



## UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DO CONCEITO DE LUZ NO ENSINO MÉDIO

**FELIPE ALEXANDRE MEDEIROS DE FREITAS**

Dissertação de mestrado apresentada ao Mestrado Profissional em Ensino de Física, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Paulo Cavalcante da Silva Filho, DSc

Natal, RN  
Julho de 2017

# UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DO CONCEITO DE LUZ NO ENSINO MÉDIO

**FELIPE ALEXANDRE MEDEIROS DE FREITAS**

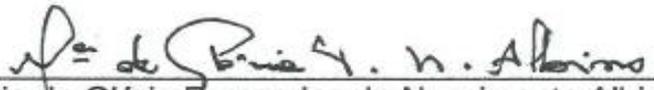
Orientador:

Paulo Cavalcante da Silva Filho, DSc

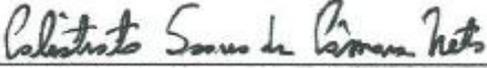
Dissertação de mestrado apresentada ao Mestrado Profissional em Ensino de Física, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

  
\_\_\_\_\_  
Paulo Cavalcante da Silva Filho, DSc.  
(Presidente)

  
\_\_\_\_\_  
Maria da Glória Fernandes do Nascimento Albino, DSc.  
(Coorientadora)

  
\_\_\_\_\_  
Carlos Chesman de Araújo Feitosa, DSc.  
(Examinador Externo)

  
\_\_\_\_\_  
Calistrato Soares da Câmara Neto, DSc  
(Examinador Interno)

Natal, RN  
Julho de 2017

## FICHA CATALOGRÁFICA

Freitas, Felipe Alexandre Medeiros de.

F866p Uma proposta para o ensino do conceito de luz no ensino médio / Felipe Alexandre Medeiros de Freitas. – 2017.

136 f : il. color.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

Orientador(a): Prof. D.r Paulo Cavalcante da Silva Filho.

Coorientador: Prof.<sup>a</sup> D.ra Maria da Glória Fernandes N. Albino

Catálogo na Publicação elaborada pela Seção de Processamento Técnico da Biblioteca Setorial Walfredo Brasil (BSWB) do IFRN.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente ao meu pai João da Cunha Freitas e a minha mãe Ana Cristina Medeiros de Freitas por tudo que fizeram para meu crescimento pessoal e profissional.

A todos os professores do Instituto de Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte responsáveis pelo Mestrado Nacional Profissional que proporcionaram uma aprendizagem bastante significativa e enriquecedora, contribuindo para a minha formação acadêmica na Pós-Graduação *Stricto Senso* em Ensino de Física.

Agradeço em especial aos Professores: Dsc. Paulo Cavalcante da Silva filho e Dsc. Maria da Glória Fernandes do Nascimento Albino, que durante toda pós-graduação estiveram orientando-me e me dando todo o suporte para que essa caminhada se tornasse possível.

Aos meus companheiros da turma 2015 do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, que durante todos os encontros contribuíram para o meu amadurecimento intelectual, profissional e pessoal.

Agradeço a Jailson (O técnico de laboratório de Física do campus Natal central do IFRN), pela competência e criatividade no auxílio da construção do Kit óptico.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo incentivo financeiro destinado aos Estudantes de Pós-Graduação *Stricto Senso*.

Aos de meus familiares que me deram apoio moral para que essa longa jornada fosse concluída.

Aos meus caros estudantes do 2º ano da turma de controle ambiental do IFRN (campus Natal central) do ano de 2016 pelas contribuições na pesquisa, meus sinceros agradecimentos.

“If I have seen further it is by standing on the shoulders of Giants.”

Isaac Newton

## RESUMO

Ensinar conceitos de óptica física para os estudantes do Ensino Médio, principalmente, aqueles relativos à natureza da luz, não é tarefa das mais simples. A abordagem dos livros de física do Ensino Médio é escassa e, muitas vezes, superficial, o que provoca pouca discussão desse tópico em sala de aula. Nesse contexto, a presente dissertação teve como finalidade avaliar a eficácia de uma proposta de ensino, baseada no conflito cognitivo, sobre a natureza da luz utilizando como ferramentas didáticas a experimentação do tipo demonstrativa, a História da Física como forma de contextualização e simulações computacionais do PhET. O trabalho foi desenvolvido com os alunos do segundo ano do ensino médio integrado do curso de controle ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN, Campus Natal-Central. O percurso metodológico foi dividido em três etapas. A primeira foi à fase exploratória, a segunda foi à fase de elaboração e aplicação da unidade didática e a última foi à análise dos resultados e conclusão. A execução da unidade didática se deu em sete aulas, durante três semanas (com encontros nas segundas-feiras e nas quartas-feiras). Primeiramente, foi aplicada uma atividade para investigar os conhecimentos prévios dos alunos (uma aula), nos dois encontros seguintes houve a aplicação do produto educacional (quatro aulas). No encontro posterior a aplicação foi realizada a atividade posterior (uma aula), com o objetivo de verificar a evolução dos alunos, pela comparação dos resultados encontrados nas duas atividades. Por fim, passados três meses da aplicação da atividade posterior, foi realizada uma atividade final (uma aula), para que fosse possível avaliar se os conhecimentos construídos foram sedimentados. A análise dos resultados indicou que o produto educacional, mesmo com as dificuldades encontradas foi eficaz no auxílio para a aprendizagem relativa à natureza da luz. Porém, foi notável que a carência quanto à realização de exercícios impactou negativamente o resultado da atividade final, o que levou a reflexão quanto ao planejamento, à execução da unidade didática, e a importância de fatores ligados a subjetividade para o sucesso no processo de ensino-aprendizagem da natureza dual da luz.

**Palavras-chave:** Ensino de Física, Natureza da luz, Conflito cognitivo, Experimentação, História da Física.

## ABSTRACT

Teaching concepts of physical optics for high school students, especially those related to the nature of light, is not the simplest task. The approach of high school physics textbooks is scarce and often superficial, which causes little discussion of this topic in the classroom. In this context, the purpose of this dissertation was to evaluate the efficacy of a teaching proposal, based on the cognitive conflict, on the nature of light using demonstrative experimentation as the didactic tools, the History of Physics as a form of contextualization and computational simulations of PhET. The work was developed with the students of the second year of integrated high school of the environmental control course of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Rio Grande do Norte - IFRN, Natal-Central Campus. The methodological course was divided into three stages. The first one was to the exploratory phase, the second was to the elaboration and application phase of the didactic unit and the last was to the analysis of the results and conclusion. The execution of the didactic unit took place in seven classes, during Three weeks (with meetings on Mondays and Wednesdays). First, an activity was applied to investigate the student's previous knowledge (one class), in the following two meetings there was the application of the educational product (four classes). In the post-application meeting, the subsequent activity (one class) was carried out, with the objective of verifying the evolution of the students, by comparing the results found in the two activities. Finally, three months after the application of the later activity, a final activity (one class) was performed, so that it was possible to evaluate if the constructed knowledge was sedimented. The analysis of the results indicated that the educational product, even with the difficulties encountered, was effective in helping to learn about the nature of light. However, it was notable that the lack of exercises negatively impacted the final activity, which led to the reflection about the planning, the execution of the didactic unit, and the importance of subjectivity factors for success in the teaching process -learning of the dual nature of light.

**Keywords:** Physics Education, Nature Light, Cognitive Conflict, experimentation, History of Physics.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema Representativo dos pólos considerados na descrição da experimentação.....	29
Figura 2: Representação do equilíbrio da estrutura cognitiva .....	33
Figura 3: Imagem da decomposição da luz branca em um prisma .....	39
Figura 4: Reflexão de um raio de Luz na superfície de um espelho.....	39
Figura 5: Refração de um raio de luz ao passar de um meio para o outro Obedecendo a Lei de Snell-Descartes: $n_1 \text{sen}(i) = n_2 \text{sen}(r)$ .....	40
Figura 6: Reflexão de ondas incidentes na interface de separação entre dois meios .....	41
Figura 7: Refração de ondas incidentes na interface de separação entre dois meios .....	41
Figura 8: Essa figura representa duas pessoas com os rostos próximos, ou vista de outra forma uma taça de vinho .....	46
Figura 9: Demonstração de alguns fenômenos ocorrentes com a luz.....	51
Figura 10: Percurso metodológico adotado.....	55
Figura 11: Representação esquemática do experimento didático do tipo pré-experimento .....	72
Figura 12: Primeira questão da atividade prévia .....	74
Figura 13: Fragmentos de resposta de dois alunos a primeira questão .....	76
Figura 14: Segunda questão da atividade prévia .....	76
Figura 15: Fragmento de resposta de dois alunos a segunda questão.....	77
Figura 16: Terceira questão da atividade prévia .....	78
Figura 17: Fragmento de resposta de dois alunos a questão 3.....	79
Figura 18: Quarta questão da atividade prévia.....	79
Figura 19: Fragmento de resposta de dois alunos a questão 4.....	80
Figura 20: Quinta questão da atividade prévia .....	81
Figura 21: Fragmento de resposta de dois alunos a questão 5.....	82
Figura 22: Sexta questão da atividade prévia .....	82
Figura 23: Fragmento de resposta de dois alunos a questão 5.....	83
Figura 24: Primeira questão da atividade posterior .....	84

Figura 25: Segunda questão da atividade posterior .....	85
Figura 26: Fragmento de resposta de dois alunos a questão 1 e 2.....	87
Figura 27: Terceira questão da atividade posterior .....	87
Figura 28: Quarta questão da atividade posterior .....	89
Figura 29: Fragmento de resposta de dois alunos a questão 3 e 4.....	90
Figura 30: Quinta questão da atividade posterior.....	91
Figura 31: Primeira questão da atividade final .....	93
Figura 32: Segunda questão da atividade final .....	95
Figura 33: Terceira questão da atividade final.....	98
Figura 34: Quarta questão da atividade final.....	99
Figura 35: Quinta questão da atividade final .....	101

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Plano geral para a elaboração do experimento didático.....	56
Quadro 2: Plano de atividade referente à atividade prévia.....	58
Quadro 3: Plano de aula I.....	60
Quadro 4: Plano de aula II.....	62
Quadro 5: Plano de atividade referente à atividade posterior .....	64
Quadro 6: Plano de atividade referente à atividade Final.....	67

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Análise percentual da questão 1 da atividade prévia.....	75
Gráfico 2: Análise percentual da questão 2 da atividade prévia.....	77
Gráfico 3: Análise percentual da questão 3 da atividade prévia.....	78
Gráfico 4: Análise percentual da questão 4 da atividade prévia.....	80
Gráfico 5: Percentual de acertos da questão número 5 da atividade prévia .....	81
Gráfico 6: Percentual de acertos da questão número 1 da atividade posterior ....	85
Gráfico 7: Percentual de acertos da questão número 2 da atividade posterior ....	86
Gráfico 8: Percentual de acertos da questão número 3 da atividade posterior ....	88
Gráfico 9: Percentual de acertos da questão número 4 da atividade posterior ....	90
Gráfico 10: Percentual de acertos da Questão número 1 da atividade final.....	94
Gráfico 11: Percentual de acertos da Questão número 2 da atividade final.....	96
Gráfico 12: Percentual de acertos da Questão número 3 da atividade final.....	99
Gráfico 13: Percentual de acertos da Questão número 4 da atividade final.....	100
Gráfico 14: Percentual de acertos da questão número 5 da atividade final .....	102

## LISTA DE SIGLAS

**LDB:** Lei de Diretrizes e Bases

**PCNEM:** Parâmetros Curriculares Nacionais (ensino médio)

**OCNEM:** Orientações curriculares para o ensino médio

**UNEP:** Unidade de Ensino e Pesquisa Integralizada

**PISA:** Programme for International Student Assessment

**OCDE:** Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

**HFC:** História e Filosofia da Ciência

**FMC:** Física Moderna e Contemporânea

**EPEF:** Encontro de Pesquisa em Ensino de Física

**SNEF:** Simpósio Nacional de Ensino de Física

**Phet:** Physics Education Technology Project

**PCN:** Parâmetros curriculares nacionais

**TIC:** Tecnologias da Informação e Comunicação

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1 PROBLEMA E CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	13
1.2 OBJETIVOS .....	17
<b>1.2.1 Objetivo Geral</b> .....	<b>17</b>
<b>1.2.2 Objetivos Específicos</b> .....	<b>17</b>
1.3 ESTRUTURA DESTA DISSERTAÇÃO .....	17
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>20</b>
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>28</b>
3.1 ENSINO DE FÍSICA .....	28
<b>3.1.1 Experimentação no Ensino de Física</b> .....	<b>28</b>
<b>3.1.2 História da Física</b> .....	<b>31</b>
<b>3.1.3 Conflito Cognitivo</b> .....	<b>32</b>
<b>3.1.4 Simulação no Ensino de Física</b> .....	<b>34</b>
3.2 A NATUREZA DA LUZ.....	35
<b>3.2.1 A Visão Grega Sobre a Luz</b> .....	<b>37</b>
<b>3.2.2 As Teorias de Newton e Huygens</b> .....	<b>38</b>
<b>3.2.3 A Luz e a Teoria da Relatividade Especial</b> .....	<b>43</b>
<b>3.2.4 O Ressurgimento da Teoria Corpuscular da Luz</b> .....	<b>44</b>
<b>3.2.5 Grande Saída: a Dualidade Onda-Corpúsculo</b> .....	<b>45</b>
<b>4 KIT ÓPTICO EDUCACIONAL E UMA PROPOSTA DE APLICAÇÃO</b> .....	<b>47</b>
4.1 O KIT ÓPTICO EDUCACIONAL .....	47
4.2 UNIDADE DIDÁTICA.....	51
<b>5 METODOLOGIA</b> .....	<b>53</b>
5.1 CONTEXTO DA PESQUISA .....	53
<b>5.1.1 Ementa do Componente Curricular Física nos Cursos Integrados</b> .....	<b>54</b>
5.2 SUJEITOS DA PESQUISA.....	54
5.3 PERCURSO METODOLÓGICO .....	55
5.4 FASE EXPLORATÓRIA .....	57
5.5 ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL (EXPERIMENTO PEDAGÓGICO) .....	59
5.6 DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DA UNIDADE DIDÁTICA.....	67

5.7 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	71
<b>6 RESULTADOS E ANÁLISES .....</b>	<b>74</b>
6.1 ANÁLISE DA ATIVIDADE PRÉVIA .....	74
6.2 ANÁLISE DA ATIVIDADE POSTERIOR .....	83
6.3 ANÁLISES DA ATIVIDADE FINAL .....	92
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>104</b>
7.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	104
7.2 RECOMENDAÇÕES .....	108
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>109</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>116</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 PROBLEMA E CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

Na abordagem dos documentos da educação brasileira (LDB, PCNEM, OCNEM) o Ensino de Física, assim como as demais disciplinas da área das Ciências da Natureza, tem como um dos principais objetivos desenvolver e aprimorar nos alunos a capacidade de associar o conhecimento adquirido à sua vida cotidiana, na resolução dos problemas da sociedade. Essa perspectiva é corroborada no documento Base Nacional Comum, que diz:

A Física representa uma maneira de dialogar com o mundo, uma forma de “olhar o real”. O conhecimento conceitual construído representa uma grande conquista da humanidade, cujo direito à aprendizagem deve estar garantido ao longo do processo de escolarização de crianças, jovens e adultos. (BRASIL, 2015, p.224).

Faz-se necessário então, cada vez mais, mostrar ao aluno a importância dos conteúdos no desenvolvimento do saber científico para a sociedade em que o mesmo está inserido. Ou seja, O letramento científico é importante, enquanto força potencialmente produtiva de uma nação, já que a humanidade enfrenta grandes desafios no fornecimento suficiente de água e alimentos, controle de doenças, geração de energia e adaptação às alterações climáticas (UNEP, 2012).

Como uma maneira de avaliar a eficiência do ensino por meio da importância do letramento científico, já mencionado, foi criado o PISA (Programa Internacional de Avaliação de Estudantes), que é uma iniciativa de avaliação comparada, aplicada a estudantes na faixa dos 15 anos, idade em que se pressupõe o término da escolaridade básica obrigatória na maioria dos países. Se reportando especificamente ao Brasil, o último resultado do PISA, que foi divulgado em 2016 com dados de 2015, indica que o Brasil está na 63<sup>o</sup> posição em ciências de 70 países avaliados, ou seja, com esse desempenho insatisfatório, a necessidade em melhorar o ensino de ciências (Física se inclui nessas necessidades), se torna premente (OCDE, 2015).

Alguns Estudos foram realizados a respeito dos problemas encontrados no ensino de Física, tais como Machado e Costa (2009), que apresentam as principais dificuldades relatadas pelos alunos na aprendizagem de Física. Para os autores,

entre tantas dificuldades, destacam-se as que os professores possuem em correlacionar os conteúdos com fenômenos naturais e aplicações tecnológicas. Segundo Lobato (2005)

Ao formular atividades que não contemplam a realidade imediata dos alunos, formam-se então indivíduos treinados para repetir conceitos, aplicar fórmulas e armazenar termos, sem, no entanto, reconhecer possibilidades de associá-los ao seu cotidiano. É importante o educando reconhecer as possibilidades de associação do conteúdo com contextos locais, para que haja o significado imediato daquilo que se vê em sala de aula.

Outro problema relatado pelos alunos é que o ensino de Física, muitas vezes, é voltado, quase que exclusivamente, para a resolução de exercícios e manipulações algébricas, fazendo com que sua própria essência investigativa e experimental desapareça, como exemplificado por Villani (1984) e Pietrocola (2010):

Quando um docente prepara uma aula normal de física, considera-se que seus estudantes conheçam um pouco do assunto ensinado ou, no máximo, que eles tenham informações distorcidas a respeito. Conseqüentemente, sua meta torna-se preencher as lacunas dos alunos, em primeiro lugar com a exposição das leis e fórmulas fundamentais, e depois com exercícios e problemas nos quais as mesmas leis são utilizadas. E para que permaneça alguma coisa mais facilmente na cabeça dos alunos, essas mesmas fórmulas são demonstradas, repetidas esmiuçadas e aplicadas em casos triviais e em exercícios mais complexos. (VILLANI, 1984,p.76).

Para Pietrocola (2010, p.85), essa atitude desmerece toda a energia despendida na construção do conhecimento científico.

Esperar que nossos estudantes incorporem naturalmente a matemática ao pensamento físico é desconsiderar o esforço de gerações de cientistas que tornaram isso possível. Procedendo dessa maneira, corre-se o risco de permitir que concepções ingênuas sobre a relação Matemática-Física se instalem no processo ensino-aprendizagem, outorgando à primeira o papel de apenas descrever um mundo físico inerentemente organizado.

Outro grande problema é o desinteresse aparente dos alunos pelos conteúdos, Segundo Caldas e Hübner (2000), o interesse e o prazer em aprender, demonstrados pelas crianças, diminuem consideravelmente à medida que avançam nas séries escolares.

Tendo em vista toda essa problemática, a proposição de um Ensino de Física contextualizado e que torne a aprendizagem dos conhecimentos científicos um desafio prazeroso é, segundo Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2009), um projeto

coletivo, no qual a aventura da busca, do novo, do desconhecido, de sua potencialidade, de seus ricos e limites seja a oportunidade para o exercício e o aprendizado. Segundo os mesmos autores, trazer o mundo externo para dentro da escola possibilita novas formas de compreendê-lo.

Na perspectiva de se ensinar física resgatando sua essência, vale ressaltar que essa área do conhecimento surgiu da observação dos fenômenos naturais e conseqüentemente da experimentação, logo a experiência associada ao ensino é ferramenta fundamental para o processo de ensino e aprendizagem na proposição da alfabetização científica como citado pelos autores abaixo:

A utilização adequada de diferentes metodologias experimentais, tenham elas a natureza de demonstração, verificação ou investigação, pode possibilitar a formação de um ambiente propício ao aprendizado de diversos conceitos científicos sem que sejam desvalorizados ou desprezados os conceitos prévios dos estudantes. Assim, mesmo as atividades de caráter demonstrativo, (...) que visam principalmente à ilustração de diversos aspectos dos fenômenos estudados, podem contribuir para o aprendizado dos conceitos físicos abordados, na medida em que essa modalidade pode ser empregada através de procedimentos que vão desde uma mera observação de fenômenos até a criação de situações que permitam uma participação mais ativa dos estudantes, incluindo a exploração dos seus conceitos alternativos de modo a haver maiores possibilidades de que venham a refletir e reestruturar esses conceitos.(ARAÚJO; ABIB, 2003, p.190).

Para Séré, Coelho e Nunes (2003, p.39):

Graças às atividades experimentais, o aluno é incitado a não permanecer no mundo dos conceitos e no mundo das linguagens, tendo a oportunidade de relacionar esses dois mundos com o mundo empírico. Compreende-se, então, como as atividades experimentais são enriquecedoras para o aluno, uma vez que elas dão um verdadeiro sentido ao mundo abstrato e formal das linguagens. Elas permitem o controle do meio ambiente, a autonomia face aos objetos técnicos ensina as técnicas de investigação, possibilitam um olhar crítico sobre os resultados. Assim, o aluno é preparado para poder tomar decisões na investigação e na discussão dos resultados. O aluno só conseguirá questionar o mundo, manipular os modelos e desenvolver os métodos se ele mesmo entrar nessa dinâmica de decisão, de escolha, de inter-relação entre a teoria e o experimento.

Em se tratando dos conhecimentos relativos à natureza da luz, além da experimentação, a introdução da história e filosofia da ciência em sala de aula, por meio da evolução histórica do conceito de luz, é sem dúvida uma ferramenta imprescindível a ser explorada no processo de ensino, para Bassalo (1986,1987 e 1989); Caruso e Oguri (2006), a investigação da evolução histórica do conceito de

luz aponte que o mesmo foi modificado por diversas vezes, assim como não exclui a possibilidade de futuras adaptações. Suas redefinições envolveram desde a descrição de um item misterioso imprescindível à visão até a intrincada definição onda-partícula. Atualmente, está descrito através de características que compreendem sua natureza e as diferentes formas de interação com a matéria e suas consequências. Isto porque para Silva e Martins (2010), a HFC (História e Filosofia da Ciência) pode contribuir para uma melhor caracterização de aspectos relativos à natureza da ciência, tais como: a relação entre ciência, tecnologia e a falibilidade dos cientistas.

Estudar a luz vai muito além de saber aplicar um conceito em situações cotidianas, isso porque a luz é a razão do surgimento e manutenção da vida no nosso planeta, e sem dúvidas sua aplicabilidade se estende por várias áreas do conhecimento (o desenvolvimento da Fotônica é um bom exemplo de aplicação da luz no desenvolvimento de novas tecnologias). Sua importância pode ser sintetizada no fragmento do texto A História da Luz de Alfredo Roque Salvetti (2008, p. 10):

Qual a importância da luz para o universo? A teoria do “Big Bang” considera que a, aproximadamente, quinze bilhões de anos atrás o universo tinha um tamanho extremamente reduzido e uma temperatura muito alta, então ocorreu uma explosão. No primeiro segundo, à medida que o universo se expandia, a temperatura baixava para algo em torno de dez bilhões de graus, nessa ocasião ele continha algumas espécies de partículas e LUZ!

Enfim, partindo da importância do tema em si e de todos os aspectos epistemológicos (história da ciência) e da experimentação associado ao ensino de física, o trabalho proposto aqui visa propor e avaliar uma unidade didática, utilizando experimento demonstrativo aos discentes. Essa proposta aplicada ao ensino da natureza da luz é organizada em uma sequência delineada pela unidade didática, e onde será incorporado marcos relevantes da história da luz, bem como o uso de algumas simulações como elemento complementar e facilitador da aprendizagem. Nessa proposição, de possibilitar novas formas de compreender o mundo no qual vivemos, trazemos uma nova abordagem para o ensino da natureza da luz.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem a finalidade de avaliar a eficácia de uma proposta do ensino do conceito de luz utilizando um aparato experimental e a história da ciência.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Montagem de um aparato experimental (Kit óptico) para estudo dos comportamentos ondulatório e corpuscular da luz.
- ✓ Introduzir alguns tópicos sobre a história da ciência, para que o aluno possa entender as principais ideias que nortearam a física até o conceito atual de luz.
- ✓ Elaboração de uma unidade didática para o desenvolvimento da atividade proposta.

## 1.3 ESTRUTURA DESTA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação é desenvolvida em sete capítulos, em uma sequência fundamentada no processo de produção de uma experimentação didática. O objeto de estudo é a unidade didática, que propõe como ferramentas para o auxílio a aprendizagem: a contextualização por meio da História da Ciência, a demonstração e simulações do programa PhET, para a discussão da natureza dual da luz. No primeiro capítulo, a introdução contextualiza o tema do trabalho de acordo com os documentos oficiais e os problemas relacionados ao ensino de Física pertinente à natureza da luz. A introdução traz, ainda, a motivação e os interesses que levaram a elaboração dessa dissertação. O capítulo é finalizado com a apresentação dos objetivos que orientam todo o desenvolvimento do trabalho.

No segundo capítulo, é apresentada uma revisão da literatura que faz uma síntese dos trabalhos sobre o ensino de física envolvendo a natureza da luz, com o enfoque no uso de três ferramentas de ensino e aprendizagem que são: a Introdução de tópicos da história da Física relacionada à luz, experimentos demonstrativos e uso de simulações no ensino da óptica.

O terceiro capítulo contém o referencial teórico que embasa o trabalho. Nele são defendidos os pressupostos didáticos norteadores da sequência didática proposta. O conflito cognitivo, que se relaciona com a assimilação de novos elementos numa realidade já organizada causando um desequilíbrio cognitivo que motiva o indivíduo na busca por novas respostas com o propósito de solucionar a questão; A História da Física da luz como ferramenta contextualizadora do desenvolvimento teórico da Ciência; A experimentação do tipo demonstrativa que permite a discussão em grande grupo e pode ser utilizada como comprovação teórica, bem como as simulações que no ensino de física permitem reproduzir experimentos que não são tão acessíveis em sala de aula. Ainda neste capítulo, é realizada uma breve revisão sobre a evolução do conceito de luz ao longo do tempo, da visão grega de luz até o Princípio da Complementaridade de Böhr.

No quarto capítulo é apresentado o produto educacional (Kit Óptico e a Unidade Didática). O Aparato experimental de demonstração é apresentado em cada um de seus elementos de modo a mostrar as suas possibilidades funcionais. A unidade didática é explicitada em sua importância para o norteamento da prática docente por relacionar os conteúdos de aprendizagem (conceitos, procedimentos e atitudes), e dessa forma, auxiliar a prática docente e a construção do presente trabalho.

O quinto capítulo descreve a metodologia utilizada. Nele é apresentado o percurso metodológico, os planos de atividade, o procedimento detalhado de coleta (aplicação das atividades) e tratamento (análise) dos dados referentes ao experimento didático, por meio das atividades realizadas antes e logo depois da aplicação do produto educacional. Posteriormente, foi realizada atividade final que objetivava caracterizar o conhecimento depois de certo tempo decorrido das aulas. Além disso, o capítulo traz um tópico que descreve a aplicação da unidade didática.

No sexto capítulo é apresentada a análise dos resultados obtidos através das atividades aplicadas durante o experimento didático proposto aos alunos da turma de segundo ano curso de controle ambiental do Ensino Médio integrado do IFRN no Campus Natal-central. A análise é quantitativa e visa qualificar a utilização da proposta, apresentada nos capítulos anteriores, permitindo conhecer o resultado de um planejamento realizado de forma intencional e organizada na subordinação aos pressupostos da prática educativa baseada na geração de conflitos cognitivos.

O sétimo capítulo expõe as considerações finais da dissertação que, baseadas nos resultados obtidos, evidenciam a possibilidade de se construir o conhecimento nos alunos tendo o auxílio didático das ferramentas de ensino utilizadas: contextualização histórica, simulações e demonstrações. As considerações contêm ainda reflexões sobre a importância da prática de exercícios e da subjetividade (relacionamento professor-aluno) na aprendizagem e consolidação dos conteúdos.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Esta revisão versa sobre trabalhos já produzidos sobre a natureza dual da luz e sobre as contribuições desses trabalhos no ensino de Física.

A motivação para tal revisão é apresentar um panorama dos trabalhos que tratam sobre a experimentação, a utilização de simuladores e o emprego da história e filosofia da ciência no ensino de óptica. São expostas as estratégias, os objetivos e outras informações pertinentes sobre os trabalhos previamente selecionados.

A luz nos permite enxergar o mundo, no entanto, contraditoriamente, a natureza desse fenômeno, seu comportamento em certas situações, foi um enigma até o princípio do século XX. A sociedade moderna é tão dependente da luz que seu conhecimento se torna importante não somente como conhecimento conceitual de uma disciplina, mas como conhecimento parte da cultura humana. Segundo Gircoreano (*apud* ARAÚJO; BRAGA; KILLNER, 2015, p.2):

O conceito de luz é um dos mais presentes no mundo moderno (comunicação por fibras ópticas, televisão de LCD e plasma, sensores de presença, entre outros), o que evidencia a importância de aprimorar sua conceituação na educação básica, não somente na física moderna, mas também na física clássica, pois esta última ainda tem grande importância no conhecimento científico.

Essa importância pode explicar o porquê de a luz ser objeto de estudos de artigos, dissertações e teses relacionadas ao ensino de física.

Vários são os enfoques encontrados e diversas são as propostas e estudos apresentados como o de Scarinci e Marineli (2014) que utilizaram o modelo ondulatório da luz para explicar as causas da cor. Já Silva e Kawamura (2001) fizeram uso de textos de divulgação científica em sala de aula para o estudo da natureza da luz e Almeida (1996) relacionou o conceito de luz com as representações realizadas pelos alunos do ensino médio. Rossi (2015) propôs, em sua dissertação, um plano de atividades com o uso de um conjunto de simulações, como ferramenta complementar para o ensino de física aos alunos da rede estadual do estado de São Paulo, Moura (2016) desenvolveu um conjunto de experimentos de óptica para serem aplicados em sala de aula, e Vicovini (2000) montou um Kit de experimento de óptica com apontadores a Laser. Pereira (2011), em sua dissertação, utilizou elementos de história e filosofia da ciência para o estudo da

natureza da luz sem deixar de abordar a física moderna, enquanto Silva (2009) fez um apanhado histórico sobre a teoria da luz de Newton nos textos de Young. Além desses, podemos encontrar artigos de revisão que apresentam estudos que tratam sobre a experimentação no ensino de óptica, como os de Araújo e Abib (2003) e Ribeiro e Verdeaux (2012).

Nesse trabalho, serão destacados três enfoques: evolução histórica do conceito de luz, a experimentação e o uso de simulações. Assim, foram selecionados alguns trabalhos que abordam a natureza da luz nessas perspectivas para uma revisão conceitual e para dar suporte metodológico e estrutural.

Nessa perspectiva podemos incluir o trabalho de Pereira (2011) que, a partir de uma abordagem histórico-filosófica, produziu um material didático cujo objetivo era o de contribuir para o ensino de óptica a nível médio a partir da FMC<sup>1</sup>. Para tanto, foi realizada uma discussão sobre a controvérsia acerca da natureza da luz, desde a Grécia antiga até a interpretação dada por Einstein sobre o efeito fotoelétrico. Os resultados obtidos pela autora mostraram: “Um enfoque histórico filosófico pode tornar um curso de óptica eficaz, no sentido de fazer com que os alunos compreendam melhor a natureza da luz e as cores” (PEREIRA, 2011, p.54).

A autora creditava que eficaz deveria ser entendido como um curso que colocasse a óptica como um conhecimento histórico e integrante da cultura humana sem um rigor matemático excessivo. E isso, segundo seus resultados, pode ser comprovado.

De acordo com Pereira (2011, p. 54): “os resultados obtidos nas avaliações, assim como o clima da aula e os comentários dos alunos acerca da didática escolhida, nos permitem concluir que sim (o resultado foi positivo)”.

Para Pereira (2011), um professor ao trabalhar um tema em sala de aula, como óptica, deve realizar escolhas criteriosas de quais conteúdos privilegiarem, assim como de quais tratamentos didáticos encaminhar na sala de aula, a fim de que seu curso não se resuma a amontoados de fórmulas e informações desarticuladas. Essa percepção corrobora com o pensamento de Araújo, Braga e Killner (2015), que expressam que o conceito de luz é tratado, na maioria das vezes, de forma abstrata, voltado bem mais para física clássica e não sendo discutida na

---

<sup>1</sup> FMC: Física Moderna e Contemporânea.

física moderna. Isso porque, discutir assuntos de física moderna nas escolas de ensino médio ainda é um desafio para muitos professores.

De acordo com Silva e Martins (2010), a utilização da história e filosofia da ciência na construção de unidades didáticas para ensino de Física possui um potencial pedagógico favorável no processo de ensino-aprendizagem. Segundo o autor, a inserção desse recurso possibilita uma gama de estratégias didáticas com práticas pedagógicas diferentes, tais como: construção de textos históricos, experimentos históricos, debates, entre outras.

O autor fez um apanhado histórico e epistemológico da evolução do conceito de luz ao longo dos séculos, partindo das teorias clássicas da natureza da luz do século XVII, cujo tratamento da natureza da luz era apenas geométrico, até o experimento de dupla fenda de Young e a consolidação parcial da teoria ondulatória.

Nos resultados obtidos nesse estudo vale destacar duas descobertas importantes: i) A forte tendência por parte dos alunos ao uso indiscriminado da óptica geométrica para definir a luz e ii) A dificuldade encontrada pelos alunos no que se diz respeito a trabalhar com textos em sala de aula, e discussões em grupo. Porém, apesar dessas dificuldades o autor percebeu uma melhora significativa em relação ao desenvolvimento de algumas habilidades por parte dos alunos no que diz respeito a correlacionar a história e filosofia da ciência no ensino de física e prática de leitura e interpretação textual.

Forato, Pietrocola e Martins (2011), propuseram a inserção de HFC<sup>2</sup> a partir de textos (para alunos e professores) e propostas de unidades didáticas (para professores), com o intuito de resgatar marcos histórico e obstáculos epistemológicos existentes na história da física relacionada à luz. Para o autor, a apropriação do conteúdo histórico e epistemológico permite alcançar resultados satisfatórios, permitindo a atuação adequada na problematização de concepções passadas pela mídia, e na discussão de conflitos em relação à visão popular sobre a natureza da ciência em materiais encontrados na ciência.

