, Mathew. **O pensar na educação.** Vozes, 1995.

MOREIRA, Marco Antônio. **UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS – UEPS.** Instituto de Física – UFRGS, Porto Alegre, RS.

_____ **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula.** Brasília: Editora da UnB, 2006.

_____ **Mapas conceituais e aprendizagem significativa.** São Paulo: Centauro editora, 2010.

MUNAKATA, Kazumi. **Produzindo livros didáticos e paradidáticos.** 1997. 223 f. Tese (Doutorado em Educação) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 1997.

NEVES, M. S.; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A. **Repensando o papel do trabalho experimental, na aprendizagem da física, em sala de aula – um estudo exploratório.** Investigações em Ensino de Ciências – V11(3), pp.383-401, 2006.

NETO, Jorge Megid; FRACALANZA, Hilário. O livro didático de ciências: problemas e soluções. **Revista Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003.

PEREIRA, Itevaldo. **Elementos de Eletrodinâmica Associados aos Aspectos Gerais do Lago Paranoá.** 2016. 66 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília – Brasília/DF, 2016.

PRAIA, João Félix. **Aprendizagem significativa em D. Ausubel: Contributos para uma adequada visão da sua teoria e incidências no ensino.** Contributos do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Peniche, 2000.

PRECIOSO, N. L.; SALOMÃO, S. R. LEITURA EM AULAS DE CIÊNCIAS: A CONTRIBUIÇÃO DOS LIVROS PARADIDÁTICOS. **Revista da SBEnBio**, n. 7, 2014.

RAMOS, L. B. C.; ROSA; P. R. S. O ensino de ciências: fatores intrínsecos e extrínsecos que limitam a realização de atividades experimentais pelo professor dos anos iniciais do ensino fundamental. **Revista Investigações em Ensino de Ciências** – V13(3), pp.299-331, 2008.

Rodrigues, M. A. A leitura e a escrita de textos paradidáticos na formação do futuro professor de Física. **Rev. Ciênc. Educ.**, Bauru, v. 21, n. 3, p. 765-781, 2015.

XAVIER, M. E. R.; KERR, A. S. A análise do efeito estufa em textos paradidáticos e periódicos jornalísticos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 3: p. 325-349, dez 2004.

ZEN, C. R. L.; PEREIRA, R. F. A física do cotidiano: textos paradidáticos de calorimetria e termometria. **Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE**. Cadernos PDE, Volume I, 2013.

8. APÊNDICE

8.1. ANEXO I: Questionário pré-teste e pós-teste



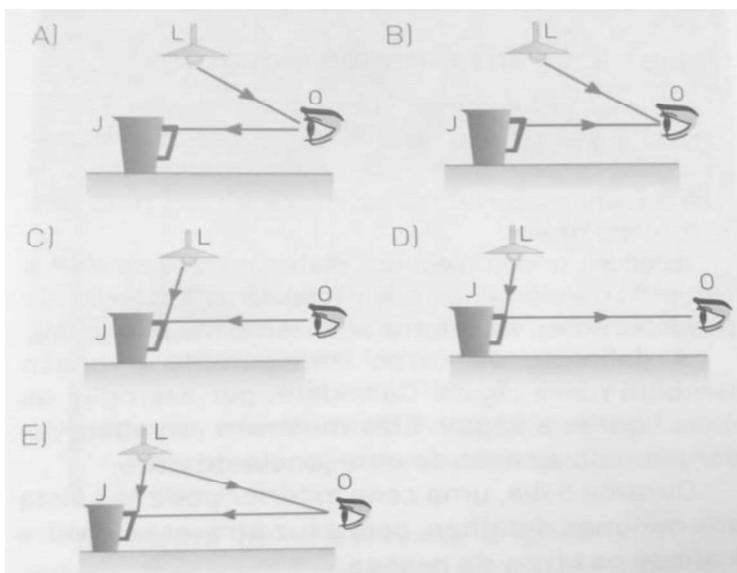
Universidade de Brasília – UnB
Instituto de Física - IF
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF/SBF
Mestrando: Ronielson Francisco Gonçalves Araujo

Avaliação Inicial - (Pré-teste)

1. O estudo da Óptica Geométrica está centrado

- a) Na natureza da luz.
- b) No comportamento da luz enquanto partícula.
- c) No estudo dos espelhos, apenas.
- d) Nos fenômenos, na propagação e nos conceitos referentes à luz.

2. (Access – RJ_adaptada) Nas figuras a seguir assinale a alternativa na qual estão representados corretamente os trajetos dos raios luminosos que permitem ao observador O a visão da jarra, sabendo que as setas indicam o sentido de propagação dos raios de luz.



Fonte: Mariano, W. Melo; Paz, Maria R. de Almeida. Física, 2ª série: Ensino Médio: Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Vol 2. 1ª ed., p.49. Belo Horizonte, 2015

3. Dos corpos a seguir, qual representa uma fonte de luz primária:

- a) uma xícara verde
- b) uma lâmpada amarela acesa
- c) um copo vermelho
- d) a lua cheia

4. Os princípios básicos da óptica geométrica são:

- a) princípio da propagação retilínea da luz, princípio da reversibilidade dos raios de luz e princípio da independência dos raios de luz.
- b) princípio da propagação retilínea da luz, princípio das cores primárias e princípio da reversibilidade dos raios de luz.
- c) princípio da reversibilidade dos raios de luz, princípio da independência dos raios de luz e princípio das cores primárias.
- d) princípio da máxima velocidade da luz, princípio da propagação retilínea da luz e princípio da reversibilidade dos raios de luz.

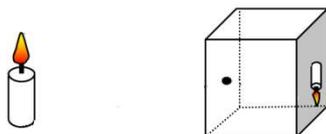
5. É possível calcular a medida da sombra de uma pessoa posicionada em pé sobre o solo terrestre, ou até mesmo a medida da sua altura utilizando um princípio da óptica geométrica. Que princípio é esse?

- a) Princípio de formação da sombra dos corpos.
- b) Princípio da independência dos raios de luz.
- c) Princípio da propagação retilínea da luz.
- d) Princípio da dispersão da luz.

6. Em um dia ensolarado é fácil perceber a formação de nossas sombras no solo. De acordo com os fenômenos da óptica geométrica, por que em dias nublados é difícil de perceber a formação de sombras?

- a) porque as nuvens dificultam a propagação orientada dos raios luminosos emitidos pelo sol, tais quais os corpos transparentes.
- b) porque as nuvens dificultam a propagação orientada dos raios luminosos emitidos pelo sol, tais quais os corpos opacos.
- c) porque as nuvens dificultam a propagação orientada dos raios luminosos emitidos pelo sol, tais quais os corpos translúcidos.
- d) porque as nuvens dificultam a propagação orientada dos raios luminosos emitidos pelo sol, tais quais os corpos de cores primárias.

7. A câmara escura de orifício é um dispositivo que historicamente foi utilizado primeiramente por Leonardo da Vinci (1452-1519). Ela consiste, em geral, por um paralelepípedo onde uma das faces apresenta um pequeno orifício – única entrada de luz – e a face interna oposta a este contém uma superfície projetável (papel vegetal, folha branca, vidro fosco, etc.). A figura abaixo mostra a projeção de uma vela no interior de uma câmara escura.