O uso da HFC associado ao estudo sobre natureza da luz está epistemologicamente relacionado à experimentação. Isso porque o conceito de luz foi remodelado com base em experimentos realizados no decorrer da história. Assim, seria correto pensar que o estudo da natureza da luz fosse realizado por

---

<sup>2</sup> HFC: História e Filosofia da Ciência.

meio de experimentação. E as abordagens experimentais mais utilizadas no ensino de conceitos relacionados à luz são as das atividades demonstrativas.

Chaves e Hunsche (2014), em artigo, Investigaram o enfoque dado às atividades experimentais demonstrativas desenvolvidas no Brasil. Tal pesquisa teve como base a revisão bibliográfica do Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF) e do Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) de 2006 a 2013. Eles apresentaram um panorama das atividades experimentais demonstrativas, enfatizando a forma como foram desenvolvidas e os resultados obtidos, destacando pontos positivos e negativos que pudessem estar associados ao uso desta estratégia. Nessa investigação os autores conseguiram obter como resultados:

Aponta-se que esta estratégia pode favorecer o processo de ensino-aprendizagem quando a turma de alunos é grande, dificultando a realização de uma atividade investigativa, por exemplo, que requer a participação ativa de todos os alunos durante todos os passos da atividade experimental. Ademais, atividades experimentais demonstrativas são por vezes atividades mais rápidas de serem realizadas, uma vez que o aluno assume um papel de observador.(CHAVES; HUNSCHE, 2014, p.1).

Além do uso da história da ciência e do uso de experimentos como ferramenta facilitadora do ensino de Física, podemos destacar também o uso da tecnologia, por meio de simulações (PhET) no ensino de óptica. Para Carraro e Pereira (2014, p.2), as simulações podem contribuir para o processo de aprendizagem dos alunos, pois:

O uso dos simuladores virtuais do PhET como recursos didáticos no ensino de Física pode contribuir significativamente para a aprendizagem dos conteúdos físicos, pois age como facilitador e motivador no processo de ensino e aprendizagem. Busca-se colocar o estudante mais ativo no processo de ensino de forma que observe os modelos físicos, avance na construção de conceitos, leis e teorias, colete dados das simulações, elabore hipóteses e teste a validade das mesmas, confronte o seu conhecimento prévio com o conhecimento científico, questione, estabeleça relação entre a teoria e prática na compreensão dos fenômenos físicos presentes no seu dia a dia.

Ainda, de acordo com os autores, o uso de simuladores pode fazer com que os discentes mudem suas atitudes em relação ao interesse à disciplina, o que pode ser analisado e avaliado positivamente a partir de elementos bastante significativos, como cita os autores:

O envolvimento dos estudantes durante a realização das atividades, a motivação para o estudo da Física, o diálogo estabelecido com a classe sobre o conteúdo explorado na simulação, o rendimento escolar, a avaliação da apresentação de seminários, as produções de pequenos textos respondendo a questões do cotidiano, assim como, a avaliação, por escrito, da implementação. A análise destes elementos nos permite concluir que o emprego desta metodologia contribuiu significativamente para a aprendizagem dos conteúdos físicos. (CARRARO; PEREIRA, 2014, p.16).

Para Chaves e Hunsche (2014) o uso dos simuladores no ensino de física pode ocorrer atrelado, ou não, ao uso de algum experimento demonstrativo. De acordo com os autores, o uso de conjunto de simuladores e atividades experimentais demonstrativas é importante por: “Possibilitarem maior aproximação do aluno com o cotidiano, e assim, os conceitos serem menos abstratos. Frente às diferentes possibilidades de desenvolvimento de atividades experimentais” (CHAVES; HUNSCHE, 2014, p.1).

Vilaça (2012, p.4) em seu artigo de revisão expôs as possibilidades de se viabilizar o uso de atividades experimentais. Para ele:

As atividades experimentais ou de demonstração, vinculadas a uma postura didática que valorize os saberes dos alunos possibilitam uma contínua mudança dentro das salas de aula. Uma vez que os alunos se mostrem interessados, as aulas poderão ser mais produtivas, haverá assim, mais momentos de aprendizagem concreta. Uma boa manipulação dos conceitos, juntamente com o uso adequado dos vários recursos que os professores possuem, pode garantir uma aula atrativa e produtiva.

Para os autores, Gaspar e Monteiro (2005 *apud* CHAVES; HUNSCHE, 2014, p. 5), a principal vantagem de se utilizar tal tipo de abordagem experimental consiste em:

Não é necessária uma sala de laboratório, sendo usado um único equipamento para realizar a atividade que contempla todos os alunos; pode ser utilizada em meio à apresentação teórica, sem quebra da abordagem conceitual que está sendo trabalhada, para motivar e despertar o interesse do aluno para a aprendizagem.

Mas, lembram também uma desvantagem que deve ser levada em consideração pelo docente:

“Na experiência demonstrativa o enfoque é dado como resultado de uma “ciência acabada”, isto é, o professor comprova para o aluno através da experiência o que a teoria afirma” (SÉRÉ; COELHO; NUNES, 2003 *apud* CHAVES; HUNSCHE, 2014,p.5).

No que diz respeito ao uso de simuladores conjuntamente ao uso de experimentos, Moura (2016) propõe o ensino de óptica geométrica através do uso de uma simulação do PhET (para o ensino da reflexão e refração) e da óptica Física (polarização, interferência e difração) através de experimentos. Em seu trabalho ele reitera a importância das duas ferramentas didáticas para o ensino de física:

As simulações computacionais desempenham um papel muito importante e fundamental no processo de ensino e aprendizagem de Física, principalmente ao aluno no ensino médio onde ele será avaliado e preparado para o ensino superior, estas representam um recurso didático pedagógico de uma grande relevância nos dias atuais no ensino de física. (MOURA, 2016, p.28).

Estes procedimentos fazem com que desenvolva a curiosidade por parte do aluno e o hábito de indagar, afim de, evitar que os alunos encarem o conhecimento científico adquirido, como uma verdade estabelecida e inquestionável. (MOURA, 2016, p.37).

Moura (2016) destacou que além de melhores resultados nas avaliações posteriores, as simulações e experimentações produziram um aumento da participação dos alunos no que se diz respeito à interação com o conteúdo.

“Desta forma, o aluno passa a ser protagonista de seu próprio processo de ensino aprendizagem, aprendendo a teoria a partir da utilização de simulações e atividades experimentais” (MOURA, 2016, p.86).

Arantes, Miranda e Studart (2010) destacam que os simuladores do PhET<sup>3</sup>:

Podem servir como demonstrações em aulas expositivas. Nesse caso, a principal contribuição consiste em visualizar conceitos abstratos como fótons, elétrons, linhas de campo, etc (ARANTES, MIRANDA e STUDART, 2010)

Em todos esses trabalhos relacionados à luz, a importância da experimentação está associada principalmente a capacidade de provocar no aluno o despertar científico. E no ensino de Física, esse despertar se torna imprescindível para a alfabetização científica e conceitual, por se tratar de uma ciência que nasceu na experimentação, no Empirismo. Ao observar um experimento demonstrativo, ao

---

<sup>3</sup>PHET - Programa da Universidade do Colorado que pesquisa e desenvolve simulações na área de ensino de ciências (<http://phet.colorado.edu>) e as disponibiliza em seu portal para serem usadas on-line ou serem baixadas gratuitamente pelos usuários que podem ser alunos, professores ou mesmo curiosos. Nas simulações, o grupo procura conectar fenômenos diários com a ciência que está por trás deles, oferecendo aos alunos modelos fisicamente correto de maneira acessível.

relacioná-lo com os conceitos, ao explicar os fatos que estão sendo analisados e generalizados, os educandos estarão relacionando os conteúdos de aprendizagem (conceituais e procedimentais). Mas, para tanto, terão que formar em seu aprendizado científico atitudes positivas em relação a ciência, ao ensino e ao partilhar (num contínuo aprender a aprender, aprender a ser e aprender a conviver). Para Vilaça (2012), com base na interação social que os experimentos possibilitam, os alunos são levados ao diálogo, ao convívio em grupo, formando assim indivíduos capazes de interagirem com a sociedade de forma ativa e dessas interações, os indivíduos levam para o grupo novos saberes, novas perspectivas que se somam as demais, possibilitando um contínuo crescimento para cada indivíduo e, conseqüentemente, para o grupo.

No que diz respeito à introdução de simuladores como ferramenta didático-pedagógica é admirável, por motivos tais como: os estudantes vivem uma realidade tecnológica e segundo Heckler, Saraiva e Oliveira Filho (2007), entre as causas do reconhecido fracasso no aprendizado de Física está a falta de uma metodologia moderna, tanto do ponto de vista pedagógico quanto tecnológico. A simulação pode objetivar conceitos de difícil compreensão em sala de aula ou no laboratório didático, ou seja, o uso de simuladores muitas vezes provoca no aluno um poder maior de abstração, podendo até substituir um experimento de difícil execução ou acesso. Para Souza Filho (2010), os simuladores são uma boa forma de discutir com os alunos os processos de modelagem e simplificações na ciência, pois apresenta-se como uma estratégia computacional na qual estão embutidas uma série de simplificações e idealizações em relação ao fenômeno físico natural. Além disso, podem possibilitar o entendimento de um fenômeno, pela sua evolução temporal, que levarias horas, ou mesmo dias e até anos, em seu tempo real, em alguns minutos. Isso possibilita, para Greis e Reategui (2010), um novo patamar de interatividade para o aluno, ou seja, uma maior ação ou controle sobre o ambiente que está sendo explorado.

Já a introdução da história da ciência deve contribuir para que os alunos possam conhecer a ciência de forma mais atrativa e, ao mesmo tempo, para que haja o interesse pelo conhecimento científico. Assim como pelas discussões que giram em torno da ciência, notoriamente, pelas redes de interesses que se estabelecem no âmbito da social. Segundo Oliveira e Silva (2012), as pesquisas apontam que uma abordagem histórica permite aos estudantes a aquisição de

conhecimentos sobre a natureza da ciência e esses auxiliam na formação do estudante frente às constantes inovações das ciências e tecnologias. Desta forma, levá-lo a compreender a articulação entre os conteúdos científicos e seus usos sociais. Para Bastos Filho (2012), O objetivo precípua da inserção da história e filosofia no ensino de Física, é a melhoria do ensino da própria Física, ou seja, a melhoria tanto da compreensão dessa disciplina científica, como um todo, quanto da formação de atitudes e valores necessários ao desempenho, a pleno título, do cidadão.

Assim, essa revisão demonstrou que apesar de existir um crescente número de artigos relacionados à natureza da luz no ensino de Física, o uso de diferentes perspectivas metodológicas como a inclusão da história e filosofia da ciência, o uso de experimentos e demonstrações, e o uso da tecnologia dos simuladores, o planejamento de aulas interativas com diversas ferramentas diferentes sendo utilizadas para a construção dos conceitos relativos à natureza da luz ainda são escassos em sala de aula.

## 3 REFERENCIAL TEÓRICO

### 3.1 ENSINO DE FÍSICA

#### 3.1.1 Experimentação no Ensino de Física

O ensino de Física possui grandes desafios, e um deles é a transposição didática, ou seja, transformar o conhecimento científico em conhecimento escolar. Uma das maneiras para que isso seja possível é através da experimentação, visto que a Física é uma ciência eminentemente experimental. O uso desse recurso didático é trazido pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2000), documento que enfatiza a contribuição desta estratégia de ensino para o desenvolvimento de habilidades em Física, pois:

Pode-se garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável. Isso inclui retomar o papel da experimentação, atribuindo-lhe uma maior abrangência para além das situações convencionais de experimentação em laboratório. (BRASIL, 2000, p.84).

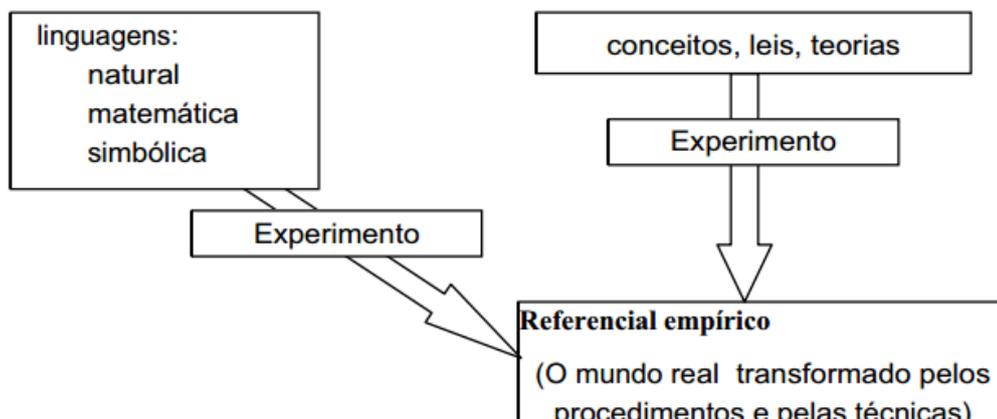
A utilização de experimentos pode proporcionar dentre outras coisas, relacionar o conteúdo abordado com o contexto vivencial dos estudantes. No que diz respeito a como se fazer uma abordagem em sala de aula com esse recurso didático, uma das maneiras de realizá-la é por meio de experimentos demonstrativos. Na sala de aula, a atividade de demonstração experimental relaciona a experiência vivida pelo aluno ao conteúdo de Física, fundamentando-se em conceitos científicos, formais e abstratos. A utilização dessa atividade liga ao pensamento do aluno elementos da realidade e de experiência pessoal, que o permite adquirir conceitos científicos (GASPAR; MONTEIRO, 2005 *apud* CHAVES; HUNSCHE, 2014).

No que se diz respeito ao ensino de óptica, com ênfase no estudo da natureza da luz, se faz mais do que necessário o uso de experimentos, pois existem diversos fenômenos facilmente observáveis no dia a dia dos alunos em que um dos comportamentos da luz se manifesta, seja na visualização de um arco-íris ou no simples ato de enxergar. Então, como geralmente o estudo da óptica começa com o

estudo da natureza da luz, é mais do que notório a necessidade da introdução desse conceito com o experimento, como afirma Ribeiro e Verdeaux (2012, p.2):

Nas obras didáticas, o primeiro capítulo de óptica é em geral dedicado a uma rápida apresentação da natureza dual da luz, seguida dos princípios de propagação de um raio de luz (propagação retilínea, independência e reversibilidade) e a apresentação da velocidade da luz no vácuo como uma constante da natureza como consequências desses princípios, são normalmente citadas a formação de sombras, penumbras, os eclipses solares e lunares e a formação de imagens reais (com destaque especial para as produzidas por câmaras escuras) e virtuais”.

A evolução histórica do conceito de luz e as barreiras epistemológicas são elementos intrínsecos a temática do trabalho, logo a importância de se fazer o uso das leis e teorias desenvolvidas ao longo dos séculos (a transposição didática já citada) Sendo por meio dos trabalhos práticos e das atividades experimentais, o aluno deve se dá conta de que para desvendar um fenômeno é necessária uma sistematização do conhecimento. Além disso, para mensurar e também para fabricar os instrumentos de medida é preciso de uma fundamentação teórica. “Pode-se dizer que a experimentação pode ser descrita considerando-se três pólos: o referencial empírico; os conceitos, leis e teorias; e as diferentes linguagens e simbolismos utilizados em Física (Figura1). As atividades experimentais têm o papel de permitir o estabelecimento de relações entre esses três pólos” (SÉRÉ; COELHO; NUNES, 2002).



**Figura 1: Esquema Representativo dos pólos considerados na descrição da experimentação.**  
Fonte: Séré, Coelho e Nunes (2002).

Desde o século XIX, as aulas práticas experimentais fazem parte do planejamento do ensino de Física da escola média (LUNETTA; HOFSTEIN; CLOUGH, 2007). Essa inserção da experimentação visa o contato mais direto com os fenômenos físicos. Dentre as várias vertentes de uma aula experimental, podem-se destacar a abordagem dada ao laboratório didático segundo Ferreira (1978) e Alves Filho (2000a, b), que apresenta as seguintes características e objetivos:

i) Experiências de cátedra ou laboratório de demonstrações:

São as atividades de laboratório realizadas pelo professor sendo de sua inteira responsabilidade. O aluno é um mero espectador e sua interação com o material é praticamente nula. Os objetivos principais desse tipo de atividade são:

- a) Ilustrar e ajudar a compreensão das matérias desenvolvidas nos cursos teóricos.
- b) Tornar o conteúdo interessante e agradável.
- c) Desenvolver a capacidade de observação e reflexão dos alunos (FERREIRA, 1978, p.11).

ii) Laboratório tradicional ou convencional:

Geralmente são atividades acompanhadas por um texto-guia que serve de roteiro para o aluno, tipo “receita de bolo”. Apesar de uma participação ativa do aluno, seu poder de decisão é limitado tendo um roteiro a seguir impossibilitando a modificação da montagem experimental.

iii) Laboratório divergente:

“Os alunos desenvolvem as atividades contidas em um cronograma preestabelecido pelo professor e de acordo com suas habilidades, podem escolher um assunto de seu interesse para aprofundamento” (ALVES FILHO, 2000a, p.177). Desta forma, o laboratório tem que ser bem equipado a fim de atender as preferências de cada aluno que se torna responsável pelo desenvolvimento de sua investigação. Neste tipo de abordagem, o papel do professor se faz presente nos momentos de discussões e análises dos problemas junto com seus alunos.

iv) Laboratório aberto e o Laboratório de projetos:

O laboratório aberto de acordo com a proposta de Ferreira (1978, p.22) “permite ao estudante a participação quase autônoma dentro do trabalho

experimental”. O aluno organiza um cronograma de trabalho de acordo com sua disponibilidade de tempo, de material e supervisão de um professor ou monitor.

v) Laboratório biblioteca:

Nessa abordagem O laboratório fica à disposição do aluno, que toma a iniciativa de realizar atividades experimentais por conta própria. Outros sinônimos para esse tipo de laboratório são: laboratório de corredor, prateleira de demonstração ou biblioteca de instrumentos.

vi) Laboratório e o problema da redescoberta:

Nesta abordagem o aluno tem à sua disposição vários tipos de equipamentos e situações que o levam a uma redescoberta. “Seu pressuposto fundamental seria que o aluno, descobrindo por si só determinada lei ou fenômeno, teria um aprendizado mais efetivo” (FERREIRA, 1978, p. 27). É preciso fornecer aos alunos condições mínimas necessárias para que isto ocorra e o processo não seja frustrante tanto para o aluno quanto para o professor.

Nessa dissertação é adotado o primeiro tipo de laboratório citado, ou seja, o laboratório de demonstrações, sendo que a demonstração do experimental vai além do simples fato de ilustrar o que foi falado em sala de aula, pois se trata de uma demonstração investigativa, ou seja, segundo Silva, Assis e Carvalho (2010, p.64) “o conceito não está diretamente visível, é uma abstração, quase sempre uma explicação para o fenômeno, e precisa ser construída logicamente”.

### **3.1.2 História da Física**

Dentre as várias ferramentas metodológicas utilizadas no Ensino de Física, a introdução da história e epistemologia da ciência é sem dúvida uma poderosa e importante ferramenta no processo de ensino e aprendizagem, pois “pelo reconhecimento de suas próprias concepções alternativas e obstáculos epistemológicos e sua identificação com os que os próprios cientistas possuíram nas diferentes fases da história da Física” (MOREIRA; GRECA, 2003). A introdução dessa ferramenta de ensino se faz necessário, pois Segundo os PCN’s (BRASIL, 2000), o ensino de Física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido

pelos alunos e professores e vazios de significado, apresentando o conhecimento como um produto acabado, fruto da genialidade de mentes como a de Galileu, Newton ou Einstein.

No que diz respeito especificamente ao ensino de luz, não se pode deixar de lado a evolução histórica do conceito de luz, que se deu de forma gradativa e não linear como descrito por Bassalo (1986,1987 e 1989), Caruso e Oguri(2006):

A investigação da evolução histórica do conceito de luz aponta que o mesmo foi modificado por diferentes vezes, assim como não exclui a possibilidade de futuras adaptações. Suas definições envolveram desde a descrição de um item misterioso imprescindível à visão até a intrincada definição onda-partícula. Atualmente, está descrito através de características que compreendem sua natureza e as diferentes formas de interação com a matéria e suas consequências.

O desenvolvimento da óptica está intimamente ligado a avanços tecnológicos, e conseqüentemente ao desenvolvimento da humanidade (Exemplo: A Fibra Óptica), no entanto essa abordagem é muitas vezes suprimida e não aproveitada no ensino de Física a nível médio. O viés histórico do conteúdo de óptica é indissociavelmente acompanhado do ponto de vista epistemológico, e para a compreensão do conceito de luz trazido atualmente nos livros se faz necessário a introdução dessa ferramenta pedagógica. Essa visão faz com que os alunos percam a ingenuidade sobre o que é ciência, ou seja, a trajetória dos conceitos desenvolvidos pela ciência nem sempre é linear e simplista como os livros tentam abordar. Pois, “Pode contribuir para uma melhor caracterização de aspectos relativos à natureza da ciência, tais como: a relação entre ciência, tecnologia e sociedade; a percepção da ciência como atividade humana; e a falibilidade dos cientistas” (SILVA; MARTINS,2010).

### **3.1.3 Conflito Cognitivo**

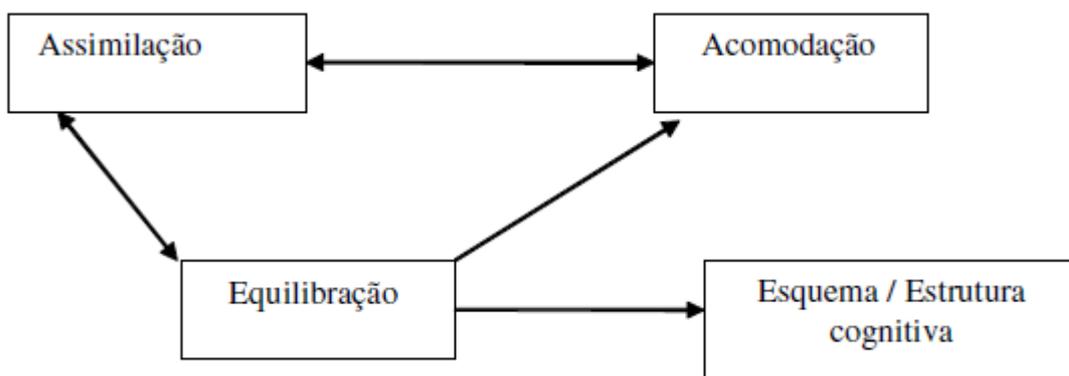
O processo de ensino–aprendizagem é extremamente complexo e, por muitas vezes, se faz necessário o conhecimento específico da disciplina (no caso Física) e de estratégias pedagógicas que passam pelas teorias da aprendizagem. Não existe teoria da aprendizagem perfeita ou que se encaixe em qualquer tema independente do conteúdo a ser abordado. Pois, existem várias variáveis correlacionadas, que vão desde o conteúdo a ser utilizado até mesmo o público alvo (estudantes). Assim sendo, é complicado taxar um trabalho (ou uma aula) como tendo características

somente de uma teoria de aprendizagem o que se encontra bastante são trabalhos que possuem duas ou mais teorias relacionadas. Podendo ser uma predominante a outra. De acordo com Moreira (1999, p.12), tais teorias são definidas como:

Uma construção humana para interpretar sistematicamente a área de conhecimento que chamamos aprendizagem. Representa o ponto de vista de um autor/pesquisador sobre como interpretar o tema aprendizagem, quais as variáveis independentes, dependentes e intervenientes. Tenta explicar o que é aprendizagem e porque funciona como funciona.

A Teoria Interacionista de Jean Piaget possui três conceitos chaves, são eles: a assimilação, a acomodação e a equilibração (vide figura 2). A assimilação corresponde ao processo de integração dos dados da experiência nas estruturas do sujeito. Já a acomodação refere-se à modificação das estruturas do sujeito para se adaptar aos novos elementos oriundos do meio. E a equilibração é a situação onde ocorre o desafio ou dúvida. De acordo com Moreira (1999, p. 98) no ponto de vista da teoria de Piaget, o aprendizado ocorre quando há um desequilíbrio, ou seja:

Ocorre que a teoria de Piaget não é propriamente uma teoria de aprendizagem e sim uma teoria de desenvolvimento mental. Piaget não enfatiza o conceito de aprendizagem, talvez por não concordar com a definição usual de "modificação do comportamento resultante da experiência". Esta definição traz consigo uma idéia de dependência passiva do meio ambiente, enquanto que, segundo Piaget, na assimilação, O organismo se impõe ao meio (na acomodação, a mente se reestrutura para adaptar-se ao meio). Piaget prefere, então, falar em "aumento do conhecimento", analisando como isto ocorre: só há aprendizagem (aumento de conhecimento) quando o esquema de assimilação sofre acomodação.



**Figura 2: Representação do equilíbrio da estrutura cognitiva**  
 Fonte: Nuñez; Ramalho (2004, p.45)

### 3.1.4 Simulação no Ensino de Física

É cada dia mais notório a necessidade da atualização por parte dos professores em sala de aula das TIC's (Tecnologias de Informação e Comunicação) no exercício da docência, visto que estamos inserido em um mundo tecnológico e globalizado. Assim, "é inegável que a escola precisa acompanhar a evolução tecnológica e tirar o máximo de proveito dos benefícios que esta é capaz de proporcionar" (BRASIL, 2015, p. 88). Nesse contexto de introdução de elementos que permitam a escola acompanhar a tecnologia, um dos marcos é o computador. É através dessa ferramenta (junto com a internet) que é possível ter um arsenal de informações que servirão de ferramentas fundamentais para a prática profissional, como corrobora Valente (1995, p.9):

O computador tem provocado uma revolução na educação devido a sua capacidade de ensinar, trazendo possibilidades de implantação de novas técnicas de ensino praticamente ilimitadas. Dessa maneira, a escola deve passar a viver em consonância com a realidade externa aos seus portões e deixar de praticar um modelo de ensino baseado em procedimentos reprodutivistas e conteudistas.

No que se diz respeito ao uso das TIC's diretamente ao ensino de Física, é comum o uso dos simuladores. Os motivos principais para o uso desse recurso poderiam ser: a falta de aparato experimental adequado ou a complexidade de reprodução do experimento em sala de aula. Como descrito por Lévy (1998, p.122 *apud* HOHENFELD; PENIDO, 2011, p.4):

Cientistas de todas as disciplinas recorrem cada vez mais a simulações digitais para estudar fenômenos insensíveis à experiência (nascimento do universo, evolução biológica ou demográfica) ou simplesmente para avaliar de maneira menos custosa o interesse de novos modelos, mesmo quando a experimentação é possível.

O site é um projeto da Universidade do Colorado (E.U.A), e tem como protagonista o Físico Carl Wieman que ganhou o Nobel de Física em 2001. Todas as simulações disponibilizadas no site <http://phet.colorado.edu>, e podem ser utilizadas com ou sem conexão com a internet. As simulações do grupo PhET possuem uma enorme vantagem com relação aos outros simuladores, pois são desenvolvidas baseadas em rigorosas pesquisas, que são testadas por alunos, onde eles podem fazer suas ponderações por meio de entrevistas e, assim, os

desenvolvedores realizam suas avaliações e podem realizar modificações necessárias para se chegar na melhor versão possível do simulador, ou seja, da forma mais efetiva pedagogicamente. De acordo com Carraro e Pereira (2014, p.4), essa ferramenta possui resultados bastante significativos, pois:

O uso dos simuladores virtuais do PhET como recursos didáticos no ensino de Física pode contribuir significativamente para a aprendizagem dos conteúdos físicos, pois age como facilitador e motivador no processo de ensino e aprendizagem. Busca-se colocar o estudante mais ativo no processo de ensino de forma que observe os modelos físicos, avance na construção de conceitos, leis e teorias, colete dados das simulações, elabore hipóteses e teste a validade das mesmas, confronte o seu conhecimento prévio com o conhecimento científico, questione, estabeleça relação entre a teoria e prática na compreensão dos fenômenos físicos presentes no seu dia a dia.

Tal ferramenta pedagógica pode ser utilizada para introduzir conteúdos de forma dinâmica, fazer a “ponte” entre a teoria e a prática, e verificar a aprendizagem dos alunos por meio do manuseio dos simuladores, Segundo Ferreira (2000 *apud* MELO, 2010, p.5):

Softwares que trabalham Simulação e Modelagem promovem uma maior viabilidade do processo de ensino-aprendizagem da física, pois através de situações observáveis da vida real e modeláveis por programas computacionais, o aluno poderá correlacionar os conceitos vistos em sala de aula e aplicá-los com o uso do software.

De modo geral, os simuladores, em especial o PhET se mostram como uma ferramenta pedagógica extremamente eficiente, como recurso didático no processo de ensino–aprendizagem em Física.

### 3.2 A NATUREZA DA LUZ

A luz é de extrema importância para a vida na Terra, se não fosse à luz do Sol, por exemplo, a temperatura terrestre seria inviável para a existência de qualquer manifestação de vida. Compreender seu conceito e saber suas aplicações vão muito além de um conhecimento puramente científico, como escrito por Barthem (2005, p.1) a luz é importante, pois:

Quase toda nossa capacidade de nos orientarmos espacialmente e detectarmos perigos dependem da nossa visão e, portanto, da luz. Nosso cérebro dedica uma parte tão grande de seu funcionamento à interpretação das informações proporcionadas pela luz que, quando nos encontramos privados da luz, passamos a alimentar nossas mentes com imagens fabricadas a partir de nossos medos e anseios. Não é a toa que a luz tem um grande papel em todas as crenças religiosas. Já que cerca de 6000 a.C. na Índia, Isa Upanishad escrevia: *há mundos assombrados pelos demônios, regiões de absoluta escuridão.*

Em várias ações diárias sempre nos deparamos com a luz, tais como: em procedimentos médicos como a cirurgia da visão que são realizados com o uso do laser; em comemorações festivas onde são usados fogos de artifícios que emitem luzes de diversas cores; notícias sobre vários planetas do sistema solar que se utiliza da luz para comunicar-se com o universo mediante o uso de seu telescópio, até o ato de enxergar envolve luz. Em resumo, são diversas situações e muitas aplicações cotidianas e tecnológicas em que a luz está presente na nossa vida. Mas, qual seria a natureza da luz? Como podemos definir claramente o conceito físico de luz?

Segundo Salvetti (2008, p.9), no livro história da luz, uma das maneiras de se definir luz seria:

Radiação eletromagnética capaz de provocar sensação visual em um observador normal; claridade emitida pelos corpos celestes; brilho; fulgor; cintilação, aquilo ou aquele que esclarece; faculdade de percepção; evidência; certeza; verdade.

Percebe-se que o termo luz possui vários significados dentro da língua portuguesa, porém, em se tratando de conhecimento físico, outros questionamentos podem ser realizados, como questionado por Salvetti (2008, p.9): “Quais são as propriedades da luz? Como a luz é produzida? Qual sua velocidade de propagação? A luz possui massa? Como a luz é absorvida pela matéria? São muitas perguntas!”

A importância desses questionamentos consiste em sistematizar o entendimento do conceito físico da luz para que se possa entender como são explicados os diversos fenômenos associados a ele, como também as aplicações tecnológicas atuais envolvidas com a luz. Esse percurso histórico e filosófico sobre a natureza da luz história se inicia com os gregos, depois com as teorias de Newton e Huygens e, posteriormente com o surgimento da mecânica quântica.

Salvetti (2008) faz um apanhado histórico sobre a evolução das ideias da Física relacionada à luz, que parte da Grécia antiga até o enunciado do princípio da complementaridade de Böhr em 1928. Passando por grande marcos e contribuições de vários cientistas. Eis o que será mostrado nos tópicos a diante.

### 3.2.1 A Visão Grega Sobre a Luz

Alguns filósofos gregos não sabiam diferenciar com exatidão os aspectos relacionados à luz e a visão. Para eles, a luz estava ligada a algo intrínseco a capacidade visual e não a uma entidade Física diferente, entidade essa que era absorvida pelos olhos e processada pelo cérebro, provocava uma resposta no corpo. Esse conceito, sobre luz e visão, era generalizado, porém, a interpretação de fenômenos ligados a luz divergiam de acordo com a época, de acordo com Salvetti (2008), essas ideias eram resumidas em basicamente quatro maneiras diferentes, são elas:

*Pitágoras* (582-500 a.C.) considerava que cada objeto emitia um fluxo constante de partículas que bombardeavam o olho. Ele sugeriu que “a luz consiste em raios que agem como localizadores, viajando em linha reta do olho ao objeto e a sensação da forma é obtida quando esses raios tocam os objetos”.

*Platão* (427-347 a.C.) também considerava que a visão era produzida por raios que se originavam no olho, eles colidiam com os objetos que eram então visualizados.

*Euclides* (320-275 a.C.) seguiu os ensinamentos de Platão e teve grande influência no desenvolvimento da óptica geométrica, entendeu a lei da reflexão e as propriedades dos espelhos, e desenvolveu o comportamento da luz num livro sobre óptica com doze postulados.

*Empédocles* (490-430 a.C) desenvolveu uma teoria, pela qual o semelhante conhece o semelhante: “vemos a terra através da terra, a água através da água, o ar através do ar, e o fogo através do fogo”. A base para a estruturação desta teoria encontra-se nos elementos fundamentais a partir dos quais todas as outras coisas seriam constituídas e na existência de poros com diferentes diâmetros conforme os objetos a que pertenciam.

Após a Grécia antiga, vários séculos se passaram, vários cientistas contribuíram com experimentos importantes sobre a aplicação da óptica, porém

apenas no século XVII surgiriam duas teorias que focaram na sistematização de uma teoria Física que explicasse a natureza da luz.

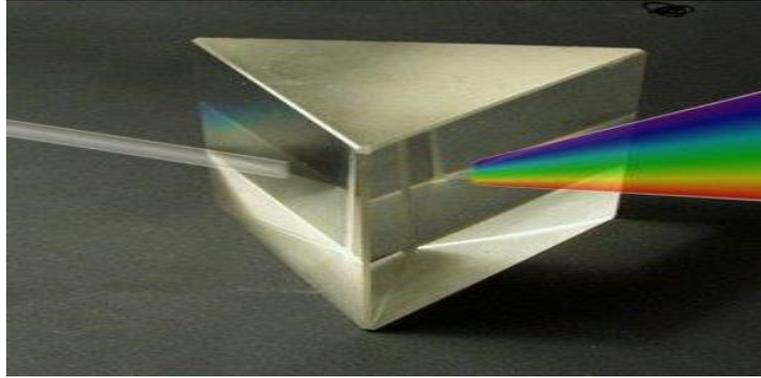
### **3.2.2 As Teorias de Newton e Huygens**

A metodologia científica tem sua origem no pensamento de René Descartes, e no século XVII, ganhou força no que se diz respeito a sua aplicação no empirismo pelo físico inglês Isaac Newton (BECERRA, 2013). No início do século XVII, o interesse em saber a natureza e propriedades da luz passou do ramo filosófico (grego) para o ramo propriamente dito científico, principalmente com o grande embate de duas teorias sobre a natureza da luz: a teoria corpuscular do Inglês Isaac Newton e a teoria ondulatória do Holandês Christian Huygens. Tais teorias tinham fortes evidências científicas. Porém, inicialmente a teoria ondulatória ganhou mais aceitação, como será vista mais adiante.