Qual princípio básico da óptica geométrica garante à imagem projetada essa orientação (forma, tamanho, posição, etc.)?

- a) princípio da absorção da luz.
- b) princípio da dispersão da luz.
- c) princípio da refração difusa da luz.
- d) princípio da propagação retilínea da luz.

8. Considere uma vela de 20 cm, localizada a 4,0 m do orifício de uma câmara escura, posicionada exatamente em frente à vela. Considere ainda que a distância entre o orifício e a face interna projetável da câmara seja de 60 cm. O tamanho da imagem formada é igual a:

- a) 12 cm
- b) 8 cm
- c) 4 cm
- d) 3 cm

8.2. Questionário de Opinião



Universidade de Brasília – UnB

Instituto de Física - IF

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF/SBF

Mestrando Ronielson Francisco Gonçalves Araujo

Questionário de aplicabilidade do material paradidático

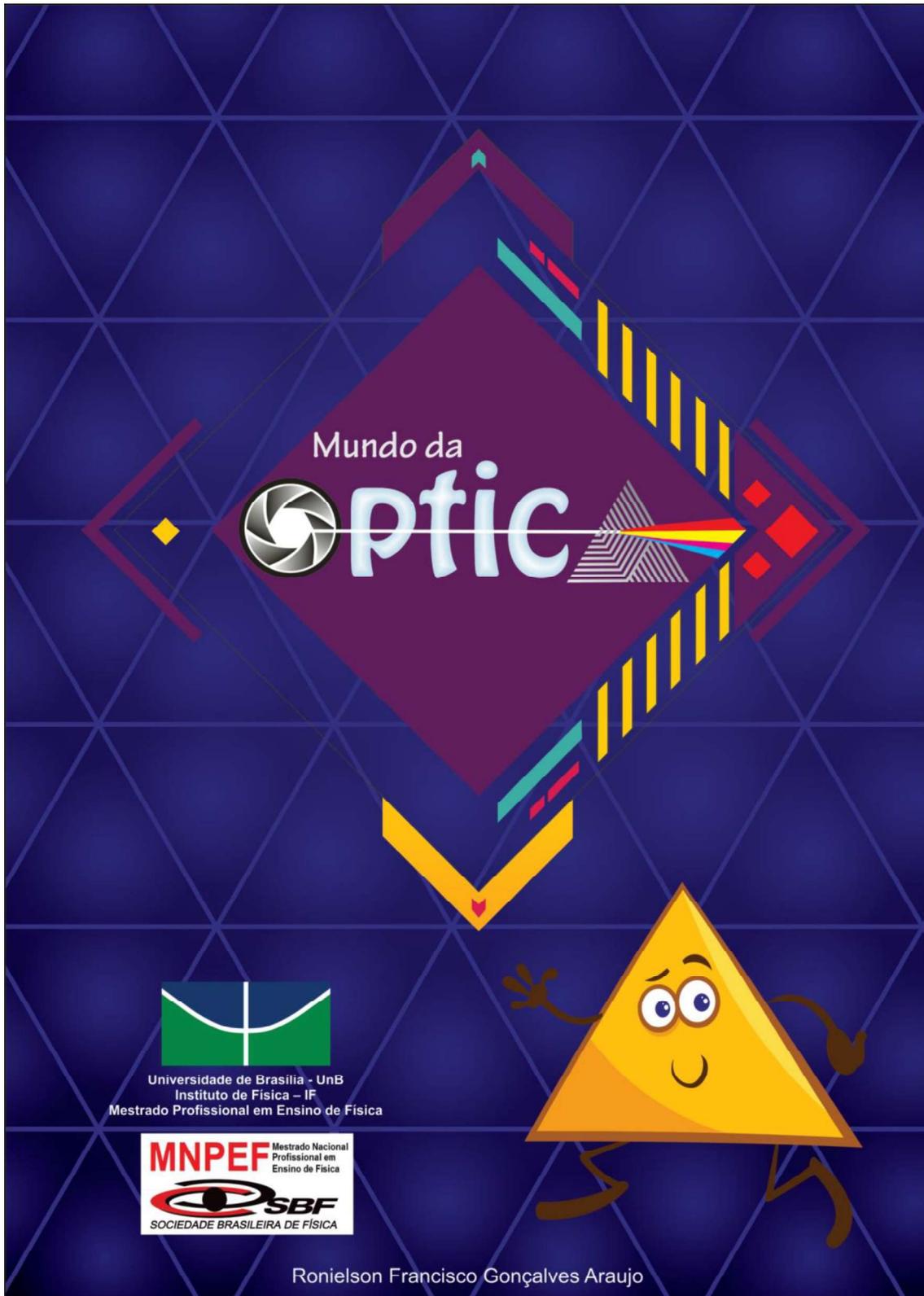
O objetivo deste questionário é verificar a aplicabilidade do material utilizado, por meio da análise dos aspectos essenciais de um paradidático, aspectos esses associados à sua estrutura e à sequência metodológica adotada na utilização do mesmo. Sinta-se à vontade para responder de acordo com a sua opinião. Para cada afirmação, associe um número, de 1 a 5, conforme a legenda abaixo:

1. Discordo fortemente
2. Discordo
3. Indeciso
4. Concordo
5. Concordo Fortemente

Item I - O livro leva o leitor a obter um conhecimento qualitativo e significativo acerca dos conceitos iniciais de Óptica Geométrica.	1	2	3	4	5
Item II - O livro adota uma abordagem conceitual, experimental e histórica.	1	2	3	4	5
Item III - O livro promove uma articulação entre ciência e tecnologia	1	2	3	4	5
Item IV - O livro desperta a curiosidade do leitor para o tema abordado.	1	2	3	4	5
Item V - O livro explora a relação entre diferentes áreas do conhecimento em seu texto.	1	2	3	4	5
Item VI - O livro apresenta dados históricos, mostrando o constante desenvolvimento da ciência.	1	2	3	4	5
Item VII - O livro torna o conteúdo interessante e pertinente.	1	2	3	4	5
Item VIII - O livro possui linguagem simples e facilitadora do aprendizado.	1	2	3	4	5
Item IX - O livro possui ilustrações didáticas que facilitam o aprendizado.	1	2	3	4	5
Item X - O livro proporciona uma boa compreensão do tema abordado.	1	2	3	4	5
Item XI – A proposta do livro evidencia atividades que fomentam o diálogo, a discussão e trabalho em equipe.	1	2	3	4	5

Registre aqui a sua sugestão em relação ao material utilizado.

8.3. Livro “O mundo da Óptica”





PREFÁCIO

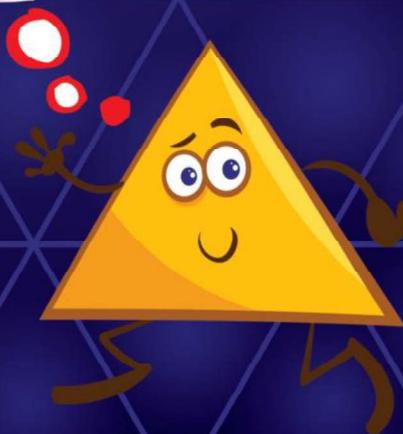
Olá!