Para que uma das teorias tenha mais aceitação que a outra, primeiramente terá que explicar a maior quantidade possível de fenômenos, Salvetti (2008) faz um percurso histórico de como que parte da definição de cada pensamento (corpuscular e ondulatório) até a maior aceitação da teoria ondulatória com os experimentos de difração e interferência. O autor primeiramente começa pelas explicações dos fenômenos da reflexão e refração, pois estes fenômenos são explicados de modo convincente para a época tanto pelo ponto de vista de Huygens como pelo o de Newton, como apresentado a seguir:

Na teoria de Newton, a luz é considerada um conjunto de corpúsculos, entidades microscópicas com características semelhantes a pequenas bolinhas com composições e velocidades bem determinadas em cada instante de tempo.

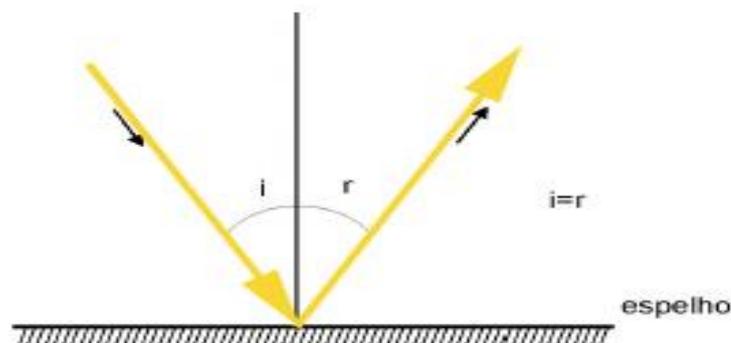
Nessa teoria, existem corpúsculos correspondentes a cada uma das cores, por exemplo: há corpúsculos de cores verde, amarelo, azul. Assim, a cor verde é a junção do corpúsculo amarelo e azul. Outra propriedade que podemos destacar, é que a luz branca, por exemplo, ao entrar em contato com o prisma sofre uma decomposição separando suas entidades e que a luz em meios homogêneos e translúcidos se propaga em linha reta, (vide figura 3):



**Figura 3: Imagem da decomposição da luz branca em um prisma**  
 Fonte: <http://ascoresdaimaginacao.wordpress.com/2010/03/21/a-cor-e-a-luz/>

Quando um feixe luminoso incide sobre uma superfície de vidro, por exemplo, ele não continua em linha reta, ou seja, parte da luz incidente retorna em uma nova linha reta que muda de direção quando alteramos a inclinação da luz incidente. Esse fenômeno conhecido como *reflexão*, ocorre de tal maneira que os ângulos entre raio incidente e refletido com a superfície são iguais e por facilidade de orientação esses ângulos são medidos em relação a uma reta chamada de reta normal. Como exposto na figura 4.

Na Reflexão difusa, os raios se espalham em todas as direções e assim, podemos ver os contornos dos objetos.



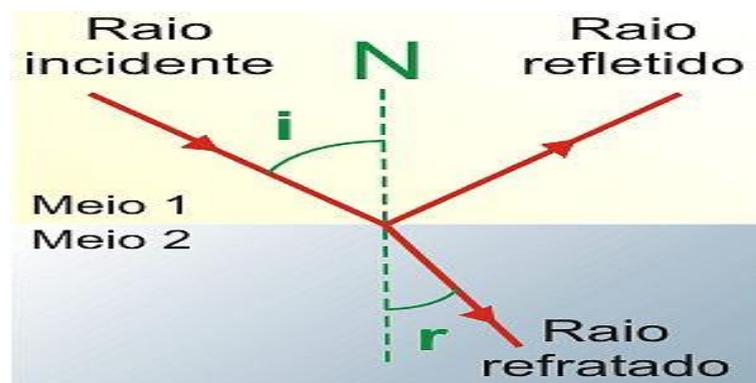
**Figura 4: Reflexão de um raio de Luz na superfície de um espelho**  
 Fonte: [http://www.ibb.unesp.br/nadi/museu2\\_qualidade/museu2\\_corpo\\_humano/museu2\\_como\\_funciona/museu\\_homem\\_nervoso/museu\\_homem\\_nervoso\\_visao/museu2\\_homem\\_nervoso\\_visao\\_luz.htm](http://www.ibb.unesp.br/nadi/museu2_qualidade/museu2_corpo_humano/museu2_como_funciona/museu_homem_nervoso/museu_homem_nervoso_visao/museu2_homem_nervoso_visao_luz.htm)

Já quando um feixe de luz passa de um meio para outro, como por exemplo, da água para o ar ou do ar para água, parte da luz é refletida e parte é refratada. Esse fenômeno, conhecido como *refração*, ocorre de tal maneira que o ângulo de

incidência é diferente do ângulo de refração, ambos medidos em relação à reta normal imaginária a superfície de separação.

Em casos particulares podemos ter apenas *reflexão*, chamada de *reflexão total*.

Embora, o fenômeno refração tenha sido estudado e tabelado para água e ar por Cláudio Ptolomeu em 140 d.c, foi apenas em 1621 que o Holandês Willebrord Snell e o Francês René Descartes encontraram uma relação matemática para esses ângulos, como pode ser visto na figura 5abaixo:



**Figura 5: Refração de um raio de luz ao passar de um meio para o outro Obedecendo a Lei de Snell-Descartes:  $n_1 \cdot \text{sen}(i) = n_2 \cdot \text{sen}(r)$**

Fonte: <http://www.brasilecola.com/fisica/as-leis-refracao-luz.htm>

Pela teoria de Newton, na ausência de força externa os corpúsculos de luz teriam um movimento retilíneo. Assim, ao passar do meio 1 para o meio 2 o desvio da trajetória retilínea da luz incidente para a luz refratada seria devido a presença de uma *força* que atua apenas na superfície de separação dos dois meios.

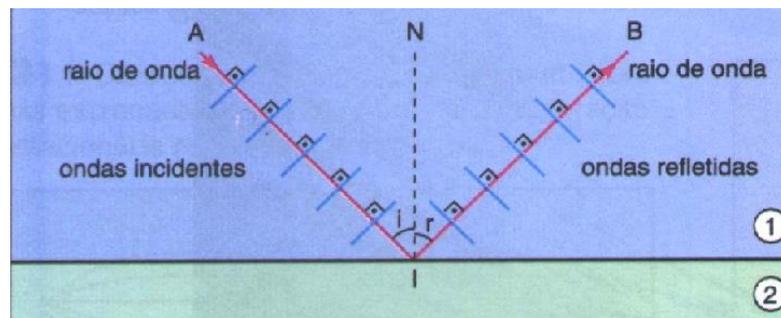
Resumidamente, a teoria corpuscular atribui à existência de diferentes corpúsculos, o efeito de diferentes cores, atribuindo às forças sobre esses corpúsculos, na superfície de separação entre dois meios, a explicação dos fenômenos da *reflexão* e *refração*.

De acordo com Barthem (2005, p.21)

A outra teoria defendida na época pelo holandês Huygens é de que a luz era formada por uma onda, ou seja, a onda é uma transmissão de movimento que necessita de um meio material para lhe dar suporte e também cada frente de onda é uma fonte de novas ondas.

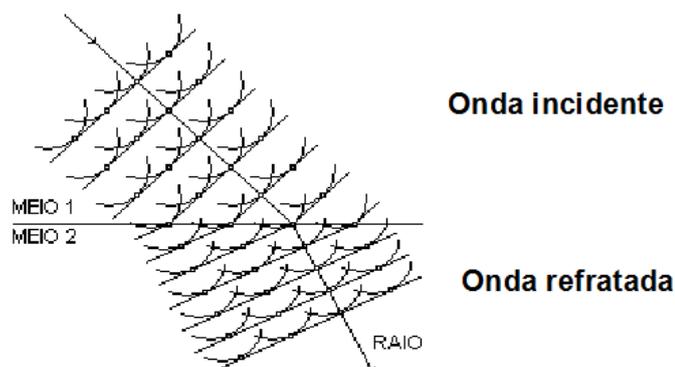
Agora, veja como sua teoria, a teoria ondulatória, irá explicar os fenômenos de reflexão e refração, já explicados pela teoria corpuscular.

A teoria ondulatória considera que cada frente de onda da luz, ao chegar à superfície de separação entre dois meios, é refletida com o ângulo de incidência igual ao ângulo de reflexão, como, por exemplo, as ondas em uma corda de extremidade fixa ou ondas sonoras quando encontram outro meio material, como na figura 6. Desta forma, explicando o fenômeno da reflexão da luz usando ondas.



**Figura 6: Reflexão de ondas incidentes na interface de separação entre dois meios**  
**Fonte: <http://ww2.unime.it/weblab/awardarchivio/ondulatoria/ondas.htm>**

Pela teoria ondulatória, consideram-se que as ondas possuem velocidades diferentes em diferentes meios materiais. Assim, consideremos uma frente de onda se propagando no ar (meio1) ao se aproximar da superfície de separação com o vidro (meio2). Parte dessa frente de onda chega primeiro a essa superfície e passa a se propagar no vidro com uma velocidade menor do que a frente de onda que ainda está se propagando no ar. Logo, para a mesma direção de incidência, quanto mais lenta é a velocidade no meio 2 em relação a o meio 1, a direção de propagação sofre maior alteração, veja a figura 7 abaixo:



**Figura 7: Refração de ondas incidentes na interface de separação entre dois meios**  
**Fonte: <http://www.ufsm.br/gef/Ondas12.htm>**

De acordo com a teoria defendida por Huygens não é necessário pensar na presença de uma força agindo na luz para ocorrer à reflexão e, ainda diferente da teoria de Newton, na superfície de separação entre os meios diferentes é suficiente que as ondas se propaguem com velocidades diferentes nos meios em que ocorre a refração.

Nesta teoria ondulatória não é necessário considerar a luz branca como corpúsculos relativos a cada uma das cores, basta considerar que cada cor se desloca com uma velocidade diferente em cada meio material. Assim, ao invés de considerar corpúsculos diferentes para cada cor, apenas considera-se que a diferença das cores está em uma propriedade da onda.

De maneiras diferentes, tanto a teoria ondulatória com a teoria corpuscular explicam os fenômenos das cores, da reflexão e da refração. Porém, existem alguns questionamentos, tais como: quando dois feixes de luz se interceptam na mesma região do espaço, após o encontro, cada feixe segue o seu caminho (princípio da independência dos raios de luz) e sem nenhuma alteração.

Caso a luz fosse formada por corpúsculos era de se esperar que ocorresse uma colisão entre elas e, assim, a propagação de cada raio seria alterada. Porém, experimentalmente a teoria defendida por Newton não explicava o fato da independência desses raios.

Outro questionamento é referente à velocidade de propagação da luz nos meios. Pela teoria ondulatória a velocidade da luz deveria ser menor em meios mais densos, de acordo com a teoria corpuscular o inverso é que era verdadeiro.

Esses impasses só poderiam ser resolvidos com experimentos que constatassem quais das teorias convergiriam com os resultados empíricos. De imediato não se poderia realizar tais experiências, em virtude dos recursos de medições da época não serem tão precisos. Com isso, pelo prestígio que Isaac Newton tinha na comunidade científica da época, fez com que a teoria corpuscular prevalecesse por todo o século XVII.

No século seguinte, século XVIII, a experiência realizada por Sir Jorge Airy em 1833 e principalmente a experiência realizada por Fizeau e Foucault em 1850, levariam à confirmação que a teoria ondulatória defendida por Huygens estaria correta.

A experiência de Airy está relacionada ao que hoje é chamado Interferência, fenômeno observado apenas com ondas.

Em 1850, Fizeau e Foucault em experiências distintas mediram a velocidade da luz no ar e na água e comprovaram que a velocidade é menor na água que no ar, confirmando o que já foi previsto pela teoria ondulatória.

Assim, no século XIX, a teoria ondulatória serviria de base para uns dos trabalhos mais notáveis da Física, que diz respeito às equações de James Clerk Maxwell, que sintetizou toda a teoria do eletromagnetismo em apenas quatro equações, e provou que a luz poderia ser uma onda eletromagnética formada por dois campos: campo elétrico e campo magnético.

Com todos os trabalhos anteriormente citados, a teoria ondulatória por muito tempo passou a preponderar e a teoria corpuscular foi basicamente deixada de lado, até porque a teoria de Maxwell foi confirmada nos experimentos do físico alemão Heinrich Hertz.

No entanto, o próprio Hertz observou um fato curioso que será visto um pouco mais adiante, onde a teoria ondulatória não explicava o Efeito Fotoelétrico. Como será visto a seguir.

### 3.2.3 A Luz e a Teoria da Relatividade Especial

Em 1905,

A. Einstein publica a Teoria da Relatividade Especial (ou Restrita). Este artigo foi baseado na teoria eletromagnética de Maxwell, onde postulava que a velocidade da luz deveria ser constante e absoluta para todos os referenciais inerciais, ou seja, não importa qual o referencial adotado pelo espectador, a velocidade da luz sempre terá um valor fixo e nenhuma partícula terá uma velocidade maior que a velocidade da luz no vácuo. (SALVETTI, 2008, p.12).

Assim, como a teoria de Maxwell, a teoria de Einstein foi muito criticada pela comunidade científica, até mesmo por que as concepções de relatividade de Galileu e de Newton não admitiam que existisse algo que pudesse ter sua velocidade invariável em qualquer referencial adotado (referencial absoluto).

No contexto da teoria ondulatória, as ondas eletromagnéticas deveriam ter um meio para se propagar, esse meio foi chamado pelos físicos da época de *éter*. Esse meio hipotético situava-se, por exemplo, entre a Terra e o Sol, e suas características dadas a esse meio eram bastante peculiares: era rígido e rarefeito. A existência do éter foi à justificativa para comprovar que a velocidade da luz dependia de um

referencial e a comprovação de sua existência seria crucial para derrubar a teoria da relatividade especial.

Portanto, como já foi citada anteriormente, em ciência, a experimentação é uma maneira fundamental para resolver este tipo de confronto que envolvia essas teorias.

O célebre experimento do interferômetro para a comprovação da existência do éter foi realizado, em 1887, por Albert Michelson (1852-1931) e Edward Morley (1838-1923). Segundo Gazzinelli (2005, p.21):

o resultado nulo foi decepcionante não apenas para ele (Michelson), que esperava poder medir a velocidade da Terra em relação ao éter – o vento do éter -, como para físicos eminentes (Lorentz, por exemplo) que acompanhavam os desenvolvimentos da teoria eletromagnética.

### 3.2.4 O Ressurgimento da Teoria Corpuscular da Luz

A Teoria da Relatividade Especial fez com que os conceitos de espaço e tempo fossem repensados. Porém, no mesmo ano de publicação dessa teoria também foi publicado um artigo referente a um fenômeno chamado de “efeito fotoelétrico”. Tal fenômeno, inicialmente foi observado por H. Hertz, em 1887, no experimento montado por ele para comprovar a natureza ondulatória da luz. Ao se deparar com o *efeito fotoelétrico*, por não ser objetivo principal do experimento, apenas registrou em seu relatório.

Hoje, “muitos autores afirmam que o primeiro a observar tal efeito foi o russo Alexander G. Stoletov, em 1872” (ROCHA, 2002).

Hoje em dia, o *efeito fotoelétrico* é aproveitado dentre outras aplicações, para: explicar o funcionamento do visor noturno (que captam a radiação infravermelha emitida pelos corpos); em câmeras digitais; em fotômetros; em dispositivos controladores de portas eletrônicas entre outras aplicações.

Este fenômeno tinha uma estranha particularidade: a energia máxima dos elétrons emitidos não era determinada pela intensidade da luz, como era de se esperar pela teoria eletromagnética de J.C. Maxwell, e sim, pela frequência da radiação da onda incidente.

Em 1905, Albert Einstein explicou o *efeito fotoelétrico* propondo uma teoria corpuscular para a luz, segundo qual a luz seria constituída por glóbulos ou

partículas de energia (ou quanta de energia) e, em 1926, G.N. Lewis denomina essas “partículas” de fótons (pacotes de pura energia).

Apesar de criado para designar o quantum de luz, hoje o termo fóton é usado para designar um quantum de radiação eletromagnética de qualquer comprimento de onda.

Agora estava aberto um grande impasse, de um lado a luz como sendo uma onda eletromagnética e, do outro lado, a luz que se comportando como corpúsculo, ambas com fortes argumentos experimentais. Entretanto, “existem fenômenos que são explicados por uma teoria e não pela outra, fazendo gerar uma grande dúvida que em séculos passados fizeram Newton e Huygens discutirem inicialmente” (SALVETTI, 2008).

### **3.2.5 Grande Saída: a Dualidade Onda-Corpúsculo**

Por volta do ano de 1920, a situação poderia ser resumida da seguinte forma: uma teoria ondulatória para luz usando as ondas eletromagnéticas de Maxwell e uma teoria corpuscular para luz usando os corpúsculos de Einstein.

De acordo com Rocha (2002):

Naturalmente, a teoria ondulatória, como é o caso da teoria eletromagnética da luz, não seria suficiente, pois não explicaria o efeito fotoelétrico, por exemplo. Da mesma forma, a teoria corpuscular não seria suficiente também, pois não explicaria a experiência da dupla fenda.

Baseado nessa dualidade de conceitos, o físico Dinamarquês Niels Henrick David Bøhr enunciou, em 1926, o Princípio da Complementaridade de Bøhr que afirma:

A natureza da matéria e da energia é dual e os aspectos ondulatório e corpuscular não são contraditórios, mas complementares, ou seja, isto significa que a natureza corpuscular e ondulatória são ambas detectáveis separadamente e surgem de acordo com o tipo de experiência. (SALVETTI, 2008, p.15).

Assim, na experiência da dupla fenda a natureza evidenciada da luz é ondulatória, ao passo que no experimento do efeito fotoelétrico, a natureza que ressalta é a corpuscular.

Desta forma, argumentos similares valem também para a matéria. Logo, o princípio da complementaridade atesta a ambigüidade e natureza dual da matéria e da energia. Desta fora, a figura abaixo serve para ilustrar tal princípio.



**Figura 8: Essa figura representa duas pessoas com os rostos próximos, ou vista de outra forma uma taça de vinho**

Fonte: <http://psicoterapiagestalt.galeon.com/>

O problema da natureza da luz estava agora bem identificado, mas não totalmente resolvido, pois não havia uma teoria Física que explicasse ou descrevesse fenômenos tão dispares como o efeito fotoelétrico e a interferência de uma onda luminosa.

Estava, entretanto, tudo pronto para o surgimento de uma nova teoria: a Teoria Quântica (Mecânica Quântica). Um de seus fundadores foi o físico Francês Louis Victor (o duque De Broglie), que, em 1924, estendeu o conceito de dualidade onda-corpúsculo da luz às partículas de materiais. O impasse estava se resolvendo, pois de acordo com Rocha (2002, p.244):

De Broglie, que recebeu o prêmio Nobel de física de 1929, por sua descoberta, estes fenômenos citados anteriormente, podem ser explicados supondo que partículas luminosas (fótons) possuem um comprimento de onda a elas associado, através da relação  $\lambda = \frac{h}{p}$ , onde  $\lambda$  é o comprimento de onda associado à partícula,  $p$  é o momento da partícula e  $h$  é a constante de Planck.

Então, talvez as partículas materiais, tais como os elétrons, pudessem também ser consideradas como ondas-corpúsculos e, portanto, comportar-se de modo semelhante à luz, apresentando eventualmente, fenômenos de interferência de partículas materiais em experiências tipo a da dupla fenda de Young (ondulatórios) e fenômenos de choques de partículas materiais (corpúsculares).

## 4 KIT ÓPTICO EDUCACIONAL E UMA PROPOSTA DE APLICAÇÃO

### 4.1 O KIT ÓPTICO EDUCACIONAL

O aparato experimental proposto para auxiliar a demonstração de alguns fenômenos Físicos associados à luz foi denominado de Kit óptico educacional. Durante as aulas de aplicação da Unidade didática proposta, foi utilizada além das demonstrações experimentais, a apresentação em Power point e três simulações computacionais. Logo, o Kit óptico consiste em um arranjo experimental formado pelos seguintes objetos e com as finalidades descritas a seguir:

#### a) Mesa retangular

A mesa escolhida é formada por material ferromagnético e tem a função de servir de suporte para os demais componentes, que possuem pequenos magnetos. Isso permite incliná-la com o intuito de facilitar a visualização por partes dos alunos.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor

#### b) Lentes

As lentes de acrílico foram escolhidas para que fosse possível demonstrar o fenômeno da refração da luz. E assim poder fazer a discussão em cima das teorias sobre a natureza da luz.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor

c) Espelho plano

O espelho plano teve a função de demonstrar o fenômeno da reflexão da luz e assim como na refração realizar a discussão sobre as teorias sobre a natureza da luz que tentaram explicar tais fenômenos.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor

d) Fenda

A fenda foi criada utilizando um paquímetro, cuja regulagem foi de 1,0mm. A fenda tinha como intenção demonstrar o fenômeno da difração e interferência mediante incidência de luz.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor

e) Laser pointer e laser com três fontes de luz

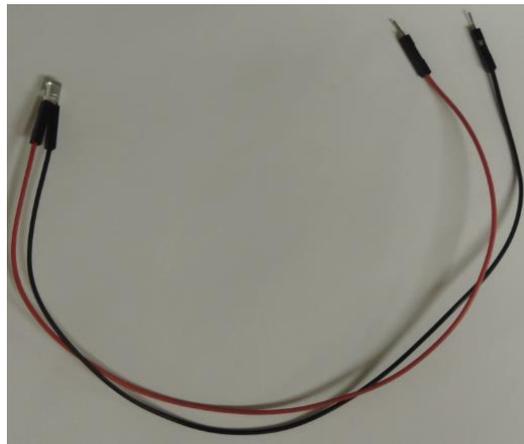
O Laser é no aparato experimental, a fonte de luz. Foi escolhido o laser do tipo Pointer e o laser com três feixes luminosos utilizado para visualizar as figuras de interferência ao incidir-lo sobre a fenda utilizada, o espelho, as lentes e o fototransistor.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor

#### f) Fototransistor

Uma das demonstrações contida no arranjo experimental elaborado foi a do efeito fotoelétrico. Para tal finalidade foi escolhido um fototransistor, pois além de fácil manuseio, possuía tamanho adequado para o aparato montado. A partir desse acessório foi possível evidenciar um fenômeno em que a luz se comporta como partícula, na verdade o único fenômeno em que a luz possui esse caráter no Kit óptico.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor

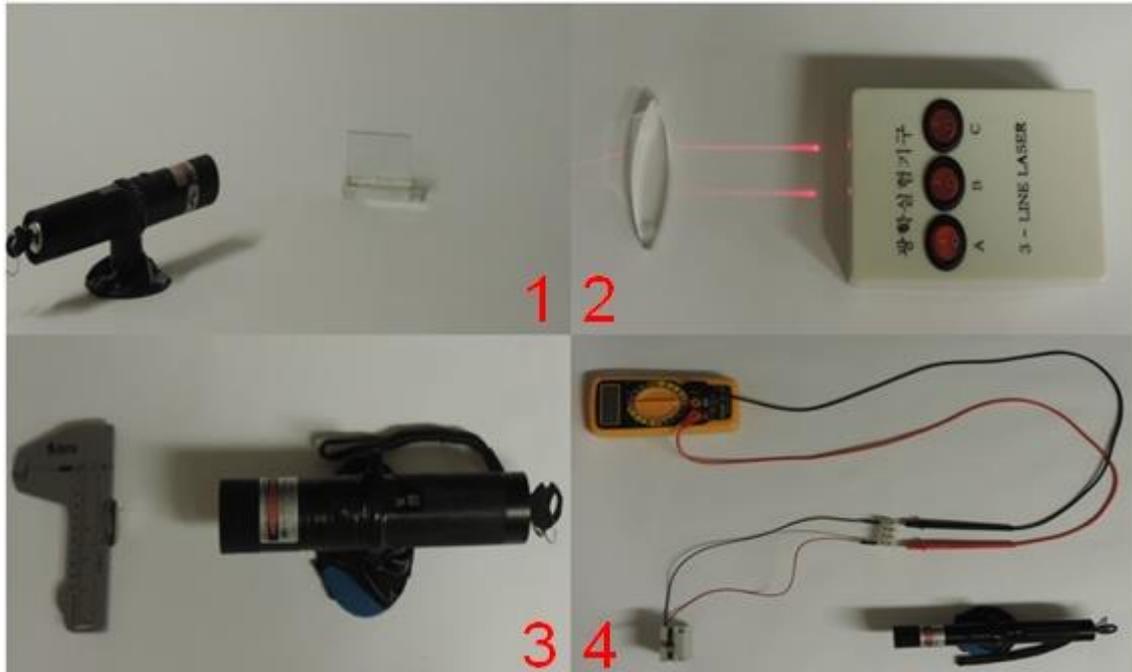
#### g) Multímetro

O multímetro foi um elemento auxiliar na demonstração do efeito fotoelétrico, pois com ele foi medida a variação de resistência elétrica no fototransistor quando iluminado pelo laser pointer.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor

Esses objetos foram arranjados de maneira tal que em cada lado da mesa retangular fosse possível demonstrar quatro tipos de fenômenos associados à luz (três fenômenos em que a luz possuía caráter ondulatório e um em que a mesma possuía caráter corpuscular). Como mostrado na figura a seguir:



**Figura 9: Demonstração de alguns fenômenos ocorrentes com a luz:  
1) Reflexão, 2) Refração, 3) Difração/Interferência, 4) Efeito fotoelétrico.  
Fonte: Elaborada pelo próprio autor**

A intenção principal do uso do Kit óptico como uma ferramenta durante a aula, para auxiliar na unidade didática proposta, consiste na realização de demonstrações experimentais (divididas em quatro momentos como indicado na figura 9) como uma maneira de provocar o conflito cognitivo nos alunos. Tal conflito se dá quando o aluno compara o que se é observado no experimento com o que é previsto nas teorias referentes à natureza da luz.

#### 4.2 UNIDADE DIDÁTICA

Na prática profissional docente, é imprescindível a organização do conhecimento a ser construído, uma maneira eficiente de planejar o assunto é por meio da elaboração de uma unidade didática, que é um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos

educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos, tanto pelos professores como pelos alunos Zabala (1988, p.18). Levando em conta que o tema do trabalho seja a natureza da luz, um tema que do ponto de vista da história da Física possui um longo caminho, e que, além disso, possui um caráter experimental eminente. A partir dessas características peculiares do tema trabalhado nessa dissertação, é necessária uma maneira de concatenar essas vertentes ao ponto de fazê-las ferramentas poderosas para o a construção do saber.

Para a aplicação do produto educacional, foi proposta na unidade didática elaborada o uso de alguns recursos didáticos, são eles: i) Utilização de tópicos de história e filosofia da ciência, ii) Simulações (PhET), iii) Experimentos demonstrativos utilizando o Kit Óptico. É notório que a todo o momento durante a aplicação do produto educacional, sejam necessárias diversas escolhas no que se diz respeito à maneira de como e quando esses três recursos didáticos devem ser utilizados, ou seja, a unidade didática nesse sentido propõe uma reflexão a respeito do processo de tomada de decisões ao se delinear (PALACIOS; LEON, 2000, p.243).

Enfim a unidade é um instrumento que promove a articulação dos conteúdos de aprendizagem com as sequências de atividades, orientados a partir dos objetivos que se pretende alcançar, respeitando as etapas e as capacidades dos alunos (PALACIOS; LEON, 2000). Sendo de fundamental importância para que os aspectos históricos e experimentais (kit óptico) sobre a natureza da luz sejam explorados da maneira mais eficiente possível.

## 5 METODOLOGIA

Esse capítulo tem o intuito de mostrar o percurso metodológico seguido para a realização da etapa de aplicação e análise dos resultados obtidos através da aplicação das três atividades com os discentes. Esse percurso se inicia com a apresentação da instituição de ensino no qual foi desenvolvida o presente trabalho e do público alvo, posteriormente é realizado um detalhamento das etapas de elaboração e aplicação do produto, bem como a posterior análise e discussão dos resultados.

### 5.1 CONTEXTO DA PESQUISA

A aplicação do produto educacional (Unidade didática e Kit óptico) foi realizada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN, no campus Natal- Central.

O campus Natal central (CNAT) atua, assim como os demais 20 campi do IFRN espalhados pelo estado do Rio Grande do Norte, de forma verticalizada, oferecendo cursos de nível médio, superior e pós-graduações, nas modalidades presenciais e à distância. Em relação ao Ensino Médio Integrado, os cursos existentes no CNAT são: Edificações, Controle Ambiental, Geologia, Mineração, Administração, informática para a internet, Manutenção e Suporte em Informática, Eletrotécnica, Mecânica.

O curso escolhido para a avaliação da proposta em relação ao ensino da natureza da luz foi o de Controle Ambiental. A escolha desse curso se justifica dentro dos critérios definidos pelo autor e seus orientadores, sendo eles: 1) Ser uma turma de um curso que historicamente apresentasse dificuldades no componente curricular Física; 2) Os estudantes já terem conhecimentos prévios sobre os conteúdos de ondas, óptica e eletromagnetismo, mais especificamente nos tópicos a seguir: definição de ondas, classificação das ondas, natureza eletromagnética da luz e espectro eletromagnético, definição de luz de acordo com a óptica geométrica.

### 5.1.1 Ementa do Componente Curricular Física nos Cursos Integrados

A Componente Física contido na grade curricular dos cursos técnicos integrado é dividido em duas partes (Física I e a Física II). As disciplinas constam da grade curricular e são de caráter anual com carga horária total de 160 horas/aula, cada. Com quatro horas/aula semanal, com os seguintes conteúdos:

#### **i) Física I: Mecânica Clássica e Termodinâmica**

- Introdução ao estudo da Física;
- Dinâmica clássica;
- Trabalho;
- Energia e sua conservação e Potência;
- Dinâmica rotacional;
- Gravitação clássica;
- Hidrostática;
- Física Térmica;
- Temperatura e Calor;
- Termodinâmica.

#### **ii) Física II: Ondas, Óptica, Eletromagnetismo e Física Moderna.**

- Ondulatória
- Óptica geométrica
- Eletrostática
- Eletrodinâmica
- Magnetismo
- Eletromagnetismo
- Princípios de Física Quântica
- Introdução à Teoria da Relatividade Especial

### 5.2 SUJEITOS DA PESQUISA

Atendendo os critérios estabelecidos pelo autor, explicitados no item 5.1, a turma selecionada foi a do 2º ano do curso de controle ambiental, formada por 32 alunos que estavam cursando a disciplina de Física II. Isto porque, pelos relatos de

professores e alunos, tradicionalmente as turmas do curso de controle ambiental tendem a não gostar da disciplina ou possuem bastante dificuldade e, poderiam apresentar conhecimentos relativos a ondas, óptica e eletromagnetismo.

### 5.3 PERCURSO METODOLÓGICO

A escolha do percurso metodológico (figura 10) se justifica na proposição de atingir os seguintes objetivos específicos:

- 1) Caracterizar os conhecimentos prévios dos estudantes em relação aos assuntos de Ondas, Óptica e eletromagnetismo;
- 2) Elaboração da Unidade Didática para a construção dos conhecimentos sobre a natureza da luz;
- 3) Construção do aparato experimental, ou seja, do kit óptico que foi um dos recursos didáticos utilizados na aplicação do produto;
- 4) Caracterizar os conhecimentos construídos após as aulas (o experimento didático);
- 5) Caracterizar os conhecimentos dos estudantes em relação a natureza da luz após três meses;

Para tanto, foram definidas três etapas consecutivas e interdependentes:

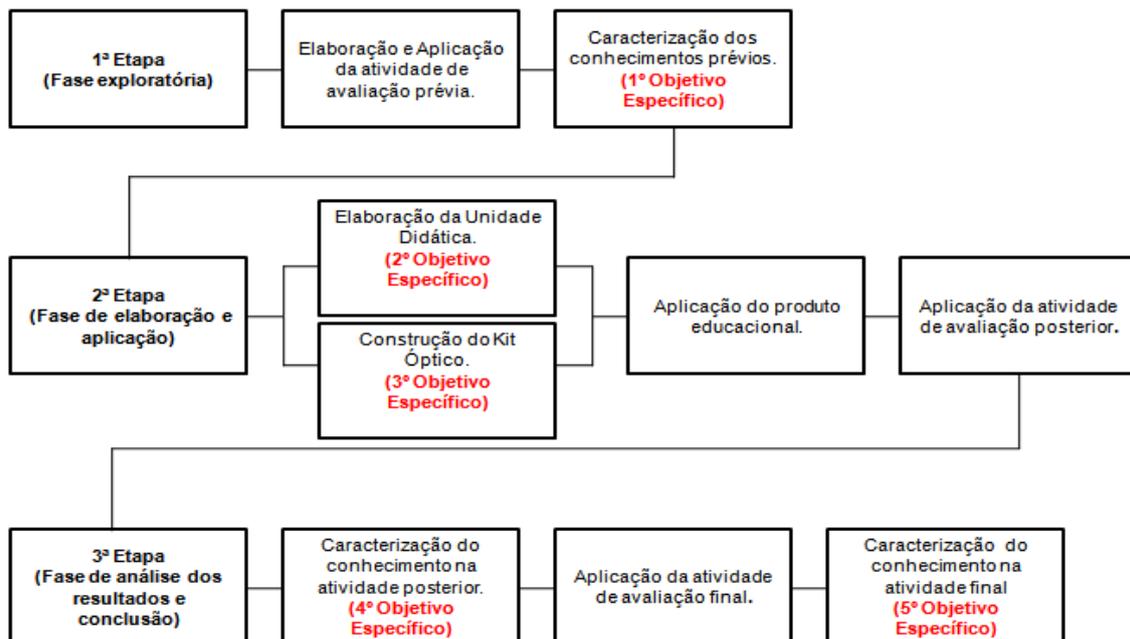


Figura 10: Percurso metodológico adotado

Fonte: Elaborada pelo próprio autor

A proposição desse percurso se baseia na organização de um plano geral para a elaboração do experimento didático (aulas para a aplicação da proposta didática) na dissertação (Quadro 1).

1. Objetivos específicos que orientarão a produção da dissertação	<p>✓ Montagem de um aparato experimental (Kit óptico) para estudo dos comportamentos ondulatório e corpuscular da luz. Introduzir alguns tópicos sobre a história da ciência, para que o aluno possa entender as principais ideias que nortearam a Física até o conceito atual de luz.</p> <p>✓ Elaboração de uma unidade didática para o desenvolvimento da atividade proposta.</p>
2. Procedimentos metodológicos	<p>Para atender os objetivos acima propostos foram planejadas duas aulas de 100 minutos cada, Na aula I foram estudadas as teorias clássicas sobre a natureza da luz e suas limitações, cujos objetivos foram: compreender em que se fundamenta cada teoria e quais as limitações de ambas. Na aula II foi abordada a natureza eletromagnética da luz, a interpretação corpuscular segundo o efeito fotoelétrico e o princípio da complementaridade. Nesse momento os objetivos a serem alcançados foram: compreender dos trabalhos de J.C Maxwell para a natureza eletromagnética da luz, interpretar a luz como uma onda eletromagnética, entender o efeito fotoelétrico e sua relação com o caráter corpuscular da luz e a definir a dualidade da luz.</p>
3. Sujeitos da Pesquisa	Alunos do ensino médio integrado.
4. Definição da amostra	Seguindo os critérios estabelecidos, alunos do 2º ano do ensino médio integrado do IFRN Campus Natal Central do curso de controle ambiental (32 alunos).
5. Validação	A avaliação das unidades didáticas e a validação das atividades propostas são de responsabilidade dos orientadores e de algum outro profissional da área que analisarão minuciosamente as atividades propostas de acordo com os objetivos pretendidos.
6. Tratamento dos dados	Todos os dados obtidos devem ser organizados no intuito de satisfazer os objetivos específicos determinados na metodologia.

**Quadro 1: Plano geral para a elaboração do experimento didático**

#### 5.4 FASE EXPLORATÓRIA

Na primeira etapa do procedimento metodológico foi elaborada e aplicada à atividade de avaliação prévia. Essa atividade possuía questões voltadas para assuntos que serviriam como base para a construção do conhecimento durante a aplicação do produto educacional, e o enfoque dessa atividade foi em questões que envolveram tópicos relevantes da história da Física e a identificação de fenômenos físicos envolvendo a luz. Logo após essa avaliação foi realizado a caracterização dos conhecimentos prévios para dar suporte à elaboração da unidade didática na segunda etapa. Tal caracterização para o construtivismo é de fundamental importância, pois segundo, Piaget (1974) *apud* Sobral e Teixeira (2010, p.2) “herdamos um modo de funcionamento intelectual que torna possível a nossa adaptação ao meio, graças ao equilíbrio entre os mecanismos de assimilação e acomodação”. Por assimilação, podemos entender o processo de incorporação de um elemento exterior pelo organismo, apresentando-se como uma estratégia adaptativa empregada para aproximar elementos do meio às estruturas de conhecimento que o indivíduo possui a fim de possibilitar a incorporação de novos elementos.

#### **Plano de atividade I – Atividade Prévia**

Nessa etapa inicial de coleta de dados, se pretendeu diagnosticar se os discentes possuíam conhecimento prévio suficiente para poder construir novos conceitos. De acordo com Jófili (2002), estar consciente dos conceitos prévios dos alunos – que estejam em desacordo com o conhecimento científico capacita os professores a planejar estratégias para reconstruí-los, utilizando contra-exemplos, ou situações problemas, para confrontá-los.

OBJETIVOS	PERGUNTAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar se o discente sabe diferenciar os modelos clássicos que sugeriram uma explicação para a natureza da luz.</li> </ul>	1- No século XVII, a explicação da natureza da Luz basicamente era resumida na teoria corpuscular de Newton e na teoria ondulatória de Huygens, Ambas baseadas em modelos mecânicos, conhecida como teorias clássicas sobre a natureza da Luz. <input type="checkbox"/> Verdadeiro. <input type="checkbox"/> Falso. Justifique sua resposta:
<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar se os discentes sabem as contribuições dos trabalhos de J.C. Maxwell para a explicação da natureza da luz.</li> </ul>	2- A unificação da eletricidade e do magnetismo nos levou a teoria eletromagnética no século XIX, formulada pelo físico e matemático escocês James Clerk Maxwell. Ele previu que a Luz deveria ser uma onda eletromagnética. Tal conclusão seria um complemento ao que exposto por Huygens em sua teoria ondulatória, em séculos anteriores. <input type="checkbox"/> Verdadeiro. <input type="checkbox"/> Falso. Justifique sua resposta:
<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar se os alunos sabem identificar o comportamento da luz de acordo com os fenômenos expostos.</li> </ul>	3- A Luz possui comportamento ondulatório nos seguintes fenômenos: reflexão, refração, interferência e difração. <input type="checkbox"/> Verdadeiro. <input type="checkbox"/> Falso. Justifique sua resposta:
<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar os conceitos prévios sobre o efeito fotoelétrico e a natureza da luz nesse fenômeno.</li> </ul>	4- O famoso físico alemão Albert Einstein desenvolveu, em 1905 (início do século XX), uma teoria muito simples e revolucionária para explicar o efeito fotoelétrico considerando o caráter corpuscular da Luz. <input type="checkbox"/> Verdadeiro. <input type="checkbox"/> Falso. Justifique sua resposta:
<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar se os alunos possuem o conhecimento sobre o princípio da dualidade da luz.</li> </ul>	5- A luz possui caráter dual, ou seja, ela pode se comportar como onda ou como partícula. Desta forma, esse caráter dual pode ser observado em um mesmo fenômeno. <input type="checkbox"/> Verdadeiro. <input type="checkbox"/> Falso. Justifique sua resposta:
<ul style="list-style-type: none"> <li>Sondar a opinião do aluno sobre a importância do ensino de Física associado à experimentação, ou seja, se para ele esse recurso didático é um agente motivador e facilitador da aprendizagem.</li> </ul>	6- As teorias científicas Físicas podem ser mais compreensíveis, para os alunos, se elas forem trabalhadas através de experimentos. <input type="checkbox"/> Verdadeiro. <input type="checkbox"/> Falso. Justifique sua resposta:

**Quadro 2: Plano de atividade referente à atividade prévia**

A partir dos resultados obtidos na avaliação prévia foi elaborada a unidade didática, levando em conta que esse planejamento pré-aplicação do produto foi organizado a partir dos resultados encontrados, e deu um ótimo direcionamento para a realização das outras duas fases do percurso metodológico.

## 5.5 ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL (EXPERIMENTO PEDAGÓGICO)

Essa fase iniciou-se com a elaboração da unidade didática (apêndice A), que se deu posteriormente ao plano de elaboração da unidade didática (apêndice E), o produto educacional foi aplicado visando atingir os objetivos de aprendizagem. O mesmo foi aplicado em dois encontros de 100 minutos cada. Descritos de acordo com os planos de aula I e II.

<b>PLANO DE AULA I</b>
<b>DADOS DE IDENTIFICAÇÃO</b>
Disciplina: Física II Professor: Felipe Alexandre Medeiros de Freitas Local: Campus Natal Central Turma: Controle Ambiental Número de alunos: 35 Duração: 100 minutos
<b>TEMA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• A Natureza da Luz</li> </ul>
<b>OBJETIVO GERAL</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Levar os alunos a compreenderem as teorias clássicas sobre a natureza da luz (Teoria corpuscular de Newton e Ondulatória de Huygens), a partir de alguns fenômenos ópticos observáveis no cotidiano, bem como o desenvolvimento e história da formulação dessas teorias.</li> </ul>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conhecer alguns dos tópicos de história da ciência, acerca da evolução do conceito de luz;</li> <li>• Entender as principais características de cada teoria;</li> <li>• Compreender as limitações de cada teoria no que diz respeito à interpretação dos fenômenos ópticos;</li> </ul>
<b>CONHECIMENTOS PRÉVIOS NECESSÁRIOS</b>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ondas;</li> <li>• Fenômenos ondulatórios: Reflexão, refração, Interferência e difração;</li> <li>• Energia;</li> <li>• Quantidade de movimento e sua conservação;</li> <li>• Colisões;</li> <li>• Espectro Eletromagnético</li> </ul>												
<b>PÚBLICO ALVO</b>												
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alunos do Ensino Médio Integrado (2º ano)</li> </ul>												
<b>CONTEÚDO PROGRAMÁTICO</b>												
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teorias Clássicas sobre a natureza da luz.</li> </ul>												
<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b>												
<p>Explicação dos conceitos de forma oral, e com momentos de interação, por meio de abordagem problematizadora e simulações, utilizando-se situações cotidianas para título de exemplificação. Serão realizados experimentos demonstrativos com o objetivo de demonstrar aplicações do conteúdo e o confronto das teorias sobre a natureza da luz.</p>												
<b>RECURSOS INSTRUCIONAIS</b>												
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computador;</li> <li>• Quadro branco;</li> <li>• Projetor multimídia (<i>data show</i>);</li> <li>• Pincel para quadro branco;</li> <li>• Apagador para quadro branco;</li> <li>• Windows 7;</li> <li>• MS Power Point.</li> <li>• Kit óptico</li> <li>• Simulações PhET.</li> </ul>												
<b>CRONOGRAMA</b>												
<table border="1"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Momentos Pedagógicos</th> <th style="text-align: center;">Atividades</th> <th style="text-align: center;">Tempo (minutos)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><b>Introdução/Motivação</b></td> <td style="text-align: center;">Apresentação do Tema e Levantamento de Discussões.</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>Desenvolvimento</b></td> <td style="text-align: center;">Aula Expositiva</td> <td style="text-align: center;">90</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>Conclusão</b></td> <td style="text-align: center;">Revisão dos tópicos Abordados em sala.</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> </tbody> </table>	Momentos Pedagógicos	Atividades	Tempo (minutos)	<b>Introdução/Motivação</b>	Apresentação do Tema e Levantamento de Discussões.	5	<b>Desenvolvimento</b>	Aula Expositiva	90	<b>Conclusão</b>	Revisão dos tópicos Abordados em sala.	5
Momentos Pedagógicos	Atividades	Tempo (minutos)										
<b>Introdução/Motivação</b>	Apresentação do Tema e Levantamento de Discussões.	5										
<b>Desenvolvimento</b>	Aula Expositiva	90										
<b>Conclusão</b>	Revisão dos tópicos Abordados em sala.	5										

**Quadro 3: Plano de aula I.**

<b>PLANO DE AULA II</b>
<b>DADOS DE IDENTIFICAÇÃO</b>
Disciplina: Física II Professor: Felipe Alexandre Medeiros de Freitas Local: Campus Natal Central Turma: Controle Ambiental Número de alunos: 35 Duração: 100 minutos
<b>TEMA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• A Natureza Eletromagnética da Luz</li> <li>• As contribuições da teoria da relatividade para a evolução do conceito de luz</li> <li>• Caráter corpuscular da luz e o efeito fotoelétrico</li> <li>• Princípio da Complementaridade de Böhr.</li> </ul>
<b>OBJETIVO GERAL</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discutir as contribuições dos trabalhos de J.C Maxwell para o entendimento da luz como uma onda eletromagnética, bem como identificar o caráter corpuscular da luz. E finalmente compreender que a luz é uma dualidade. Percebendo que essa sequência de descobertas possui um contexto histórico científico importante a evolução do conceito.</li> </ul>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conhecer os pilares e as conclusões da teoria eletromagnética de Maxwell para a evolução do conceito de luz;</li> <li>• Conhecer a teoria da relatividade especial e suas contribuições para o conceito da luz;</li> <li>• Identificar a luz como partícula a partir do estudo do Efeito fotoelétrico;</li> <li>• Definir a luz de acordo com o Princípio da Complementaridade de Böhr.</li> </ul>
<b>CONHECIMENTOS PRÉVIOS NECESSÁRIOS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fenômenos ondulatórios: Reflexão, refração, Interferência e difração;</li> <li>• Espectro Eletromagnético;</li> <li>• Teorias clássicas sobre a luz.</li> </ul>
<b>PÚBLICO ALVO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alunos do Ensino Médio Integrado (2º ano)</li> </ul>
<b>CONTEÚDO PROGRAMÁTICO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• A natureza eletromagnética da Luz;</li> <li>• A contribuição da Teoria da Relatividade para o conceito de luz;</li> <li>• A natureza corpuscular e o efeito fotoelétrico</li> <li>• O Princípio da Complementaridade de Böhr.</li> </ul>

<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b>														
<p>Explicação dos conceitos de forma oral, e com momentos de interação, por meio de abordagem problematizadora e simulações, utilizando-se situações cotidianas para título de exemplificação. Serão realizados experimentos demonstrativos com o objetivo de demonstrar aplicações do conteúdo e o confronto se manifesta o caráter corpuscular da luz.</p>														
<b>RECURSOS INSTRUCIONAIS</b>														
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computador;</li> <li>• Quadro branco;</li> <li>• Projetor multimídia (<i>data show</i>);</li> <li>• Pincel para quadro branco;</li> <li>• Apagador para quadro branco;</li> <li>• Windows 7;</li> <li>• MS Power Point.</li> <li>• Protótipo de um pistão automotivo</li> <li>• Kit óptico</li> <li>• Simulações PhET.</li> </ul>														
<b>CRONOGRAMA</b>														
<table border="1"> <thead> <tr> <th><b>Momentos Pedagógicos</b></th> <th><b>Atividades</b></th> <th><b>Tempo (minutos)</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Introdução/Motivação</b></td> <td>Apresentação do Tema e Levantamento de Discussões.</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td><b>Desenvolvimento</b></td> <td>Aula Expositiva</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td><b>Conclusão</b></td> <td>Revisão dos tópicos Abordados em sala.</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>			<b>Momentos Pedagógicos</b>	<b>Atividades</b>	<b>Tempo (minutos)</b>	<b>Introdução/Motivação</b>	Apresentação do Tema e Levantamento de Discussões.	5	<b>Desenvolvimento</b>	Aula Expositiva	90	<b>Conclusão</b>	Revisão dos tópicos Abordados em sala.	5
<b>Momentos Pedagógicos</b>	<b>Atividades</b>	<b>Tempo (minutos)</b>												
<b>Introdução/Motivação</b>	Apresentação do Tema e Levantamento de Discussões.	5												
<b>Desenvolvimento</b>	Aula Expositiva	90												
<b>Conclusão</b>	Revisão dos tópicos Abordados em sala.	5												

**Quadro 4: Plano de aula II.**

## 2. Atividades

Em cada atividade realizada tomou-se o cuidado em relação à importância dos conhecimentos prévios dos alunos, respeitando os pressupostos do construtivismo, na proposição dos conflitos cognitivos que foram sendo provocados nos alunos, de modo a tentar atingir não só os objetivos expostos, mas também, no que se diz respeito ao desenvolvimento de habilidades importantes em aulas experimentais do tipo demonstrativas, como a atenção, observação e descrição. Logo cada atividade foi planejada e validada por meio de plano de elaboração.

Esses planos seguiam o plano geral para a elaboração das atividades realizadas nessa dissertação (Apêndice F).

### **Plano de Atividade II- Atividade Posterior**

Nessa etapa imediatamente após a aplicação do produto, se pretendeu avaliar como foi construído o conhecimento, se os alunos conseguiram associar cada ferramenta didática utilizada na identificação dos fenômenos e construção do conceito de luz. Como o trabalho possui um viés construtivista, essa avaliação propõe que o professor é um mediador, ou seja, segundo Moreto (2008), o modelo construtivista propõe uma nova relação entre professor, aluno e conhecimento, partindo do princípio de que o aluno não é acumulador e repetidor de informações recebidas. O aluno é construtor do seu saber, do próprio conhecimento, e o professor atua como mediador, estimulando a construção do pensamento.

<b>OBJETIVOS</b>	<b>PERGUNTAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar dentro do contexto da questão, a capacidade do discente em identificar qual o fenômeno ocorrente com a luz na situação descrita no texto.</li> </ul>	<p>1) Para a formação da imagem nos olhos, os raios de luz ao tocarem o cristalino (ver figura 2) sofrem que tipo de fenômeno?</p> <p>( ) Reflexão  ( ) Refração  ( ) Difração  ( ) Interferência  ( ) Efeito fotoelétrico</p> <p>Justifique a alternativa escolhida</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar dentro do contexto da questão, a capacidade do discente em identificar a natureza da luz no fenômeno citado na questão.</li> </ul>	<p>2) Logo, a luz nesse fenômeno comporta-se como:</p> <p>( ) Onda  ( ) Partícula</p> <p>Justifique a alternativa escolhida:</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar dentro do contexto da questão, a capacidade do discente em identificar qual o fenômeno ocorrente com a luz na situação descrita no texto.</li> </ul>	<p>3) Para a formação de imagem no cérebro, os raios de luz ao tocarem a retina sofrem que tipo de fenômeno? Analise e marque a alternativa que você julgar correta:</p> <p>( ) Reflexão  ( ) Refração  ( ) Difração  ( ) Interferência  ( ) Efeito fotoelétrico</p> <p>Justifique a alternativa escolhida</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar dentro do contexto da questão, a capacidade do discente em identificar a natureza da luz no fenômeno citado na questão.</li> </ul>	<p>4) Logo, a luz nesse fenômeno comporta-se como:</p> <p>( ) Onda ( ) Partícula</p> <p>Justifique a alternativa escolhida</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sondar a opinião do aluno sobre a importância da temática abordada na aplicação do produto educacional, que envolver com ferramentas didático-pedagógicas a experimentação, história da ciência e simulação, ou seja, se para os mesmos esses recursos didáticos foram um agente motivador e facilitador da aprendizagem.</li> </ul>	<p>5) De acordo com as discussões/experimentos a respeito da natureza da luz realizados em sala de aula, assinale a alternativa referente à sua opinião sobre o nível de relevância das aulas para a sua aprendizagem e formação:</p> <p>( ) Ajudou à aprendizagem ( ) Não fez diferença ( ) Atrapalhou a aprendizagem</p> <p>Justifique a alternativa escolhida:</p>

**Quadro 5: Plano de atividade referente à atividade posterior**

### Plano de atividade III – Atividade Final

Na última etapa, três meses após a aplicação do produto, se pretendeu comparar o rendimento dessa atividade com a atividade posterior, para identificar quais as partes dos conteúdos construídos foram realmente significativos para o aluno, ou seja, se o assunto foi relevante para sua vida acadêmica.

OBJETIVOS	PERGUNTAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar se os discentes sabem associar a contribuição da descoberta do efeito fotoelétrico para o surgimento posterior do princípio da dualidade da luz.</li> </ul>	<p>1) A figura abaixo é uma ilustração que descreve o efeito fotoelétrico. Esse experimento contribuiu para a descoberta da:</p> <div data-bbox="890 1610 1235 1783" data-label="Image"> </div> <p>a) Dualidade onda-partícula da luz. b) Energia de ionização dos metais. c) Emissão contínua de radiação por um corpo aquecido. d) Descrição da ligação química entre elementos metálicos.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar se os discentes sabem o que</li> </ul>	<p>2) Uma aluna ficou encantada com a maneira com que o professor explicou a dualidade onda-partícula, apresentada</p>

<p>significa o princípio da complementaridade de Böhr.</p>	<p>nos textos de Física Moderna. O professor fez uma analogia com o processo de percepção de imagens, apresentando uma explicação baseada numa figura muito utilizada pelos psicólogos da Gestalt. Seus esclarecimentos e a figura ilustrativa são reproduzidos a seguir:</p> <p>Figura citada pelo professor, na qual pode-se observar duas figuras, ou dois perfis, ou um cálice.</p>  <p>Qual a realidade que percebemos na figura? Podemos ver um cálice ou dois perfis, dependendo de quem consideramos como figura e qual consideraremos como fundo, mas não podemos ver ambos simultaneamente. É um exemplo perfeito de realidade criada pelo observador, em que nós decidimos o que vamos observar. A luz se comporta de forma análoga, pois, dependendo do tipo de experiência ("fundo"), revela sua natureza de onda ou sua natureza de partícula, sempre escondendo uma quando a outra é mostrada.</p> <p>Diante das explicações acima, é correto afirmar que o professor estava ilustrando, com o comportamento da luz, o que os físicos chamam de princípio da:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Incerteza de Heisenberg.</li> <li>Relatividade</li> <li>Superposição.</li> <li>Complementaridade de Bohr.</li> </ol>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar se os discentes sabem identificar as contribuições dos trabalhos de J.C. Maxwell para a evolução do conceito de luz, ou seja, para a descoberta da natureza eletromagnética da luz.</li> </ul>	<p><b>3)</b> “A identificação da natureza elétrica e magnética da luz foi um dos desenvolvimentos mais brilhantes da ciência moderna. O Ano também marca diversas outras descobertas científicas. Ocasões como esta são fundamentais para que possamos refletir sobre o tema. Cerca de 1,5 bilhões de pessoas ainda não dispõem de eletricidade, e portanto não podem usufruir da luz elétrica. Para estes, a possibilidade de trabalhar, de estudar ou de se cuidar, termina com o por do sol. A luz, e suas diversas formas de ser produzida e conduzida, é fundamental para quase todas as áreas da ciências e para o avanço econômico de uma nação. Com luz temos a mais moderna forma de comunicação, gerando uma verdadeira revolução nas telecomunicações. Sem fibras ópticas e luz, estaríamos ainda nos primórdios da comunicação. Não poderíamos ter milhões e milhões de pessoas simultaneamente conversando por telefone. Não teríamos o sistema GPS e nem poderíamos ter esta avançada rede</p>

	<p>de comunicação via computadores e telefones. Além disto, a luz é hoje fundamental em modernas técnicas de diagnóstico e tratamento de doenças.”</p> <p><a href="http://www.sbfisica.org.br/v1/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=627:o-ano-internacional-da-luz-sbf-ativa-e-participante&amp;catid=152:acontece-na-sbf&amp;Itemid=270">http://www.sbfisica.org.br/v1/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=627:o-ano-internacional-da-luz-sbf-ativa-e-participante&amp;catid=152:acontece-na-sbf&amp;Itemid=270</a></p> <p style="text-align: right;">Acesso em 06/02/2017</p> <p>Em 1873, a Natureza eletromagnética da luz foi prevista pelo físico escocês John Clerk Maxwell publicou um dos trabalhos mais impactantes da história da Física clássica, com sua obra “O tratado sobre a eletricidade e o magnetismo” houveram grandes descobertas, dentre elas se destacam:</p> <p>I)A sintetização da teoria eletromagnética em quatro equações fundamentais.  II) A unificação da eletricidade e do magnetismo  III)A unificação do eletromagnetismo com a Óptica.</p> <p>Em relação à natureza descoberta da natureza eletromagnética da luz através das equações de Maxwell, que permitiu a unificação do eletromagnetismo com a Óptica, tal fato se deu através da:</p> <p>a) Descoberta que a luz era uma onda (Concordando com as ideias de Huygens) e não uma partícula como havia afirmado Isaac Newton no século XVII.  b) Previsão que a luz era uma onda eletromagnética, se deu devido à proximidade dos valores da velocidade da luz (Já conhecida antes dos trabalhos de Maxwell) e da velocidade da onda eletromagnética.  c) Descoberta que a luz possui caráter dual, ou seja, através do princípio da complementaridade de Böhr.  d) Previsão que a luz se propagava no vácuo com um valor de velocidade constante, independente do referencial adotado. Essa previsão foi fundamental para a teoria da relatividade restrita proposta por Albert Einstein anos depois.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar se o discente possui conhecimento sobre a evolução histórica do conceito de luz, mais especificamente as teorias clássicas do século XVII.</li> </ul>	<p><b>4)</b> As primeiras duas grandes teorias que explicavam a natureza da luz, foram publicadas no século XVII, Isaac Newton tentou justificar sua teoria corpuscular afirmando que a luz se comportava como pequenas esferas, as quais colidiam elasticamente com uma superfície lisa, sendo refletida de modo que o ângulo de incidência fosse igual ao ângulo de refração. Assim, segundo o fenômeno da reflexão, Newton considerava a luz como sendo constituída por um conjunto de partículas que se refletem elasticamente sobre uma superfície. Já Christian Huygens defendia um modelo ondulatório, tal modelo dizia que a luz era uma onda e ela explicava de forma significativa a</p>

	<p>reflexão e a refração da luz. Como sabemos, qualquer onda se reflete e refrata de acordo com as leis da reflexão e da refração dos feixes luminosos. Ambos os modelos explicavam de modo satisfatório para a época os fenômenos da refração e reflexão, porém a teoria de Huygens levou os cientistas a favorecer o modelo ondulatório proposto, pois:</p> <p>a) A teoria Corpuscular não foi capaz de explicar o princípio da independência dos raios de luz, bem como o experimento de dupla fenda envolvendo a difração e a interferência da luz.</p> <p>b) A teoria Corpuscular explicava o princípio da independência dos raios de luz, porém não explicava a o experimento de dupla fenda envolvendo a difração e a interferência da luz.</p> <p>c) A teoria corpuscular explicava a difração em fenda única, porém não explicava a interferência.</p> <p>d) A teoria corpuscular não tinha aceitação na comunidade científica da época, pois não conseguia explicar de modo plausível nenhum fenômeno associado a luz.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar se os alunos sabem identificar o comportamento da luz de acordo com os fenômenos expostos.</li> </ul>	<p><b>5)</b> Há muitos fenômenos cotidianos associados a luz no nosso dia a dia, nesses fenômenos pode-se identificar a natureza corpuscular ou ondulatória da luz, assinale a alternativa que contém os fenômenos em que à luz se comporta exclusivamente como onda:</p> <p>a) Reflexão, Refração, Interferência e Efeito Fotoelétrico.</p> <p>b) Reflexão, Difração, Interferência e Decomposição.</p> <p>c) Efeito Fotoelétrico, Difração e Interferência e Decomposição.</p> <p>d) Efeito Compton, difração, reflexão e refração.</p>

**Quadro 6: Plano de atividade referente à atividade Final**

## 5.6 DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DA UNIDADE DIDÁTICA

A Unidade didática foi aplicada em quatro encontros (Totalizando sete aulas). No primeiro deles ocorreu a aplicação da avaliação prévia com os alunos e a motivação para a realização das discussões sobre a natureza dual da luz. No segundo e terceiro encontro foram realizadas as discussões utilizando os instrumentos didáticos auxiliares à aprendizagem. Esses dois encontros, de aulas geminadas, foram divididos em cinco momentos apresentados aos alunos por desvendando a natureza da luz I,II,III,IV e V.

### **1º Momento:**

- Discussão referente à importância da luz para a Ciência, Tecnologia e Sociedade (sua importância para a existência de vida em nosso planeta e para as sociedades contemporâneas).

Nesse momento também foi apresentado o objetivo geral dos próximos momentos: a construção de um modelo que pudesse explicar a natureza da luz.

Para provocar conflitos e motivações foram lançados três questionamentos interconectados:

I) O que é um modelo científico? Para que serve?

II) O que é a luz? Quais as suas principais características?

III) Que relação existe entre esses dois primeiros questionamentos?

Estes questionamentos tinham como objetivo motivar as discussões que permitiram a construção dos conhecimentos relativos às teorias clássicas (Newton e Huygens) para explicar a natureza da luz, e introduziram os conflitos necessários para alterar as estruturas cognitivas na acomodação dos desequilíbrios produzidos e chegar, desta forma, a demonstração do efeito de reflexão da luz com o uso do kit óptico. Depois de utilizado o Kit, foi realizada a comparação com uma colisão, perfeitamente elástica, de uma bola de bilhar com a parede. Durante a realização dessa demonstração foi indagado aos alunos se, nesse caso, a luz poderia ser considerada corpúsculo. E o Porquê. Quase todos responderam que sim e a justificativa predominante era voltada justamente no comportamento análogo a colisão perfeitamente elástica apresentado anteriormente. Desta forma foi construída a representação sobre a teoria corpuscular de Newton, bem como as explicações da reflexão, refração e decomposição da luz branca (ao utilizar um prisma, fazendo com que a luz incida sobre ele, de um determinado ponto de vista).

Neste primeiro momento foram discutidas com os alunos a teoria de Huygens e o princípio de Huygens, com o uso do simulador PhET. Os conceitos construídos serviram de conhecimento base a explicação dos mesmos fenômenos explicados por Newton (Reflexão, Refração e Decomposição da luz branca), utilizando uma outra simulação do PhET. Depois disso, foi perguntado aos alunos: Qual dos dois modelos citados anteriormente é o mais adequado para explicar a natureza da luz?

Esse questionamento finalizou o primeiro momento.

## **2º Momento**

- Questionamento em relação a como as teorias corpuscular e a ondulatória poderiam explicar o princípio da independência dos raios luminosos.

Para resolver esse questionamento e o outro que finalizou o primeiro momento, foi utilizada uma simulação referente ao cruzamento de dois raios de luz. Ao final, Os alunos expressaram que seria inviável sustentar a teoria corpuscular, pois, segundo eles, se a luz é composta por corpúsculos, ao se cruzarem os raios sofreriam mudança de trajetória, haveria colisão. Como isso não ocorreu após o cruzamento os raios de luz seguiram seus caminhos como se nada tivesse acontecido.

Nesse segundo momento foi também apresentado aos alunos figuras de interferência/difração formadas de acordo com as duas teorias, e posteriormente foi utilizado novamente o kit óptico para demonstrar a interferência/difração da luz ao incidir em uma fenda. O resultado foi à comprovação de que as previsões da teoria de Huygens eram verdadeiras, ou seja, foram formados na parede pontos brilhantes separados por regiões escuras. Desvendando de vez o primeiro questionamento sobre as teorias.

### **3º Momento**

- Utilização do Kit óptico

- Questionamentos sobre os limites da teoria ondulatória de Huygens.

I. Por que a propagação da luz é mais eficiente em meios materiais rarefeitos e sua velocidade é maior?

II. A luz, assim como o som, é uma onda transversal ou longitudinal?

Os questionamentos serviram para provocar a discussão do fenômeno de polarização por meio da indução de conflitos cognitivos. A utilização do kit auxiliou nas discussões e levou a comprovação de que a luz pode se comportar como uma onda transversal. A necessidade de um meio hipotético para a propagação da luz foi discutida com base no conflito provocado pelo questionamento I (Por que a propagação da luz é mais eficiente em meios materiais rarefeitos e sua velocidade é maior?). Foi construída, juntamente com a participação dos alunos à teoria eletromagnética de Maxwell a partir da apresentação das motivações científicas que

nortearam a sua formulação, em um enfoque contextualizador utilizando a história da Ciência<sup>4</sup>.

Os alunos puderam concluir por meio da comparação entre os valores da velocidade da luz e da velocidade de propagação da onda eletromagnética, que são muito próximos. Essa percepção deu aos alunos a compreensão de que essa foi a maior contribuição do trabalho de Maxwell - a previsão de que a luz era um tipo de onda eletromagnética.

Para finalizar esse momento, foi realizado o seguinte questionamento:

I. Se a luz deve ter velocidade  $c$ , no vácuo, e esse valor não deve mudar de acordo com o referencial adotado? Mesmo que as equações de Maxwell não prevejam essa mudança?

A pergunta deu origem a um confronto de ideias da mecânica clássica e o eletromagnetismo, chegando à necessidade ou não da existência do éter para a propagação da luz<sup>5</sup>. A discussão gerou a resolução do primeiro conflito provocado nesse 3º momento.

#### **4º Momento**

- Experimento no kit óptico referente à incidência de luz no fototransistor.

Durante a demonstração foi perguntado aos alunos:

I. Por que ocorre mudança da resistência elétrica, corrente elétrica e diferença de potencial quando incidida luz no fototransistor? Esse fato tem relação com o comportamento ondulatório da luz?

Outro fenômeno abordado foi o efeito fotoelétrico, por meio de uma simulação do PhET, com o intuito de facilitar a compreensão desse fenômeno. Durante o processo foi proposta a seguinte questão:

II. De acordo com o que foi observado no efeito fotoelétrico, é conveniente interpretar a luz como onda ou como partícula e por quê?

A questão motivou a discussão do comportamento da luz como partícula nesse fenômeno.

---

<sup>4</sup> O enfoque histórico foi fundamental, uma vez que o tratamento matemático não pôde ser apresentado aos alunos por utilizar cálculos não acessíveis ao ensino médio.

<sup>5</sup> Foi discutido de forma sucinta o experimento de Michelson–Morley.

III. Se há fenômenos em que a luz se comporta como onda (reflexão, refração, difração, interferência, polarização) e um outro como partícula (efeito fotoelétrico), qual seria a real natureza da luz, onda ou partícula?.

### **5º Momento**

- Construção do princípio de complementaridade de Böhr.

O momento é iniciado com a construção da resposta, feita no momento anterior, com o auxílio da apresentação do princípio da complementaridade de Böhr. Esse foi fundamental para que os alunos pudessem chegar a conclusão, orientados pelo professor em uma negociação de sentido e significado, que a luz apresenta caráter dual.

Para finalizar a unidade didática, no encontro posterior as aulas, foram realizadas a atividade avaliativa posterior, e após três meses da aplicação da mesma a atividade final. Os resultados serão apresentados e discutidos no próximo capítulo.

## **5.7 ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Essa etapa foi organizada em três subetapas:

### **I. A análise questão a questão das atividades prévia e posterior**

Foi realizada análise quantitativa, questão a questão em relação ao número de acertos e erros, e análise qualitativa, com enfoque na análise e comparação das justificativas dadas pelos discentes e na interpretação dessas. Segundo Moreira (2003, p.24) a interpretação das respostas é justificada porque:

O pesquisador qualitativo também transforma dados e eventualmente faz uso de sumários, classificações e tabelas, mas a estatística que usa é predominantemente descritiva. Ele não está preocupado em fazer inferências estatísticas, seu enfoque é descritivo e interpretativo ao invés de explanatório ou preditivo. Interpretação dos dados é o aspecto crucial do domínio metodológico da pesquisa qualitativa. Interpretação do ponto de vista de significados. Significados do pesquisador e significados dos sujeitos.

Assim, a interpretação dos dados pelo pesquisador, auxilia na compreensão dos resultados qualitativos encontrados.

O comparativo entre as respostas dos alunos segundo Vieira (2014), retira conclusões importantes sobre as dificuldades encontradas pelos alunos em responder determinada questão.