Meu nome é Newton e eu serei o seu parceiro inseparável ao longo dessa jornada rumo ao aprendizado desse tema fantástico da Física, que é a Óptica Geométrica. O meu nome é uma homenagem a um dos cientistas mais importantes da história, Sir Isaac Newton (1642 – 1727), um gênio inglês que, dentre outras tantas façanhas científicas, contribuiu significativamente para o desenvolvimento e consolidação das teorias ópticas estudadas até hoje.

Seria difícil imaginar a obtenção da maioria das informações que nos circundam caso não se considerassem os processos que envolvem o sentido da visão. Os nossos olhos recebem, de maneira rápida e precisa, uma gama de sinais luminosos que, devidamente decodificados e interpretados pelo cérebro, nos mostram o universo por meio de proporções, modelos, delineamentos e, logicamente, cores. Há de se considerar que grande parte dessas características são mostradas através de situações específicas, que formam a beleza do estudo da óptica como um todo.

Do ponto de vista óptico, a tecnologia apresenta-se concretizada, por exemplo, nos mais diversos mecanismos que favorecem o entendimento óptico do mundo. Das mais simples lentes aos mais requintados telescópios, o universo é mostrado em seus níveis micro e macro, dos pequenos vírus às grandes estrelas., e por falar em simplicidade, quão peculiar é a fenomenologia por trás de uma primária câmara (sala) escura com um orifício!

Os entendimentos destes fenômenos, porém, vão além da teoria científica e do uso de aparatos tecnológicos. As representações dos acontecimentos bem como a formulação de hipóteses ocorrem apenas ao conhecermos o comportamento da luz nos diferentes meios, nas diferentes situações e com os diferentes agentes. Assim, ao se iniciar o estudo dos fenômenos luminosos, alguns questionamentos logo pairam em nossas cabeças, por exemplo: Você saberia me informar de onde sai a luz? Você conseguiria definir como é o caminho da luz? Por que será que existem cores diferentes? Seria possível produzirmos luz de alguma forma? Como é feita a imagem de algum objeto?



Capítulo 1

A interação da luz em seus diversos meios



Disponível em: <https://i.ytimg.com/v/iaObi1rBdeZ4/maxresdefault.jpg>

Você se lembra dos sucessos de bilheteria dos filmes da Marvel®, com os personagens de Os Vingadores, e da DC Comics®, com os personagens da Liga da Justiça? Logo se formou o emblemático duelo entre os fãs dos dois segmentos, Team Marvel x Team DC. Imagino que neste momento você deve está se perguntando qual a relação entre esse fato e o estudo da óptica geométrica. Vou explicar agora. Ao longo da história, uma grande "batalha de ideias" se desenvolveu entre grandes físicos, como Galileu Galilei (1564 – 1642), René Descartes (1596 – 1650) e Isaac Newton (1642 – 1727) que defendiam que a luz era composta por partículas, e Christian Huygens (1629 – 1695), Augustin-Jean Fresnel (1788 – 1827) e Thomas Young (1773 – 1829), que defendiam o comportamento ondulatório da luz. Esta variedade de propriedades trouxe, com o advento da Física Moderna, a famosa dualidade "onda-partícula da luz". Mas calma, você não precisará escolher um lado para defender, pelo menos não agora! A Óptica Geométrica aborda uma pequena parte do estudo da luz, destacando os fenômenos e os principais conceitos relativos à mesma, especificamente, à sua propagação e à formação/interpretação das cores. O desenvolvimento do estudo da propagação da luz se dará a partir de alguns preceitos simples, de modo que possíveis debates sobre a natureza da luz não serão nosso foco neste momento. O texto abaixo mostrará um pouco do contexto histórico da Óptica Geométrica. Boa leitura!



1. Galileu foi um físico, matemático, astrônomo e filósofo italiano que teve um papel ímpar na revolução científica. Sua obra mais citada, e uma das mais revolucionárias para a época na qual viveu, é a proposição da teoria Heliocêntrica, que descreve um modelo de universo onde o Sol é o centro imóvel, e não a Terra como se acreditava na época. Também foi responsável pelo desenvolvimento dos primeiros estudos consistentes do movimento uniformemente acelerado e do movimento do pêndulo. Enunciou a lei dos corpos, o princípio da inércia e o conceito da referencial inercial, idéias precursoras da mecânica newtoniana.

2. Aos 22 anos, começa a formular sua "geometria analítica" e seu "método de raciocinar corretamente". Rompe com a filosofia aristotélica adotada nas academias e, em 1619, propõe uma ciência unitária e universal, lançando as bases do método científico moderno.

3. Sua maior obra foi sobre a exposição do sistema do mundo, dada no livro denominado *Principia*. Durante a escrita do *Principia*, Newton não teve qualquer cuidado com a saúde, esquecendo-se das refeições diárias e até de dormir.

4. Huygens argumentava a favor de uma teoria ondulatória da luz, atestando que uma esfera de luz crescente se comporta como se cada ponto da frente de onda fosse uma nova origem de radiação de mesma frequência e fase.

5. Distinguiu-se, sobretudo, pelos seus trabalhos no campo da óptica. Pela sua publicação sobre difração, foi-lhe atribuído o Prêmio da Academia das Ciências em 1819. Descreveu os espelhos que posteriormente foram designados por "espelhos de Fresnel" e demonstrou que só a teoria ondulatória da luz podia explicar os fenômenos de interferência luminosa. Fez as primeiras medições de comprimentos de onda.

6. Um dos grandes feitos de Young foi a experiência da dupla fenda, que levou à determinação do caráter ondulatório da luz.

TEXTO I

A Óptica e a outra Face de Newton

Até o início do século XVII, as cores eram consideradas propriedades reais dos corpos, e a luz, essencialmente distinta delas, serviam apenas para exibi-las. Descartes foi o primeiro a estabelecer uma explicação puramente mecânica para ambas. A luz era real, pois consistia em corpúsculos. Como qualidades secundárias, as cores não eram reais, eram efeitos fisiológicos associados à velocidade de rotação dos corpúsculos sobre a retina. Com base em experimentos realizado com prismas, na observação da dispersão da luz e na formação do espectro colorido, Descartes supôs que a refração no prisma alterava as velocidades de rotação da luz branca, embora o motivo pelo qual várias cores fossem criadas fosse deixado sem explicação.

A história da ótica sofreria a sua principal reviravolta com Newton e a publicação de sua *Optica*, em 1704, resultado de elaborações de ideias sugeridas quarenta anos antes. Newton propôs uma nova teoria da dispersão da luz, na qual pela primeira vez, a luz branca era considerada composta de raios de diferentes cores. Em função disto, cada raio sofreria um efeito de refração distinto no prisma, produzindo sua separação. Newton também observou que o espectro produzido era alongado, o que não era explicado pela teoria cartesiana. Prevendo uma resposta [...], Newton utilizou uma estratégia que, a partir de sua obra, passou a ser conhecida por (experimento crucis). Com o uso de um segundo prisma posicionado para capturar apenas um raio monocromático, ele mostrou que esse raio sofria nova refração, mas nenhuma outra dispersão. Se a teoria cartesiana fosse correta, um novo efeito dispersivo era esperado. [...]

Antony M. M. Polito. A construção da estrutura conceitual da física clássica. (Série mestrado nacional profissional em ensino de física). Editora Livraria da Física, volume 2, São Paulo, 2016, p. 77 – 78

Glossário

Corpúsculos: pequenos corpos, de dimensões quase desprezíveis.

Prismas: paralelepípedo de cinco faces (três retangulares e duas triangulares) constituído de material que permite a passagem da luz por dentro do mesmo.

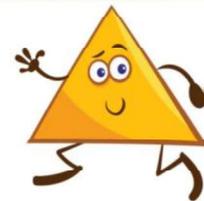
Dispersão da luz: decomposição da luz em diferentes raios.

Espectro: conjunto de componentes luminosos.

Refração: passagem da luz para um meio diferente do meio de origem.

Cartesiana: referente à René Descartes.

Monocromático: de uma só cor.



Uau! Veja só quão interessante é a história por trás da Óptica Geométrica. Mas, para que continuemos nossa aventura, você precisa conhecer alguns conceitos e propriedades importantes da luz.



Disponível em:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/92/P%C3%B4r_do_sol_Lago_Gua%C3%ADba_4.JPG

- ▶ **Fontes de Luz primárias:** São corpos ou objetos que possuem emissão própria de luz. Podemos citar como exemplo uma vela acesa, uma lanterna em funcionamento, o Sol, etc.

- ▶ **Fontes de luz secundárias:** Diferentemente dos exemplos acima, essas fontes não possuem luz própria. Elas são iluminadas por fontes primárias, transmitindo aos nossos olhos (receptor visual) uma pequena parte da luz recebida e absorvendo todo o restante. Como exemplo temos a Lua e a grande maioria dos objetos visíveis por nós.



Disponível em:
https://pixabay.com/p-2580504/?no_redirect

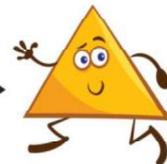
- ▶ **Raio de luz:** É uma linha reta, orientada (sentido emissor – receptor) que representa a propagação da luz.



Fonte

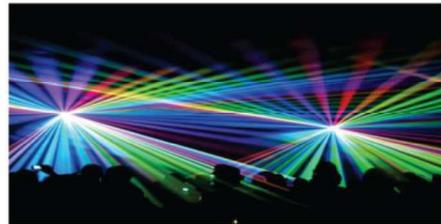


Raio



Receptor

- ▶ **Feixe de luz:** Conjunto de raios de luz igualmente orientados.



Disponível em: https://pixabay.com/p-2580504/?no_redirect

► **Fontes de luz pontuais:** São fontes cujas dimensões praticamente desprezíveis quando comparadas com a distância que as separam dos demais objetos iluminados.



Disponível em: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3d/RGB-Led-projection.jpg>



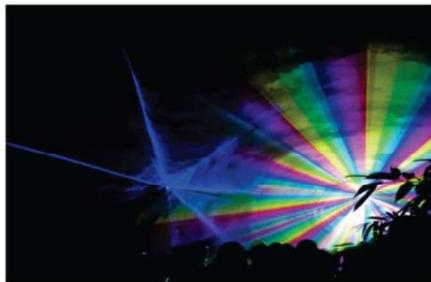
Disponível em: http://www.designingwithleds.com/wp-content/uploads/2015/02/Garage-T12_450-225x300.jpg

► **Fontes de luz extensas:** Os raios luminosos saem de toda a extensão da fonte, que tem tamanho considerável.

► **Luz monocromática:** formada por uma única cor (mono = um / cromo = cor)



Disponível em: https://pixabay.com/p-1769906/?no_redirect



Disponível em: <https://pxhere.com/en/photo/981576>

► **Luz policromática:** formada por diferentes cores (poli = vários / cromo = cor).

► **Opaco:** meio – ou corpo – que não permite a passagem de luz pelo seu interior, absorvendo-a em sua totalidade



M
E
I
O



Disponível em:
https://pixabay.com/p-154405/?no_redirect



Disponível em: http://www.designingwithleds.com/wp-content/uploads/2015/02/Garage-T12_450-225x300.jpg

► **Translúcido:** meio – ou corpo – no qual a propagação luminosa ocorre de forma irregular, desfazendo-se o sentido único de propagação retilínea e reduzindo a nitidez visual.



M
E
I
O



► **Transparente:** meio – ou corpo – no qual a propagação retilínea da luz ocorre completamente, com os raios luminosos atravessando sua extensão sem que haja distorção da forma dos raios.



M
E
I
O



Disponível em: https://pixabay.com/p-314874/?no_redirect

► **Reflexão da luz:** ocorre quando a luz proveniente de alguma fonte incide sobre determinada superfície e retorna ao meio de propagação de origem.

► **Dispersão da luz:** é um tipo especial de refração, caracterizada pela decomposição da luz em diferentes raios (diferentes cores).



Disponível em: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cf/Prisma-lightSpectrum-goethe.gif>

Olha eu aqui de novo!

Quanta informação bacana não é mesmo? Saiba que todas elas são importantes para o entendimento dos processos que envolvem os fenômenos luminosos. Para ficar mais fácil, os conceitos e propriedades acima podem ser agrupados da seguinte forma:

- **Tipos de fontes luminosas (natureza): Primárias ou Secundárias;**
- **Tipos de propagação luminosa: Raio (único) ou Feixes (vários raios);**
- **Tipos de fontes luminosas (extensão): Pontais ou Extensas;**
- **Tipos de luzes: Monocromática ou Policromática;**
- **Tipos de meios: Opacos, Translúcidos ou Transparentes;**
- **Reações da luz nos meios: Reflexão ou Refração/Dispersão**