Nesse tipo de análise (qualitativa e quantitativa) segundo Silveira (2014, p.53 *apud* NEVES, 1996) geralmente, estabelece-se um plano de trabalho que é seguido rigorosamente a partir de hipóteses previamente delineadas. Ou seja, a escolha de se fazer ambos os tipos de análise visava deixar o tratamento e discussão dos dados mais completos e detalhados.

A escolha da realização de um experimento didático do tipo pré-experimento justifica a desígnio de uma só turma para a aplicação do produto educacional, uma vez que o intuito desse tipo de experimento é analisar as mudanças ocorridas em um grupo experimental, não havendo, portanto, a existência de um grupo controle. A comparação, nesse caso é realizada em relação aos resultados encontrados na atividade prévia e na atividade posterior. Segundo Nocedo de León et al (2015), nesse tipo de experimento o investigador compara os valores da variável dependente, antes e depois de atuar a variável independente, como mostrado na figura (11). Para os autores essa modalidade metodológica pode ser usada para testar uma determinada proposição de ensino e o processo de obtenção dos resultados é menos complexo que aqueles que utilizam um grupo controle.

## Grupo Experimental

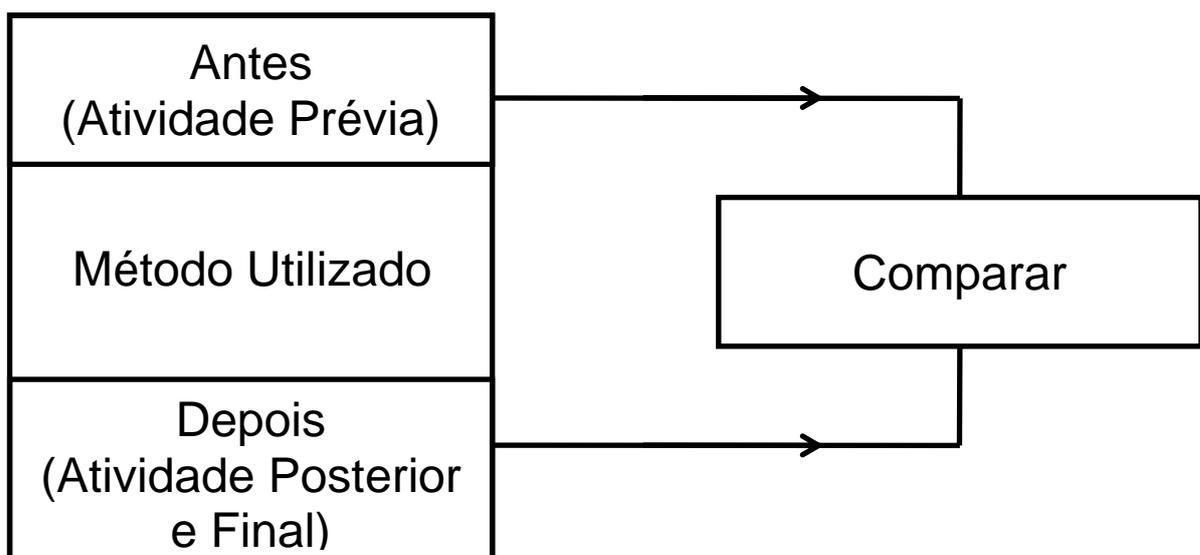


Figura 11: Representação esquemática do experimento didático do tipo pré-experimento

## **II. Análise questão a questão dos resultados encontrados na atividade final**

O resultado final foi utilizado para verificar se o conhecimento construído pelo aluno ainda perdurava, ou seja, se os resultados positivos seriam mantidos ou se os conceitos aparentemente aprendidos teriam sido perdidos, esquecidos ao longo dos meses. Em outras palavras, a intenção era avaliar o que o aluno realmente aprendeu, ao comparar o conhecimento anterior ao experimento pedagógico em todas as suas etapas.

## **III. Avaliação do processo**

Na avaliação geral do processo pelos alunos foi analisada, segundo a opinião dos alunos e a efetividade da utilização do produto educacional no experimento didático realizado, levando em conta não só os dados obtidos na aplicação das três atividades, mas também, nas prováveis variáveis que poderiam interferir nos resultados encontrados na análise quantitativa de cada questão proposta nas atividades.

## 6 RESULTADOS E ANÁLISES

Neste capítulo são apresentados os resultados referentes às atividades: prévia; posterior e final. Cada uma das questões propostas, nas atividades, é aqui apresentada explicitando o objetivo contido no plano de atividade (mostrado na metodologia). Todos os resultados são expressos por meio de gráficos, com respostas e, suas respectivas justificativas sendo analisadas qualitativamente com base nos pressupostos teóricos e revisão bibliográfica. As discussões expressam: os conhecimentos anteriores - na atividade prévia; a construção de novas representações em relação à natureza dual da luz - na atividade posterior e a equilibrção dos conhecimentos construídos - na atividade final.

### 6.1 ANÁLISE DA ATIVIDADE PRÉVIA

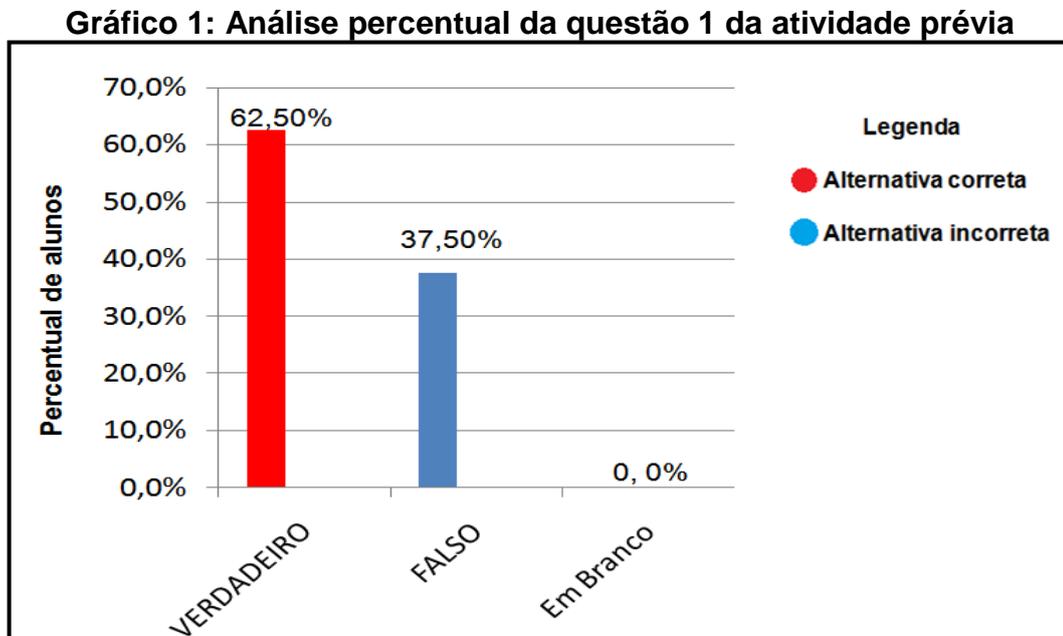
A atividade prévia (anterior a aplicação da unidade didática para o ensino sobre a natureza da luz), como já explicitada na metodologia, teve como intenção a produção de um diagnóstico dos conhecimentos prévios que os discentes possuíam em relação aos conceitos que serviriam como base para o aprendizado do novo contexto abordado durante a aplicação da proposta. A atividade continha cinco questões dos principais tópicos referentes ao tema a ser abordado e uma questão de cunho pessoal, na qual os discentes teriam que julgar as afirmações verdadeiras ou falsas e justificá-las.

A primeira questão (figura 12) tinha como objetivo Identificar se o discente sabe diferenciar os modelos clássicos que sugeriram uma explicação para a natureza da luz.

<p>1) No século XVII, a explicação da natureza da Luz basicamente era resumida na teoria corpuscular de Newton e na teoria ondulatória de Huygens. Ambas baseadas em modelos mecânicos, conhecida como teorias clássicas sobre a natureza da Luz.</p> <p><input type="checkbox"/> Verdadeiro.</p> <p><input type="checkbox"/> Falso.</p> <p>Justifique sua resposta:</p>
--

**Figura 12: Primeira questão da atividade prévia**  
**Arquivo do autor**

O primeiro gráfico (Gráfico 1) é referente à primeira questão (fig.1). É possível observar que 62,50% dos alunos responderam de maneira correta e 35,5% responderam de forma errada.



O resultado pode ser associado ao pouco ou nenhum conhecimento das teorias clássicas sobre a natureza da luz, muitas vezes provocados pela não abordagem, por parte dos livros textos e/ou dos professores, de tópicos da história da Física relacionados à temática da questão. Nessa perspectiva, as respostas dadas poderiam ser motivadas pelo entendimento de que somente Newton se utilizava de modelos mecânicos para descrever fenômenos, pois ele é reconhecido, como um dos precursores da mecânica clássica.

Pouca, ou nenhuma, utilização da história da Física para a contextualização, se tornou mais evidente quando foi realizada a análise minuciosa das justificativas dadas pelos alunos. Foi possível separar, sem muitas dificuldades, as respostas em dois grupos: o grupo dos alunos que não justificaram a alternativa assinalada (25%), e o grupo daqueles que a justificativa não tinha qualquer relação com a resposta assinalada (75%). A figura 13 mostra alguns fragmentos das justificativas do grupo de alunos que justificaram incorretamente.

“É falso, porque apenas a teoria de Newton era baseada em modelos mecânicos”

“Eu acho que não foi baseados e modelos mecânicos”

**Figura 13: Fragmentos de resposta de dois alunos a primeira questão.  
Arquivo do autor**

O tipo de justificativa dada pelos alunos tornou possível a proposição de que havia um desconhecimento sobre as teorias clássicas em relação à natureza da luz, e que no século XVII a área mais desenvolvida da Física era a mecânica, por isso que os modelos criados por Newton e Huygens foram baseados em modelos mecânicos. Além disso, os livros não costumam associar a teoria de ondulatória de Huygens a modelos mecânicos, mesmo o seu modelo sendo uma influência pura do mecanicismo. Como afirma Silva (2007, p.150), “esses modelos procuram explicar por meio de conceitos puramente mecânicos as propriedades conhecidas da luz, como a propagação retilínea, a reflexão, a refração ou a origem das cores”. Segundo o autor, essa obsessão pelo modelo mecânico é facilmente compreensível, pois constituía a melhor ciência de seu tempo.

A segunda questão tinha como objetivo Identificar se os discentes sabiam as contribuições dos trabalhos de J.C. Maxwell para a explicação da natureza da luz. (figura14) e fazia menção a um fato importante dentro do contexto histórico da evolução do conceito de luz, na qual o eletromagnetismo e a óptica, duas áreas da Física antes sem aparente relação, se relacionam através da previsão que a luz é um tipo de onda eletromagnética.

2) A unificação da eletricidade e do magnetismo nos levou a teoria eletromagnética no século XIX, formulada pelo físico e matemático escocês J.C. Maxwell. Ele previu que a Luz deveria ser uma onda eletromagnética. Tal conclusão seria um complemento ao que exposto por Huygens em sua teoria ondulatória, em séculos anteriores.

Verdadeiro.

Falso.

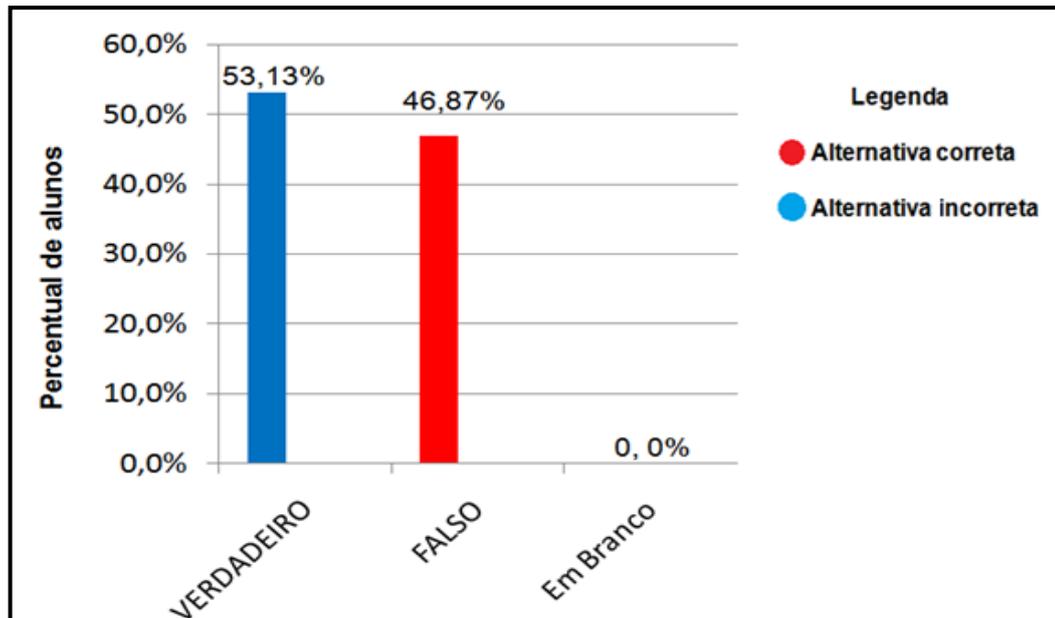
Justifique sua resposta:

**Figura 14: Segunda questão da atividade prévia  
Arquivo do autor**

O gráfico 2 evidencia que 46,87% acertaram a questão e 53,13% erraram, o que faz com que seja corroborada a discussão na questão anterior, em relação aos tópicos de história da Física relacionados à temática do trabalho. Ou seja, quem marcou verdadeiro (alternativa errada) pode ter resolvido a questão de acordo com o

pensamento de que haveria uma forte relação entre as previsões da teoria eletromagnética e a teoria ondulatória de Huygens, apesar de elas serem separadas por séculos e serem embasadas em conceitos físicos bem distintos. Isso pode explicar a resolução de forma equivocada.

**Gráfico 2: Análise percentual da questão 2 da atividade prévia**



A percepção de que os alunos relacionaram as previsões da teoria eletromagnética e a teoria ondulatória de Huygens pode ser entendida pelos erros cometidos nas justificativas que exemplificam a tendência de resposta dos alunos (figura 15).

“A alternativa é verdadeira porque com o conhecimento que a luz era uma onda eletromagnética, pode-se complementar os estudos sobre a luz antes feitos por Huygens e Newton”

“Discordo, pois a luz não é onda eletromagnética”

**Figura 15: Fragmento de resposta de dois alunos a segunda questão.  
Arquivo do autor**

A discordância que a luz é uma onda eletromagnética, ou a tentativa de se associar a teoria eletromagnética de Maxwell a teoria ondulatória de Huygens é uma prática comum que os livros induzem ou ocultam aos alunos, muitas vezes por não se fazer uma abordagem um pouco mais detalhada da evolução do conceito de luz, fazendo com que muitas vezes apareçam distorções dos fatos, como também mostrou Silva (2007), que explicitou que a menos que se faça um esforço deliberado

de reflexão, geralmente os alunos incorrem no whiggismo e tendem a incorporar a seu modelo, componentes ondulatórios que este não possuía.

A terceira questão (figura 16) teve como objetivo explicitar a compreensão que os alunos possuíam dos fenômenos luminosos e sua associação em relação à natureza da luz.

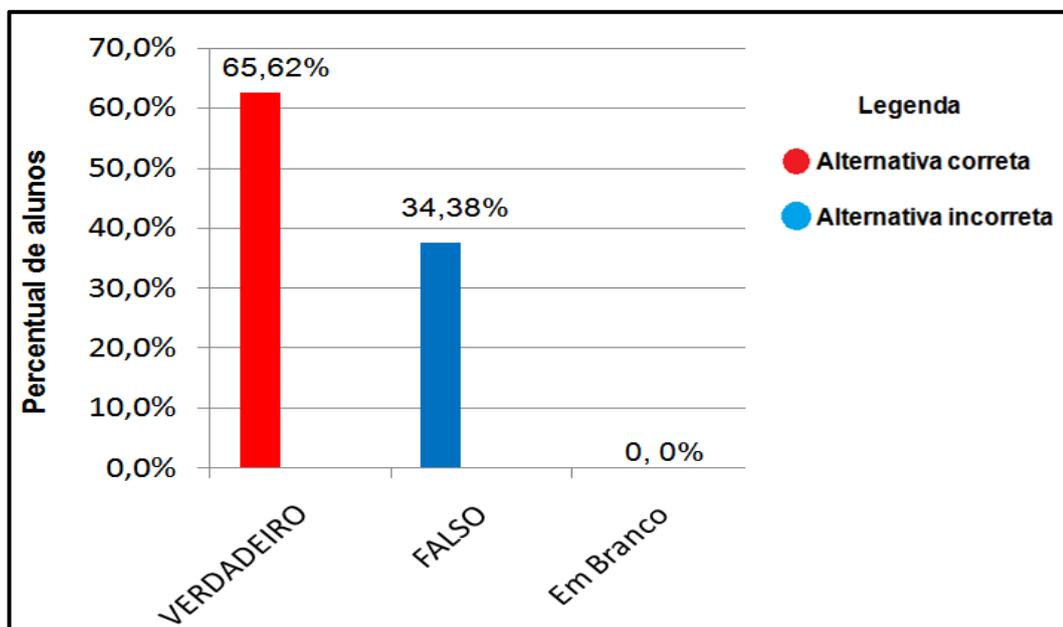
3) A Luz possui comportamento ondulatório nos seguintes fenômenos: reflexão, refração, interferência e difração.  
 Verdadeiro.  
 Falso.  
 Justifique sua resposta:

**Figura 16: Terceira questão da atividade prévia**  
Arquivo do autor

O resultado foi que 65,62% dos alunos acertaram, enquanto 38% erraram a questão. O maior número de acertos pode demonstrar que, apesar de não conhecerem o contexto histórico envolvendo a evolução do conceito de luz, os estudantes pensaram de forma pragmática e intuitiva, ao reconhecer fenômenos de natureza ondulatória.

Ao justificar a alternativa escolhida, nenhum aluno conseguiu explicar porque a série de fenômenos escolhidos se comporta como onda. O que pode indicar as dificuldades que os alunos têm em definir o comportamento ondulatório da luz em cada fenômeno.

**Gráfico 3: Análise percentual da questão 3 da atividade prévia**



A figura 17 mostra algumas das justificativas apresentadas pelos alunos. Elas indicam que os alunos confundiram a definição de luz como onda, com o tratamento geométrico dado na óptica. Isso corrobora a percepção de que os alunos apresentaram dificuldade em interpretar e justificar a natureza ondulatória.

“A luz possui comportamento retilíneo, com diversos raios”  
 “Porque a luz possui trajetória”

**Figura 17: Fragmento de resposta de dois alunos a questão 3**  
**Arquivo do autor**

Essa dificuldade em diferenciar o tratamento da luz do ponto de vista geométrico e o tratamento ondulatório recaiu muitas vezes na omissão de alguns autores em trabalhar Calçada e Sampaio (2012), Ramalho Junior, Ferraro e Soares (2007) mais detalhadamente a Óptica Física, a começar pela quantidade de capítulos destinados a óptica geométrica.

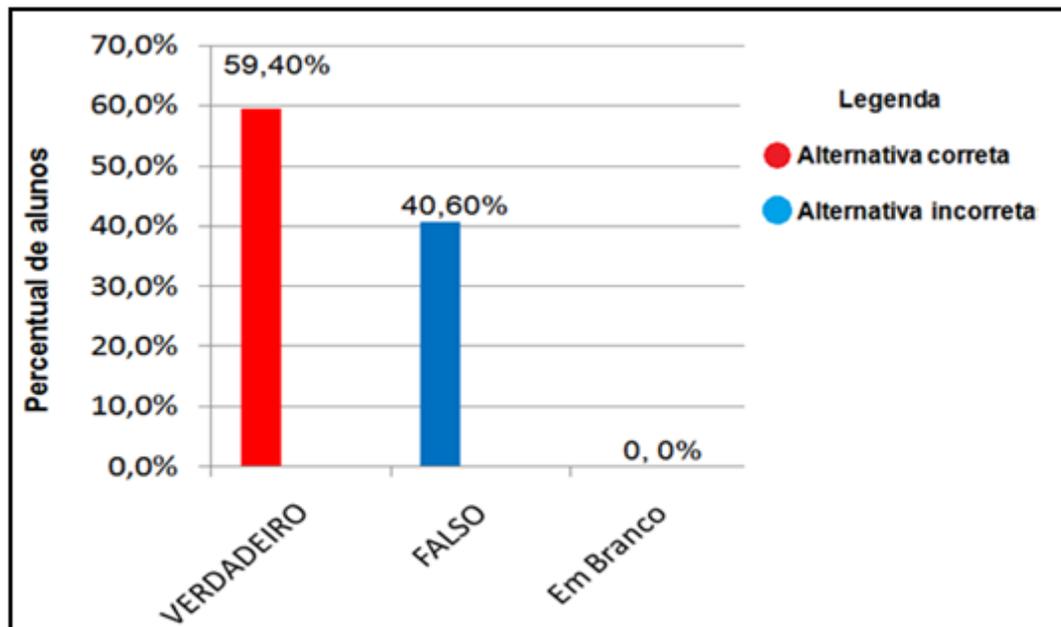
A quarta questão (figura 18) teve como objetivo Identificar os conceitos prévios sobre o efeito fotoelétrico e a natureza da luz nesse fenômeno. E fazia referência a um conteúdo ainda não estudado pelos alunos. A intenção era saber se o discente possuía algum conhecimento sobre o efeito fotoelétrico.

4) O famoso físico alemão Albert Einstein desenvolveu, em 1905 (início do século XX), uma teoria muito simples e revolucionária para explicar o efeito fotoelétrico considerando o caráter corpuscular da Luz  
 Verdadeiro.  
 Falso.  
 Justifique sua resposta

**Figura 18: Quarta questão da atividade prévia**  
**Arquivo do autor**

O resultado foi que 59,40% acertaram. Entretanto, desse quantitativo que acertaram 40,62% não justificou a escolha da alternativa, os demais não souberam explicar o porquê de o efeito fotoelétrico ser explicado pela interpretação da luz como uma partícula.

**Gráfico 4: Análise percentual da questão 4 da atividade prévia**



Uma justificativa para que mesmo sem ter visto o assunto, os alunos acertem, seria o fato dos mesmos pela fama de Albert Einstein saibam associar o efeito fotoelétrico explicado por ele com o caráter corpuscular apenas por eliminação, ou seja, eles nunca ouviram falar de nenhuma associação de Einstein com algo associado a ondas e óptica, logo só poderia ser o comportamento corpuscular.

“Creio que seja verdadeiro por Albert Einstein sido um grande físico e ter contribuído muito para a evolução da física”

“Um professor me disse isso uma vez, mas não sei explicar”

**Figura 19: Fragmento de resposta de dois alunos a questão 4**  
Arquivo do autor

Logo, a grande exposição midiática e a fama de Einstein, muitas vezes fazem meios de comunicação diferentes e sem embasamento científico acabam distorcendo conceitos científicos provocando uma confusão nos discentes, e fazendo com que os alunos percam seu pensamento crítico sobre alguns conceitos e fatos (Basta observar os fragmentos da figura 19, onde os alunos não conseguem explicar corretamente o que foi questionado). Nesse sentido, o ensino de Física deve ser capaz de desenvolver um pensamento científico que possibilite o aluno

compreender e emitir juízos próprios sobre notícias com temas relativos à ciência e tecnologia de forma analítica e crítica (BRASIL, 2000, p.25).

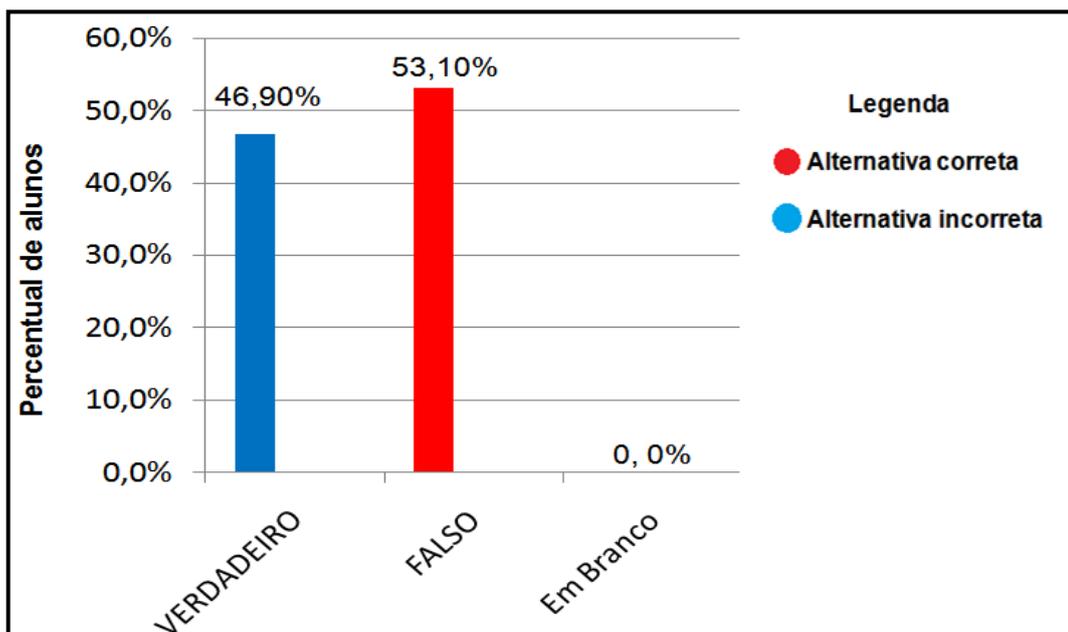
A questão de número 5 (Figura 20) tinha como objetivo Identificar se os alunos possuem o conhecimento sobre o princípio da dualidade da luz, ou seja também fazia menção a um assunto que, supostamente, os alunos não estudaram e que seria abordado durante a aplicação do produto (Ondas, óptica e eletromagnetismo).

5) A luz pode possui caráter dual, ou seja, ela pode se comportar como onda ou como partícula. Desta forma, esse caráter dual pode ser observado em um mesmo fenômeno.  
 Verdadeiro.  
 Falso.  
 Justifique sua resposta:

**Figura 20: Quinta questão da atividade prévia**  
Arquivo do autor

O resultado encontrado, 53,10% de acertos e 46,90% de erros, pode indicar que, seja por uma leitura antecipada do assunto ou por citação de um professor sobre o princípio da complementaridade de Böhr (gráfico 5), os alunos já haviam entrado em contato com esses conceitos.

**Gráfico 5: Percentual de acertos da questão número 5 da atividade prévia**



Apesar da maioria no número de acertos, as justificativas apresentadas na questão apontam desconhecimento por parte de muitos alunos sobre o significado da natureza dual da luz (Figura 21). Dos 53, 10% que marcaram a alternativa correta, 15,62% deixaram a justificativa em branco; 9,37% acertaram ao justificar e 24,99% justificaram de forma incorreta.

“A luz é uma onda eletromagnética que não pode se comportar como partícula”  
 “Uma hora se comporta como partícula e outra como onda”

**Figura 21: Fragmento de resposta de dois alunos a questão 5**  
**Arquivo do autor**

A Falta de embasamento teórico para afirmar com segurança que a luz pode sim se comportar como partícula (O que foi explorado na questão anterior) faz com que o índice de erros na quinta questão (46,90%) seja muito semelhante à quantidade de erros na quarta questão (40,60%), já que o princípio da complementaridade para ser definido, necessita-se do reconhecimento do caráter ondulatório e corpuscular da luz, é uma espécie de reação em cascata. Esse fato pode ser comprovado com a primeira resposta da figura acima, em que o discente afirma com segurança que a luz só pode se comportar como onda eletromagnética. Já o outro aluno justificou (segunda resposta da figura 21) de modo plausível que os comportamentos iriam se manifestar de acordo com o fenômeno.

A questão de número 6 (Figura 22), de caráter subjetivo, 100% concordou que as teorias físicas são mais compreensíveis com o uso do experimento em sala de aula.

6) As teorias científicas físicas podem ser mais compreensíveis, para os alunos, se elas forem trabalhadas através de experimentos.  
 Verdadeiro.  
 Falso.

**Figura 22: Sexta questão da atividade prévia**  
**Arquivo do autor**

As expressões utilizadas levam a crer que existe uma preferência e predisposição positiva do aluno em relação ao conteúdo quando ocorre a utilização de demonstrações ou experiências como ferramenta pedagógica (Figura 23). Essa

informação foi importante na proposição da unidade didática onde foi utilizado esse recurso.

“Experimentos se ver como acontece. Teoria se fala mas não há nada para comprovar”  
“Desta forma, o aluno ver na prática como acontecem os efeitos físicos, tornando assim mais fácil seu aprendizado”

**Figura 23: Fragmento de resposta de dois alunos a questão 5**  
**Arquivo do autor**

É notória a predisposição dos alunos a se identificarem com as aulas experimentais, além de serem visualmente mais atrativas fazem com que os alunos confirmem o que antes estava apenas em um pensar abstrato, isso comprova o que explicitam Força, Laburú e Silva (2011), sobre esse tipo de atividade. Para eles a utilização de demonstrações, além de ilustrar, ajudou na compreensão de conceitos teóricos, tornando o conteúdo mais agradável e interessante.

## 6.2 ANÁLISE DA ATIVIDADE POSTERIOR

A atividade posterior ao produto educacional foi elaborada com quatro questões do tema abordado durante a aplicação da unidade didática e uma questão subjetiva. Em todas as questões uma única alternativa estava correta e a escolha deveria ser justificada. O objetivo dessa atividade, após a aplicação do produto educacional, foi avaliar se a unidade didática planejada, tendo como ferramentas pedagógicas a demonstração de experimentos e a simulação (PhET), poderia ser considerada positivamente efetiva para facilitar o estudo sobre a natureza dual da luz.

Todas as quatro questões referentes à natureza da luz são previamente problematizadas na forma de um pequeno texto que fala sobre o olho humano e o ato de enxergar. Ele foi escolhido propositalmente por se tratar de um fenômeno familiar a todos os alunos.

A primeira questão (Figura 24), Identificar dentro do contexto da questão, a capacidade do discente em identificar qual o fenômeno ocorrente com a luz na situação descrita no texto.

1) Para a formação da imagem nos olhos, os raios de luz ao tocarem o cristalino (ver figura 2) sofrem que tipo de fenômeno?

( ) Reflexão ( ) Refração ( ) Difração ( ) Interferência ( ) Efeito fotoelétrico

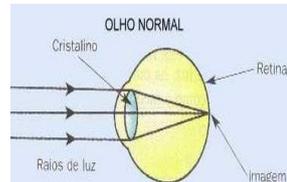


Figura 2

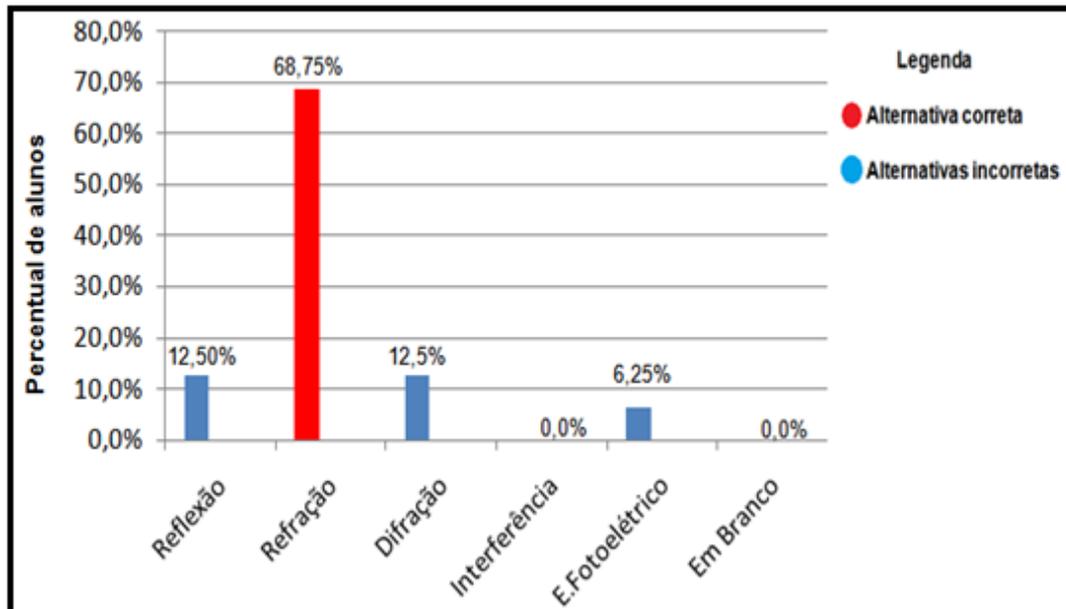
**Figura 24: Primeira questão da atividade posterior**  
Arquivo do autor

O gráfico 6 explicita que 68,75% marcaram a alternativa correta (refração) enquanto que, 12,50% dos discentes marcaram reflexão e isso pode ser pelo fato de alguns alunos acreditarem que para enxergar basta que a luz chegue ao olho humano se reflita e retorne ao objeto a ser visualizado. Os 12,50% marcaram difração, talvez por terem confundido os nomes difração com refração ou por não recordar o que seja a difração, que seria o fenômeno em que a onda (no caso a luz) sofria desvio ou espalhamento quando esta contorna ou transpõe obstáculos colocados em seu caminho. 6,25% marcaram Efeito fotoelétrico por, talvez, terem confundido com o efeito que ocorre em outra parte do olho humano (Retina), apesar de no efeito fotoelétrico ocorrer à ejeção de elétrons a partir da incidência de uma radiação. Fato que pode ser entendido, pelo texto introdutório as questões, não ocorre quando a luz toca o cristalino. Ninguém marcou interferência. Ou seja, todos tinham possivelmente o conhecimento de que para a ocorrência de interferência teria que existir duas ou mais ondas (luz) sofrendo superposição, algo que os alunos perceberam que não ocorria. Esse resultado dá indícios que a figura 2 do texto auxiliar as questões, e a interpretação associada ao conhecimento sobre o tema por parte dos discentes facilitou a compreensão do comportamento luz fizessem com que estes chegassem à conclusão da resposta correta.

O índice de acertos nesta questão possivelmente está associado ao uso das simulações e experimentação. Na refração, especificamente, foram utilizados os dois recursos didáticos, com o intuito de confrontar as duas teorias clássicas que davam explicações diferentes ao fenômeno e posteriormente mostrar as principais

características da refração. Essas ferramentas também serviram para “o engajamento do estudante com seu próprio aprendizado”, isto segundo Redish e Wilson (1993) e Hake (1998) é, consensualmente, um dos fatores mais importantes envolvidos no processo de ensino-aprendizagem.