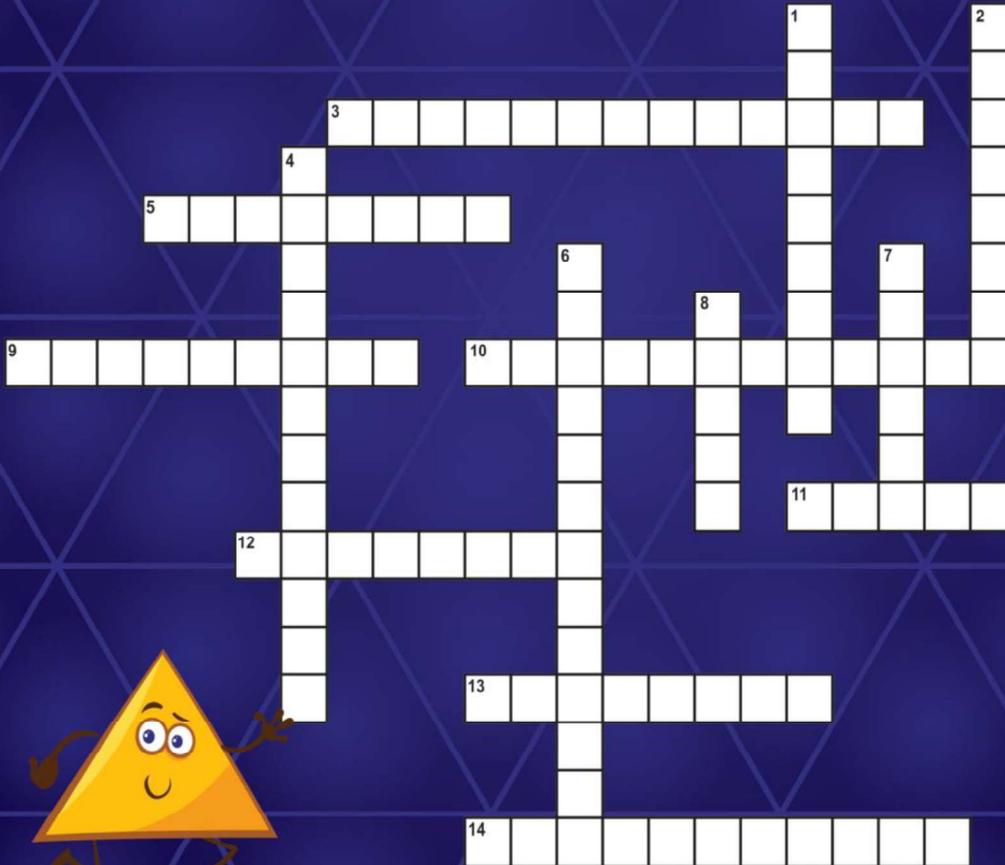
Agora você vai ter a oportunidade de verificar seu aprendizado até agora com uma atividade. Mãos a obra!



Atividade 1

Complete corretamente as lacunas, observando as dicas indicadas logo abaixo:

Luz: história e fenômenos



Vertical

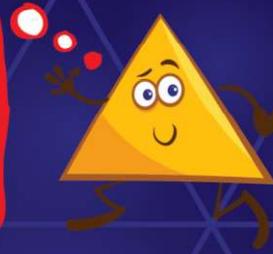
- 1 . Fontes de luz própria.
- 2 . Fontes luminosas de dimensões desprezíveis em relação à distância de propagação da luz.
- 4 . Meio que permite a passagem dos raios luminosos sem deformá-los.
- 6 . Luz de uma cor só.
- 7 . Ramo da Física responsável pelo estudo das propriedades luminosas.
- 8 . Conjunto de raios luminosos igualmente orientados.

Horizontal

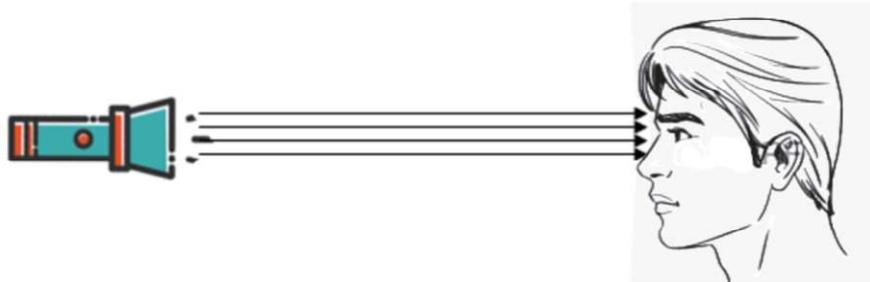
- 3 . Luz composta de diferentes cores.
- 5 . Fenômeno no qual a luz incide em uma superfície, atravessando-a e dirigindo-se a um meio diferente.
- 9 . Decomposição de uma luz policromática.
- 10 . Um dos principais precursores do método científico moderno.
- 11 . Corpo que não permite a passagem de luz, absorvendo todo o espectro luminoso recebido.
- 12 . Fenômeno luminoso no qual a luz incide em uma superfície e retorna ao mesmo meio de origem.
- 13 . Fontes luminosas de dimensões consideráveis.
- 14 . Responsável pelo experimento crucial que revolucionou o estudo da óptica.

Princípios da Óptica Geométrica

Voltei! Agora, continuaremos a nossa aventura educativa pelo mundo da Óptica Geométrica, e, para prosseguirmos, precisamos entender dois princípios básicos. São eles: Princípio da Propagação Retilínea da Luz e o Princípio da Independência dos Raios Luminosos.

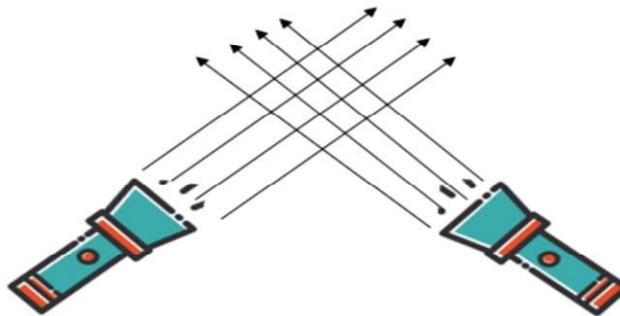


- ▶ **Princípio da Propagação Retilínea da Luz:** Como na óptica geométrica assume-se que a luz se propaga no espaço por meio de raios, a melhor forma geométrica para se modelar essa propagação é uma reta, orientada no sentido fonte – receptor.



Como consequência direta deste princípio temos a Reversibilidade dos raios luminosos: se um raio de luz sai do ponto A em direção ao ponto B, ainda que sofra várias reflexões, ele descreverá a mesma trajetória caso o sentido de sua propagação seja invertido, isto é, se ele sair de B e for em direção a A.

- ▶ **Princípio da Independência dos Raios Luminosos:** Quando dois raios ou dois feixes de luz se interceptam, suas trajetórias são preservadas, independente da interação provocada pelo cruzamento (possível mistura de cores).





Uma das principais aplicações dos princípios de propagação luminosa é o funcionamento da câmera fotográfica. O mais legal disso é que todas elas, independente de serem mais modernas ou mais antigas, obedecem aos mesmos princípios. E por falar em antiguidade, você conhece a história das câmeras de fotografia? O texto abaixo vai te levar a viajar um pouco no tempo. Boa leitura!

TEXTO II

História da Fotografia

Não se pode creditar a invenção da fotografia a uma única pessoa. Os germes deste evento começam a se manifestar nos filósofos da antiga Grécia. Platão foi o primeiro a descrever o efeito fotográfico. Há breve relato em sua obra, A República, escrita entre 380-370 a.C. atesta o fato. Platão encontrava-se dentro de uma caverna, quando notou parte da imagem exterior estava projetada em umas das paredes, em posição invertida. Examinando minuciosamente todos os cantos, percebeu que a parede oposta à da imagem projetada, apresentava pequena fenda, que permitia a passagem da luz. “A Caverna de Platão” foi o tema de várias metáforas, criadas por ele para descrever aquilo que vemos e que somos. A elite grega daquela época não encontrou outras formas para explorar melhor este efeito físico.

Durante o século X, o erudito árabe Alhazen, descreveu como observara um eclipse solar, no interior de uma “câmara obscura”, um quarto escuro, com um pequeno buraco aberto para o exterior. A câmera escura surge no período renascentista, dois milênios depois, aplicando o mesmo princípio, agora como ferramenta necessária para produzir imagens com verossemelhança. A fotografia exemplifica que as invenções têm seu momento ideal e o momento propício para serem aproveitadas pela sociedade, em certo momento histórico dentro das demandas específicas que elas apresentam.