**Gráfico 6: Percentual de acertos da questão número 1 da atividade posterior**



A segunda questão era um complemento da primeira e tinha como objetivo Identificar dentro do contexto da questão, a capacidade do discente em identificar a natureza da luz no fenômeno citado na questão. Durante a aplicação do produto, no que diz respeito à refração da luz, foi realizado um experimento específico de refração da luz utilizando lentes, mostrando seu caráter ondulatório e as características desse fenômeno.

2) Logo, a luz nesse fenômeno comporta-se como:

( ) Onda ( ) Partícula

Justifique a alternativa escolhida:

**Figura 25: Segunda questão da atividade posterior**  
Arquivo do autor

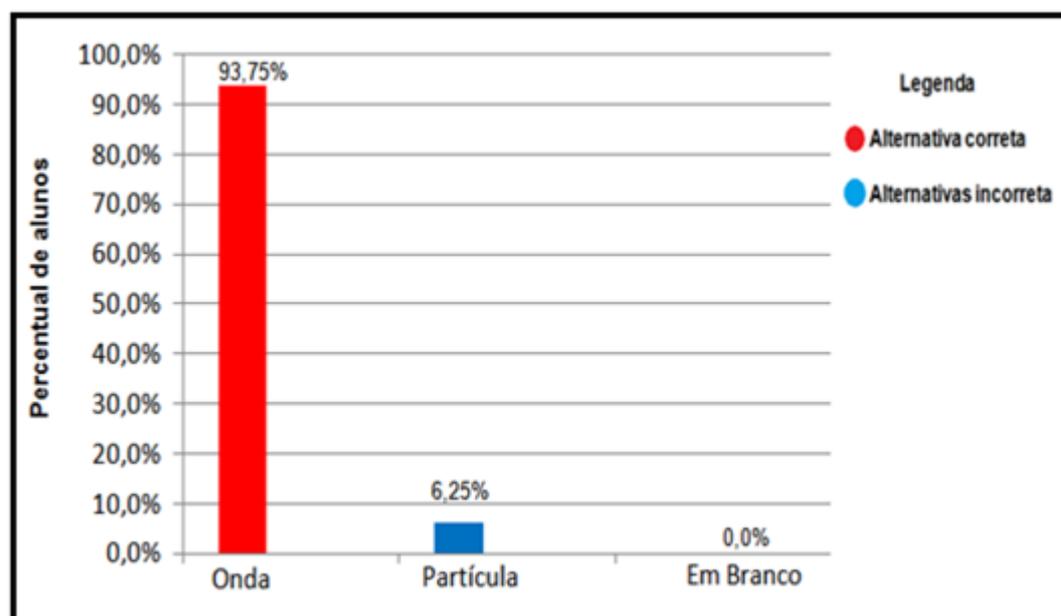
O gráfico 7 explicita que 93,75% dos alunos acertaram ao indicar a natureza da luz no fenômeno da refração. O resultado pode ser explicado pela correta identificação do fenômeno como sendo o de comportamento ondulatório da luz.

Somente 6,25% dos alunos marcaram que esse era um fenômeno que demonstrava o comportamento de partícula. Isso pode ter ocorrido devido a uma confusão entre o fenômeno ocorrente com a luz ao atravessar o cristalino e outro fenômeno ocorrente quando a luz toca a retina. E nenhum dos alunos deixou de marcar uma alternativa. Isso demonstra que a utilização da simulação, neste caso específico, na simulação do PhET referente ao princípio de Huygens, que dentre outras contribuições (SANTOS; SANTOS; FRAGA, 2002) para o processo de ensino e aprendizagem, foi importante para fazer com que os alunos não deixassem de assinalar a resposta que eles julgavam correta, pois na simulação foi mostrado que, em certos fenômenos (e a refração é um deles), a luz se comporta como onda, de acordo com o princípio de Huygens.

O desenvolvimento de um sistema que crie um ambiente no qual o usuário seja capaz de modelar, visualizar e interagir com a simulação proposta baseada em experimentos da Física real poderia ser considerado como uma solução para suprir esta demanda. (SANTOS; SANTOS; FRAGA, 2002, p. 186-187).

Nesse sentido, comprova-se a eficácia e a utilidade do uso dessa ferramenta, até mesmo pela pré disposição que o aluno possui a se identificar com esse tipo de recurso, já que eles vivem inseridos em um mundo tecnológico.

**Gráfico 7: Percentual de acertos da questão número 2 da atividade posterior**



Em relação às justificativas dadas nesta questão, 50% dos discentes associaram o comportamento ondulatório à mudança de trajetória da luz ao mudar de meio, ou somente a mudança de meio. Enquanto que 25% alunos não justificaram. Isso pode indicar que um quantitativo considerável dos alunos possui ainda uma dificuldade em redigir respostas e explicar a linha de raciocínio utilizada para se justificar a alternativa que eles julgaram ser corretas. Abaixo temos alguns fragmentos de respostas de dois alunos referentes à segunda questão.

Durante as aulas, foi falado que nem sempre na ocorrência da refração haverá mudança da trajetória do raio de luz, como geralmente há a mudança de trajetória durante a refração, muitos alunos podem ter esquecido esse detalhe, também durante a aplicação do produto foi mostrado o que caracteriza a refração, bem como as grandezas alteradas nesse fenômeno. Nas justificativas adiante será mostrado como foram feitas as justificativas dos fenômenos associados à segunda questão e conseqüentemente a refração:

“O fenômeno é a refração, já que os raios de luz não tiveram sua passagem impedida (ou algo do Gênero) e atravessaram o cristalino. Este fenômeno é de caráter ondulatório já que a luz comporta-se como onda”.

“Se comporta como uma onda, pois seu comportamento referente à refração é exatamente esse, quando a luz chega no cristalino, ela sofre mudança de meio caracterizando a refração”.

**Figura 26: Fragmento de resposta de dois alunos a questão 1 e 2.**  
Arquivo do autor

Ambas as respostas fazem alusão a refração como um fenômeno em que a luz sofre mudança de meio, porém não foram citadas as grandezas que sofrem alterações quando há a mudança de meio, tornando-as incompletas, de acordo com Gaspar (2013, p.42) “a refração ocorre sempre que a onda atravessa a superfície de separação em que a velocidade de propagação é diferente”.

A terceira questão tinha como objetivo explicitar a capacidade do discente em identificar qual o fenômeno ocorrente com a luz na situação descrita no texto.

3) Para a formação de imagem no cérebro, os raios de luz ao tocarem a retina sofrem que tipo de fenômeno? Analise e marque a alternativa que você julgar correta:

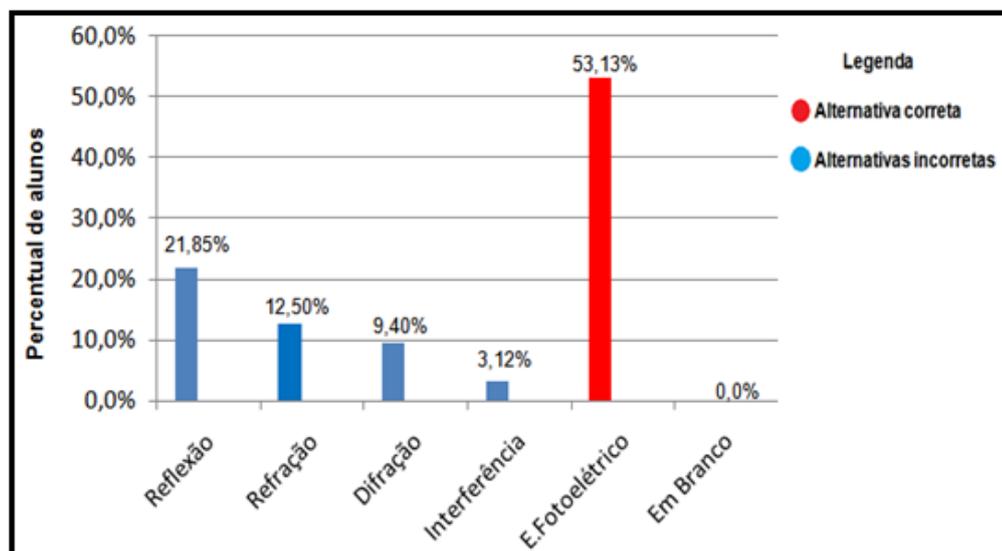
( ) Reflexão ( ) Refração ( ) Difração ( ) Interferência ( ) Efeito fotoelétrico

**Figura 27: Terceira questão da atividade posterior**  
Arquivo do autor

O gráfico (8) deixa claro que 53,13% dos alunos marcaram a alternativa correta, ou seja, a metade da turma. Nesse caso, o índice de erro não pode ser desprezado, pois 21,85% assinalaram reflexão, e isso pode ser pelo fato de alguns alunos acreditarem que para enxergar basta que a luz chegue ao olho humano se reflita e retorne ao objeto a ser visualizado, 12,5% assinalaram refração e supõe-se que foi devido à confusão por parte dos discentes entre o fenômeno que ocorria quando a luz tocava o cristalino, 9,40% assinalaram difração e 3,12% assinalaram interferência, o fato dos alunos terem escolhido difração ou interferência que são fenômenos intimamente ligados, deve ter sido pela falta de compreensão total do que a questão estava perguntando, ou da não capacidade de associação do texto com a questão. Esse quantitativo de erros pode ser devido aos discentes não terem visto o assunto completamente. No planejamento e execução da unidade didática foi abordado somente o efeito fotoelétrico. Logo, seria uma possibilidade a aplicação do produto educacional após os alunos terem estudado o efeito fotoelétrico de forma completa, ou seja, tanto a definição do fenômeno, quanto a parte analítica suas aplicações.

O Efeito fotoelétrico foi abordado com os alunos apenas de maneira qualitativa, ou seja, foi apresentada a definição do fenômeno e algumas aplicações tecnológicas associados ao mesmo. Os discentes ainda iriam estudar com o professor titular da disciplina esse fenômeno de modo completo, ou seja, adicionando o estudo analítico.

**Gráfico 8: Percentual de acertos da questão número 3 da atividade posterior.**



A quarta questão tinha como objetivo dentro do contexto da questão avaliar a capacidade do discente em identificar a natureza da luz no fenômeno citado. Ela seguia a mesma linha de raciocínio da segunda questão, ou seja, além de reconhecer o fenômeno, o discente deveria identificar a natureza da luz e justificar a escolha da alternativa (figura 28).

4) Logo, a luz nesse fenômeno comporta-se como: ( ) Onda      ( ) Partícula Justifique a alternativa escolhida
--

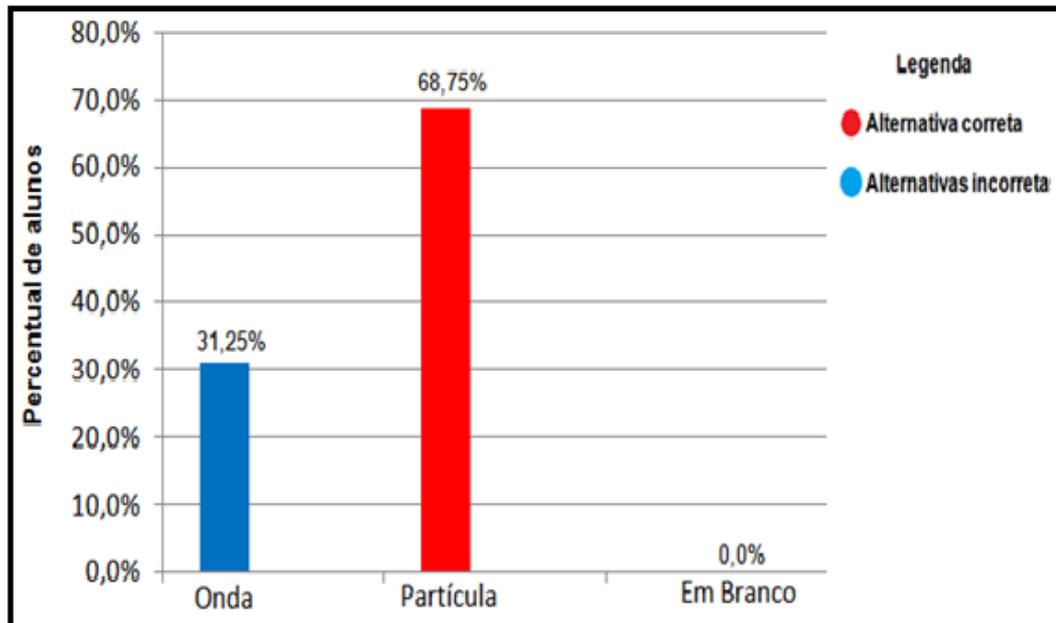
**Figura 28: Quarta questão da atividade posterior.**  
**Arquivo do autor**

O gráfico (9) mostra que 68,75% conseguiram identificar a natureza corpuscular da luz e marcaram a alternativa correta. 31,25% marcaram a alternativa que indicava onda e nenhum deixou em branco. O índice de erro de 31,25% pode está ligado a não percepção por parte dos discentes em não identificar que na retina, ocorrerá o efeito fotoelétrico e a geração de impulsos elétricos, pois a retina

Contém fotorreceptores que transformam a luz em impulsos elétricos, que o cérebro pode interpretar como imagens. Existem na retina dois tipos de receptores: bastonetes (+ ou -120 milhões) e cones (+ ou - 7 milhões), que se localizam em torno da fóvea. Cada receptor comporta em torno de 4 milhões de moléculas, ricas em rodopsina, que é capaz de absorver quanta luminosos decompondo-se em duas outras moléculas.(RAMOS, 2006, p.4).

Assim, o efeito fotoelétrico dentro da proposta do trabalho foi abordado tanto em sala de aula como também durante as atividades aplicadas, de modo a procurar fazer com que o aluno conheça e saiba identificar suas diversas aplicações.

**Gráfico 9: Percentual de acertos da questão número 4 da atividade posterior.**



O conjunto de questões (as quatro primeiras) referentes à temática abordada durante a aplicação produto educacional, juntamente com a unidade didática que foi seu guia, teve sua relevância, pois possibilitou dar suporte para que os alunos construíssem uma sequência histórica e experimental que culminaria na definição de luz e conseguissem associar fenômenos cotidianos ao conteúdo aprendido.

Foi perceptível a dificuldade de alguns alunos para justificar a alternativa escolhida. Somente 18,75% das justificativas puderam ser consideradas satisfatórias. Como já mencionado anteriormente, a temática central das aulas não foi o efeito fotoelétrico, além disso, esse assunto ainda seria abordado no conteúdo da disciplina. Abaixo temos alguns fragmentos de respostas de alunos referentes à quarta questão:

“Os fótons liberam os elétrons presentes na retina e a luz se comporta como partícula nesse caso”.

“Nesse caso ele se comporta como uma partícula, pois interage com as células da retina, de modo a passar energia para os elétrons presentes nas células”

**Figura 29: Fragmento de resposta de dois alunos a questão 3 e 4.**  
Arquivo do autor

Foi possível perceber, com as respostas contidas nos fragmentos acima, que alguns alunos chegaram muito perto de justificar corretamente o que foi perguntado, mostrando a capacidade de associar o conteúdo estudado com um fenômeno corriqueiro que é enxergar. Esse tipo de associação já citado faz parte de um dos objetivos quando foram utilizados os experimentos na aplicação do produto. Tentando desmistificar o ensino de Física, corroborado por Bonadimam, Blumke, e Vincensi (2004, p.1):

O que prevalece, na prática pedagógica da maioria dos professores, é o formalismo, enquanto o contato com a fenomenologia, esse lado da Física que as pessoas consideram mais atrativo, é pouco valorizado, e por vezes até mesmo esquecido por completo. Enfatiza-se demasiadamente uma Física matemática em detrimento de uma Física mais conceitual, mais experimental e com mais significado para a vida das pessoas.

Nesse sentido, a elaboração do produto educacional e na unidade didática foi planejada de modo a procurar, sempre, provocar no aluno um conflito cognitivo que motivasse a associação do conteúdo teórico às ocorrências dos fenômenos do cotidiano.

A quinta questão (figura 19), de cunho subjetivo, tinha como objetivo saber a opinião do aluno sobre a importância da temática abordada na aplicação do produto educacional, que envolve ferramentas didático-pedagógicas, a experimentação, história da ciência e simulação, ou seja, se para os mesmos esses recursos didáticos foram um agente motivador e facilitador da aprendizagem.

5) De acordo com as discussões/experimentos a respeito da natureza da luz realizados em sala de aula, assinale a alternativa referente à sua opinião sobre o nível de relevância das aulas para a sua aprendizagem e formação:  
 Ajudou à aprendizagem  
 Não fez diferença  
 Atrapalhou a aprendizagem  
 Justifique a alternativa escolhida:

**Figura 30: Quinta questão da atividade posterior.**  
**Arquivo do autor**

Todas as respostas concordaram que o estudo da natureza da luz seria relevante para a formação dos estudantes. Essa resposta fornece indícios que podem ser considerados positivos em relação à motivação dos alunos e instigou-os a resolver os conflitos cognitivos realizados durante todo o processo proposto na

unidade didática. E, pelo menos em uma avaliação subjetiva dos alunos, o produto educacional parece ter atingido uma das metas da nova proposta de ensino: ajudar na motivação e aprendizagem de conceitos no ensino de Física.

Logo, devido à fácil percepção e a quantidade de fenômenos naturais, além das diversas aplicações tecnológicas relativos à luz, o uso de experimentos é uma ferramenta poderosa e atrativa para os discentes, e de acordo com Reis e Silva (2013, p.40), “essa seria uma educação centrada na indução da participação dos alunos no processo de ensino e aprendizagem, tornando-os capazes de entender, atuar e julgar conscientemente os avanços tecnológicos do meio social em que vivem”. Associado aos experimentos foi incluso discussões em sala de aula sobre a natureza da luz guiada pelos obstáculos epistemológicos durante a evolução desse conceito ao longo do tempo, com o intuito de dar cada vez mais significado e tornar mais compreensível não só o conteúdo em si, mas também como se desenvolver o saber científico. Ou seja, A reconstrução de episódios históricos apresenta o contexto sócio-histórico-cultural que pode promover o entendimento de aspectos da Natureza da Ciência e permite uma compreensão ampla do papel da ciência na sociedade contemporânea, o que requer uma reflexão crítica sobre as práticas educacionais que diz respeito à ciência, desde a seleção e abordagem de conteúdos, até as metodologias utilizadas (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS; 2011).

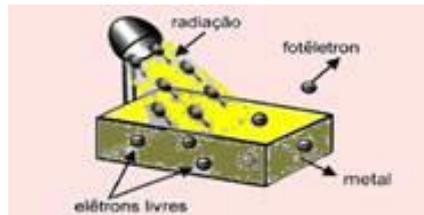
As respostas dadas na última questão e a atenção percebida em sala de aula, apesar de a turma não ser muito inibida, de ser necessária a manutenção da motivação, os alunos demonstraram gostarem bastante das ferramentas de ensino-aprendizagem utilizadas (a história da Física relacionada à luz, o uso de experimentos demonstrativos e simulações).

### 6.3 ANÁLISES DA ATIVIDADE FINAL

Essa atividade teve por desígnio verificar o aprendizado dos alunos após três meses da aplicação da atividade posterior. A atividade era constituída por cinco questões objetivas que abordavam os principais conceitos associados à natureza da luz.

A primeira questão tinha como objetivo Identificar se os discentes sabiam associar a contribuição da descoberta do efeito fotoelétrico para a proposição do princípio da dualidade da luz.

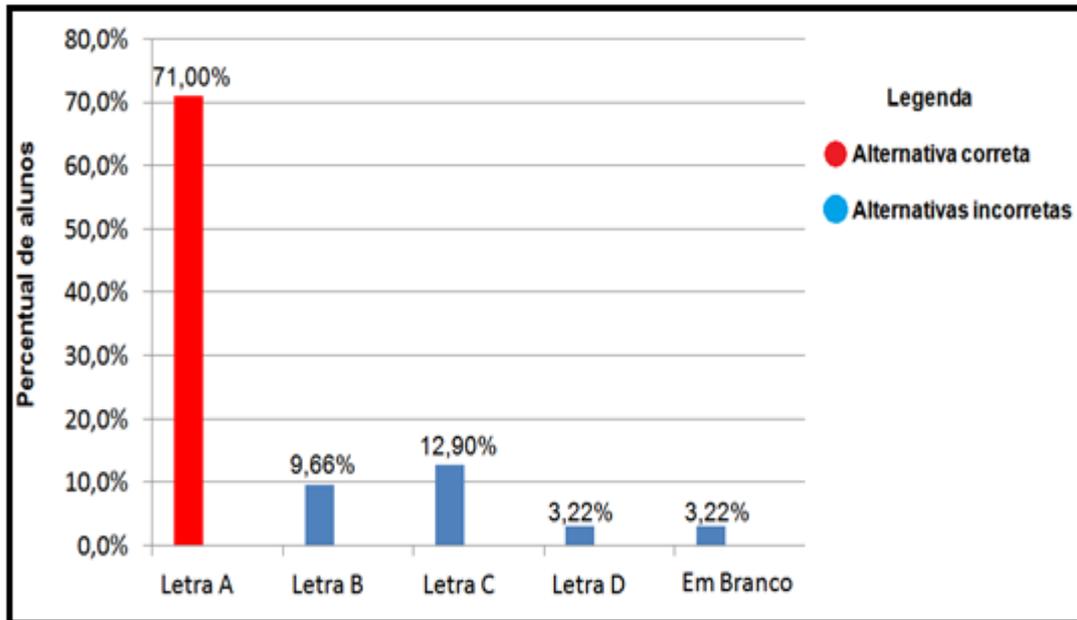
- 1) A figura abaixo é uma ilustração que descreve o efeito fotoelétrico. Esse experimento contribuiu para a descoberta da:



- a) Dualidade onda-partícula da luz.  
 b) Energia de ionização dos metais.  
 c) Emissão contínua de radiação por um corpo aquecido.  
 d) Descrição da ligação química entre elementos metálicos.

**Figura 31: Primeira questão da atividade final.**  
**Arquivo do autor**

A questão para ser resolvida necessitava apenas que o aluno soubesse uma das principais contribuições do efeito fotoelétrico para a evolução do conceito de luz. Houve 71% de acertos, um índice alto como pode ser visto no gráfico 10. De acordo com esse resultado, foi percebido que os discentes, em sua grande maioria, souberam identificar que a luz se comporta como partícula no fenômeno em questão e que devido a isso, a luz possuiria caráter dual, pois em outros fenômenos já abordados na aplicação do produto educacional (reflexão, refração, difração e interferência) eles puderam verificar que a luz possuía um comportamento ondulatório. Desta forma o caráter da luz seria dual e ambos os comportamentos se manifestam de acordo com o fenômeno ocorrente.

**Gráfico 10: Percentual de acertos da Questão número 1 da atividade final**

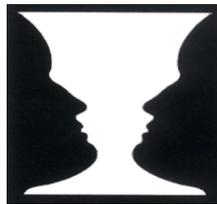
Em relação às alternativas incorretas, 9,66% assinalaram a alternativa B, e isso pode ter sido devido ao fato dos alunos terem pensado na questão na perspectiva que durante a ionização ocorre retirada de elétrons do material, ou seja, pode-se ionizar um metal através do efeito fotoelétrico, porém não era esse o questionamento realizado no problema. A alternativa C (a mais escolhida entre as incorretas com 12,90%) não tem relação com o efeito fotoelétrico e sim com o tópico, também de Física quântica, teoria dos quanta, assunto não abordado durante a aplicação do produto. Pode-se supor que esse erro tenha sido provocado pelo fato dos discentes não terem entendido o enunciado da questão, e então, associaram a palavra radiação contida na figura da questão. A alternativa D foi escolhida por 3,22% dos alunos, apesar de não possuir nenhuma relação com o enunciado da questão. Talvez eles tenham associado a ejeção de elétrons, ilustrada na figura da questão, com o que ocorre em uma ligação química envolvendo elétrons, seja por compartilhamento ou doação. Já um percentual de 3,22% dos alunos deixou a questão em branco, isso pode ser provocado por dois fatores: O aluno faltou à aula do referente assunto, ou até mesmo mostrou desinteresse em escolher alguma alternativa.

A segunda questão tinha como objetivo Identificar se os discentes sabiam o significado do princípio da complementaridade de Böhr. E exigia do aluno a

identificação do princípio da complementaridade de Böhr, uma vez que perguntava o princípio que se relacionava com a situação descrita no texto.

2) Uma aluna ficou encantada com a maneira com que o professor explicou a dualidade onda-partícula, apresentada nos textos de Física Moderna. O professor fez uma analogia com o processo de percepção de imagens, apresentando uma explicação baseada numa figura muito utilizada pelos psicólogos da Gestalt. Seus esclarecimentos e a figura ilustrativa são reproduzidos a seguir:

A Figura citada pelo professor, na qual pode-se observar duas figuras, ou dois perfis, ou um cálice.



Qual a realidade que percebemos na figura? Podemos ver um cálice ou dois perfis, dependendo de quem consideramos como figura e qual consideraremos como fundo, mas não podemos ver ambos simultaneamente. É um exemplo perfeito de realidade criada pelo observador, em que nós decidimos o que vamos observar. A luz se comporta de forma análoga, pois, dependendo do tipo de experiência ("fundo"), revela sua natureza de onda ou sua natureza de partícula, sempre escondendo uma quando a outra é mostrada.

Diante das explicações acima, é correto afirmar que o professor estava ilustrando, com o comportamento da luz, o que os físicos chamam de princípio da:

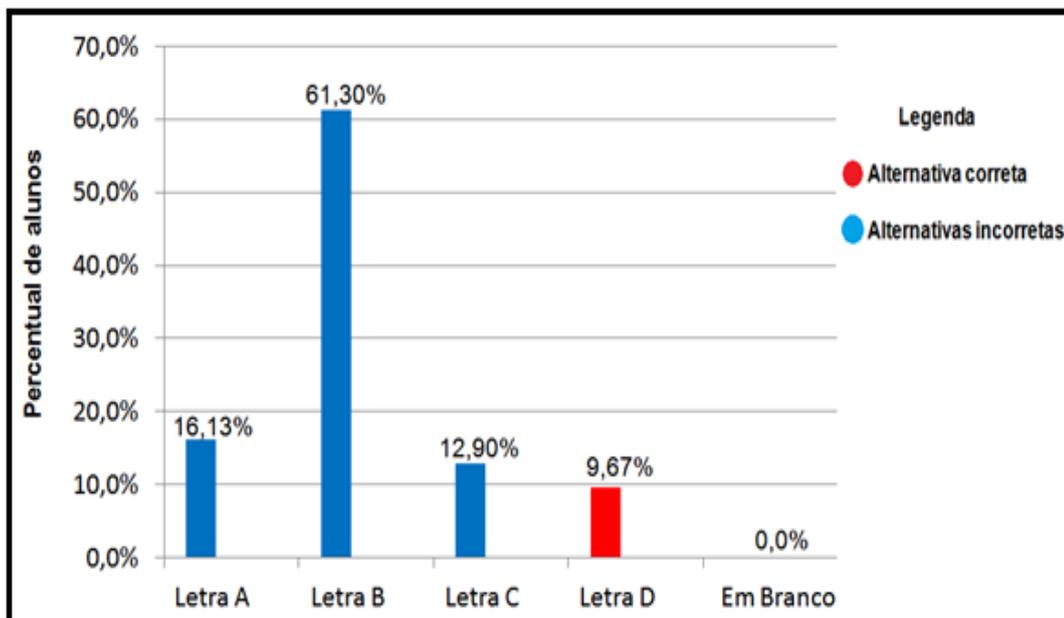
- a) Incerteza de Heisenberg.
- b) Relatividade
- c) Superposição.
- d) Complementaridade de Bohr.

**Figura 32: Segunda questão da atividade final**  
Arquivo do autor

No gráfico 11 o percentual de acerto foi de 9,67%, não condiz com os índices de aproveitamento na atividade anterior. É possível se observar que 16,13% marcaram a alternativa A (Incerteza de Heisenberg), o que pode indicar que os alunos ao lerem o texto tivessem confundido o termo incerteza que está associado à imprecisão com o termo complementaridade. Já 61,30% assinalaram a alternativa B, que está relacionado à teoria da relatividade, que foi abordado de forma superficial durante a aplicação do produto (foram apenas mostrados os enunciados da teoria da relatividade especial), pois esse tema não foi o enfoque principal do trabalho. Novamente se sugere uma confusão dos termos relatividade que significa estado ou

característica daquilo que é relativo, com o termo complementaridade, que no contexto está associado à circunstância em que há interdependência entre coisas ou fenômenos. Em seguida 12,90 % marcaram a letra C (superposição) o que leva a supor que esses alunos não tiveram nenhuma compreensão do que a questão solicitava. Já a alternativa correta que foi a letra D com 9,67%, mostra que uma minoria dos alunos conseguiu acertar a questão, esse baixo índice de acertos pode ser provocado por diversos fatores, sendo os mais prováveis o fato da turma ter trocado de professor diversas vezes, o que implica em metodologias diferentes e planejamentos diferentes, falta de uma atenção maior na hora de enunciar o princípio da complementaridade de Böhr devido ao tempo insuficiente (nesse caso) para a aplicação do produto, ou o fato dessa atividade ser realizada após três meses da aplicação do produto.

**Gráfico 11: Percentual de acertos da Questão número 2 da atividade final**



É ainda mais importante salientar que esses fatores podem ter sido determinantes para o resultado bem abaixo do satisfatório, seria a real e notória dificuldade dos alunos em fazer analogias, no âmbito da segunda questão seria relacionar a figura e o texto com o princípio da complementaridade de Böhr. Para Glynn (1991) e Vosniadou e Ortony (1989) a capacidade para perceber semelhanças e analogias é, na perspectiva de alguns autores, um dos aspectos fundamentais da cognição humana. E esse resultado se mostra mais preocupante,

pois a temática central da questão é um marco importante na Física moderna, pois de acordo com Cavalcante, Tavoraro, Souza e Muzinatti (2002):

A descoberta da dualidade onda-partícula representa, sem dúvida, um momento marcante para a Filosofia, pois juntamente com a teoria quântica, vem desestabilizar os alicerces do pensamento racional, originando, até, aquele que se pode denominar como o quinto princípio da razão: o princípio da indeterminação.

Todas essas indagações podem induzir a uma reflexão em relação a maneira como são conectados os conteúdos na disciplina de Física, o que pode vir a gerar uma aprendizagem mecânica e não uma aprendizagem significativa do conteúdo abordado nas aulas de Física, a falta de uma unidade em relação ao ensino aprendizagem de conceitos físicos e as diversas variáveis a que estamos sujeitos enquanto profissionais do ensino.

A terceira questão tinha como objetivo Identificar se os discentes sabiam associar as contribuições dos trabalhos de J.C. Maxwell para a natureza eletromagnética da luz, dentro de um contexto histórico da evolução do conceito de luz, ou seja, para a descoberta da natureza eletromagnética da luz. Possuía como enfoque central as contribuições dos trabalhos de J.C. Maxwell para a Física, pois envolvia a contribuição para a descoberta da natureza eletromagnética da luz.

3) “A identificação da natureza elétrica e magnética da luz foi um dos desenvolvimentos mais brilhantes da ciência moderna. O Ano também marca diversas outras descobertas científicas. Ocasões como esta são fundamentais para que possamos refletir sobre o tema. Cerca de 1,5 bilhões de pessoas ainda não dispõem de eletricidade, e portanto não podem usufruir da luz elétrica. Para estes, a possibilidade de trabalhar, de estudar ou de se cuidar, termina com o por do sol. A luz, e suas diversas formas de ser produzida e conduzida, é fundamental para quase todas as áreas da ciências e para o avanço econômico de uma nação. Com luz temos a mais moderna forma de comunicação, gerando uma verdadeira revolução nas telecomunicações. Sem fibras ópticas e luz, estaríamos ainda nos primórdios da comunicação. Não poderíamos ter milhões e milhões de pessoas simultaneamente conversando por telefone. Não teríamos o sistema GPS e nem poderíamos ter esta avançada rede de comunicação via computadores e telefones. Além disto, a luz é hoje fundamental em modernas técnicas de diagnóstico e tratamento de doenças.”

[http://www.sbfisica.org.br/v1/index.php?option=com\\_content&view=article&id=627:o-ano-internacional-da-luz-sbf-ativa-e-participante&catid=152:acontece-na-sbf&Itemid=270](http://www.sbfisica.org.br/v1/index.php?option=com_content&view=article&id=627:o-ano-internacional-da-luz-sbf-ativa-e-participante&catid=152:acontece-na-sbf&Itemid=270)

Acesso em 06/02/2017

Em 1873, a Natureza eletromagnética da luz foi prevista pelo físico escocês John Clerk Maxwell publicou um dos trabalhos mais impactantes da história da física clássica, com sua obra “O tratado sobre a eletricidade e o magnetismo” houveram grandes descobertas, dentre elas se destacam:

l) A sintetização da teoria eletromagnética em quatro equações fundamentais.

II) A unificação da eletricidade e do magnetismo

III) A unificação do eletromagnetismo com a Óptica.