O princípio deste invento era simples. Uma caixa escura, com espaço suficiente para o artista se locomover. Em uma de suas paredes havia um minúsculo furo, para permitir entrada de luz, cuja imagem seria projetada sobre a tela de pintura, de cabeça para baixo. O trabalho do artista era de contornar os traços da imagem com tinta. No final do século XVI, o pequeno furo, foi substituído por uma lente biconvexa, para que a imagem refletiva tivesse melhor visualização. Em seguida, seu tamanho foi se reduzindo até atingir sua portabilidade. O papel de rascunho foi substituído pelo filme fotográfico.

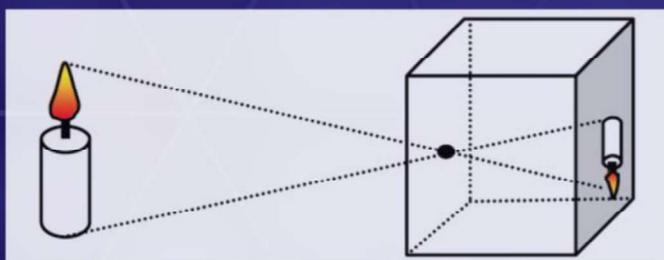
As primeiras câmeras, entretanto, eram pesadas caixas de madeira, que fotografavam com daguerreótipos¹ e, em seguida, com chapas de vidro. Tanto as câmeras, como as chapas e o papel fotográfico, eram produzidos pelos próprios fotógrafos. Dispendia-se muito tempo no preparo de soluções e na operação destes equipamentos. Devido à falta de mobilidade, os primeiros retratos eram imitação da pintura renascentista. Com o avanço da química, óptica e micro-mecânica, filmes e papéis industrializados, surgem os primeiros filmes de rolo, as câmeras foram diminuindo de tamanho, fotografar passa a ser uma tarefa mais simples, novos ângulos e posições passam a ser experimentados, a linguagem fotográfica atinge a sua maturidade.

<<https://focusfoto.com.br/a-revolucao-da-camera-escura/>> acessado em 27/08/16, 14:50

¹Aparelho antigo inventado pelo francês Louis Jacques Mandé Daguerre (1787 – 1851) que funcionava através da fixação de pigmentos numa folha metálica no fundo da câmara escura.

Bacana conhecer um pouco da história de alguns inventos, não é? Importante você saber que, devido à forma de propagação retilínea da luz e ao formato da câmara escura, principalmente em razão da posição do orifício de entrada da luz, as imagens são formadas no fundo tem posição invertida em relação ao objeto fotografado, conforme mostra a figura a seguir. Além disso, devido à propriedade matemática de semelhança de triângulos, a seguinte relação de proporcionalidade é válida:

$$\frac{\text{tamanho do objeto}}{\text{distância do objeto ao orifício}} = \frac{\text{tamanho da imagem}}{\text{distância do orifício ao fundo da câmera}}$$



Modelo de funcionamento de uma câmara escura. Disponível em <http://rede.novaescolaclub.org.br/sites/default/files/importadas/Img/geral/cortes-03.gif>



Tenho certeza que você achou bem bacanas esses dois princípios. Mais legal ainda vai ser quando observar eles na prática, conforme mostrarão esses experimentos a seguir.

Experimento 1: Princípios luminosos

Materiais necessários:

- ▶ Dois spots de luz colorida como o da figura ao lado (Pode ser substituído por duas lanternas de luz branca, adaptadas com papel celofane de cores diferentes na saída do cone de luz);
- ▶ Odorizante de ambientes (aerosol);

1. Direcione cada um dos spots para um ponto distinto de uma parede, preferencialmente branca. Acione o odorizante ao longo da distância percorrida pela luz, entre o spot e a parede.

O que você pode perceber? Qual princípio da óptica geométrica pôde ser constatado?



http://www.eletronicacomponel.com.br/admin/fotos3/imagem26_14_4_14.jpg

2. Posicione novamente os dois spots para a parede, agora de uma maneira que os feixe de luz das duas fontes se cruzem.

2.1. As cores projetadas nas paredes são iguais às cores de saída dos spots? A qual princípio você atribui esse fenômeno?

2.2. Acione novamente o odorizante ao longo das duas trajetórias dos raios de luz. O princípio da propagação retilínea da luz se manteve? O que aconteceu no encontro dos dois feixes luminosos?

3. Utilizando a régua, meça a distância da vela à câmara escura, o tamanho da vela e a distância do furo à tampa da câmara. Utilize dos dados matemáticos apresentados e determine, sem medir com régua, o tamanho da imagem formada.

4. Agora utilize a régua para medir o tamanho da imagem formada e compare com o valor encontrado no item anterior.



Espero que tenha gostado das experiências. Elas são simples, mas servem para constatar na prática aquilo que a teoria nos mostra. É importante saber que a ideia da formação das imagens por semelhança de triângulos é idêntica ao raciocínio utilizado para medir o tamanho de uma sombra, por exemplo. O texto abaixo contará um pouco da história do famoso matemático Tales de Mileto, no episódio em que ele se apropriou de princípios básicos da óptica geométrica para solucionar um desafio. Boa leitura!

TEXTO III

Tales de Mileto e a pirâmide de Quéops

Tales de Mileto foi o primeiro matemático grego, nascido por volta do ano 640 e falecido em 550 a.C., em Mileto, cidade da Ásia Menor, descendente de uma família oriunda da Fenícia ou Beócia. Tales foi incluído entre os sete sábios da antiguidade. Estrangeiro rico e respeitável, o famoso Tales durante a sua estadia no Egito estudou Astronomia e Geometria.

Ao voltar de novo a Mileto, Tales abandonou, passado algum tempo, os negócios e a vida pública, para se dedicar inteiramente às especulações filosóficas, às observações astronômicas e às matemáticas. Fundou a mais antiga escola filosófica que se conhece - a Escola Jônica.

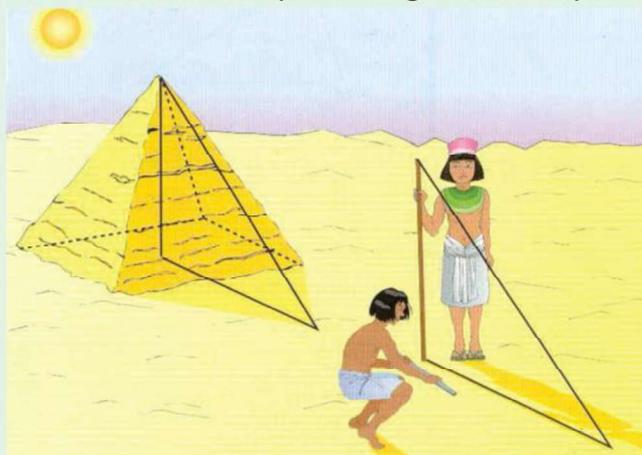
A sua fama estendeu-se a todo o mundo heleno, graças especialmente à predição de um eclipse do sol, cuja data não se sabe bem ao certo se foi a de 28 de Maio de 585 ou a de 30 de Setembro de 609 a.C.- predição resultante do uso de uma das tábuas compostas pelos Caldeus, que anunciavam os períodos de 18 anos e 11 dias dos eclipses solares.

Proclo, Laércio e Plutano atribuem a Tales não só a transplantação de conhecimentos matemáticos do Egito para a Grécia, mas ainda à descoberta de várias proposições isoladas relativas às paralelas, aos triângulos e às propriedades do círculo, não apresentando nenhuma sequência lógica, mas com demonstrações dedutivas. Poderá dizer-se que Tales deu a essa matemática uma característica que se conserva até hoje, o conceito de "demonstração ou prova". [...]

Proposição: Os triângulos equiângulos têm os seus lados proporcionais.

É uma proposição de grande importância, que Tales utilizou na determinação da altura da pirâmide Quéops. Quando Tales de Mileto, cerca de seiscentos anos antes do nascimento de Cristo, se encontrava no Egito, foi-lhe pedido por um mensageiro do faraó, o nome do soberano, que calculasse a altura da pirâmide Quéops. Tales apoiou-se a uma vara espetada perpendicularmente ao chão e esperou que a sombra tivesse comprimento igual ao da vara. Disse então a um colaborador:

- Vai mede depressa a sombra: o seu comprimento é igual á altura da pirâmide.



Tales, para ser rigoroso, deveria ter dito para adicionar à sombra da pirâmide metade do lado da base desta, porque a pirâmide tem uma base larga, que rouba uma parte da sombra que teria se tivesse a forma de um pau direito e fino; pode acontecer que o tenha dito, ainda que a lenda não refira.

Disponível em: <<http://www.educ.fc.ul.pt/icm/icm99/icm28/tales.htm>>, Acessado em 14/05/2017, 8h46



Conhecer a forma como a luz se comporta durante sua propagação nos faz entender e admirar uma série de fenômenos, uns mais simples, outros mais elaborados, mas todos sempre carregados de uma beleza única. Que tal perceber isso através de um pequeno experimento?

Experimento 3: Sombra e penumbra

Materiais necessários:

- ▶ Lanterna
- ▶ Um lápis (ou qualquer objeto semelhante desde que opaco)
- ▶ Um pedaço circular de papel cartão (circular com aproximadamente 2,5 cm de raio)

Roteiro

1. Apóie a lanterna em algum suporte, ou peça a ajuda de um colega para segurá-la, distante aproximadamente 30 cm de uma parede;
2. Apague as luzes do ambiente (mantenha-o o mais escuro possível);
3. Posicione o lápis (ou o semelhante) entre a lanterna e a parede nas seguintes posições: a 5 cm da lanterna, a 10 cm da lanterna e a 20 cm da lanterna. Houve diferença nas projeções geradas? E no tamanho das projeções? Caracterize cada situação com suas palavras.

4. Repita o procedimento com o disco de papel cartão. Houve diferença nas projeções geradas? E no tamanho das projeções? Caracterize cada situação com suas palavras.

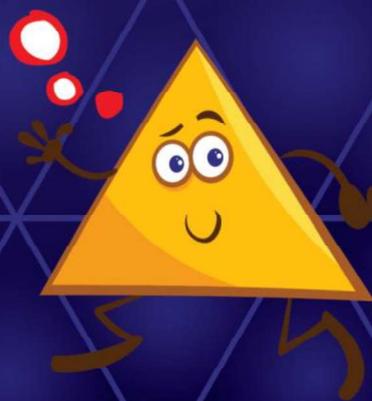
5. O formato do objeto influenciou na formação das projeções, em cada uma das posições? Justifique.

Para tornar o entendimento de sombras e penumbras ainda mais bacana, você deve lembrar que:

Sombra: É uma região escura formada pela ausência total da luz, e ocorre quando o objeto é iluminado por uma fonte de luz de dimensão desprezível em relação a esse.

Penumbra: É uma região escura formada pela ausência parcial da luz, gerando uma espécie de dégradé, devido às diferentes tonalidades.

Um dos fenômenos mais belos, que envolvem os conceitos de sombra e penumbra é o eclipse. O texto abaixo trará uma boa explicação dos mesmos. Boa leitura!



TEXTO IV

Eclipses

Denomina-se eclipse ao obscurecimento parcial ou total de um corpo celeste em virtude da interposição de outro. A palavra eclipse vem do grego ekleipsis, que significa abandono, desmaio, desaparecimento. É uma das raras chances de observar-se um espetáculo tão belo da natureza. Embora os eclipses solares ocorram em maior número, vemos com mais frequência os lunares, pelo fato de os últimos serem observados em áreas consideravelmente superiores à metade da Terra.

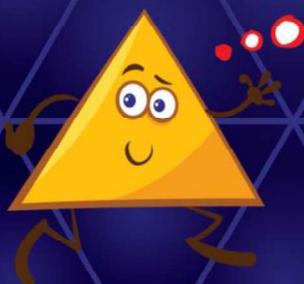
Os eclipses lunares ocorrem quando a Lua penetra no cone de sombra da Terra, o que só pode acontecer na fase de Lua cheia pelo seguinte: A Terra gira ao redor do Sol num plano. Por exemplo, supondo que o Sol esteja no centro da face superior de uma mesa, a Terra se move em torno do Sol no nível desta superfície. Ao mesmo tempo a Lua gira em torno da Terra, mas o plano de órbita lunar é inclinado um pouco mais de 5° em relação à face da mesa. Embora a Terra projete sempre a sua sombra não a percebemos porque geralmente a Lua passa acima ou abaixo da sombra. Assim, quando a Lua cruza o plano da órbita da Terra, ou seja, passa por um nodo, e, além disso, o Sol, a Lua e a Terra ficam alinhados, ocorre um eclipse lunar.

A sombra da Terra projetada no espaço se estende em forma cônica por cerca de 1,38 milhão de quilômetros. À distância de aproximadamente 360 mil quilômetros, onde está a Lua, o diâmetro da sombra tem cerca de 9 mil quilômetros. Além de uma parte escura, chamada umbra ou apenas sombra, a sombra da Terra tem uma parte cinzenta denominada penumbra. Mas é a sombra que dá o efeito de beleza ao fenômeno, pois a penumbra na maioria das vezes é imperceptível.

Os eclipses lunares já foram mais importantes para a pesquisa astronômica. Eles forneceram a primeira prova de que a Terra é redonda, foram utilizados no estudo da alta atmosfera do nosso planeta, no estudo da rotação da Terra, no tamanho e distância do nosso satélite além de variações em seu movimento. Além disso, os eclipses podem contribuir com a História na determinação de datas que se deram em tempos remotos.

Quando a Lua estiver toda imersa na sombra poderá tomar uma cor de cobre, isto é, avermelhada, pelo seguinte: A luz do Sol atinge a Terra e passa pela atmosfera. Os componentes da luz branca, que produzem as cores vermelha e laranja, espalham-se pelo ar cobrindo o céu com as cores do Sol no alvorecer e no crepúsculo. A refração transforma essas cores em sombra, por isso a Lua pode ficar avermelhada.