Em relação à natureza descoberta da natureza eletromagnética da luz através das equações de Maxwell, que permitiu a unificação do eletromagnetismo com a Óptica, tal fato se deu através da:

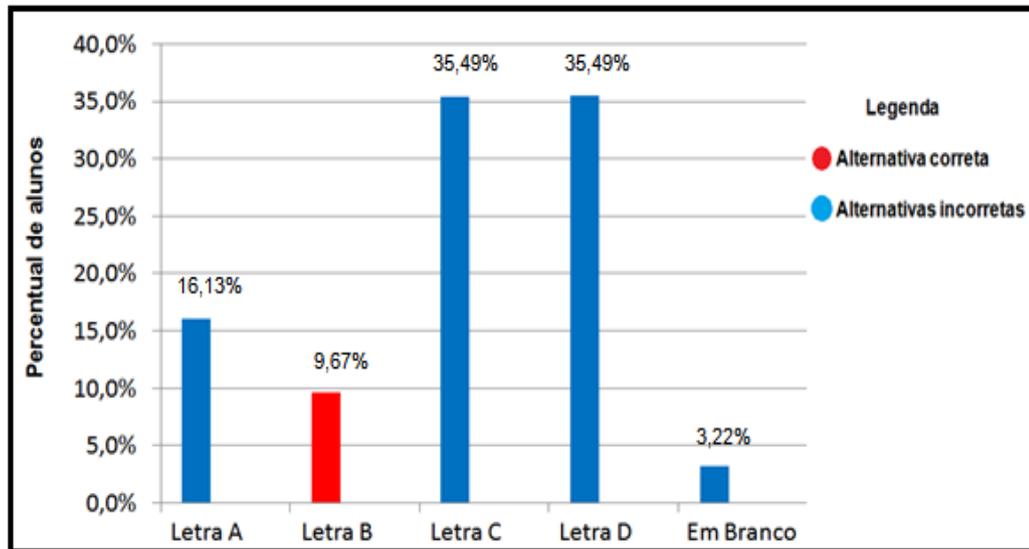
- a) Descoberta que a luz era uma onda (Concordando com as ideias de Huygens) e não uma partícula como havia afirmado Isaac Newton no século XVII.
- b) Previsão que a luz era uma onda eletromagnética, se deu devido à proximidade dos valores da velocidade da luz (Já conhecida antes dos trabalhos de Maxwell) e da velocidade da onda eletromagnética.
- c) Descoberta que a luz possui caráter dual, ou seja, através do princípio da complementaridade de Böhr.
- d) Previsão que a luz se propagava no vácuo com um valor de velocidade constante, independente do referencial adotado. Essa previsão foi fundamental para a teoria da relatividade restrita proposta por Albert Einstein anos depois.

**Figura 33: Terceira questão da atividade final  
Arquivo do autor**

O percentual de acertos foi de 9,67% (gráfico 12) A alternativa A, escolhida por 16,13% dos alunos, fazia referência a um fato histórico, em relação a natureza da luz, bem afastado na linha do tempo dos trabalhos de Maxwell, mostrando a dificuldade dos alunos em relacionar fatos históricos da ciência à conceitos científicos abordados em sala de aula, ou seja, os alunos, devido à metodologia tradicional conteudista ainda muito usada no ensino de Física, não se apropriam da história e filosofia da ciência como uma ferramenta eficiente para seu próprio aprendizado. Zanetic (1988) confirma a importância dessa ferramenta de aprendizagem quando afirma que:

O ensino tem que ser revolucionário mesmo, tem que ser mudado. E, para mim, novamente a História da Física tem um papel importante, o de situar, resgatar, contextualizar: Maxwell, a eletricidade, a lei de Faraday, a lei de Ohm, como é que isso entra num contexto mais amplo.

Vale ressaltar que as alternativas C e D (ambas com 35,49%) não são afirmações falsas, porém não possuíam relação com o que foi perguntado na questão. Esse fato pode ser explicado, talvez, por falta de atenção ao responder a questão ou pode estar relacionado a não “solidificação” das representações conceituais, abordadas durante a unidade didática sobre a natureza dual da luz, por meio de atividades e um maior número de discussões sobre o tema. O que pode ter feito com que muitos alunos as assinalassem como pode ser visto no gráfico 12.

**Gráfico 12: Percentual de acertos da Questão número 3 da atividade final**

Pode-se concluir, com esses resultados, que após um determinado tempo da aplicação do produto, os discentes não se ativeram aos marcos históricos relevantes sobre a evolução do conceito de luz. O que leva a crer que essa ferramenta pedagógica (introdução da história e filosofia da ciência), deve ser utilizada durante sua vida acadêmica mais vezes. Já 3,22% dos alunos não assinalaram nenhuma das alternativas supõe-se que esses alunos não estiveram atentos e concentrados durante a aula ou não tiveram atividades suficientes para internalizar os conceitos construídos.

A Quarta questão tinha como objetivo Identificar se os discentes ainda possuíam (lembravam) conhecimento sobre a evolução histórica do conceito de luz, mais especificamente as teorias clássicas do século XVII e suas limitações.

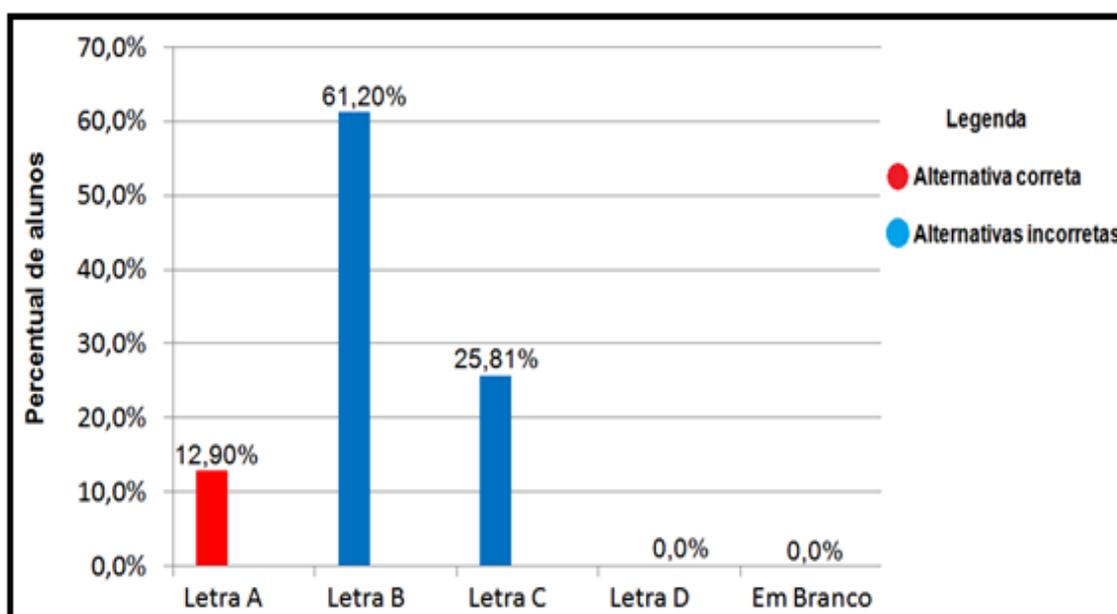
4) As primeiras duas grandes teorias que explicavam a natureza da luz, foram publicadas no século XVII, Isaac Newton tentou justificar sua teoria corpuscular afirmando que a luz se comportava como pequenas esferas, as quais colidiam elasticamente com uma superfície lisa, sendo refletida de modo que o ângulo de incidência fosse igual ao ângulo de reflexão. Assim, segundo o fenômeno da reflexão, Newton considerava a luz como sendo constituída por um conjunto de partículas que se refletem elasticamente sobre uma superfície. Já Christian Huygens defendia um modelo ondulatório, tal modelo dizia que a luz era uma onda e ela explicava de forma significativa a reflexão e a refração da luz. Como sabemos, qualquer onda se reflete e refrata de acordo com as leis da reflexão e da refração dos feixes luminosos. Ambos os modelos explicavam de modo satisfatório para a época os fenômenos da refração e reflexão, porém a teoria de Huygens levou os cientistas a favorecer o modelo ondulatório proposto, pois:

- A teoria Corpuscular não foi capaz de explicar o princípio da independência dos raios de luz, bem como o experimento de dupla fenda envolvendo a difração e a interferência da luz.
- A teoria Corpuscular explicava o princípio da independência dos raios de luz, porém não explicava o experimento de dupla fenda envolvendo a difração e a interferência da luz.
- A teoria corpuscular explicava a difração em fenda única, porém não explicava a interferência.
- A teoria corpuscular não tinha aceitação na comunidade científica da época, pois não conseguia explicar de modo plausível nenhum fenômeno associado à luz.

**Figura 34: Quarta questão da atividade final**  
Arquivo do autor

O percentual de acerto foi de 12,90%, corroborando a conclusão advinda da questão anterior que os alunos sentem muita dificuldade em relação a questionamentos sobre um determinado tema quando é exigido deles conhecimentos sobre história e filosofia da ciência (gráfico 13).

**Gráfico 13: Percentual de acertos da Questão número 4 da atividade final**



Um fato a se destacar foi que a maioria dos alunos 61,20%, marcou a alternativa B. Esse fato pode ser compreendido de duas maneiras: a primeira é que a alternativa B é muito parecida com a alternativa correta, o que provocou uma confusão nos alunos, a segunda é que devido à dificuldade concernente a relação entre fatos históricos e o desenvolvimento científico (mudança do pensamento em relação a um determinado conceito ou fato), sendo desta forma, a história e filosofia da ciência ferramenta eficaz no processo de aprendizagem. Mas para Sanchez Ron (1988), uma dificuldade em se introduzir a história da ciência em sala de aula é que: nem todos esses materiais serem adequados para utilizar numa sala de aula, quer pela sua qualidade quer pela sua extensão e/ou profundidade.

Em outras palavras, nem sempre é possível encontrar material didático que apresente tópicos de história da ciência (no nosso caso a Física) que seja didaticamente favorável e com uma linguagem acessível para os alunos de ensino médio. O que pode provocar o desestímulo por parte dos mesmos. Durante a

aplicação do produto não foi encontrado nenhum material que viesse a ser adequado para a introdução desse recurso, apenas foi realizado uma tentativa de transposição didática dos livros de história da Física utilizados na licenciatura e no ensino superior para o ensino médio.

A última questão tinha como objetivo Identificar se os alunos sabiam identificar o comportamento da luz de acordo com os fenômenos expostos e exigia deles, a correta identificação dos fenômenos em que a luz se comporta como partícula.

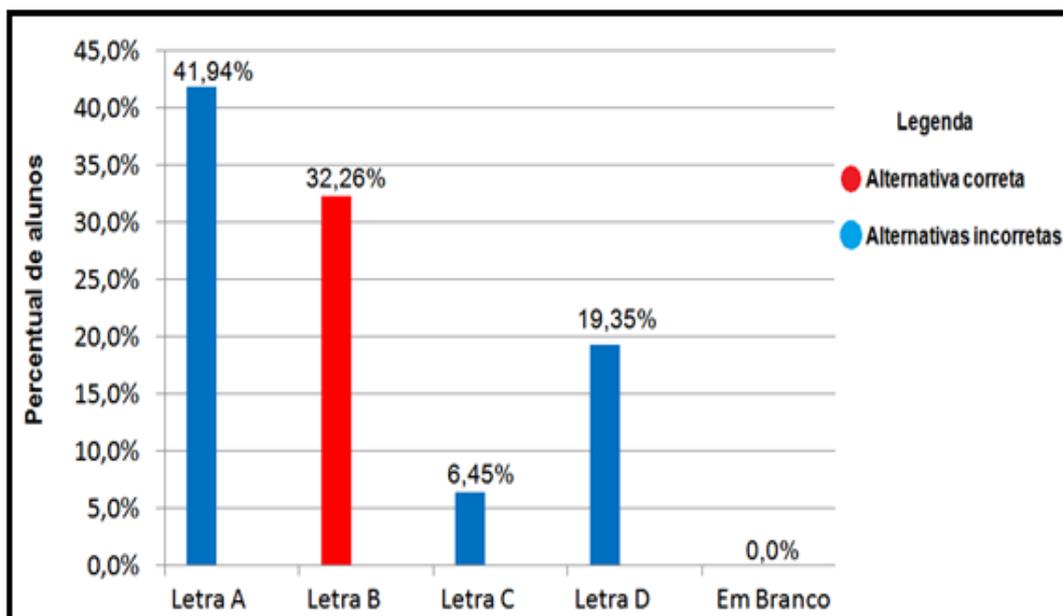
5) Há muitos fenômenos cotidianos associados a luz no nosso dia a dia, nesses fenômenos pode-se identificar a natureza corpuscular ou ondulatória da luz, assinale a alternativa que contém os fenômenos em que a luz se comporta exclusivamente como onda:

- a) Reflexão, Refração, Interferência e Efeito Fotoelétrico.
- b) Reflexão, Difração, Interferência e Decomposição.
- c) Efeito Fotoelétrico, Difração e Interferência e Decomposição.
- d) Efeito Compton, difração, reflexão e refração.

**Figura 35: Quinta questão da atividade final**  
**Arquivo do autor**

O índice de acertos foi de 32,26%, a segunda letra mais escolhida, o que dá indícios de que os alunos apresentavam conhecimentos para distinguir os dois caracteres da luz aplicados aos fenômenos. A alternativa A (41,94%) foi a de maior índice marcado, o que representa numericamente, junto com as outras alternativas (D com 19,35%, C com 6,45%), que os alunos possuíam muitas dúvidas em relação ao fenômeno apresentado.

**Gráfico 14: Percentual de acertos da questão número 5 da atividade final**



O índice de erros dessa questão, seja assinalando a alternativa A, C ou D, pode ser devido a fatores já mencionados como, a falta de atenção ou ausência de um bom número de questões que trabalhasse o assunto. A semelhança de intencionalidade dessa questão com a questão três da atividade prévia, e os resultados encontrados, indica que seria necessária uma abordagem mais incisiva com relação aos fenômenos discutidos. Durante a aplicação do produto foi discutido com os alunos um fenômeno a mais, o efeito fotoelétrico, o que pode ter levado a dúvidas que não foram totalmente resolvidas ou foram resolvidas, mas não consolidadas por meio de atividades. Vale ressaltar que o efeito Compton que está em algumas alternativas nem sequer foi mencionado durante as aulas.

Os dados fornecidos pelo gráfico 14 levam a reflexão que o passar do tempo (Três meses após a aplicação do produto) e a não realização de um bom número de atividades pode fazer com que os alunos não internalizem os conceitos. Em relação ao tema natureza da luz, dificulta a inserção dos alunos no mundo tecnológico. A falta de um maior número de aulas ou outro fator que possa influenciar na quantidade de atividades que proporcionem a sedimentação do conhecimento pode ser resolvida por meio de uma maior comunicação entre professor-aluno que motiva um maior envolvimento e motivação para a aprendizagem dos temas propostos. Para Ricardo (2004) essa relação entre aluno e professor:

Está inserida em um espaço-tempo definido: a escola. No entanto, existe uma dimensão longa da aquisição do conhecimento em um tempo extraclasse, no qual se espera que o aluno disponha de “ferramentas intelectuais” para mobilizá-las em diferentes contextos.

Essas ferramentas intelectuais devem ser então desenvolvidas no processo de ensino-aprendizagem, ou seja, enquanto ensinamos Física, ensinamos também procedimentos e devemos nos lembrar de se desenvolver atitudes tais como, se predispor a desenvolver características pessoais relacionadas à ciência (racionalidade, objetividade, curiosidade, pensamento crítico, humildade), prestar atenção às aulas, valorizar e expressar suas próprias ideias.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Esse capítulo finaliza o trabalho desenvolvido para descrever a unidade didática formulada para o estudo da natureza da luz. Nele são apresentadas as considerações que foram escritas a partir do esquadramento de cada um dos momentos do percurso metodológico apresentado no capítulo da metodologia. Seu objetivo é trazer a tona ponderações em relação ao ensino da natureza da luz. Ele apresenta também algumas perspectivas para novas propostas para o ensino-aprendizagem da natureza da luz.

### 7.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Reconhecer a ciência física nos fenômenos naturais e nas aplicações tecnológicas é um dos principais objetivos do ensino de física na atualidade. Nesse sentido, possibilitar, por meio de recursos didáticos, que o aluno possa internalizar determinado conceito, ou seja, tomar propriedade do mesmo é sem dúvida um passo primordial para aprender física.

Para o estudo da natureza da luz, assim como a maioria dos temas do ensino de física, faz-se necessário o uso de vários e diversificados meios de metodologias embasadas em pensamentos construtivistas, como a proposta do conflito cognitivo, que propõem um aluno ativo e reflexivo com ferramentas didáticas, assim temos: a experiência demonstrativa em sala de aula; a simulação, como agente facilitador do aprendizado para reproduzir fenômenos e comprovar conceitos e a história, e filosofia da ciência, como elementos contextualizadores da construção do conhecimento científico. Tudo isso representa elementos de suma importância para o letramento científico do aluno. A utilização da história e filosofia da ciência foi fundamental para o entendimento de que um conceito científico é resultado de um longo caminho que envolve, muitas vezes, como no caso da natureza dual da luz, a inter-relação com várias áreas da física.

Diante disso, a relevância desse trabalho não está nos resultados encontrados e, sim, nas análises realizadas nas três atividades aplicadas. Sua importância está inserida dentro do processo, necessário, de reflexão-ação do trabalho docente do professor de física. As possibilidades e os limites encontrados,

devem servir de subsídios para futuros trabalhos e para outros professores que desejem utilizar a proposta e melhorá-la.

Nessa perspectiva, vale ressaltar algumas variáveis que podem ter influenciado os resultados:

*I) A carga horária disponível e a quantidade de conteúdos na ementa da disciplina:*

Nas escolas com ensino médio regular, o conteúdo de física é dividido durante os três anos dessa etapa. No caso dos Institutos Federais, que possuem a modalidade ensino médio integrados ao ensino profissionalizante, o programa de física é estudado em dois anos (com uma carga horária de 4 horas/aula de 50 minutos - semanal. Esse decréscimo de três para dois anos pode afetar o aprendizado daqueles que já possuem dificuldades em relação à disciplina, uma vez que, mais conteúdos serão vistos no ano, a carga disciplinar pode ainda elevar a falta de motivação diante da quantidade de assuntos que devem ser discutidos em um tempo menor.

*II) Troca de professores na disciplina:*

A turma onde o trabalho foi desenvolvido, por fatores administrativos do Instituto, teve, durante o ano letivo, quatro professores diferentes (sem contar com o professor pesquisador). Esse fato pode ter contribuído para a não realização de exercícios para a assimilação dos conteúdos discutidos durante a realização da unidade didática, o que pode ter gerado um resultado não satisfatório na atividade final (atividade realizada depois de decorridos três meses) e pode, também, ter influenciado os resultados da atividade prévia; onde foi possível notar que alguns conhecimentos que os alunos já deveriam ter aprendido, não foram suficientes para a resolução adequada das questões. Vale lembrar que, professores diferentes possuem estratégias diferentes de ensinar (metodologia), discutem o conteúdo com ritmos diferentes e se relacionam com a turma de modo diferente. Provocando, assim, um prejuízo no aprendizado do aluno, pois o mesmo fica propício a perder a motivação pela disciplina ao perder a identidade do professor com a turma.

*III) Planejamento para a realização da unidade didática:*

O tempo destinado a unidade didática não levou em consideração a realização de atividades para a assimilação e avaliação. Essas ficariam a cargo do professor da turma, já que a carga de conteúdos era elevada e com a mudança de vários professores não houve muito tempo para focar em um determinado assunto. Esse fato pode ter contribuído para que não houvesse tempo para se resolver exercícios ou propuser leituras mais detalhadas sobre o tema. Sendo esse um fator importante que deve ser levado em conta na análise dos resultados.

*IV) Dificuldade em utilizar a história e filosofia da ciência:*

O uso de história e filosofia da ciência como ferramenta contextualizadora pode não ser algo fácil, pois envolve a interdisciplinaridade de ao menos três disciplinas: a filosofia, a história e nesse caso a física. Por se tratar de elementos não usados com a frequência devida e necessária, existe certa carência em relação a manuais e livros, adequados para o ensino médio, sobre a evolução do conceito de luz. Talvez a falta de hábito em trabalhar essa ferramenta em outros temas da física, pode ter sido um fator que influenciou o baixo coeficiente de acertos nas questões referentes à história da física feita nas atividades. Não se pode deixar de considerar a possibilidade de erros de compreensão terem sido induzidos pelo professor, uma vez que a construção de conceitos é subjetiva, ou seja, é de natureza individual, do sujeito, e como não houve discussões e atividades para internalização dos conceitos e definições, podem ter persistido os conflitos e não ocorreu a equilibrção, ou seja, a aprendizagem.

Em relação às análises das atividades aplicadas, pode-se perceber, de modo geral, que os alunos obtiveram um excelente resultado na atividade posterior, o que pode atestar a eficiência das ferramentas utilizadas para provocar conflitos cognitivos e posteriores equilibrções. A metodologia aplicada possibilitou o interesse dos alunos pela temática com a utilização de demonstrações experimentais; a contextualização histórica dos processos de construção de conceitos para a explicação de fenômenos; a utilização da filosofia da ciência para explicar a maneira de pensar em determinado momento histórico e as simulações, que permitiam alcançar cognitivamente fenômenos de difícil visualização. Tudo isso

realizado de forma a provocar conflitos e equilíbrio cognitivos no caminhar da história da construção do conceito de luz, ou seja, das teorias clássicas passando às definições mais atuais (teorias modernas). Enfim, o resultado se mostrou satisfatório em curto prazo, foi possível comprovar que a proposta da unidade didática é viável e eficaz e que pode provocar a motivação necessária para o estudo do comportamento dual da luz.

A atividade inicial, atividade prévia, alcançou seu objetivo. Explicitar o nível de conhecimento dos alunos em relação a conceitos que seriam necessários a aprendizagem sobre a natureza dual da luz. Na comparação dessa atividade com a atividade posterior, foi possível perceber claramente a evolução em termos de aprendizado por meio da melhora nos resultados da avaliação, ou seja, a utilização das ferramentas didático-pedagógicas situações que provocavam não somente o conflito cognitivo como, também ajudaram alcançar a equilíbrio. Os resultados, aparentemente, insatisfatórios auxiliaram na produção da unidade didática e orientaram a metodologia construtivista do conflito cognitivo e utilização das ferramentas de forma eficiente. O que ratificou a importância do professor sempre realizar um diagnóstico em relação aos conhecimentos que a turma tem em relação a determinado assunto.

Em relação à atividade final, o resultado encontrado pode ser descrito como o mais importante. Isto porque provocou uma série de reflexões sobre a seriedade com que se deve encarar o processo de ensino-aprendizagem de um conteúdo disciplinar, ou melhor, de uma disciplina. Muitas ponderações podem ser construídas a partir da compreensão de que toda disciplina tem seus componentes didáticos (objetivos, conteúdos métodos, meios, formas de organização e avaliação), porém não se pode esquecer que esses componentes só chegam a alcançar a real dinâmica na interação entre os protagonistas do processo de ensino-aprendizagem (professor-aluno). É fundamental a compreensão dessas interações para que sejam cumpridas as funções que foram concebidas no planejamento. Assim, todos os percalços, já mencionados anteriormente, não justificam de maneira satisfatória o resultado encontrado, mas não esperado. Mas, ajudam na compreensão do processo ensino-aprendizagem como algo também dual, assim como a natureza da luz. Nesse caso, ensino e a aprendizagem formam uma unidade assim como cognição e afetividade e estes aconteceram de acordo com as subjetividades que se

formam na relação entre os protagonistas desse fenômeno chamado educação científica.

## 7.2 RECOMENDAÇÕES

Durante a aplicação do produto foram percebidos alguns equívocos, que podem, também, ter afetado o aprendizado dos alunos; e servem de recomendação para os futuros trabalhos, como também para os professores que, por ventura, desejem aplicar a unidade didática proposta no nosso trabalho. São eles:

- i) Não foram propostos textos que enfocassem o tratamento histórico do conceito de luz. Seria interessante que, ao se trabalhar a natureza da luz, o professor preparasse materiais ou indicasse vídeos da internet ou outras simulações que facilitassem a compreensão histórica dos conceitos discutidos.
- ii) Nas aulas destinadas a utilização do kit óptico, talvez fosse necessário um tempo maior para o estudo do efeito fotoelétrico. Na análise das atividades, as dificuldades no aprendizado desse tema ficaram explícitas, por isso, recomenda-se que a unidade didática leve em consideração a necessidade de estudo dos seguintes temas: Ondas, Óptica, Eletromagnetismo, Teoria da Relatividade e Efeito Fotoelétrico.
- iii) Durante a aplicação da unidade didática não foi resolvido nenhum exercício referente aos temas das aulas. Seria importante destinar tempo para a resolução de atividades e também situações-problema, relacionadas ao comportamento dual da luz.

Essas recomendações, nada mais são do que a expressão de um elemento-chave que aprendi no processo continuado de formação docente pelo qual venho passando e que o mestrado não será sua parte final, os professores tem como uma de suas muitas tarefas, a responsabilidade de aprender, cada dia mais, para poder ensinar aos alunos como se faz isso, aprender.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Maria José P. M. de. A luz: enfoque no ensino médio e representações de estudantes. **Pro-Posições**. v. 7, n. 1 [19], 34-40, março, 1996.

ALVES FILHO, J. de P. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v.17, n.2, p.174-188, agosto,2000a.

\_\_\_\_\_. **Atividades experimentais: do método à prática construtivista**. Tese de Doutorado. 2000. 312p. Dissertação (Doutorado em Educação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000b.

ARANTES, Alessandra Riposati; MIRANDA, Márcio Santos; STUDART, Nelson. Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do PhET. *Física na Escola*, v. 11, n. 1, 2010. Disponível em:<<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol11/Num1/a08.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2016.

ARAÚJO, Fernando Grillo; BRAGA, Alex de Souza; KILLNER, Gustavo Isaac.O conceito de luz no ensino médio: uma revisão bibliográfica.**X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC**, Águas de Lindóia, SP, 24 a 27 de Novembro de 2015.

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**, v. 25,n.2, jun. 2003.

AS CORES DA IMAGINACAO’S BLOG. **A cor e a luz**. 21/03/2010. Disponível em: <<https://ascoresdaimaginacao.wordpress.com/2010/03/21/a-cor-e-a-luz/>>. Acesso em: 04 abr. 2016.

BARTHEM, Ricardo. **A luz**. São Paulo: Livraria da Física: Sociedade Brasileira de Física, 2005. (Temas Atuais de Física).

BASSALO, J. M. F. A crônica da ótica clássica. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v.3, n.3, p-138-159, Florianópolis, dezembro, 1986.

\_\_\_\_\_. A crônica da ótica clássica. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v.4, n.3, p-140-150, Florianópolis, abril, 1987.

\_\_\_\_\_. A crônica da ótica clássica (parte III: 1801-1905). **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v.6, n.1, p-37-58, Florianópolis, abril, 1989.

BASTOS FILHO, Jenner Barretto. Qual história e qual filosofia da ciência são capazes de melhorar o ensino de física?. In: PEDUZZI, Luiz O. Q.; MARTINS, André Ferrer P.; FERREIRA, Juliana Mesquita Hidalgo (Orgs.).**Temas de história e filosofia da ciência no ensino**. Natal: EDUFRN, 2012.p.65-83.

BECERRA, Luiza. **René Descartes e o método científico!** 03/2013. Disponível em: <<http://parquedaciencia.blogspot.com.br/2013/03/rene-descartes-e-o-metodo-cientifico.html>>. Acesso em: 27 jul. 2017.

BONADIMAN, Helio; AXT, Rolando; BLUMKE, Roseli Adriana; VINCENSI, Giseli. Difusão e popularização da ciência: uma experiência em física que deu certo. **XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física**. 2004. Disponível em: <[www.sbf1.sbfisica.org/eventossnef/xvi/cd/resumos/T0131-1.pdf](http://www.sbf1.sbfisica.org/eventossnef/xvi/cd/resumos/T0131-1.pdf)> Acesso em: 20 mar. 2007.

BRASIL. BNCC - Base Nacional Comum Curricular. 2015. Disponível em: <[basenacionalcomum.mec.gov.br/](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/)>. Acesso em: 11 maio. 2016.

\_\_\_\_\_. Ciência da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006. (Orientações curriculares para o ensino médio; volume 2).

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais do ensino médio – PCN**. Brasília: 2000.

\_\_\_\_\_. LDB – Lei de diretrizes e bases da educação nacional: lei federal nº 9394/96 e legislação congênere. Ministério Público do Estado do Espírito Santo. Vitória: Dossi Editora Gráfica, 2014.

\_\_\_\_\_. PCNEM – Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio). 2000. Disponível em: <[portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/14\\_24.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/14_24.pdf)>. Acesso em: 11 maio. 2016.

CALÇADA, Caio Sérgio; SAMPAIO, José Luiz. **Física clássica, 2: termologia, óptica e ondas**. São Paulo: Atual, 2012.

CALDAS, Roseli Fernandes Lins e HÜBNER, Maria Martha Costa. O desencantamento com o aprender na escola: o que dizem professores e alunos. 2000. Disponível em: <[http://www.mackenzie.com.br/universidade/psico/publicacao/vol3\\_n2/v3n2\\_art6.pdf](http://www.mackenzie.com.br/universidade/psico/publicacao/vol3_n2/v3n2_art6.pdf)>. Acesso em: 18 abr. 2016.

CARRARO, Francisco Luiz; PEREIRA, Ricardo Francisco. O uso de simuladores virtuais do PHET como metodologia de ensino de eletrodinâmica. **Cadernos PDE**, v.1, Paraná, p. 1-18, 2014.

CARUSO, F.; OGURI, V. **Física moderna: origens clássicas e fundamentos quânticos**. Rio de Janeiro: Campus, 2006.

CAVALCANTE, Marisa Almeida; TAVOLARO, Cristiane R.C.; SOUZA, Dione Fagundes de; MUZINATTI, João. **Efeito fotoelétrico**. Física na Escola, v. 3, n. 1, 2002. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol3/Num1/a08.pdf>>. Acesso em: 24 mar. 2017.

CHAVES, Jossuele Maria Fagundes; HUNSCHE, Sandra. **Atividades experimentais demonstrativas no ensino de física: panorama a partir de eventos da área.** Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, 2014.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J.A.; PERNAMBUCO, M.M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos.** 3. ed. São Paulo: Cortez, 2009.

FERNANDES, Renato José. Atividades práticas: possibilidades de modificações no ensino de física. **Revista Eletrônica da Pesquisa.** Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM. Perquirêre, Edição 5, Ano 5, jun, 2008.

FORATO, T. C. M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. A. Historiografia e Natureza da Ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física.**v. 28, n. 1: p. 27-59, abr. 2011.

FORÇA, A. C; LABURÚ, C. E; SILVA, O. H.M. Atividades experimentais no ensino de física: teorias e práticas. In: **Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências.** Campinas/SP, 2011.

FERREIRA, N. C. **Proposta de laboratório para a escola brasileira.** Dissertação(Mestrado em Ensino da Física). Faculdade de Educação da USP-IFUSP, São Paulo, 1978.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a física.** 2. ed. São Paulo: Ática, 2013.

GAZZINELLI, Ramayna. **Teoria da relatividade especial.** São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

GLYNN, S. M. Explaining science concepts: a teaching-with analogies model. In:S.M. Glynn, R.H. Yeany; B.K. Britton (Eds.). **The Psychology of Learning Science.**New Jersey: Lawrence Erlbaum Associate, 1991.(p. 219-240).

GREIS, Luciano Kercher; REATEGUI, Eliseo. **Um simulador educacional para disciplina de física em mundos virtuais.** Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação-Universidade Federal do Rio Grande do Sul. v. 8 n. 2, julho, 2010.

HAKE, R. R. Interactive-engagement versus traditional methods: a six thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American Journal of Physics.**66(1), p. 64-74, 1998.

HECKLER Valmir; SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira; OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza. Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica. **Revista Brasileira de Ensino de Física,** v. 29, n. 2, p. 267-273, 2007.

HOHENFELD, Dielson Pereira; PENIDO, Maria Cristina Martins. A Complementaridade dos laboratórios convencionais e virtuais no ensino de Física. **VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências.** 2011. Disponível

em:<<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0381-2.pdf> >. Acesso em: 15 Jan. 2016.

JÓFILI, Zélia. **Paget, Vygotsky, Freire e a construção do conhecimento na escola**. Universidade Católica de Pernambuco. Ano 2, n. 2, dezembro, 2002. Disponível em: <<https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/7560/7560.PDF>>. Acesso em: 10 maio. 2016.

LOBATO, Anderson Cezar. **Contextualização e transversalidade: conceitos em debate**. 2005. Trabalho de conclusão de curso (Especialização) – Faculdade de Educação da UFMG, Belo Horizonte, 2005.

LUNETTA, V. N.; HOFSTEIN, A.; CLOUGH, M. P. Learning and teaching in the school Science laboratory: na analysis of research, theory and practice. In: A abell, S. K; LEDERMAN, N. G. **Hand book of research on Science education**. Londres: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 2007.

MACHADO, A. F.; COSTA, L. M. **Autilização do software MODELLUS no ensino da Física MODELLUS software application for teaching Physics**. Rio de Janeiro, n. 14, p. 45-50, jan./dez. 2009.

MELO, R. B. F. A utilização das TIC'S no processo de Ensino e Aprendizagem da Física. In: **Anais ...do 3º Simpósio Hipertexto e Tecnologias na Educação**. UFPE. 2010. Disponível em:<<http://www.ufpe.br/nehte/simposio/anais/Anais-Hipertexto-2010/Ruth-Brito-de-Figueiredo-Melo.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2016.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

\_\_\_\_\_. **Pesquisa em ensino: aspectos metodológicos**. 2003. 38f. Artigo. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/pesquisaemensino.pdf>>. Acesso em: jun. 2016.

MOREIRA, Marco Antonio; GRECA, Ileana M. Cambio Conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de La teoría de aprendizaje significativo. In: press **Jornal de Ciências & Ensino**. Campinas: UNICAMP, 2003.

MORETO, Vasco Pedro. **Prova: um momento privilegiado de estudo, não um acerto de contas**. 8. ed. Rio de Janeiro: Lamparina, 2008.

MOURA, Wladimir Cardoso de. **Propostas de ensino de física em óptica geométrica usando uma simulação do PHET e óptica física através de experimentos**. 2016. 140f. Dissertação (Mestrado em Ensino da Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, 2016.

NEVES, José Luiz. Pesquisa qualitativa: características, usos e possibilidades. **Caderno de Pesquisas em Administração**, São Paulo, v.1, n.3, 2º sem., 1996. Disponível em: <[http://ucbweb.castelobranco.br/webcaf/arquivos/15482/2195/artigo\\_sobre\\_pesquisa\\_qualitativa.pdf](http://ucbweb.castelobranco.br/webcaf/arquivos/15482/2195/artigo_sobre_pesquisa_qualitativa.pdf)>. Acesso em: 07 set. 2016.

NOCEDO DE LEÓN, Irma et al. **Metodología de La investigación educacional**. 2. Parte. Cuba: Pueblo y Educacion, 2015.

NUÑEZ, Isauro; RAMALHO, Betania. **Fundamentos do ensino-aprendizagem das ciências naturais e da matemática: o novo ensino médio**. Porto Alegre: Editora Sulina, 2004.

PALACIOS, Francisco Javier Perales; LEÓN, Pedro Cañal de. **Didáctica de las ciencias experimentales**. Espanha: Marfil, 2000.

PEREIRA, Julien Lopes. **Controvérsia entre o modelo corpuscular e ondulatório da luz: um caminho para o ensino da óptica no nível médio**. 2011. 98f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), Rio de Janeiro, 2011.

PIETROCOLA, M. A Matemática como linguagem estruturante do pensamento físico. In: CARVALHO, M. P. de et al. **Ensino de Física**. p. 79-106. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

OCDE. Relatórios econômicos da OCDE Brasil. Novembro, 2015. Disponível em: <[www.oecd.org/eco/surveys/Brasil-2015-resumo.pdf](http://www.oecd.org/eco/surveys/Brasil-2015-resumo.pdf)>. Acesso em: 04 jun. 2016.

OLIVEIRA, Rilávia Almeida de; SILVA, Ana Paula Bispo da. História da ciência e ensino de física: uma análise meta-históricográfica. In: PEDUZZI, Luiz O. Q.; MARTINS, André Ferrer P.; FERREIRA, Juliana Mesquita Hidalgo (Orgs.). **Temas de história e filosofia da ciência no ensino**. Natal: EDUFRN, 2012. p. 41-64.

RAMALHO JUNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau G.; SOARES, Paulo Antonio T. **Os fundamentos da física**. 9. ed. São Paulo: Moderna, 2007.

RAMOS, André. **Fisiologia da visão: um estudo sobre o “ver” e o “enxergar”**. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC, Rio de Janeiro, 2006.

REDISH, E. F.; WILSON, J. M. Student programming in the introductory physics course: M.U.P.P.E.T. **American Journal of Physics**. Woodbury. 61:p. 222-232, 1993.

REIS, Elival Martins; SILVA, Otto H. M. Atividades experimentais: uma estratégia para o ensino da física. **Cadernos Intersaberes**, vol. 1, n.2, p.38-56, 2013.

RIBEIRO, Jair Lúcio Prados; VERDEAUX, Maria de Fátima da Silva. Atividades experimentais no ensino de óptica: uma revisão. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 4, 4403, 2012.

RICARDO, Elio Carlos. **Física**. Brasília, 2004. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/08Fisica.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2017

ROCHA, José Fernando M. (Org.). **Origens e evolução das ideias da física**. Salvador: EDUFBA, 2002.

ROSSI, Diego De Iovo. **O uso de simulações virtuais como apoio ao currículo da see-sp para a disciplina de física**. 2015. 45f. Dissertação (Mestrado em Ensino em Física) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2015.

SALVETTI, Alfredo Roque. **A história da luz**. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2008.

SÁNCHEZ RON, J. Usos y abusos de la historia de la física em La enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, 6 (2), 179-188, 1988.

SANTOS, A. V.; SANTOS, S. R.; FRAGA, L. M. Sistema de realidade virtual para simulação e visualização de cargas pontuais discretas e seu campo elétrico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 185-195, jun. 2002.

SCARINCI, Anne L.; MARINELI, Fábio. O modelo ondulatório da luz como ferramenta para explicar as causas da cor. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, 1309, 2014.

SÉRÉ, Marie-Geneviève; COELHO, Suzana Maria; NUNES, António Dias. O papel da experimentação no ensino da física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 1, abr, 2003.

SILVA, B. V. C.; MARTINS, A. F. P. A natureza da luz e o ensino da óptica: uma experiência didática envolvendo o uso da história e da filosofia da ciência no ensino médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.5(2), p.71-91, 2010.

SILVA, Fabio W. O. da. A evolução da teoria da luz de Newton nos textos de Young. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p.149-159, 2007.

SILVA, Fabio W. O. da. A teoria da luz de Newton nos textos de Young. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, 1601, 2009.

SILVA, José Alves da; KAWAMURA, Maria Regina Dubeux. Natureza da luz: uma atividade com textos de divulgação científica em sala de aula. **Caderno Cat. de Ensino de Física**, 316 v. 18, n. 3: p. 316-339, agosto, 2001.

SILVA, W. R; ASSIS, A; CARVALHO, F. L. C. Aprendizagem significativa: Análise do uso de uma atividade demonstração no ensino fundamental. In: **Atas do XII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. Curitiba/PR, 2010.

SOBRAL, Ana Carolina Moura Bezerra; TEIXEIRA, Francimar Martins. Conhecimentos prévios: investigando como são utilizados pelos professores de ciências das séries iniciais do ensino fundamental. 2010.

SOUZA FILHO, Geraldo Felipe de. **Simuladores computacionais para o ensino de física básica: uma discussão sobre produção e uso**. 2010, 86f. Dissertação (Mestrado em Ensino da Física) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

UNEP. Report of the United Nations Environment Programme (UNEP). Submitted to the 11th Session of the **United Nations Permanent Forum on Indigenous Issues (UNPFII)**. United Nations, New York, p. 7-18, May, 2012.

VALENTE, J. A. **Diferentes usos do computador na educação**. Campinas: Unicamp: 1995.

VIEIRA, Patrese Coelho. **Perspectivas sobre a evolução histórica do conceito de luz e sua integração com a fotografia para o ensino da óptica**. 2014. 228f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

VILAÇA, Frederico Nogueira. **Revisão bibliográfica: a experimentação no ensino de física**. São João Del Rei/MG, 28 de fevereiro de 2012.

VILLANI, A. Reflexões sobre o ensino de Física no Brasil: Práticas, Conteúdos e Pressupostos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.6, p.76-95, 1984.

VISCOVINI, Ronaldo Celso. Kit de experimentos ópticos com apontador laser. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 22, n. 1, março, 2000.

VOSNIADOU, S.; ORTONY, A. **Similarity and analogical reasoning: a synthesis**. Similarity and Analogical Reasoning Cambridge: Cambridge University Press, 1989. (p. 1-17).

ZABALA, Antoni. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: ArtMed, 1988.

ZANETIC, João. **Influência da história da ciência no ensino de física**. Cad. Cat. e 76 ns. Fís., Florianópolis, 5 (Número Especial): 76-92, jun. 1988. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/10076/14904>>. Acesso em: 02 fev. 2017.

## APÊNDICES

## APÊNDICE A

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO  
GRANDE DO NORTE – IFRN**

**DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

**UNIDADE DIDÁTICA**

**Tema: O Conceito de luz baseado no princípio da complementaridade de Böhr.**

**Disciplina: Física II – (Ondas, Óptica, Eletromagnetismo, Física Moderna)**

**Docente: Felipe Alexandre Medeiros de Freitas**

### **1. APRESENTAÇÃO**

Quando se fala em luz, vários sinônimos são associados a esse vocábulo, dependendo da área do conhecimento. Porém é notória a importância desse “ente” físico para a existência e manutenção de algo primordial: a Vida. A ausência de luz faria com que a terra se transformasse apenas em um ambiente escuro (noite eterna) e frio ao ponto de inviabilizar a existência de várias espécies, inclusive a nossa. No nosso cotidiano é muito comum nos depararmos com fenômenos relacionados à luz, seja em um arco íris no céu, ou em uma cirurgia de correção visual com a utilização de laser. A presença da luz se faz tão constante que existe, inclusive, uma área da ciência (*A Fotônica*) dedicada apenas à geração, transmissão, modulação, processamento, amplificação e detecção da luz.

No ensino de física, no que se diz respeito às primeiras concepções sobre o que é luz, até a concepção atual é necessário além de tudo se discutir as suas características e como ela se comporta diante de diversos fenômenos que as relacionam. O que será proposto é uma forma de associar à evolução desse conceito a partir de dois pilares: a experimentação e a introdução de tópicos da história da física da luz. Para que assim seja possível chegar ao enunciado do princípio da complementaridade de Böhr. Essa unidade didática tem como pressuposto, a importância da epistemologia da ciência na compreensão dos modelos explicativos propostos para explicar a natureza da luz, e dos modelos explicativos propostos pelos físicos em diferentes épocas foram modificados ao longo do tempo através de um elemento norteador chamado experimentação.

## 2. OBJETIVOS

- Reconhecer conceitos que embasam o estudo da luz alguns conceitos já abordados que servirão como base para o estudo da natureza da luz;
- Definir a natureza dual da luz, a partir do uso do conflito cognitivo atrelado a discussão de tópicos da história da luz, simulações e experimentos demonstrativos.

## 3. CONTEÚDOS

- I) Conceituais: A natureza da luz.
- II) Procedimentais: Identificar a Natureza da luz em diferentes fenômenos ópticos cotidianos e construir um modelo científico para a natureza da luz, baseado no princípio da complementaridade de Böhr.
- III) Atitudinais: Ter atenção ao que está sendo estudado; valorar o conhecimento científico como aquele que permite a compreensão do mundo tecnológico em que vivemos.

## 4. SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES

### AULA 1

Realização de um diagnóstico inicial, com o intuito de sondar os conhecimentos prévios dos alunos em relação aos conceitos de ondulatória, óptica, eletromagnetismo que irão servir de base para a temática da unidade.

✓ Cronograma

- Diagnóstico inicial

- Duração: 30 minutos

### AULA 2 e 3

Introdução histórica do conceito de luz, através da apresentação e discussão de alguns marcos importantes para a evolução da física que contribuíram para a evolução do entendimento da natureza da luz, bem como o uso de demonstrações experimentais (Kit óptico) até que se chegue no objetivo final da aula que é enunciar o princípio da complementaridade de Böhr.

Cronograma das atividades:

- O conteúdo será dividido em cinco momentos, dividido da seguinte forma:

- Aula 1:

- Aula 2:

I) Teorias Clássicas sobre a natureza da luz

II) Confronto entre a teorias clássicas e suas limitações

- Aula 3:

III) Natureza Eletromagnética da Luz e as contribuições da teoria da relatividade para a evolução do conceito de luz.

IV) A natureza corpuscular da Luz e o Efeito fotoelétrico.

V) O Princípio da Complementaridade de Böhr.

- Duração: 180 minutos

#### **AULA 4**

Nessa aula será aplicada uma atividade, com o intuito é a verificação da aprendizagem durante o processo de ensino.

✓ Cronograma:

- Atividade Posterior

- Duração: 45 minutos

#### **Encontro Final**

Nesse momento será aplicada uma atividade, com o intuito é a verificação da aprendizagem após 3 meses.

✓ Cronograma:

- Atividade final

- Duração: 45 minutos

### **5. Sequências didáticas**

#### **AULA 1**

<b>Momentos Pedagógicos</b>	<b>Atividades</b>	<b>Objetivo(s)</b>	<b>Tempo (min.)</b>
<b>Aplicação do teste de avaliação prévia</b>	Resolução da atividade diagnóstica pelos alunos.	Identificar o conhecimento dos alunos referentes alguns conceitos fundamentais sobre ondulatória, eletromagnetismo e Física Moderna.	30

## AULA 2 e 3

<b>Momentos Pedagógicos</b>	<b>Atividades</b>	<b>Objetivo(s)</b>	<b>Tempo (min.)</b>
<b>Introdução/Motivação</b>	Apresentação do Tema central da aula	Desenvolver a percepção da importância do tema não só para a ciência, mas para o cotidiano.	5
<b>Desenvolvimento</b>	Aula	Através da estratégia de ensino baseada no conflito cognitivo, propiciar ao aluno a compreensão do processo para se chegar ao princípio da complementaridade de Böhr.	80
<b>Conclusão</b>	Revisão das conclusões retirada das situações expostas aos alunos.	Sistematizar os conceitos trabalhados.	5

## AULA 4

<b>Momentos Pedagógicos</b>	<b>Atividades</b>	<b>Objetivo(s)</b>	<b>Tempo (minutos)</b>
<b>Aplicação da avaliação posterior</b>	Nessa etapa os alunos irão realizar o diagnóstico final que possuirá duas questões em formato de problema.	Avaliar se o aluno conseguiu aprender os conceitos ensinados, de maneira tal que saiba identificar a natureza da luz em situações do seu cotidiano.	45

## Atividade Final

<b>Momentos Pedagógicos</b>	<b>Atividades</b>	<b>Objetivo(s)</b>	<b>Tempo (minutos)</b>
<b>Aplicação da avaliação final</b>	Nessa etapa os alunos irão realizar o diagnóstico final que possuirá duas questões em formato de problema.	Avaliar conhecimento que foi internalizado e permaneceu realização da sequência didática	45

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

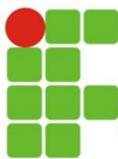
GASPAR, Alberto. **Física**: ondas, óptica e termodinâmica. São Paulo: Ática, 2002.

HALLIDAY, David. RESNICK, Robert, WALKER, Jearl. **Fundamentos de física**: gravitação, ondas e termodinâmica. v.2. 9.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. **Física**. Volume 2. São Paulo: Scipione, 2011.

ROCHA, José Fernando (Org.). **Origens e evolução das ideias da física**. Salvador: EDUFBA, 2002.

SALVETTI, Alfredo Roque. **A história da luz**. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2008.



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

**Pólo 10: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN**

**Mestrando: Felipe Alexandre Medeiros de Freitas**

**Orientador: DSc. Paulo Cavalcante da Silva filho**

**Co-orientador (a): Dsc. Maria da Glória Fernandes do Nascimento Albino**

Este questionário faz parte de uma dissertação de mestrado, vinculada ao MNPEF, que foi produzido pelo mestrando Felipe Alexandre Medeiros de Freitas, com finalidade de avaliação prévia referente aos conceitos relacionados com a natureza da luz.

Para cada afirmativa a seguir, Assinale verdadeiro ou falso, de acordo com seu conhecimento a cerca do conceito de Luz.

1. No século XVII, a explicação da natureza da Luz basicamente era resumida na teoria corpuscular de Newton e na teoria ondulatória de Huygens. Ambas baseadas em modelos mecânicos, conhecida como teorias clássicas sobre a natureza da Luz.

( ) Verdadeiro.

( ) Falso.

Justifique sua resposta:

2. A unificação da eletricidade e do magnetismo nos levou a teoria eletromagnética no século XIX, formulada pelo físico e matemático escocês J.C. Maxwell. Ele previu que a Luz deveria ser uma onda eletromagnética. Tal conclusão seria um complemento ao que exposto por Huygens em sua teoria ondulatória, em séculos anteriores.

( ) Verdadeiro.

( ) Falso.

Justifique sua resposta:

3. A Luz possui comportamento ondulatório nos seguintes fenômenos: reflexão, refração, interferência e difração.

( ) Verdadeiro.

( ) Falso.

Justifique sua resposta:

4. O famoso físico alemão Albert Einstein desenvolveu, em 1905 (início do século XX), uma teoria muito simples e revolucionária para explicar o efeito fotoelétrico considerando o caráter corpuscular da Luz.

Verdadeiro.

Falso.

Justifique sua resposta:

5. A luz possui caráter dual, ou seja, ela pode se comportar como onda ou como partícula. Desta forma, esse caráter dual pode ser observado em um mesmo fenômeno.

Verdadeiro.

Falso.

Justifique sua resposta:

6. As teorias científicas físicas podem ser mais compreensíveis, para os alunos, se elas forem trabalhadas através de experimentos.

Verdadeiro.

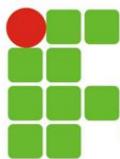
Falso.

Justifique sua resposta:

Boa Avaliação!

## APÊNDICE C

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



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

### Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF

#### Pólo 10: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN

Mestrando(a): Felipe Alexandre Medeiros de Freitas

Orientador (a): Dsc. Paulo Cavalcante da Silva filho

Co-orientador (a): Dsc. Maria da Glória Fernandes do Nascimento Albino

Essa Atividade avaliativa faz parte de uma dissertação de mestrado, vinculada ao MNPEF, que foi produzido pelo mestrando Felipe Alexandre Medeiros de Freitas, com finalidade de avaliação final referente ao tema: a natureza da luz.

Aluno (a): \_\_\_\_\_

#### Texto Referente às questões a seguir

Alexandre, um rapaz de 15 anos, foi ao oftalmologista e após a consulta, o médico afirmou que ele deveria usar óculos formados por lentes divergentes. Após sair do consultório, Alexandre foi procurar nos livros sobre os tipos de defeitos de visão. Em um dos textos encontrados pelo dedicado aluno tinha as seguintes informações:

“Sabe-se que o olho humano é um sistema óptico complexo, formado por vários meios transparentes além de um sistema fisiológico com inúmeros componentes. Todo esse conjunto que compõe a visão humana é chamado Globo Ocular. Abaixo estão representado as partes do olho humano, bem como um esboço do comportamento dos raios de luz em um olho emétrepe (Visão normal)”.

Fonte: <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Otica/Instrumentosoticos/olhohumano.php>

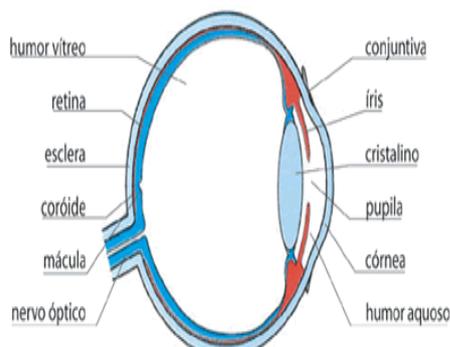


Figura 1.



Figura 2.

A luz que chega ao olho atravessa à córnea, o humor aquoso e a pupila, e chega ao cristalino, que direciona os raios de luz até a retina, Onde se forma uma imagem invertida do objeto focalizado. Entram então em ação as células receptoras, ou seja, os cones e os bastonetes, que enviam impulsos nervosos ao nervo óptico, que por sua vez os envia ao cérebro. A imagem que chega ao cérebro é então interpretada, de modo que a imagem, antes invertida, seja vista na posição correta.

Fonte: <http://www.infoescola.com/anatomia-humana/visao/>

Baseado no texto lido por Alexandre, e dos seus conhecimentos sobre a natureza da luz, Analise e marque a alternativa que você julgar correta:

1. Para a formação da imagem nos olhos, os raios de luz ao tocarem o cristalino (ver figura 2) sofrem que tipo de fenômeno?

Reflexão  Refração  Difração  Interferência  Efeito fotoelétrico

2. Logo, a luz nesse fenômeno comporta-se como:

Onda  Partícula

Justifique a alternativa escolhida:

3. Para a formação de imagem no cérebro, os raios de luz ao tocarem a retina sofrem que tipo de fenômeno? Analise e marque a alternativa que você julgar correta:

Reflexão  Refração  Difração  Interferência  Efeito fotoelétrico

4. Logo, a luz nesse fenômeno comporta-se como:

Onda  Partícula

Justifique a alternativa escolhida

5. De acordo com as discussões/experimentos a respeito da natureza da luz realizados em sala de aula, assinale a alternativa referente à sua opinião sobre o nível de relevância das aulas para a sua aprendizagem e formação:

Ajudou à aprendizagem  
 Não fez diferença  
 Atrapalhou a aprendizagem

Justifique a alternativa escolhida:

## APÊNDICE D



### Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF

#### Pólo 10: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN

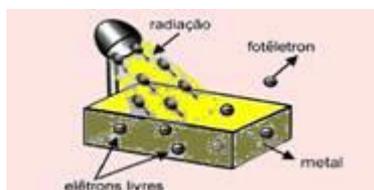
Mestrando: Felipe Alexandre Medeiros de Freitas

Orientador: Dsc. Paulo Cavalcante da Silva filho

Co-orientadora: Dsc. Maria da Glória Fernandes do Nascimento Albino

Essa Atividade Avaliativa faz parte de uma dissertação de mestrado, vinculada ao MNPEF, que foi produzido pelo mestrando Felipe Alexandre Medeiros de Freitas, com finalidade de avaliação final referente ao tema: a natureza da luz.

1)A figura abaixo é uma ilustração que descreve o efeito fotoelétrico. Esse experimento contribuiu para a descoberta da:



- a) Dualidade onda-partícula da luz.
- b) Energia de ionização dos metais.
- c) Emissão contínua de radiação por um corpo aquecido.
- d) Descrição da ligação química entre elementos metálicos.

2)Uma aluna ficou encantada com a maneira com que o professor explicou a dualidade onda-partícula, apresentada nos textos de Física Moderna. O professor fez uma analogia com o processo de percepção de imagens, apresentando uma explicação baseada numa figura muito utilizada pelos psicólogos da Gestalt. Seus esclarecimentos e a figura ilustrativa são reproduzidos a seguir:

Figura citada pelo professor, na qual pode-se observar duas figuras, ou dois perfis, ou um cálice.



Qual a realidade que percebemos na figura? Podemos ver um cálice ou dois perfis, dependendo de quem consideramos como figura e qual consideraremos como fundo, mas não podemos ver ambos simultaneamente. É um exemplo perfeito de realidade criada pelo observador, em que nós decidimos o que vamos observar. A luz se comporta de forma análoga, pois, dependendo do tipo de experiência ("fundo"), revela sua natureza de onda ou sua natureza de partícula, sempre escondendo uma quando a outra é mostrada.

Diante das explicações acima, é correto afirmar que o professor estava ilustrando, com o comportamento da luz, o que os físicos chamam de princípio da:

- a) Incerteza de Heisenberg.
- b) Relatividade
- c) Superposição.
- d) Complementaridade de Bohr.

**3)** “A identificação da natureza elétrica e magnética da luz foi um dos desenvolvimentos mais brilhantes da ciência moderna. O Ano também marca diversas outras descobertas científicas. Ocasões como esta são fundamentais para que possamos refletir sobre o tema. Cerca de 1,5 bilhões de pessoas ainda não dispõem de eletricidade, e portanto não podem usufruir da luz elétrica. Para estes, a possibilidade de trabalhar, de estudar ou de se cuidar, termina com o pôr do sol. A luz, e suas diversas formas de ser produzida e conduzida, é fundamental para quase todas as áreas da ciência e para o avanço econômico de uma nação. Com luz temos a mais moderna forma de comunicação, gerando uma verdadeira revolução nas telecomunicações. Sem fibras ópticas e luz, estaríamos ainda nos primórdios da comunicação. Não poderíamos ter milhões e milhões de pessoas simultaneamente conversando por telefone. Não teríamos o sistema GPS e nem poderíamos ter esta avançada rede de comunicação via computadores e telefones. Além disso, a luz é hoje fundamental em modernas técnicas de diagnóstico e tratamento de doenças.”

[http://www.sbfisica.org.br/v1/index.php?option=com\\_content&view=article&id=627:o-ano-internacional-da-luz-sbf-ativa-e-participante&catid=152:acontece-na-sbf&Itemid=270](http://www.sbfisica.org.br/v1/index.php?option=com_content&view=article&id=627:o-ano-internacional-da-luz-sbf-ativa-e-participante&catid=152:acontece-na-sbf&Itemid=270)

Acesso em 06/02/2017

Em 1873, a Natureza eletromagnética da luz foi prevista pelo físico escocês John Clerk Maxwell publicou um dos trabalhos mais impactantes da história da física clássica, com sua obra “O tratado sobre a eletricidade e o magnetismo” houveram grandes descobertas, dentre elas se destacam:

- I) A sintetização da teoria eletromagnética em quatro equações fundamentais.
- II) A unificação da eletricidade e do magnetismo
- III) A unificação do eletromagnetismo com a Óptica.

Em relação à natureza descoberta da natureza eletromagnética da luz através das equações de Maxwell, que permitiu a unificação do eletromagnetismo com a Óptica, tal fato se deu através da:

- a) Descoberta que a luz era uma onda (Concordando com as ideias de Huygens) e não uma partícula como havia afirmado Isaac Newton no século XVII.
- b) Previsão que a luz era uma onda eletromagnética, se deu devido à proximidade dos valores da velocidade da luz (Já conhecida antes dos trabalhos de Maxwell) e da velocidade da onda eletromagnética.

c) Descoberta que a luz possui caráter dual, ou seja, através do princípio da complementaridade de Böhr.

d) Previsão que a luz se propagava no vácuo com um valor de velocidade constante, independente do referencial adotado. Essa previsão foi fundamental para a teoria da relatividade restrita proposta por Albert Einstein anos depois.

**4)**As primeiras duas grandes teorias que explicavam a natureza da luz, foram publicadas no século XVII, Isaac Newton tentou justificar sua teoria corpuscular afirmando que a luz se comportava como pequenas esferas, as quais colidiam elasticamente com uma superfície lisa, sendo refletida de modo que o ângulo de incidência fosse igual ao ângulo de reflexão. Assim, segundo o fenômeno da reflexão, Newton considerava a luz como sendo constituída por um conjunto de partículas que se refletem elasticamente sobre uma superfície. Já Christian Huygens defendia um modelo ondulatório, tal modelo dizia que a luz era uma onda e ela explicava de forma significativa a reflexão e a refração da luz. Como sabemos, qualquer onda se reflete e refrata de acordo com as leis da reflexão e da refração dos feixes luminosos. Ambos os modelos explicavam de modo satisfatório para a época os fenômenos da refração e reflexão, porém a teoria de Huygens levou os cientistas a favorecer o modelo ondulatório proposto, pois:

a) A teoria Corpuscular não foi capaz de explicar o princípio da independência dos raios de luz, bem como o experimento de dupla fenda envolvendo a difração e a interferência da luz.

b) A teoria Corpuscular explicava o princípio da independência dos raios de luz, porém não explicava o experimento de dupla fenda envolvendo a difração e a interferência da luz.

c) A teoria corpuscular explicava a difração em fenda única, porém não explicava a interferência.

d) A teoria corpuscular não tinha aceitação na comunidade científica da época, pois não conseguia explicar de modo plausível nenhum fenômeno associado a luz.

**5)** Há muitos fenômenos cotidianos associados a luz no nosso dia a dia, nesses fenômenos pode-se identificar a natureza corpuscular ou ondulatória da luz, assinale a alternativa que contém os fenômenos em que a luz se comporta exclusivamente como onda:

a) Reflexão, Refração, Interferência e Efeito Fotoelétrico.

b) Reflexão, Difração, Interferência e Decomposição.

c) Efeito Fotoelétrico, Difração e Interferência e Decomposição.

d) Efeito Compton, difração, reflexão e refração.

## APÊNDICE E

### PLANO GERAL PARA A ELABORAÇÃO DO EXPERIMENTO DIDÁTICO

1. Objetivos específicos que orientarão a produção da unidade didática	<ul style="list-style-type: none"><li>• Identificar se os conteúdos prévios já estudados estão consolidados através da análise da atividade de avaliação prévia.</li><li>• Avaliar se a turma possui uma homogeneidade em relação aos resultados, ou seja, se os rendimentos dos mesmos possuem uma discrepância ou não.</li><li>• Produzir uma sequência de encontros em que se torne viável, ou seja, potencialmente efetivo na aprendizagem dos alunos, por meio da introdução da história da ciência, simulações e experimentação como ferramentas didáticas norteadoras no processo de ensino – aprendizagem.</li><li>• Conseguir avaliar de modo eficiente como se deu a construção do conhecimento após a aplicação do produto, ou seja, se os alunos conseguiram associar a evolução do conceito de luz com as ferramentas já citadas anteriormente.</li></ul>
2. Procedimentos metodológicos	Para atender aos objetivos propostos e estar de acordo com a fundamentação metodológica elaborada, será utilizado o enfoque do método experimental, segundo Nocedo de León et al (2015) do tipo pré-experimento, onde somente o grupo teste é levado em consideração. O questionário (Avaliação prévia ou pré-teste) é constituído por perguntas em que os alunos deverão assinalar verdadeiro ou falso e, em seguida, justificar a resposta. Essa atividade tem como intenção a caracterização dos saberes nos conteúdos (Ondas, Óptica e Eletromagnetismo) que servirão de base para os temas que serão abordados durante a aplicação do produto. Ao final do experimento será realizado o pós-teste (avaliação final) e após três meses uma nova avaliação para mensurar os conhecimentos que foram internalizados (conhecimento residual).
3. Sujeitos da Pesquisa	Alunos do ensino médio integrado do curso de controle ambiental.
4. Definição da amostra	A turma do 2º ano do ensino médio integrado vespertino do IFRN Campus Natal Central do curso de controle ambiental (32 alunos).
5. Validação	A Unidade didática elaborada será validada pelo orientador e Co-Orientador, de acordo com a relação entre os objetivos e conteúdos de aprendizagem.
6. Tratamento dos dados	Todos os dados obtidos durante as etapas de aplicação da atividade posterior e prévia serão organizados e analisados de forma quantitativa e qualitativa no intuito de satisfazer os objetivos específicos determinados na metodologia.

## APÊNDICE F

### PLANO DE AULA I

#### DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

Disciplina: Física II  
Professor: Felipe Alexandre Medeiros de Freitas  
Local: Campus Natal Central  
Turma: Controle Ambiental  
Número de alunos: 35  
Duração: 100 minutos

#### TEMA

- A Natureza da Luz

#### OBJETIVO GERAL

- Levar os alunos a compreenderem as teorias clássicas sobre a natureza da luz (Teoria corpuscular de Newton e Ondulatória de Huygens), a partir de alguns fenômenos ópticos observáveis no cotidiano, bem como o desenvolvimento e história da formulação dessas teorias.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conhecer alguns dos tópicos de história da ciência, acerca da evolução do conceito de luz;
- Entender as principais características de cada teoria;
- Compreender as limitações de cada teoria no que diz respeito a interpretação dos fenômenos ópticos;

#### CONHECIMENTOS PRÉVIOS NECESSÁRIOS

É necessário que os alunos já tenham um conhecimento físico consolidado dos seguintes temas:

- Ondas;
- Fenômenos ondulatórios: Reflexão, refração, Interferência e difração;
- Ondas eletromagnéticas;
- Espectro Eletromagnético;

- Quantidade movimento e sua conservação;
- Colisões.

### PÚBLICO ALVO

- Alunos do Ensino Médio Integrado (2º ano)

### CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

- Teorias Clássicas sobre a natureza da luz.

### PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Explicação dos conceitos de forma oral, e com momentos de interação, por meio de abordagem problematizadora e simulações, utilizando-se situações cotidianas para título de exemplificação. Serão realizadas experimentos demonstrativos com o objetivo de demonstrar aplicações do conteúdo e o confronto das teorias sobre a natureza da luz.

### RECURSOS INSTRUCIONAIS

- Computador;
- Quadro branco;
- Projetor multimídia (*data show*);
- Pincel para quadro branco;
- Apagador para quadro branco;
- Windows 7;
- MS Power Point.
- Protótipo de um pistão automotivo
- Kit óptico
- Simulações PhET.
- 

### CRONOGRAMA

Momentos Pedagógicos	Atividades	Tempo (minutos)
<b>Introdução/Motivação</b>	Apresentação do Tema e Levantamento de Discussões.	5
<b>Desenvolvimento</b>	Aula Expositiva	90
<b>Conclusão</b>	Revisão dos tópicos Abordados em sala.	5

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GASPAR, Alberto, **Física**: ondas, óptica e termodinâmica. São Paulo: Ática, 2002.

GRAF. **Física térmica/óptica**. 4. ed. São Paulo-SP: Universidade de São Paulo, 1998.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de física, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica. 9. ed. São Paulo: LTC, 2012.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. **Física**: Volume 2. São Paulo-SP: Scipione, 2011.

ROCHA, José Fernando M. **Origens e evolução das idéias da física**. 2. ed. Salvador-BA: EDUFBA, 2013.

ROONEY, Anne. **A história da física**. São Paulo-SP: M.Books do Brasil Ltda, 2013.

## APÊNDICE G

### PLANO DE AULA II

#### DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

Disciplina: Física II

Professor: Felipe Alexandre Medeiros de Freitas

Local: Campus Natal Central

Turma: Controle Ambiental

Número de alunos: 35

Duração: 100 minutos

#### TEMA

- A Natureza Eletromagnética da Luz
- As contribuições da teoria da relatividade para a evolução do conceito de luz
- Caráter corpuscular da luz e o efeito fotoelétrico
- Princípio da Complementaridade de Böhr.

#### OBJETIVO GERAL

- Discutir as contribuições dos trabalhos de J.C Maxwell para o entendimento da luz como uma onda eletromagnética, bem como identificar o caráter corpuscular da luz. E finalmente compreender que a luz é uma dualidade. Percebendo que essa sequência de descobertas possuem um contexto histórico científico importante a evolução do conceito.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Ao final da aula, os alunos deverão ser capazes de:

- Conhecer os pilares e as conclusões da teoria eletromagnética de Maxwell para a evolução do conceito de luz;
- Conhecer a teoria da relatividade especial e suas contribuições para o conceito da luz;
- Identificar a luz como partícula a partir do estudo do Efeito fotoelétrico;
- Definir a luz de acordo com o Princípio da Complementaridade de Böhr.

## CONHECIMENTOS PRÉVIOS NECESSÁRIOS

É necessário que os alunos já tenham um conhecimento físico consolidado dos seguintes temas:

- Fenômenos ondulatórios: Reflexão, refração, Interferência e difração;
- Espectro Eletromagnético;
- Teorias clássicas sobre a luz.

## PÚBLICO ALVO

- Alunos do Ensino Médio Integrado (2º ano)

## CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

- A natureza eletromagnética da Luz;
- A contribuição da Teoria da Relatividade para o conceito de luz;
- A natureza corpuscular e o efeito fotoelétrico
- O Princípio da Complementaridade de Böhr.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Explicação dos conceitos de forma oral, e com momentos de interação, por meio de abordagem problematizadora e simulações, utilizando-se situações cotidianas para título de exemplificação. Serão realizados experimentos demonstrativos com o objetivo de demonstrar aplicações do conteúdo e o confronto se manifesta o caráter corpuscular da luz.

## RECURSOS INSTRUCIONAIS

- Computador;
- Quadro branco;
- Projetor multimídia (*data show*);
- Pincel para quadro branco;
- Apagador para quadro branco;
- Windows 7;
- MS Power Point.
- Protótipo de um pistão automotivo
- Kit óptico
- Simulações PhET.

## CRONOGRAMA

<b>Momentos Pedagógicos</b>	<b>Atividades</b>	<b>Tempo (minutos)</b>
<b>Introdução/Motivação</b>	Apresentação do Tema e Levantamento de Discussões.	5
<b>Desenvolvimento</b>	Aula Expositiva	90
<b>Conclusão</b>	Revisão dos tópicos Abordados em sala.	5

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GASPAR, Alberto. **Física**:ondas, óptica e termodinâmica.São Paulo: Ática, 2002.

GRAF. **Física térmica/óptica**. 4.ed. São Paulo-SP: Universidade de São Paulo, 1998.

HALLIDAY, David; RESNICK,Robert; WALKER,Jearl.Fundamentos de física, volume 2:gravitação, ondas e termodinâmica. 9. ed. São Paulo: LTC, 2012.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. **Física**:Volume 2. São Paulo-SP: Scipione, 2011.

ROCHA, José Fernando M. **Origens e evolução das ideias da física**. 2. ed.Salvador-BA: EDUFBA, 2013.

ROONEY, Anne. **A história da física**.São Paulo-SP:M.Books do Brasil Ltda, 2013.