Paulo Sergio Bretones. Artigo: O eclipse da Lua na noite de 27 para 28 de setembro de 2015, Departamento de Metodologia de Ensino da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), disponível em <http://www.saci.ufscar.br/servico_release?id=82333&pro=3>



Agora é hora realizar alguns exercícios, que servirão para avaliarmos a aprendizagem até aqui.

Atividade 2

1. Em corridas de táxi, é comum que o motorista mantenha um agradável bate-papo com seu passageiro, alocado frequentemente na parte de trás do automóvel. No entanto, devido à necessidade constante de atenção por parte do motorista, este não pode olhar diretamente para o cliente, utilizando-se, então, do retrovisor interno. Nessa situação, tanto o passageiro quanto o motorista conseguem ver os olhos um do outro. Do ponto de vista da óptica geométrica, qual a explicação desse fenômeno?

2. Assinale com V as afirmações verdadeiras e com F as afirmações falsas.

() A luz pode ser associada a um agente físico provocador de estímulo visual.

() A Óptica Geométrica estuda os fenômenos luminosos que envolvem considerações a respeito da natureza íntima da luz.

() Fonte de luz é todo corpo capaz de emitir luz.

() A visualização de uma fonte secundária só é possível se esta estiver em presença de, ao menos, uma fonte primária.

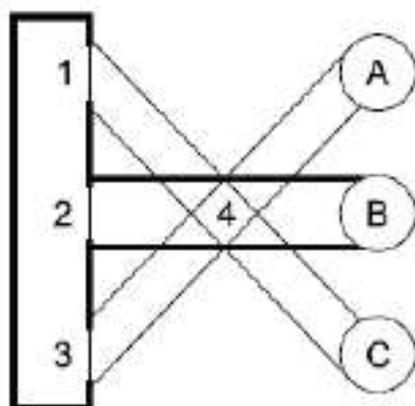
() O filamento em caracol de um acendedor elétrico de cigarros (do tipo existente em um automóvel), quando aquecido, é um exemplo de fonte de luz primária incandescente, similar a uma vela acesa.

() A propagação de um raio de luz independe da existência de outros raios de luz.

() Fontes de luz pontiformes são aquelas de pequenas dimensões, quando comparadas às distâncias percorridas pelos raios luminosos.

() A luz necessita de um meio material para se propagar.

3. (UEPB_ADAPTADA) Durante o Maior São João do Mundo, realizado na cidade de Campina Grande, um estudante de Física, ao assistir um show, decidiu observar o comportamento dos feixes de luz emitidos por três canhões, os quais emitiam luz nas seguintes cores: canhão A – luz azul; canhão B – luz verde; canhão C – luz vermelha, como mostra a figura abaixo.



Considerando que os três feixes de luz têm a mesma intensidade e se cruzam na posição 4, as cores vistas pelo estudante nas regiões iluminadas 1, 2 e 3 do palco são, respectivamente:

- a) vermelha, verde, azul.
- b) branca, azul, verde.
- c) amarela, vermelha, verde.
- d) verde, azul e preta.
- e) branca, branca, branca.

4. Em um dia ensolarado é fácil perceber a formação de nossas sombras no solo. Como elas são formadas e por que nossas sombras apresentam diferentes orientações (na nossa frente, atrás, ao lado, etc.) e diferentes tamanhos ao longo do dia? Faça um desenho ilustrando sua resposta.

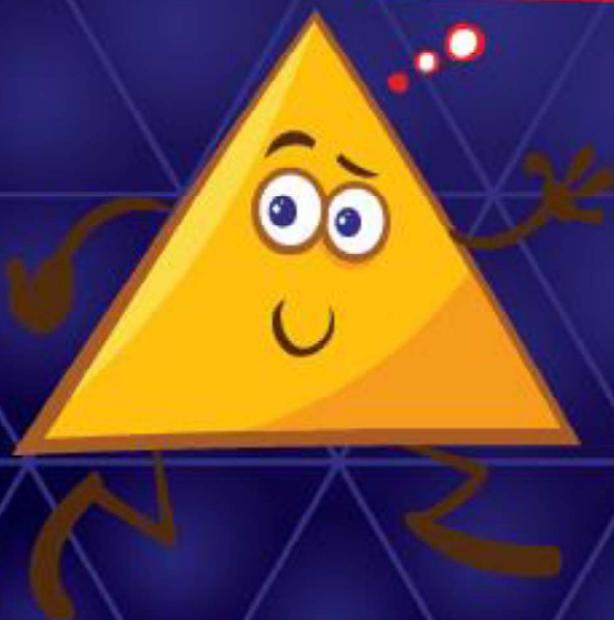
5. A câmara escura de orifício é um dispositivo que historicamente foi utilizado primeiramente por Leonardo da Vinci (1452-1519). Ela consiste, em geral, por um paralelepípedo onde uma das faces apresenta um pequeno orifício – única entrada de luz – e a face interna oposta a este contém uma superfície projetável (papel vegetal, folha branca, vidro fosco, etc.). Considere uma vela de 20 cm localizada a 4,0 m do orifício da câmara, posicionada exatamente em frente à vela. Considere ainda que a distância entre o orifício e a face interna projetável da câmara seja de 60 cm.

6.1. Faça um desenho esquematizando a situação acima?

6.2. Qual é a orientação da imagem formada em relação à vela?

6.3. Determine o tamanho da imagem formada.

Amigo, foi um prazer acompanhá-lo até aqui nessa aventura fantástica que foi conhecer um pouco dos princípios básicos da óptica geométrica. Agora o desafio está com você. Ainda existe muito a se descobrir sobre os efeitos da propagação da luz! Desenvolva seu lado desbravador e mergulhe de cabeça nos estudos sobre esses fenômenos. Até mais!



Universidade de Brasília - UnB
Instituto de Física - IF
Mestrado Profissional em Ensino de Física

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bretones, P.S. Artigo: O eclipse da Lua na noite de 27 para 28 de setembro de 2015, Departamento de Metodologia de Ensino da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), disponível em < http://www.saci.ufscar.br/servico_release?id=82333&pro=3>.

Mariano, W. Melo; Paz, Maria R. de Almeida. Física, 2ª série: Ensino Médio: Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Vol 2. 1ª ed., Belo Horizonte, 2015.

Polito, A.M.M. A construção da estrutura conceitual da física clássica. (Série mestrado nacional profissional em ensino de física). Editora Livraria da Física, volume 2, São Paulo, 2016.

<http://www.feiradeciencias.com.br/sala02/02_060.asp> acessado em 12/09/16, 13:00h

<<http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/ou10.htm>> acessado em 07/10/16, 16:10h

<<https://focusfoto.com.br/s-revolucao-da-camera-escura/>> acessado em 22/09/16, 18:50h

<<http://www.educ.fc.ul.pt/icm/icm99/icm28/tales.htm>>, Acessado em 14/05/2017, 8h46

<<http://www.invivo.fiocruz.br/cgi/cgi/lu.a.exe/sys/start.htm?infoId=1096&sid=9>>, acessado em 25/08/16, 18:15 h.

